

UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1  
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE ET DE  
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

DEPARTEMENT DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE - LABORATOIRE LASTERNE



N° d'ordre .....

Série : .....

**THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES  
EN AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**

**THÈME :**

**«DU BARRAGE À LA PARCELLE IRRIGUEE : ÉTUDE SUR L'EAU ET  
VALORISATION DES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS  
DANS LE NORD-EST ALGERIEN »**

Par :

**Farès NINI**

Sous la direction de : **Pr Azeddine MEBARKI**

Soutenue à Constantine, devant le jury composé de :

Président :	Bouzid TOUATI	Professeur	Université Frères Mentouri Constantine 1
Rapporteur :	Azeddine MEBARKI	Professeur	Université Frères Mentouri Constantine 1
Examineur :	Boualem REMINI	Professeur	Université Saad Dahleb de Blida
Examineur :	Salah BOUCHEMAL	Professeur	Université Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi
Examineur :	Abdelaziz LOUAMRI	Maître de Conférences A	Université Frères Mentouri Constantine 1
Examineur :	Azzedine GHACHI	Maître de Conférences A	Université Salah Boubnider Constantine 3

من السد إلى الأراضي المروية :  
دراسة عن المياه و تـمـيـن الري في المحيطات الكبرى  
في شمال شرق الجزائر

## المـلـخـص

يدور هذا العمل حول أهداف التنمية الهيدرورزراعية وتقييم كفاءة استخدام مياه الري (EUE) على مستوى سبعة (7) محيطات الكبرى (GPI) تقع في شمال شرق الجزائر: بوناموسة، الصفصاف، قالمة- بوشقوف، زيت العنبة وجيجل - الطاهير و قصر الصبيحي وسدراتة. تم تجهيز هذه المحيطات بشبكات توزيع المياه هي تعمل بالضغط، و تضمن إمدادات المياه من سبعة سدود. كما استفادت هذه المحيطات المروية (GPI) من مشاريع إعادة تأهيل لأنظمة شبكات الري و إدخال معدات مقتصدة أكثر للمياه على مستوى الحقول.

يرتكز التحليل في بحثنا على تقييم انعكاسات عمليات التـمـيـن الزراعي للري بالمحيطات الكبرى (إجراءات قانون المياه 2005)، من خلال تتبع نتائج تطبيق مؤشرات هي تمكن من قياس الكفاءة الكلية لشبكات النقل و التوزيع (E1) و كفاءة السقي الحقلية (E2) وذلك للفترة (2006-2016). كما يتيح لنا مؤشر كفاءة استخدام مياه الري ( $E1 * E2$ ) بتتبع الجهود المبذولة في اقتصاد المياه. تم تبني هذه الطريقة من طرف مجموعة الدول البحر الأبيض المتوسط في إطار استراتيجيات التنمية المستدامة ضمن المخطط الأزرق (2012).

بينت دراستنا أن المنطقة الشمالية الشرقية من الجزائر تزخر بإمكانيات طبيعية معتبرة، لكن التباينات الهيدرولمناخية بين الشمال و الجنوب هي تؤثر على الموازنات المائية لـتـرـبـة. مما تبرز حتمية تخزين المياه لتلبية الطلب.

بين عامي 2006 و 2016، بلغ متوسط الحجم السنوي المخصص للمحيطات المروية 100,92 مليون م<sup>3</sup>، ثلاثة أرباع هذا الحجم يتم تقاسمها بين المحيطات الرئيسية الثلاث: قالمة- بوشقوف (37,24 مليون م<sup>3</sup>)، بوناموسة (31,8 مليون م<sup>3</sup>) و الصفصاف (12,90 مليون م<sup>3</sup>). تميزت الحصص النظرية لحجم المياه المخصصة للري بالتغير الكبير من سنة إلى أخرى فهي تخضع للظروف المناخية وحجم المياه المخزنة في السد. حققت المحيطات الري تقدماً مشجعاً من حيث الكفاءة الكلية للشبكات الري (E1)، حيث بلغ متوسط مردود شبكات الري لجميع المحيطات المدروسة ب 71,5%، و بمتوسط يتراوح ما بين 67,9% (بوناموسة) و 93,5% (زيت العنبة).

على المستوى الجهوي، يبلغ متوسط كفاءة استخدام المياه (EUE) لجميع المحيطات المروية السبعة نسبة 59,5%، و هو يتراوح من 40,8% (قالمة بوشقوف) إلى 80,7% (جيجل- الطاهير). يعتبر هذا المستوى من الكفاءة غير مرضي خاصة بالنسبة للمحيطات الرئيسية الثلاث ( قالمة- بوشقوف، بوناموسة، الصفصاف)، و التي تم تخصيص لها أحجام معتبرة من المياه و ذلك نتيجة الخسائر المعتبرة للمياه ( التسربات و التبذير...).

على مستوى محيط الري قالمة - بوشقوف، محور الدراسة لموسم الري لعام 2016 يشمل القطاعات المروية الخمسة التي تشكل هذا المحيط. متوسط كفاءة شبكات الري (E1) للقطاعات تبلغ نسبة 57,9%. بينما نسجل تحسين معدل كفاءة الري الحقلية (E2)، نتيجة الجهود المبذولة في تجهيز الحقول بمعدات الرش المقتصدة للمياه، حيث بلغ هذا المؤشر 75,1%.

تم إحراز تقدم يتمثل في توسيع المساحات المروية و توجيه الإنتاج الزراعي نحو المحاصيل التي تحقق تـمـيـننا أحسن للمتر المكعب من مياه الري. غير أنه يبقى السقي في محيطات الري الكبرى (GPI) يغطي فقط 30% من المساحات المجهزة. و ترجع أسباب هذا العجز لعوامل داخلية، و أخرى خارجية عن قطاع المياه. بالإضافة إلى ذلك، لا يزال هناك مجال كبير من العمل لإمكانية تحسين كفاءة استخدام المياه ضمن مبادئ التسيير حسب الطلب (GDE).

**الكلمات المفتاحية:** المحيطات المروية الكبرى (GPI)، الموارد المائية، مؤشر الكفاءة الكلية لشبكات الري (E1)، مؤشر كفاءة استخدام المياه الري (EUE)، التـمـيـن الزراعي للمياه، شمال شرق الجزائر.

# FROM THE DAM TO THE IRRIGATED LAND :

## A STUDY ON WATER AND VALUING GREAT IRRIGATED PERIMETERS IN NORTH-EASTERN ALGERIA

### **Abstract**

This work revolves around the objectives of developing hydroponics and evaluating the efficiency of irrigation water use (WUE) at the level of seven (7) Great Irrigated Perimeters (GIP) located in North-Eastern Algeria: Bounamoussa, Safsaf, Guelma- Bouchegouf, Zit Emba, Jijel-Taher, K'Sar Sbahi et Sedrata. The perimeters are equipped with pressurized water distribution networks and their water supply is ensured by seven dam-reservoirs. These Great Irrigated Perimeters have benefited from several network rehabilitation actions.

The analysis is based on the impacts of hydraulic improvements (Water Law 2005) on the efficiency of the use and the level of valuation of irrigation water, through indicators that measure both the overall efficiency of the networks (E1) and the plot efficiency irrigation (E2). The irrigation water use efficiency index ( $E1 * E2$ ) allows tracking of efforts realized in an economy of water. This method is adopted within the framework of the Mediterranean Strategy for Sustainable Development (MSSD) of the Blue Plan (2012).

Our study showed the significant potential in the north-eastern region of Algeria, but the water-climatic contrasts between the north and the south affect the water soils balance. he need to store water to outeface irrigation demand. This shows the imperative to store water to cover irrigation demand.

Between 2006 and 2016, the average annual volume allocated to the perimeters was around 100.92 hm<sup>3</sup>, three quarters of this volume being shared between the three main perimeters: Guelma-Bouchegouf (37.24 hm<sup>3</sup>), Bounamoussa (31.82 hm<sup>3</sup>) and Safsaf (12.90 hm<sup>3</sup>). The theoretical quota for the volume of water allocated to irrigation varies significantly from year to year, depending on the climatic year and the volume of water stored in the dam. The perimeters have shown encouraging progress in terms of overall network efficiency (E1), the average yield at the scale of the irrigation networks of all the GIP studied is 71,5%, with an average of between 67.9 (Bounamoussa) and 93.5% (Zit Emba).

At the regional level, for the 2016 campaign, the efficiency (EUE) over all of the seven large irrigated perimeters is around 59.5 %, varying between 40.8 % (Guelma Bouchegouf) and 80.7 % (Jijel -Taher). Despite the remarkable progress, this level of efficiency remains unsatisfactory, in particular for the three large perimeters which mobilize large volumes of water (Guelma- Bouchegouf, Bonmoussa and Safsaf), due to losses during transport, leaks and wastage during use

At the local level, the perimeter irrigated of Guelma-Bouchegouf, the study of the 2016 irrigation campaign focused on the five irrigated sectors that form this perimeter. The average network efficiency (E1) is 57.9 % greatly affected by the loss of water during transport from the dam to the irrigation perimeter. Progress in installing more water-efficient equipment has improved plot efficiency (75%). Also, progress is recorded in the extension of irrigated areas.

Progress has been made with regard to the extension of irrigated areas, and agricultural production is now oriented towards agricultural production sectors and better value for one cubic meter of irrigation water. However, the Great perimeters irrigate only 31% of the equipped surface, for reasons linked to internal and external factors of the agricultural water sector ; In addition, much efforts remains to be done for effective management of water demand.

**KEYWORDS :** *Great Irrigation perimeters (GIP), water resources, overall network efficiency (E1), water use efficiency (EUE) ; agricultural valorization, North-East of Algeria.*

# DU BARRAGE À LA PARCELLE IRRIGUÉE :

## ÉTUDE SUR L'EAU ET LA VALORISATION DES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS DANS LE NORD-EST ALGÉRIEN

### Résumé

Ce travail s'articule autour des objectifs de la mise en valeur hydroagricole et de l'évaluation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) au niveau de sept (7) grands périmètres irrigués (GPI) situés dans le Nord-Est algérien : Bounamoussa, Safsaf, Guelma-Boucheougouf, Zit Emba, Jijel-Taher, K'Sar Sbahi et Sedrata. Les périmètres sont dotés de réseaux de distribution sous pression et leur fourniture en eau est assurée par sept barrages-réservoirs. Les GPI ont bénéficié de plusieurs actions de réhabilitation des réseaux avec l'introduction d'équipements économes en eau à l'échelle de la parcelle irriguée.

L'analyse porte sur les effets des actions de valorisation de l'eau agricole (loi sur l'eau de 2005) à travers les résultats d'application d'indices mesurant à la fois l'efficacité des réseaux (E1) et l'efficacité à la parcelle (E2) pour les campagnes d'irrigation de la période 2006-2016. L'indice d'Efficacité d'Utilisation de l'Eau d'irrigation (E1\*E2) permet de suivre les efforts réalisés en termes d'économie d'eau. Cette méthode est adoptée dans le cadre de la Stratégie Méditerranéenne pour le Développement Durable (SMDD) du Plan bleu (2012).

Notre étude a montré les potentialités importantes que renferme la région du Nord Est de l'Algérie (les zones classées comme aptes à l'irrigation) mais de forts contrastes hydroclimatiques Nord-Sud affectent les bilans hydriques. Cela met en évidence l'impératif de stocker l'eau pour répondre à la demande d'irrigation.

Entre 2006 et 2016, le volume moyen annuel alloué aux périmètres est de l'ordre de 100.92 hm<sup>3</sup>, les trois quarts de ce volume étant partagés entre les trois principaux périmètres : Guelma-Boucheougouf (37.24 hm<sup>3</sup>), Bounamoussa (31.82 hm<sup>3</sup>) et Safsaf (12,90 hm<sup>3</sup>). Le quota théorique du volume d'eau alloué à l'irrigation varie sensiblement d'une année à l'autre, en fonction de l'année climatique et du volume d'eau stocké dans le barrage. Les périmètres ont affiché des progrès encourageants en matière d'efficacité globale des réseaux (E1), le rendement moyen à l'échelle des réseaux d'irrigation de l'ensemble des GPI étudiés est de 71,5 %, avec une moyenne comprise entre 67,9 (Bounamoussa) et 93,5 % (Zit Emba).

À l'échelle régionale, pour la campagne 2016, l'efficacité (EUE) sur l'ensemble des sept grands périmètres irrigués se situe autour de 59,5 %, variant entre 40,8 % (Guelma Boucheougouf) et 80,7 % (Jijel-Taher). Malgré des progrès notables, ce niveau d'efficacité demeure peu satisfaisant, en particulier pour les trois principaux GPI ayant disposé de gros volumes mobilisés par les barrages : pertes et fuites de transport, gaspillage lors de l'usage...

À l'échelle du périmètre de Guelma –Boucheougouf, l'étude de la campagne d'irrigation de 2016 s'est focalisée sur les cinq secteurs irrigués qui forment ce périmètre. L'efficacité moyenne des réseaux (E1) se situe à hauteur de 57,9 %. L'efficacité à la parcelle (E2) s'élève à 75 %, en raison des progrès réalisés en équipements d'arrosage plus économes installés ces dernières années dans la plupart des secteurs.

Des avancées ont été réalisées en ce qui concerne l'extension des surfaces irriguées, et la production agricole est désormais orientée vers des spéculations qui valorisent au mieux le mètre cube d'eau d'arrosage, Cependant, les GPI atteignent une couverture d'irrigation de seulement 31% de la superficie équipée. Les causes sont liées à des facteurs aussi bien internes qu'externes au secteur hydroagricole. Aussi, il reste encore beaucoup à faire pour une gestion efficace de la demande en eau.

**MOTS CLEFS :** *Grands Périmètres Irrigués (GPI), Ressources En Eau, Efficacité Globale des Réseaux (E1), Efficacité d'Utilisation de l'Eau (EUE), Valorisation Agricole, Nord-Est algérien.*

## TABLE DES MATIERES

---

---

### AVANT PROPOS

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
1. LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU AGRICOLE .....	1
2. LES GRANDS PERIMETRES IRRIGUES DANS LE CONTEXTE DU NORD-EST ALGÉRIEN, OBJECTIFS D'ÉTUDE.....	3
3. MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES.....	5
3.1 <b>Les méthodologies adoptées</b> .....	5
3.2 <b>L'approche systémique : du barrage à la parcelle irriguée</b> .....	6
3.2.1 L'approche comparative à l'échelle régionale : les systèmes irrigués de la région du Nord - Est algérien.....	7
3.2.2 L'approche locale, étude d'un périmètre irrigué à l'échelle des secteurs irrigués : cas de Guelma-Boucheougouf.....	7
3.3 <b>Les données et les outils d'analyse</b> .....	7
4. ETUDES RÉALISÉES SUR LA PERFORMANCE DES SYSTÈMES IRRIGUÉS.	8
5. LES GRANDS AXES DE LA THÈSE (THÈMES DES CHAPITRES) .....	10
<b>CHAPITRE I. IRRIGATION, CADRE ORGANISATIONNEL ET ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGUÉES DANS LE CADRE DES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS EN ALGÉRIE.....</b>	<b>11</b>
1. L'ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGUÉES DANS LE MONDE .....	12
2. LE CADRE DE L'IRRIGATION EN ALGERIE.....	15
2.1 <b>Place de l'agriculture irriguée</b> .....	15
2.2 <b>Potentiel en sols apte à l'irrigation sur l'ensemble de l'Algérie</b> .....	16
2.3 <b>Organisation de l'irrigation</b> .....	16
2.3.1 Les grands périmètres irrigués (GPI).....	16
2.3.2 La petite et moyenne hydraulique (PMH) .....	17
2.3.3 Les institutions de gestion de l'hydraulique agricole .....	17

2.4	<b>L'évolution de la superficie irriguée</b> .....	18
2.5	<b>Les superficies en cultures irriguées et techniques d'irrigation</b> .....	20
2.6	<b>De la disponibilité et de la mobilisation des ressources en eaux</b> .....	21
3.	<b>LES MOTIVATIONS ET LES OBJECTIFS DE LA REALISATION DES PROGRAMMES D'IRRIGATION ET D'AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE</b> .....	23
3.1	<b>Une forte demande de produits agricoles alimentaires</b> .....	23
3.2	<b>La production agricole est davantage liée aux effets de la variabilité des précipitations</b> .....	24
3.3	<b>Objectifs et impacts attendus de l'irrigation</b> .....	25
3.3.1	Amélioration de la productivité de l'eau .....	25
3.3.1.1.	L'accroissement et régulation des rendements .....	26
3.3.1.2.	La modification des systèmes de cultures et la reconversion des économies agricole..	27
<b>3.3.2</b>	<b>Impacts socio-économiques de l'irrigation</b> .....	27
3.3.2.1	Impact de l'irrigation sur le plan économique .....	27
3.3.2.2	Impact de l'irrigation sur le plan social .....	28
3.3.3	<b>Impact de l'irrigation sur le plan écologique</b> .....	28
4.	<b>L'ÉVOLUTION DE LA MISE EN VALEUR AGRICOLE À TRAVERS LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS EN ALGÉRIE</b> .....	29
4.1	<b>La répartition géographique des grands périmètres irrigués (GPI)</b> .....	29
4.1.1	La région Centre .....	30
4.1.2	La région Ouest .....	30
4.1.3	La région Est.....	30
4.2	<b>L'historique des grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie</b> .....	31
4.2.1	Les anciens grands périmètres irrigués (avant 1962) .....	31
4.2.2	Les périmètres irrigués mis en services après l'indépendance .....	32
4.3	<b>Les problèmes majeurs qui affectent la valorisation des grands périmètres irrigués GPI (situation avant 2005)</b> .....	33

4.3.1	Superficie équipée et superficie réellement irriguée .....	33
4.3.2	Une disponibilité aléatoire de la ressource en eau.....	34
4.3.3	Les réseaux d'irrigation et l'efficacité des systèmes de distribution de l'eau .....	35
4.3.4	Problèmes de nature socio-économique et de gestion .....	36
4.4	<b>Stratégie de réponse aux problèmes identifiés (période 2005 - 2016) .....</b>	<b>37</b>
4.4.1	La gestion du secteur de l'eau en Algérie s'organise principalement dans le cadre de la Loi de 2005 relative à l'eau .....	37
4.4.2	La réorganisation des structures de l'administration de l'eau .....	37
4.4.3	L'organisation de la gestion de l'eau agricole .....	38
4.4.4	Les projets et actions mis en œuvre pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau	39
4.5	<b>Les résultats de la politique de valorisation des GPI en Algérie (2006-2016) ...</b>	<b>40</b>
5.	<b>CONCLUSION DU CHAPITRE 1 .....</b>	<b>41</b>
<b>CHAPITRE II. CONTEXTE PHYSIQUE ET RESSOURCES EN EAU MOBILISÉES AU PROFIT DES GRANDS PÉRIMÈTRES D'IRRIGATION DU NORD-EST ALGÉRIEN.....</b>		<b>43</b>
1.	<b>LES GRANDS TRAITES ORO-HYDROGRAPHIQUES DU NORD -EST ALGÉRIEN.....</b>	<b>44</b>
1.1	<b>Le Tell maritime : basses montagnes et plaines bien arrosées .....</b>	<b>45</b>
1.2	<b>Le Tell méridional (intérieur).....</b>	<b>46</b>
1.3	<b>Le domaine des Hautes Plaines .....</b>	<b>46</b>
2.	<b>POTENTIALITÉS EN SOLS IRRIGABLES .....</b>	<b>47</b>
2.1	<b>Les plaines côtières .....</b>	<b>48</b>
2.1.1	La grande plaine d'Annaba .....	48
2.1.2	Les autres plaines côtières .....	48
2.2	<b>La plaine de Guelma-Boucheougouf .....</b>	<b>50</b>
2.3	<b>Les Hautes Plaines .....</b>	<b>50</b>
2.4	<b>Classification des sols irrigables.....</b>	<b>51</b>

3.	CONTEXTE CLIMATIQUE .....	52
3.1	<b>Les précipitations</b> .....	52
3.1.1	Précipitations annuelles .....	52
3.1.2	Précipitations mensuelles et saisonnières .....	55
3.2	<b>Les températures moyennes et le régime thermique</b> .....	57
3.2.1	Les températures moyennes et le régime thermique.....	58
3.3	<b>Synthèse climatique</b> .....	61
3.3.1	Diagramme ombro-thermique de Gausson .....	61
3.3.2	Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	52
4.	EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE, DEFICIT EN EAU AGRICOLE ET NÉCESSITÉ D'IRRIGATION .....	63
4.1	<b>Etude comparative des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration</b> .....	63
4.1.1	L'évapotranspiration à l'échelle spatiale .....	64
4.1.2	L'évapotranspiration à l'échelle temporelle .....	64
4.2	<b>Bilan hydrique, déficit en eau agricole et période sèche</b> .....	65
4.2.1	Déficit hydriques extraites des travaux de Mebarki (2005) (modélisation du bilan hydrique et cartographique).....	68
4.2.2	Évolution de la demande en eaux des cultures .....	70
5.	RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET MOBILISATION DE L'EAU DES BARRAGES FACE AU DÉFICIT AGRICOLE .....	71
5.1	<b>Potentialités en eau de surface des grands bassins versants</b> .....	71
5.1.1	Le bassin des Côtiers constantinois .....	71
5.1.2	Le bassin de la Seybouse .....	71
5.2	<b>Les barrages -réservoirs d'eau</b> .....	72
5.2.1	Caractéristiques et pertes de capacité des barrages .....	72
5.2.2	Les apports d'eau des bassins versants à l'amont des barrages.....	74



5.2.2.1. A l'échelle annuelle .....	74
5.2.2.2. A l'échelle saisonnière,.....	76
5.2.3 Évolution du volume de remplissage des barrages.....	78
5.2.4 Volumes d'eau mobilisés au profit de l'irrigation .....	79
CONCLUSION DU CHAPITRE 2.....	81
<b>CHAPITRE III. - LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS ET LEURS SYSTEMES HYDRAULIQUES : ETAT DES LIEUX.....</b>	<b>82</b>
1. LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS DU NORD-EST ALGEREN : SITUATION AVANT 2005.....	83
<b>1.1 Le périmètre irrigué de Bounamoussa .....</b>	<b>83</b>
1.1.1 Contexte physique et système de cultures.....	84
1.1.2 Ressource en eau : le barrage de Cheffia.....	86
1.1.3 Le réseau hydraulique.....	88
1.1.4 Bilan d'exploitation du périmètre irrigué de Bounamoussa.....	90
<b>1.2 Le périmètre irrigué de Safsaf.....</b>	<b>92</b>
1.2.1 Contexte physique du périmètre .....	92
1.2.2 Ressources en eau : barrage de Zardézas et barrage de Guenitra .....	93
1.2.3 Le réseau hydraulique.....	96
1.2.4 . Bilan et contraintes d'exploitation du périmètre irrigué de Safsaf.....	98
<b>1.3 Périmètre de Guelma-Boucheougouf .....</b>	<b>99</b>
1.3.1 Le contexte physique .....	100
1.3.2 Ressources en eau : le barrage de Hammam Debagh .....	101
1.3.3 Le réseau hydraulique.....	104
1.3.4 . Bilan et contraintes d'exploitation du périmètre irrigué de Guelma Boucheougouf	105
<b>1.4 Synthèse sur la situation des GPI avant 2005 .....</b>	<b>106</b>
2. PROJETS ET ACTIONS DE VALORISATION DES GPI : PERIODE 2006-2016...107	
<b>2.1 Remise à niveau des anciens périmètres irrigués .....</b>	<b>107</b>

<b>2.2</b>	<b>Mise en service de quatre nouveaux périmètres irrigués (GPI) après 2005.....</b>	108
2.2.1	Le périmètre irrigué de Zit Emba (Skikda) .....	109
2.2.2	Le périmètre irrigué de Jijel-Taher (Jijel).....	110
2.2.3	Les périmètres irrigués de Ksar Sbahi et de Sedrata .....	112
<b>2.3</b>	<b>Introduction d'équipements plus économes en eau .....</b>	116
<b>2.4</b>	<b>Bilan d'exploitation des grands périmètres irrigués (2006-2016) .....</b>	118
2.4.1	. Évolution de la superficie irriguée dans les GPI du Nord-Est de l'Algérie (2006 - 2016) .....	118
2.4.2	La réserve d'eau des barrages et le volume d'eau mobilisé pour l'irrigation.....	119
3.	<b>CONCLUSION DU CHAPITRE 3 .....</b>	120
<b>CHAPITRE IV. L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION ...122</b>		
1.	<b>L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION.....</b>	123
<b>1.1</b>	<b>Circuit de l'eau, du barrage à la parcelle irriguée .....</b>	123
<b>1.2</b>	<b>Méthodes d'estimation de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE).....</b>	124
1.2.1	L'efficacité globale des réseaux (E1) .....	125
1.2.2	L'efficacité de l'irrigation à la parcelle (E2) .....	125
2.	<b>ÉVALUATION DE L'EFFICIENCE GLOBALE DES RÉSEAUX (ADDUCTION ET DISTRIBUTION) : PÉRIODE 2006-2016 .....</b>	126
<b>2.1</b>	<b>Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit de l'irrigation : analyse par périmètre irrigué .....</b>	126
2.1.1	Périmètre irrigué de Bounamoussa (2006-2016).....	126
2.1.2	Périmètre irrigué de Safsaf (2006-2016) .....	127
2.1.3	Périmètre irrigué de Guelma – Bouchegouf (2006-2016) .....	128
2.1.4	Périmètre irrigué de Zit Emba (2007 -2016) .....	129
2.1.5	Périmètre irrigué de Jijel –Taher (2010 -2016) .....	130
2.1.6	Périmètre irrigué de Ksar Sbahi (2010 -2016).....	131
2.1.7	Périmètre irrigué de Sedrata (2010 -2016) .....	131

<b>2.2</b>	<b>Étude comparative entre les grands périmètres irrigués (GPI)</b> .....	132
2.2.1	Le quota d'eau alloué aux GPI .....	132
2.2.2	Les volumes d'eau réellement utilisés et les pertes d'eau dans les réseaux .....	133
<b>2.3</b>	<b>L'Efficienc e globale des réseaux</b> .....	134
2.3.1	Efficienc e d'adduction (Ea).....	134
2.3.2	Efficienc e de distribution (Ed) .....	135
2.3.3	L'Efficienc e globale des réseaux E1 .....	136
<b>2.4</b>	<b>Synthèse sur le fonctionnement des GPI : ressources en eau et efficienc e globale des réseaux E1</b> .....	137
3.	DU BARRAGE À LA PARCELLE IRRIGUÉE : L'INDICE DE L'EFFICIENC E D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION DE LA CAMPAGNE 2016.....	139
<b>3.1</b>	<b>L'efficienc e globale des réseaux (E1)</b> .....	139
<b>3.2</b>	<b>L'efficienc e d'irrigation à la parcelle (E2)</b> .....	141
<b>3.3</b>	<b>Situation des GPI au regard de l'indice EUE de la campagne 2016</b> .....	143
4.	COMPARAISON DES BESOINS D'IRRIGATION AUX VOLUMES D'EAU UTILISES (CAMPAGNE D'IRRIGATION DE L'ANNÉE 2016) .....	144
<b>4.1</b>	<b>Les besoins théoriques en eau d'irrigation</b> .....	144
4.1.1	Principes de calculs .....	144
4.1.2	Méthodes de calcul des besoins en eau d'irrigation .....	145
<b>4.2</b>	<b>Données disponibles pour le calcul des besoins en eau d'irrigation</b> .....	146
4.2.1	Données climatiques.....	147
4.2.1	Données pour la détermination du coefficient cultural Kc .....	148
4.2.2	La réserve facilement utilisable (RFU), .....	148
4.2.3	Résultats : Exemple des calculs de bilan mensuel des besoins d'irrigation .....	149
<b>4.3</b>	<b>Résultats du calcul des besoins en eau d'irrigation des grands périmètres (GPI)</b> .....	149
4.3.1	Besoins nets d'irrigation des cultures par hectare à travers les périmètres .....	149

4.3.2	Les besoins nets en eau par assolement selon les périmètres .....	150
4.3.3	Besoins théoriques bruts en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués .....	152
<b>4.4</b>	<b>Bilan d'eau : ressources – besoins théoriques et déficit en eau .....</b>	<b>154</b>
5.	CONCLUSION DU CHAPITRE 4 .....	155
<b>CHAPITRE V. L'EXEMPLE DES SECTEURS IRRIGUÉS DU PÉRIMÈTRE DE GUELMA – BOUCHEGOUF .....</b>		
<b>159</b>		
1.	LES SECTEURS IRRIGUES ET LES OPTIONS TECHNIQUES ADOPTÉES DANS L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE .....	160
1.1	Les cinq secteurs en exploitation du périmètre Guelma – Bouchegouf.....	161
1.2	Les options techniques choisies dans l'étude du projet.....	163
2.	DISPOSITIF GÉNÉRAL : L'EAU, DU BARRAGE AUX SECTEURS IRRIGUÉS.....	164
2.1	L'eau au niveau du barrage : lâchers d'eau.....	165
2.2	L'eau en tête de réseau d'irrigation : les ouvrages de prise d'eau.....	166
2.2.1	Les seuils .....	166
2.2.2	Les station de pompages.....	167
2.3	L'eau à la parcelle : les réseaux de distribution .....	168
2.3.1	Les réservoirs de régulation.....	168
2.3.2	Les réseaux de distribution .....	169
3.	L'EFFICIENCE DES RESEAUX ET L'EFFICIENCE A LA PARCELLE (CAMPAGNE D'IRRIGATION DE 2016).....	170
3.1	L'efficience des réseaux de distribution (E1) .....	170
3.2	Efficience d'irrigation à la parcelle (E2).....	173
3.3	L'efficience d'utilisation (EUE) de l'eau à l'échelle des secteurs irrigués.....	176
4.	COMPARAISON DES VOLUMES UTILISES ET DES BESOINS THÉORIQUES EN EAU D'IRRIGATION (CAMPAGNE 2016).....	177
4.1	Calcul des besoins en eau théoriques d'irrigation à l'échelle des secteurs irrigués.....	178

4.1.1	Besoins nets de la plante par hectare .....	178
4.1.2	Besoins nets par assolement selon les secteurs irrigués .....	178
4.1.3	Les besoins bruts en eau d'irrigation .....	180
<b>4.2</b>	<b>Volumes utilisés et besoins théoriques .....</b>	<b>181</b>
5.	LES OBJECTIFS ATTEINTS EN TERMES D'ECONOMIE DE L'EAU .....	182
<b>5.1</b>	<b>L'extension des superficies irriguées .....</b>	<b>182</b>
<b>5.2</b>	<b>Développement des cultures irriguées à haute rendement .....</b>	<b>183</b>
<b>5.3</b>	<b>Autre progrès à souligner .....</b>	<b>184</b>
6.	LE SECTEUR IRRIGUE DE BOUMAHRA : CONDUITE DE L'EAU A LA PARCELLE.....	185
<b>6.1</b>	<b>Les exploitations irriguées .....</b>	<b>185</b>
6.1.1	L'organisation foncière des exploitations agricoles irriguées .....	185
6.1.2	La taille des parcelles irriguées .....	186
6.1.3	Mode de faire valoir (mode d'exploitation) .....	188
<b>6.2</b>	<b>Les cultures irriguées et leurs besoins en eau .....</b>	<b>190</b>
6.2.1	Les cultures irriguées dans le secteur de Boumahra.....	190
6.2.2	Les besoins annuels en eau d'irrigation.....	192
6.2.3	Les besoins mensuels en eau d'irrigation .....	194
<b>6.3</b>	<b>Fonctionnement du réseau de distribution à l'échelle du secteur .....</b>	<b>195</b>
6.3.1	Le réseau hydraulique.....	195
6.3.2	Fonctionnement du réseau .....	195
CONCLUSION DU CHAPITRE 5 .....		196
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>		<b>199</b>
1.	CONTEXTE PHYSIQUE DES PÉRIMÈTRES ET NÉCESSITÉ D'IRRIGATION	199
2.	RESSOURCES EN EAU ET VOLUMES D'EAU MOBILISÉ À L'IRRIGATION	200
3.	PERFORMANCE DES SYSTEMES IRRIGUES .....	201

3.1	L'efficience globale des réseaux (adduction, distribution) de la période 2006-2016	...201
3.2	L'indice de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) de la campagne016	..... 202
3.3	Bilan Ressources - Besoins et déficit en eau	.....202
4.	OBJECTIFS ATTEINTS EN TERMES DE VALORISATION DE L'EAU	..... 204
5.	VALIDITE ET LIMITES DE L'APPROCHE	..... 204
6.	CONSTRAINTES ET RECOMMANDATIONS	..... 206
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>.....208</b>
	<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>.....217</b>
	<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>.....224</b>
	<b>LISTE DES PHOTOGRAPHIES</b>	<b>..... 227</b>
	<b>ANNEXES</b>	<b>.....229</b>

## AVANT-PROPOS

Cette thèse est le résultat d'un travail de plusieurs années au cours desquelles nous avons pu bénéficier de l'aide de professeurs et chercheurs confirmés, aussi bien en Algérie qu'en France.

Tout d'abord, je voudrais exprimer ma gratitude et mes remerciements à notre directeur de thèse, professeur Azeddine MEBARKI, de la Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire de l'Université Frères Mentouri Constantine 1, qui nous a beaucoup aidés à accomplir ce travail, grâce à son soutien constant, sa passion de nous accompagner dans ce projet de recherche et ses efforts précieux qu'il nous a consacrés au détriment de son temps. Cette thèse nous a donné l'opportunité de participer aux activités du laboratoire LASTERNE (Laboratoire des Sciences du Territoire, Ressources Naturelles et Environnement), qu'il dirige, ce qui nous a ouvert une grande porte dans le domaine de la recherche scientifique.

A ce titre, nous avons bénéficié de plusieurs échanges autour de notre thème de recherche avec des professeurs et chercheurs invités (de l'Algérie, de Tunisie et de France), participer à des conférences scientifiques et des stages de formation (IRD de Montpellier), en plus des visites de terrain avec l'équipe du laboratoire et des experts et spécialistes locaux et étrangers. Aussi, l'opportunité nous a été donnée d'encadrer des mémoires de fin d'étude de mastères « Eau et Aménagement durable » (devenu ensuite master d'«Hydrologie, climatologie et territoire»).

Nous avons, par ailleurs, bénéficié de l'appui de notre établissement d'appartenance, l'Institut de Gestion des Techniques Urbaine (UGTU), de l'Université Salah Boubnider de Constantine 3, en particulier à travers les stages de formation en France, en plus de notre participation à des colloques internationaux en Algérie et à l'étranger.

Nous tenons à remercier le professeur Marc Côte (professeur émérite de l'Université de Provence) pour les précieux conseils et orientations qui nous ont été fournis au début des travaux, notamment en ce qui concerne la partie bibliographique.

Nous adressons nos remerciements au Dr Christian Leduc (Directeur de Recherche IRD, Unité de recherche G-EAU, Montpellier, France) pour sa disponibilité, ses conseils. Et pour la confiance qu'il nous a témoignée en nous accueillant dans le cadre de notre stage de recherche et en programmant plusieurs rencontres avec des spécialistes de son unité de recherche.

Nous tenons à remercier Dr Mohamed Taabni, Maître de conférences en géographie, à Université de Poitiers (France) qui nous a donné de précieux conseils lors d'une visite de travail au Laboratoire LASTERNE à Constantine, en particulier dans le cadre de nos travaux de publication se rapportant à notre sujet de thèse.

Nous remercions vivement messieurs les professeurs et maîtres de conférences qui ont accepté de faire partie du jury de soutenance : Pr Azeddine MEBARKI (directeur de thèse) ; Pr Bouzid TOUATI, Pr Boualem REMINI; Pr Salah BOUCHEMAL, Dr Ahmed BOUGHERARA et Dr Azzedine GHACHI.

Ce travail de thèse n'aurait pas vu le jour sans les données qui nous ont été fournies par les institutions nationales et les directions des différents services en charge de la gestion des ressources en eau et de l'irrigation, aux niveaux national et régional, et l'aide des cadres et d'ingénieurs affiliés à ces organismes :

- le Ministère des ressources en eau (MNR), Direction de l'eau agricole, Alger ;
  - l'ONID, la Direction Nationale (Alger) et la Direction Régionale de Constantine, l'unité locale de l'ONID de Boumahra pour les périmètres de Guelma-Boucheougouf et de KSar Sbahi et Sadrata, et l'unité de M'djez Dchich pour le périmètre de Safsaf ;
  - l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT), Direction Générale d'Alger.
  - l'ABH-CSM de Constantine ;
  - l'O.N.M.de Constantine ;
  - Les gestionnaires des barrages de Hammam Debagh, Zardézas, Guenitra, et Cheffia.
- Nous remercions notamment Mr Kamel Bahri, gestionnaire du barrage de Hammam Debagh qui nous a facilité l'accès aux documents et données sur le barrage de Hammam Debagh.

Nous exprimons nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidés lors de la réalisation de ce travail, les responsables et collègues de la Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire, en particulier les professeurs Nabil CHABOUR, Hafiza TATAR, Abdelmalek NEMOUCHI, Dr Ahmed BOUGHERARA (MCA) et Dr Abdelaziz LOUAMRI (MCA), ainsi que Dr Azzedine GHACHI. ((MCA, Université Salah Boubnider- Constantine 3) qui nous ont aidés à participer avec eux à de nombreuses conférences sur l'eau et nous ont encouragés à terminer ce travail.



## INTRODUCTION GENERALE

### 1. LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU AGRICOLE

L'eau est un facteur majeur de développement agricole et de sécurité alimentaire. Cependant, la pression croissante sur les ressources en eau, liée aux changements globaux, y compris la croissance démographique et le changement climatique, a créé le défi de mobiliser et d'utiliser l'eau agricole de manière durable.

La gestion et la valorisation de l'eau sont donc essentielles et représentent le plus grand défi de l'agriculture irriguée en Algérie, comme partout dans le Maghreb, voire toute la rive Sud du Bassin méditerranéen. Il s'agit, d'une part, de maîtriser les pertes afin de limiter la pression sur les ressources en eau et, d'autre part, d'augmenter la productivité de l'eau d'irrigation. Cela nécessite une maîtrise de la gestion à tous les niveaux : au niveau des sources d'eau, des réseaux d'irrigation, des techniques d'arrosage à la parcelle, et du choix des cultures qui valorisent au mieux le mètre cube d'eau.

Les stratégies mondiales d'utilisation de l'eau ont tendance à mettre l'accent sur la nécessité d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau en agriculture, de réduire le gaspillage et de libérer de gros volumes d'eau pour d'autres utilisations plus productives tout en permettant aux lacs et aux rivières de continuer à jouer leur rôle essentiel pour l'environnement (FAO, 2009).

La stratégie des pays riverains de la Méditerranée et de la communauté Européenne, dans un cadre commun pour le développement durable (SMDD) ont également retenu la gestion de la demande en eau (GDE) comme le premier domaine d'action prioritaire, qui comprend l'ensemble des mesures visant à accroître les efficacités techniques, sociales, institutionnelles, environnementales, dans les différents usages de l'eau (PNE, 2011). La gestion de l'eau émerge donc comme une question centrale de la gestion de l'eau.

L'enjeu consiste, aujourd'hui, à accélérer l'intégration de la gestion de la demande GDE dans les politiques de l'eau, de l'environnement et du développement, et d'aider le cas échéant les pays à élaborer ou améliorer leurs stratégies nationales de développement durable et leurs « plans d'efficacité » (ou plans d'utilisation rationnelle des ressources en eau) dont le principe a été retenu au Sommet de Johannesburg (1992). Tout ceci en partant du constat que la croissance de l'offre, qui a constitué la réponse traditionnelle à l'augmentation de la demande, avait atteint (ou allait atteindre) ses limites et se heurtait à des obstacles à la fois sociaux, économiques ou écologiques croissants dans presque tous les pays du monde (Benblidia, 2012).

Dès lors, un objectif assez largement déclaré est d'optimiser l'utilisation de l'eau agricole et de produire plus par goutte d'eau mobilisée, c'est-à-dire d'augmenter la productivité de l'eau. La déclaration du G 20 agricole de juin 2011 insiste particulièrement sur l'eau comme ressource dont l'accès durable est indispensable, et comme facteur d'augmentation de la productivité (Troy, 2013).

La gouvernance des ressources en eau dans les pays en développement (PED) constitue un enjeu politique, économique, et social majeur que les gouvernements et institutions internationales identifient comme prioritaire sur l'agenda politique du 21ème siècle (Makkaoui, Dubois, 2010).

En Algérie, le développement de l'irrigation est un enjeu crucial dans la stratégie nationale d'aménagement du territoire et de développement rural, mais il dépend principalement de la mobilisation et de l'utilisation rationnelle des ressources en eau.

Cependant, ces ressources en eau en Algérie sont limitées et connues pour leurs fortes variations annuelles et interannuelles et la récurrence des années sèches (le climat est semi-aride méditerranéen), d'une part et, d'autre part, elles sont soumises à une concurrence entre les trois secteurs de développement en raison des besoins croissants, et l'arbitrage dans la distribution de l'eau donne le droit de priorité à l'eau potable.

Les données statistiques de la F.A.O. sur l'irrigation dans le pourtour méditerranéen ont permis de mesurer le retard pris par un pays comme l'Algérie, au contexte semi-aride et à forte dépendance alimentaire : l'irrigation représente à peine 7% de la surface agricole utile (600 000 ha irrigués sur 8,5 millions ha de S.A.U.).

La politique au profit de l'intensification agricole n'a émergé que tardivement (année 1985) se traduisant par un programme d'équipement de nouveaux grands périmètres d'irrigation (G.P.I.), moyennant la construction d'une série de barrages, le tout mobilisant de gros investissements publics. Cependant, l'expérience des périmètres en exploitation, aux résultats très médiocres, pose avec une extrême acuité les problèmes de maîtrise de la gestion de l'eau.

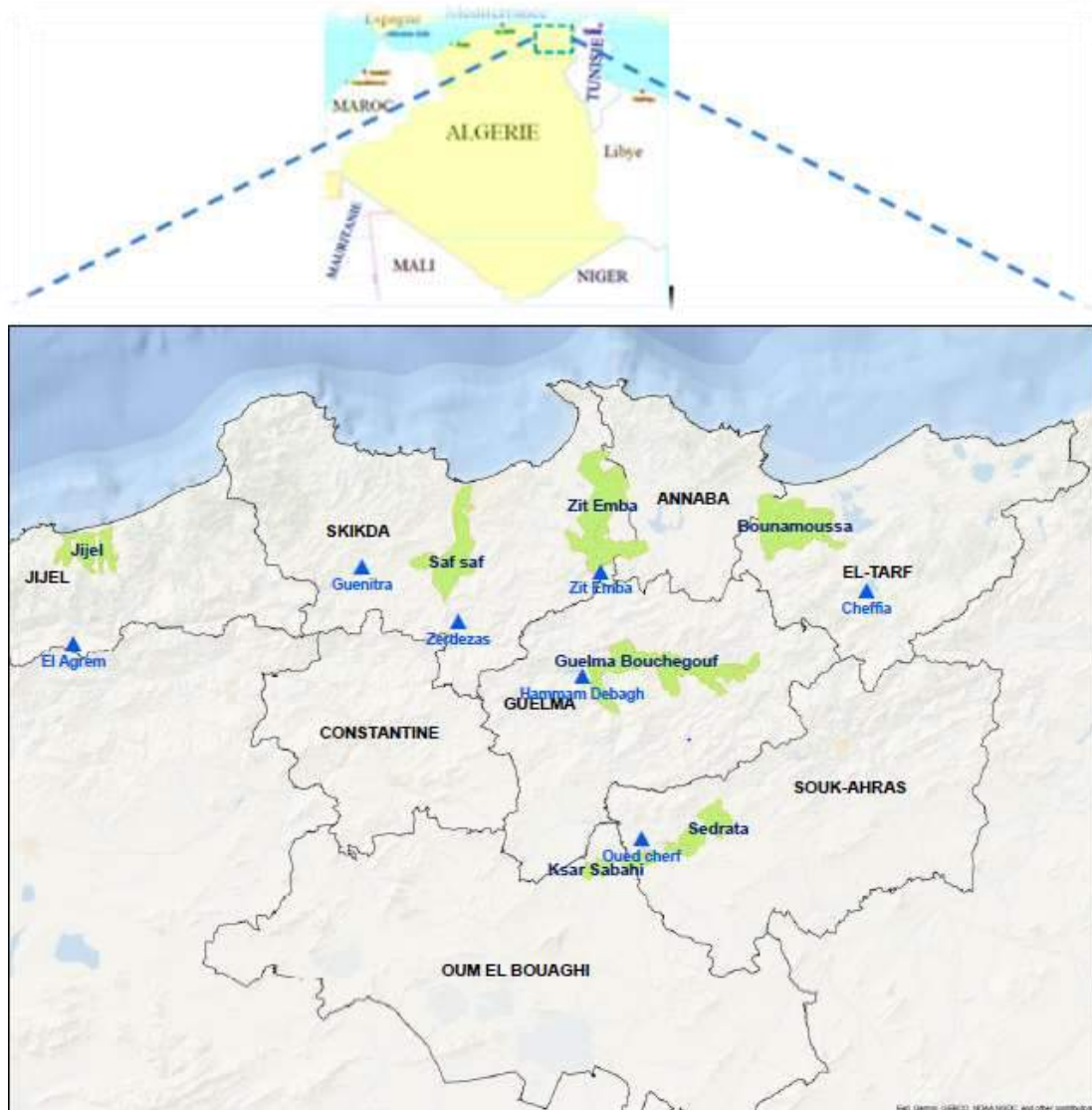
Notre recherche met en évidence la question de la gestion de l'eau agricole en Algérie, notamment en ce qui concerne **la valorisation des Grands Périmètres Irrigués (GPI) et la gestion des eaux des barrages**, dans le cadre des politiques nationales mises en œuvre.

Les grands périmètres irrigués (GPI) ont un rôle important en raison de leur importance stratégique dans la mise en œuvre d'une politique de sécurité alimentaire. Ils sont considérés par l'État comme des pôles de développement, avec la même logique que pour les pôles de croissance industrielle (Perroux in Djebbara, 2004). La superficie irriguée en Algérie est divisée en deux catégories, différenciées par la taille et par le mode de gestion : les grands périmètres irrigués (GPI) et la petite et moyenne hydraulique (PMH).

C'est pourquoi, et en continuité de notre travail de magistère « ressources en eau et développement hydro agricole dans la région constantinoise (Nord Est Algérien », cette thèse de doctorat s'efforce d'aborder la question de l'eau agricole et son effet sur la mise en valeur agricole à l'échelle des **grands périmètres irrigués du Nord-Est algérien**, en tenant compte de tout le circuit de l'eau, depuis le barrage jusqu'à la parcelle irriguée.

## 2. LES GRANDS PERIMETRES IRRIGUES DANS LE CONTEXTE DU NORD-EST ALGÉRIEN, OBJECTIFS D'ÉTUDE

Cette étude est une approche de la mise en valeur agricole et du niveau d'amélioration des systèmes d'irrigation, résultats obtenus en termes d'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation. A l'échelle du Nord- l'Est algérien, plus précisément la Région hydrographique des Bassins Constantinois-Seybouse-Mellegue, on compte sept périmètres en exploitation Bounamoussa (16 158 ha), Safsaf (5 656 ha), Guelma-Bouchehouf (9 940 ha), Zit Emba (2 070 ha), Jijel-Taher (879 ha), Sedrata, (1 275 ha) et Ksar Sbahi (1 900 ha).



**Figure 1. Les Grands Périmètres Irrigués (GPI) du Nord- Est algérien**

Les Grands Périmètres Irrigués (GPI) sont des zones à fort potentiel naturel d'intensification agricole, et l'eau leur est fournie par de grands barrages. Ils sont équipés de réseaux d'irrigation modernes qui ont été mis en place dans le but d'intensifier et d'améliorer les produits agricoles.

Cependant, ils sont confrontés à de nombreux problèmes et contraintes de se développer dans des conditions de mauvaise gestion de l'eau et de détérioration des équipements et des réseaux de distribution (des fuites importantes et fréquentes ont été observées).

Jusqu'à 2005, les chiffres indiquent que dans le meilleur des cas, les équipements hydro agricoles de type grande hydraulique ne pouvaient irriguer que 20% de la surface équipée dans les grands périmètres irrigués (GPI) du Nord-Est de l'Algérie (PNE, 2005).

Cela peut s'expliquer par plusieurs facteurs, dont les plus importants sont :

Les faibles disponibilités en eau des barrages, souvent réduites lors des années sèches en raison d'une forte concurrence de l'alimentation en eau potable (AEP), et qui ne permettent pas l'irrigation adéquate de ces surfaces (PNE, 2005) ;

Après des décennies de fonctionnement, les équipements du réseau d'irrigation ont atteint un niveau de détérioration très avancé en raison de l'usure des pompes et des stations de pompage, avec fuites d'eau, fissures dans les réservoirs. Ces problèmes influent négativement sur le débit de pompage, ce qui conduit souvent à des perturbations de la distribution d'eau dans les réseaux (PNE, 2005). Par exemple, le rapport entre le volume d'eau fournie et le volume d'eau réellement utilisée est de l'ordre de 40 % (ONID, 2006).

La faiblesse des financements consacrés à l'entretien et à la maintenance des installations, ou à l'amélioration des performances des systèmes de distribution d'eau et d'irrigation.

Cependant, la nouvelle politique de l'eau évolue vers une gestion plus rationnelle et plus économe des eaux, impliquant la recherche d'une plus grande efficacité de l'utilisation de l'eau dans tous les secteurs de consommation (Benblidia, 2011).

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux projets d'équipements et de réhabilitation ont été mis en œuvre pour les grands périmètres irrigués de l'Est de l'Algérie. Ils font partie des solutions nécessaires et urgentes dans la nouvelle politique de gestion de l'eau agricole, mais aussi de la dynamique hydraulique insufflée par l'État à travers de colossaux investissements. Ceci est lié à une réflexion sur la défaillance et les difficultés qu'avait connues le secteur hydro-agricole après les années 1990 (Mebarki, 2005).

Dans ce contexte, notre travail s'efforce d'analyser la relation entre la réserve d'eau des barrages en amont, sa valorisation au niveau des périmètres irrigués et l'efficacité d'arrosage à la parcelle, à l'aval. Par ailleurs, nous avons mené une comparaison entre l'évaluation des besoins théoriques en eau d'irrigation (BEI) en fonction des assolements culturels pratiqués et du volume utilisé. Ceci est appliqué à plusieurs échelles : à l'échelle régionale (sept GPI du Nord-Est de l'Algérie) ; à l'échelle du périmètre de Guelma Bouchegouf (9 940 ha), et à l'échelle du secteur irrigué de Boumahra (2 600 ha).

Pour suivre régulièrement les progrès réalisés dans le cadre de la loi sur l'eau de 2005 et la situation en matière de gestion de l'eau agricole, on fait appel à l'indice d'efficacité d'utilisation de l'eau agricole. Cette méthode est adoptée dans la stratégie méditerranéenne pour le développement durable (SMDD, Plan Bleu, 2009). Cet indice permet d'évaluer les efforts réalisés en termes d'économie d'eau par la gestion de la demande en diminuant les pertes et les gaspillages lors du transport et de l'utilisation de l'eau.

Le diagnostic de fonctionnement et l'analyse des réseaux hydrauliques réhabilités au niveau des périmètres irrigués ces dernières années, nous permettront de répondre à la question principale de la thèse : **Quel est le niveau d'utilisation des ressources en eau prélevées et répond-il à la demande en eau d'irrigation dans les grands périmètres d'irrigation ?**

Le sujet de notre thèse nécessite également des réponses à des questions secondaires qui servent l'objectif de l'étude :

Quels sont les potentiels des sols adaptés à l'irrigation? et comment sont-ils répartis dans la zone d'étude ? Quelle sont les périodes d'irrigation en lien avec les déficits en eau agricole ?

- Quel est le volume d'eau mobilisé par les barrages pour les grands périmètres irrigués du Nord-Est de l'Algérie ?
- Dans quelle mesure les orientations politiques, notamment la mise en œuvre de la loi de 2005 sur l'eau, ont-elles amélioré les conditions des périmètres irrigués ? l'efficacité des systèmes d'irrigation, les méthodes d'arrosage les plus économes en eau.
- Les filières irriguées : quels besoins en eau d'irrigation, et quelle valorisation des productions irriguées ?

Notre recherche a identifié le niveau d'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les systèmes irrigués, ce qui présente un double avantage : le premier consiste à évaluer le succès des interventions de l'Etat dans les périmètres irrigués collectifs ; le second est, de montrer comment l'objectif d'une utilisation rationnelle des ressources en eau disponibles peut assurer la durabilité des infrastructures dans les périmètres irrigués.

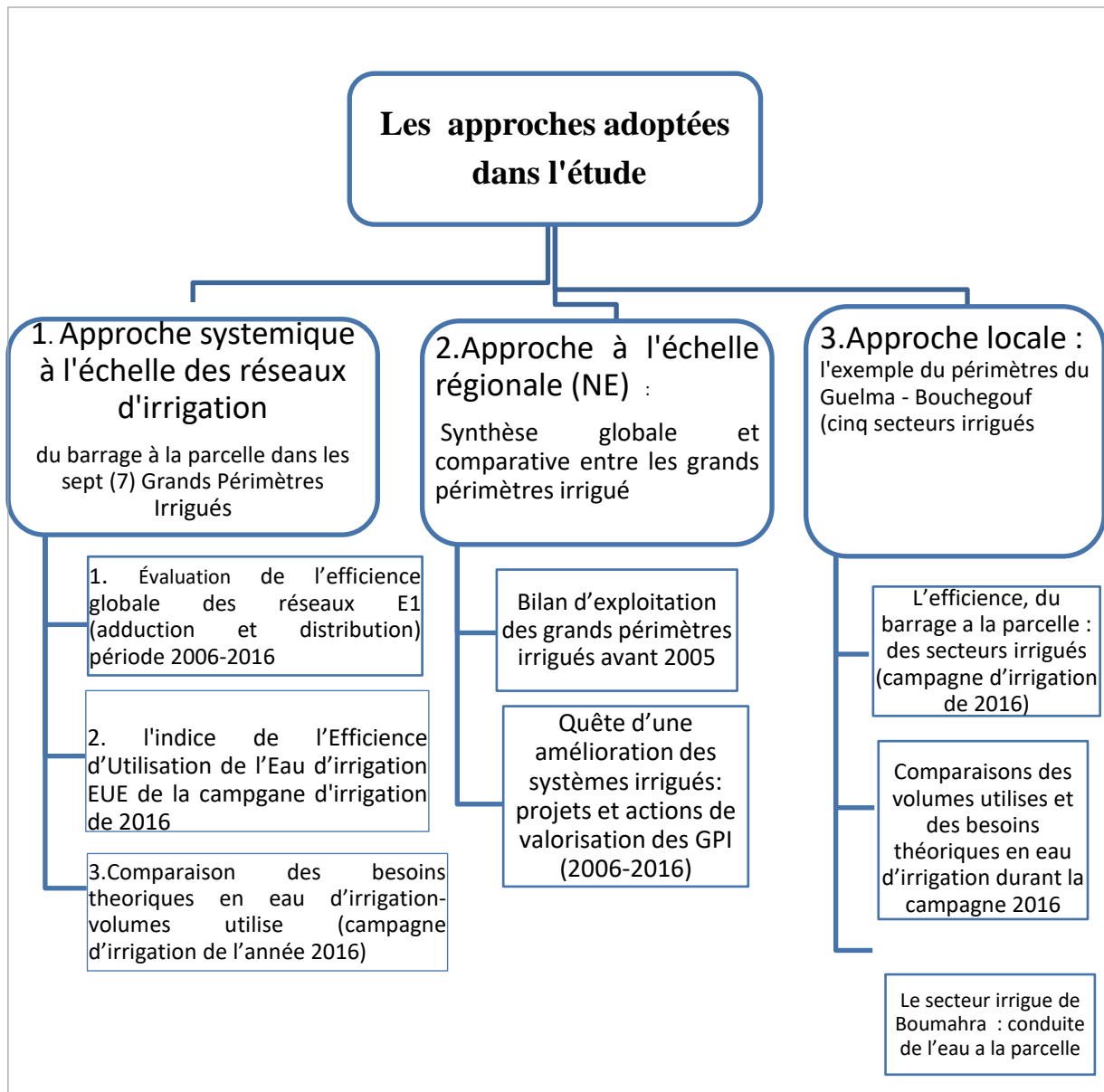
### **3. MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES**

#### **3.1 Les méthodologies adoptées**

Notre démarche comprend deux étapes. La première vise à définir les mesures entreprises et la politique adoptée dans la gestion de l'eau selon la nouvelle loi sur l'eau (2005). La deuxième étape procède à deux types d'évaluation : l'une porte sur l'application des indices mesurant l'efficacité de l'utilisation de l'eau agricole, et l'autre consiste à des confrontations entre les ressources et les besoins en eau (bilan d'eau).

Ces deux types d'évaluation ont été appliqués à différentes échelles dont l'approche permet d'appréhender la problématique de l'eau agricole liée à la grande hydraulique dans ses multiples facettes.

La méthode utilisée dans notre recherche est basée sur deux approches complémentaires et une approche locale (Fig.2). La première et la deuxième méthode sont complémentaires.



**Figure 2. Les approches utilisées dans l'étude**

### 3.2 L'approche systémique : du barrage à la parcelle irriguée

L'approche de la gestion des ressources en eau du périmètre intègre deux niveaux : la gestion des barrages-réservoirs et la gestion du réseau d'irrigation. Cela a été appliqué aux sept grands périmètres, chacun étant pris en compte comme un système hydroagricole qui se tient de l'amont (le barrage, source d'alimentation en eau) à l'aval (la parcelle irriguée)

Pour les barrages, l'objectif est de connaître : la capacité des retenues d'eau pour répondre aux besoins variables en eau d'irrigation ; les apports d'eau des bassins versants à l'amont des barrages, l'évolution de la réserve dans les barrages et les lâchers d'eau.

Pour les réseaux d'irrigation, il s'agit d'évaluer le niveau d'efficacité des réseaux de transport et de distribution (E1) sur la période 2006-2016, couvrant dix (10) campagnes d'irrigation. L'étude de l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation à la parcelle (E2), est appliquée particulièrement à la campagne d'irrigation de l'année 2016.

### **3.2.1 *L'approche comparative à l'échelle régionale : les systèmes irrigués de la région du Nord - Est algérien***

L'approche régionale est une comparaison entre les résultats des sept périmètres pris comme objets d'étude pour permettre de dégager les points communs et les éléments de différenciation entre des systèmes d'aménagements hydro-agricole qui s'inscrivent dans des milieux contrastés mais qui dépendent tous de la ressource en eau mobilisée par les barrages, et également tous conçus techniquement suivant les normes d'un périmètre moderne et obéissant aux règles d'un système de gestion décidé à un niveau centralisé (ONID, MRE). Les résultats de l'évaluation globale conduisent à une conclusion et à une vue d'ensemble (géographique) sur la partie orientale de l'Algérie.

### **3.2.2 *L'approche locale, étude d'un périmètre irrigué à l'échelle des secteurs irrigués : cas de Guelma-Boucheougouf***

L'approche locale est faite à l'échelle des secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheougouf pris comme exemple parmi les sept (7) GPI du Nord Est algérien. Elle consiste en une étude approfondie au niveau des réseaux de distribution des cinq secteurs irrigués et se termine par l'étude détaillée du cas du secteur de Boumahra.

Notre étude s'est focalisée sur les options techniques adoptées dans l'aménagement du périmètre, l'efficacité du barrage à la parcelle et la comparaison entre les volumes utilisés et les besoins théoriques en eau d'irrigation durant la campagne de 2016. La gestion de l'irrigation est perçue au niveau de l'organisation de la campagne et de la conduite du calendrier des arrosages. Elle appréhende tout le circuit de l'eau à travers les secteurs irrigués, en relation avec les déficits chroniques liés aux apports, et aux aléas de fonctionnement des ouvrages (contraintes de maintenance).

L'étude du secteur de Boumahra (2600 ha) concerne en particulier son organisation foncière et la taille des exploitations irriguées, le mode d'exploitation, la structure parcellaire et le fonctionnement du réseau de distribution à l'échelle du secteur, les pratiques d'arrosage (aspersion, goutte à goutte, selon les types de spéculations agricoles et les assolements.), les types de cultures irriguées et leur production (valorisation des produits agricole durant la saison d'irrigation),

## **3.3 Les données et les outils d'analyse**

Les données climatiques utilisées dans cette étude (données pluviométriques et thermométriques, évaporation, etc.) pour la période (2000-2014), proviennent de l'Office National de la Météorologie. Elles couvrent les trois régions couvertes par la zone d'étude : les stations de Jijel, Skikda et Annaba représentent les plaines côtières ; la station de Guelma représente les plaines telliennes de l'intérieur, et la station d'Oum El-Bouaghi représente les hautes plaines.

Les données des fluctuations des réserves d'eau remplies dans les barrages et des apports hydrologiques (mensuels et annuels) enregistrés au niveau des barrages proviennent de l'Agence Nationale des Barrages et de Transferts (ANBT, Alger) et s'étendent sur plus de 20 ans (de janvier 1997 à décembre 2016) pour les anciens barrages (Cheffia, Hammam Debagh,

Zardezas, Guenitra ), tandis que pour les nouveaux barrages, leurs données s'étendent du début de leur mise en service jusqu'en 2016 : Foug El-Khanga (2001-2016), Zit Emba (2003-2016), El-Agrem (2003-2016).

Les périmètres en exploitation disposent de données relativement fiables et suffisantes pour établir une analyse à l'échelle régionale concernant la répartition des superficies irriguées, la modulation des volumes d'eau théorique alloués aux périmètres, les lâchers d'eau, les volumes mis en tête des réseaux, les volumes distribués, les volumes facturés, les assolements réalisés au cours de la période (2006 – 2016). Ces informations sont extraites des rapports pluriannuels des campagnes d'irrigation de l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (O.N.I.D.).

Les données des productions agricoles, rendements en irrigué... (Direction des Services Agricoles, Guelma, 2016). Les sources de documentation comprennent en plus de la collecte de données, les visites sur le terrain et l'exploitation des études et des documents cartographiques et numériques disponibles :

- études agro-pédologiques, et classification des sols menées sur les périmètres irrigués (Agence Nationale des Ressources en Eau), carte des sols d'Algérie (Constantine au 1/500 000), carte des sols d'Algérie (Bône) au 1/200 000).
- carte pluviométrique (ANRH, 1993), carte des ETP (ANRH, 2002), carte des déficits hydriques de l'Algérie du Nord (Mebarki et Laborde, 2012).
- cartes numériques des bassins hydrographiques de l'Agence de Bassin hydrographique (ABH Constantinois -Seybouse -Mellegue) ; modèle numérique de terrain (MNT)
- informations sur les installations hydrauliques (barrages, réseaux d'irrigation)
- support bibliographique dense.

#### **4. ETUDES RÉALISÉES SUR LA PERFORMANCE DES SYSTÈMES IRRIGUÉS**

De nombreuses études et travaux bibliographiques ont été menés sur la question de la performance des systèmes irrigués, soit initiés par les pouvoirs publics dans le cadre de projets hydrauliques, soit des études universitaires.

L'étude des périmètres irrigués réalisée par la SOGREAH en 2005 dans le cadre du plan national de l'eau sur la région hydrographique Centre et Est (PNE, 2005) constitue un important travail bibliographique contenant une base de données sur les grands périmètres irrigués situés dans les régions du Constantinoise et de l'Algérois. Elle révèle un déficit de couverture de la demande en eau agricole au niveau des grands périmètres irrigués, les difficultés de gestion des structures des réseaux d'irrigation et les principaux problèmes structurels de l'agriculture irriguée.

Une étude de Thivet et Blinda (2007), menée dans le cadre d'une stratégie des pays méditerranéens du Plan Bleu et intitulé «Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau pour faire face aux crises et pénuries d'eau en Méditerranée », met en évidence une comparaison d'indicateurs de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation dans les pays méditerranéens. Cette étude révèle que l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation en Algérie est estimée à 37 % en 1995 et à 40 % en 2005, ce qui place l'Algérie parmi les pays en retard en termes



d'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau par rapport à la plupart des pays méditerranéens.

Il existe également des articles scientifiques traitant de manière générale du problème des systèmes d'irrigation dans les grands périmètres irrigués en Algérie, dont les plus importants sont :

- Guemraoui et Chabaca (2007), intitulé "La gestion des grands périmètres irrigués : l'expérience algérienne". Ce travail montre que le secteur hydro-agricole en Algérie, en particulier dans les grands périmètres irrigués, est confronté à de grandes difficultés techniques, financières et organisationnelles, discute des causes et propose des solutions dans le cadre de la planification de la gestion de l'eau.
- Messahel, Benhafid et Ouled Hocine (2005). Cette contribution sur l'efficacité des systèmes d'irrigation en Algérie, s'est concentrée sur l'analyse des usages de l'irrigation, l'évaluation des pratiques et l'efficacité des systèmes d'irrigation, les expériences acquises dans le diagnostic de la réhabilitation des réseaux, et le diagnostic des infrastructures. Les auteurs donnent des suggestions pour la bonne performance des systèmes d'irrigation en Algérie.
- Djebbarra (2007) dans un article de recherche intitulé " Les principales contraintes du développement d'une agriculture irriguée classée en grande hydraulique en Algérie », a identifié le problème de l'eau d'irrigation. Il pose principalement la question de l'efficacité de la gestion de l'eau d'irrigation sous forme de quotas par secteur.

Les études universitaires portent généralement sur une étude de cas d'un seul périmètre irrigué. Nous citons, dans l'Est algérien, l'étude de Kebiche A. (2007), intitulée «Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation au niveau d'un périmètre irrigué, enjeux et perspectives, le cas de Guelma-Boucheouf ». L'étude a mis en évidence la nécessité d'une gestion rationnelle de l'eau d'irrigation, qui devrait inclure la lutte contre le gaspillage et la perte d'eau sous toutes ses formes. La superficie irriguée est faible et la facture d'eau ne représente que 5% du coût de production de la plupart des cultures. L'auteur insiste sur la mise à disposition des moyens nécessaires aux institutions de gestion de l'eau pour mieux comprendre la réalité du problème tout en identifiant les alternatives possibles au système tarifaire actuel. Pour deux choses : l'une est purement technique pour assurer la durabilité des périmètres, et la seconde est d'ajuster le prix de l'eau par rapport aux capacités de paiement des irrigants.

Un nombre important d'études universitaires en Algérie et au Maghreb ont été menées pour tenter d'étudier les problèmes des systèmes d'irrigation dans les GPI, et certains d'entre eux ont mis en évidence la nécessité de poursuivre les études dans le domaine de la valorisation de l'eau des barrages : (Tazkrit et Bensliman, 2017) ; (Thourya, 2005) ; (Behloul, 2006) ; (Imache, 2008) ; (Gasmallah et Spiga, 2011) ; (Benhamoud, et Bedrani, 2012) ; (Messahel et Benhafid, 2007) ; (Laoubi, 2004) ; (Belghiti, 2011) ; (Ben Nasr, 2015) ; (Hanafi, 2011) ; (Louhichi, 1999) ; (Ben Salem et al, 2007) ; Bourchich, 2004) ; Kadiri, 2008) ; EL Amri, et al : 2014) ...

## 5. LES GRANDS AXES DE LA THÈSE (THÈMES DES CHAPITRES)

La thèse s'articule autour de cinq (5) chapitres :

Le chapitre 1 présente une revue bibliographique sur l'évolution de la superficie irriguée dans le monde et en Algérie en particulier. D'une part, il présente la structure du secteur de l'irrigation agricole au niveau national et met en évidence la place qu'il occupe dans le développement de l'économie nationale (les principales motivations, les obstacles et l'impact de l'eau sur la production agricole et son rapport à la sécurité alimentaire). D'autre part, une analyse est menée sur l'évolution du développement hydro-agricole à travers les grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie.

Le chapitre 2 propose de fournir une analyse de l'ensemble du contexte physique et des ressources en eau de la zone d'étude (Nord-Est de l'Algérie) afin de déterminer le potentiel et les limites de la mise en valeur hydroagricole dans la région : potentialités en sols ; abondance d'eau liée au climat ; déficit en eau agricole et nécessité d'irrigation ; les ressources en eau de surface et la mobilisation de l'eau par les barrages pour couvrir le déficit agricole.

Le chapitre 3 présente une analyse diagnostique des périmètres irrigués du Nord-Est de l'Algérie, qui constituent les supports de cette étude, en comparant deux périodes : la situation des GPI avant 2005 et pendant la période 2006-2016 qui a été caractérisée par un ensemble de projets et de mesures pour renforcer et améliorer l'état hydraulique des périmètres irrigués. Ce chapitre constitue un point de départ pour identifier les obstacles à l'amélioration de la performance des périmètres irrigués.

Le chapitre 4 fournit une évaluation complète de la performance hydraulique des systèmes irrigués dans le Nord-Est algérien, ce qui constitue l'objectif principal et la base de cette étude. Il permet de comparer les performances et l'efficacité de l'utilisation de l'eau entre les sept périmètres irrigués et également nous donne une synthèse globale de la situation des GPI dans la région de l'Est algérien. Cela passe par : l'évaluation de l'efficacité globale des réseaux E1 (adduction et distribution) pour la période 2006 - 2016, l'indice d'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) du barrage à la parcelle irriguée (campagne 2016) ; la comparaison des besoins théoriques en eau d'irrigation et les volumes utilisés (campagne d'irrigation de l'année 2016).

Le chapitre 5 porte sur la performance au niveau des cinq secteurs irrigués du périmètre d'irrigation de Guelma- Bouchegouf, pris comme exemple des grands périmètres du Nord-Est de l'Algérie. Après une présentation générale des réseaux d'irrigation et de la méthode d'arrosage dans les cinq secteurs irrigués (Cherf, Fedjoug, Guelma- Centre et Boumahra et Bouchegouf), il présente les résultats de calcul de l'efficacité de l'utilisation de l'eau du barrage à la parcelle irriguée, et met en évidence le bilan d'eau par secteur irrigué (ressources - besoins en eau d'irrigation). Les résultats ont permis de distinguer le secteur le plus performant, qui fait l'objet d'une étude détaillée, le cas du secteur de Boumahra vu sous l'angle de la conduite de l'eau à la parcelle.

## **CHAPITRE I**

# **IRRIGATION, CADRE ORGANISATIONNEL ET ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGUÉES DANS LE CADRE DES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS EN ALGÉRIE**

---

## Introduction

L'irrigation en Algérie a toujours été un impératif et un instrument privilégié pour assurer la croissance de la production agricole et garantir la stabilité de la production, en plus de ses retombées positives dans la réalisation de la sécurité alimentaire et des avantages socio-économiques et environnementaux. Cependant, son développement dépend du potentiel du sol et de l'eau, en plus de sa place parmi les priorités des programmes de développement.

Afin d'évaluer l'état du secteur de l'irrigation en Algérie, nous étudions le potentiel naturel des sols et des ressources en eau disponibles et mobilisées, ainsi que la stratégie adoptée pour augmenter les surfaces irriguées et la productivité agricole. Par ailleurs, nous mettrons en évidence le rôle et les problèmes de renforcement de ce secteur à travers la valorisation de grands périmètres irrigués (GPI).

Ce premier chapitre comprend les éléments suivants : l'irrigation dans le monde. Le cadre d'irrigation en Algérie, les motivations et les objectifs de la mise en œuvre des programmes de développement de l'irrigation, enfin l'évolution de la mise en valeur agricole à travers les grands périmètres irrigués en Algérie.

## 1. L'EVOLUTION DES SURFACES IRRIGUEES DANS LE MONDE

Dans le monde, 324 millions d'hectares sont irrigués (FAO, 2012) sur 1,4 milliard d'hectares de terres arables au total, ce qui représente 20 % de la surface agricole mondiale (5 % de la surface agricole en Afrique et 35 % en Asie). Ils fournissent 40 % de la production agricole mondiale (avec une productivité 2,7 fois supérieure à celles des terres arrosées par la pluie).

La répartition des surfaces irriguées selon le mode d'irrigation : l'irrigation de surface représente 86 % de la superficie totale (280 millions d'hectares), l'irrigation par aspersion : 11 % (9 millions d'hectares) et l'irrigation localisée : 3 % (9 millions d'ha).

La figure 3 représente l'évolution de la superficie irriguée dans le monde de 1900 à 2012, qui a été réalisée selon la collecte de données provenant de deux sources : la superficie irriguée pour les trois années 1900, 1950 et 1975 est incluse dans l'ouvrage de [Cognac, \(1979\)](#) sur l'irrigation et le développement agricole. Quant à la superficie irriguée pour 1990 et 2012, ce sont des données fournies par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO, 2014).

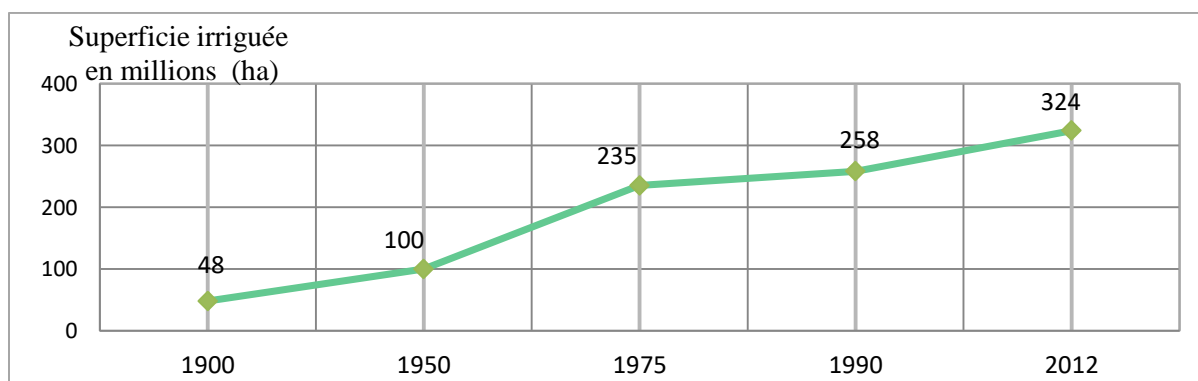


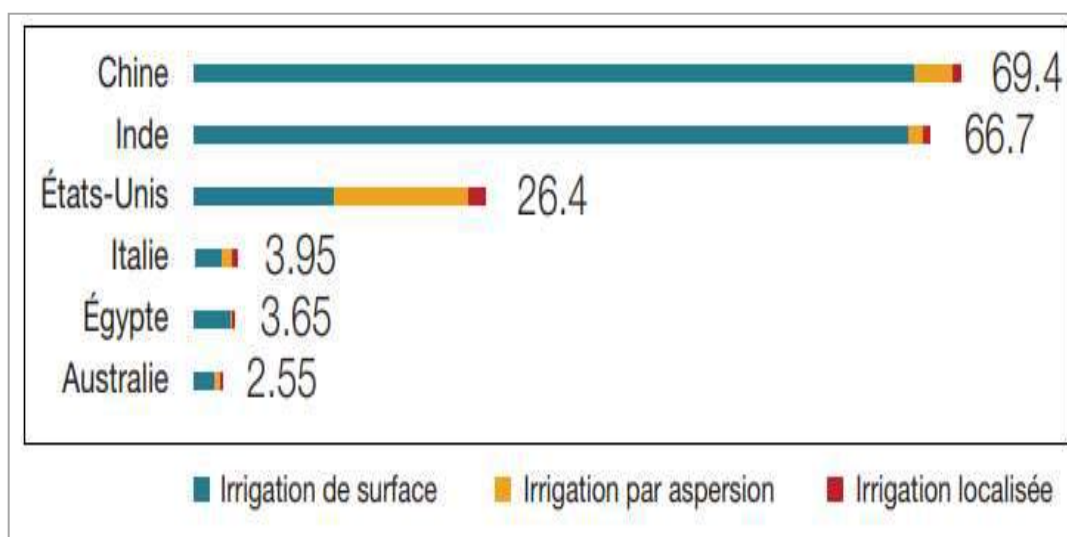
Figure 3. L'évolution de la superficie irriguée  $S$  (ha) dans le monde (période : 1900 – 2012)

La surface irriguée dans le monde a connu une évolution continue au fil des années jusqu'à atteindre 324 millions d'hectares en 2012.

Au cours de la première période, de 1900 à 1950 (50 ans), la superficie irriguée a doublé, passant de 48 millions d'hectares en 1900 à 100 millions d'hectares en 1950, soit un taux de croissance annuel estimé à 1,04 million d'hectare par an. Au cours de la deuxième période, de 1950 à 2012 (62 ans), la superficie irriguée a triplé passant de 100 millions à 324 millions d'hectares, ce qui représente une augmentation d'environ 3,61 millions d'hectares par an.

L'accélération de l'expansion des surfaces irriguées, surtout depuis 1990, peut s'expliquer par les progrès récents des technologies de mobilisation des ressources en eau, d'irrigation et de renouvellement des conceptions associées au développement des réseaux. La plupart des pays du monde ont bénéficié de ce développement des technologies modernes.

Toutefois, pour apprécier ces résultats, il faut tenir compte des différences quelquefois énormes entre les superficies territoriales des différents États (Fig. 4).



**Figure 4. Pays disposant de la plus grande superficie irriguée par continent (million ha) en 2012 (FAO, 2014) <https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation>**

La part de la superficie irriguée par pays, s'établit ainsi :

Les plus grands pays irrigants sont situés en Extrême-Orient, dans les climats de la mousson. La Chine arrive en première position dans le monde avec 69,4 millions d'ha. Elle est suivie par les grands pays irrigués traditionnels d'Extrême-Orient : l'Inde (66,7 millions d'hectares) et le Pakistan (20,2 millions d'hectares). Cela représente 145,6 millions d'hectares, soit 48,2 % du monde irrigué.

Les États-Unis d'Amérique (USA) à eux seuls avec 26,4 millions ha soit 8,1% de terres irriguées, se classent au 4e rang mondial.

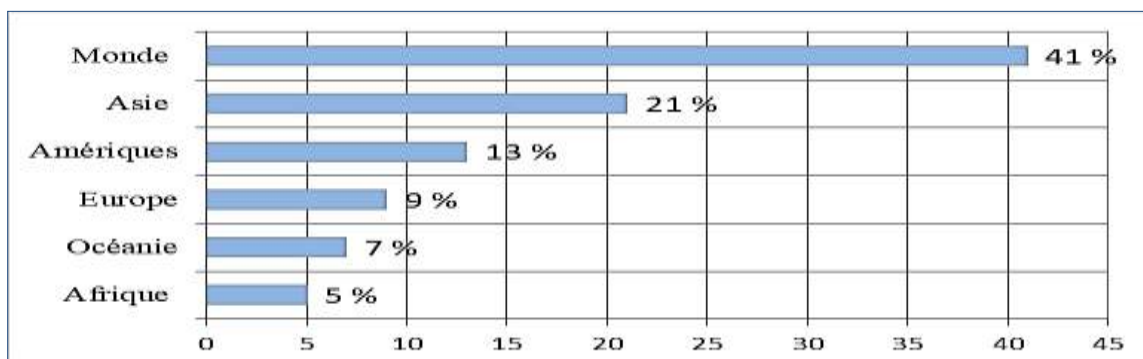
L'Union européenne (UE) détient 15,45 millions d'hectares (4,8%), dont 3,95 millions en Italie, suivie de l'Espagne (3,8 millions d'hectares) et de la France 2,64 millions, tandis que la Russie avait converti 4,3 millions d'hectares en irrigation (1,3% de la superficie totale).

En Afrique: les zones irriguées sont principalement concentrées en Afrique arabe, l'Égypte au premier rang avec 3,65 millions d'hectares irrigués, le Soudan (1,9 millions ha), le Maroc (1,5 million ha). L'Afrique tropicale et équatoriale est une des zones du globe les moins irriguées, ce qui a été expliqué par le Comité international d'irrigation et de drainage (CIID, 1979) d'abord, par la faible densité de la population qui n'a pas poussé à rechercher de fortes productions à l'hectare, ensuite par l'existence, sous presque tous les climats de cette zone, d'une saison pluvieuse, plus ou moins abondante, mais dont le retour, chaque année, assure la possibilité d'effectuer des cultures pluviales, c'est-à-dire sans apport d'eau complémentaire.

Il convient de noter qu'un certain nombre de pays se détachent par l'importance de leurs superficies irriguées : L'Iran avec 9,5 millions d'ha selon la FAO, fait partie des pays qui possèdent des terres irriguées très étendues. L'Irak, dont les frontières comprennent les vastes plaines sédimentaires du Tigre et de l'Euphrate, couvre 3,52 millions d'hectares. Enfin, l'Australie occupe 2,55 millions d'hectares.

Certains autres pays ont également réalisé des progrès significatifs, tels que : la Turquie (5,2 millions d'hectares); la Roumanie (3,14 millions d'ha), le Japon (2,6 millions d'ha), l'Ukraine (2 millions d'ha) et l'Arabie Saoudite (1,6 million d'ha).

À l'échelle mondiale, la part relative de la superficie irriguée par rapport à la superficie totale cultivée est estimée à 21 %. Cela varie beaucoup selon les continents. L'Asie est le seul continent où la surface irriguée couvre une grande partie de la surface cultivée (40%), si on la compare avec d'autres continents, pour lesquels on enregistre des proportions faibles à très faibles : Amérique (13 %); Europe (9 %); Océanie (7 %) ; Afrique (5 %).



**Figure 5. Part irriguée (en %) de la superficie cultivée par continent (FAO, 2014)**

Les efforts de modernisation qui ont été faits à travers le monde se sont accompagnés de la création de périmètres d'irrigation, soit pour les plantations industrielles contraintes d'être compétitives sur le marché mondial, soit pour les zones d'agriculture vivrière, où l'on souhaite voir s'élever le niveau de vie.

L'irrigation est pratiquée dans la quasi-totalité des pays, qu'elle soit une nécessité absolue comme dans certains pays arides ou simplement un moyen d'intensifier la production dans les régions d'irrigation dites « de complément ». La superficie irriguée est donc concentrée dans un petit nombre de pays. Plus de la moitié est distribuée en Asie et en région méditerranéenne où l'on trouve de grands pays d'irrigation.

Cependant, dans les régions chaudes, on se heurte parfois à des difficultés majeures pour rentabiliser l'irrigation : en effet, les besoins en eau y sont plus élevés que dans les régions tempérées bien que les rendements agricoles ne le soient pas toujours. En conséquence, la productivité de l'irrigation est souvent moins bonne. Ce qui pose toujours la question de la rentabilité de ces projets d'irrigation.

En céréales, par exemple, elle est approximativement, suivant le climat : de 0,6 à 1 kg de grain/m<sup>3</sup> d'eau en région tempérée ; de 0,3 à 0,4 kg de grain/m<sup>3</sup> d'eau en région tropicale, de 0,1 à 0,2 kg de grain/m<sup>3</sup> d'eau en région sahélienne.

On retrouve des écarts analogues pour d'autres cultures. Par exemple, dans le cas de la tomate, la productivité de l'eau est de 10 à 15 kg de fruit/m<sup>3</sup> d'eau en région méditerranéenne, de 4 à 6 kg de fruit/m<sup>3</sup> d'eau en région tropicale.

Dans certains périmètres, l'irrigation pourra donc être réservée, tout au moins en tant que spéculation principale, aux cultures ayant un produit brut/ha élevé.

A partir de ces chiffres, on peut constater que l'irrigation a fait de grands progrès dans les pays qui la pratiquent. Ce sont d'abord les zones à forte densité de population qui ont recours à l'irrigation pour intensifier leur production agricole, et en premier lieu l'Asie où la riziculture est l'activité de base qui couvre les 2/3 des surfaces irriguées dans le monde.

On peut cependant souligner que le développement de l'irrigation s'explique essentiellement par l'accroissement de la demande alimentaire et que dans de nombreux pays l'irrigation apparaît de plus en plus comme un élément moteur de l'économie.

Les politiques d'irrigation se voient ainsi conférer un rôle déterminant dans les stratégies de développement définies par les gouvernements. La politique d'irrigation est considérée comme un élément non seulement de la politique agricole ou du développement économique, mais aussi de la politique de l'eau.

## **2. LE CADRE DE L'IRRIGATION EN ALGERIE**

### **2.1 Place de l'agriculture irriguée**

La surface agricole utile (SAU) s'élève à 8,5 millions d'ha (ONS, <http://www.ons.dz/>), soit seulement 3,6 % de la superficie totale du pays qui englobe une immense zone saharienne en grande partie non utilisable pour l'agriculture. L'agriculture irriguée occupe environ 7% des surfaces cultivées et globalement 40 % de la production agricole nationale.

La situation géographique de l'Algérie est à l'origine des contraintes climatiques qu'elle subit et des atouts de la pluviométrie et des avantages hydrologiques par rapport aux autres pays d'Afrique du Nord.

La partie Nord du pays est caractérisée par son climat méditerranéen et par une grande irrégularité temporelle et spatiale des précipitations : 90 % du territoire national reçoit moins de 400 mm par an. Elle dispose de ressources en eau renouvelable, tant pour les eaux de surfaces que pour les eaux souterraines. Les 90% des eaux de surface sont situées dans la région du Tell qui couvre environ 7 % du territoire. Le pays est également caractérisé par une forte disparité entre l'Est et l'Ouest.

La région Ouest est bien dotée en plaines mais est peu arrosée. La partie Est du pays est une zone montagneuse où coulent les principaux fleuves. La majeure partie du pays (87 %) est un désert où les précipitations sont quasi nulles, mais qui recèle d'importantes ressources fossiles d'eaux souterraines.

## 2.2 Potentiel en sols apte à l'irrigation sur l'ensemble de l'Algérie

Sur la base des critères utilisés par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), les sols aptes à l'irrigation sont classées en trois (03) catégories de mise en valeur en irriguée (I + II + III). Les terres sont considérées aptes à la mise en valeur hydro agricole sur la base de leurs propriétés physico-chimiques, ainsi que différents facteurs naturels (géomorphologique, topographique, climat,...etc), sans tenir compte des potentialités hydriques (qu'elles existent ou non). Le tableau 1 montre la répartition des sols irrigables et non irrigables sur l'ensemble de l'Algérie (ANRH, 2008).

**Tableau 1. Répartition des sols irrigables et non irrigables sur l'ensemble de l'Algérie, (ANRH, 2008)**

Bassin versant	Catégorie de sols (ha)						Total (ha)	
	Catégorie			Sols aptes à l'irrigation I+II+III	Sols non irrigables			
	I	II	III		IV	V		
Total nord (17 BV)	269 914	462 324	1 354 888	2 087 126	39 %	1 472 446	1 813 109	5 372 399
	13%	22%	65%	100%				
Total Sahara	6 226	48 842	81 687	136 755	13 %	129 226	794 808	1 060 789
	5%	36%	60%					
Total Algérie	276 140	511 166	1 436 575	2 223 881	35 %	1 601 672	2 607 917	6 433 188
	12 %	23 %	65 %					

Les sols aptes à l'irrigation en Algérie sont de l'ordre de 2 223 881 ha, soit 27,8 % du potentiel en Surface Agricole Utile (SAU). Leurs besoins en eau d'irrigation sont estimés à 10,47 milliards de m<sup>3</sup> par an, sur la base d'une dotation unitaire moyenne variant géographiquement de 4 000 à 20 000 m<sup>3</sup>/ha/an (ANRH, 2008).

## 2.3 Organisation de l'irrigation

Les superficies irriguées sont réparties en périmètres de Grande Hydraulique (GH), et de Petite et Moyenne Hydraulique (PMH).

### 2.3.1 Les grands périmètres irrigués (GPI)

Les GPI correspondent à des périmètres de taille supérieure à 500 ha. Ils sont sous la dépendance de l'autorité publique et utilisent très majoritairement des eaux superficielles provenant des barrages et subsidiairement de forages profonds. Les installations sont gérées par les antennes de l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID) du périmètre.

Il s'agit des périmètres, pourvus d'une station ou plusieurs stations de pompes. L'eau est fournie à partir des lâchers d'eau des barrages.



Les grands Périmètres irrigués ont été aménagés par l'Etat, et qui assurent encore l'encadrement, la gestion et la maintenance des ouvrages collectifs moyennant le paiement d'une redevance annuelle. Les périmètres, exploités en petites parcelles individuelles regroupées selon la maille hydraulique en groupements de producteurs ou coopératives, ont été réalisés sur financements publics (Etat - bailleurs de fonds), sans participation des bénéficiaires.

### **2.3.2 La petite et moyenne hydraulique (PMH)**

La PMH est une irrigation privée, assurée directement par les agriculteurs ou par des associations. Elle correspond à des périmètres de taille variable faisant appel, pour l'essentiel, à des forages ou à des puits peu profonds, et à des retenues collinaires. Les investissements sont réalisés avec un appui de l'Etat.

Ce modèle de petite et moyenne irrigation hydraulique (PMH) a permis d'augmenter la superficie agricole et le rendement des produits agricoles. Il représente près de 88% de la superficie totale irriguée en Algérie et contribue à la satisfaction des besoins des populations en légumes frais et en fruits, et aux objectifs nationaux de sécurité alimentaire (PNE, 2010). Bien que le statut de ses surfaces irriguées ne soit pas toujours clair, en 2010, les installations l'hydrauliques de la PMH se composaient de :

- Retenues collinaires, avec 500 ouvrages contre 304 en 1999, soit une augmentation de 60% ;
- Forages utilisés pour l'agriculture, qui ont atteint 75 216, contre 20 000 en 2000 (soit une augmentation de 27 %) ;
- Puits dont le nombre est passé à 158 274 puits agricoles contre 100 000 en 2000 (soit une augmentation de 63 %) ;
- 620 000 ha équipés de systèmes d'économie d'eau (49% de la superficie irriguée en 2010) contre 72 000 ha en 2000 (20% de la superficie irriguée en 2000).

### **2.3.3 Les institutions de gestion de l'hydraulique agricole**

Un périmètre irrigué est défini comme un espace irrigué cohérent d'un seul tenant, comprenant un ensemble d'exploitations irriguées et de systèmes d'irrigation collectifs relativement « homogènes » organisés selon un ordre hydraulique en partie collectif (mobilisation et adduction collective, réseaux de distribution semi-collectifs), avec tours d'eau et droits d'eau collectifs et individuels. Les principales institutions ayant un rôle dans l'irrigation sont :

- au niveau central, le Ministère des Ressources en Eau (MRE / Direction de l'Hydraulique Agricole) ;
- au niveau intermédiaire, l'ONID (Office National de l'Irrigation et du Drainage), sous la tutelle du MRE, qui développe les grands périmètres irrigués (GPI), gère les infrastructures hydrauliques d'irrigation et apporte un appui à la gestion des périmètres irrigués;
- Les Directions Régionales des Offices de Périmètres Irrigués (DRI), concessionnaires, en charge de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance des infrastructures hydrauliques des GPI. Les DRI sont au niveau de 5 grandes régions : Oranie, Chélif, Algérois,

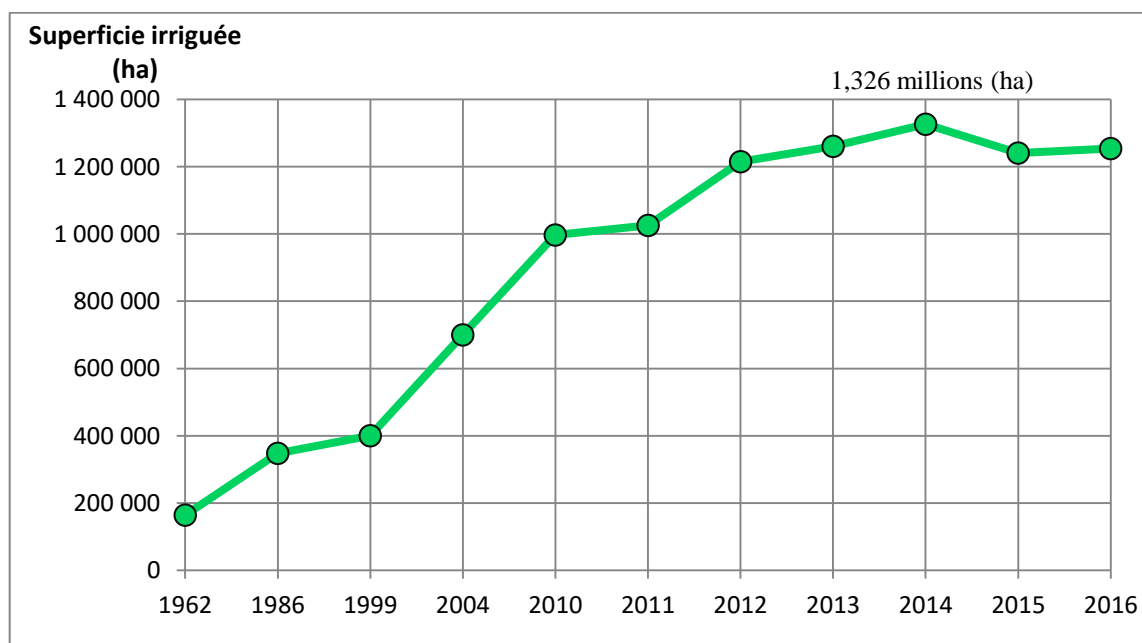
Constantinois et Sahara. Au niveau local, il existe des antennes ONID, pour chaque périmètre une unité qui gère sur site directement (unités au niveau de la wilaya) ;

- les directions de l'hydraulique des wilayas (48) sous tutelle du MRE ;
- un périmètre d'irrigation collective comprend soit une association d'irrigation (association d'irrigation), soit une organisation traditionnelle d'anciens agriculteurs. Il supervise généralement le fonctionnement du système d'irrigation, de la source à la parcelle irriguée.

## 2.4 L'évolution de la superficie irriguée

La superficie totale irriguée de l'Algérie a atteint plus de 1,326 million d'hectares et a connu une évolution continue de 164 000 en 1962 à 1,32 million d'hectares en 2014, soit une augmentation de 25 500 hectares par an (1,92 % par an).

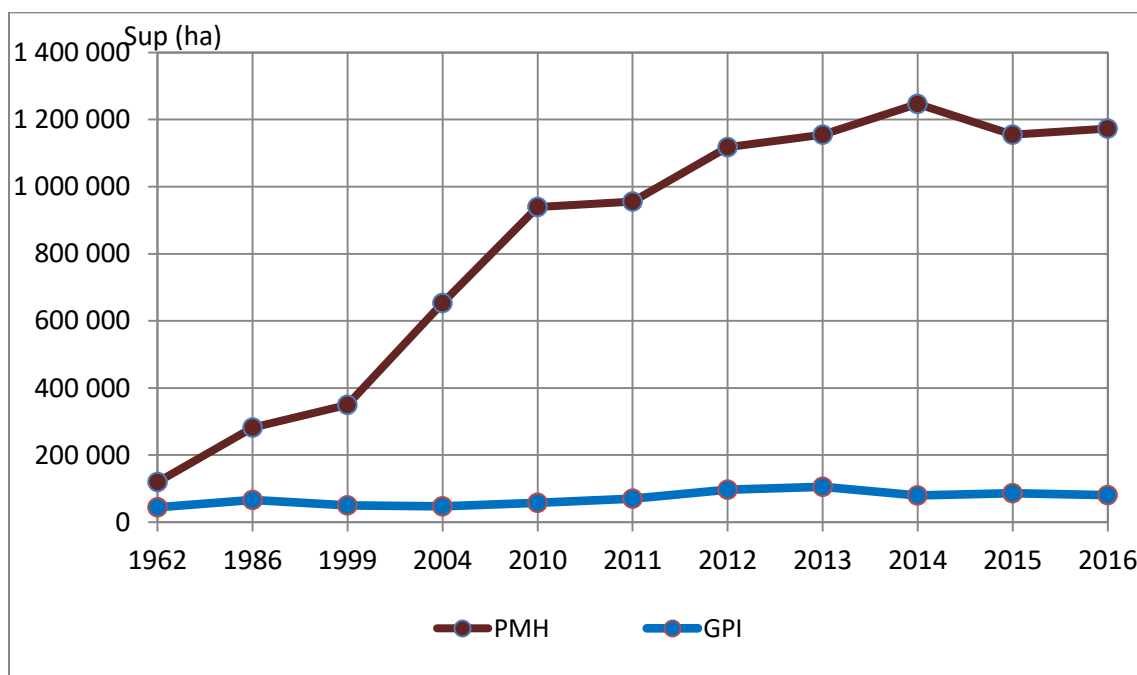
Au cours de la période 1962-2016, la croissance de la surface irriguée n'a pas été au même rythme, mais il y a des périodes où une accélération du taux de croissance des surfaces irriguées a été enregistrée, notamment entre 1999 et 2010. La superficie irriguée est passée de 400 000 hectares en 2000 à un million d'hectares en 2010, soit une augmentation de 600 000 hectares (60 %) au cours de cette décennie, et qui représente 45% de la superficie totale enregistrée en 2014 (Fig. 6).



**Figure 6. L'évolution de la superficie irriguée en Algérie (GPI + PMH) (MRE, 2019)**

L'évolution de la superficie irriguée en Algérie est largement due au développement de la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH), car les Grands Périmètres Irrigués (GPI) se sont beaucoup moins développés (Fig. 7).

En 2014, la majorité des superficies irriguées en Algérie ont été réalisées en grande partie par la moyenne et petite hydraulique (forages, puits, réservoirs vallonnés), qui représentent 1,24 million d'hectares et 94% de la superficie irriguée totale en Algérie. Les GPI, enregistrent une faible superficie irriguée estimée à 79 000 ha, soit 6% de la superficie totale est irriguée.



**Figure 7. L'évolution de la superficie irriguée en Algérie (GPI et PMH), au cours de la période 1999-2016**

La petite et moyenne hydraulique (PMH) constitue le gros des surfaces irriguées grâce à un vaste programme de mobilisation des ressources superficielles (forages, puits, retenues collinaires). L'évolution du nombre de forages et puits à usage agricole a connu une augmentation significative, passant de 120 000 forages et puits pour une superficie irriguée de 271 000 ha en 2000, à 238 340 pour une superficie irriguée de 1,09 million d'hectares en 2016.

Le parc national en retenues collinaires est passé de 304 avec une capacité totale de 27 millions de m<sup>3</sup> en 2000, à 514 avec une capacité de 62 millions de m<sup>3</sup> en 2016, cela a permis l'irrigation de 46 680 hectares (MRE, 2018).

L'objectif fixé dans les programmes d'irrigation depuis 2005 est d'atteindre 2 millions d'hectares de terres irriguées en 2020, soit 24% de la surface agricole utile (SAU), dont 1,624 millions d'hectares irrigués en PMH et 376 000 hectares irrigués à partir de la grande hydraulique (MRE, 2019).

Les grandes surfaces irriguées (GPI) ont également bénéficié des programmes de développement et de la valorisation de l'eau agricole, étant donné que depuis l'indépendance, le nombre de GPI est passé de 7 à 36, ce qui correspond à la croissance continue des superficies équipées, qui a atteint environ 260 500 hectares en 2016. Cependant, les superficies irriguées dans ces investissements restent faibles (Fig. 8).

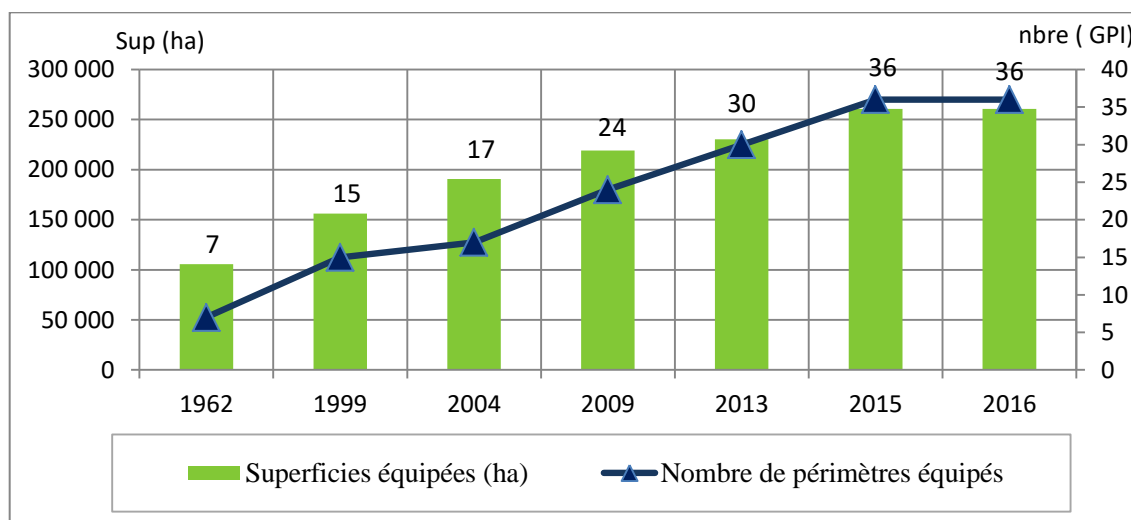


Figure 8. Evolution des superficies équipées des grands périmètres d'irrigation

### 2.5 Les superficies en cultures irriguées et techniques d'irrigation

Les superficies en cultures irriguées en maîtrise totale sont dédiées pour plus de 40 pour cent à l'arboriculture. Elles sont considérées comme «superficies obligées» puisqu'elles sont prioritaires lors de l'allocation de l'eau, du fait des risques encourus à long terme pour ces cultures en l'absence. Les arbres fruitiers, les palmiers, les agrumes, les oliviers et la vigne constituent cette arboriculture d'eau (Fig. 9).

Le maraîchage, à lui seul, représente plus d'un tiers des superficies irriguées récoltées et où prédominent les tomates, les oignons, les haricots, les poivrons, les pois et les cucurbitacées (SOGREAH, 2007).

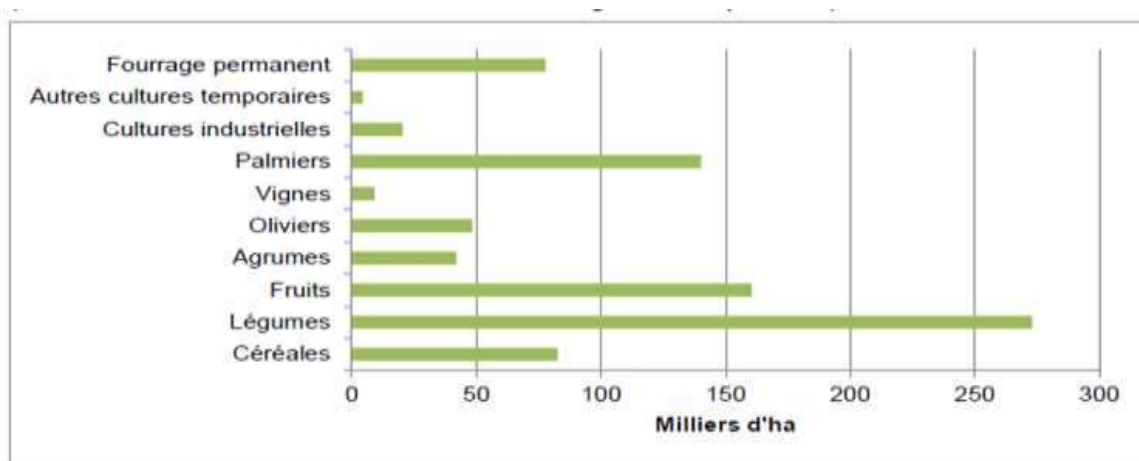
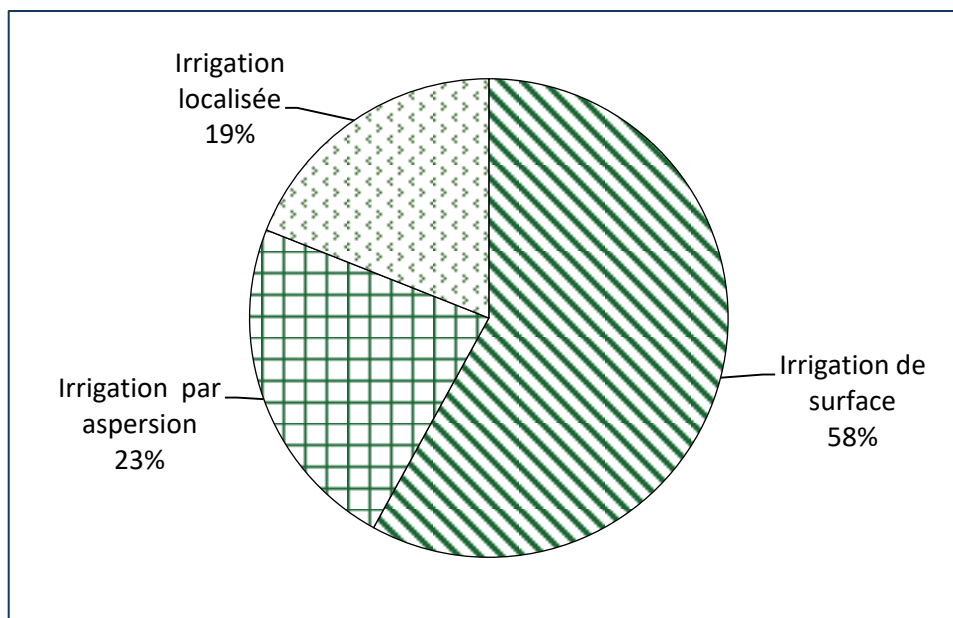


Figure 9. Répartition des superficies en fonction des cultures irriguées et récoltées en Algérie (superficie totale irriguée : 858 152 ha en 2008) (FAO, 2015)

Le mode d'irrigation à la parcelle pratiquée est très diversifié (Potin, 2012). On peut distinguer quatre types principaux : 1) L'irrigation gravitaire par bassin, planche, billon ; 2) L'irrigation par aspersion par sprinklers à couverture fixe ou mobile, enrouleurs avec canon (assez rare en Algérie), pivots et rampes frontales ; 3) L'irrigation localisée avec goutte à goutte ; 4) L'épandage de crue.

Sur ces 1,23 million ha équipés en maîtrise totale en 2012 : 58 % sont irrigués selon le mode d'irrigation de surface, 23 % par aspersion et 19 % par irrigation localisée (Fig. 10).

L'irrigation de surface fait progressivement place à l'irrigation par systèmes sous pression (aspersion et localisée) qui a en effet progressé, de 21 % en 2000 à 42 % en 2012 et 49 % en 2014 (FAO, 2015).



**Figure 10. Mode d'irrigation sur les superficies équipées (maîtrise totale : 1,2 million ha en 2012 (FAO, 2015).**

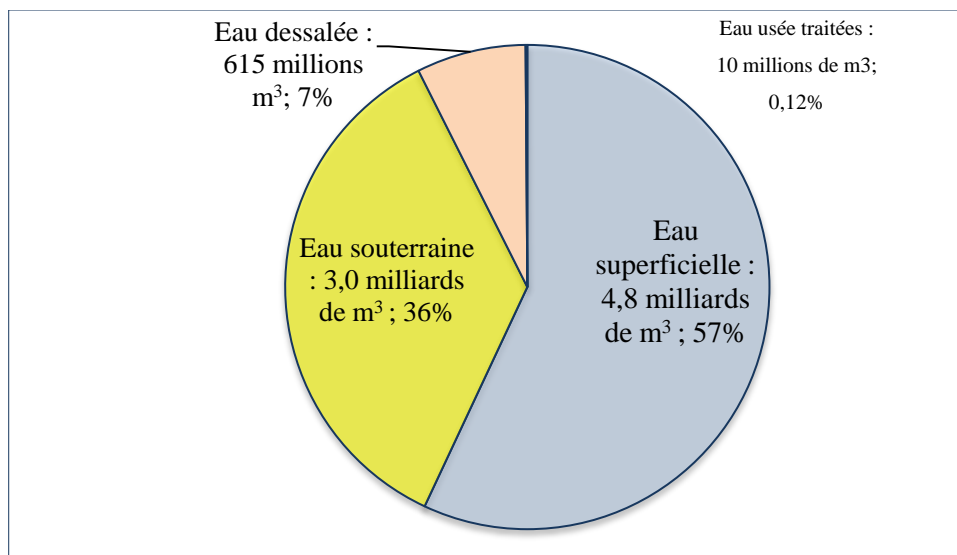
## 2.6 De la disponibilité et de la mobilisation des ressources en eaux

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De par son appartenance à la zone géographique du « Middle-East and North Africa (MENA) » et la quasi-totalité de son territoire classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau (Mouhouche, 2004).

Les potentialités globales en eau sont évaluées à 19,4 milliards de m<sup>3</sup>/an. Les capacités totales de mobilisation sont de 12 milliards de m<sup>3</sup>/an dont un volume de 6,8 milliards au Nord (5 milliards de m<sup>3</sup>/an pour les eaux de surface, 1,8 milliards de m<sup>3</sup>/an pour les eaux souterraines). Et un volume de 5,2 milliards de m<sup>3</sup>/an dans les régions Sahariennes, qui équivaut aux réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique.

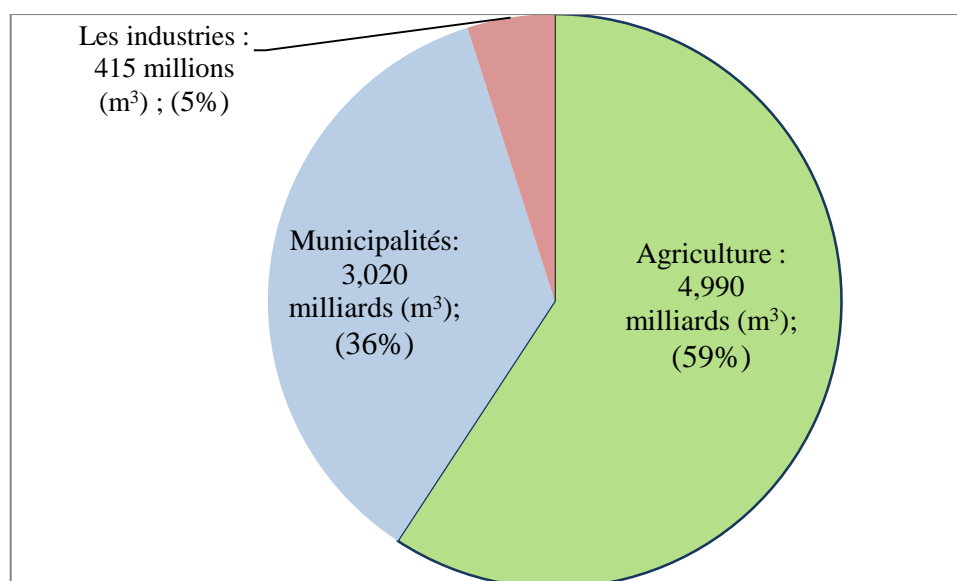
Ces ressources sont principalement mobilisées par les barrages. L'exploitation des eaux souterraines atteint 1,6 milliard de m<sup>3</sup> par forages et 85 millions de m<sup>3</sup> par foggaras. Le dessalement de l'eau de mer est pratiqué dans 23 stations pour une capacité de 347 000 m<sup>3</sup>/jour. Le volume annuel d'eaux usées rejetées est estimé à 730 millions de m<sup>3</sup> alors que la capacité installée d'épuration des eaux usées est de 365 millions de m<sup>3</sup>/an correspondant à 65 stations d'épuration en exploitation.

Les ressources en eau prélevées en 2012 sont estimées à 8,425 milliards m<sup>3</sup>, dont 4,800 milliards m<sup>3</sup> (57 %) provenant d'eau superficielle, et 3,000 milliards m<sup>3</sup> (36 %) d'eau souterraine, soit bien au-delà du volume renouvelable annuel, 615 millions de m<sup>3</sup> (7,3 %) d'eau dessalée et 10 millions de m<sup>3</sup> (0,12 %) d'eaux usées traitées, directement utilisées (EUROSTAT, 2015).



**Figure 11. Prélèvements d'eau en Algérie par type de ressource en eau (situation de 2012) (FAO, 2015)**

Les prélèvements attribués aux trois secteurs se répartissent comme suit : la part de l'agriculture correspond à 59 pour cent, soit 4,990 milliards de m<sup>3</sup>, ce qui place l'irrigation comme principal consommateur d'eau en Algérie. La part des municipalités est estimée à 36 pour cent, soit 3,020 milliards de m<sup>3</sup>, et les industries à 5 pour cent, soit 415 millions de m<sup>3</sup> (Figure 12).



**Figure 12. Répartition du total des prélèvements d'eau pour les trois secteurs d'utilisation en Algérie (situation de 2012) (FAO, 2015)**

Le déficit annuel est de l'ordre de 1,086 milliard de m<sup>3</sup> si l'on considère que les besoins en eau d'irrigation en 2012 sont d'environ 6,076 milliards de m<sup>3</sup> par rapport au volume d'eau octroyé la même année (4,990 milliards de m<sup>3</sup>). L'estimation des besoins totaux du secteur irrigué est basée sur la superficie irriguée en 2012 (1,215 million d'hectares) et la dotation théorique moyenne d'un hectare en Algérie (5 000 m<sup>3</sup>/ha).

Dans cet état de fait, la situation actuelle en Algérie est encore exacerbée par plusieurs contraintes, et un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles : la croissance démographique et le développement économique et social du pays ont, au cours des deux dernières décennies, entraîné une augmentation significative de la demande en eau potable et industrielle. L'estimation récente du Ministère des Ressources en Eau indique également que la consommation d'eau d'irrigation est estimée à 7 milliards de mètres cubes en 2018 contre 1,8 milliard de mètres cubes en 2000, et le développement de l'approvisionnement en eau potable est passé à 57% en 2018 (MRE, 2019).

### **3. LES MOTIVATIONS ET LES OBJECTIFS DE LA REALISATION DES PROGRAMMES D'IRRIGATION ET D'AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE**

Les motivations de la poursuite de la politique d'irrigation en Algérie sont d'atteindre la suffisance alimentaire compte tenu de la forte demande de produits agricoles alimentaires enregistrés ces dernières années et une production agricole liée à la variabilité de la pluviométrie, d'une part, et d'autre part, de parvenir au développement économique et social. De plus, pour répondre à ces objectifs en matière de sécurité alimentaire, l'extension des superficies irriguées devient impérative avec une utilisation rationnelle des ressources en eau disponibles.

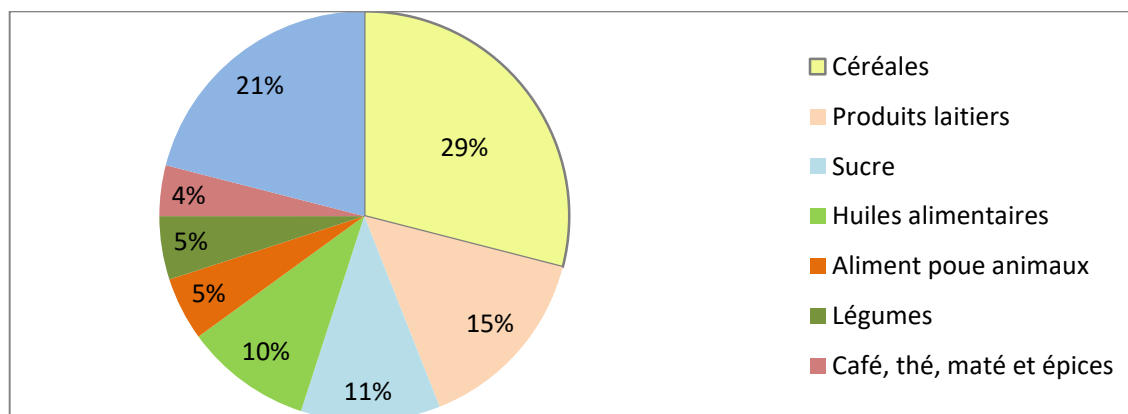
#### **3.1 Une forte demande de produits agricoles alimentaires**

L'objectif de la sécurité alimentaire se retrouve dans tous les documents stratégiques fondateurs des politiques agricoles adoptées par le pays. Cet objectif est par exemple clairement affiché dans le premier Plan quadriennal de 1970-73, dans le Plan National de Développement Agricole (PNDA) de 2001 ainsi que le Plan quinquennal de 2010-2014. Dans la définition des « objectifs fondamentaux » du secteur agricole, la Loi d'Orientation Agricole de 2008 met l'accent dans son article 2 alinéa 1<sup>er</sup>, sur « la nécessité d'améliorer le niveau de sécurité alimentaire par la production agricole ».

La demande de produits alimentaires a considérablement augmenté par suite de l'essor démographique du pays. La population algérienne a été multipliée par 4 en un demi-siècle. Au 1er janvier 2018 la population algérienne comptait 42,4 millions d'habitants, dont la moitié a moins de 25 ans, et les extrapolations de l'ONS prévoient 51 millions et plus de 70 millions d'habitants respectivement en 2030 et à l'horizon 2050. Pour faire face à la demande alimentaire, le gouvernement considère que le moyen le plus sûr est l'extension des terres irriguées, (Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie, Bessaoud, 2019).

L'Algérie souffre d'un manque de couverture des produits alimentaires (dépendance alimentaire), et la disponibilité des produits est principalement liée au recours aux importations agricoles, concernant les produits de base pour les biens les plus consommés : céréales (29 %) ; produits laitiers (15 %) ; huiles alimentaires (11%) ; lait, sucre (Fig. 13). Le pouvoir d'achat est protégé par une politique de soutien des prix par le gouvernement.

De plus, les consommateurs exigent une gamme de produits plus large que par le passé. Cette évolution s'explique par l'élévation du niveau de vie et les progrès de la diététique. L'évolution des habitudes alimentaires a souvent privilégié les produits irrigués (fruits et légumes notamment).



*Figure 13. Importation algérienne de produits agricoles par produit en 2017 (Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie (Bessaoud, 2019).*

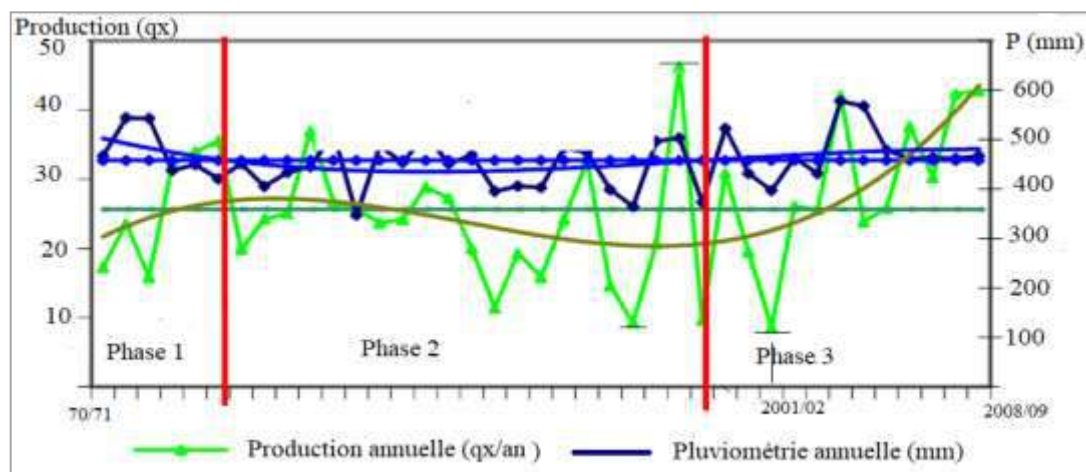
### 3.2 La production agricole est davantage liée aux effets de la variabilité des précipitations

Les précipitations sont inégalement réparties dans l'année et très variables d'une année sur l'autre. De plus, la plupart des cultures manquent d'eau au printemps (augmentation de la demande en eau au printemps), ce qui affecte les rendements et la production des cultures. Par conséquent, la production peut varier d'une année à l'autre en fonction de la quantité de pluie tombée. La productivité de certaines cultures, telles celle de la culture céréalière est directement fonction de l'abondance de l'eau. Certaines plantes, lorsqu'elles sont cultivées en sec, ont des chutes de rendement très importantes si survient une sécheresse.

A titre d'exemple, la céréaliculture pluviale (blé dur, blé tendre, orge et avoine) occupe 2,7 millions d'hectares, soit 97 % de la surface agricole utile du Nord de l'Algérie, zone qui reçoit entre 400 et 700 mm de pluie par an en moyenne.

La production céréalière des dernières années a atteint une moyenne de 25 millions de quintaux avec un rendement moyen de 9 quintaux par hectare, et elle subit des fluctuations importantes selon les années, d'un minimum de 8 millions de quintaux en 1999/2000 et 2001/02 (des années très sèches) à un maximum de 49 millions de quintaux en 1995/1996 (année très humide), et donc l'écart entre ces deux extrêmes atteint 84% (Fig. 14).





**Figure 14. Évolution temporelle de la production céréalière moyenne par rapport aux précipitations annuelles dans le Nord de l'Algérie, période : 1970-2009 (Smadhi et Zella, 2012)**

La tendance moyenne productive durant cette période, suit celle de la pluviométrie notamment pour les deux dernières phases (Smadhi et Zella, 2012). Le problème de la sécheresse, la rareté et l'irrégularité des précipitations, ainsi que le souci d'atténuer le déficit hydrique ont abouti alors à un concept très important dans le monde de l'irrigation, appelé l'irrigation complémentaire ou l'irrigation d'appoint (plusieurs études ont montré l'intérêt de cette technique d'irrigation pour corriger le déficit hydrique et la possibilité d'améliorer les rendements).

Le déficit de la production agricole en Algérie du fait de la sécheresse qui a sévi durant l'été 2002, a d'ailleurs attiré l'attention sur ce problème, faisant prendre conscience aux responsables de la politique agricole ainsi qu'aux exploitant eux-mêmes du rôle de l'irrigation comme facteur de régularisation des rendements. Les investissements en la matière constituent une sorte d'assurance contre la sécheresse, alors que chaque année l'Algérie n'investit que 400 millions de dinars algérien dans les travaux d'hydraulique agricole (Bessaoud, 2019).

### 3.3 Objectifs et impacts attendus de l'irrigation

L'irrigation est l'un des moyens les plus importants pour obtenir une intensification agricole, et il est même impératif de pratiquer une agriculture durable dans les régions semi-arides où les précipitations sont faibles. Elle a également des impacts positifs économiques et sociaux, mais dans des conditions de respect de l'environnement naturel.

#### 3.3.1 Amélioration de la productivité de l'eau

Cette amélioration vise à réduire les vulnérabilités de l'agriculture aux aléas météorologiques et à favoriser les adaptations au changement climatique. En effet, 90 % des surfaces cultivées en céréales sont situées dans des régions à agriculture pluviale et la moitié de ces zones sont situées dans des zones arides et semi-arides. Une superficie d'environ 300 000 hectares se situe dans les périmètres irrigués.

L'accroissement du volume de la production agricole suppose l'intensification de l'agriculture. Seul l'usage de l'irrigation permet d'assurer des rendements plus réguliers. Elle est donc un facteur très important dans la stabilisation de la production et des marchés agricoles.

### 3.3.1.1 L'accroissement et régulation des rendements

L'irrigation d'appoint des céréales consistera à garantir une production seuil ou une production minimale garantie, quelles que soient les conditions climatiques.

Ainsi, dépasser le facteur déterminant «eau» pour assurer un seuil de production revient à maintenir une réserve d'eau suffisante dans le sol en tenant compte des conditions climatiques locales, d'une part, et des stades physiologiques de la plante, d'autre part.

En 2011, Daroui et Boukroute ont montré que l'irrigation d'appoint améliore le rendement céréalier de 15,28 %, 71,32 %, 125,26 %, 229,54 % et 307,60 % respectivement par les traitements d'irrigation suivants: T1, T2, T3, T4 et T5 (Tableau 2).

**Tableau 2. Effet de l'irrigation sur l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) et le rendement en grains du blé tendre**

Traitements	Efficience d'utilisation de l'eau EUE (kg/mm/ha)	Rendement en grains RG (kg/ha)
T0 : Conduite sans irrigation (169 mm de pluie)	6,77	1 144
T1 : une seule irrigation au stade de tallage (169 mm)	7,01	1325
T2 : Deux irrigations au stade de tallage et au stade montaison (169 mm + 20 mm d'eau)	8,94	1 958
T3 : Trois irrigations au stade de tallage, une au stade de montaison, une au stade de floraison et une au stade remplissage (169 mm de pluie + 20 mm +30 mm +40 mm d'eau)	9,95	2 576
T4 : Trois irrigations au trois stades : 169 mm pluie, tallage (20 mm), montaison (30 mm), floraison (40 mm), remplissage (40 mm).	12,61	3769
T5 : Témoins avec une irrigation régulière selon les besoins de la culture (169 mm + 221 mm).	11,95	4 663

Les résultats de cette étude montrent que l'irrigation est efficace quant à l'amélioration et à la stabilisation des rendements, dans les zones arides et semi-arides où l'eau est un facteur limitant la production.

Le niveau des rendements irrigués est également lié à d'autres facteurs : les variétés de plantes cultivées, le niveau d'utilisation des engrais et des différents traitements, la gamme des sols irrigables, la qualité de l'irrigation (le choix entre les techniques d'irrigation, les périodes pendant lesquelles la plante a ses besoins en eau maximum).

Cette irrigation engendre certes des dépenses supplémentaires et sa rentabilité dépend de l'équilibre de la balance entre le gain de rendement et les dépenses occasionnées pour l'obtenir. La régularité des rendements est un avantage appréciable, dans le cas où la mise en place d'un réseau d'irrigation non seulement ajuste complètement le rendement moyen mais au moins élimine les creux de production moyenne dus aux effets de la sécheresse.

### *3.3.1.2 La modification des systèmes de cultures et la reconversion des économies agricole*

Le nombre de cultures qui se succèdent sur la même parcelle est augmenté du fait de l'irrigation. La jachère est supprimée ou sa durée est réduite. On peut faire de 2 à 3 récoltes par an. On peut faciliter l'intervention des centres de mise en valeur (CMV) en vue de développer certaines cultures nouvelles, en particulier les cultures industrielles.

La lutte contre les gelées, la régularisation des rendements sont, dans les cas les plus généraux, obtenus par un apport d'eau qui vise à combler un déficit d'humidité d'une part. D'autre part, l'irrigation peut être un moyen efficace de lutter contre la gelée, avec des installations fixes d'aspersion. Au printemps, dans la région des hautes plaines, la température tombe à au moins 0 en mars. Le danger de gelées tardives pèse sur les cultures jusqu'en mai, cause des dégâts aux cultures.

L'amélioration de la qualité des produits agricoles, on attend généralement de l'irrigation une meilleure qualité des produits. Pour la betterave, par exemple l'amélioration porte sur le poids des tubercules, sur leur calibre, et sur leur contenu en sucre. Les pommes de terre ayant bénéficié de l'irrigation sont plus facilement commercialisables, leur qualité et leur poids sont supérieurs par rapport à celles qui sont cultivées en sec (Benhacine, 1970).

### **3.3.2 Impacts socio-économiques de l'irrigation**

Depuis l'indépendance et surtout après la loi sur l'eau de 2005, l'Algérie a mis en œuvre une politique nationale d'irrigation en créant de nouveaux périmètres d'irrigation et en réhabilitant les anciennes, et en encourageant le développement hydro agricole.

Cette politique a été mise en œuvre à travers différents plans nationaux formulés sur la base du taux de fluctuation des revenus pétroliers, dont le Programme National de Développement Agricole (PNDA 2000-2010), la Politique de Renouveau Agricole et Rurale (PRAR 2010-2014) et aujourd'hui le Programme Agricole Plan FELAHA 2014-2020. Ils visent à améliorer la sécurité alimentaire du pays et ils ont des impacts positifs sur trois aspects : économique, social et environnemental.

#### *3.3.2.1 Impact de l'irrigation sur le plan économique*

Le but recherché par l'irrigation sur le plan économique est d'améliorer les niveaux d'intensification agricole, ce qui permet de maximiser le revenu net pour chaque culture, pour chaque système de culture, et d'améliorer l'échange et le commerce sur les marchés et l'économie de la région.

En fait, certains des avantages de l'irrigation peuvent être mis en évidence dans l'amélioration et le développement de l'économie nationale :

- la valeur commerciale des productions agricoles en irrigué représente selon les années près de 50 % du montant total des produits de la terre. Ce qui montre clairement l'importance de l'irrigation dans le développement de la production agricole le développement de certaines filières agricoles prioritaires et la mise en valeur hydro agricole (ONID, 2013) ;
- l'amélioration de l'irrigation a permis à certaines régions de se spécialiser dans des produits très demandés, tels que les tomates industrielles dans le Nord-Est de l'Algérie, les pommes de terre dans la région d'Ain Defla et les agrumes dans la plaine de la Mitidja. En plus des

progrès et de la disponibilité des moyens de conservation des produits et des possibilités de transport de ceux-ci qui ont permis l'échange de produits frais entre les régions, de répondre aux besoins du marché local et de la possibilité de les exporter ;

- la dynamique du secteur agro-industriel (IAA) l'intensifie le tissu des petites et moyennes entreprises du secteur agroalimentaire et des petites entreprises dans divers secteurs (environ 3 000 établissements présents dans les céréales, le lait, le sucre, les huiles, la volaille, les boissons aux jus de fruits, filières transformées, tomates industrielles, etc.) qui jouent un rôle important dans la croissance économique globale du pays.

### *3.3.2.2 Impact de l'irrigation sur le plan social*

Les avantages de l'irrigation sur le plan social se manifestent à plusieurs niveaux: une augmentation du niveau de vie (un hectare irrigué génère en moyenne 120 000 DA de valeur supplémentaire) ; l'amélioration du marché du travail (un hectare irrigué génère en moyenne, 3 emplois) ; la pérennisation des emplois en contribuant à stabiliser le monde rural.

En Algérie, l'industrie du développement des produits agro-alimentaires est la deuxième industrie du pays après les hydrocarbures. Elle représente près de 45% de la production industrielle totale, avec près de 23 000 entreprises, dont 300 entreprises publiques, opérant en 2018. Le secteur agroalimentaire occupe 23 % de la population active en Algérie (selon Baghdad, 2018), in ([www.aps.dz](http://www.aps.dz) > économie).

Des réalisations ont également été enregistrées qui peuvent contribuer à rééquilibrer la société algérienne : des infrastructures avec la création de près de 500 unités de valorisation des produits agricoles (huileries, confiseries, mini laiteries, etc.) et 900 chambres froides d'une capacité de 1 500 000 m<sup>3</sup>; la construction d'une ligne d'électrification agricole et rurale de 8 400 km et l'aménagement de 26 000 km de pistes agricoles (MADRP, 2006).

### *3.3.3 Impact de l'irrigation sur le plan écologique*

Sur le plan écologique, le but de l'irrigation est de développer une gestion intégrée et équilibrée des ressources en eau et de leur utilisation, dans le respect de l'environnement. D'autant que les modèles agro-climatiques prévoient que le changement climatique en Algérie aura pour effet de modifier le cycle de l'eau, contribuant à une dégradation des terres agricoles, à la baisse des productions et des rendements agricoles, et à une perte de la biodiversité (les systèmes pastoraux, qui accueillent une part importante de la population, sont des espaces particulièrement exposés au risque de désertification).

Ces conditions rendent la gestion de l'eau de plus en plus difficile. Une action rapide destinée à s'adapter aux changements climatiques sera beaucoup moins coûteuse que les dommages qui résulteront de ce phénomène. Un développement hydro-agricole adapté aux nouveaux enjeux nécessite :

- la Préservation des ressources en eau souterraine, l'utilisation conjointe des eaux souterraines et des eaux de surface ;
- l'adaptation des technologies agricoles et des systèmes d'irrigation au contexte du changement climatique ; gestion durable de l'irrigation pour améliorer la résilience de l'agriculture.

- assurer la durabilité des systèmes de production irrigués, l'interdépendance de l'eau, de la nourriture et de l'énergie, la création d'innovations pour exploiter le potentiel des énergies renouvelables en agriculture irriguée (CIID, 2020) ;
- le problème de l'avancée croissante du désert à un rythme de plus en plus inquiétant et, face à ce problème, il est possible de créer des espaces verts.

#### 4. L'ÉVOLUTION DE LA MISE EN VALEUR AGRICOLE À TRAVERS LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS EN ALGÉRIE

Les grands périmètres irrigués sont considérés comme l'une des orientations les plus importantes données par l'Etat dans les deux pôles de développement, agricole et rural, avec la même logique que les pôles de croissance industrielle, pour renforcer l'économie nationale (Perroux, in Djabarra, 2007).

L'évolution de la mise en valeur hydroagricole à travers les grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie a été évaluée sur la base des données suivantes : l'évolution du nombre de périmètres, de la surface équipée, de la surface irriguée et du volume d'eau alloué.

L'étude a été menée au cours de la période (1962-2016), qui a été divisée en deux phases distinctes : la première phase de 1962 à 2004 (avant la loi de 2005), et la deuxième phase couvrant la période 2005- 2016 (Tableau 3).

L'année 2005 est considérée comme une référence dans le domaine de l'eau avec l'avènement du lancement de la politique de l'eau en Algérie (loi sur l'eau, 2005) et l'objectif d'irriguer d'un (1) million d'hectares en 2020.

*Tableau 3. Evolution des superficies équipées en grands périmètres d'irrigation (MRE, 2018)*

Période	1 <sup>ère</sup> Période (avant 2005)		2 <sup>ème</sup> Période (après 2005)	
Années	1962	2004	2009	2016
Superficie équipée (ha)	105 500	195 400	219 052	260 590
Nombre GPI	7	17	24	36

##### 4.1 La répartition géographique des grands périmètres irrigués (GPI)

Les périmètres en maîtrise totale de l'eau sont généralement situés à l'aval ou à l'amont des barrages ou aménagés à partir de prises d'eau sur les cours d'eau (les lâchers des barrages).

La majorité des grands périmètres irrigués (GPI) sont situés dans la partie Nord du pays, localisés dans les grandes plaines, et les terrasses alluviales, les vallées des grands bassins versants (Fig. 15).



**Figure 15. Répartition des grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie**

#### **4.1.1 La région Centre**

Le centre du pays se caractérise par trois grandes plaines aménagées en grands périmètres irrigués :

- la plaine de la Mitidja (la Mitidja est une très grande plaine d'une superficie d'environ 1300 km<sup>2</sup> et à basse altitude, entre 50 et 150 mètres) ;
- la plaine de Soummam ; la plaine du Hodna. On distingue 5 périmètres : le GPI de Hamiz, le GPI de Metidja Ouest, le GPI de Sahel Algérois ;
- le GPI du plateau d'El Asnam ; le GPI du Mitidja Centre.

#### **4.1.2 La région Ouest**

A l'Ouest du pays, il existe trois régions dans lesquelles plusieurs zones hydro-agricoles se sont développées :

- la région de la vallée de l'Oued Chélif, où se situent les grands périmètres irrigués (GPI) suivants : GPI de la vallée de Chlef (Haut, Moyen et Bas Chélif), GPI de Mina, GPI de Kramis, GPI de Amra Abadieh, GPI de Dhamouni, GPI de Bougherra, GPI de M'ghila ;
- la région d'Oranie comprend cinq grands périmètres irrigués : 1) le GPI de Habra 2) le GPI de Sig ; 3) le GPI de Brézina, 4) le GPI de Hennaya, 5) le GPI de Ain Skhouna ;
- A Tlemcen, le grand périmètre irrigué de Maghnia qui est alimenté en eau par le barrage de Béni bahdel.

#### **4.1.3 La région Est**

Dans l'Est du pays, il existe trois régions avec de grands périmètres irrigués :

- la première région, Le Nord Constantinois. Les grands périmètres irrigués qui ont été établis sur les plaines côtières sont : le GPI de Safsaf (Skikda) et Jijel. Sur la plaine d'Annaba, il y a

deux GPI : Bounamoussa et Zit Emba. Dans la vallée de la Seybouse se trouve le GPI de Guelma-Boucheougouf ;

- la deuxième région, les Hautes Terres de Constantine qui comptent également un grand nombre de grandes surfaces irriguées: le GPI de la plaine de Teleghma (2862 ha de surface équipée), le GPI de la Plaine de Batna Touffana (56080 ha de surface irrigable), GPI de la plaine de Chemora (22 076 hectares de surface irrigable), les Hautes plaines de Berriche Ain Regada (21 900 ha) ; GPI de Ksar Sbahi (3 430 ha).
- La troisième zone, au Nord du Sahara, comprend deux grands périmètres irrigués : le GPI de l'Oued Rhig (5 802 hectares) et le GPI de l'Outaya (994 hectares).

## 4.2 L'historique des grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie

En 2016, le nombre de superficies irriguées en Algérie est passé à 36, couvrant une superficie équipée de 260 590 hectares. Les anciens périmètres irrigués réalisés à l'époque coloniale, représentent 40 % de la superficie totale équipée. Les grands périmètres irrigués (GPI) réalisés après l'indépendance, occupent 60 % de la superficie totale des GPI.

### 4.2.1 Les anciens grands périmètres irrigués (avant 1962)

En 1962, on dénombre sept (7) périmètres irrigués hérités de l'époque coloniale, avec une superficie équipée de 100 500 hectares (soit 40 % de la superficie totale des GPI), dont les ressources en eau sont fournies par 13 barrages. Tous ces périmètres réalisés entre 1937 et 1962, se trouvent au Centre et à l'Ouest du pays, dans les wilayas d'Alger, Boumerdès, Blida, Djelfa, M'sila, Chlef, Relizane, Mostaganem, et Mascara.

En 1937, le périmètre de Hamiz (au centre du pays), d'une superficie équipée de 17 000 ha dont 11 000 ha irrigables, est situé dans les wilayas d'Alger, de Boumerdes et de Blida. Il est alimenté par 3 sources distinctes : le barrage du Hamiz d'un volume régularisable de 15,6 hm<sup>3</sup>, le marais de Reghaia et la nappe de Bouréah.

En 1937, le périmètre du Bas Cheliff à l'Ouest du pays, irrigué à partir du barrage d'Oued Fodda, occupait une superficie de 28 000 ha dont 13 000 ha sont équipés. En 1941, le périmètre du moyen et haut Cheliff (wilaya de Chélif) d'une superficie de 25 400 ha dont 18 000 ha équipés, était irrigué à partir du barrage de Sly. Le périmètre du haut Cheliff alimenté à partir des barrages Hamiz et Ghrib, s'étend sur une superficie d'environ 37 000 ha dont 20 300 ha irrigués.

En 1942, le périmètre de Habra à Mohammedia à l'Ouest de l'Algérie, couvre une superficie d'environ 20 000 ha dont 19 610 équipés. Il est irrigué à partir des barrages de Bouhanifia, Ouizert et Fergoug.

En 1943, le périmètre de Mina, situé dans la wilaya de Relizane, occupe une superficie de 13 647 ha dont 8 200 ha équipés. L'eau d'irrigation de ce périmètre est assurée à partir du barrage de Sidi Mouhamed Ben Aouda.

En 1946, le périmètre de Sig à Mascara, irrigué à partir des barrages de Sarno et Cheurfa, s'étend sur superficie équipé de 8200 ha,

En 1954, Le périmètre de Msila (Oued Ksob) a été mis en service avec une superficie équipée initiale de 13 000 ha, se réduisant actuellement à 5 000 ha (4 000 ha irrigables). Les

réseaux d'irrigation sont gravitaires. L'irrigation sur le périmètre du Ksob est très ancienne et s'effectuait par le passé, principalement à partir de dérivations des eaux du barrage de l'Oued Ksob (12 hm<sup>3</sup>), mais qui est fortement envasé aujourd'hui.

#### 4.2.2 Les périmètres irrigués mis en services après l'indépendance

À l'indépendance, les pouvoirs publics ont pris en charge les grands périmètres irrigués hérités de la période coloniale et ont continué à mettre en place d'autres grands périmètres irrigués, à travers deux programmes nationaux (Tableau 4).

**Tableau 4. Les grands périmètres irrigués (GPI) mis en service après l'indépendance**

Les grands périmètres établis avant 2005	Les grands périmètres irrigués de la 2 <sup>ème</sup> génération (2006 -2016)
Soummam (1971) à Bejaia, d'une superficie 3500 ha, le mode d'irrigation (sous pression).	Jijel-Taher (2010), dans la wilaya de Jijel, superficie : 879 ha, irrigué à partir du barrage d'El-Agrem.
Maghnia (1974) à Tlemcen, Superficie équipée : 5 100 ha. Mode d'irrigation (sous pression) Irrigué à partir du barrage de Beni Bahdel (19 hm <sup>3</sup> ).	Zit- Emba (2010), à Skikda, d'une superficie : 2 070 ha, irrigué par le barrage de Zit Emba.
Abadla (1974) à Bechar. Superficie équipée : 5400 ha. Mode d'irrigation (gravitaire).	Sedrata (2010) à Souk Ahras, d'une superficie : 1 275 ha par le barrage de F.Khounga.
Ain-Skhouna (1974), à Saida. Superficie équipée : 2850 ha, sous pression.	K'sar Sbah (2010) à O. El-Bouaghi, superficie équipée : 1 900 ha, irrigué par le barrage de F.Khanga.
Bounamoussa (1977), situé entre El Tarf et Annaba, dans le Nord-Est de l'Algérie. Superficie équipée : 16 500 hectares (sous pression)	Hajout 1 (2015), à la wilaya de Tipaza. superficie : 2 021 ha.
Isser – Sebaou (1983), à Tizi Ouzou. Superficie équipée : 3700 ha, sous pression.	Dahmouni (2015), à Tiaret. Superficie équipée 993, irriguée par le barrage Deux BG supplémentaires (Colonel Bougara et Dahmouni ) fournissent 12 hm <sup>3</sup> destinés à l'irrigation de GPI.
Mitidja Ouest (1988), localisé dans la wilaya de Blida, superficie équipée : 8 600 ha, sous pression . Irrigué par les eaux du barrage de Bouroumi.	El Outaya (2015) à Biskra. Superficie équipé 950 ha, est irrigué par le Barrage de Fontaine des Gazelles.
Arribs (1988), à Bouira. superficie équipée 2 200 ha (sous pression). Barrage de Mellah Beni Slimane	Oued R'high (2010), El Oued 33), superficie équipée 6458 ha. Alimenté en eau par des ressources souterraines ( la nappe perchée de Souf).
M'chedallah (1988), à Bouira. Superficie équipée : 1 600 ha, sous pression. barrage de Boukmouri	Tafna –Isser (2015), à Tlemcen, sur superficie de 5 284 ha, est alimenté par le barrage de H.Bougrara (31 hm <sup>3</sup> ).
Guelma-Bouchegouf (2004) (Wilaya de Guelma), d'une superficie 9 9250 ha, sous pression.	Maghlia (2015), à Tissemsilt. superficie équipée : 636 ha, est du barrage de Colonel Bougara (wilaya de Tiaret).
Safsaf (1994), à Skikda d'une superficie 5 556 ha (mode d'irrigation mixte : gravitaire et sous pression)	Collo (2018) à Skikda. Superficie équipée : 960 ha, le barrage de Beni Zid alimente le GPI de Collo.



Le premier programme de la période (1962 – 2004) se caractérise par la mise en place de nouveaux grands périmètres irrigués (GPI), permettant de passer au nombre de 15 périmètres irrigués. La superficie équipée est passée de 110 500 à 195 400 ha, soit une extension de 45 750 ha d'une part, et d'autre part la réhabilitation des anciens périmètres, à l'exemple des GPI de Bounamoussa et de Saf-saf.

Le second programme (2004 à 2016), est marqué par une nouvelle vague de grands périmètres de 2<sup>ème</sup> génération, soit 18 nouveaux périmètres mis en exploitation sur 58 284 ha, ce qui a porté la surface équipée à 253 600 ha en 2016. Les grands périmètres irrigués réalisés durant cette période sont équipés pour la plupart de réseaux sous pression permettant l'utilisation de techniques d'irrigation modernes.

### 4.3 Les problèmes majeurs qui affectent la valorisation des grands périmètres irrigués GPI (situation avant 2005)

#### 4.3.1 Superficie équipée et superficie réellement irriguée

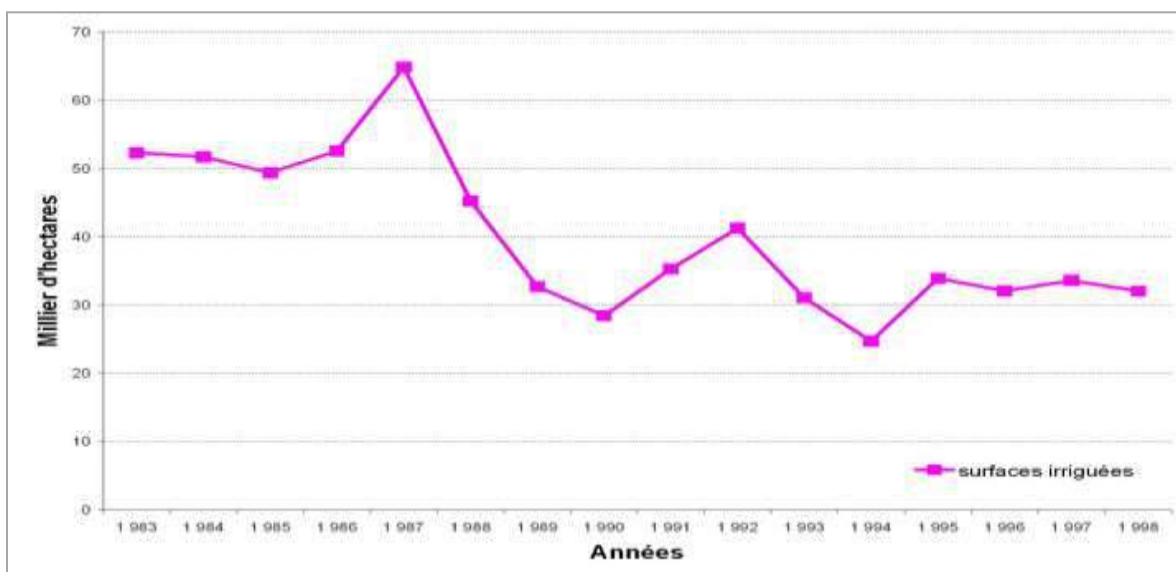
Le nombre de périmètres irrigués a considérablement augmenté, notamment en termes de représentativité territoriale (création de périmètres d'irrigation à l'Est, alors qu'avant 1962 la plupart des périmètres se situaient à l'Ouest du pays).

La superficie équipée est passée de 105 728 ha à 195 400 ha en 2004, soit un additif de 46 %. Cependant, la superficie irriguée en 1962 et 2004 a presque stagné, (augmentation de 3 585 ha soit 7%).

**Tableau 5. Évolution des superficies équipées en grands périmètres d'irrigation (MRE, 2018)**

Années	1962	2004
Superficie équipée (ha)	105 500	195 400
Nombre GPI	7	17
Superficie irriguée	44 000	47 585

Les données dont nous disposons et dans diverses études focalisées sur l'étude des grands périmètres irrigués (avant 2005), ont montré que la superficie irriguée est loin d'atteindre la superficie équipée. Djebbara (2007) a montré que la superficie irriguée atteignait 65 000 ha dans le meilleur des cas pour la campagne d'irrigation de 1987, ce qui représente 45 % de la superficie équipée (145 120 ha). Aussi l'évolution de la superficie irriguée au cours de la période 1983-1998 montre que la surface irriguée stagne, voire diminue, malgré l'effort d'équipement (Fig. 16).



**Figure 16. Évolution des surfaces irriguées en grande hydraulique (1983 -1998), (Djebbara , 2007)**

Guemraoui, (2004) indique que la superficie irriguée dans les grands périmètres irrigués pendant la période 1988 -2006 est inférieure à 40 000 ha (à peine 10 % de la surface équipée). Alors que les besoins des surfaces actuellement irriguées (100 000 ha) sont de l'ordre de  $500 \text{ hm}^3$  pour une dose de  $5\,000 \text{ m}^3/\text{ha}$ , seuls 40% des besoins sont satisfaits. L'efficacité des systèmes était de l'ordre de 50%. Il faudrait pouvoir mobiliser plus de 700 millions de  $\text{m}^3$  pour une efficacité moyenne du système de 70 %.

En 2013, l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID) a confirmé que la superficie moyenne irriguée en GPI avant 2006 ne dépassait pas 30 000 ha (Talaboulma, ONID, 2013).

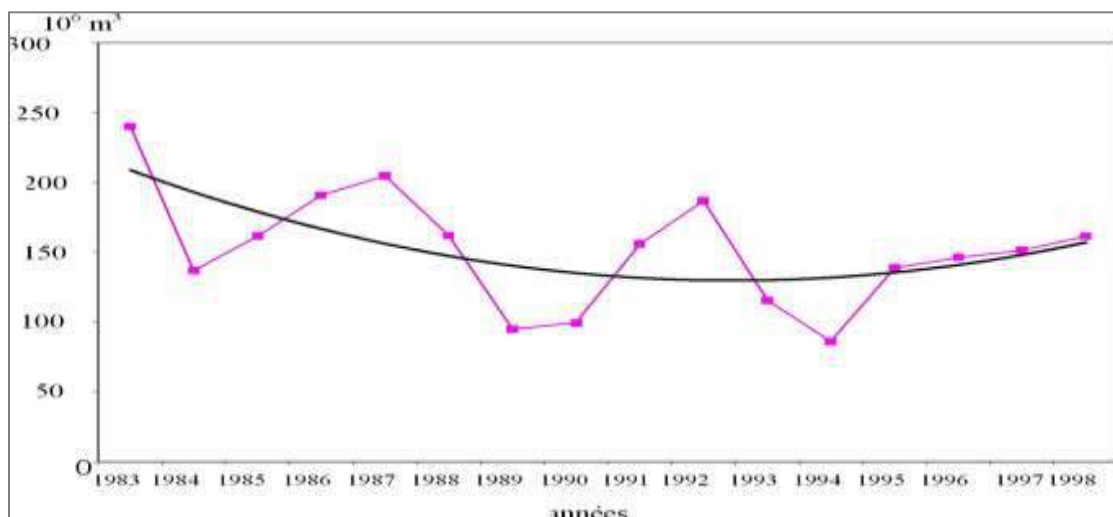
Le déficit d'irrigation dans la couverture des superficies équipées est lié à trois problèmes majeurs qui entravent le développement durable des grands périmètres irrigués : la disponibilité aléatoire de la ressource en eau, les réseaux d'irrigation et l'efficacité des systèmes de distribution de l'eau, enfin les problèmes de nature socio-économique et de gestion.

#### **4.3.2 Une disponibilité aléatoire de la ressource en eau**

Dans un contexte pluviométrique défavorable, donc de pénurie d'eau permanente surtout en saison sèche, les volumes distribués annuellement n'ont pas dépassé 250 millions de  $\text{m}^3$  depuis 1984 (parfois avec un volume d'eau très faible, appelé « dose de survie ». De plus, il y a eu une variabilité importante dans la distribution de l'eau d'une année à l'autre (Fig. 17).

Il est intéressant de considérer cette répartition au niveau national par région, afin de pouvoir mieux situer l'importance relative des volumes distribués des régions.

En plus, la sécheresse qui a sévi au cours de la dernière décennie explique partiellement le déficit des ressources en eau et la limitation des superficies irriguées dans l'ensemble du pays. En fait, pratiquement, l'eau d'irrigation est distribuée en premier lieu aux cultures pérennes qui constituent un patrimoine à transmettre aux générations futures. En période de sécheresse, l'irrigation de survie des vergers est, selon le bon sens paysan, la première contrainte à satisfaire.



**Figur17. Évolution de la distribution de l'eau de 1983 à 1998 (Djebbara, 2007)**

D'autres facteurs externes au secteur hydroagricole aggravent la situation, d'après le rapport du Plan National de l'Eau (P.N.E, 2005) :

- le problème de concurrence pour l'eau. Sur les 100 300 ha irrigables, 33 763 ha seulement ont été effectivement irrigués en 2001, du fait de la sécheresse et de la réaffectation des eaux d'irrigation à l'alimentation en eau potable des populations ;
- le manque de planification des ressources en eau. Les conflits avec les autres usages, l'approvisionnement en eau potable et industrielle au détriment de l'eau agricole rendent la situation des périmètres irrigués difficile.

#### **4.3.3 Les réseaux d'irrigation et l'efficacité des systèmes de distribution de l'eau**

- L'efficacité des systèmes de distribution de l'eau, indicateur du volume annuel moyen des pertes, et donc de la gestion de l'eau, fournit une estimation du déficit de surface à irriguer.
- Le taux de perte moyen estimé à 50 % du volume annuel d'eau distribué chaque année (Messahel et Benhafid, 2005). Les infrastructures de ces périmètres étaient pour certains d'entre eux, dans un état de vétusté avancée, et mal entretenus ce qui a accéléré leur dégradation.
- Des facteurs internes aux systèmes contribuent également à ce phénomène, la dégradation des infrastructures due au manque d'entretien, la perte d'eau dans le réseau et le gaspillage de l'eau dû à son faible prix.
- Une grande partie de zones abandonnées suite à la dégradation avancée des réseaux d'irrigation et/ou des sols (salinité, hydromorphie, texture fine et mauvais drainage). Beaucoup d'entre elles nécessitent un drainage dans l'immédiat. Sur ces 149 860 ha, seule une superficie de 100 300 ha est estimée irrigable, l'écart de 49 560 ha correspondant en grande partie aux zones abandonnées suite à la dégradation avancée des réseaux d'irrigation et/ou des sols (salinisation).

#### 4.3.4 *Problèmes de nature socio-économique et de gestion*

Jusqu'en 1985, la gestion des périmètres était confiée aux subdivisions rattachées aux directions de l'hydraulique de wilaya. En 1985 ont été créés les OPI (Office des Périmètres Irrigués) chargés de la gestion, de l'exploitation et de l'entretien des infrastructures hydrauliques des périmètres.

- cinq offices à caractère régional sont responsables de la gestion des grands périmètres d'irrigation : Mitidja, vallée du Cheliff, Habra-Sig, El-Tarf et Oued R'Hir ;
- huit offices de Wilaya à caractère local gèrent les petits et moyens périmètres d'irrigation : Béchar, Tlemcen, Saida, Boumerdès, Bouira, Béjaia, M'sila et Tizi- Ouzou.

Le cadre contractuel de gestion des OPI est le régime de la concession tel qu'il est défini par le Code des eaux de 1983 modifié en 1996, qui permet à l'administration de charger une personne morale, publique ou privée, d'assurer un service d'intérêt public allant jusqu'à la réalisation d'infrastructures hydrauliques en vue de leur exploitation.

Les périmètres irrigués sont confrontés à des contraintes de développement et de gestion. Le cadre institutionnel de l'eau dans les G.P.I est caractérisé par une forte centralisation de la gestion et donc une très faible participation des agriculteurs (irrigants) dans le processus de décision.

Il est à noter également une relation et une coordination fragile entre les différentes institutions en charge de la gestion de l'eau d'irrigation alors que pour les projets de PMH, les responsabilisations directes des irrigants et de leurs associations ont relativement fait leurs preuves à l'échelle nationale.

Les GPI utilisent principalement les eaux de surface régularisées par des barrages. La conjugaison de la faiblesse des volumes d'eau vendus, de la limitation du tarif de l'eau d'irrigation et de l'exiguïté des taux de recouvrement des factures d'eau a abouti à une situation financière catastrophique pour les services gestionnaires.

Les ressources financières de ces offices proviennent des redevances d'eau au titre de l'irrigation. Le barème de vente de l'eau d'irrigation (prix très faible : 1,20 DA/m<sup>3</sup> par rapport au prix réel qui varie entre 48 et 58 DA/m<sup>3</sup>) ne couvre en réalité qu'une partie des opérations d'entretien du réseau et d'équipement hydromécanique.

Par ailleurs les offices de gestion des périmètres irrigués ne peuvent plus assurer normalement l'exploitation et l'entretien des réseaux d'irrigation. Cette situation entraîne la dégradation continue des équipements.

Le problème foncier, le morcellement des exploitations agricoles irriguées et la fragmentation de l'assiette foncière (de micro- exploitation de moins de 5 ha, due à l'héritage) conduisent à la faible rentabilité des exploitations agricoles, et menace sa pérennité s'il continue de se diviser avec le temps.

#### **4.4 Stratégie de réponse aux problèmes identifiés (période 2005 - 2016)**

Dès les années 2005, l'Algérie a adopté une nouvelle politique nationale de l'eau portant sur trois axes stratégiques majeurs : 1) Dispositif réglementaire et réformes juridiques (loi 2005) 2) Réorganisation des administrations de l'eau 3) Développement des infrastructures hydrauliques dans le cadre des programmes nationaux d'investissement. Elle prend en compte les changements créés à la fois dans l'évolution des enjeux socio-économiques et l'obligation d'utiliser et de gérer économiquement les ressources en eau et de mettre en œuvre tous les moyens appropriés pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour lutter contre les pertes et le gaspillage.

##### ***4.4.1 La gestion du secteur de l'eau en Algérie s'organise principalement dans le cadre de la Loi de 2005 relative à l'eau***

La gestion du secteur de l'eau en Algérie s'organise principalement dans le cadre de la Loi relative à l'eau, instrument juridique à double finalité, normative et de politique sectorielle, cette loi fondamentale (loi 0512 du 4 août 2005) est issue du Code de l'eau de 1983. Celui-ci a subi des modifications successives pour prendre en compte les évolutions économiques du pays et pour adopter les principes et règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale.

La loi sur l'eau de 2005 consacre le droit d'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous et définit les principes sur lesquels se fondent l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau.

L'obligation d'une utilisation et d'une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de tous moyens appropriés pour lutter contre les pertes et les gaspillages sont désormais nettement affirmés dans la Loi sur l'eau de 2005, et en tout cas bien plus précisément que dans les législations précédentes. Il en est de même concernant les mesures de maîtrise de la demande dans la gestion actuelle de l'eau (article 3).

##### ***4.4.2 La réorganisation des structures de l'administration de l'eau***

La réorganisation des structures de l'administration de l'eau ainsi que des établissements publics sous tutelle intervient dans le sens d'une plus grande efficacité dans la mise en œuvre des programmes de développement sectoriels.

Au niveau national, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) assure ses missions en s'appuyant en particulier sur des établissements publics à compétence nationale respectivement chargés des études et de l'évaluation des ressources hydrauliques (ANRH), de la mobilisation des eaux et de leurs transferts (ANBT), de l'alimentation en eau potable urbaine (ADE), de l'assainissement urbain (ONA) et en particulier la création de l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID).

D'autre part, la gestion directe des services d'eau des grands périmètres d'irrigation (GPI) du pays a été confiée à l'ONID, organisme public créé en 2005 sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau (MRE) en remplacement de l'Agence nationale de réalisation et de Gestion des infrastructures hydrauliques pour l'Irrigation et le Drainage (AGID) et de l'Office des Périmètres Irrigués (OPI). Il a été créé conformément au décret 05-183 du 18 mai 2005 portant réaménagement du statut de l'A.G.I.D. Ceci, pour une meilleure prise en charge de la maîtrise et

l'amélioration de la fonction gestion-exploitation-maintenance qui sont indispensables pour rétablir la confiance des irrigants.

L'ONID est chargé, à travers ses unités déployées sur le territoire national, de la planification, la gestion, le contrôle et l'allocation de la ressource en eau, de la maintenance des infrastructures et réseaux d'irrigation dans les GPI. Il perçoit les redevances auprès des irrigants et doit veiller à la protection, la conservation et la meilleure utilisation des ressources en eau et en sols par un suivi et un contrôle permanent.

L'ensemble de ses responsabilités correspondent à la planification, la gestion, le contrôle et l'allocation ainsi que la mise en place de la loi et l'élaboration des normes. Il est chargé de la maintenance et du suivi des réseaux d'irrigation. Il veille à la perception des redevances auprès des irrigants. Il n'intervient pas dans le plan de culture.

#### **4.4.3 L'organisation de la gestion de l'eau agricole**

Depuis le transfert du secteur de l'irrigation qui relevait du Ministère de l'Agriculture, le MRE (créé dans le cadre de la structure gouvernementale de décembre 1999) est le principal responsable de la politique de l'eau dont il assure l'élaboration et la mise en œuvre. Cette gestion est assurée théoriquement à 2 niveaux :

- Au niveau central : des plans annuels de répartition et d'utilisation des ressources en eau sont définis chaque année par le Ministère des Ressources en Eau sur la base des bilans d'exploitations des réserves et compte tenu des caractéristiques hydro pluviométriques de la période écoulée. Ces plans annuels font l'objet d'une circulaire portant "campagne d'irrigation" et diffusée généralement au mois de mars de chaque année. Des modifications de ces plans annuels peuvent être apportées en début de saison estivale dans la mesure où la situation hydrologique évolue favorablement ou défavorablement par les apports de printemps.

Depuis une vingtaine d'années, le Ministère des ressources en Eau a géré la pénurie et a priorisé l'Alimentation en Eau Potable et Industrielle (AEPI)

- Au niveau local : Le plan annuel de répartition étant défini, l'O.N.I.D doit assurer une exploitation rationnelle de la ressource en eau disponible sur la base des plans de cultures arrêtés en début de campagne, en concertation avec les autorités et services locaux ainsi que les représentants des agriculteurs et compte tenu: des besoins des cultures, de l'efficacité des réseaux, des pertes de parcours. Lorsque la ressource en eau provient d'un barrage, la coordination doit être établie avec le service d'exploitation du barrage.

Le Tableau 6 récapitule la répartition des superficies respectives (équipées, irrigables et irriguées) à travers les cinq structures régionales. En outre, qu'il est censé développer des actions d'appui à la production agricole d'intensification des activités se rapportant à la préparation des sols, la nature et les modes d'irrigation, le plan d'équipement des parcelles, la vulgarisation des techniques d'irrigation. Il doit veiller à la protection, la conservation et la meilleure utilisation des ressources en eaux et en sols par un suivi et un contrôle permanent.

Toutes les activités des unités sont censées être menées en relation constante avec les services de l'O.N.I.D qui dispose d'une direction de la gestion et de l'exploitation.

**Tableau 6. Superficies équipées, irrigables et irriguées des GPI dans les cinq régions d'Algérie (situation de 2004) (ONID, 2005)**

Région O.N.I.D	Superficies équipées (ha)	Superficies irrigables (ha)	Superficies irriguées (ha)	Proportions équipées (%)	Irrigables /équipées %	Irriguées /équipées %
1. Oranie	28 930	13 500	9 459	15,2 %	46,7	32,7
2. Chélif	75 438	61 383	11 513	39,6 %	81,4	15,3
3. Algérois	44 088	34 963	3 717	23,1 %	79,3	8,4
<b>4. Constantinois</b>	<b>34 612</b>	<b>30 446</b>	<b>8 460</b>	<b>18,1 %</b>	<b>88,0</b>	<b>24,4</b>
5. Sahara	7 660	6 939	6 772	4,0 %	90,6	88,4
Total	190 728	147 231	39 922	100 %	77,2 %	20,9

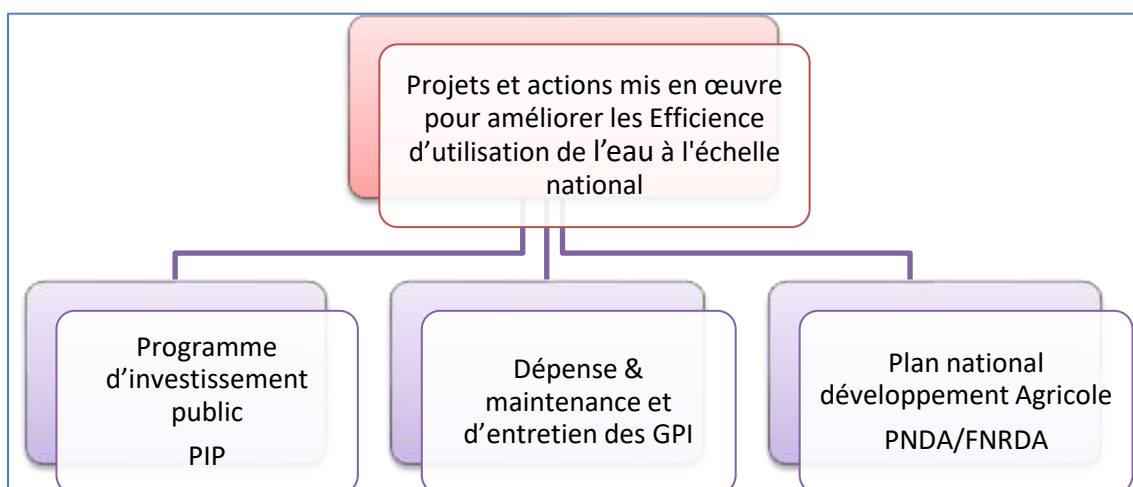
La superficie irrigable est la superficie équipée, diminuée des emprises des pistes et réseaux. La norme retenue pour la superficie irrigable est de 80 % de la superficie équipée.

On note également qu'il y a quatre (4) grands périmètres placés sous l'autorité des Offices des Périmètres Irrigués de Wilaya (OPIW) : le périmètre de Maghnia (Tlemcen), K'Sob (M'Sila), Arribs (Bouira) et Abadla (Béchar).

#### 4.4.4 Les projets et actions mis en œuvre pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau

Depuis l'année 2000, des dépenses financières importantes ont été consacrées à l'exécution de divers programmes et projets de rénovation et renforcement des capacités des installations hydrauliques visant à répondre aux besoins en eau des GPI. En conséquence, de 1995 à 2004, la plus grande partie des dépenses a été consacrée aux infrastructures de mobilisation de l'eau, principalement les barrages (CNES, 2008).

Afin d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau du barrage à la parcelle irriguée, l'État a lancé des programmes d'investissement à trois niveaux (Fig. 18).



**Figure 18. Les projets et actions mis en œuvre pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau**

#### 4.2.1.1. *Au niveau du parcours entre les barrages et la tête du périmètre*

Les infrastructures hydrauliques situées entre les barrages et la tête du périmètre irrigué ont été réalisées dans le cadre du Programme National d'Investissement Public (PNIP) du Ministère des Ressources en Eau. Ces projets visent, d'une part, à améliorer la maintenance et la réhabilitation des infrastructures d'irrigation, et d'autre part, à créer de nouvelles adductions (barrages – périmètre) pour la création de nouveaux périmètres irrigués (Chih-Chibani, 2010).

Le développement des infrastructures hydrauliques vise à améliorer la qualité et la performance du service de l'eau, la durabilité des équipements et la réduction des pertes d'eau dans les réseaux.

#### 4.2.1.2. *Au niveau de la distribution d'eau d'irrigation*

Les unités de l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID), déployées sur le territoire national, gèrent et assurent l'entretien régulier des infrastructures des réseaux de distribution au sein des périmètres irrigués.

Les dépenses de maintenance et d'entretien des périmètres sont passés de 200 Da/ha en 2006 à près de 1 000 Da/ha en 2012 (ONID, 2014).

#### 4.2.1.3. *Au niveau des parcelles agricoles*

Dans le cadre du programme national de développement agricole « appui à l'irrigation » et en partenariat avec des entreprises privées, des subventions et des aides publiques ont été accordées aux agriculteurs, afin d'acquérir des équipements d'irrigation plus économes en eau à l'échelle de la parcelle (par aspersion et goutte à goutte). Cette action se traduit par la généralisation et le soutien des techniques modernes d'irrigation.

Ces techniques permettraient de faire des économies en eau d'irrigation de l'ordre de 30% pour l'irrigation localisée et de 15% pour l'aspersion. A noter que ces systèmes sont soutenus par le FNDIA à concurrence de 50 à 60% selon le mode de gestion (collectif ou individuel) (ONID, 2014).

### 4.5 Les résultats de la politique de valorisation des GPI en Algérie (2006-2016)

Le tableau 7 présente les résultats obtenus selon les mesures et procédures adoptées dans le cadre de la nouvelle politique de l'eau, en termes d'amélioration de la superficie et du volume d'eau alloués au cours de la période (2010-2016).

**Tableau 7. Objectifs atteints en termes d'économie l'eau par GDE (2010-2016) (MRE, 2018)**

Campagne d'Irrigation	2010		2012		2014		2015		2016	
	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Superficie Irriguée (ha)	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Superficie Irriguée (ha)	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Superficie Irriguée (ha)	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Superficie Irriguée (ha)	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Superficie Irriguée (ha)
Total	549,38	57 891	599,98	70 275	682,02	79 684	789,08	86 171	647,2	80 489



Les objectifs atteints peuvent être appréciés en comparant les deux périodes : la période avant 2005 et la période 2006 - 2016, en ce qui concerne la surface irriguée, le volume d'eau et l'efficacité des réseaux.

- Une augmentation de l'expansion des surfaces équipées de 44000 en 2004 à 253684 ha en 2016, soit une surface additive de 206099 ha, soit une augmentation de 81%. L'augmentation annuelle moyenne est de 17 174 ha (8,3 pour cent par an)
- La superficie irriguée avant 2005 ne dépassait pas 50 000 hectares (la superficie maximale atteint 47 585 hectares en 2004), alors qu'elle dépassait les 80 000 hectares sur la période 2005-2016, soit 86 171 hectares en 2015 et 80 500 hectares en 2016.
- Le volume d'eau alloué aux périmètres irrigués (GPI) a augmenté, variant entre 550 hm<sup>3</sup> en 2010 et 789 hm<sup>3</sup> en 2015. Pour rappel, il n'a pas dépassé 250 hm<sup>3</sup> sur la période antérieure à 2005.
- L'efficacité globale des réseaux est passée de 60 % en 2006 à 70 % en 2012 (efficacité d'adduction : 75% et efficacité de distribution : 94%) (ONID, 2013).

La politique de l'eau (loi 2005) a eu des avantages à plusieurs niveaux, mais il est encore possible d'obtenir de meilleurs résultats, car si l'on compare la surface irriguée (86 000 ha) et la surface équipée (253 000 ha) lors de la campagne 2016, cela reflète la faible utilisation des équipements (34% seulement), ce qui pose le problème de la rentabilité des investissements.

## 5. CONCLUSION DU CHAPITRE 1

La superficie irriguée dans le monde a connu une évolution continue au fil des années. Elle a atteint 324 millions d'hectares en 2012 sur 1,4 milliard d'hectares de terres arables au total, ce qui représente 20% des terres agricoles mondiales. Elle assure 40% de la production agricole mondiale (avec une productivité 2,7 fois supérieure à celle de l'agriculture pluviale) (FAO, 2014). De nouvelles formes d'irrigation se sont développées sur la base d'innovations technologiques et organisationnelles. Elles ont conduit à la mobilisation d'importants volumes d'eau par la grande hydraulique et à la conquête de superficies de plus en plus étendues, jusqu'à vouées à l'agriculture pluviale ou désertique.

En Algérie, la surface agricole utile (SAU) s'élève à 8,5 millions d'ha, soit seulement 3,6 % de la superficie totale du pays qui englobe une immense zone saharienne en grande partie non utilisable pour l'agriculture (ONS, 2017) (<http://www.ons.dz/>). Les sols aptes à l'irrigation en Algérie sont de l'ordre de 2 223 881 ha, soit 26,19 % du potentiel en Surface Agricole Utile (SAU). Et leurs besoins en eau d'irrigation sont estimés à 10,47 milliards de m<sup>3</sup> par an, sur la base d'une dotation unitaire moyenne variant géographiquement de 4 000 à 20 000 m<sup>3</sup>/ha/an (ANRH, 2008).

La croissance des superficies irriguées, d'abord plus modérée, s'est accélérée à partir de 2000, passant de 400 000 hectares (soit 4,7% de la SAU) à 1,326 millions d'hectares (soit 15,6% de la Surface agricole utile (SAU) en 2010. Ces gains de surfaces irriguées ne compensent guère les déficits de productivité des terres, et l'agriculture algérienne demeure très vulnérable face à l'aridité du climat et à la forte irrégularité des précipitations.

La production agricole est davantage liée aux effets de la variabilité des précipitations. La campagne agricole de 2001-2002 a ainsi été marquée par une période de sécheresse qui a fortement atteint les rendements des céréales avec une forte régression de -27% par rapport à la campagne 2000-2001, -4% pour la tomate, -14% pour l'huile d'olive entre 2001 et 2002 (Bedrani, 2003).

Le potentiel irrigable est réparti entre :

- Périmètres de grande hydraulique, qui concernent les grands ensembles irrigués, alimentés à partir des ressources en eau régularisées par des grands ouvrages de mobilisation et faisant l'objet d'un aménagement hydro-agricole intégré et gérés par les Offices Nationaux de l'Irrigation et Drainage (ONID).

- Périmètres de petite et moyenne hydraulique, qui concernent l'ensemble des périmètres d'irrigation de taille faible ou moyenne, répartis sur la totalité du territoire national, alimentés en général par des ressources en eau non régularisées et gérés par des associations d'irrigants.

Si les grands périmètres irrigués (GPI) ont considéré l'une des orientations les plus importantes de l'Etat pour le développement agricole et rural, la plupart des superficies irriguées en 2014 sont pour la plupart réalisés par des petites et moyennes (PMH), soit 1,24 millions d'hectares soit 94% du total de la superficie irriguée en Algérie. Le développement de grands périmètres irrigués est beaucoup moins important, la superficie irriguée par les GPI est de 79 000 ha, soit 6% de la superficie totale (situation 2014).

Les GPI ont été confrontés à de nombreux problèmes, et le déficit d'irrigation dans la couverture des superficies équipées est lié à trois problèmes majeurs: 1). disponibilité aléatoire de la ressource en eau (les volumes distribués annuellement n'ont pas dépassé 250 millions de m<sup>3</sup> depuis 1984. De plus, il y a eu une variabilité importante dans la distribution de l'eau d'une année à l'autre 2) problèmes de maintenance des réseaux d'irrigation et d'efficacité des systèmes de distribution de l'eau 3) problèmes de nature socio-économique et de gestion, les périmètres irrigués sont confrontés à des contraintes de développement et de gestion. Le cadre institutionnel de l'eau dans les G.P.I est caractérisé par une forte centralisation de la gestion et donc une très faible participation des agriculteurs (irrigants) dans le processus de décision.

Malgré les améliorations introduites par la loi de 2005 (considérée comme une référence dans le secteur de l'eau avec l'émergence de la politique de l'eau en Algérie), de nombreux impacts positifs ont été enregistrés qui n'ont jamais été atteints avant 2005.

Le nombre de périmètres irrigués a augmenté depuis l'indépendance jusqu'en 2016, passant de 7 avec une superficie de 105 500 hectares équipés à 36 périmètres, avec une superficie équipée de 260 590 hectares ; l'expansion des surfaces équipées de 44 000 en 2004 à 253 684 hectares en 2016 (80%). La superficie irriguée avant 2005 ne dépassait pas 50 000 ha, alors qu'elle dépassait les 86 171 ha en 2015 et 80 500 en 2016. Le volume d'eau alloué aux périmètres irrigués a augmenté (500 – 789 hm<sup>3</sup>) ; L'efficacité globale des réseaux est passée de 60 % en 2006 à 70 % en 2012 (C.-à-d. entre un Efficacité d'adduction : 75% et l'efficacité de distribution : 94%).

## **CHAPITRE II**

### **CONTEXTE PHYSIQUE ET RESSOURCES EN EAU MOBILISÉES AU PROFIT DES GRANDS PÉRIMÈTRES D'IRRIGATION DU NORD-EST ALGÉRIEN**

---

## Introduction

La répartition des surfaces irriguées et le potentiel des ressources en eau dépendent principalement de facteurs liés au milieu naturel. Ainsi l'importance de l'irrigation varie d'une région à l'autre en fonction des conditions pédologiques et hydroclimatiques en particulier.

Ce chapitre 2 aborde successivement : les grands traits hydro-orographiques, le potentiel en sols irrigables, le contexte climatique et l'évaluation du déficit en eau agricole en vue de déterminer les périodes d'irrigation pour chaque zone. Enfin, nous examinerons les ressources en eau de surface et la mobilisation de l'eau des barrages face au déficit agricole.

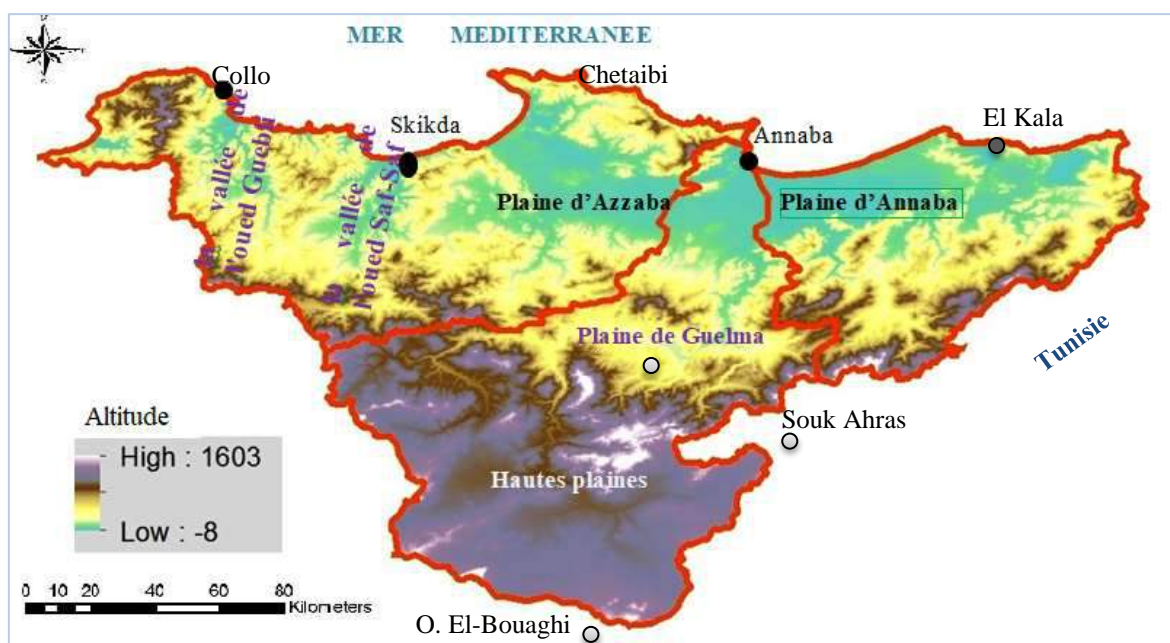
## 1. LES GRANDS TRAITS ORO-HYDROGRAPHIQUES DU NORD -EST ALGÉRIEN

La région d'étude située dans le Nord-Est algérien comprend trois espaces géographiques : le Tell maritime bordant la mer Méditerranée, le Tell méridional intérieur, et la région des hautes plaines (Fig. 19).

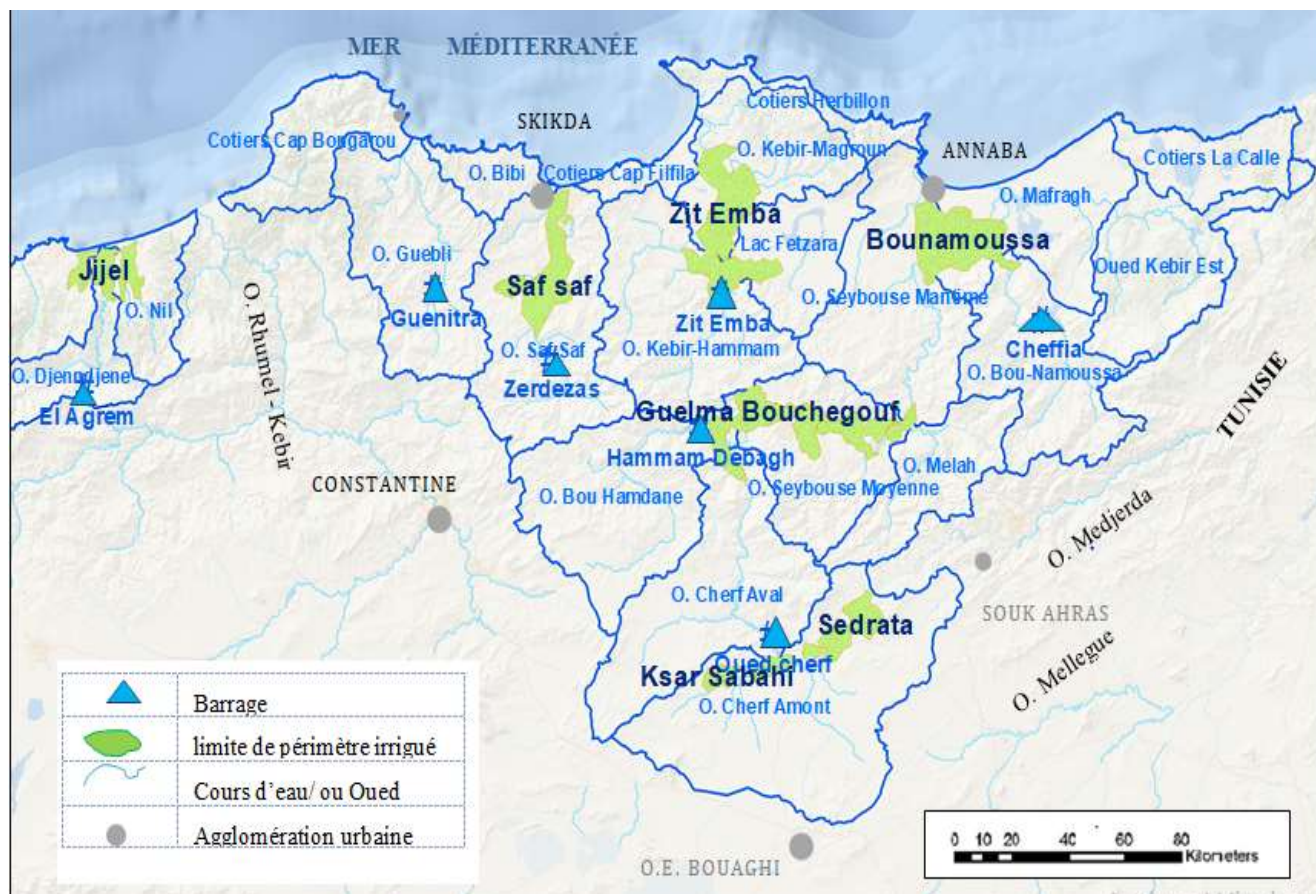
Sur le plan administratif, les périmètres d'irrigation couvrent les wilayas suivantes : en totalité : Annaba, Skikda, Jijel, Guelma. et en partiellement : El-Tarf, Souk Ahras, Oum El Bouaghi (Fig. 1).

Sur le plan hydrographique, les périmètres étudiés se répartissent à travers deux grands bassins hydrographiques : le bassin de la Seybouse (6 450 km<sup>2</sup>) et le bassin des Côtiers Constantinois (11 451) km<sup>2</sup> (Fig. 20).

La superficie totale de la région d'étude est de 17 901 km<sup>2</sup>.



*Figure 19. Oro-hydrographie de la Zone d'étude vue à travers le Modèle Numérique de Terrain*



**Figure 20. Répartition des périmètres d'irrigation et de leurs barrages d'alimentation à travers les bassins hydrographiques du Nord-Est algérien**

### 1.1 Le Tell maritime : basses montagnes et plaines bien arrosées

Le Tell maritime est traversé d'Est en Ouest par un ensemble de monts qui forment le relief, un bourrelet longeant et dominant la mer Méditerranée. Il comprend les formes topographiques suivantes : une façade montagneuse, des basses plaines et des vallées côtières.

La façade montagneuse composée de moyennes et basses montagnes de la petite Kabylie (800 et 1300 mètres), allongée parallèlement au rivage (plage) ; de la vallée de la Soummam aux zones de l'arrière-pays de Skikda, y compris le massif de Collo ; la chaîne de Zouagha (1 299 m), et de Djebel de M'sid Aicha (1 462 m). Il s'agit d'une zone forestière dominée par le chêne-liège, en particulier dans les sols siliceux. Ces montagnes restent assez bien arrosées et reçoivent des pluies de plus de 600 mm / an (BORD, 1981).

Les plaines côtières et semi-côtières sont basses (moins de 100 mètres d'altitude), s'étendent sur de vastes zones entre Skikda et Annaba et se caractérisent par de légères pentes qui peuvent parfois représenter un obstacle au drainage des eaux pluviales. Parmi les plus importantes : la grande plaine côtière d'Annaba qui s'étend à l'Est du lac Fetzara jusqu' à la frontière tunisienne, formant un croissant autour du mont d'El- Dough ; la plaine de basse Seybouse ; et les plaines de Ben-Azzouz et d'Azzaba dans la vallée de l'Oued Kébir (BORD, 1981).

À l'ouest, la plaine côtière de Jijel, traversée par les vallées de Mencha et de Djendjen et le Nil qui coulent vers la Méditerranée, et est ceinturée par les massifs montagneux du socle métamorphique, recouverts par endroits de lambeaux de flyschs de l'Oligo-Miocène, avec cependant la présence d'un cordon dunaire qui s'étire sur une quinzaine de km (Mebarki, 2005).

Des vallées longeant du sud au nord, en amont de ces bassins, ont été exploitées par la construction des barrages, notamment : le barrage de Cheffia sur l'oued Bounamoussa (El-Tarf), le barrage de Zerdézas sur l'oued de Safsaf et Guenitra sur l'oued Fessa (Skikda). Ils fournissent de l'eau en aval aux zones agricoles, et certains ont été mis en service sous forme de périmètres irrigués et d'autres sont en cours.

## 1.2 Le Tell méridional (intérieur)

Les chaînes montagneuses sont constituées de hautes montagnes qui dépassent les hauteurs de 1 300 mètres et avec des pentes raides (jusqu'à plus de 25%). Les plus hautes présentent des corniches de grès, telles que ceux qui dominent, sur le côté ouest, le bassin de Guelma, formées par le mont Djebel Alia et Sellaoua (1 317 m). À l'est, les montagnes de la Medjerdah, avec le djebel de Ras El Alia, s'élèvent à 1 317 m et le Djebel Zaoura (1 292 m). Le relief est assez modéré avec des sommets couverts de forêts (de chêne-liège surtout et d'olivier), sur des sols acides développés à partir de roches siliceuses, mais aussi, de maquis et de broussailles. Ce territoire est constitué d'assises, datant du tertiaire et du quaternaire appartenant au numidien (BORD, 1981).

Le bassin de Guelma, qui s'étend sur une zone étroite et étendue, est découpé en sections de compartiments (une succession de collines moyennes, une terrasse alluviale et la plaine de Guelma), en relief ou en creux. Ces collines cultivées, aux sols argilo-calcaires noirs ou bruns, conviennent bien aux céréales. Le bassin de Guelma est un bassin sédimentaire à comblement continu, du primaire au miocène dont la dernière phase serait de milieu lagunaire (c'est une dépression dans laquelle s'est entassé tout un ensemble varié de dépôts continentaux depuis le miocène). À partir du Pliocène, il y a eu émergence et la sédimentation devient continentale (BORD J.P., 1981).

Dans cet ensemble, seul le bassin de la moyenne Seybouse, plaine alluviale de Guelma est une zone riche (potentiel très favorable en hydro agricole), mais il est déjà sur le versant méridional du Tell, ce qui peut constituer une barrière au passage des courants humides du nord.

Presque toute cette région de l'Atlas Sud-Tellien appartient au bassin de la moyenne Seybouse. Elle est drainée par un réseau hydrographique dense près de la région de Guelma (les eaux du bassin de l'Oued Bouhamdan, affluent du Seybouse, sont régularisées par le barrage de Hammam Debagh).

## 1.3 Le domaine des Hautes Plaines

Au sud, dans la région des Hautes Plaines, on trouve les ensembles suivants : plaines éparses et hautes montagnes.

Les plaines sont topographiquement perchées par rapport aux plaines côtières, elles sont situées entre 800 et 1000 mètres d'altitude, notamment: les plaines de Sedrata, de Ksar Sbahi, d'Ain Babouche et de Tamlouka.

Les chaînes de montagnes surplombent les plaines au nord et au sud. Au nord se trouvent le Djebel Tifeche (1164 m) ; Djebel Sidi Reghis (1635 m). Au sud, ce sont le Djebel d' El Guelaa à Ain Beida (1135 m) et Djebel Sidi Reghiss (1635 m).

Le domaine des Hautes Plaines couvert par notre étude appartient entièrement au sous-bassin hydrographique de l'Oued Cherf (bassin de la Seybouse), une région de transition qui s'étend du Tell aux Hautes Plaines.

## 2. POTENTIALITÉS EN SOLS IRRIGABLES

Du point de vue pédo-géomorphologique, de nombreuses zones éligibles à l'irrigation agricole apparaissent dans la zone d'étude et qui s'étendent sur une topographie faible séparée par des reliefs montagneux aux sols variés. Elles sont formées d'alluvions et de colluvions, ont une texture argilo-sablonneuse et limoneuse, elles portent de riches cultures irriguées. Ces zones s'étendent aux basses plaines côtières au nord ou le long des principales vallées des bassins versants. Au sud, elles sont sur de vastes étendues de la région des hautes plaines.

La figure 21 illustre la répartition des surfaces irrigables dans le Nord-Est de l'Algérie selon les délimitations des zones d'études effectuées par l'ANRH contexte agro-pédologique et géomorphologique. L'analyse des caractéristiques de ces zones permettra de définir pour chaque zone irrigable ses potentiels et les contraintes en termes de développement hydro-agricole.

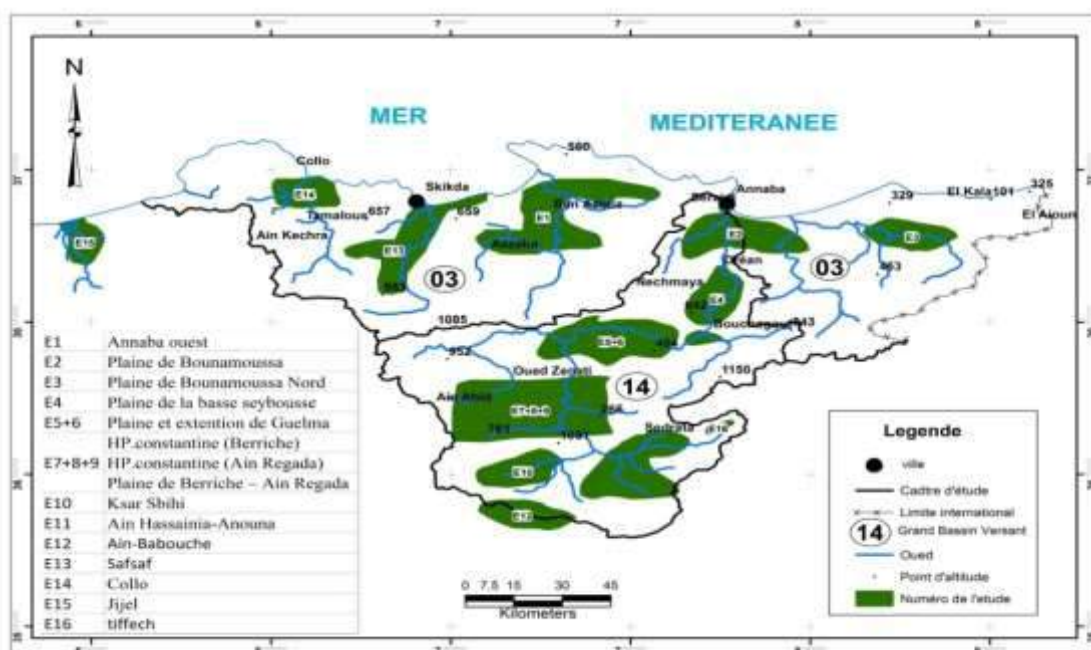


Figure 21. Potentialités en sols irrigables selon les études de l'ANRH (ANRH, 2001)

## 2.1 Les plaines côtières

### 2.1.1 La grande plaine d'Annaba

La zone d'étude combine la plaine d'Annaba Ouest (plaine de Berrahal ) et la plaine de Bounamoussa. La zone d'Annaba a été étudiée sur le plan géologique par Bardinet (1981) Joleaud (1936) et Durand-Delga (1955), et sur le plan géographique par Tomas (1977) et Cherrad (1979), Bardinet (1979).

Pendant le Néogène, l'ensemble de la région a été soumis à des phénomènes orogéniques qui ont donné naissance aux plis numidiques et à un isolement complet du massif de l'Edough. La basse Seybouse traverse donc cette plaine depuis la fin du Pliocène et y est insérée. Au Pliocène récent, c'est un fossé d'effondrement et le processus de formation et de comblement de cette plaine sublittorale n'est entamé qu'à partir du Plio-quaternaire dans un double dispositif tectonique (Cherrad, 1979).

La plaine d'Annaba s'allonge sur une centaine de kilomètres entre la baie que domine le Cap de Fer, à l'extrême nord-ouest du massif de l'Edough jusqu'au Cap Rosa, elle se prolonge, à l'Est, par le pays de collines boisées et de lacs qui entourent El -Kala. Au Quaternaire, ce sont surtout les déplacements de grande amplitude qui ont été la conséquence de phases alternantes des soulèvements et des affaissements qui ont eu pour résultats final de porter l'altitude de 200 m jusqu'à 20 mètres le long des côtes actuelles (Joleau, 1936).

Cette plaine alluviale et marécageuse n'est bien isolée qu'au Sud-Est d'Annaba, de part et d'autre du cours de la Seybouse. Mais ses atouts sont grands, avec des terrains plats et d'un seul tenant, des précipitations satisfaisantes (750 mm), abondantes ressources en eau, sols lourds mais fertiles. Elle offre des possibilités de développement et d'intensification agricoles très intéressantes (mécanisation, irrigation).

À l'image des plaines de Jijel-Taher, de Guerbès, d'El-Tarf et d'El-Kala, elles bénéficient de conditions agro-climatiques (topographie, sol et climat) très propices à l'activité agricole et notamment à la pratique d'une agriculture intensive, orientée vers les cultures maraîchères de primeurs, de saison et d'arrière-saison. Toutefois, elles sont soumises à plusieurs contraintes et menaces (BORD, 1981).

Les plaines côtières sont des terrains de basse altitude et étendues avec des sols alluviaux qui semblent très adaptés à l'irrigation, mais il y a parmi eux quelques parcelles de sols fins et lourds situés sur des pentes très faibles qui ne permettent pas le drainage naturel des eaux pluviales en hiver, ce qui nécessite un drainage artificiel.

### 2.1.2 Les autres plaines côtières

Intercalées entre les massifs côtiers du Nord et les monts de l'arrière-pays, elles présentent un potentiel agronomique appréciable, malgré des précipitations moins abondantes que celles des plaines côtières et, parfois, quelques gelées d'hiver et de printemps. Ce sont généralement des zones où se pratique une polyculture (céréale-fourrage- maraîchage-arboriculture) associée à l'élevage bovin moderne. De ces plaines on peut citer : la plaine de Medjej Edchich, la plaine (dépression) d'Azzaba (wilaya de Skikda), la plaine de Ben Azzouz (wilaya de Skikda).



À l'intérieur du pays de nombreuses vallées percent les massifs de l'Atlas Tellien. Les vallées sont les espaces où se pratique l'irrigation le plus fréquemment : lit majeur et terrasses alluviales plates ou plus ou moins inclinées (0 – 3%) sont généralement bordées de collines légèrement inclinées (4,8%). Elles sont généralement allongées du sud au nord et représentent un potentiel important pour la pratique de l'agriculture intensive. Ces vallées sont composées de plusieurs formations dont les plus importantes sont les formations quaternaires caractérisées par leur capacité des réserves aquifères, et des sols fertiles (alluvions) tout le long des oueds (Marre, 1992), ce sont :

- la vallée de l'Oued El-Kebir (W. de Jijel) qui s'étend sur les basses collines (de 0 à 200 m) et des plaines alluviales assez larges, est située le long de trois affluents délimités au nord par une plaine côtière et un cordon de dunes et de plages.

- la vallée de l'Oued Guebli (W. de Skikda) au nord. La chaîne côtière est entrecoupée par trois principales vallées drainées par trois principaux oueds du même nom: Oued Guebli, à l'ouest, prend naissance aux pieds de Djebel Sidi Driss, s'écoule dans les bassins de Sidi Mezghiche, Oum Toub, Tamalous et la plaine de Collo où débouche dans la mer méditerranée .

- la vallée de l'Oued Saf-Saf (W. de Skikda) est ceinturée au nord par le socle kabyle et au sud par la dorsale de l'Est et de l'Ouest limitée de montagnes gréseuses de faible et moyenne altitude. Les collines se rattachent à la zone de la plaine par piémonts. L'Oued Safsaf est le cours principal du bassin versant, il s'écoule dès les monts de Constantine, au sud, en direction du nord vers la mer (53,19 km). En plus de l'aquifère alluvial (alluvial) qui est le plus important de la région, il longe l'Oued Safsaf et ses affluents. Il est composé d'un ensemble de formations perméables telles que graviers, sables et galets avec des passages de sable argileux.

- La vallée de la Basse Seybouse (W. de Annaba), appartenant au sous- bassin Seybouse maritime, est une zone de plaines littorales moins élevées et caractérisées par des pentes faibles et formant la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Seybouse et celui des Côtiers Constantinois (sous-bassin de Chétaibi). L'Oued Seybouse le cours d'eau principal, s'écoule de sa confluence avec l'Oued Mellah en aval de Bouchegouf jusqu'à la Méditerranée. La vallée est constituée de formations alluviales plio-quaternaires récentes caractérisées par une perméabilité importante.

Les vallées combinent un ensemble de sols qui conviennent à l'irrigation et offrent des avantages pour le développement hydro-agricole. Cependant, ces zones sont exposées à de nombreux problèmes qui pourraient les dégrader, dont les plus importants sont : l'inondation des grandes superficies aux abords des oueds ; la stagnation des eaux au niveau des terres de cultures ; le sapement latéral des berges des oueds qui a pour conséquence la perte de grandes quantités de terres arables reposant sur les terrasses alluviales. La préservation et la valorisation des vallées nécessitent des aménagements de protection au niveau des bassins versants qui les encadrent, ainsi que des travaux de protection et d'assainissement au niveau du lit ou des terrasses des oueds.

## 2.2 La plaine de Guelma-Boucheouf

La plaine de Guelma (W. de Guelma) fait partie de la moyenne Seybouse qui appartient à l'atlas tellien. Elle couvre une superficie de l'ordre de 122 km<sup>2</sup> avec environ 25 Km d'est en ouest et entre 3 et 10 km de largeur de la moyenne Seybouse. La plaine est à une altitude qui varie entre 220 m à Medjez Amar (Ouest) et 120 m à Nador (Est). La plaine creusée par la Seybouse offre des pentes généralement peu accentuées, plus douces pour les versants exposés au sud. Son fond est plat et présente une faible pente longitudinale et transversale. Elle est surmontée de terrasses qui s'élèvent à des altitudes diverses, et des lits de rivières La morphologie de cette plaine se compose de trois niveaux selon Gaud. (1976) in Mouass, 2006) :

- Le Quaternaire occupe le centre du bassin et correspond au faciès de terrasses où l'on distingue (Villa, 1988).
- Les alluvions anciennes, localisées tout le long du versant ouest du bassin. Les terrasses d'alluvions anciennes dominant d'environ 55 m à 60 m le thalweg de la Seybouse, s'écartent pour former la grande plaine qui s'étend à l'Est de Guelma, et se rattache vers le Sud à la terrasse pliocène qui atteint une altitude d'environ 90 à 100 m au-dessus de la Seybouse. Cette dernière comprend tantôt des limons avec cailloux roulés, tantôt des conglomérats intercalés de bancs marno-calcaires un peu travertineux.
- Les alluvions récentes forment la majeure partie de l'actuelle vallée principale de l'Oued Seybouse. Ce sont des galets, des cailloutis, de galets et graviers calcaires parfois à ciment marneux.

## 2.3 Les Hautes Plaines

Les plaines de la partie sud dans le domaine des Hautes Plaines ont de 600 à 900 m d'altitude et se caractérisent par leur climat semi-aride. Elles présentent des accumulations encroutées du quaternaires.

Leur vocation agricole principale est la céréaliculture. Les zones les plus propices à l'irrigation dans le bassin de l'Oued Cherf sont les suivantes : les hautes plaines de Berriche, les hautes Plaine de d'Ain Regada ; la plaine de Berriche – Ain Regada ; les haute plaine de Ksar Sbahi ; la plaine d'Ain Hassainia - Anouna ; les plaines d'Ain-Babouche ; les plaines de Sedrata et de Mouladhem (W. de Souk-Ahras).

Le problème de la salinité des sols est l'un des facteurs les plus nocifs pour les terres agricoles de la région des hautes plaines. La salinité se produit dans les zones où les précipitations climatiques sont inférieures à 300 mm / an de pluie avec forte évaporation, la salinité des eaux naturelles augmente du fait de la présence de formations triasiques dans la zone. Le risque est grand et les projets d'irrigation doivent être conçus en tenant compte de la préoccupation première de la lutte contre la salinisation.

## 2.4 Classification des sols irrigables

Les informations dont nous disposons sur les sols propices à l'irrigation font partie d'un programme national visant à identifier et à connaître le potentiel des ressources en sols en Algérie, ce qui permet une meilleure planification du développement hydro-agricole (valorisation des périmètres irrigués). Elles permettent d'atteindre les objectifs suivants : mener une agriculture moderne à haut rendement ; préserver nos terres agricoles contre tous phénomènes de dégradation ; étendre la SAU nationale (MADR, 2006).

D'après les études agro-pédologiques menées dans les zones aptes à l'irrigation, par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, les sols des plaines du Nord Est algérien se classent parmi les sols les plus aptes à la mise en valeur hydroagricole [A.N.R.H., 2001].

Les sols de ces zones potentielles ont été étudiés à différentes échelles et classés en cinq catégories (tableau 8). La classification des sols est établie en fonction de leurs aptitudes à la mise en valeur en irrigué (il convient de noter que les sols sont considérés aptes à la mise en valeur hydro-agricole sur la base de leur propriété physico-chimique, ainsi que différents facteurs naturels (géomorphologie, topographie, climat), sans tenir compte de la potentialité hydrique (qu'elle existe ou non).

Les trois catégories de sols à mettre en valeur prioritairement, couvrent une superficie totale de 125 328 ha. Les sols de la catégorie 4 sont à réserver à la mise en valeur en sec. Les sols de la catégorie 5 sont impropres à la mise en valeur. Les sols des catégories 1 à 3 présentent des aptitudes pour les cultures maraichères, fourragères et céréalières, ainsi que pour les cultures industrielles (tomate, betterave à sucre, coton, tournesol), et arbustives en irrigué (abricotier, pêcher, pommier, cerisier).

**Tableau 8. Répartition des sols irrigables et non irrigables de la région d'étude (Inventaire des ressources en sols, ANRH, 2001).**

Intitule de l'étude	Surf (ha)	Catégorie	Catégorie	Catégorie	Catégorie	Catégorie	Sol irrigable
		I	II	III	IV	V	I+II+III
Annaba ouest	6700	600	1800	4 000	0	300	<b>6 400</b>
Plaine de Bounamoussa	11 519	724	240	8 049	2 051	55	<b>9 013</b>
Plaine de Bounamoussa Nord	2704	160	1 454	424	455	211	<b>2 038</b>
Plaine de Tichef-Hamimine	5371	522	1 018	2 515	1 058	258	<b>4 055</b>
Plaine de la basse Seybouse	7458	1 563	1 704	3 026	147	1018	<b>6 293</b>
Plaine de Guelma	10 488	13 18	1 126	4 224	2 179	1 641	<b>6 668</b>
Extension de Guelma	4 195	680	685	2 355	64	411	<b>3 720</b>
HP. Constantine (Berriche)	42 524	1550	2 354	17 985	12 480	8 155	<b>21 889</b>
HP. Constantine (Ain Regada)	63 812	335	4 685	16 863	8 800	33 129	<b>21 883</b>
Plaine de Berriche – Ain Regada	9836	391	1 295	6 528	1 359	263	<b>8 214</b>
Ksar Sbahi	3660	320	258	2 852	235	0	<b>3 430</b>
Ain Hassainia-Anouna	7925	833	809	4 627	229	1 427	<b>6 269</b>
Ain-Babouche	1900	379	801	438	68	214	<b>1 618</b>
Safsaf							8 180
Jijel							14 131
Collo							1 527
<b>Total des sols irrigables</b>							<b>125 328</b>

### 3. CONTEXTE CLIMATIQUE

Les caractéristiques climatiques et les conditions d'irrigation ne sont pas les mêmes dans les différentes régions. La distinction entre les zones humides, subhumides, semi-arides et arides reste fondamentale (Conac, 1978). Par conséquent, nous avons fait des analyses qui permettent de classer les climats des différentes zones géographiques couvertes par notre étude et d'autre part, nous avons distingué la période chaude et humide pour chaque région géographique.

La base de données climatique dont nous disposons est constituée de 6 stations météorologiques de l'Office National de la Météorologie (O.N.M.) concernant la période 2000-2014. Les stations sélectionnées sont représentatives des zones géographiques de la région Nord-Est de Algérie, à savoir la zone des plaines côtières, la zone des plaines tellienne et les hautes plaines (Tableau 9).

**Tableau 9. Stations météorologiques (O.N.M) retenues dans l'étude**

N°	Stations	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude (m)
1	Jijel	36° 48' 5"	5° 25' 8,80"	11
2	Skikda	36° 52' 58,80"	6° 54'	3
3	Annaba	36° 49' 58,80"	7° 49' 1,20"	5
5	Guelma	36° 28' 1,20"	7° 28' 1,20"	228
4	Constantine	36° 16' 58,80"	6° 37' 1,20"	690
6	O.E.Bouaghi	35° 52' 31"	7° 06' 48"	925

#### 3.1 Les précipitations

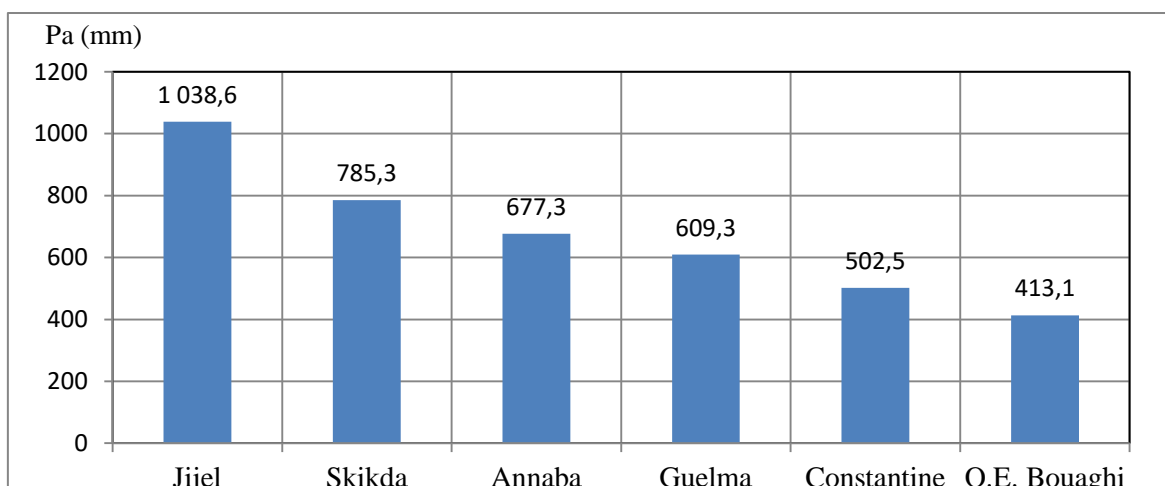
Les précipitations constituent la composante fondamentale de l'hydrologie, et la connaissance de cet apport d'eau au sol est essentielle pour appréhender l'état des réserves en eau du sol, la recharge des nappes et le régime des cours d'eau (Cosandey et Robinson, 2000).

Cette étude a pour objectif la connaissance de l'organisation des précipitations dans le Nord-Est de l'Algérie et de mettre en évidence la variabilité spatio-temporelle de la pluie sur deux échelles de temps : annuelle et mensuelle (saisonnière).

##### 3.1.1 Précipitations annuelles

###### 3.1.1.1. L'inégale répartition spatiale des précipitations annuelles

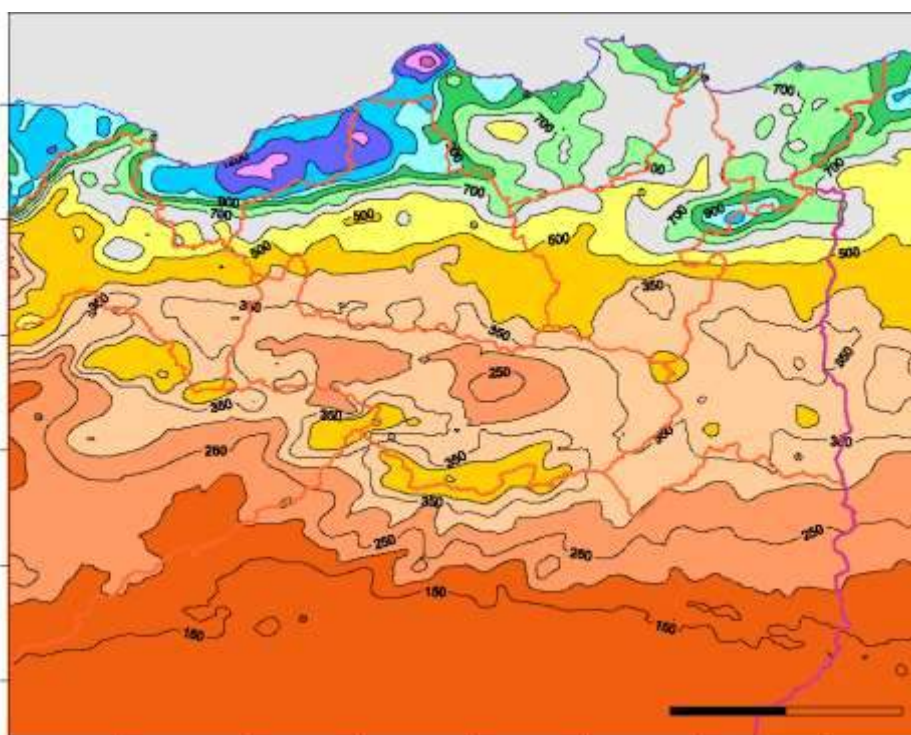
La figure 22 met en évidence une diminution des précipitations annuelles du Nord au Sud, en fonction du gradient latitudinal Nord-Est algérien.



**Figure 22. Les moyennes annuelles des précipitations enregistrées dans les stations du Nord- Est algérien (période : 2000 – 2014).**

Les précipitations sont abondantes dans les plaines côtières, où elles varient de 1038,6 mm (station de Jijel) à 677,30 mm (station d'Annaba). A l'intérieur, les plaines du Tell enregistrent 609 mm à la station de Guelma. Dans les hautes plaines, il est enregistré 413.10 mm à la station d'O.E. Bouaghi.

Cette organisation est altérée au niveau des chaînes montagneuses où intervient le rôle important de l'altitude ainsi que la dissymétrie entre les versants nord exposés au vent humide et les versants sud sous le vent (Mebarki, 2005). Cela joue sur l'importance des quantités d'eau de précipitations comme le montre la carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est de l'Algérie (A.N.R.H, 1993).



**Figure 23. Précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (d'après l'A.N.R.H, 1993 in Mebarki, 2005) (données moyennes sur 60 ans, période du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989).**

### 3.1.1.2. La variabilité inter- annuelle : variabilité et durée de récurrence

La pluviométrie annuelle se caractérise par une irrégularité de la distribution des pluies au cours de la période 2000-2014, et sa fluctuation est fonction du régime pluviométrique de trois régions géographiques du Nord-Est (région côtière, Tell et hautes plaines) (Figure 24).

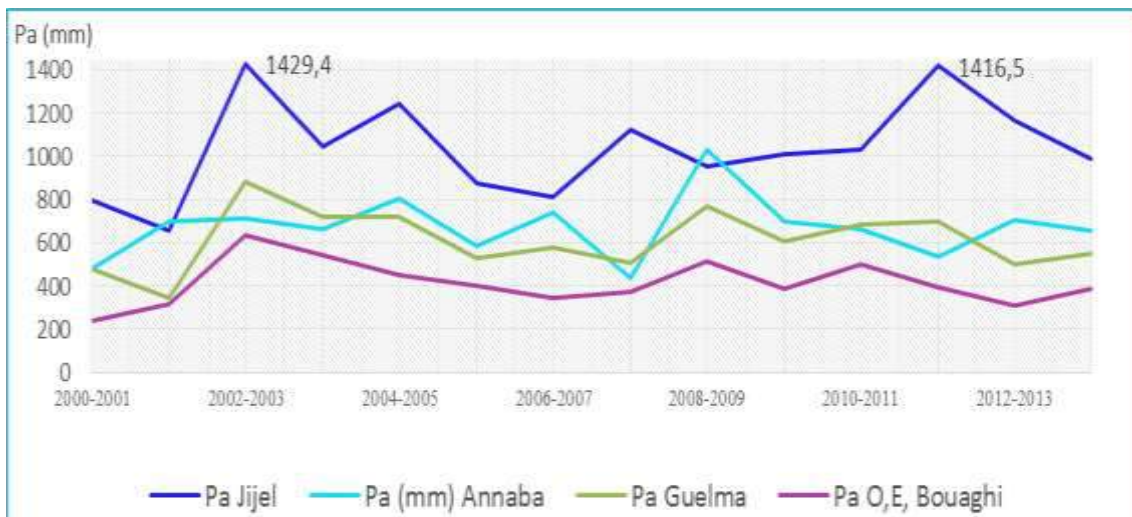


Figure 24. Variabilité interannuelle des précipitations des stations de l'Est algérien (2001-2014)

Pour mieux comprendre et préciser l'intensité du phénomène de variabilité interannuelle des précipitations, trois paramètres statistiques (coefficient de variation, écart à la moyenne et durée de récurrence) sont étudiés sur trois stations représentatives de la zone d'étude : Annaba, Guelma et O. E. Bouaghi (Annexe 8).

- *Le coefficient de variation (CV)*

Le coefficient de variation (CV) traduit la dispersion relative des pluies. Il est calculé par le rapport de la pluviométrie d'une année, à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée. Les variations de coefficient de variations oscillent entre 0,21 sur le littoral, 0,23 dans la région tellienne et 0,26 dans les hautes plaines, ce qui implique une variabilité assez faible dans l'ensemble. Cette variabilité interannuelle est légèrement plus forte dans les stations méridionales de la région.

- *Écart à la moyenne (Ei)*

L'écart à la normale (Ei) correspond à l'excédent ou au déficit de précipitation de l'année considérée, rapporté à la moyenne de la série de référence.

Pour Annaba, l'écart positif par rapport à la moyenne annuelle des précipitations est d'environ 0,54 en 2008/2009 (1031,1 mm), et l'écart négatif diminue à 0,30 en 2001/2002 (671,6 mm). Alors que les autres années ont montré une légère différence par rapport à la moyenne.

Pour Guelma (plaine tellienne), dans le cas de valeurs positives, les précipitations ont augmenté à 878,6 mm en 2002/2003 (Ei = + 0,26) et dans les cas négatifs, elles ont diminué à 346,2 mm en 2001/2002 (Ei = - 0,43).

À la station d'O.E. Bouaghi (hautes Plaines), les précipitations ont été caractérisées par un écart positif maximal ( $E_i = + 054$ ) équivalent à une pluviométrie annuelle de 634,4 mm en 2002/2003. L'écart négatif est estimé à  $E_i = - 0,43$ , soit une diminution des précipitations annuelles à 236,7 mm en 2002/2001.

Il est à noter que les années 2001/2002 et 2015/2016 font partie des années qui ont enregistré un déficit pluviométrique important (années sèches) au cours de la période de référence.

- *Étude fréquentielle des précipitations annuelles*

L'analyse statistique des données pluviométriques permet de définir des valeurs caractéristiques de la fréquence, et de la durée de retour. La loi la mieux adaptée à la distribution des pluies annuelles, comme l'ont montré beaucoup d'études sur la région, est la loi normale (loi de Gauss) ou mieux encore la loi racine - normale.

Les quantiles estimés pour les trois stations représentatives et pour les probabilités de retours retenues, sont présentés dans le tableau 10. Les valeurs de précipitations de fréquence décennale et biennale s'écartent d'une façon significative : 21% à 23% dans le Tell et 25 % en hautes plaines (station d'O.E. Bouaghi).

**Tableau 10. Valeurs de fréquence des précipitations annuelles des stations représentatives**

Année	Période de retour (ans)	Station d'Annaba	Station de Guelma	Station d'O.E. Bouaghi $P_a$ (mm)
Année Humide	02	671,6	611,3	413,2
	10	849,6	794,5	549,3
	50	885,2	831,2	576,5
	100	889,7	835,7	579,9
Année Sèche	02	671,6	611,3	413,2
	10	493,6	428,1	277,1
	50	458,0	391,5	249,9
	100	453,6	386,9	246,5

### 3.1.2 Précipitations mensuelles et saisonnières

#### 3.1.2.1 Régime des précipitations mensuelles et leur variabilité

Les courbes de variation des précipitations mensuelles représentées sur la figure 25 relèvent des nuances géographiques dans la répartition des pluies au cours de l'année moyenne. Les stations de Jijel et d'Annaba, qui représentent la zone côtière soumise aux vents humides, sont plus arrosées que les autres stations situées dans la zone des plaines telliennes (station de Guelma) et dans les hautes plaines (station d'O.E. Bouaghi).

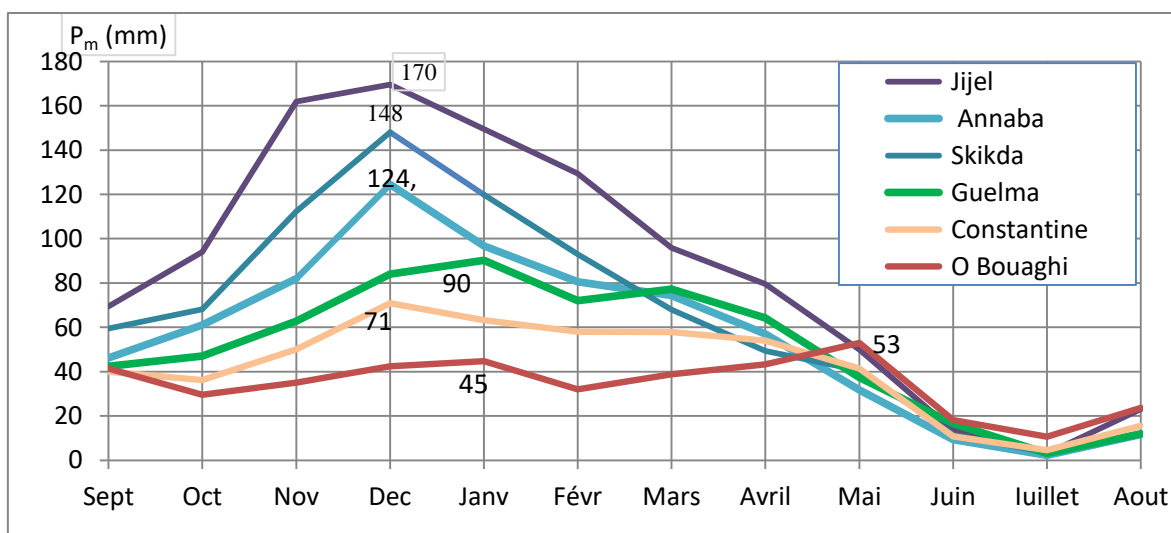


Figure 25. Régimes mensuels des précipitations (2001-2014).

La variation des précipitations mensuelles sur le plan temporel, est caractérisée par deux périodes distinctes :

- une période sèche qui correspond à la saison d'été ou au mois les plus secs de l'année (juin, juillet et août) caractérisée par un déficit pluviométrique bien marqué pour l'ensemble des stations. Cette période sèche de l'année peut être étendue jusqu'au mois de septembre, notamment pour ce qui est de la partie sud de la région.
- une période pluvieuse s'étalant de septembre à mai ; les mois de novembre, décembre et janvier sont les mois les plus pluvieux pour toutes les stations (la saison hivernale). En outre, décembre est le mois le plus humide pour les stations côtières (170 mm pour Jijel et 124 mm pour Annaba), tandis que le maximum est atteint en janvier dans les stations telliennes et les hautes plaines (90 mm à Guelma et 45 mm à O.E.Bouaghi).

L'ampleur de la variation des valeurs des précipitations dans la série (2000/2014) pour le même mois, est exprimée par les valeurs du coefficient de variation mensuel (Tableau 11).

Tableau 11. Coefficients de variation (CV) des précipitations mensuelles.

Station /mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Annaba	0,45	0,59	0,54	0,40	0,50	0,49	0,50	0,54	0,58	1,17	0,86	1,15
Guelma	1,05	0,89	0,77	0,77	0,60	0,82	0,69	0,73	0,71	1,17	1,84	1,5
O.E. Bouaghi	0,40	0,41	0,88	0,66	0,63	0,56	0,46	0,53	0,52	0,80	0,85	0,81

La forte variabilité interannuelle des précipitations mensuelles apparaît à travers les valeurs élevées, de sorte qu'aucun mois n'a un coefficient de variation (CV) inférieur à 0,40 dans cette zone d'étude.

Les plus fortes valeurs concernent les mois d'été (juin, juillet, et août) où elles sont comprises entre 0,80 et 1,5 et même en mois de septembre, à la station de Guelma, atteignant 1,05 (zone tellienne). Pour la saison des pluies (octobre à mai), le coefficient de variation mensuel prend des valeurs moyennes comprises entre 0,4 et 0,80 dans toutes les stations.



Les valeurs de CV mensuelles élevées pendant la phase sèche sont dues aux précipitations rares et de courte durée survenant en été. Ceci est une caractéristique du climat méditerranéen dominant dans la zone d'étude, qui apparaît sous forme de fluctuations météorologiques.

### 3.1.2.2. Régime saisonnier

La répartition des précipitations annuelles selon les saisons agricoles montre qu'elle varie selon les régions géographiques (Fig. 26). Dans les zones côtières et dans la zone tellienne, plus de 45 % des précipitations annuelles surviennent en hiver (décembre - février), 28 à 30% en automne (septembre-novembre), 20 à 24 % au printemps (mars – mai) et moins de 5 % en été (juin- août). Pour la station d'O.E. Bouaghi dans les hautes plaines, 1/3 environ des pluies tombe respectivement en hiver (30%), au printemps (30%) et en automne : (26%). La saison estivale a une part de 11%.

La répartition saisonnière des précipitations dans les hautes plaines au cours de l'année est plus régulière que dans la zone des plaines côtières et tellienne, bien que la quantité de pluie enregistrée dans les stations du Nord soit supérieure à celle enregistrée dans le Sud. Au final, les précipitations irrégulières et à dominante hivernale ne permettent les cultures en sec que pour quelques espèces végétales.

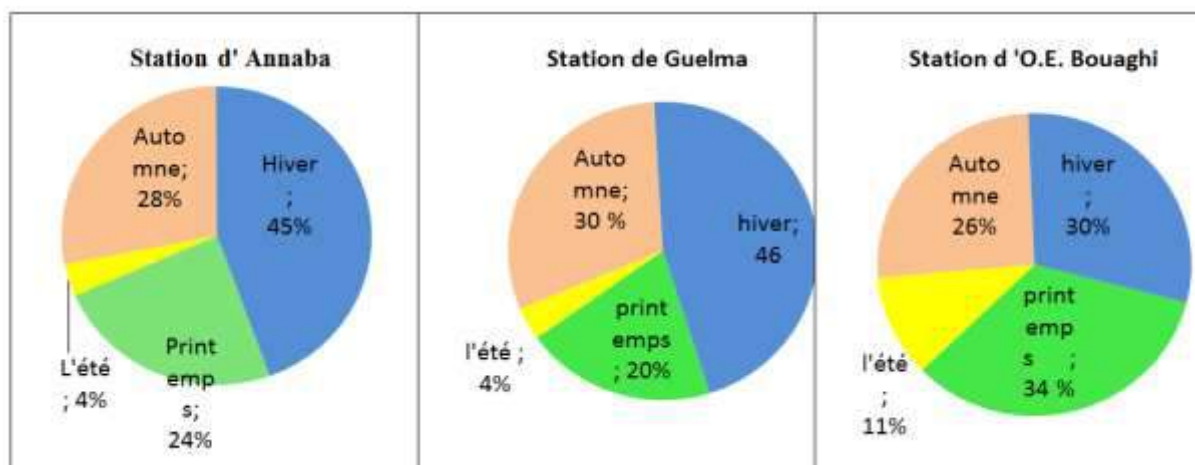


Figure 26. Distribution saisonnière des précipitations dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000 -2014).

## 3.2 Les températures moyennes et le régime thermique

La température moyenne de l'air est un facteur important du climat. L'étude de ses valeurs annuelles et mensuelles avec l'interaction d'autres éléments climatiques permet de déterminer le régime thermique (périodes chaude et froide) et elle est très importante dans l'évaluation de l'évapotranspiration (plus elle est forte, plus la demande évaporatoire de l'atmosphère augmente).

Les plantes sont très sensibles à la température. Il est également important de considérer les valeurs minimales et maximales qui représentent des seuils en dessous ou au-dessus desquels ils peuvent être des obstacles à la croissance des plantes.

### 3.2.1 Les températures moyennes et le régime thermique

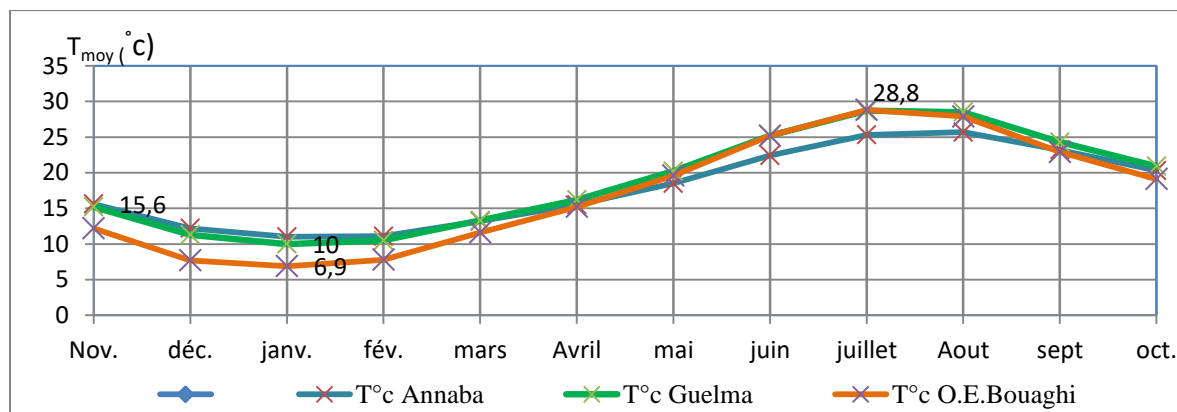
Les températures moyennes annuelles décroissent du Nord au Sud, enregistrant 17,8 ° C dans la station d'Annaba (altitude : 3 m) au niveau des plaines côtières, et diminuant dans la région des hautes plaines où la station d'O.E. Bouaghi (928 m) enregistre 17,1° C. La station de Guelma (228 m), la plus chaude, avec une température annuelle de 18,7 ° C., est située dans une dépression topographique.

L'amplitude thermique annuelle (différence entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid) augmente du Nord au Sud parallèlement à la continentalité (14,7° à Annaba, 18,5° à Guelma, 21,9° à O.E. Bouaghi ).

**Tableau 12. Données de températures moyennes mensuelles et annuelles dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000-2014)**

Saison	Saison froide						Saison chaude						T° moyenne Annuelle
	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	
Annaba	15,6	12,2	11,0	11,1	13,2	15,5	18,5	22,4	25,3	25,7	23,2	20,3	17,8
Guelma	15,2	11,3	10	10,5	13,3	16,2	20,2	25,2	28,7	28,5	24,3	20,9	18,7
O. E. Bouaghi	12,2	7,7	6,9	7,8	11,6	15,2	19,6	25,2	28,8	27,9	22,9	19,1	17,1

La représentation graphique des températures pour les 3 stations montre que la moyenne mensuelle de la température de novembre à avril est inférieure à la moyenne annuelle (période froide), et celle de mai à octobre est supérieure à la moyenne annuelle (période chaud) (Fig. 27).



**Figure 27. Températures moyennes mensuelles dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000-2014).**

#### 3.2.1.1. Période froide

La température moyenne du mois le plus froid a été enregistrée en janvier dans les trois stations : Annaba (11° C ), Guelma ( 10° c ), O.E. Bouaghi (6,9° C).

La moyenne des températures minimales (T° min) se situe en janvier dans toutes les stations, mais elle est plus accusée dans la station de haute altitude ( O.E. Bouaghi : 1,0° C), que dans la station de basse altitude (Annaba : 6,6° C) (Fig. 28).

L'amplitude thermique mensuelle (la différence entre les moyennes des maximums M et des minimums m du même mois pour la période 2000-2014) évolue quant à elle, dans le même sens que la température mensuelle moyenne de l'année (Fig. 28).

Les gelées se forment lorsque la température minimale descend en dessous de 0° C, elles sont considérées comme l'ennemie de la majorité des plantes, notamment pendant la période de semis. Le nombre de jours de gel annuels est très variable selon la station et l'année. Il est le plus bas à Annaba avec moins de 2 jours de gel en moyenne par an alors qu'il persiste 38 jours par an à Guelma et 37 jours par an à O.E. Bouaghi.

### 3.2.1.2. Période chaude

La haute valeur des maxima moyens mensuels des températures durant la période chaude a été atteinte en août dans la station côtière d'Annaba (31,8° C), mais c'est en juillet et en valeur plus forte dans la station tellienne de Guelma (36,6° C) ainsi que la station d'Oum El-Bouaghi dans les hautes plaines (35,2° C).

En ce qui concerne l'amplitude thermique, on relève que les trois stations présentent un maximum en saison chaude, en juin à Annaba (12,1°), en juillet à Guelma (18,1°) et également en juillet à O.E. Bouaghi (17,2°).

Cette période chaude se caractérise non seulement par des températures mensuelles moyennes élevées, mais coïncide également avec de nombreux facteurs climatiques et des éléments qui augmentent l'évaporation, ce qui entraîne des déficits hydriques agricoles.

La période sèche est accompagnée de plusieurs facteurs climatiques qui agissent sur le séchage de l'air humide, de sorte que les valeurs d'humidité relative enregistrent des valeurs comprises entre 66 et 48 %, tandis que les valeurs minimales marginales pendant la saison de séparation sont enregistrées, en particulier, pendant les mois de Juin et Octobre respectivement (Fig. 28). L'humidité relative dans la station de Guelma, et la station O.E. Bouaghi, est très faible en été, inférieure à 50%, alors que les besoins en eau sont importants, ce qui ne permet pas une agriculture sans irrigation.

Le sirocco est un vent chaud et sec du Sud-Est, pouvant souffler en toute saison mais se manifeste le plus souvent en cette période chaude. La station de la plaine de Guelma enregistre environ 37 jours de sirocco par an, dont près des deux tiers ont lieu pendant la période d'irrigation intensive (mai à octobre). Il s'accompagne de températures caniculaires.

La durée maximale d'ensoleillement (heures) coïncide avec la période chaude (mai à octobre) et augmente la température pendant cette période. Elle est maximale en juillet avec 11,3 heures, minimale en décembre avec 4,9 heures alors que la moyenne est de 7,475 heures.

Les valeurs d'évaporation annuelle (sous abri) augmentent du Nord au Sud : 887,9 mm à Annaba, 1445 mm à O.E. Bouaghi,. Les mois de juin, juillet et août ont des valeurs maximales, et le mois de pointe est juillet avec : 106 mm à Annaba ; 150 mm à Guelma et 249,4 mm à O.E. Bouaghi (Fig. 29).

Les phénomènes climatiques accidentels tels que les dommages causés par la grêle et la diminution de l'humidité ne sont pas sans influence sur la croissance et le développement de la végétation. Le phénomène de la grêle (précipitation des particules de glace), survient plus à

la fin du printemps et au début de l'été (période de formation des fruits) qu'en hiver ou à l'automne. La grêle cause chaque année de lourds dégâts agricoles. Ce phénomène est très aléatoire ; son emplacement et son intensité sont très variables. La fréquence annuelle moyenne de la grêle pour les deux stations de Guelma et O.E. Bouaghi est respectivement de 2,2 et 2,6 jours par an.

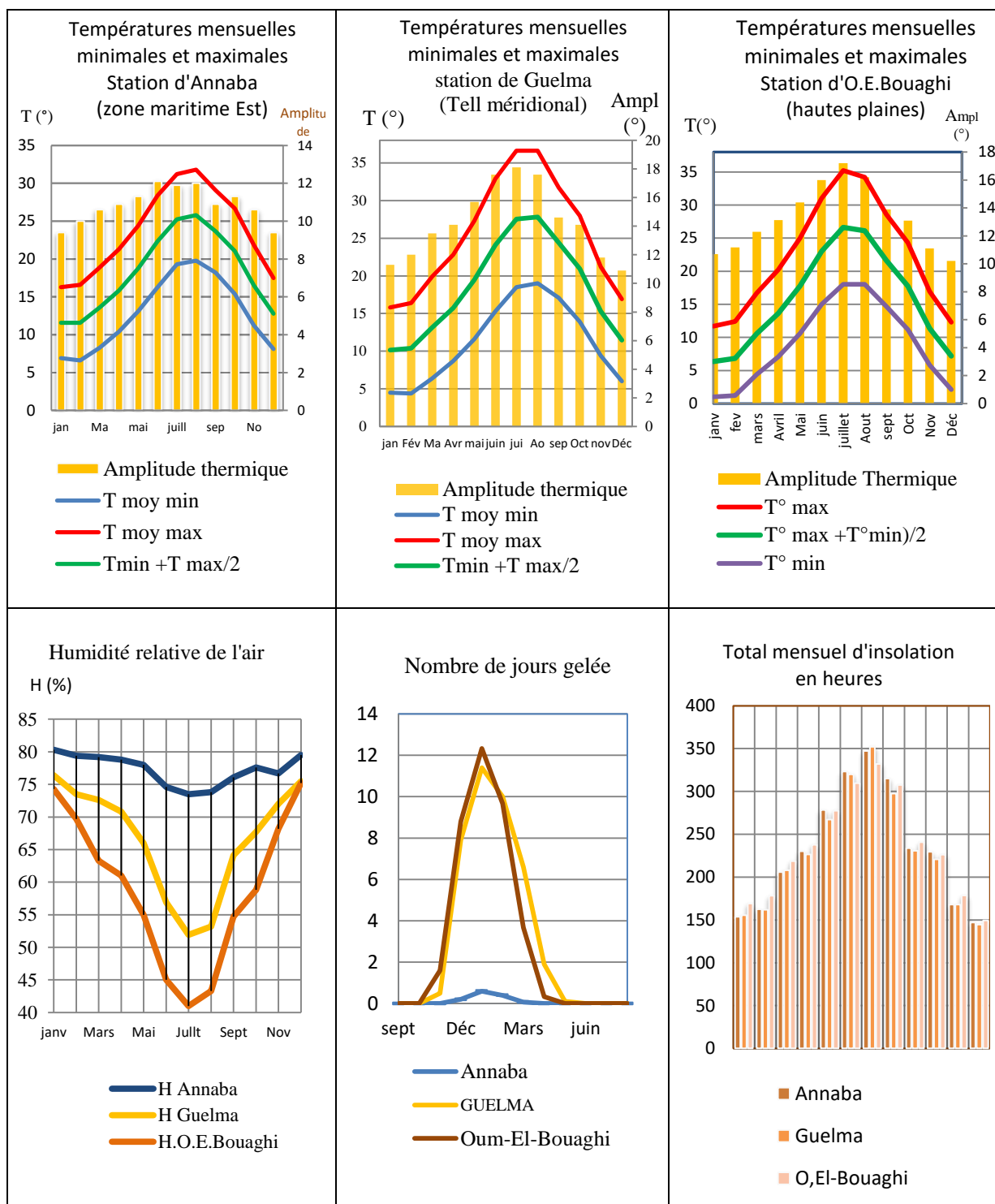


Figure 28. Régime mensuel des éléments climatiques dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000-2014).

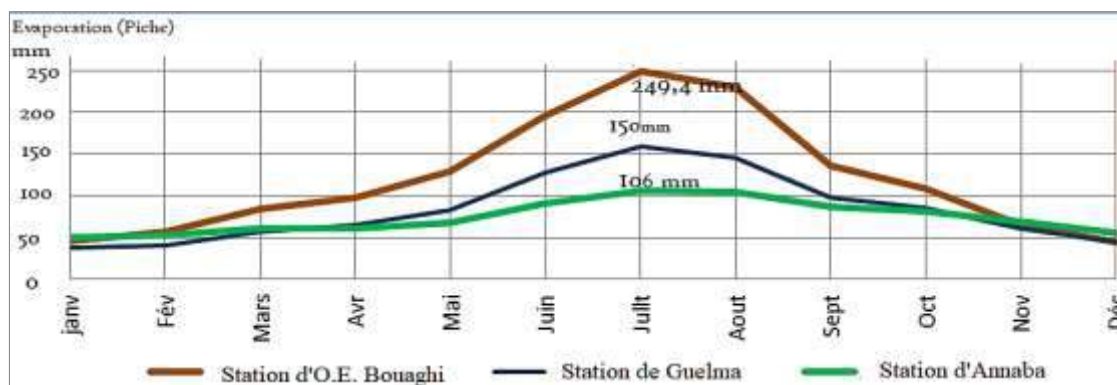


Figure 29. Evaporations moyennes mensuelles dans trois stations du Nord -Est-algérien (2000-20014)

### 3.3 Synthèse climatique

La synthèse climatique dans notre étude s'est appuyée sur les classifications climatiques basées sur le "rythme" de la température et des précipitations au cours de l'année et tient compte essentiellement des états favorable et défavorable à la végétation pour déterminer : les périodes chaudes, les périodes froides, les périodes sèches, les périodes humides.

#### 3.3.1 Diagramme ombro-thermique de H Gaussien

Le diagramme ombro-thermique de Gaussien représente les variations mensuelles sur une année, des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ( $P = 2T$ ).

La figure 30, permet de distinguer deux périodes : la première froide et humide où la courbe des précipitations est au-dessus de celle des températures ; la seconde est considérée comme chaude et sèche.

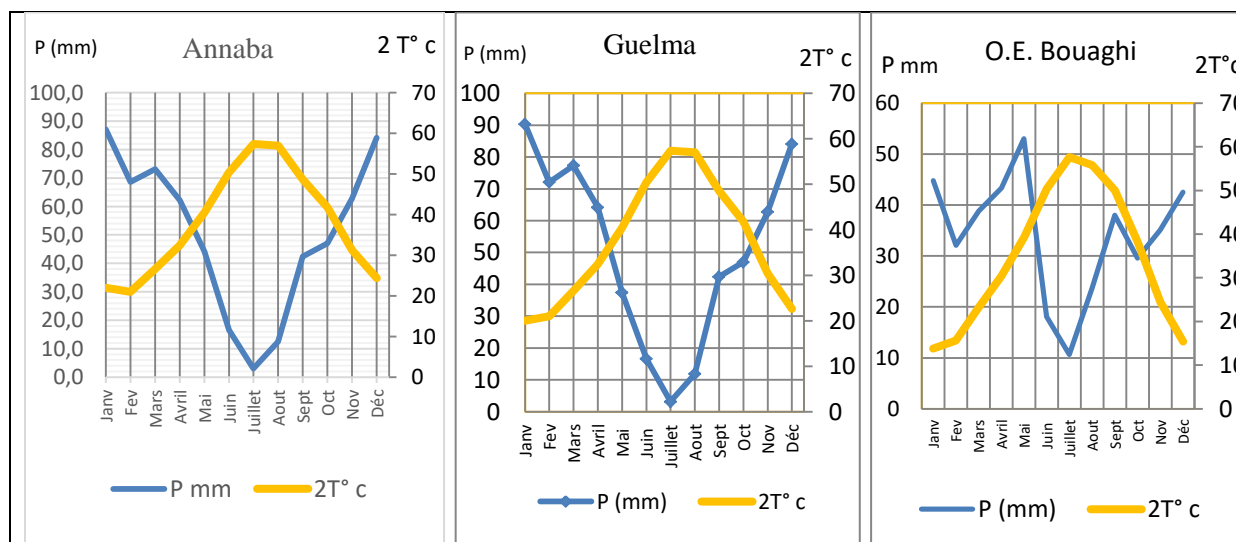


Figure 30. Diagrammes ombro-thermiques de trois stations du Nord Est (2000- 2014)

Pour les stations d'Annaba (zone côtière) et la station de Guelma (zone des plaines telliennes), la saison sèche s'étend de mi-avril à mi-octobre (7 mois). Pour la station O.E. Bouaghi (zone des hautes plaines), la saison sèche s'étend de mi-mai à mi-octobre (6 mois).

### 3.3.2 Quotient pluviométrique et climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique le plus utilisé est celui qui désigne l'indice climatique d'Emberger, développé par le botaniste Louis Emberger en 1930, puis modifié en 1955 pour définir cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne (climats que seul le Maroc dans la région méditerranéenne, possède en totalité). On obtient les valeurs de Q2 par l'application de la formule du quotient initial d'Emberger :

$$Q2 = \frac{2000 * P}{(M + m)(M - m)}$$

Avec,  $Q2$  : quotient pluviométrique d'Emberger ;  $P$  : précipitations moyenne annuelle, en mm ;  $M$  : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud ;  $m$  : moyenne des températures minimales du mois le plus frais en degrés Celsius) ;  $P$  : cumul pluviométrique annuel, en millimètres.

Tableau 13. Variante climatique thermique (m) selon Emberger

Climat à hiver froid	Climat à hiver frais	Climat à hiver doux ou tempéré	Climat à hiver chaud
$m < 0^{\circ}\text{c}$	$0 < m < 3^{\circ}\text{c}$	$3 < m < 7^{\circ}\text{c}$	$m < 7^{\circ}\text{c}$

Pour chaque station climatique, en utilisant les deux valeurs « Q2 » et « m », on se réfère au climagramme d'Emberger qui définit l'étage bioclimatique. Ce dernier comporte un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées « Q2 » et en abscisse le m ( annexe 9).

Le tableau 14 présente les résultats du calcul Q2 pour les stations suivantes : Jijel, Skikda, Annaba, Guelma et O.E. Bouaghi (période : 2000-2014).

Tableau 14. Quotient pluviométrique d'Emberger de 5 stations du Nord Est algérien (2000- 2014)

Station	Pa	M	m	M+273	m+273	Q2	Étage bioclimatique
Jijel	1038,6	32,0	8,8	305	281,8	152,6	Subhumide à hiver chaud
Skikda	785,3	32,5	6,8	305,7	280,0	104,3	Subhumide tempéré
Annaba	677,3	31,8	6,9	304,8	280,1	93,8	Subhumide tempéré
Guelma	611,0	36,6	4,5	309,6	277,7	65,2	Semi-aride tempéré
O.E. Bouaghi	413,0	35,2	1,0	308,2	274,21	41,7	Semi-aride frais

Il semble que les stations climatiques de la zone d'étude sont divisées en deux groupes, le premier appartenant à l'étage sub-humide et le second à l'étage semi-aride (en annexe).

Le premier groupe représente les plaines côtières, où la station de Jijel est classée à l'étage bioclimatique sub-humide supérieur à hiver chaud, et les stations de Skikda et d'Annaba à l'étage subhumide moyen à hiver tempéré. Le deuxième groupe comprend les stations de l'intérieur, situées dans les plaines telliennes et les hautes plaines, où les stations de Guelma et d'O.E. Bouaghi sont classées dans l'étage semi-aride, mais la première à hiver tempéré, le second hiver frais.

#### 4. EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE, DEFICIT EN EAU AGRICOLE ET NÉCESSITÉ D'IRRIGATION

##### 4.1 Etude comparative des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un vocable qui regroupe deux phénomènes, à savoir l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration des plantes.

L'évaporation potentielle (ETP) a été calculée à l'aide de trois formules expérimentales pour la zone d'étude : la formule de Thornthwaite (1948) basée sur la température, la formule de Turc (1961) basée sur le rayonnement et enfin la formule de Blaney-Cridde basée sur la température moyenne et la durée moyenne d'ensoleillement.

La présentation des trois formules (annexe 10), et les résultats d'estimation de l'évapotranspiration (ETP) au niveau des stations climatiques d'Annaba, de Guelma, et d'Oum El-Bouaghi, se trouvent dans les annexes (11, 12, et 13).

Le tableau 15 présente un résumé comparatif des résultats de calculs des évapotranspirations mensuelles et annuelles par les trois méthodes (période : 2000-2014).

Il fait apparaître des divergences notables dans ces résultats, illustrés par la figure 31.

**Tableau 15. Évapotranspirations mensuelles calculées par différentes méthodes (stations de Annaba, Guelma, Oum El-Bouaghi) (période moyenne : 2000- 2014)**

Station d'Annaba (zone littorale)													
Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	octobre	nov	dec	Total
ETP Thornthwait	40,82	36,32	32,69	44,35	54,97	81,14	121,34	140,32	150,94	139,11	88,12	58,35	988,5
ETP Turc	42,57	54,62	87,71	117,34	162,5	188,34	196,5	147,99	101,21	76,23	47	35,91	1 257,8
ETP Blaney cridde	53,82	53,51	77,94	98,65	134,8	172,11	185,12	192,25	152,89	120,62	77,17	57,96	1 376,8
Station de Guelma (Tell méridionale)													
Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	octobre	nov	dec	Total
ETP Thornthwait	47,6	33,09	33,21	35,01	51,58	84,52	145,79	162,63	165,74	148,66	98,08	63,33	1 069,2
ETP Turc	40,6	53,4	88,4	122,4	168,9	197,0	205,5	153,8	103,4	77,7	47,1	34,8	1 292,9
ETP Blaney cridde	49,31	50,77	64,41	103,8	150,36	201,25	244,65	224,26	162,59	125,16	75,1	53,83	1 505,5
Station d'O. E. Bouaghi (Hautes Plaines)													
Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	octobre	nov	dec	Total
ETP Thornthwait	26,5	26,2	38,8	58,7	89,7	189,2	242,2	179,7	143	112,3	57,9	34,4	1 198,6
ETP Turc	33,42	46,84	84,65	122,56	171,31	192,45	238,88	170,91	103,49	75,71	42,93	27,81	1 311,0
ETP Blaney cridde	49,5	50,8	78,6	103,8	150,3	201,3	249,2	217,4	162,6	125,15	75,1	53,8	1 517,5

#### **4.1.1 L'évapotranspiration à l'échelle spatiale**

Sur le plan spatial, l'évapotranspiration annuelle augmente du nord au sud, bien que les trois méthodes donnent des valeurs inégales.

Les valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Thornthwaite, sont selon les stations : Annaba : 988,5 mm ; Guelma : 1069,2 mm ; O. E. Bouaghi : 1198,6 mm. Les résultats de cette équation sont nettement inférieurs à ceux des deux autres équations. La différence par rapport à l'équation de Turc peut atteindre un pourcentage de 21 % dans le Nord (Annaba), alors qu'elle peut s'écarter de la méthode Blaney-Cridde jusqu'à une différence pouvant atteindre 28 % (station de Guelma).

L'ETP estimée par la méthode de Turc a donné des valeurs considérées comme moyennes par rapport aux deux autres méthodes, et peuvent être considérées comme acceptables dans le contexte géographique algérien : Annaba: 1257,8 mm, Guelma : 1293,0, O. E. Bouaghi : 1311,0 mm.

L'ETP obtenue selon la méthode de Blaney-Cridde, a donné des valeurs plus élevées, en particulier pour les stations de l'intérieur : Annaba : 1376,8 mm, Guelma : 1505,5 mm, O.E. Bouaghi : 1517,5 mm.

#### **4.1.2 L'évapotranspiration à l'échelle temporelle**

La distribution mensuelle de l'évaporation au cours de l'année civile pour les trois méthodes, est symétrique. Les valeurs varient d'une saison à l'autre et selon les zones géographiques néanmoins les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant les mois d'été (figure 31).

Cependant, la courbe de Thornthwaite tend à fournir des valeurs très faibles pendant la saison humide et des valeurs élevées pendant la saison chaude. En effet l'équation de Thornthwaite est basée sur la température, facteur essentiel qui favorise l'évaporation au printemps et en été (deux saisons les plus ensoleillées).

La méthode de Turc qui prend en compte, outre la température, la durée d'ensoleillement, donne des valeurs plus élevées en hiver et au printemps, et plus faibles en fin d'été et en automne par rapport à celles de Thornthwaite. Les valeurs de l'ETP mensuelle de Turc et celles de Blaney-Cridde sont plus proches en hiver.

Le modèle de Turc (1961) qui prend en compte, outre la température, la durée d'ensoleillement, est bien adapté aux conditions climatiques des régions tempérées ; il existe une variante pour les régions arides, qui tient explicitement compte de l'humidité relative et qui affine les résultats (Cosandey et Robinson, 2000). La formule de Turc est, parmi les méthodes, la plus convenable à l'estimation de l'ETP dans notre région, c'est pourquoi nous allons l'utiliser dans nos prochains calculs pour l'établissement du bilan hydrique.



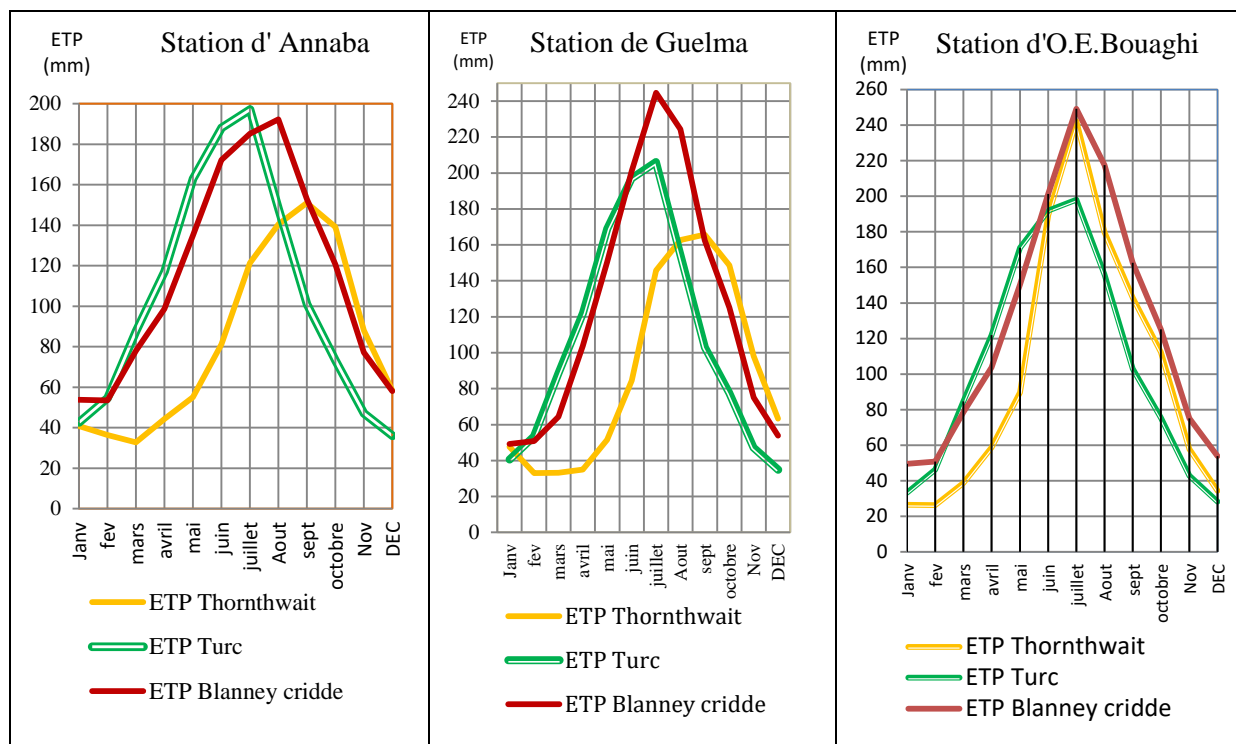


Figure 31. Évapotranspirations mensuelles calculées par différentes méthodes, dans trois stations du Nord Est algérien

#### 4.2 Bilan hydrique, déficit en eau agricole et période sèche

L'étude du bilan hydrique au cours de la période étudiée permet de déterminer pour chaque zone géographique l'ampleur et la durée dans l'année du déficit en eau agricole.

Le bilan hydrique (modèle de Thornthwaite) est établi mois par mois à partir de la pluie (P), de l'évapotranspiration (ETP) et de la réserve facilement utilisable (RFU) du sol prise égale à 100 mm (Thornthwaite et Mather, 1955). Il est établi sur 3 stations météorologiques de l'Office National de la Météorologie (O.N.M.) réparties du nord au sud (Annaba, Guelma, O.E. Bouaghi).

Le déficit agricole est déterminé en utilisant la relation qui prend en compte, outre l'évapotranspiration (ETP) et les précipitations (P), le stock d'eau du sol (RFU). Le déficit en eau agricole apparaît lorsque la RFU du sol se vide et que l'ETP du mois est supérieure à l'ETR ( $da = ETP - ETR$ , si  $RFU = 0$ )

Les résultats sont obtenus dans les trois stations considérées en utilisant, dans le calcul des bilans, l'ETP de Turc (Fig. 32). Le contrôle de la réserve de l'eau dans le sol constitue un facteur fondamental pour l'irrigation.

Le déficit annuel est estimé au niveau des plaines côtières (station d'Annaba) à 675,2 mm, et s'étale sur une période de 6 mois, de mai à Octobre. Il augmente à 778,5 mm dans les plaines de la zone tellienne (station de Guelma), où il persiste pendant 6 mois, de mai à octobre.

Au Sud, dans les hautes plaines (station d'O.E. Bouaghi), il est estimé à 897,9 mm, réparti sur 9 mois, de mars à novembre. Les valeurs maximales de Da sont enregistrées en juillet dans toutes les stations : Annaba : 194,2, Guelma: 202,3 mm, O.E. Bouaghi : 228,2 mm.

La quantité d'eau à ajouter à chaque irrigation est déterminée par les caractéristiques du sol, notamment la RFU. Cette quantité ne peut en aucun cas dépasser la réserve utile RU, (Zella et Mouhouche , 2004).

Le sol est un réservoir alternativement alimenté par les pluies et / ou asséché par l'évaporation directe et la transpiration des plantes. Après une pluie ou une irrigation abondante, le sol se sature d'eau, se vide d'air et devient impropre à la culture. Dès que le ressuyage se termine, la quantité d'eau fixée dans une tranche du sol délimite sa capacité de rétention (Hr). Les limites inférieures de cette capacité définissent le point de flétrissement (Hf), caractérisé par une eau très liée (>16 bars) que les plantes ne peuvent soustraire. L'irrigant veille à ce que le sol n'atteigne pas cette limite inférieure ni d'ailleurs dépasse la limite supérieure où l'eau devient très mobile (< 0,5 bars), donc en excès par rapport à (Hr). C'est entre ces deux limites (Hr) et (Hf) que les plantes puisent l'eau sans difficulté majeure. Cette réserve est qualifiée de réserve utile (RU) dont une réserve facilement utilisable (RFU), une fonction de RU.

La Réserve d'eau du sol Facilement Utilisable (RFU) passe par quatre phases dans les zones littorales et telliennes : phase 1: recharge d'eau en novembre et janvier ; phase 2, surplus d'eau, la réserve du sol est complètement remplie à 100% en trois mois : décembre, janvier et février ; Phase 3, épuisement du stock durant mars et avril ; phase 4, déficit en eau du début du mois de mai à la fin du mois d'octobre. Dans la région des hautes plaines, elle passe par deux phases : phase 1, recharge d'eau à 26 % de la capacité de rétention ; phase 2, déficit agricole de février à fin novembre.

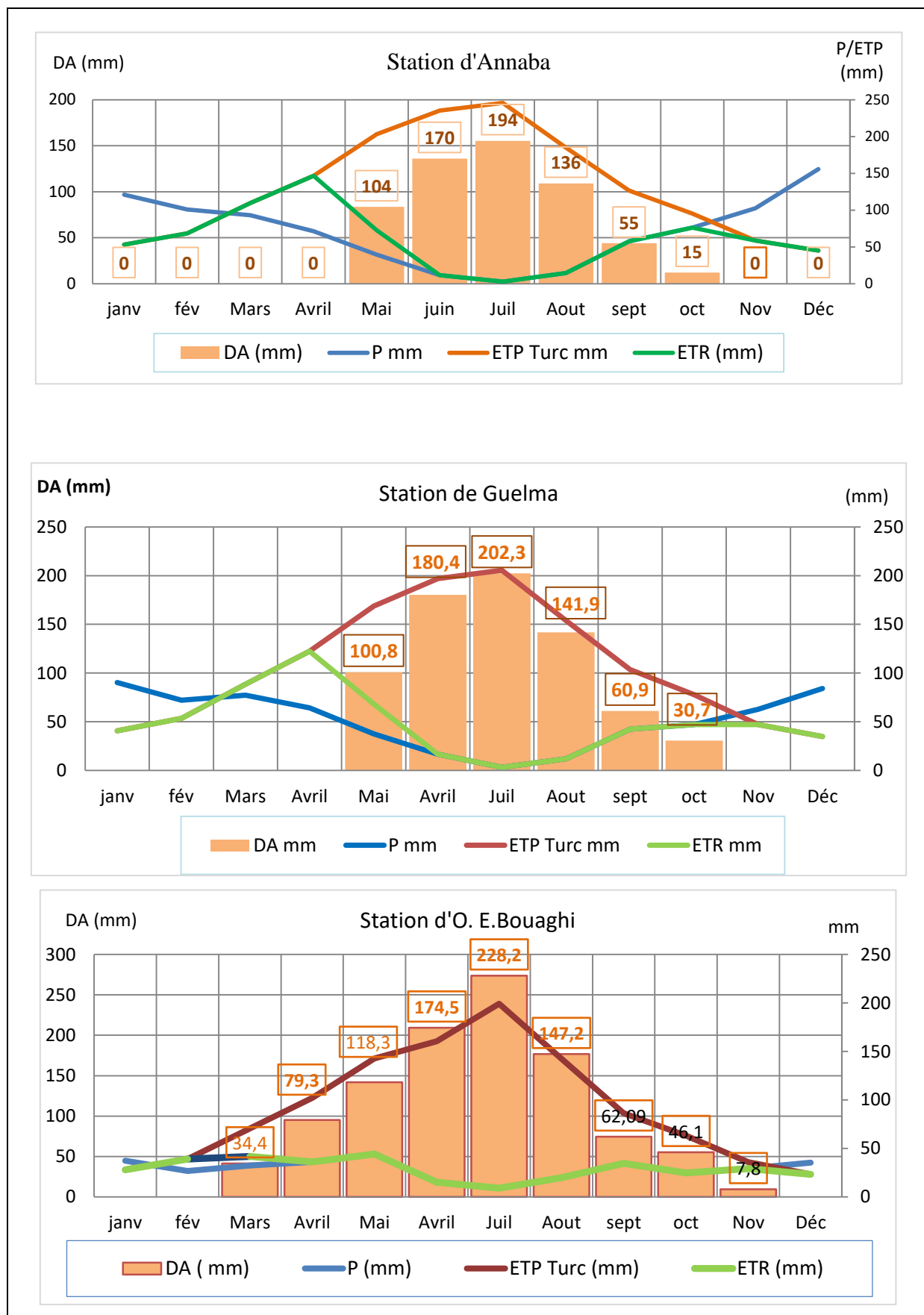


Figure 32. Le bilan hydrique de Thornthwaite et la période -de déficit agricole de trois stations du Nord-Est (2000 -2014)

**Tableau 16. Le bilan hydrique de Thornthwaite et la période de déficit agricole de trois stations du Nord-Est (période moyenne : 2000 -2014)**

Station d'Annaba (zone littorale)													
St. / Annaba	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	Cumul Annuel
P mm	46,2	61	82,0	124,5	96,7	80,6	74,4	57	31,7	9,3	2,3	11,6	677,3
ETP Turc mm	101,21	76,23	47,0	35,91	42,57	54,62	87,71	117,24	162,5	188,34	196,5	147,99	1 257,8
P-ETP	-55,01	-15,23	35	88,59	54,13	25,98	-13,31	-60,24	-130,8	-179,04	-194,2	-136,39	-580,5
ETR mm	46,2	61	47	35,91	42,5	54,62	87,71	117,24	58,15	67,5	2,3	11,6	631,8
RFU mm	0	0	35	100	100	100	86,69	26,45	0	0	0	0	
DA (ETP-ETR) mm	55,01	15,23	0	0	0	0	0	0	104,35	170,04	194,2	136,39	675,22
Ws mm				24,0	54,1	26	0	0					
Station de Guelma (Tell méridionale)													
St/ Guelma	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	avril	juil	Août	Cumul Annuel
P mm	42,4	47	62,8	84,1	90,3	72,1	77,3	64,2	37,4	16,6	3,2	11,9	609,3
ETP Turc mm	103,39	77,67	47,08	34,75	40,59	53,4	88,41	122,39	168,89	197,01	205,53	153,75	1292,86
P-ETP	-60,99	-30,67	15,72	49,35	49,71	18,7	-11,11	-58,19	-131,49	-180,41	-202,33	-141,85	-683,56
ETR mm	42,4	47,0	47,08	34,75	40,6	53,4	88,4	122,39	68,1	16,6	3,2	11,9	575,82
RFU mm	0	0	15,72	65,1	100	100	88,9	30,7	0	0	0	0	
DA mm	60,9	30,7	0	0	0	0	0	0	100,8	180,41	202,33	141,85	717,0
Ws mm	0	0	0	0	55,4	72,1	0	0	0	0	0	0	
Station d'O.E. Bouaghi (Hautes Plaines)													
St/O,E, Bouaghi	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	avril	juil	août	Total
P mm	41,4	29,6	35,1	42,5	44,8	32,1	38,8	43,3	53	18,1	10,7	23,7	413,1
ETP Turc mm	103,49	75,71	42,93	27,81	33,42	46,84	84,65	122,56	171,31	192,45	238,88	170,91	1310,96
P-ETP	-62,1	-46,1	-7,8	14,7	11,4	-14,7	-45,9	-79,3	-118,3	-174,4	-228,2	-147,2	-897,9
ETR mm	41,4	29,6	35,1	27,8	33,42	46,8	50,2	43,3	53	18,1	10,7	23,7	413,12
RFU mm	0	0	0	14,7	26,1	11,4	0	0	0	0	0	0	0
DA mm	62,09	46,1	7,8	0	0	0	34,4	79,3	118,3	174,5	228,2	147,2	897,9
Ws mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**4.2.1 Déficit hydriques extraites des travaux de Mebarki (2005) (modélisation du bilan hydrique et cartographique)**

Les travaux réalisés par Mebarki (2005) sur le déficit agricole dans le Nord de l'Algérie ont permis de tracer la carte des isovaleurs du déficit agricole annuel moyen (Fig. 33). Le nombre de mois secs par an varie de 6 dans les plaines côtières à 8 mois dans le bassin de Guelma, et s'étend jusqu'à 9 mois à l'extrême nord des hautes plaines (Fig. 33). Dans ce travail, Mebarki (2005) considère comme « mois sec » un mois de l'année concerné par un déficit agricole Da, la réserve en eau du sol étant complètement épuisée. Le nombre annuel de « mois secs » est totalisé aux nœuds de chaque maille élémentaire, ce qui permet de tracer des zones d'iso-mois secs à travers le territoire de l'Algérie septentrionale.

Nos résultats par rapport à cette carte sont très similaires malgré la différence dans la période d'étude et la méthode d'estimation de l'évapotranspiration (ETP ANRH Algérie) utilisée par les auteurs.

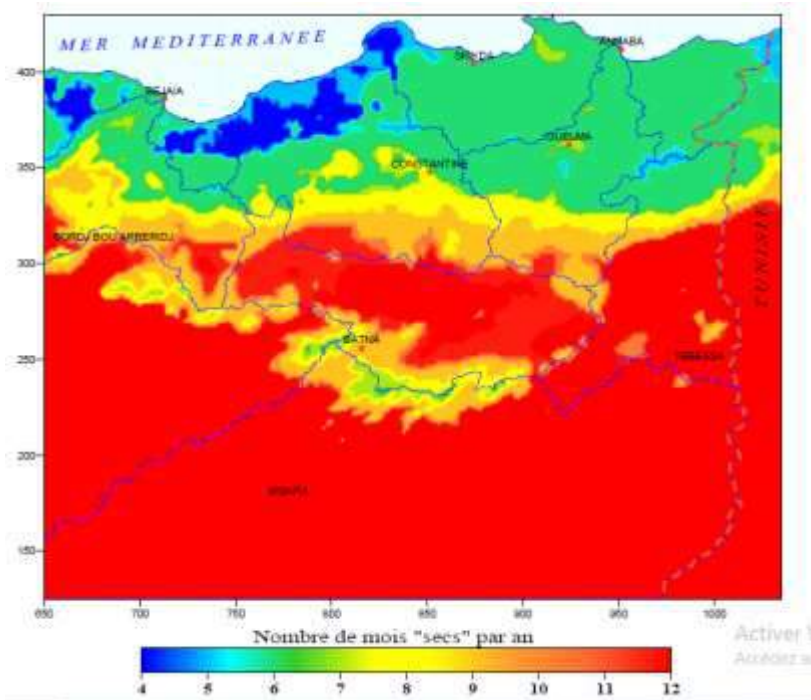
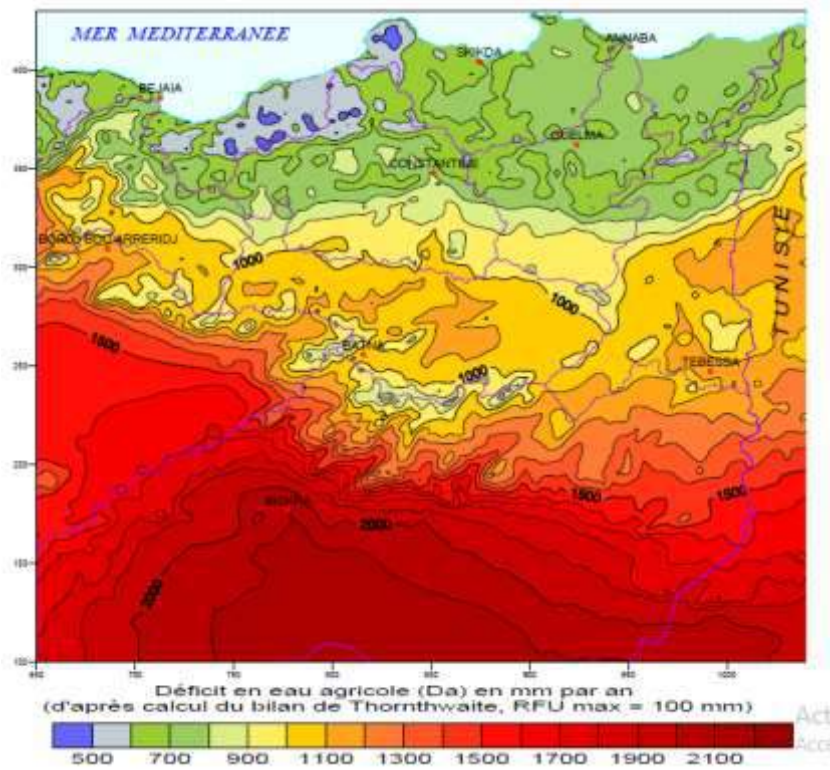


Figure 33. Déficit en eau agricole et nombre de mois secs dans l'année dans le Nord Est algérien (d'après Mebarki, 2005)

#### 4.2.2 Évolution de la demande en eaux des cultures

Le période d'irrigation dépend de plusieurs facteurs, principalement du climat et du sol, mais aussi de la phase végétative de la plante (la quantité d'eau consommée par une plante est fonction de la transpiration des feuilles et de l'évaporation directe du sol). Le niveau de consommation varie selon des facteurs climatiques et la plante (espèce, variété, stade de développement...).

Après avoir déterminé la période de déficit hydrique agricole en fonction des variables climatiques (précipitations et ET) ainsi que de la réserve en eau du sol (nature et capacité de rétention des sols), dans les opérations d'irrigation, il est également recommandé de prendre en compte les variables agricoles liées au type de culture, selon l'expérience de l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C., 1997).

Dans le cas des céréales, activité agricole la plus pratiquée dans la zone d'étude, les besoins en eau de la céréale augmentent avec l'évolution de ses stades végétatifs (Fig. 34).

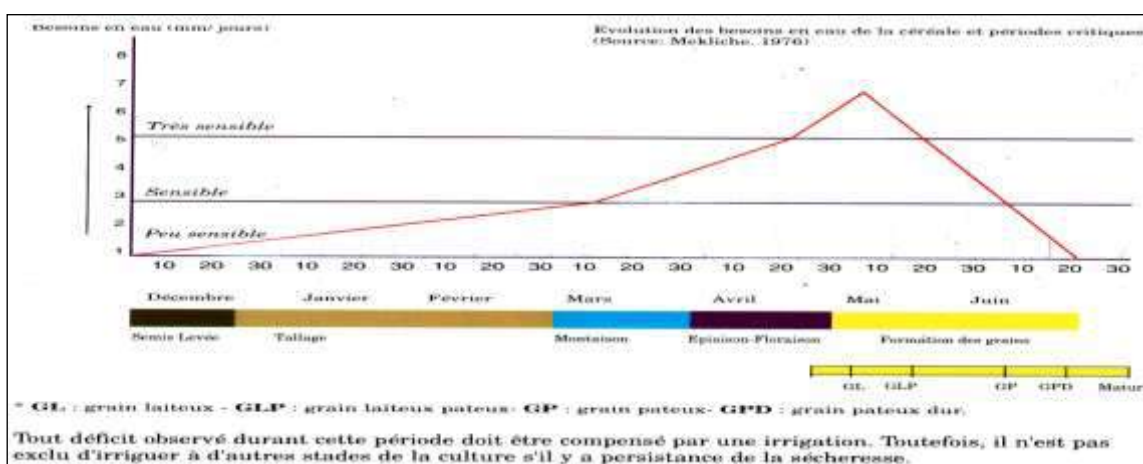


Figure 34. Évolution des besoins en eau de la céréale et périodes critiques (ITGC, 1997).

La demande en eau augmente avec les stades de croissance de la plante, son rythme et ses stades (physiologie, densité, etc.) atteignant son maximum à la mi-mai, une phase très sensible (production de fruits et céréales). Cette évolution coïncide avec un déficit en eau climatique et agricole (épuisement des réserves en eau du sol) et avec une augmentation de la demande en eau des plantes.

Ainsi, comme le montre le graphique, la période la plus sensible à la sécheresse se situe entre le stade fin montaison et le stade grain laitoux, étapes sensibles de la croissance de la plante.

L'impératif de l'irrigation sert à compenser les besoins en déficit en eau climatique pendant les mois secs, et la demande en eau de la plante. Toutefois, il n'est pas exclu d'irriguer à d'autres stades de la culture s'il y a persistance de la sécheresse.

La période sèche nécessite un apport d'eau d'irrigation approprié aux spéculations pratiquées, c'est-à-dire en plus de la réponse à la demande climatique (demande d'évapotranspiration), et de satisfaire la demande de la culture (introduction des coefficients cultureux). C'est ce que nous appliquerons dans les chapitres suivants pour déterminer les besoins en eau des différentes cultures produites dans les périmètres d'irrigation.

## 5. RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET MOBILISATION DE L'EAU DES BARRAGES FACE AU DÉFICIT AGRICOLE

### 5.1 Potentialités en eau de surface des grands bassins versants

De nombreuses études ont été menées pour déterminer le débit d'eau des cours d'eau et le potentiel des ressources en eau de surface des bassins versants dans l'Est de l'Algérie. Elles indiquent que la région dispose des ressources en eau de surface importantes, mais dépendant du climat et de sa variabilité.

L'étude de [Mébarki, \(2005\)](#) sur les bassins hydrographiques de l'Est algérien, a montré que l'écoulement de surface sur les deux grands bassins (le bassin de la Seybouse et le bassin des Côtiers Constantinois) qui couvrent la zone d'étude, est estimé à environ 2 975 millions de m<sup>3</sup> par an en moyenne, mais avec une grande variabilité interannuelle

#### 5.1.1 *Le bassin des Côtiers constantinois*

Ce bassin comprend trois sous-bassins côtiers, situés au nord de Constantine : le bassin des Côtiers constantinois Est (3 203 km<sup>2</sup>) ; le bassin des Côtiers constantinois Centre (5 524 km<sup>2</sup>) et le bassin des Côtiers constantinois Ouest (2 724 km<sup>2</sup>). Leurs ressources potentielles en eau de surface sont de 2 483 hm<sup>3</sup>, selon la carte des écoulements du Nord algérien, établie sur la base des résultats du modèle LOSEAU ([ANRH, 2003](#)).

- Côtiers constantinois Est : ce bassin est drainé par deux grands cours d'eau : à l'Est, l'oued Kebir-Est débite à Ain El-Assel 6,38 m<sup>3</sup>/s, à l'issue d'un bassin de 680 km<sup>2</sup>. A l'Ouest, l'oued Bounamoussa, coule avec un débit annuel moyen de 4,72 m<sup>3</sup>/s à la station de Cheffia, à l'issue d'un bassin de 575 km<sup>2</sup>. Ils donnent naissance à leur confluence à l'oued Mafragh qui se jette dans la mer. Les ressources potentielles en eau de surface de ce bassin ont été estimées à 552 hm<sup>3</sup> par an.
- Côtiers constantinois Centre : ce bassin est formé par des oueds qui coulent de façon quasi-parallèle du versant Nord tellien vers la mer. D'Est en Ouest, il existe trois vallées principales : O. Kébir Ouest, O. Safsaf et O. Guébli. Les ressources potentielles en eau de surface ont été estimées à 919 hm<sup>3</sup> par an.
- Côtiers constantinois Ouest : les oueds Mencha, Djendjen et Nil coulent vers la Méditerranée, dans une direction générale sud-nord, à travers la plaine de Jijel. Plus à l'ouest, l'oued Agrioun prend sa source dans le massif du Babor et le versant septentrional du Djebel Meghris . Il traverse vigoureusement les gorges de Kherrata et draine, plus en aval, la vallée alluviale de Souk El Tnine avant de rejoindre la mer Méditerranée ([Mebarki A., 2005](#)).

#### 5.1.2 *Le bassin de la Seybouse*

Le bassin de la Seybouse (6 450 km<sup>2</sup>) s'étend sur 160 km, suivant une disposition sensiblement Sud-Ouest–Nord-Est, des confins des Garaet El Tarf et Guelif au Sud, jusqu'à la mer au Nord. Les ressources potentielles en eau de surface du bassin de la Seybouse ont été estimées à 492 hm<sup>3</sup> par an selon la carte ANRH ([ABH, 1999](#)). Le bassin de la Seybouse se décompose en six sous-bassins hydrographiques.

- Le bassin de l'Oued Cherf se compose de deux grands bassins versants : Cherf Amont (14-01) d'une superficie de 1 739 km<sup>2</sup> et Cherf Aval (14 02) d'une superficie de 1 166 km<sup>2</sup>, qui sont presque entièrement inclus dans le domaine des Hautes Plaines. Ils s'étendent jusqu'à sa confluence avec le Bouhamdane à Medjez Amar, il intègre une zone de transition avec le Tell. Le potentiel de ressources en eau a été estimé à 159,04 hm<sup>3</sup> sur un bassin de 2 815 km<sup>2</sup> (ABH, 1999).
- Le bassin de l'Oued Bouhamdane (14 03), est un bassin Sud-Tellien à relief compartimenté. Le principal réseau hydrographique est constitué des oueds : O. Zenati, O. Sabath et O. Bouhamdane proprement dit. Sur une superficie de 1 105 km<sup>2</sup> contrôlée par la station hydrométrique de Medjaz Amar, l'apport annuel moyen est de 114,79 hm<sup>3</sup>.
- Le bassin de Seybouse moyen (14 04) est constitué des affluents provenant des versants Nord et Sud de la vallée (oued Helia, Oued Bou Sorra, oued Boumia), perpendiculaires à l'oued principal, l'Oued Seybouse. Il couvre une superficie de 818 km<sup>2</sup>.
- Le bassin de l'Oued Mellah (14- 05) est le principal affluent de la rive droite de la Seybouse avec laquelle il se rencontre à l'exutoire de la vallée de Guelma. Couvrant une superficie de 551 km<sup>2</sup>, il draine une zone montagneuse sur le versant nord du Tell (les monts de Medjerdah). Les eaux du bassin de l'Oued Mellah sont très salées, ceci est dû à la lixiviation des sols gypseux du Trias situés dans le bassin. Il draine un apport annuel moyen de 124 hm<sup>3</sup> à la station de Bouchegouf (ABH, 1999).
- Le bassin de Seybouse Maritime (14 06) couvre 1057 km<sup>2</sup>, il représente la partie inférieure du grand bassin de la Seybouse (6 450 km<sup>2</sup>). En aval, le bassin maritime récupère les eaux de ruissellements issus des cinq bassins versants constituant le grand Seybouse, il reçoit à la station Mirbeck (16 06 01) qui contrôle une superficie de 5 950 km<sup>2</sup> (92% du grand bassin de Seybouse) un volume moyen d'écoulement de 490 hm<sup>3</sup> par an. Avant l'embouchure de la Méditerranée, la Seybouse Maritime reçoit de l'Est les eaux de la vallée de l'oued Ressoul située dans la chaîne numide, un bassin d'une superficie de 102 km<sup>2</sup> et d'un débit annuel de 14,82 hm<sup>3</sup> à la station d'Ain Berda (16 06 02).

## 5.2 Les barrages -réservoirs d'eau

### 5.2.1 *Caractéristiques et pertes de capacité des barrages*

La région Nord-Est de l'Algérie est la plus arrosée du pays et se caractérise par des cours d'eau permanents qui ont permis la construction de plusieurs barrages qui stockent une partie du volume d'eau en hiver pour répondre aux besoins de grandes périmètres irrigués pendant la saison sèche, mais aussi à l'approvisionnement en eau potable et à l'industrie. Au total, sept barrages fournissant de l'eau aux grands périmètres irrigués GPI (Tableau 17 et Fig. 35).

L'étude hydrologique des barrages et des volumes d'eau mobilisés au profit de l'irrigation s'appuie sur une analyse des données obtenues de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT).



Nous disposons de données de débits mensuels enregistrés sur plus de 20 ans (janvier 1997 à décembre 2016) pour les barrages Cheffia, H. Debagh, Safsaf et Guénitra, tandis que pour les barrages plus récents, leurs données s'étendent du début de leur mise en service jusqu'en 2016 : Fom El-Khanga (2001-2016) ; Zit Emba (2003-2016) et El-Agrem (2003-2016).

Les bassins versant en amont des barrages ont des superficies drainées qui varient entre 39,5 km<sup>2</sup> pour le barrage d'El-Agrem dans la wilaya de Jijel (bassin des côtières Constantinois Ouest) et 1 767 km<sup>2</sup> au barrage de Fom El Khanga dans la wilaya d'O.E. Bouaghi (bassin d'O. Cherf, affluent de la Seybouse). La capacité de stockage des retenues dépend des apports des cours d'eau des bassins versants et des conditions morphologiques des sites des retenues.

**Tableau 17. Caractéristiques et pertes de capacité des barrages alimentant les GPI du Nord Est algérien**

Barrage réservoir d'eau	Oued/ Bassin versant	Année de mise en eau	Surface (BV) Km2	Période d'étude	Capacité Début de la série d'étude (VRN) hm <sup>3</sup>	Capacité à la fin de la série d'étude (VRN) hm <sup>3</sup>	perte totale entre les deux dates de la série d'étude hm <sup>3</sup>	Pertes moyenne annuelle hm <sup>3</sup> (%)	Destination
H. Debagh (W. Guelma)	O Bouhamdane (14 03)	1987	1056	(1997-2016) 20 ans	220,0	184,85	35,15	1,76 (0,80%)	AEP.Guelma GPI de Guelma-Bouchegouf
Cheffia (W.El-Tarf)	O. Bounamoussa (03 )	1965	579	(1997-2016) 20 ans	168,4	158,35	10,05	0,50 (0,30%)	AEP (W Annaba). GPI de Bounamoussa
Zardezas (W. Skikda)	O Safsaf (03)	1945	345	(1997-2016) 20ans	20,2	16,86	3,34	0,17 (0,83%)	AEP (W. Skikda) GPI de Safsaf
Guenitra (W. Skikda)	O. Fessa (03)	1984	202	(1997-2016) 20ans	125,0	117,82	7;18	0,48 (0,38%)	AEP (W. Skikda) GPI de SAsfsaf
Zit Emba (W. Skikda)	O. El-Hammam (03)	2001	488	(2003-2016) 13ans	120,0	116,59	3,41	0;26 (0,22%)	AEP(W. Skikda) GPI de Zit Emba
F El-Khanga (O. El-Bouaghi)	O. Cherf (14 02)	1985	1767	(2001-2016) 15 ans	157,0	152,65	4,35	0,29 (0,18%)	GPI de Sedrata et GPI de Ksar Sbahi
El-Agrem (Jijel)	O. El-Agrem (03)	2002	39,5	(2003-2016) 13 ans	33,9	33,04	0,86	0,07 (0,20%)	AEP (Jijel) GPI de Jijel - Taher

Pour assurer une meilleure gestion des ressources en eau, il est intéressant de connaître le degré de capacité de stockage des barrages-réservoirs, sachant que les apports solides transportés par les oueds s'accumulent dans les lacs au fil du temps, ce qui conduit à réduire leur capacité de stockage. Les pertes de capacité enregistrées dans les retenues sont d'autant plus inquiétantes que la vase accumulée durant ces années peut parfois empêcher le fonctionnement des équipements hydromécaniques (PNE, 2011).

La figure 35 met en parallèle la capacité de stockage des sept barrages en décembre 2016.

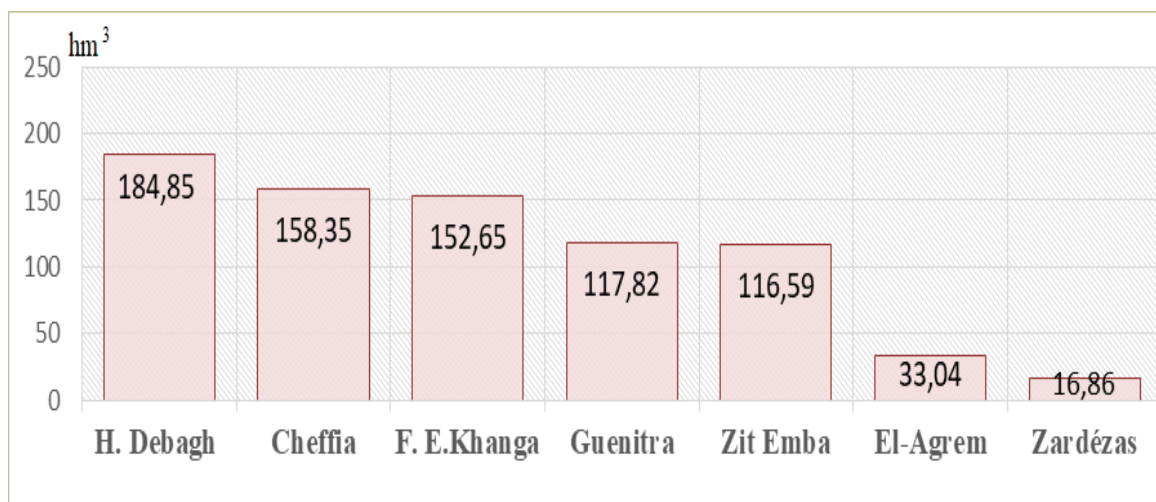


Figure 35. Capacité de stockage des sept barrages en  $hm^3$  (situation en décembre 2016)

Sur 20 années consécutives les barrages de H. Debagh, Cheffia, Guenitra et Zardézas ont enregistré respectivement les pertes suivantes : ( $35,10 \text{ hm}^3$ ) ; ( $10,0 \text{ hm}^3$ ) ; ( $4,35 \text{ hm}^3$ ) et ( $3,34 \text{ hm}^3$ ).

Les barrages de Foug El Khanga (15 ans d'exploitation), Zit Emba (13 ans) et El Agrem (13 ans) ont enregistré respectivement les volumes de perte suivants : ( $4,35 \text{ hm}^3$ ), ( $3,41 \text{ hm}^3$ ) et ( $0,86 \text{ hm}^3$ ).

Le barrage de Zardézas enregistre le taux annuel de pertes de capacité le plus important, ( $0,83 \%$ ). Il a bénéficié d'une opération de dragage pour évacuer sept millions de mètres cubes de boues. Ceci dans le cadre de la mise en œuvre d'un programme national couvrant le dévasement de 30 millions de mètres cubes au niveau de six (6) barrages au niveau national (PNE, 2011).

Le taux de perte annuelle du barrage du H. Debagh est également de  $0,80 \%$  mais il a une capacité de stockage importante ( $184,85 \text{ hm}^3$ ) par rapport au barrage de Zardézas ( $20,2 \text{ hm}^3$ ).

Cette situation peut poser un risque majeur pour les barrages de faible capacité dans les années à venir, en particulier pour le barrage de Zardézas.

## 5.2.2 Les apports d'eau des bassins versants à l'amont des barrages

### 5.2.2.1. A l'échelle annuelle

Spatialement, l'apport moyen annuel varie entre  $2,337 \text{ hm}^3$  au barrage d'El Agrem et  $155,43 \text{ hm}^3$  au barrage de H. Debagh (Fig. 36). Les apports des bassins versants peuvent, bien entendu, s'écarter de cette moyenne suivant que l'année est plus ou moins abondante hydrologiquement. Les apports d'eau annuels varient entre  $5,842 \text{ hm}^3$  en 2001/2002 (année la plus sèche) et  $413,072 \text{ hm}^3$  (2004/2005 année la plus humide) pour le barrage de H. Debagh (l'apport moyen annuel estimé dans les études d'avant-projet est de  $63 \text{ hm}^3$ ).

Le barrage de Hammam-Debagh sur l'oued Bou Hamdane (Wilaya de Guelma).



Le barrage de Cheffia sur l'oued Bounamoussa (Wilaya de Annaba)



Le barrage de Guenitra sur l'Oued Fessa (Wilaya de Skikda).



Le barrage de Zardezas sur l'oued Safsaf (wilaya de Skikda).



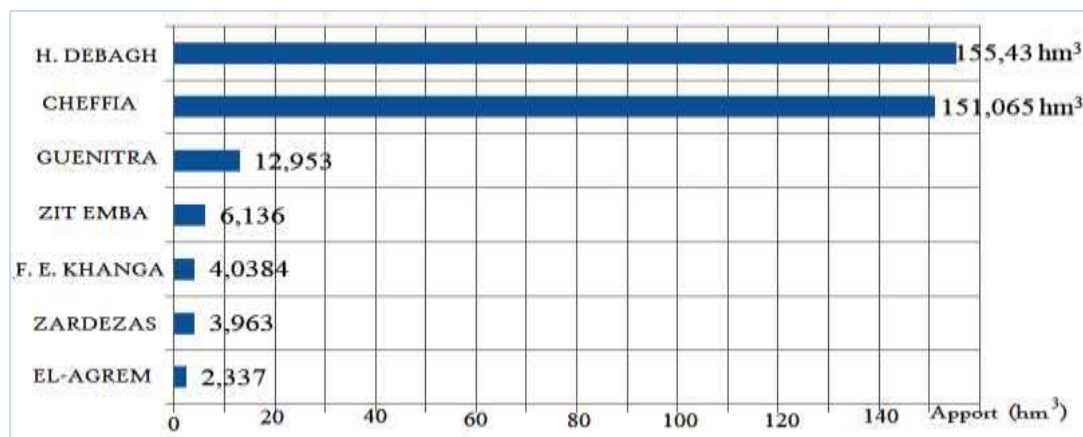
Le barrage de F. El-Khanga sur l'oued Cherf (Wilaya d'Oum-El-Bouagui )



Le barrage d'El-Agrem est situé sur l'oued El-Agrem (Wilaya de Jijel)



**Photos n ° 1 (a,b,c,d,e,f). Les barrages alimentant les grands périmètres irrigués du Nord-Est algérien.**



**Figure 36. Les apports moyens annuels à l'amont des barrages réservoirs**

En termes de superficie, le bassin versant du barrage de Cheffia (579 km<sup>2</sup>) dans les plaines côtières sub-humides est plus petit que celui du barrage H. Debagh (1 051 km<sup>2</sup>) dans la zone du Tell, mais l'apport annuel moyen en eau pour les deux est à peu près égal (respectivement, 155,43 hm<sup>3</sup> et 151,065 hm<sup>3</sup>). Aussi, du fait qu'il soit situé dans les hautes plaines (semi-arides, le bassin du barrage F. El-Khanga, fournit un apport annuel très modeste (4,038 hm<sup>3</sup>), bien que sa superficie s'élève à 1 767 km<sup>2</sup> plus grande donc que celle de Cheffia),

#### 5.2.2.2. A l'échelle saisonnière,

Dans le Nord de l'Algérie, l'état des connaissances sur les écoulements des cours d'eau permet de distinguer deux types de régimes : un régime simple caractérisant les oueds côtiers où les hautes eaux se placent en saison froide, avec un maximum entre janvier et mars, les étiages ayant lieu en juillet - août. Un régime complexe avec deux maxima annuels plus ou moins marqués, survenant en automne et au printemps, l'étiage principal occurrent en été (Taibi, 1993).

Les années ayant les plus fortes valeurs d'apports sont à lier à des événements hydrologiques extrêmes (crues). Par exemple, pour l'année 2004/2005, les débits mensuels enregistrent des valeurs très élevées dans tous les bassins des barrages : H. Debagh : 103,36 hm<sup>3</sup> (février 2005) et ; Cheffia : 96,967 hm<sup>3</sup> (février 2005) ; Zardézas : 35,287 hm<sup>3</sup> (février 2005) ; Guénitra : 31,960 hm<sup>3</sup> (février 2005) ; Zit Amba : 57,670 hm<sup>3</sup> (février 2005) ; F. El-Khanga : 33,858 hm<sup>3</sup> (février 2005) ; El-Agrem 31,959 hm<sup>3</sup> (février 2005).

Le déficit hydrologique qui a été enregistré au cours des années 2001/2002, 2014/2015 et 2015/2016, sur tous les barrages, des périodes de diminution évidente des flux des bassins du Nord-Est de l'Algérie engendrant une pénurie d'eau très inquiétante.

L'importance des écarts entre les modules mensuels extrêmes observée au cours de la période 1997 -2016 au niveau de certains ouvrages hydrauliques, donne une idée de la difficulté qui existe dans la régularisation des écoulements en Algérie (Fig. 37).

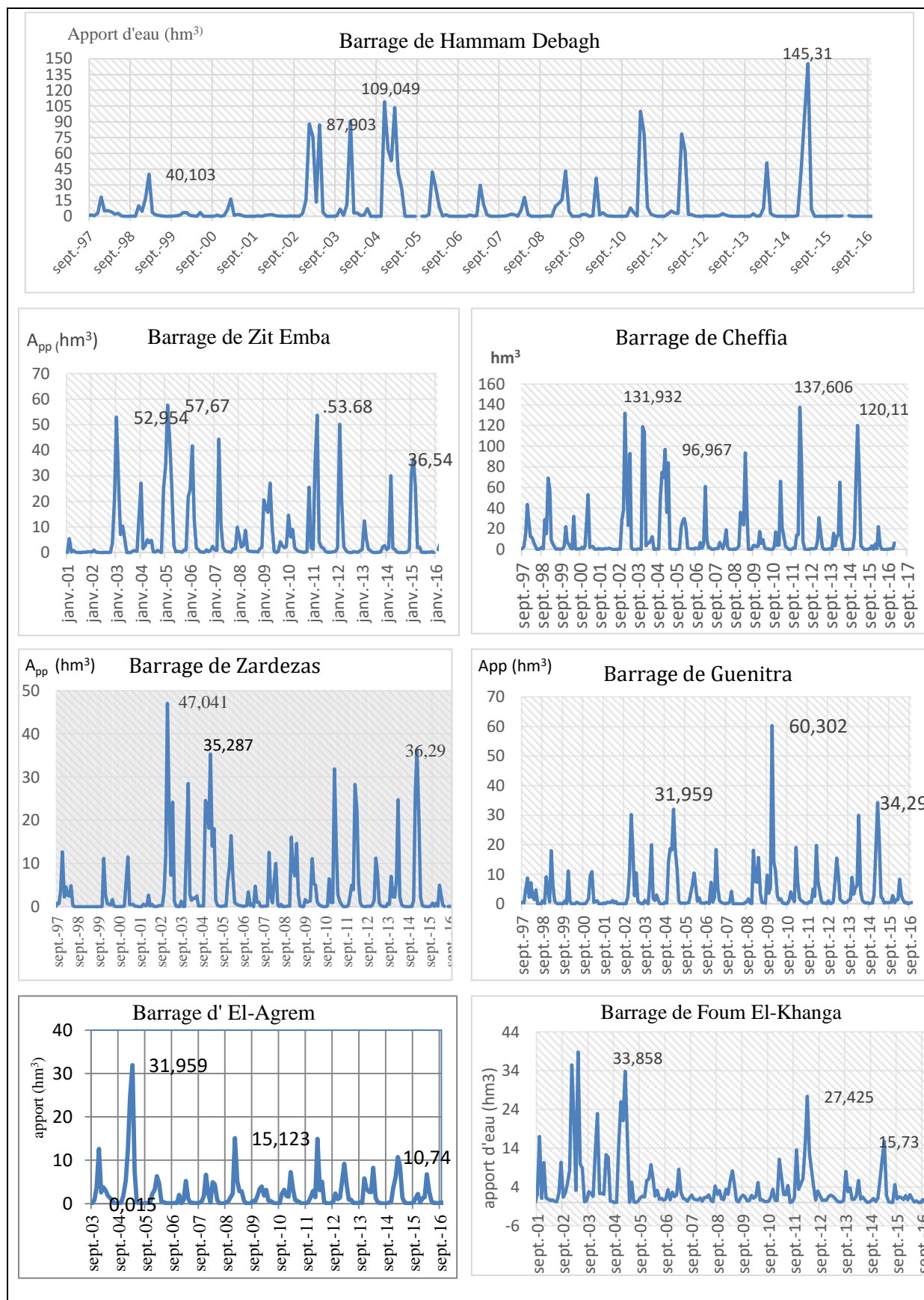


Figure 37. Évolution interannuelle des apports d'eau mensuels à l'amont des barrages.

Le régime des cours d'eau des bassins en amont des barrages, est marqué par une grande irrégularité. A titre d'exemple, le bassin à l'amont du barrage de H. Debagh, au cours de l'année hydrologique 2004/2005, une année très pluvieuse, a vu son apport mensuel atteindre un très haut maximum de 109,049 hm<sup>3</sup> en novembre, alors qu'en année sèche 2015/2016, le maximum mensuel a atteint une très faible valeur de 0,7 hm<sup>3</sup> en mars. Cette irrégularité des régimes fait fluctuer la quantité de ressource en eau disponible dans le barrage (Fig. 38).

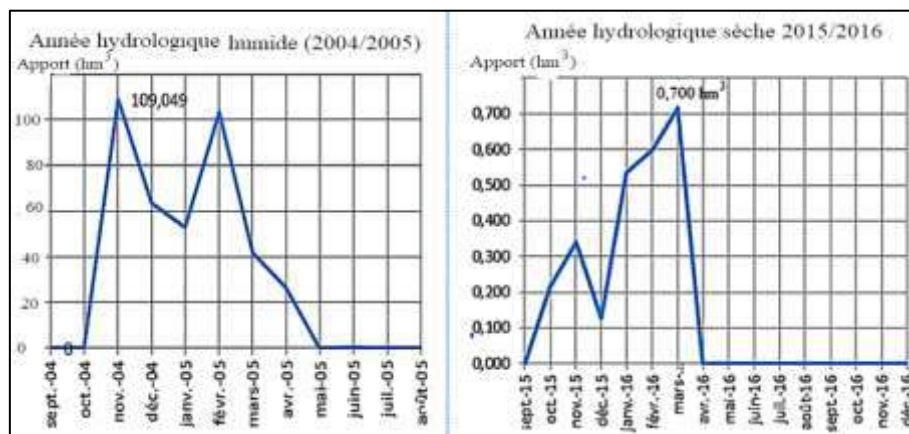


Figure 38. Régime des cours d'eau du bassin versant à l'amont du barrage de H. Debagh.

### 5.2.3 Évolution du volume de remplissage des barrages

Au cours de la période comprise entre janvier 1997 et décembre 2016, le volume de remplissage (VR) dans les barrages évolue en dents de scie (Fig. 39).

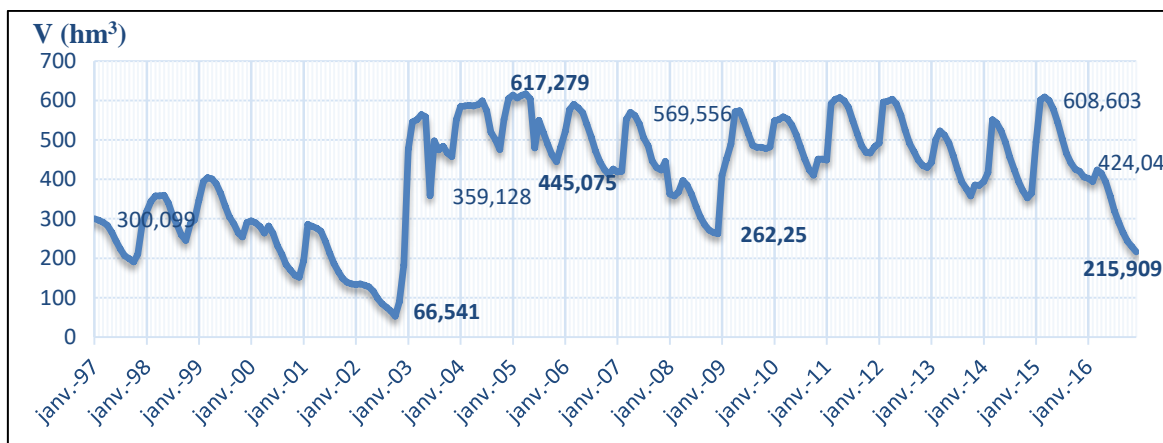


Figure 39. Évolution du volume de remplissage des barrages du nord Est Algérien.

La saison des pluies correspond à la période de remplissage puis il y a une diminution progressive des réserves d'eau au cours de la période sèche. Les apports d'eau des bassins versants en automne et en hiver contribuent rapidement au remplissage des barrages, atteignant un maximum en février ou mars. Les réserves sont liées au volume de stockage restant de l'année précédente et à la contribution des apports d'eau à l'année hydrologique en cours. Au cours de la deuxième phase, d'avril à novembre, le volume d'eau stocké dans les barrages diminue progressivement jusqu'à atteindre un minimum (octobre/ ou novembre).

Ceci est lié aux conditions hydro-climatiques qui varient d'année à l'autre (réduction importante des apports en eau et évaporation intensive), d'une part, et à l'importance des volumes d'eau affectés à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable, d'autre part.

Au cours de la période 1997-2016, deux phases ont marqué l'évolution des réserves d'eau totales des réservoirs de barrage :

La première phase, de 1997 à 2002, les réserves dans les barrages se situent généralement entre le volume le plus élevé de 400 hm<sup>3</sup> pendant la saison des pluies et la diminution à 150 hm<sup>3</sup> comme valeur la plus faible en saison sèche. Ce n'est qu'en 2002 que les réserves sont tombées à un niveau très critique, 66 hm<sup>3</sup> à la fin de la saison d'irrigation, en raison de la sécheresse qui a caractérisé la région entre les années 2001 et qui s'est étendue en 2002, ce qui a entraîné l'épuisement de l'eau dans les barrages.

Dans la deuxième phase, de 2003 à 2016, les réserves du barrage ont été améliorées grâce à l'entrée en service de nouveaux barrages : Foum El-Khanga, Zit Emba et El-Agrem.

Le volume le plus élevé de cette période a atteint 620 hm<sup>3</sup> pendant la saison des pluies (janvier 2005), et le minimum est tombé à environ 360 hm<sup>3</sup> (octobre 2013) à l'exception de novembre 2008 (262 hm<sup>3</sup>) et décembre 2016 (216 hm<sup>3</sup>) qui sont des cas particuliers.

Le cas de l'année 2008 est dû à la vidange du barrage de Guenitra pour des raisons techniques. La deuxième diminution, dans le cas de 2016, est le résultat de deux années consécutives de sécheresse en 2015 et 2016, qui ont entraîné à une diminution significative des réserves en eau des barrages.

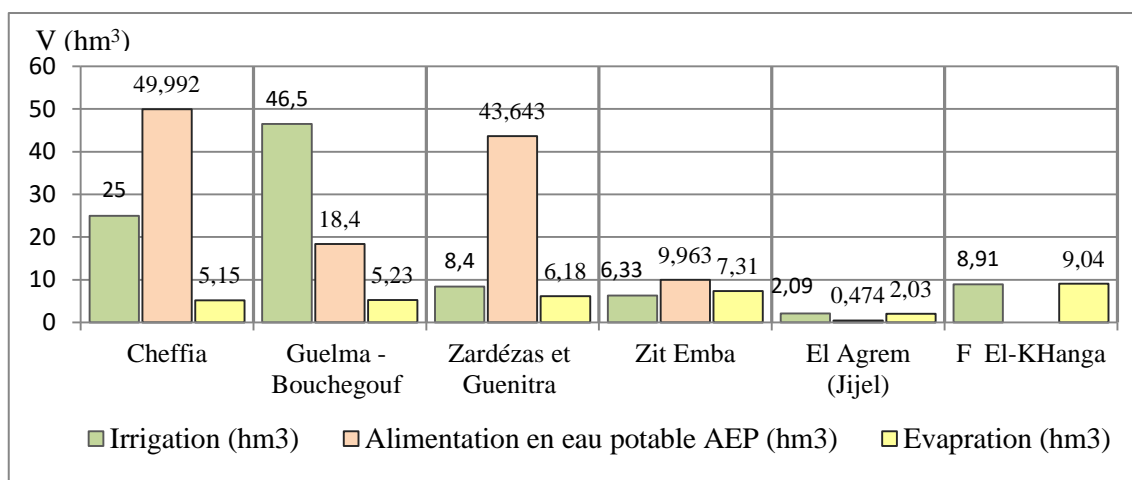
#### **5.2.4 Volumes d'eau mobilisés au profit de l'irrigation**

Pendant la période 1997-2016, selon les données de l'A.N.B.T), la moyenne de la réserve d'eau de l'ensemble des sept (7) barrage est de 580,27 hm<sup>3</sup>. Le volume annuel des lâchers d'eau au profit de l'irrigation des GPI est compris entre 23,5 hm<sup>3</sup> (2002) et 102 hm<sup>3</sup> (2013).

La figure 40 montre la répartition de volume d'eau mobilisé de chaque barrage en 2016 entre les secteurs de l'irrigation et le secteur de l'eau potable, ainsi que les pertes dues à l'évaporation.

En 2016, le volume total d'eau des sept barrages affecté au secteur de l'eau potable a atteint 122,472 (hm<sup>3</sup>), ce qui dépasse le volume alloué à l'irrigation (97 hm<sup>3</sup>). Mis à part le barrage de F. El-Khanga qui ne fournit de l'eau qu'au secteur de l'irrigation (son eau est salée et classée non potable), le barrage de H. Debagh est le seul qui fournit plus d'eau au secteur de l'irrigation qu'à celui de l'AEP. Les quatre autres barrages fournissent plus d'eau pour le secteur potable que pour l'irrigation (Fig. 40).

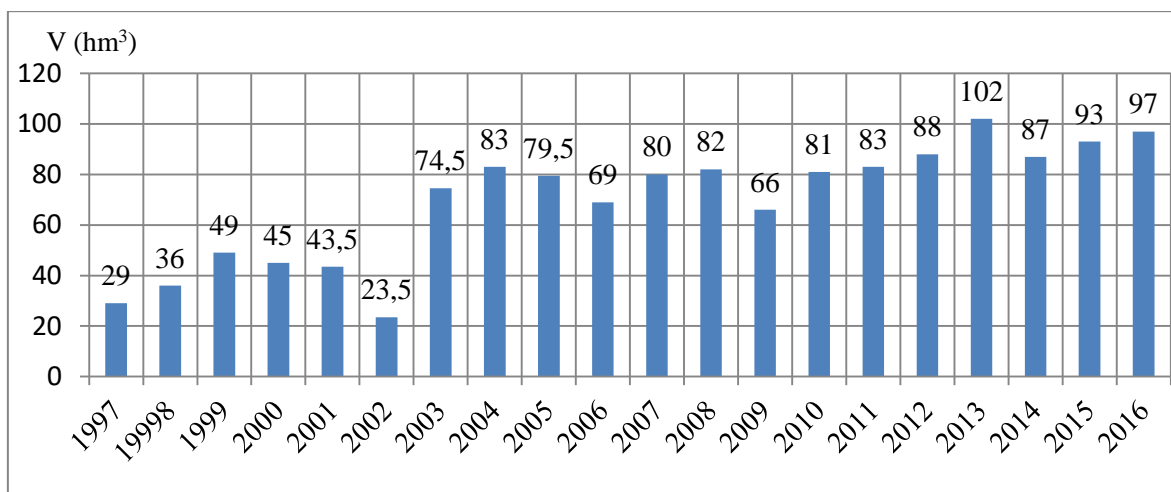
Pour l'année 2016, l'évaporation annuelle totale des plans d'eau des sept barrages a été de 35 hm<sup>3</sup>, soit 8,25% du volume total de remplissage (424 hm<sup>3</sup>) des sept barrages en mars 2016 (Fig. 40). L'évaporation est comprise entre 2,03 hm<sup>3</sup> (E1-Agrem) et 9,04 hm<sup>3</sup> (F. El-Khanga). Elle dépend du volume de remplissage du barrage et du climat de son emplacement (Fig. 40).



**Figure 40. Volumes régularisés (irrigation, AEP) et pertes par évaporation- des barrages-réservoirs (Année 2016)**

Le volume des lâchers d'eau pour l'irrigation en 2016, estimé à 97 millions, est réparti selon les périmètres irrigués comme suit : Guelma - Bouchjouf (51 %), Bounamoussa (26%), système de Zardézas et Guenitra (9%), Zit Emba (7%), F.El-Khanga (10,2 %), Jijel (2,2%) (Fig. 40).

Au cours de la période 1997-2016, le volume annuel mobilisé pour l'irrigation des grands périmètres irrigués est estimé à 69,6 hm<sup>3</sup> par an. Ce volume varie dans une fourchette de 40 (1998) à 102 hm<sup>3</sup> (2013), sauf en 1997 et 2002, où il est tombé en dessous de 29,0 hm<sup>3</sup>. Il convient également de noter que depuis 2003, date à laquelle les sept barrages sont en exploitation, le volume d'eau mobilisé et garanti pour l'irrigation a toujours dépassé 66 hm<sup>3</sup> (Fig. 41).



**Figure 41. Volume d'eau annuel mobilisé au profit de l'irrigation des grands périmètres irrigués (période 1997 – 2016)**

Bien que la tendance générale du volume des ressources en eau stockées dans les barrages au cours de l'année soit caractérisée par son augmentation maximale en février (période de stockage), à partir de mars elle commence alors à diminuer progressivement jusqu'en octobre, en raison de sa coïncidence avec la période sèche et l'alimentation en eau pour différents usages (irrigation, AEP, industrie).



Les campagnes d'irrigation de 2002 et de 2016 ont indiqué que ces deux années ont été très sèches. Lors de la campagne de 2002, le volume d'irrigation mobilisé par les barrages au profit des GPI n'était que de 23,5 hm<sup>3</sup>, contrairement à 2016, le volume d'eau mobilisé à l'irrigation est passé à 97 hm<sup>3</sup>. Le volume d'eau initialement stocké dans les barrages en mars 2015 (608,6 hm<sup>3</sup>) a permis de faire face à deux années sèches consécutives (2015 et 2016), contrairement à 2002 où il n'y avait que trois barrages en service avec une faible réserve qui ne répondait pas aux besoins d'irrigation.

Le volume d'eau mobilisé par les barrages à l'irrigation s'est amélioré et est devenu relativement stable au cours des dix dernières années 2003 - 2016, se situe entre 66 et 102 hm<sup>3</sup> au cours de cette période (sous la gestion de l'ONID), par rapport à la période antérieure à 2005.

Grâce à ce volume d'eau annuel garanti, qui est d'au moins 66 hm<sup>3</sup>, il est possible d'irriguer une certaine superficie et de maintenir une stabilité au fil des ans. Cette superficie peut être étendue si des techniques d'irrigation plus économes en eau sont utilisées, telles que l'irrigation par le mode de goutte-à-goutte.

## CONCLUSION DU CHAPITRE 2

Le cadre de notre étude couvre une zone hydrographique, qui comprend deux grands bassins versants : le bassin de la Seybouse et le bassin des Côtiers Constantinois. Les études agro-pédologiques de l'ANRH ont permis de délimiter les potentialités importantes que renferme la région du Nord Est de l'Algérie. Les zones aptes à l'irrigation ; s'étendent sur une superficie de 125 328 ha, se localisant sur les terrasse alluviales le long des principaux cours d'eau : O. Kebir ; O. Safaf, et la grande plaine d'Annaba ; plaine de Guelma - Bouchegouf ; les hautes plaines (plaine de Sadrata, Ksar Sbahi...etc.).

Les précipitations annuelles diminuent du Nord au Sud dans les plaines côtières et varient de 1038,6 mm à la station de Jijel à l'Est à 677,30 mm à la station d'Annaba à l'Ouest. A l'intérieur du pays, dans les plaines telliennes, les précipitations annuelles sont estimées à 609 mm à la station de Guelma ; sur les hautes plaines, 413,10 mm ont été enregistrés à la station d'O. E. Bouaghi. Les précipitations, irrégulières et à dominante hivernale, ne permettent les cultures en sec que pour quelques espèces végétales.

L'étude climatiques a montré l'ampleur du déficit agricole annuel dans la zone d'étude son volume et sa période augmentent du nord au sud. Suivant les résultats du bilan, l'irrigation est nécessaire de mars à octobre. La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Le déficit agricole annuel en fonction de chaque région géographique : est estimées à 675,2 mm (station d'Annaba) dans les plaines côtières, réparties sur une période de 6 mois de mai à octobre, et sa valeur augmente dans les plaines tellienne à 717,0 mm (station de Guelma). Dans les Hautes Plaines, le déficit agricole annuel est estimé à 897,9 mm (station O.E Bouaghi), réparti sur 9 mois de mars à novembre. Les valeurs maximales enregistrées sont en juillet dans toutes les stations : Annaba (194,2 mm) ; Guelma : (202,3 mm) ; O.E. Bouaghi (228,2 mm).

Le succès de la campagne d'irrigation au cours de chaque campagne agricole dépend du niveau de la réserve d'eau du barrage, sur la base duquel se fait la programmation de la distribution aux secteurs de développement et la détermination de la part allouée à l'irrigation agricole. La réserve d'eau est liée à la capacité de stockage du barrage et aux conditions hydro-climatiques de l'année en cours et de l'année précédente.

Pendant la période 1997-2016, la moyenne de la réserve de l'ensemble des sept (7) barrage est de  $580,27 \text{ hm}^3$ , Dans le meilleur des cas, en 2004 (année hyper pluvieuse), la réserve d'eau a atteint pendant la saison des pluies  $620 \text{ hm}^3$  soit environ 80% de la capacité de stockage des sept barrages ( $780 \text{ hm}^3$ ). Le minimum a été enregistré en décembre 2016 à raison de  $216 \text{ hm}^3$  à la fin de la saison d'irrigation. Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation totalisent un volume annuel moyen de  $69,6 \text{ hm}^3$ . Ce volume est compris entre  $23 \text{ hm}^3$  (2002) et  $102 \text{ hm}^3$  (2013). Il varie en fonction de la variabilité de la réserve accumulée dans les retenues et de la demande.

La caractérisation des barrages en fonction de leur réserve d'eau permet de distinguer trois types deux grands barrages : (H. Debagh, Cheffia) offrent un grand potentiel de stockage, qui peut atteindre ou dépasser le seuil de  $180 \text{ hm}^3$  par an. Trois barrages (Guenitra, Zit Emba et le F. Khounga) dont la réserve d'eau peut atteindre le seuil de 120. Enfin, deux barrages (Zardezas et El-Agrem) dont la réserve d'eau est inférieure à  $30 \text{ hm}^3$  par an.

La répartition des réserves d'eau totales de l'ensemble des barrages ( $580,27 \text{ hm}^3$ ) sur les sept barrages : Cheffia ( $130,21 \text{ hm}^3$ ) ; H. Debagh ( $129,09 \text{ hm}^3$ ) ; Système hydraulique des barrages de Guenitra et Zardezas ( $80,5 \text{ hm}^3$ ) ; Zit Emba ( $99,42 \text{ hm}^3$ ) ; F. Khanga ( $111,04 \text{ hm}^3$ ) ; El-Agrem ( $30,4 \text{ hm}^3$ ).

Il est à noter qu'il existe d'autres facteurs qui influencent les volumes d'eau régularisées pour l'irrigation et peuvent limiter le développement hydro-agricole, qui sont la concurrence imposée par le secteur de l'eau potable et les pertes d'eau dues à l'évaporation, notamment en années sèches. En 2016, l'alimentation en eau potable a atteint  $122,47 \text{ hm}^3$  en 2016, soit 29% de la réserve totale, ce qui est supérieur à l'eau destinée à l'irrigation ( $97 \text{ hm}^3$ ) soit 24% de la réserve. L'évaporation annuelle totale des plans d'eau des sept barrages a été estimée en 2016 à  $35 \text{ hm}^3$  soit 8,25% du volume total de la réserve.

La pollution de certains barrages, tant par les eaux usées domestiques que par des rejets industriels, se manifeste le plus souvent en période d'étiage où les Oueds sont pratiquement à sec et ne drainent que les rejets. Quatre barrages sont gravement menacés par ce phénomène de pollution ; ce sont les barrages de : Cheffia (rejets urbains et industriels) ; Zardezas (déchets urbains), Guenitra (déchets urbains) et à un degré moindre, le barrage de Hammam Debagh (W. Guelma).

## **CHAPITRE III**

# **LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS ET LEURS SYSTEMES HYDRAULIQUES : ETAT DES LIEUX**

---

## INTRODUCTION

Ce chapitre s'intéresse au développement des grands périmètres irrigués (GPI) dans le Nord-Est algérien, à travers particulièrement l'équipement hydraulique et la gestion des ressources en eau.

L'analyse intègre trois niveaux : le barrage-réservoir, le réseau hydraulique, et le système de distribution à travers les secteurs d'irrigation.

Elle porte sur deux périodes :

- l'analyse des trois grands périmètres irrigués existants avant 2005 (Bounamoussa, Safsaf et Guelma-Boucheougouf) : contexte, état de leurs équipements, bilans et contraintes d'exploitation ;

- les projets et actions de valorisation des GPI au cours de la période 2006-2016 et la quête d'une amélioration des systèmes irrigués. Cette période a connu la mise en exploitation de quatre nouveaux périmètres (Zit Emba, Jijel-Taher, Ksar Sbahi et Sedrata).

Un état des lieux a été réalisé à la suite des enquêtes de terrain (questionnaire auprès des agriculteurs et gestionnaires) et de l'exploitation de documents de l'O.N.I.D., (2011). Nous avons pu déterminer l'état des grands périmètres irrigués existant avant 2005 : à partir de l'exploitation des données du rapport de la mission 2 du Plan National de l'Eau (PNE, 2005) sur l'évolution annuelle du volume d'eau distribué et de la superficie irriguée dans ces grands périmètres irrigués. Ce rapport présente les données fournies par l'AGID, organisme national qui gère les périmètres irrigués avant 2005.

## **1. LES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS DU NORD-EST ALGEREN : SITUATION AVANT 2005**

### **1.1 Le périmètre irrigué de Bounamoussa**

Le périmètre d'irrigation de Bounamoussa est aménagé dans la partie Sud-Est de la plaine d'Annaba où 89,5% de sa superficie appartient à la wilaya d'El-Tarf et 10,5 % à la wilaya d'Annaba (Fig. 42). Il partage sa superficie entre les communes de Besbes, Ben M'Hidi, El-Hadjar, Drean et Asfour.

Ce périmètre a été créé en 1977 avec une superficie équipée de 16 500 hectares et une superficie irrigable d'environ 14 500 hectares. La ressource en eau est assurée à partir du barrage de la Cheffia. Des réparations ont eu lieu sur ce périmètre en 2002 et 2003 en raison d'importantes dégradations.

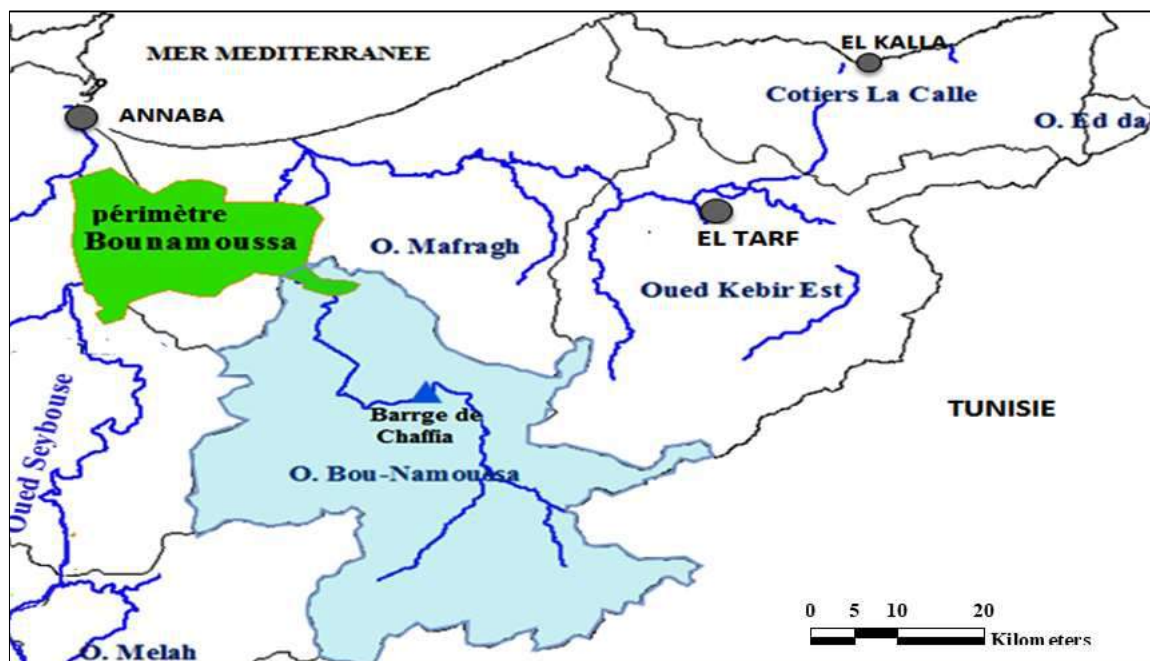


Figure 42. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Bounamoussa

### 1.1.1 Contexte physique et système de cultures

#### 1.1.1.1 Topographie et climat

Les limites extrêmes du périmètre irrigué sont : les dunes au Nord, les contreforts des monts de Numidie au sud, le bourrelet de l'Oued Bounamoussa et le bourrelet de l'Oued Seybouse à l'ouest. La topographie de cette plaine alluviale basse est régulière, avec des dépressions peu marquées et des bourrelets de dépôt fluviaux situés le long des cours d'eau. La plupart des sols sont d'apports alluviaux.

Les parties centrales et septentrionales de ces plaines sont sujettes à des inondations fréquentes ; aussi les villages se sont implantés à la périphérie et seules les terres hautes ont été mises en valeur, essentiellement pour la viticulture.

Le climat est de type méditerranéen semi-humide. La pluviométrie moyenne annuelle est de 677,3 mm (434 mm en année sèche 2007/2008 ; 1031 mm année humide 2008/2009).

À l'échelle mensuelle, il y a deux périodes : une période sèche et chaude qui s'étend de fin mars à mi-juillet, et une période pluvieuse et douce avec une forte humidité. La région est exposée à des vents de vitesse moyenne (2 à 3 m/s) dont les plus fréquents sont les vents sirocco (vents secs) avec une moyenne de 51 jours / an. L'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) calculée par la formule Turc atteint 1257,8 mm. Le déficit agricole annuel est de 675,22 mm ; il s'étend sur 6 mois (mai à octobre), avec une valeur maximale de 170,04 mm en juillet. L'irrigation est nécessaire de mai à octobre.

Ces caractéristiques reflètent l'impact du climat, facteur limitant du développement de l'agriculture. En conséquence, toute régulation de la production agricole à un niveau satisfaisant reste tributaire de l'irrigation complémentaire qui comblera le déficit pluviométrique et fournira une irrigation complète pour les cultures d'été.

### 1.1.1.2 Agro-pédologie et système de cultures en irrigué

L'étude agro-pédologique réalisée sur 13 900 ha par l'ANRH en 1982 a montré que tous les sols du périmètre sont profonds, saints et non pierreux, et appartiennent aux sols évolutifs et calcimagnétiques. Le périmètre irrigué s'étend sur trois zones différentes :

*La zone 1*, d'une superficie de 6 250 hectares, est située sur terrasses alluviales et collines, le long de vallée des oueds Seybouse et Bounamoussa. Elle comprend les meilleures terres agricoles du périmètre (texture grossière, sol bien drainé,...). Elle convient à toutes les cultures, et en particulier aux systèmes d'agrumes et de fourrages pour le bétail.

*La zone 2*, d'une superficie de 3 650 ha, est située au centre du périmètre dans les communes de Besbes et Zerizer. C'est une zone dominée par des sols à texture fine qui nécessitent un réseau de drainage. Elle convient aux cultures maraîchères, fourragères et céréalières.

*La zone 3*, d'une superficie de 4 000 ha, est située dans la partie basse du périmètre au Nord, et elle comprend des sols à texture fine et argileuse. Ces sols sont mal drainés et l'irrigation provoque une augmentation de la concentration des sels due à l'évaporation, ce qui nécessite un assainissement superficiel efficace pour rabattre le toit de la nappe superficielle et éviter la stagnation des eaux de pluie. La zone 3 est adaptée aux cultures de pastèque, artichaut et jachère qui occupent une grande superficie.

En conséquence, l'étude agro-pédologique a conclu que la priorité devait être donnée aux zones les plus favorables à l'irrigation sur 10 000 hectares, représentant environ les trois quarts de la superficie totale, où la répartition des cultures se fera par vocations, notamment en ce qui concerne les cultures pérennes irriguées, et plus particulièrement les agrumes.

Le tableau 18 illustre la répartition des superficies irriguées à partir du barrage de Cheffia, selon le système de cultures pratiqué dans le périmètre.

**Tableau 18. Plan de cultures en irrigué dans le périmètre de Bounamoussa (ONID, 2013)**

Cultures	Maraîchage	Arboriculture	Cultures industrielles	Cultures fourragères	Céréaliculture	Total
Surface (ha)	1 497,30	591,75	409,25	8,25	4,00	<b>2 510,5</b>
Surface (%)	60	24	16	0,33	0,15	<b>100%</b>

Le plan de culture en irrigué est réparti entre le maraîchage avec 1 497,3 ha, qui occupe plus de la moitié de la superficie irriguée de 1497,3 ha, soit 60%. Les 40% restants sont répartis entre l'arboriculture (agrumes et oliviers) qui occupent 592 hectares à 24% et les cultures industrielles (tomates industrielles, coton et tabac) qui occupent 409 hectares, soit 16% de la superficie total irrigué. Les cultures fourragères qui contribuent au développement de l'élevage et qui sont nécessaires à l'équilibre biologique du sol, occupent une petite superficie dans le plan des cultures irriguées, couvrant 8,25 hectares (0,33%) de la surface irriguée.

### 1.1.2 Ressource en eau : le barrage de Cheffia

L'alimentation en eau du périmètre Bounamoussa est assurée à partir du barrage de Cheffia érigé sur l'Oued Bounamoussa, à 50 km au Sud-Est d'Annaba et à 25 km de périmètre irrigué (Fig. 42). La capacité de stockage du barrage est de l'ordre de  $168,4 \text{ hm}^3$  avec un volume utile de  $100 \text{ hm}^3$  (ANBT, 2016).

#### 1.1.2.1 Variabilité interannuelle des ressources en eau

À l'échelle annuelle, le bassin de l'oued Bounamoussa ( $575 \text{ km}^2$ ) écoule, selon la série référence étudiée (1997-2016), en moyenne  $148,044 \text{ hm}^3$ , avec une forte variabilité interannuelle de l'écoulement superficiel. Cet apport varie considérablement, entre  $5,842 \text{ hm}^3$  en 2001/2002 (année la plus sèche) et  $259,864 \text{ hm}^3$  en 2011/2012 (année la plus humide).

Les réserves d'eau du barrage passent, au cours de l'année hydrologique, par deux étapes : le remplissage (stockage) et le déstockage (Fig. 43).

Le remplissage commence à partir de septembre (parfois en octobre) et atteint son maximum en mars (la réserve moyenne en mars est de  $101,93 \text{ hm}^3$ ).

les réserves du barrage commencent à diminuer en raison de l'alimentation en eau d'irrigation pour compenser le manque d'eau agricole, ainsi que la demande d'eau potable et de l'industrie, et en raison également de l'évaporation du plan d'eau qui représente une perte très importante, surtout pendant la période au-delà de la saison des pluies (Fig. 43). À la fin de la saison d'irrigation, la réserve moyenne du barrage en novembre se situe à  $74 \text{ hm}^3$ .

Dans le meilleur des cas, la réserve d'eau du barrage a atteint  $155,68 \text{ hm}^3$  en avril 2003, soit 92,4% de la capacité du barrage alors qu'il a enregistré une baisse critique de  $12,16 \text{ hm}^3$  en septembre 2002 en raison de deux années consécutives de sécheresse (les années 2001 et 2002). Même situation au cours des deux années consécutives 2015 et 2016 où la sécheresse a conduit à une diminution de la réserve, de  $145,0 \text{ hm}^3$  en mars 2015 à  $39 \text{ hm}^3$  en novembre 2016 (soit une différence de  $106 \text{ hm}^3$ ).

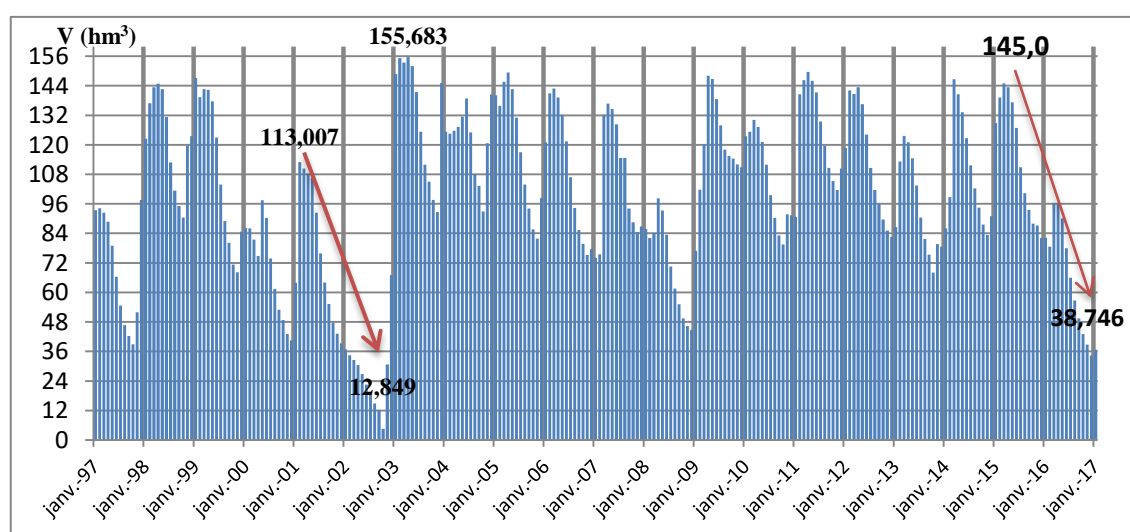


Figure 43. Variations mensuelles de la réserve d'eau du barrage Cheffia au cours de la période 1997-2016.

### 1.1.2.2 Volume d'eau mobilisé du barrage de Cheffia au profit de l'irrigation

Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation totalisent un volume interannuel moyen de 27,642 hm<sup>3</sup> soit 21,4 % de la réserve. Le volume des lâchers d'eau pour l'irrigation, rapporté au volume de la réserve, varie dans un large intervalle, de 5,2% (cas de l'année l'humide 2004 où la demande en eau d'irrigation se réduisait à 9,755 hm<sup>3</sup>) à 51 % (cas de l'année sèche de 2001 ayant engendré une forte demande d'eau d'irrigation de 61,388 hm<sup>3</sup>).

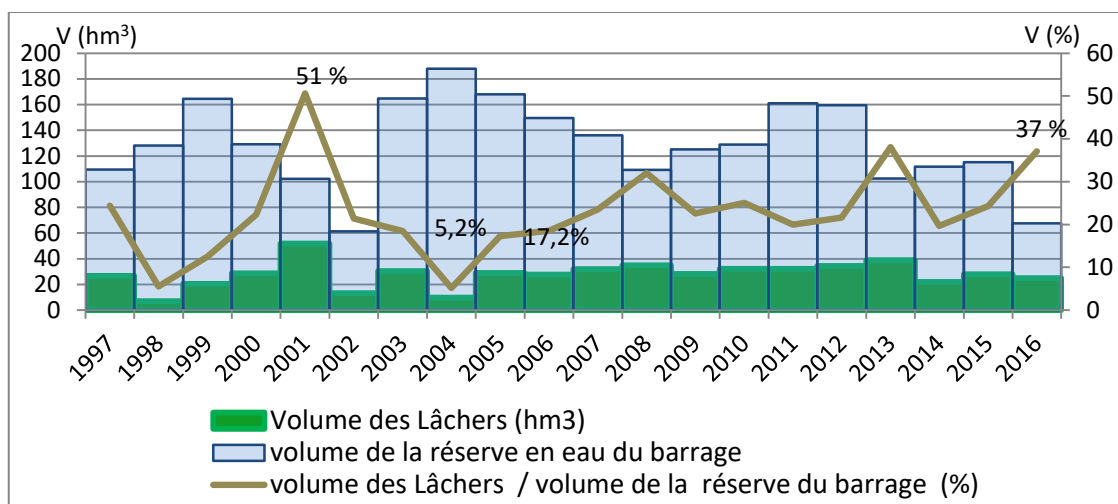


Figure 44. Variation interannuelle de la réserve et des lâchers d'eau d'irrigation du barrage de Cheffia (1997-2016).

Les lâchers d'eau pendant la campagne d'irrigation s'étalent sur 10 mois, de mars à décembre ; ils sont maximaux en : juin (4,9 hm<sup>3</sup>), juillet (8,5 hm<sup>3</sup>), août (5,66 hm<sup>3</sup>) et septembre (3,3 hm<sup>3</sup>) (Fig. 45).

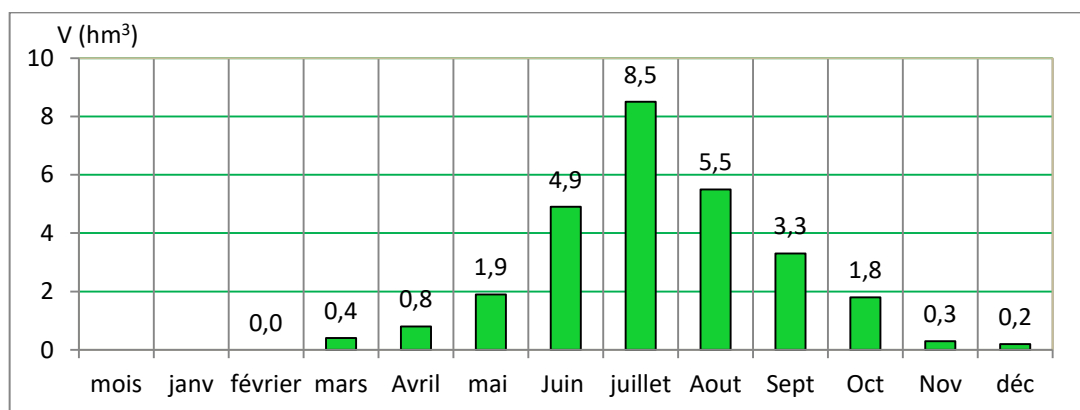


Figure 45. Volumes moyens mensuels des lâchers du barrage de Cheffia au profit de l'irrigation (période moyenne : 1997-2016)

Il faut souligner l'augmentation très importante au cours de ces dernières années, de l'adduction pour l'eau potable (AEP des agglomérations de la wilaya d'Annaba) qui a atteint 49,992 hm<sup>3</sup> en 2016, soit 63 % de la réserve totale de la retenue. Le volume d'eau prélevé mensuellement est de l'ordre de 4,166 hm<sup>3</sup>.

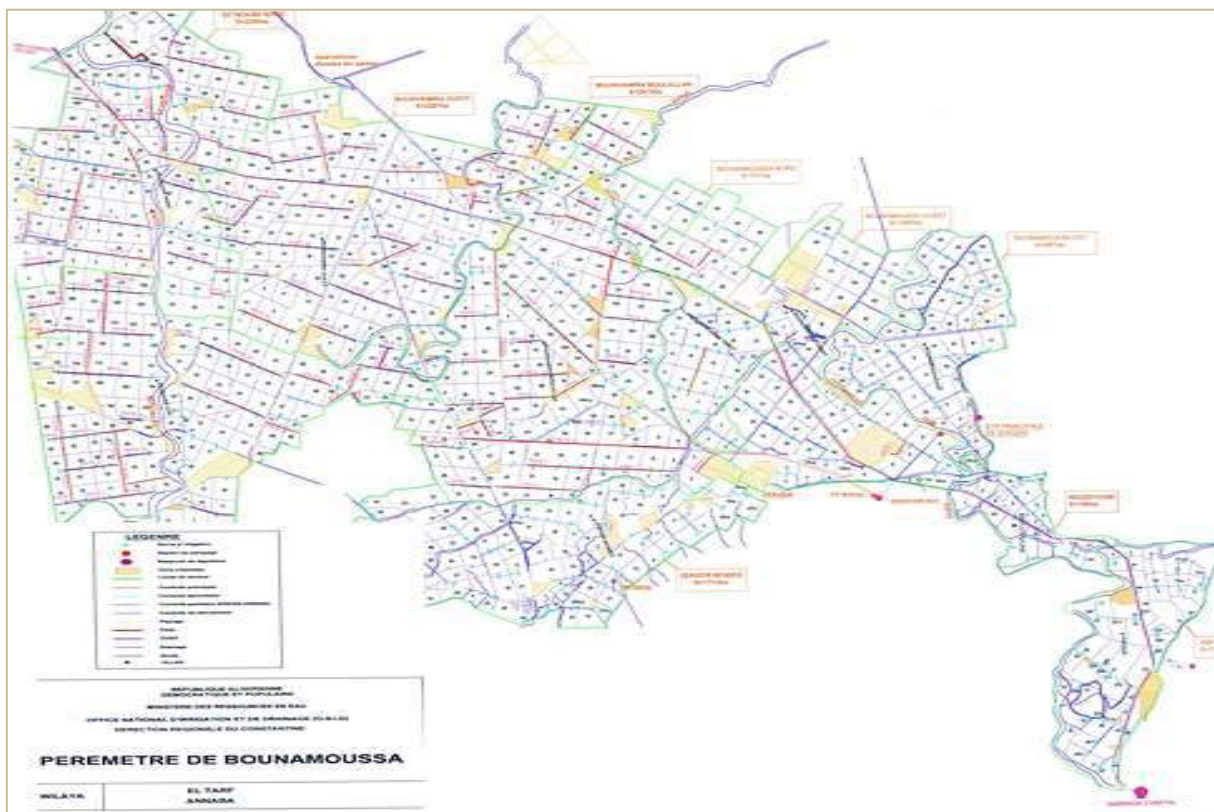
Le volume annuel moyen d'eau évaporé, est estimé à 6,072 hm<sup>3</sup> par an, ce qui représente 6,3 % de la retenue.



### 1.1.3 Le réseau hydraulique

Le périmètre irrigué, d'une surface équipée de 16 500 ha, comporte dix (10) secteurs (Figure 46). Ces secteurs sont autonomes aussi bien sur le plan de l'aménagement que sur celui de la desserte en eau. Le débit fictif retenu a été de 0,7 l/s/ha.

Selon Sogtha-Sogreah, les besoins en eau pour l'irrigation des dix secteurs du périmètre de Bounamoussa (16 283 ha) ont été estimés à 53 hm<sup>3</sup> en année moyenne, variant entre 55,7 hm<sup>3</sup> et 63,9 hm<sup>3</sup>. En revanche, les années exceptionnelles (année très sèche), le volume dépasse 80 hm<sup>3</sup> (Ghachi, 1986).



**Figure 46 : Réseau hydraulique du périmètre de Bounamoussa, (ONID, 2009).**

#### 1.1.3.1 Les systèmes d'adduction

L'alimentation en eau du périmètre de la Bounamoussa est assurée par le barrage de Cheffia d'où part vers Annaba une conduite gravitaire véhiculant un débit de 4,4 m<sup>3</sup>/s dont 3,0 m<sup>3</sup>/s sont prélevés pour le périmètre (par deux piquages sur la conduite), et par une station de pompage située sur la rive de l'Oued Bounamoussa pompant dans le lit de l'oued les lâchers du barrage, et le refoulant vers trois (3) réservoirs régulateurs (Fig. 47).

Les deux piquages sur la conduite d'amenée du barrage se répartissent comme suit : le premier, à proximité du village d'Asfour, avec un débit de 0,6 m<sup>3</sup>/s permet l'irrigation des 1 000 ha de la plaine d'Asfour ;

Le deuxième situé près de Zerizer, assure le débit résiduel de la conduite (c'est-à-dire le débit total diminué du prélèvement pour Asfour et de la demande urbaine et industrielle).

Le secteur d'Asfour est alimenté indépendamment à partir d'un piquage direct sur la conduite d'AEP d' Annaba et c'est le seul secteur qui n'est pas relié à la station de pompage.

Le complément d'eau d'irrigation est assuré moyennant une station de pompage directe dans l'Oued Bounamoussa, alimentée par les lâchers du barrage. Cela se fait en pompant à travers la station principale située entre Zerizer et l'agglomération chef-lieu de Ben M'hidi, et composée de douze (12) groupes pouvant débiter  $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$  et les refoule vers des réservoirs régulateurs puis vers trois étages de distribution :

Étage 1 : le réservoir haut situé à la cote NGA de 126 mètres, est destiné à l'alimentation du secteur ZB d'une superficie de 1 713 hectares. Il peut être alimenté par refoulement direct à partir d'une station de pompage ou à partir de la station de reprise située au niveau du brise charge (étage 2).

Étage 2 : le brise-charge de Zerizer situé à la cote de 84 mètres, est destiné à l'alimentation des secteurs : SS, SN, BKO, BNO, BAN, BKA ; il sert aussi pour le refoulement de l'eau vers réservoir haut. La superficie concernée est de 12 588 ha.

Étage 3 : le réservoir de régulation situé à la cote de 79 mètres, est destiné à l'alimentation des secteurs BNE et BZ pour une superficie de 1 083 hectares.

Les coûts élevés par la première et les difficultés de traitement de l'eau brute imposée par la seconde en vue des usages urbains et industriels ont conduit les services techniques à choisir une solution mixte (adduction gravitaire et par pompage dans le lit de l'oued de Bounamoussa).

Cette disposition permet d'utiliser toutes les possibilités d'apport de la canalisation demandées pour les besoins urbains ou agricoles. Cependant, les besoins urbains et industriels ont progressivement augmenté.

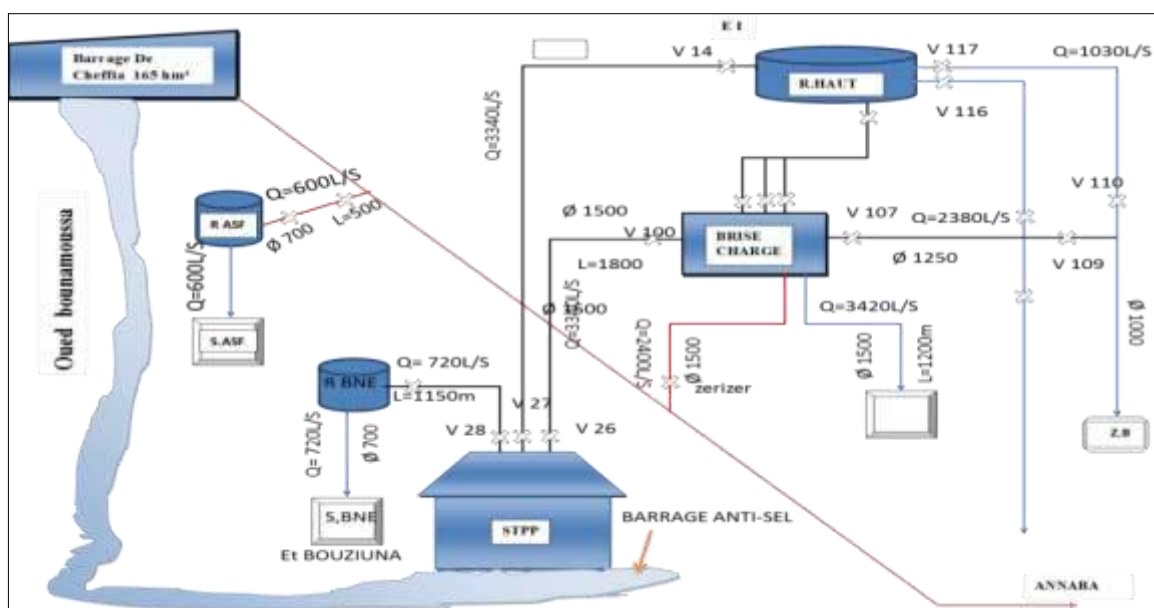


Figure 47. Schéma synoptique du réseau et des équipements hydrauliques du périmètre de Bounamoussa (ONID, 2009)

### 1.1.3.2 Le système de distribution

La distribution de l'eau dans les secteurs irrigués est assurée par un réseau d'irrigation comprenant 320 km de conduites enterrées sous pression. Les principaux équipements du réseau sont : des conduites principales de grands diamètres, espacés de 2,5 km, pouvant transférer un débit estimé à 0,4 litre par seconde ; un système de distribution secondaire assez largement dimensionné et bien conçu, avec des bornes d'arrosage ; quatre réservoirs régulateurs ; un réseau de voirie de 191 km ; une station de reprise de 3000 l/s.

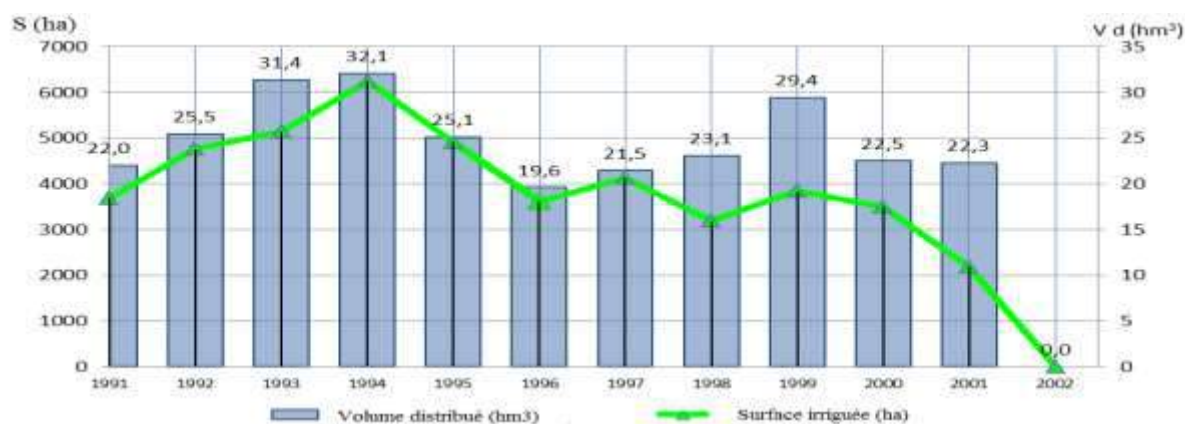
L'eau est prélevée à partir des bornes d'irrigation (980 bornes), qui sont branchées aux canalisations mobiles ou semi-fixes et qui alimentent des rampes d'aspenseurs tournantes.

Le débit d'amenée à chaque borne devra permettre d'arroser la totalité de la parcelle desservie (16 ha en moyenne) sur la base d'un débit unitaire continu de 0,6 litre /s/ha, soit 0,9 litre /s/ha en période de pointe.

## 1.1.4 Bilan d'exploitation du périmètre irrigué de Bounamoussa

### 1.1.4.1 Volume d'eau distribué et superficie irriguée

La figure 48 illustre l'évolution des volumes d'eau distribués et des superficies irriguées du périmètre de Bounamoussa entre 1991 et 2002 (PNE, 2005).



**Figure 48. Volumes distribués et superficies irriguées du périmètre de Bounamoussa (1991 - 2002).**

Le volume moyen d'eau distribué au cours de la période 1991-2001 est de  $22,8 \text{ hm}^3$ , soit 27 % de la demande annuelle ( $86 \text{ hm}^3$ ) et une dotation d'eau par hectare de  $5\,819 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

La superficie irriguée moyenne pour la période 1991-2001 est de  $3\,768 \text{ ha}$ , soit 23 % de la superficie équipée ( $13\,800 \text{ ha}$ ) ; elle atteint, dans les meilleurs des cas,  $6\,250 \text{ ha}$  en 1994. En 2002, année hypersèche, il n'a pas été possible d'irriguer les cultures, le périmètre n'ayant pas reçu d'eau du barrage. Il est à noter que la superficie irriguée maximale atteinte dans le périmètre de Bounamoussa est de  $10\,000 \text{ ha}$  en 1987 (PNE, 1997).

#### 1.1.4.2 Contraintes d'exploitation

Après plus de 35 ans de fonctionnement, les équipements du périmètre de la Bounamoussa ont atteint un certain niveau de détérioration, ce qui affecte négativement le fonctionnement du périmètre irrigué.

Dans le cadre du Programme National de l'Eau (PNE, 1997), une évaluation préliminaire de l'état du périmètre a été réalisée, fournissant des recommandations pour la réhabilitation du périmètre à trois niveaux : 1) Le renouvellement et le renforcement des infrastructures hydrauliques du périmètre : le renouvellement de 200 ouvrages de génie civil, le renouvellement des tuyaux sur  $3000 \text{ ml}$ , construction de déversoirs, renouvellement des pistes d'exploitation sur  $80\,000 \text{ ml}$ . 2) le renouvellement des équipements électriques et hydrodynamiques de deux stations de pompage (Zerizer). 3) La submersion des terres, ce qui nécessite de protéger les rives de la vallée par le recalibrage de l'Oued de Bounamoussa sur  $5\,000$  mètres linéaires.

L'utilisation actuelle du piquage de Zerizer est limitée à  $800 \text{ l/s}$  au lieu des  $2\,400 \text{ l/s}$  prévus initialement et ce, en raison des priorités d'approvisionnement accordés à l'AEP d'Annaba et la zone industrielle d'El-Hadjar ; Ceci pose d'énormes difficultés dans la régularisation des volumes destinés à l'irrigation. Le recours fréquent au pompage dans l'Oued Bounamoussa engendre d'énormes charges d'énergie électrique (ONID, 2011).

Suite aux analyses de l'A.N.R.H sur les eaux brutes du barrage de Cheffia. Les eaux d'irrigation ont une conductivité électrique (CE) appartenant à la classe admissible. Elle varie entre  $300$  et  $2000 \mu\text{S/cm}$  et ne présentent pas de danger pour les cultures des assolements pratiqués. Les valeurs de la CE dans le cas où elle dépasse  $2000 \mu\text{S/cm}$  peuvent

présenter un danger pour la majorité des cultures. Une telle qualité des eaux abaissera les rendements des agrumes, des pommes, des poires, des pêches et des prunes jusqu' à 25 %, des vignes environ de 10 % (HULIN, 1983). Les eau de la Bounamoussa contiennent environ entre 0,02 et 0,06 grammes par litre de sels dissous. Leur qualité est considérée excellente en toute saison et pour tous usages (classe C2).

## 1.2 Le périmètre irrigué de Safsaf

Le périmètre irrigué de Safsaf porte le même nom que la vallée (wilaya de Skikda) dans laquelle il se situe et fait partie du bassin côtier constantinois du centre. Il est entré en service en 1992 ; sa superficie équipée est de 5 656 ha.

L'alimentation en eau de ce périmètre est assurée par deux barrages : l'ancien barrage de Zardézas dans la vallée de Safsaf (20,2 hm<sup>3</sup>) et le barrage de Guenitra (125 hm<sup>3</sup>) sur l'Oued Guebli, situé à l'ouest du périmètre d'irrigation (Fig. 49).

### 1.2.1 Contexte physique du périmètre

Le périmètre de Safsaf s'étend longitudinalement du sud au nord (35 km) le long du bassin de l'Oued Safsaf et concerne la région de basse altitude qui s'étend d'El-Harouch à Skikda, passant par les communes de Salah Bouchaour, Ramdane Djamel et El-Hadaiek.

#### 1.2.1.1 Climat

Le climat est méditerranéen semi-humide. Selon les données climatiques de la station météorologique de Skikda pour la période 2000 - 2014, la pluviométrie moyenne annuelle est de 785,8 mm. La période pluvieuse et douce, la période sèche et chaude s'étend de la fin mars à la mi-juillet avec une humidité élevée dans la région. La vitesse moyenne du vent est comprise entre 2 et 3 m/s et le sirocco est relativement fréquent avec une moyenne de 51 jours /an.

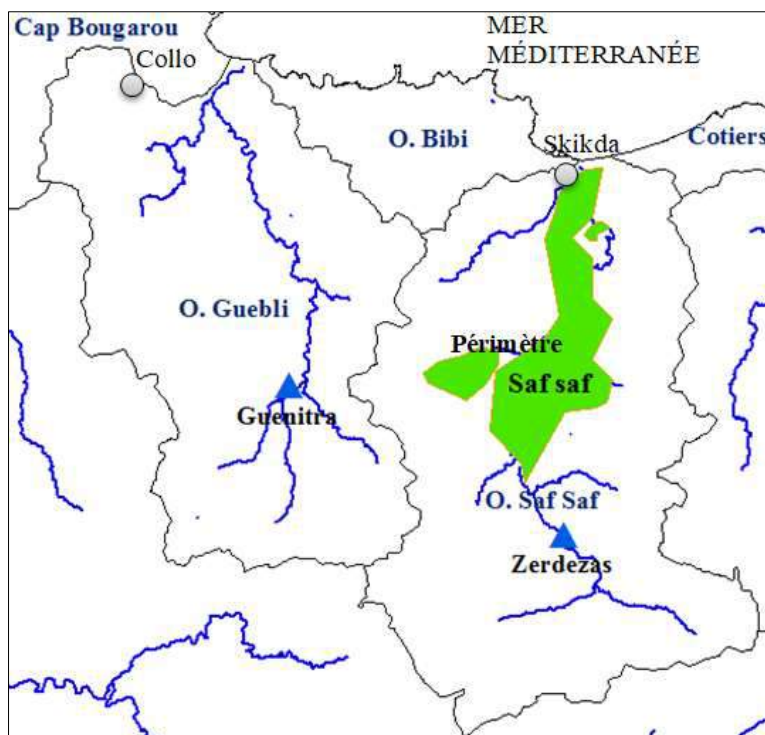


Figure 49. Bassin versants, barrages et périmètre irrigué de Safsaf.

L'évapotranspiration potentielle calculée par la méthode de Turc atteint une somme annuelle de 1254,8 mm ; le déficit agricole totalise mm par an, répartis sur six mois (de mai à octobre), avec une valeur maximale de 174,42 mm. L'irrigation est nécessaire de mai à octobre (6 mois) pour combler le déficit pluviométrique.

#### 1.2.1.2 Pédologie et aptitudes culturales

La superficie équipée dans la vallée de Safsaf couvre des sols propices à l'irrigation (les sols appartenant aux catégories (I +II +III). Elle représente 69% du potentiel en sols irrigables qui dépasse 8 180 hectares selon l'étude de l'ANRH réalisée en 2001 (cf. chapitre 2).

La vallée de l'Oued Safsaf possède plusieurs types de sols offrant un potentiel irrigable important pour le développement hydro-agricole. Du sud au Nord, la zone d'El-Harrouch est principalement occupée par la classe des sols vertisols, tandis que le reste est occupé presque également entre la classe des sols peu évolués et les sols calcimagnésiques. La partie inférieure de la vallée de Safsaf, vers Salah Bouchaour et Ramadane Djamel, la classe de sols calcimagnésiques, occupe la plus grande partie de la surface, tandis que les autres classes sont très limitées (sesquioxides,...). La zone de Mjez Edchich, qui est séparée du reste du périmètre, est caractérisée par les trois classes suivantes : les sols calcimagnésiques, les sesquioxides de fer et les vertisols.

#### 1.2.1.3 Système de cultures

Le système de culture en irriguée dans le périmètre est caractérisé par la prédominance du maraîchage (61 % de la superficie totale irriguée), cultures très diversifiées, avec une légère prédominance de l'oignon et de la pomme de terre.

Les cultures industrielles (24 %) sont principalement représentées par les tomates. Enfin, L'arboriculture occupe 15 % de la superficie totale, principalement dans les vergers de Salah Bouchaour et de Ramdane Djamel (Tableau 19).

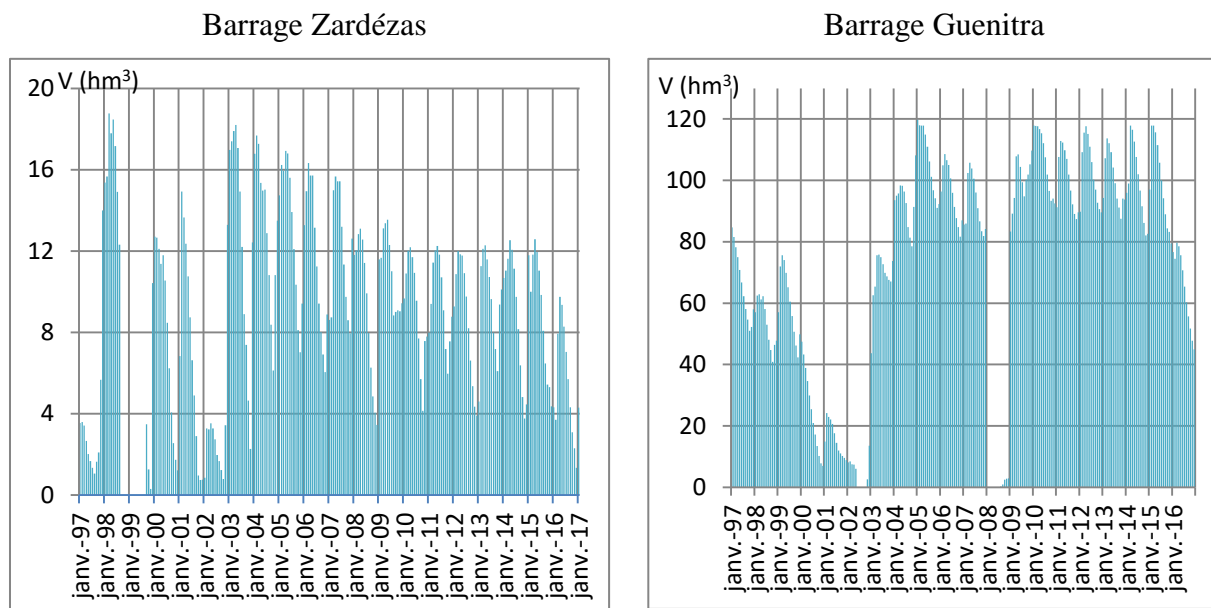
**Tableau 19. Plan des cultures en irriguée dans le périmètre de Safsaf (ONID, 2013)**

Cultures	Arboriculture	Maraîchage	Cultures industrielles	Céréaliculture	Cultures fourragères	Total
Surface (ha)	218,13	858,87	334,13	0,00	0,00	1411,43
Surface (%)	15	61	24	0	0	100

### 1.2.2 Ressources en eau : barrage de Zardézas et barrage de Guenitra

#### 1.2.2.1 La variabilité interannuelle du taux de remplissage des barrages

La tendance générale du volume d'eau stocké dans les barrages au cours de l'année est caractérisée par son augmentation maximale en février ; à partir de mars il commence alors à diminuer progressivement jusqu'en octobre, en raison de sa coïncidence avec la période sèche et l'alimentation en eau pour différentes utilisations. Cependant, l'abondance des ressources en eau varie d'une année à l'autre et d'un barrage à l'autre, ce qui est clairement illustré par la figure 50.



**Figure 50. Variation mensuelle et interannuelle de la réserve, des barrages de Zardézas et de Guénitra (1997 -2016).**

- *Barrage de Zardézas*

Dans les meilleurs des cas, la réserve d'eau du barrage de Zardézas a atteint 18,781 hm<sup>3</sup> en mars 1998 (soit 92,9 % de la capacité du barrage), et le minimum a été enregistré lors de l'année sèche 2002 avec un volume de 0,788 hm<sup>3</sup> (octobre 2002). En 2016, le réserve a été également très faible soit 2,291 hm<sup>3</sup> en novembre 2016. La satisfaction de la demande pendant la saison d'irrigation (de mars à novembre) est conditionnée par le niveau de stock en mars, d'une part, et d'autre part, par le maintien du stock minimum requis qui ne met pas le barrage en danger.

En une année normale comme 2008 (année confortable), le remplissage du barrage a atteint 12,827 hm<sup>3</sup> en mars (début de la saison d'irrigation) et a diminué en octobre à 4,839 hm<sup>3</sup> (fin de la saison d'irrigation).

En 2003, année humide, la réserve d'eau a atteint 17,9 hm<sup>3</sup> en mars 2003, et elle a diminué en octobre à 4,436 hm<sup>3</sup>, ainsi, à la fin de la saison d'irrigation, la réserve représentait 30,3 % de la capacité du barrage.

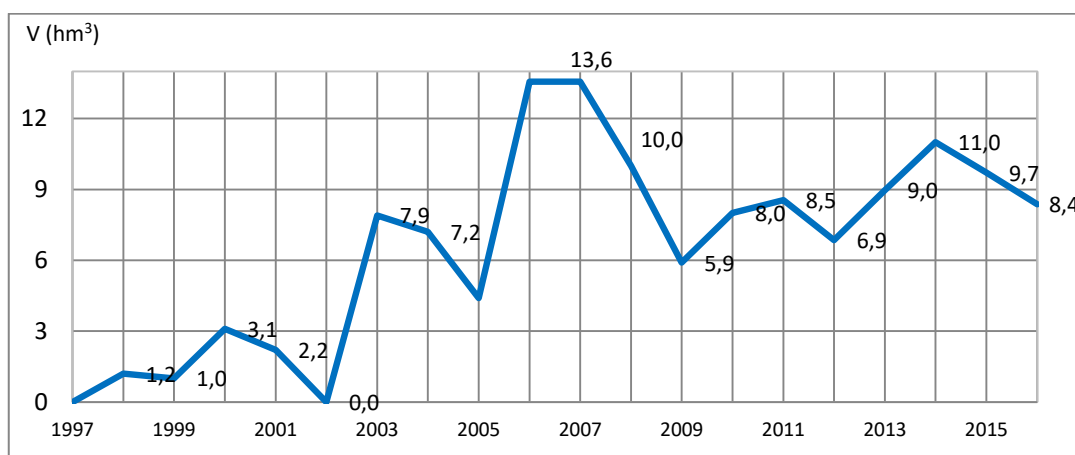
Durant l'année sèche de 2002, la réserve d'eau a chuté à la fin de la saison d'irrigation, à des niveaux critiques, passant de 3,222 hm<sup>3</sup> en mars à 0,788 hm<sup>3</sup> en novembre 2002, soit 4 % de la capacité du barrage.

- *Barrage de Guénitra*

Les réserves d'eau ont toujours été confortables pendant la période de référence (1997 -2016), à l'exception de trois années consécutives de sécheresse (2001/2002/2003), où elles ont connu une diminution significative en fin de saison d'irrigation : 9,568 hm<sup>3</sup> en novembre 2001 et 2,607 hm<sup>3</sup> en novembre 2002. Dans le cas de 2008, le barrage a été vidé de son stock pour des raisons techniques, ce qui a, par conséquent, privé d'eau le périmètre cette année-là.

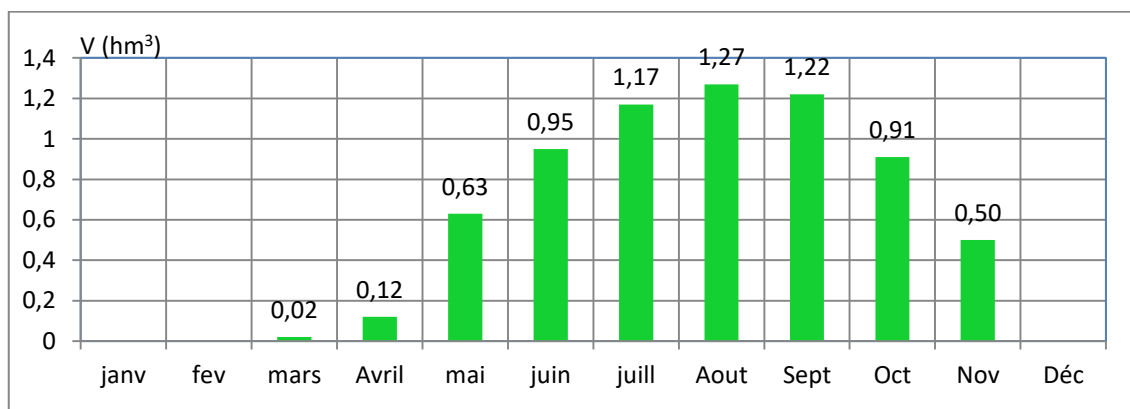
### 1.2.2.2 Volume d'eau mobilisé au profit de l'irrigation

Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation du périmètre Safsaf totalisent un volume annuel moyen de 6,79 hm<sup>3</sup> : le barrage de Guenitra fournit 4,61 hm<sup>3</sup> (68 %) et le barrage de Zardezas 2,0 hm<sup>3</sup> (32 %). Le volume des lâchers d'eau d'irrigation varie dans une fourchette de 1,2 à 13,6 hm<sup>3</sup> (l'année 2002 non incluse) (Fig. 51).



**Figure 51 : Variation interannuelle des lâchers au profit du périmètre d'irrigation de Safsaf (1997-2016).**

Les lâchers d'eau pendant la campagne d'irrigation s'étalent sur 9 mois, de mars à novembre ; ils sont maximaux en juillet (1,17 hm<sup>3</sup>), août (1,27 hm<sup>3</sup>) et septembre (1,22 hm<sup>3</sup>) (Fig. 52).

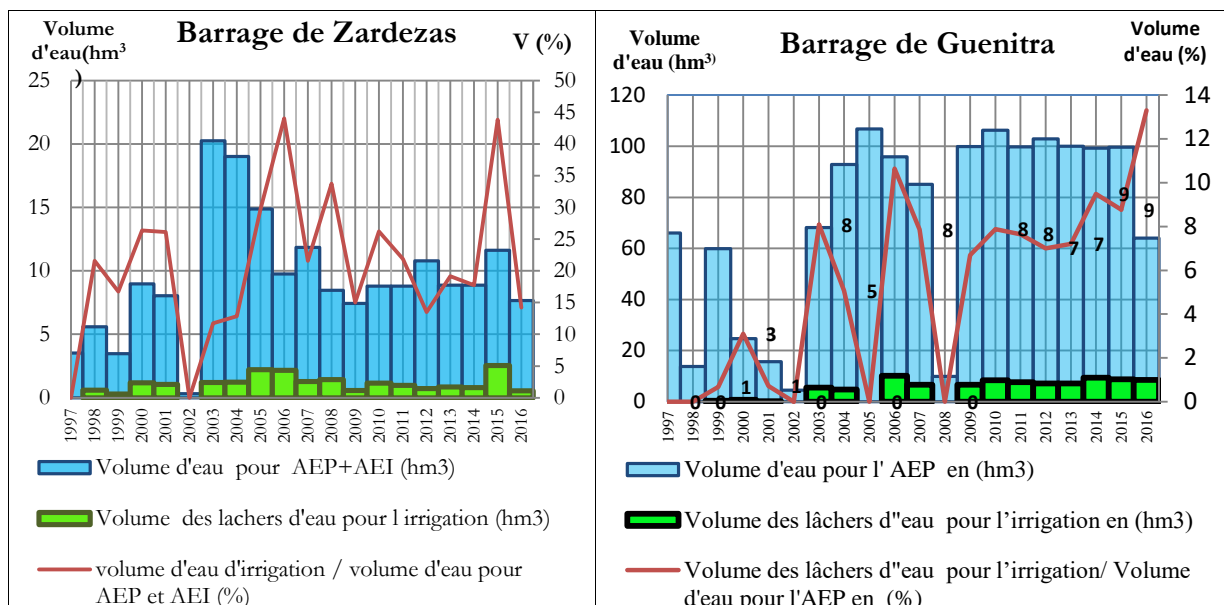


**Figure 52. Volumes moyens mensuels des lâchers au profit de l'irrigation du périmètre de Safsaf**

Dans les meilleurs des cas, coïncidant avec l'année sèche de 2015, le barrage de Zardézas a fourni à l'irrigation un volume de 5,09 hm<sup>3</sup> sur 11,6 hm<sup>3</sup>, soit 23 % de la réserve du barrage.

Le barrage de Guénitra, bien que ses réserves d'eau soient estimées à 70,757 hm<sup>3</sup> en moyenne, ne fournit au mieux que 10,209 hm<sup>3</sup> sur un 95,870 de (année 2006), ce qui représente 11 % de ses réserves (Fig 53).





**Figure 53. Évolution interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers des barrages pour l'irrigation du périmètre de Safsaf.**

Les deux barrages alimentent également les agglomérations de la wilaya de Skikda. En 2016, le volume total fourni par les deux barrages au secteur de l'AEP s'élevé à 43,643 hm<sup>3</sup> (le barrage de Zardézas : 6,576 hm<sup>3</sup> et le barrage de Guénitra : 37,067 hm<sup>3</sup>).

### 1.2.3 Le réseau hydraulique

#### 1.2.3.1 Le système d'adduction

Le système hydraulique en place est un réseau commun entre l'approvisionnement en eau d'irrigation du périmètre et en eau potable pour les zones urbaines et le pôle industriel de la wilaya de Skikda. Le réseau hydraulique est relié à deux systèmes d'adduction : le premier est celui du barrage de Zardezas et le second du barrage de Guenitra dans la commune d'Oum-Toub (Fig. 54).

À partir du barrage de Zardezas, une conduite de 8,94 km transporte l'eau par gravité jusqu'à l'entrée du périmètre, au réservoir 3 à El-Harrouch.

Depuis le barrage de Guenitra, le système d'adduction est équipé d'une station de pompage située en contrebas de la retenue du barrage de Guenitra et qui pompe l'eau via une conduite de refoulement vers un réservoir de contrôle de 1 500 m<sup>3</sup>, puis l'eau est acheminée par gravité via des conduites en béton (d'un diamètre de 1000 mm) sur une distance de 24,5 km et qui sont raccordées à la conduite de Zardézas à l'intersection de Salah Bouchour.

Il est à noter que la station de pompage est équipée de 5 pompes (Q = 550 l/s chacune), dont seulement 2 fonctionnent actuellement et elle est gérée conjointement par deux institutions : la Société Algérienne des Eaux (ADE), une société de gestion de l'eau potable et l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID).

En aval, les deux réseaux sont reliés, formant le "canal principal" qui continue à acheminer l'eau vers le nord pour alimenter la ville de Skikda en eau potable.

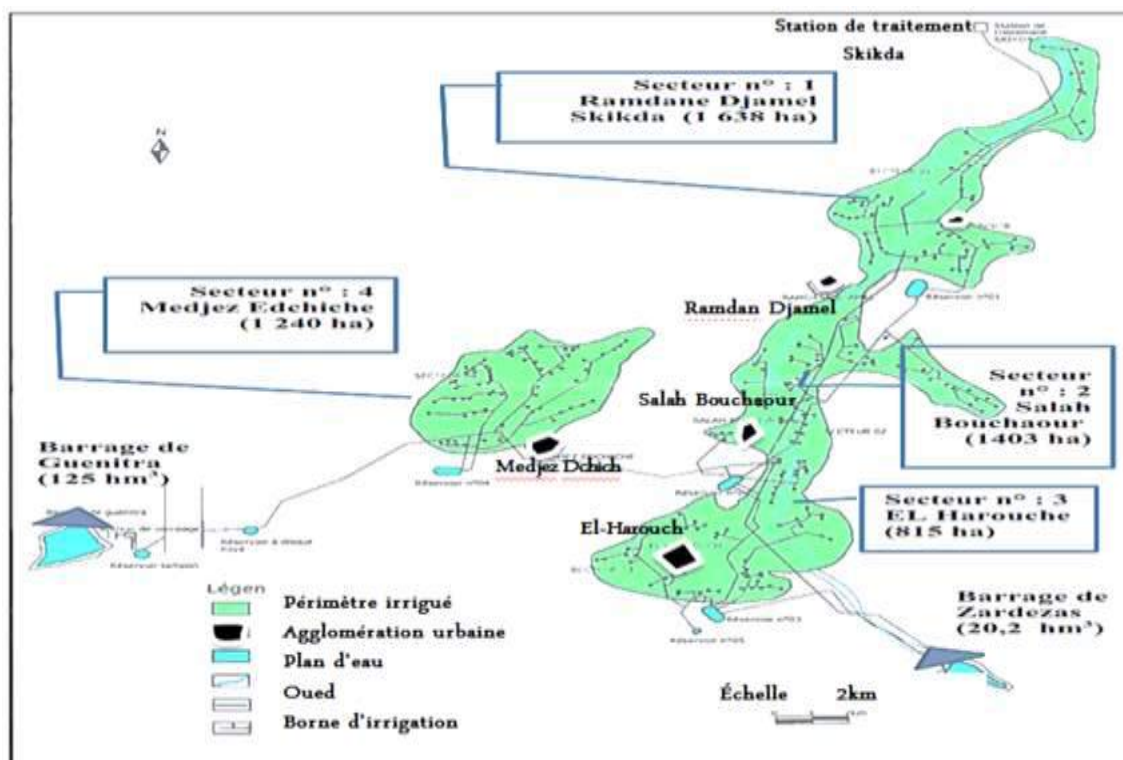


Figure 54. Réseau hydraulique des quatre secteurs du périmètre du Safsaf (ONID, 2016)

### 1.2.3.2 Le système de distribution aux réseaux

Le périmètre de Safsaf, d'une surface équipée de 5 656 ha, comporte quatre secteurs (Tableau 20).

Tableau 20. Les secteurs irrigués et leurs réseaux de distribution hydraulique

N°	Secteur irrigué	Sup équipée (ha)	Barrage	Dotation initiale (hm <sup>3</sup> )	Nombre de bornes	Réseaux de distribution (Km)
1	Ramdane Djamel	1 638	Zardézas	10,5	72	37
2	Salah Bouchaour	1 403	Zardézas	2,10	23	3.5
			Guenitra	7,5		
3	El-Harouch	815	Zardézas	5,40	42	1.6
4	Emdjez-Edchich	1 240	Guenita	8,15	42	8
Total				<b>33,65</b> (zardézas (18,0 hm <sup>3</sup> ) Guenitra (15,65 hm <sup>3</sup> ))	<b>217</b>	<b>13.1</b>

Au niveau des secteurs irrigués, la distribution est assurée à partir d'un réservoir de régulation.

Le secteur 1, de Ramdane Djamel, d'une superficie de 1 638 ha, comprend la zone Nord-Est de l'agglomération de Ramdane Djamel à proximité de la route nationale n°44. Ce secteur est alimenté en eau d'irrigation par la conduite qui distribue l'eau à la ville de Skikda depuis le barrage de Zardézas et le réservoir 2.

Le secteur 2, de Salah Bouchaour, d'une superficie de 1 403 ha, se trouve au sud de l'agglomération de Salah Bouchaour à proximité de la route nationale n°44. Ce secteur

bénéficie de 3 sources d'alimentation en eau d'irrigation: depuis la conduite principale qui transporte l'eau à Skikda ; de la station haute pression du secteur 3 d'El-Harouch (une superficie de 435 hectares) et depuis la conduite du barrage de Guénitra.

*Le secteur 3, d'El Harrouch, s'étend sur une superficie de 815 ha et est situé au sud de de la ville d'El-Harrouch. Il est divisé en deux zones irriguées. La première zone couvre une superficie de 443 hectares avec un système de pompage (sous pression). La deuxième zone d'une superficie de 372 hectares est dépourvue de système de pompage. Ce secteur est alimenté en eau par le réservoir 3 (hauteur 212,63 m), qui, à son tour, est alimenté par une partie du volume des lâchers d'eau du barrage de Zardézas via le réservoir de régulation quotidienne (hauteur 156 m). L'autre partie du volume est transférée au réservoir 3 (Salah Bouchaour) et au secteur 1 (Ramdane Djamel).*

*Le secteur 4, de Medjez – Edchich, au nord-ouest de l'agglomération de Mdjez Edchich, s'étend sur une superficie de 1240 hectares. L'eau est fournie à partir du réservoir de régulation 4 situé à une hauteur de 160 m, qui à son tour est relié au barrage de Guénitra par la conduite de refoulement.*

À l'échelle de l'ensemble des 4 secteurs, la prise d'eau se fait à partir de 217 bornes d'irrigation qui sont branchées à des canalisations mobiles ou semi-fixes alimentant des rampes d'asperseurs tournantes.

#### 1.2.4 . Bilan et contraintes d'exploitation du périmètre irrigué de Safsaf

##### 1.2.4.1 Volume d'eau distribué et superficie irriguée

L'évolution, entre 1992 et 2002, du volume d'eau distribué et de la superficie irriguée du périmètre de Safsaf est illustrée par la figure 55.

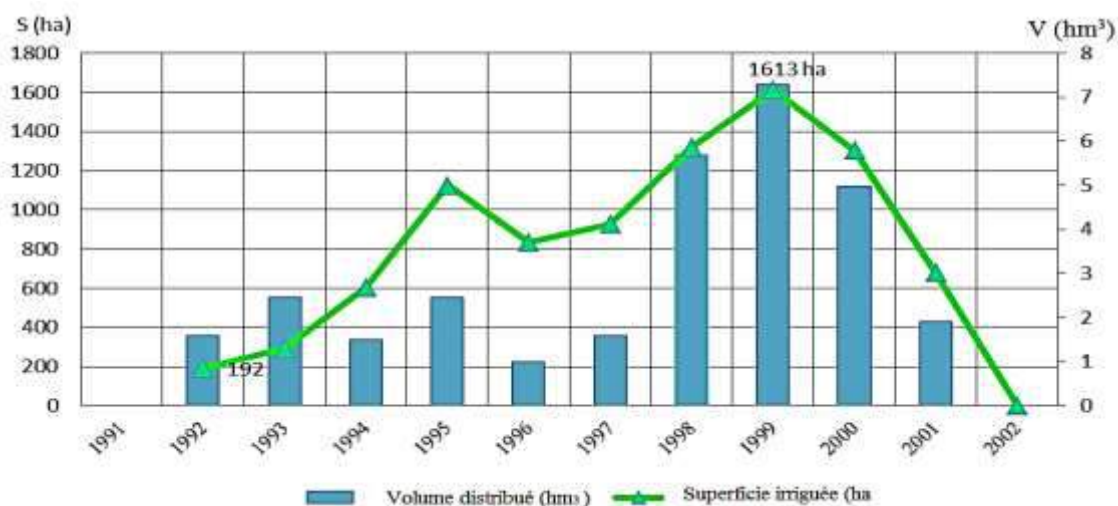


Figure 55. Volumes distribués et superficies irriguées du périmètre de Safsaf (1991- 2002)

La moyenne annuelle en eau distribuée par les deux barrages (Zardézas et Guénitra) était de 2,77 hm<sup>3</sup> pour des besoins de 16,121 hm<sup>3</sup>, ce qui ne représente que 17 % de la demande, soit une dotation moyenne de 3 623 m<sup>3</sup> / ha. En 2002 le périmètre n'a pas reçu d'eau du barrage, par conséquent il n'a pas été possible de déterminer les cultures irriguées en dehors de ces sources d'alimentation.

La superficie irriguée moyenne a atteint 809 ha, soit 14 % de la superficie équipée (5 656 hectares), atteignant, dans le meilleur des cas, 1 613 hectares en 1999.

#### 1.2.4.2 Contraintes d'exploitation

Depuis 1992, date à laquelle il est devenu fonctionnel, le périmètre de Safsaf a connu une série de problèmes, dont certains sont classés comme techniques et d'autres de gestion.

Après les quatre premières années de service, un certain nombre de problèmes ont été soulevés dans le secteur 3 de Medjez-Edchich : les réseaux étaient très dégradés ; certains tronçons de piste sont impraticables même en été ; chute de pression dans les bornes situées en bout d'antennes ; fuites d'eau au niveau de la bifurcation (PNE, 1997).

La station de pompage de Guénitra, exploitée par l'ADE, est équipée de 5 pompes (dont 2 seulement opérationnelles). La conduite principale d'amenée Guénitra – Skikda, également gérée par deux institutions, l'ADE et l'ONID (gestion mixte), connaît des fuites s'élevant à 40 % du volume soutiré du barrage et sont perdues dans le parcours. Il y a également des piquages illicites sur la conduite principale, ce qui a influé négativement sur le volume destiné à l'irrigation. Le problème du manque de moyens humains (encadrement) est également soulevé (ONID, 2011).

### 1.3 Périmètre de Guelma-Bouchegouf

Le périmètre irrigué s'étend sur 50 km environ depuis le confluent de l'Oued Bouhamdane et de l'Oued Cherf qui donne naissance à l'Oued Seybouse, à partir de la plaine de Guelma jusqu'à la plaine de Bouchegouf (Fig. 56). Il a été mis en eau en 1996 à partir des lâchers du barrage de Hammam-Debagh.

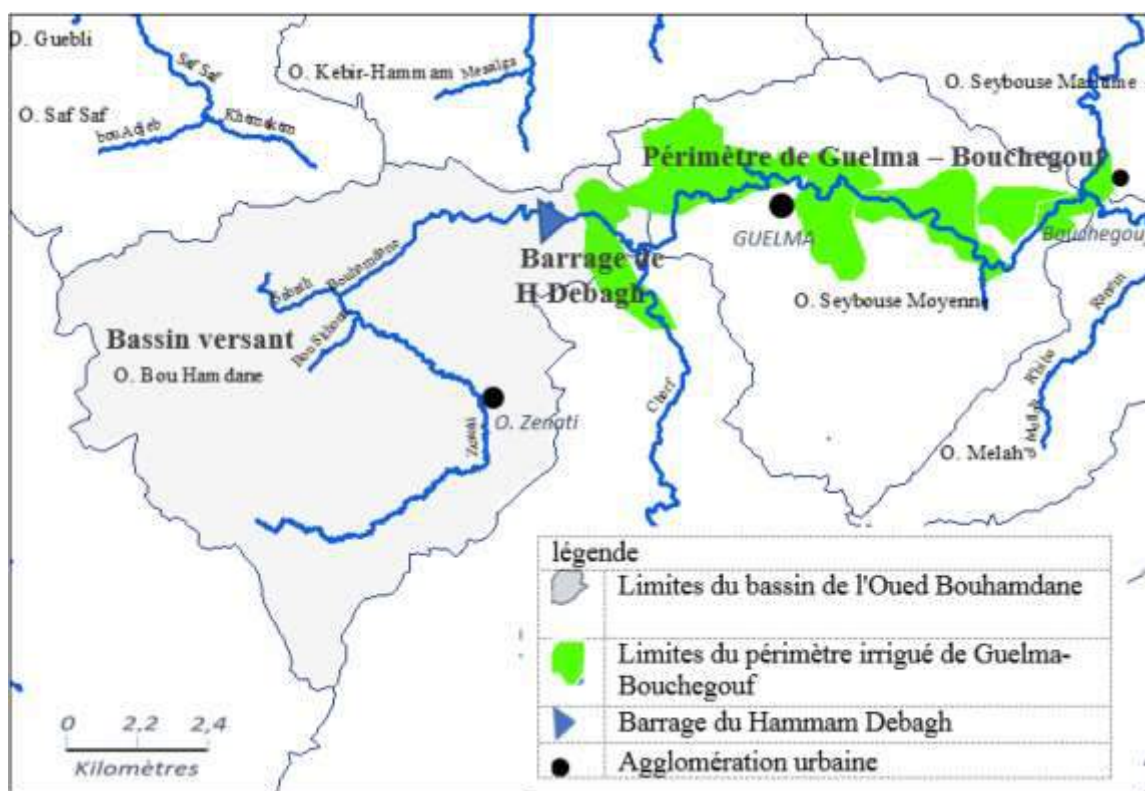


Figure 56. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchegouf

### 1.3.1 Le contexte physique

La région de Guelma et sa plaine s'inscrivent dans le Tell du Nord-Est algérien qui se caractérise par un climat méditerranéen, légèrement continental, allant du subhumide au semi-aride.

Selon les données climatiques de la station météorologique de Guelma (période 2000 – 2014, la pluviométrie moyenne annuelle est de 609 mm (350 - 880 mm). Les précipitations, irrégulières et à dominante hivernale, ne permettent les cultures en sec que pour quelques espèces végétales.

L'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) calculée selon la formule de Turc, est de 1 293 mm. Le modèle de Turc (1961) qui prend en compte, outre la température, la durée d'ensoleillement, est bien adapté aux conditions climatiques des régions tempérées; et il existe une variante pour les régions arides, qui tient explicitement compte de l'humidité relative qui affine les résultats (Cosandey et Robinson, 2000).

Par ailleurs, le bilan hydrique de Thornthwaite est établi mois par mois à partir de la pluie (P), de l'évapotranspiration (ETP) et de la réserve facilement utilisable (RFU) prise égale à 100 mm (Thornthwaite et Mather, 1955 ; Mebarki et Laborde, 2014). Il a permis d'estimer le déficit agricole annuel à 717,5 mm, avec une valeur maximale de 202,3 mm enregistrée en juillet. Suivant les résultats du bilan, l'irrigation est nécessaire de mai à octobre. La réserve facilement utilisable des sols (RFU) est de l'ordre de 70 à 90 mm pour un profondeur d'un sol de l'ordre de 80 cm. Par mesure de sécurité, il sera retenu une RFU de 70 mm (TETRAKTYIS, 1981).

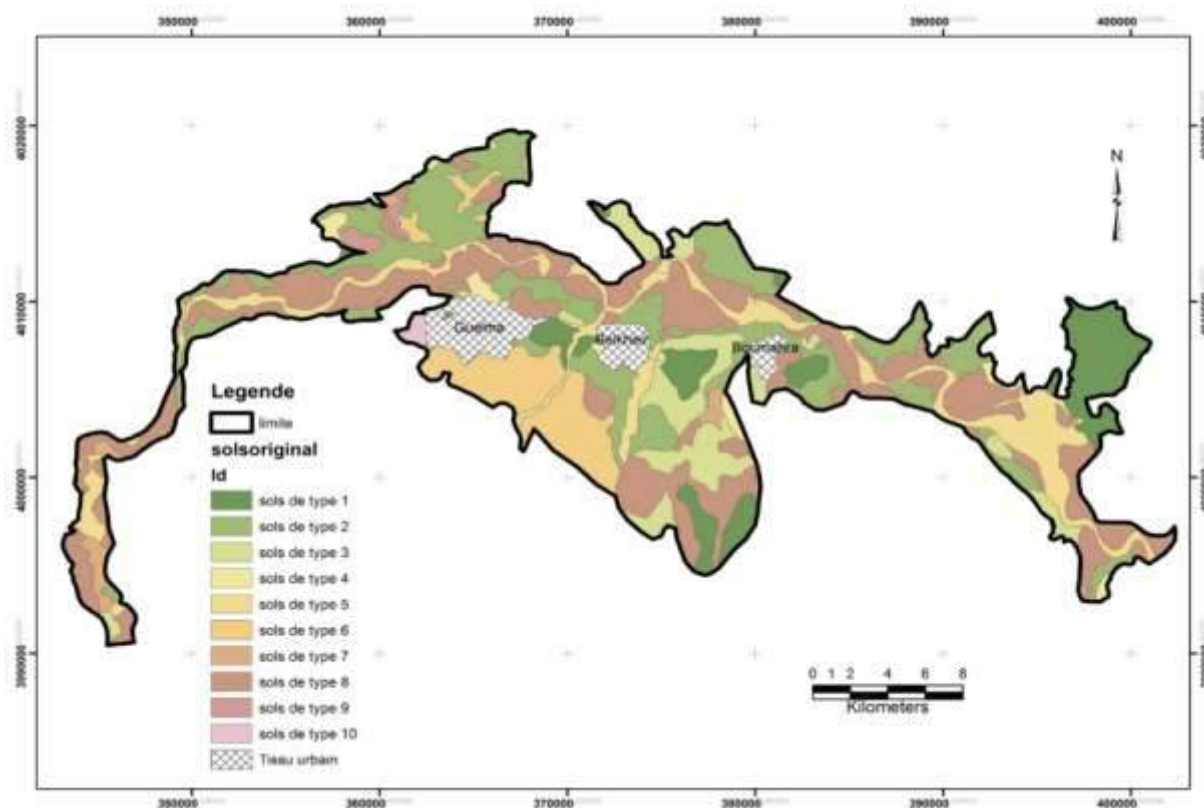
D'après les études agro-pédologiques de l'ANRH, les trois catégories de sols de la plaine de Guelma à mettre en valeur prioritairement, couvrent une superficie totale de 10 388 ha. Les sols de la catégorie 4 sont à réserver à la mise en valeur en sec. Les sols de la catégorie 5, sont impropres à la mise en valeur (Fig. 57).

Les sols des catégories 1 à 3 présentent des aptitudes pour les cultures maraichères, fourragères et céréalières, ainsi que pour les cultures industrielles (tomate, betterave à sucre, coton, tournesol), et arbustives en irrigué (abricotier, pêcher, pommier, cerisier).

Le système des cultures irriguées par les eaux du barrage est principalement basé sur les cultures maraichères (50 %), la tomate industrielle (27 %), les céréales (14 %). l'arboriculture (8 %) et les fourrages (1 %) (Tableau 21).

**Tableau 21. Plan de cultures en irrigué dans le périmètre de Guelma -Boucheouf (ONID, 2013)**

Cultures	Arboricultures	Fourragères	Maraîchage	Industrielles	Céréaliculture	Total
Surface (ha)	429,48	39,56	2822,28	1520,38	784,18	5 595,88
Surface (%)	8	1	50	27	14	100



**Figure 57. Classification des sols aptes à l'irrigation dans le périmètre Guelma-Boucheougouf (d'après les données de l'ANRH, 1981).**

### **1.3.2 Ressources en eau : le barrage de Hammam Debagh**

Le barrage de Hammam Debagh, érigé sur l'oued Bouhamdane, a été mis en eau en mars 1989. Son exploitation au profit du périmètre est devenue effective en 1996.

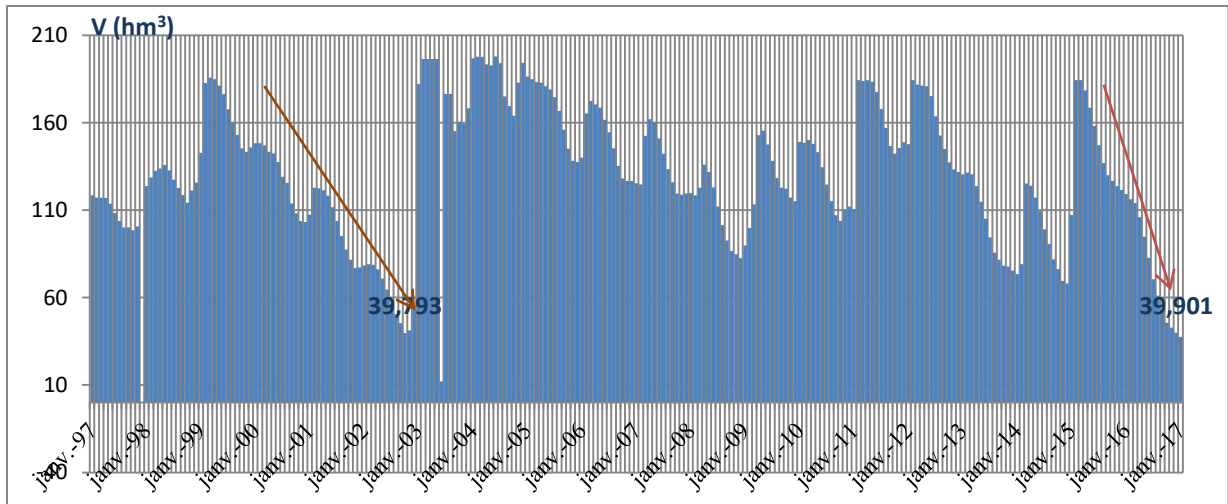
#### **1.3.2.1 Taux de remplissage du barrage**

La capacité de stockage du barrage est de l'ordre de 220 hm<sup>3</sup> avec un volume utile de 200 hm<sup>3</sup>. Dans les meilleurs des cas, le volume d'eau a atteint 187,940 hm<sup>3</sup> en 2004 soit 85,5% de la capacité du barrage, et le minimum a été enregistré en 2002 avec un volume de 61,388 hm<sup>3</sup> (la réserve a été également très faible en 2016: 78,789 hm<sup>3</sup>).

Cette alternance de régimes annuels variés fait fluctuer la quantité de la ressource en eau disponible pour l'irrigation, surtout en période de déficit agricole.

À l'échelle mensuelle, l'évolution des apports est fonction de l'année hydrologique. Le remplissage du réservoir débute en septembre (parfois octobre) pour atteindre son maximum en mars (saison de printemps). À partir de ce mois, les stocks commencent à diminuer du fait de la fourniture en eau d'irrigation qui peut se prolonger jusqu'en décembre.

Les réserves en eau dans le barrage ont atteint des niveaux critiques lors des années de sécheresse consécutives : baisse significative et continue entre février 1999 et octobre 2002, où le niveau est tombé de 182 hm<sup>3</sup> à 39,7 hm<sup>3</sup> ; de janvier 2015 à décembre 2016, le niveau de l'eau est tombé de 184,35 hm<sup>3</sup> à 39,1 hm<sup>3</sup> (Fig. 58).



**Figure 58. L'évolution inter mensuelle de la réserve d'eau du barrage Hammam Debagh (1997 -2016).**

La campagne d'irrigation de l'année 2016, a coïncidé avec l'année hydrologique la plus sèche de la période d'étude (1997-2016), le volume maximum des apports d'eau n'a pas dépassé  $0,7 \text{ hm}^3$  en mars de cette année. En conséquence, il n'y avait pas eu de lâchers, car la réserve du barrage a baissé à un niveau remarquable ( $40 \text{ hm}^3$  soit 18% de la capacité de la retenue).

À l'opposé, l'année 2003/2004, a été une année humide avec deux pics : le premier au mois d'octobre où l'apport mensuel a atteint ( $109,09 \text{ hm}^3$ ) et le second au mois de février ( $100 \text{ hm}^3$ ). En conséquent le barrage a enregistré deux défluents importants :  $42 \text{ hm}^3$  en février et  $65 \text{ hm}^3$  en mars. La réserve en fin d'année hydrologique est maintenue à un niveau appréciable ( $131,77 \text{ hm}^3$  soit 60% de la capacité de la retenue).

### 1.3.2.2 Volumes d'eau mobilisés pour l'irrigation

La figure 59 illustre les variations annuelles des volumes d'eau mobilisés au profit de l'irrigation parallèlement aux variations des réserves pendant la période 1997-2016.

Dans le meilleur des cas, la réserve d'eau a atteint  $187,9 \text{ hm}^3$  en 2004 (année hyper humide) et le minimum ( $61,4 \text{ hm}^3$ ) a été enregistré lors de l'année sèche de 2002.

Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation représentent un volume annuel moyen de  $28,5 \text{ hm}^3$ . Ils varient en fonction de la variabilité de la réserve accumulée dans la retenue et de la demande. Le volume des lâchers d'eau pour l'irrigation rapporté au volume de la réserve varie dans un large intervalle, de 5% (cas de l'année l'humide 2004 où la demande en eau d'irrigation était faible) à 60% (l'année sèche de 2016 a engendré une forte demande d'eau d'irrigation).

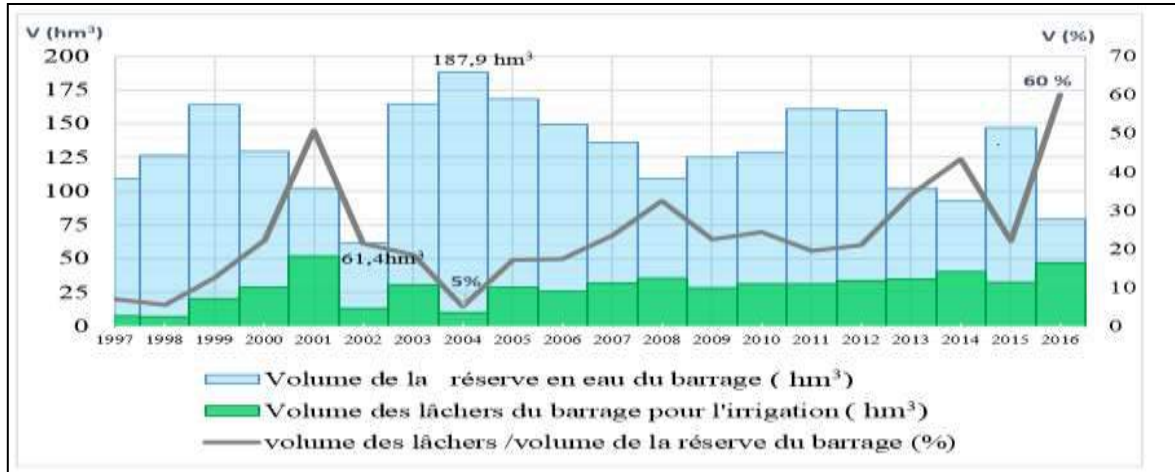


Figure 59. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers du barrage de H. Debagh (période 1997-2016).

### 1.3.2.3 .Les prélèvements sur l'année

Les lâchers d'eau pendant la campagne d'irrigation s'étalent sur 8 mois, d'avril à novembre ; ils sont maximaux en juin (3,87 hm³), juillet (5,57 hm³), août (5,66 hm³) et septembre (4,89 hm³) (Fig. 60).

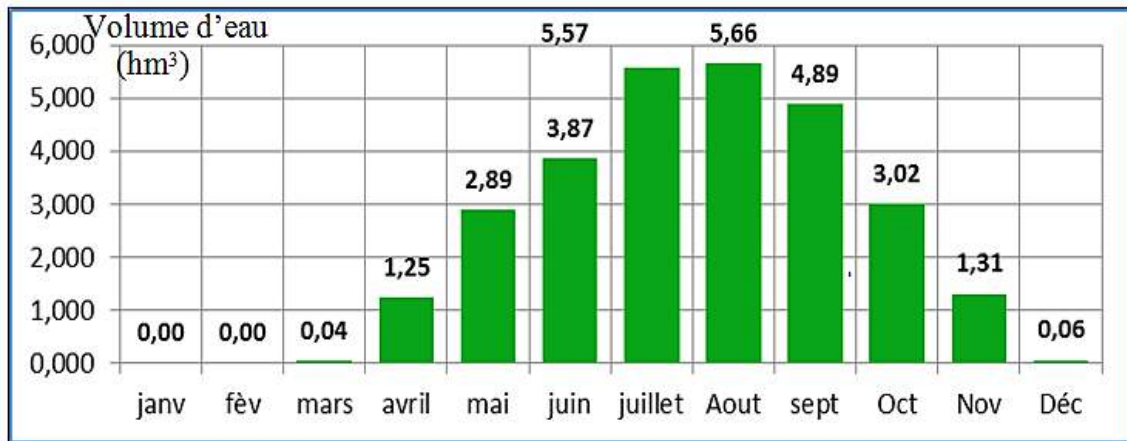


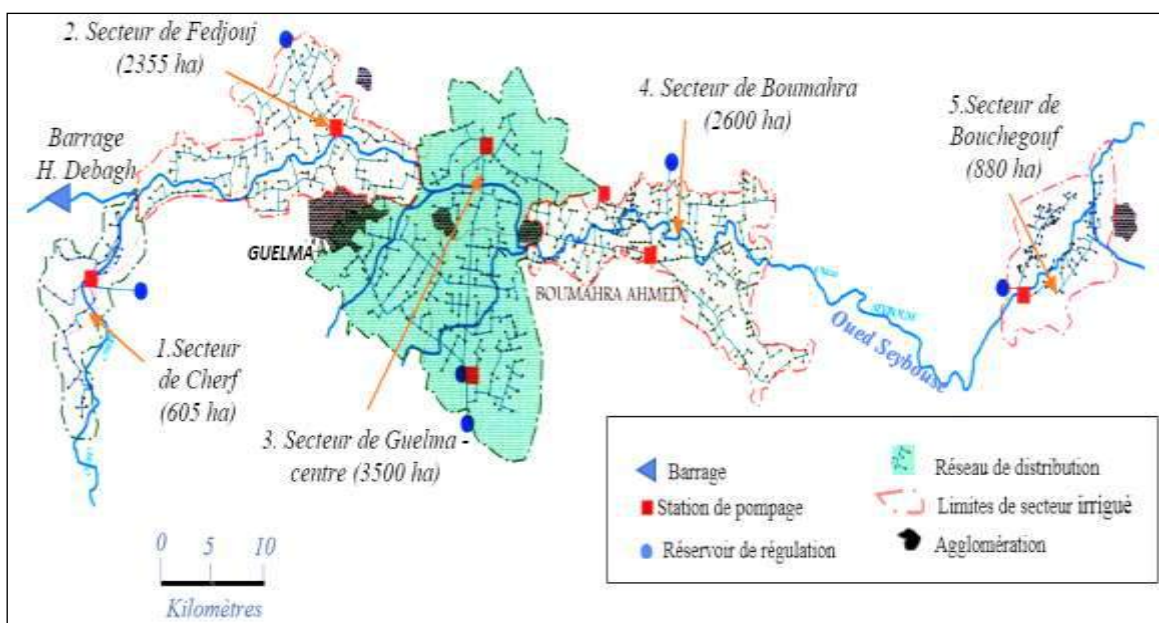
Figure 60. Volumes moyens mensuels des lâchers du barrage de H. Debagh au profit de l'irrigation (période moyenne : 1997-2016)

Il faut souligner l'augmentation très importante au cours de ces dernières années, de la fourniture en eau potable (AEP) des agglomérations de la wilaya de Guelma qui a atteint 18,4 hm³ en 2016, soit 23 % de la réserve totale de la retenue. Le volume d'eau prélevé mensuellement est de l'ordre de 1,55 hm³.

### 1.3.3 Le réseau hydraulique

Le périmètre s'étend sur une surface équipée de 9 940 ha et comporte cinq secteurs, organisés de l'amont à l'aval (Cherf : 605 ha, El Fedjoudj : 2335 ha, Guelma-centre : 3500 ha, Boumahra Ahmed : 2600 ha, Bouchegouf : 880 ha) selon le schéma de la figure 61.





**Figure 61. Réseau hydraulique des cinq secteurs du périmètre de Guelma-Boucheougouf (ONID, 2016)**

Du barrage à la parcelle, on distingue un système mixte : adduction gravitaire et réseau de distribution sous pression ; le mode d'arrosage dominant est l'aspersion.

#### 1.3.3.1 Le système d'adduction

Le système d'adduction en entrée du périmètre est gravitaire, alimenté par les lâchers dans le lit de l'oued de la Seybouse.

Chacun des cinq secteurs reçoit de l'eau prélevée dans l'oued Seybouse par des pompes. Des seuils implantés sur le lit de l'oued permettent de relever de 2 mètres le plan d'eau, facilitant le pompage.

Au niveau des secteurs irrigués, la distribution est assurée à partir de réservoirs de régularisation et également par piquage sur la conduite de refoulement. Le réseau de distribution à la parcelle est composé de canaux principaux, secondaires et tertiaires.

#### 1.3.3.2 Prises d'irrigation

L'ensemble du réseau est doté de 955 bornes d'irrigation. La pression à la borne est de l'ordre de 4 bars ; elle est suffisante pour garantir le fonctionnement des matériels d'irrigation mis en place sur les parcelles.

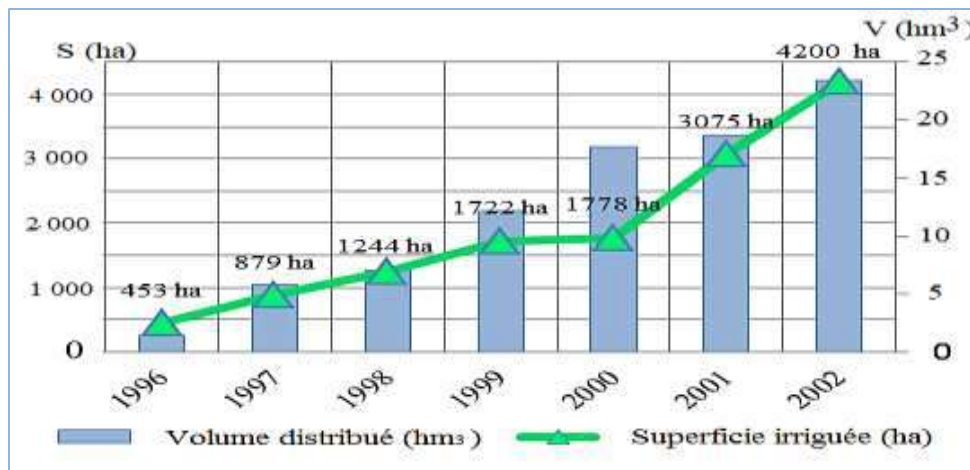
À l'échelle de la parcelle, les irrigations sont assurées par un système d'asperseurs et de rampes mobiles, conçu pour fonctionner en période de pointe en 2 positions de 8 heures par jour (écartement : 12 x 12 m et 18 x 18 m). L'irrigation localisée, par le système du goutte à goutte, concerne les meilleurs vergers.

### 1.3.4 . Bilan et contraintes d'exploitation du périmètre irrigué de Guelma Boucheougouf

#### 1.3.4.1 Volumes d'eau distribués et superficies irriguées

La figure 62 résume l'évolution pendant 7 années d'exploitation (1996-2002) des volumes d'eau distribués et des superficies irriguées du périmètre de Guelma-Boucheougouf.

Le périmètre était en période de mise en place entre 1996 et 2002. La superficie irriguée est passée de 500 ha à 4 200 hectares et le volume d'eau distribué de 1,42 hm<sup>3</sup> à 23,43 hm<sup>3</sup>. L'augmentation de la superficie irriguée correspond à la livraison de terrains équipés de matériels d'irrigation avec l'entrée en service graduelle des secteurs irrigués.



**Figure 62. Evolution des volumes d'eau distribués et superficies irriguées du périmètre de Guelma Bouchegouf (1996 -2002).**

#### 1.3.4.2 Contraintes d'exploitation

Il s'avère qu'après plus de dix ans d'exploitation, les équipements du périmètre ont atteint un certain niveau de dégradation : degré d'usure très avancé des pompes d'exhaure et des stations de pompage ; fuites d'eau dues à des fissures au niveau des réservoirs, notamment dans le secteur de Boumahra ; nombre important de fuites observé dans le réseau de canalisations ; déficits d'eau constatés dans certains canaux tertiaires en fin de réseau ; état de dégradation très avancé pour plus de la moitié des bornes d'irrigation, suite à leur usure par les eaux agressives et aussi à cause d'actes de vandalisme.

Ces problèmes influent négativement sur le débit pompé et par conséquent sur le débit des stations et au niveau des réseaux, perturbant fréquemment la distribution d'eau.

En conséquence, les gestionnaires appliquent un programme de distribution d'eau restreint au niveau des secteurs (tour d'eau de 48 heures dans le secteur de Guelma-centre allant jusqu'à 72 heures par semaine dans le cas du secteur de Boumahra).

### 1.4 Synthèse sur la situation des GPI avant 2005

Les données sur les variations annuelles du volume d'eau distribué au profit des trois (3) périmètres irrigués (période commune : 1991-2002) résument la situation générale avant 2005 de l'irrigation classée comme Grande Hydraulique (GH) (Fig. 63).

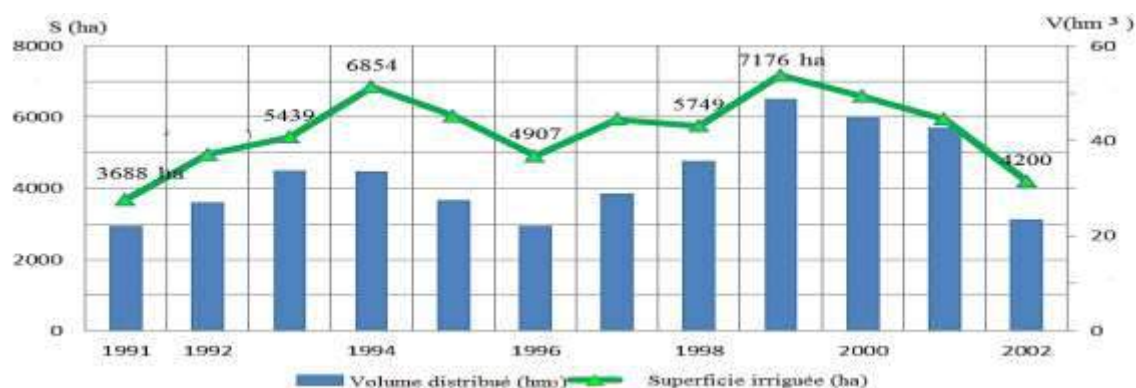


Figure 63. Volumes distribués et superficies irriguées des GPI (bilan : 1991-2002).

Le volume annuel distribué à l'irrigation n'a jamais atteint  $50 \text{ hm}^3$  pendant la période 1991-2002 ( $48,9 \text{ hm}^3$  en 1999). Le barrage de Hammam Debagh est le seul barrage n'ayant pas eu de restrictions en matière d'attribution de l'eau d'irrigation durant l'année sèche 2002. Un volume de  $23,5 \text{ hm}^3$  a été distribué pour couvrir une superficie de 4 200 ha en irrigué.

Il est à signaler que pendant certaines années, un faible stock au début de saison d'irrigation (en mars) peut entraîner le non-respect des quantités d'eau allouées par les autorités publiques aux périmètres irrigués. Il est également possible de décider de ne pas alimenter les périmètres irrigués pendant une année de sécheresse extrême (année de 2002), d'autant plus que la priorité de l'approvisionnement en eau est en faveur de l'eau potable.

Ces périmètres ont connu des difficultés depuis la mise en place des systèmes hydrauliques : faible disponibilité en eau des barrages, souvent réduites lors des années sèches en raison d'une forte concurrence de l'A.E.P ; beaucoup de pertes sont observées aux niveaux des réseaux et de la parcelle. Aussi, la plupart des G.P.I, depuis leur création, n'ont jamais pu irriguer plus de la moitié de leur surface irrigable à partir de l'eau des barrages, selon l'étude P.NE de 2005.

Il est à noter que les superficies irriguées mentionnées plus haut ne concernent que les hectares irrigués de manière officielle et ne tiennent pas compte des surfaces irriguées par forages illicites ou par des prises au fil de l'eau. De nombreux forages illicites existent sur ces périmètres et permettent d'irriguer en réalité bien plus que les surfaces déclarées, à partir de l'eau de barrage (PNE, 2005). On trouve dans ces trois périmètres irrigués (GPI) beaucoup de céréales cultivées en sec (donc n'apparaissant pas dans les tableaux précédents) en raison de subventions accordées par l'Etat.

## 2. PROJETS ET ACTIONS DE VALORISATION DES GPI : PERIODE 2006-2016

La recherche d'une amélioration continue de l'efficacité de l'utilisation de l'eau fait partie des objectifs de développement durable, comme le stipule la loi de 2005 sur l'eau. Dans ce contexte, et en vue de la rentabilisation des investissements réalisés (jamais plus de 7 176 ha irriguées pour les 28 436 ha irrégulables), les grands périmètre irrigués du Nord-Est algérien ont bénéficié de programmes à travers trois principales interventions : la mise à niveau des trois anciens périmètres irrigués, la mise en service de quatre nouveaux grands périmètres d'irrigation, l'introduction d'équipements économes en eau au niveau de la parcelle irriguée.

## 2.1 Remise à niveau des anciens périmètres irrigués

Le développement des infrastructures hydrauliques se fait dans le cadre des Programmes Nationaux d'Investissement Public (PNIP) du Ministère des Ressources en Eau, visant le renforcement de la maintenance et de la réhabilitation des infrastructures d'irrigation, de manière à assurer la pérennité des équipements, à améliorer leurs performances et à réduire les pertes d'eau dans les réseaux.

Le tableau 22 montre les actions menées par les gestionnaires pour renover le réseau d'irrigation au niveau des trois anciens périmètres irrigués.

**Tableau 22. Les projets et actions mis en œuvre à l'échelle des GPI (ONID, 2011)**

Périmètre d'irrigation	Wilaya	Superficie Équipée (ha)	Superficie irrigable (ha)	Année de mise en service	Principales actions (2006 -2016)
Bouamoussa	El-Tarf	16 158	13 850	1970	Remise à niveau 2009 Réhabilitation des infrastructures Réhabilitation station de pompage Zerizer
Saf Saf	Skikda	5 656	5 386	1991	Réhabilitation station de pompage d'El Harouch
Guelma-Boucheougouf	Guelma	9 940	9 220	1996	Réhabilitation des stations de pompage des secteurs : Cherf Guelma-centre, Boumahra.
<b>Total</b>		<b>31 754</b>	<b>28 406</b>		

- La Remise à niveau du périmètre de Bouamoussa en 2009 comprenait la réhabilitation des infrastructures et la station de pompage de Zerizer dans le cadre des projets de rénovation et de renforcement des capacités des installations hydrauliques portant sur l'amélioration de l'efficacité des réseaux collectifs d'irrigation.
- Le Plan d'action de 2011 était axé sur la réhabilitation et la maintenance des périmètres irrigués : programmes de réhabilitation et de rénovation des systèmes d'irrigation (installation d'adduction, réseaux de distribution d'eau pour les irrigants, etc.) dans les trois périmètres irrigués (Bouamoussa, Guelma-Boucheougouf, Safaf). Un montant de 42,783 millions de dinars algériens leur a été consacré, dont 76% affectés aux réseaux d'irrigation, 21,5% aux stations de pompes, et 2,5 % aux réseaux d'assainissement.

- Les actions périodiques : à l'instar des grandes surfaces irriguées en Algérie, les dépenses d'entretien périodique sont passées de 200 dinars algériens (DA) par hectare en 2006 à 1000 DA par hectare en 2012, ce qui a encore amélioré les coûts de gestion (ONID, 2013). L'entretien périodiques concerne la maintenance et le curage des ouvrages de tête, des bassins et des bâches d'aspiration, le remplacement des canaux et des conduites, la réparation et la reprise des ouvrages en béton, la réparation et l'entretien des équipements hydromécaniques.

## 2.4 Mise en service de quatre nouveaux périmètres irrigués (GPI) après 2005

Entre 2006 et 2016, quatre nouveaux périmètres irrigués ont été mis en service : Zit Emba (2 070 ha), Jijel-Taher (1 000 ha). Sedrata (1 275 ha) et Ksar Sbahi (1 900 ha), ce qui a conduit à la hausse de la superficie équipée des GPI de 31 754 ha à 37 999 ha, soit une augmentation de 6 245 ha (Tableau 23).

**Tableau 23. Caractéristiques des nouveaux grands périmètres mis en exploitation après 2005.**

Périmètre Irrigué (et Wilaya)	Année de mise en service	Ressource en eau (Barrage)	Les installations d'adduction et de distribution d'eau aux irrigants sont conduites et réalisés par MRE sur ces périmètres publics d'irrigation	Situation en année de mise en service	Situation en fin de projet
				Superficie équipée (ha)	Superficie équipée (ha)
Zit Emba (Skikda)	2007	Zit Emba	Adduction du barrage de Zit Emba pour alimenter le périmètre de Zit Emba	2 070	2516
Jijel-Taher (Jijel)	2010	El-Agrem	Adduction barrage d'El Agrem pour alimenter le périmètre Jijel -Tahèr	1 000	2498
Sedrata (Souk-Ahras)	2010	Oued Cherf (Foum El Khanga)	Adduction de Foum El Khanga pour alimenter les deux périmètres de Sedrata et Ksar Sbihi	1 275	1275
Ksar Sbahi (O.E. Bouaghi)	2010	Oued Cherf (F. -El Khanga)	Adduction barrage de Foum El Khanga pour alimenter le périmètre de Ksar Sbahi	1 900	2242
<b>Total</b>				<b>6 245</b>	<b>8 531</b>

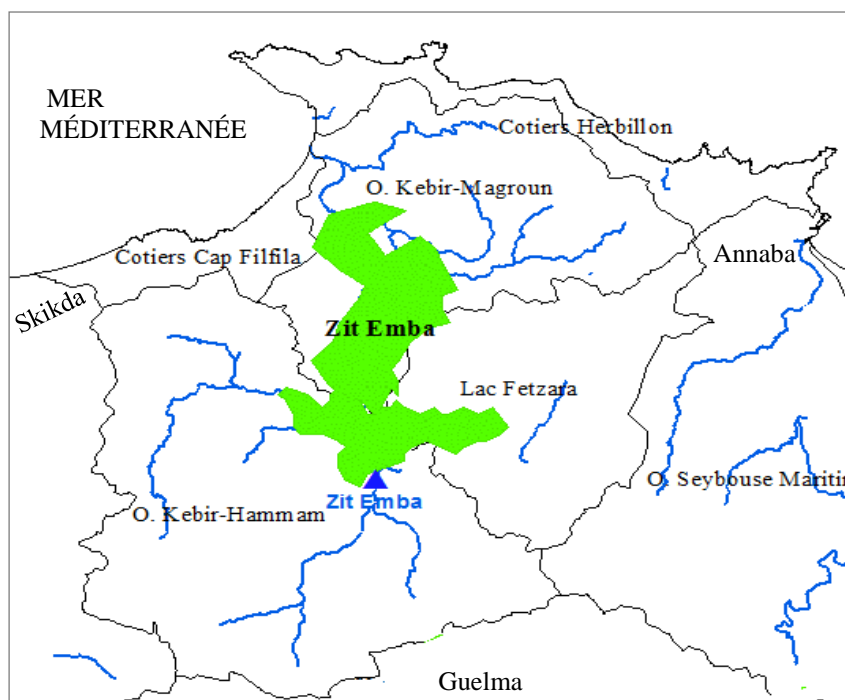
### 2.4.1 Le périmètre irrigué de Zit Emba (Skikda)

#### 2.4.1.1 Situation géographique et système de culture

Le périmètre d'irrigation de Zit Emba est situé dans la plaine de Ben Azzouz et Azzaba (wilaya de Skikda) dans la partie Ouest de la plaine d'Annaba, au bord du lac Fetzara.

En termes d'aménagement, le périmètre est divisé en deux parties : la partie Nord a été mise en service en 2007 sur une superficie équipée de 2 070 hectares (un projet qui atteindra 2 516 ha équipés). Au sud, la seconde partie de 3 959 hectares fait partie d'un programme dans le futur.

Le périmètre est alimenté en eau par les lâchers du barrage de Zit Emba érigé sur l'oued Kebir-Hammam (bassin des Côtiers constantinois) (Fig. 64).



**Figure 64. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Zit Emba.**

Le périmètre irrigué, situé dans la région sublittorale à climat méditerranéen, bien que sujette à des températures douces et à de fortes précipitations, se caractérise par une saison sèche qui nécessite une irrigation en été.

L'irrigation dans ce périmètre est principalement concentrée sur les cultures de tomates industrielles (43 %) et les cultures maraîchères (41%). L'arboriculture représente 16 % de la superficie totale irriguée (tableau 24).

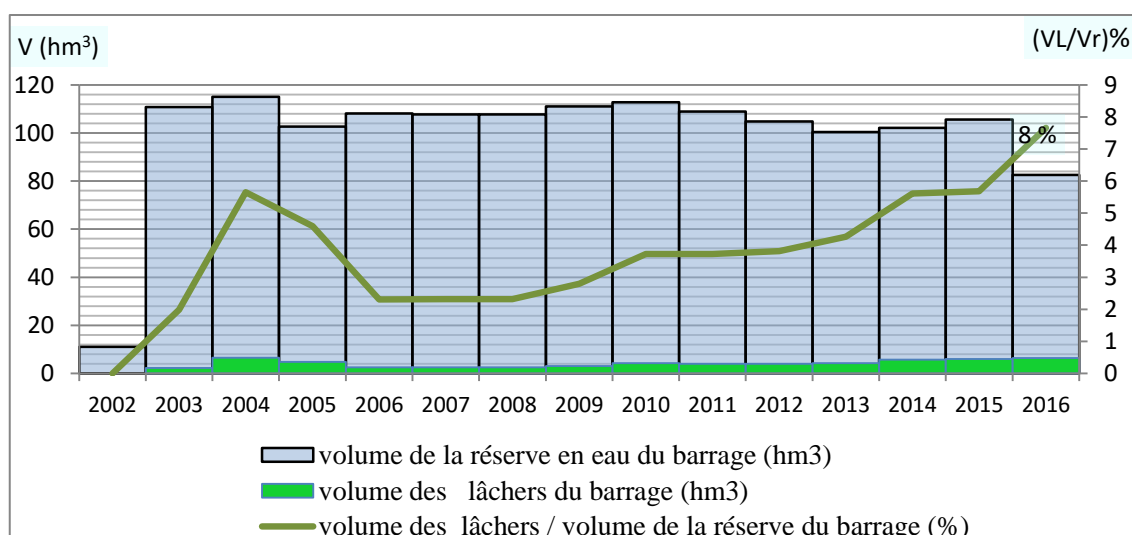
*Tableau 24. Le système de cultures en irrigué dans le périmètre de Zit-Emba en 2013.*

Campagne 2013	Cultures Industrielles (ha)	Maraîchage (ha)	Arboriculture (ha)	Cultures fourragères (ha)	Céréaliculture (ha)	Total
sup (ha)	440,25	421,75	158,5	0	0	1020,5
sup (%)	43 (%)	41%	16%	0	0	100

#### 2.4.1.2 Alimentation en eau : Barrage de Zit Emba

La capacité de stockage du barrage est de 120 hm<sup>3</sup>. Depuis la mise en service du barrage en 2002, la réserve d'eau a atteint des niveaux élevés, et se caractérise par une stabilité au fil des années, avec une moyenne annuelle de 99,426 hm<sup>3</sup>, soit 83% de la capacité du barrage.

Cependant, les lâchers annuels d'eau au profit de l'irrigation durant la période (2003 -2016) sont faibles (4,186 hm<sup>3</sup>) variant dans une fourchette de 2,2 à 6,33 hm<sup>3</sup> ; ils représentent dans le meilleur des cas 8 % de la réserve (Fig. 65).



**Figure 65. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers d'eau du barrage de Zit Emba (2002 -2016)**

Dans un premier temps, le barrage de Zit Emba était destiné à irriguer le périmètre, mais la sécheresse qui a sévi sur la région en 2002 a incité les autorités à fournir de l'eau potable à la commune d'Azzaba et à la ville de Skikda. Les prélèvements d'eau pour l'alimentation en eau potable ont atteint 9,963 hm<sup>3</sup> en 2016 soit 8,6% de la réserve du barrage.

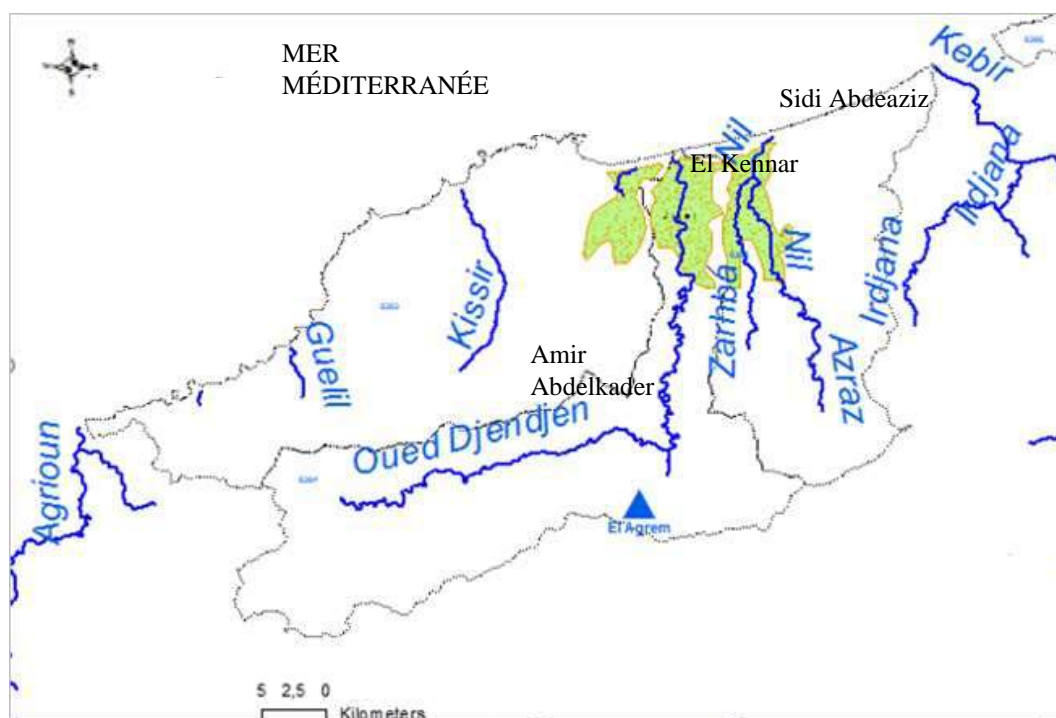
## 2.4.2 Le périmètre irrigué de Jijel-Taher

### 2.4.2.1 Situation géographiques et système de cultures

Ce périmètre irrigué s'inscrit dans le cadre de l'aménagement et de l'équipement des plaines côtières de la wilaya de Jijel (Fig. 66). Il s'étend sur un ensemble de collines de faible altitude et de basses plaines alluviales plus ou moins larges, le long de la côte.

Le périmètre est alimenté en eau par les lâchers du barrage d'El-Agrem qui est situé dans la commune de Kaous, à environ 12 km au Sud de Jijel, au-dessus des monts Sidi Yahya. Il a été mis en exploitation en 2004.

Sur une superficie de 4 000 hectares classés parmi les sols aptes à l'irrigation, 1 000 hectares ont déjà été équipés et mis en service en 2010, dans le cadre d'un projet sur une superficie équipée de 2 498 ha.



**Figure 66. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Jijel-Taher**

La superficie irriguée a augmenté et est passée à 849,25 hectares en 2013, soit 85% de la superficie équipée. Les cultures en système irrigué sont dominées par le maraîchage, 91 %, dont 30% (232 ha) sont cultivés en serre. La superficie irriguée concerne l'arboriculture ( 8% ) et les cultures industrielles (1%) (Tableau 25).

**Tableau 25. Plan de cultures en irrigué dans le périmètre de Jijel-Taher en 2013**

Compagne 2013	Maraîchage	Arboriculture	Cultures industrielles	Cultures fourragères	Céréaliculture	Total
Superficie (ha)	774,5	66,75	8	0	0	849,25
Superficie (%)	91,0	8,0	1,0	0,0	0,0	100,0

#### 2.4.2.2 L'alimentation en eau : barrage d'El-Agrem

La capacité de stockage du barrage est de 33,9 hm<sup>3</sup>. Au cours de la période 2004 -2016, les réserves en eau du barrage ont atteint des niveaux confortables et une stabilité marquée par un volume de remplissage de 30,4 hm<sup>3</sup> en moyenne, variant entre 29,5 et 32,3 hm<sup>3</sup>. Le volume annuel moyen d'eau évaporée, est estimé à 2,028 hm<sup>3</sup> par an (6% de la réserve).

Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation totalisent un volume annuel moyen de 1,366 hm<sup>3</sup>. Ils ont enregistré une croissance continue, passant de 0,220 hm<sup>3</sup> en 2010 à 2,089 hm<sup>3</sup> en 2016. En termes de rapport entre les volumes d'irrigation et la réserve, le périmètre irrigué a bénéficié en 2014 d'un taux maximum de 11% de la réserve d'eau du barrage (Fig. 66).

L'adduction pour l'eau potable atteint 5,687 hm<sup>3</sup> en 2016, soit une moyenne mensuelle de 0,474 hm<sup>3</sup>. Les communes alimentées en eau potable par le barrage sont Emir Abdelkader et Kaous et ainsi que la ville de Taher.



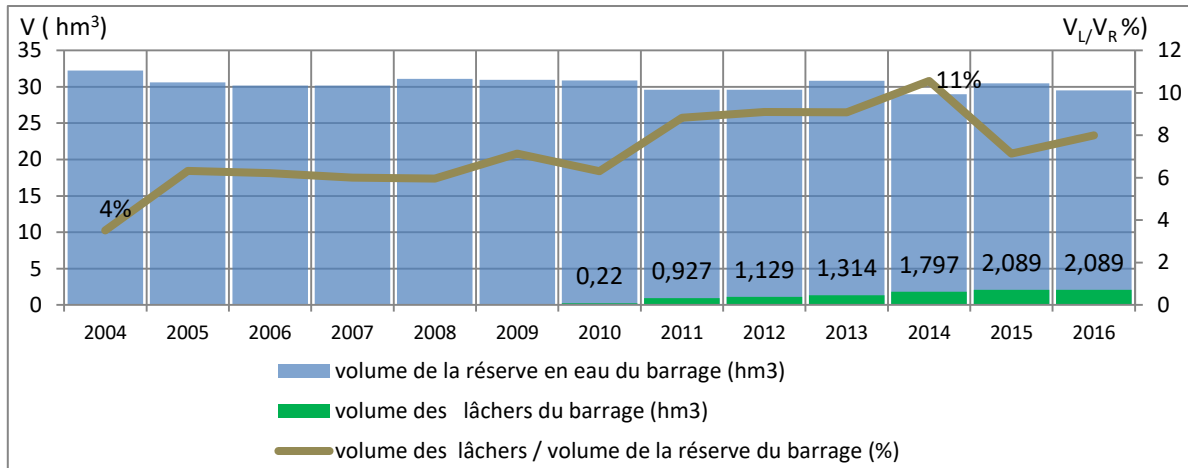


Figure 67. Variation interannuelle de la réserve d'eau du barrage d'El-Agrem et de ses lâchers pour l'irrigation (période 1997-2016)

### 2.4.3 Les périmètres irrigués de Ksar Sbahi et de Sedrata

Le périmètre de Ksar Sbahi est administrativement situé dans la wilaya d'Oum El Bouaghi et le périmètre de Sedrata appartient à la wilaya de Souk Ahras (cf, Fig. 1).

Les deux périmètres irrigués sont situés dans la même région géographique (les hautes plaines) et dans le même bassin hydrographique (bassin versant d'Oued Cherf). Ils sont également alimentés en eau par le même barrage, celui de Foug El-Khanga (Fig. 68).

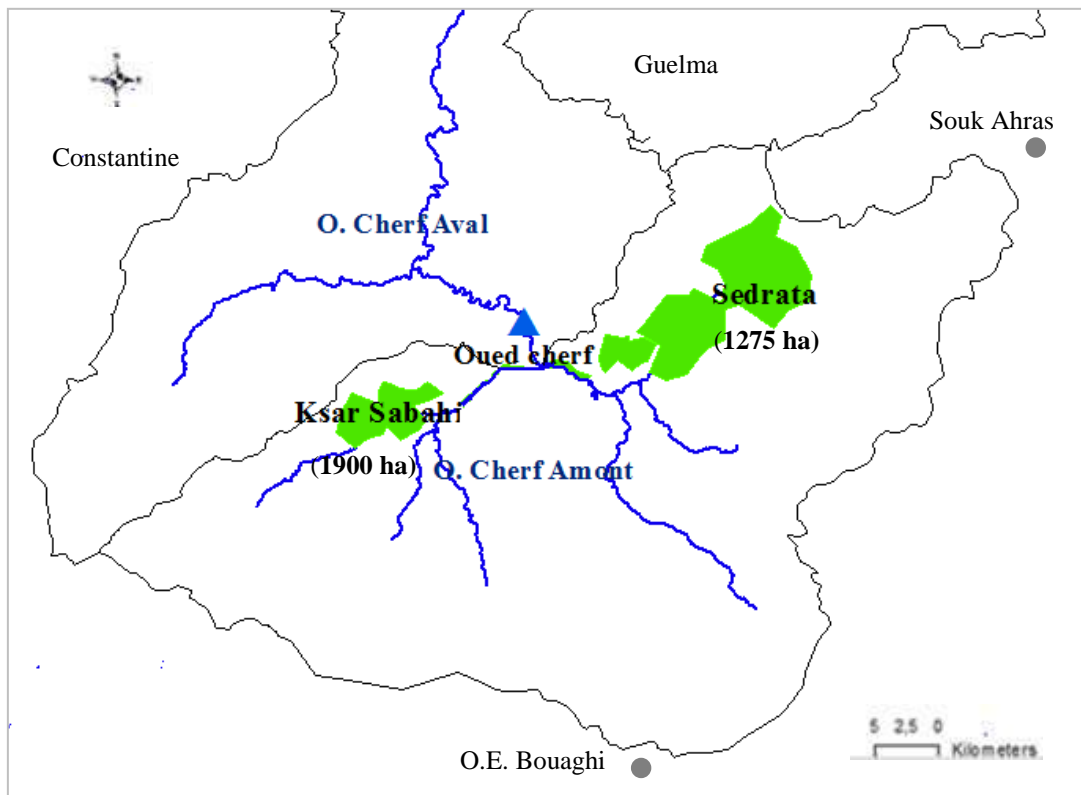


Figure 68. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de l'Oued Cherf

#### 2.4.3.1 Contexte physique et système de culture en irrigué

Les deux périmètres irrigués ont été aménagés sur des plaines situées entre 750 et 850 mètres d'altitude. Ils sont conçus pour remplacer les cultures céréalières par des cultures maraîchères et fruitières, qui valorisent au mieux le mètre cube d'eau.

Dans cette région semi-aride, la pluviométrie annuelle moyenne est de 413 mm (310 - 635 mm), et elle est souvent sujette à la sécheresse, surtout lorsque les pluies sont rares entre février et mars, selon les données climatiques de la station météorologique d'Oum El-Bouaghi pour la période 2000 – 2014.

L'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) calculée selon la formule de Turc, est de 1 310 mm. le déficit agricole annuel s'élève à 897,9 mm, avec une valeur mensuelle maximale de 228,2 mm enregistrée en juillet. Suivant les résultats du bilan hydrique, on a recours à l'irrigation complémentaire en décembre et janvier pour améliorer la production agricole, en particulier les céréales, tandis que l'irrigation est nécessaire de mars à novembre pour produire des cultures maraîchères (pommes de terre, tomates et oignons).

D'après les études agro-pédologiques menées dans la région (ANRH, 2001), 4 831 ha de sols sont classés aptes à l'irrigation, répartis comme entre le périmètre de Sedrata (1 401 ha) et le périmètre Ksar Sbahi (3 430 ha).

En 2010, les deux périmètres irrigués ont été mis en service sur une superficie totale de 3 175 hectares : le périmètre de Sedrata s'étend sur 1 275 hectares, et celui de Ksar Sbahi sur 1 900 hectares (Tableau 26).

La superficie irriguée a augmenté pour atteindre un maximum de 1 323 ha (année 2013) pour les deux périmètres irrigués, dont 800 hectares à Sadrata et 500 hectares à Ksar Sbahi (Tableau 26).

Le système des cultures irriguées dans les deux périmètres est le même, basé principalement sur les cultures maraîchères (63%) et les céréales (35%), et avec un pourcentage plus faible pour les cultures industrielles (0,5 %) et l'arboriculture (0,15%), (Tableau 26).

**Tableau 26 : Plan de cultures en irrigué des périmètres de Ksar Sebahi (523 ha) et de Sedrata (800 ha).**

Campagne année 2013	Maraîchage (ha)	Céréaliculture (ha)	Cultures Fourragères (ha)	Cultures Industrielles (ha)	Arboriculture (ha)	Total (ha)
Ksar Sbahi	302	204 ha	13ha	3ha	1 ha	523
Sedrata	531,5	260 ha	4 ha	3,5 ha	1ha	800
<b>Total (ha)</b>	<b>833,5</b>	<b>464</b>	<b>17</b>	<b>6,5</b>	<b>2</b>	<b>1 323</b>
<b>Total (%)</b>	<b>63 %</b>	<b>35 %</b>	<b>1,3 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,15%</b>	<b>100</b>

La pomme de terre est la culture qui domine le maraîchage irrigué. Elle est le produit le mieux adapté aux sols légers qui couvrent une grande partie de la région, et elle tolère la salinité de l'eau. Aussi l'orientation vers la production de cette filière est également motivée par son prix très rémunérateur pour les investisseurs agricoles.

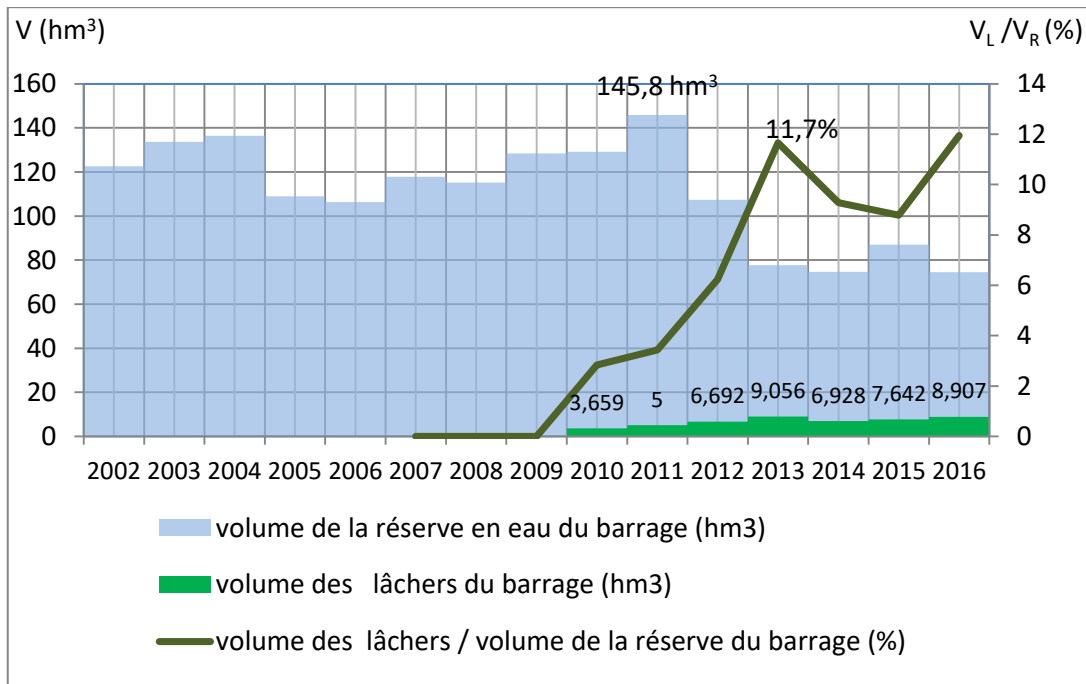
La rotation se fait selon l'ordre suivant : pommes de terre - céréales - jachère. Cet ordonnancement se justifie par le fait que la pomme de terre, grande consommatrice de fumier et d'engrais, laisse derrière elle un sol suffisamment riche pour supporter, l'année suivante, une deuxième culture. Ainsi, on voit alterner, sur les mêmes surfaces, trois rotations tous les deux ans (Khiari et Rebbouh, 2004).

#### 2.4.3.2 L'alimentation en eau : barrage de Foum El Khanga

Le barrage de Foum El Khanga, d'une capacité de stockage de 157 hm<sup>3</sup>, est érigé sur l'Oued Cherf, dans le but de régulariser les apports du bassin de l'Oued Cherf (apport moyen 4,038 hm<sup>3</sup>) et d'alimenter en eau les deux périmètres irrigués (Sedratta et Ksar Sbahi).

L'évolution interannuelle de la réserve d'eau du barrage, bien qu'elle ait diminué ces dernières années jusqu'au niveau de 74,5 hm<sup>3</sup> (année 2016), a en effet toujours été confortable, soit 111,05 hm<sup>3</sup> en moyenne au cours de la période 1997-2016 (Fig. 69).

Les lâchers d'eau au profit de l'irrigation totalisent un volume annuel moyen de 7,210 hm<sup>3</sup> soit 6,5%. Le volume des lâchers d'eau au profit de l'irrigation, rapporté au volume de la réserve (72,7 hm<sup>3</sup>), a atteint dans les meilleurs cas 11,7 % (9,1 hm<sup>3</sup>) en 2013 sur un réserve d'eau 74,605 hm<sup>3</sup>, ce qui montre qu'une grande partie de l'eau du barrage de Foum El-Khanga est inexploitée.



**Figure 69. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers du barrage de Foum El-Khanga (2002 – 2016).**

L'eau du barrage a un taux de salinité relativement élevé ; cette salinité provient des affleurements du Trias qui sont assez répandus dans la région drainée par les affluents du bassin versant de l'Oued Cherf. Les exploitations irriguées ont réussi à surmonter cet obstacle en introduisant la pomme de terre, une spéculature qui tolère la salinité relative de l'eau. Elle est pratiquée par l'ensemble des exploitations en irrigué. Cependant, la salinité de l'eau risque

de s'accumuler dans le sol à long terme, ce qui pourrait réduire la fertilité du sol et donc la production agricole (Khiari et Rebbouh 2004).

#### 2.4.3.3 *Le réseau d'irrigation mis en place*

Les deux périmètres dont la mise en exploitation est devenue effective en 2010, sont dotés d'un réseau de distribution sous pression, le mode d'arrosage dominant étant l'aspersion.

Le périmètre irrigué de Sadrata, est situé dans la partie Nord-Est du bassin versant de l'Oued Cherf, d'une surface équipée de 2 075 ha, comporte trois zones irriguées organisées de l'amont à l'aval selon le schéma de la figure 70. La zone de Sadrata constitue une entité, tandis que celle de Zouabi est divisée en deux parties Zouabi 1 et Zouabi 2. Ces zones irriguées sont situées à proximité immédiate des zones urbaines qui portent également le même nom. Les zones irriguées sont autonomes aussi bien sur le plan de l'aménagement que sur celui de la desserte en eau.

Le périmètre irrigué de Ksar Sbahi, est situé sur la rive gauche de l'Oued Cherf, la superficie équipée est de 1900 ha (Fig. 70).

Le système d'adduction jusqu'à l'entrée du périmètre est assuré par une station de pompage flottante permanente située sur la rive gauche du lac du barrage. La station de pompage est équipée par des électropompes pour le prélèvement (la prise d'eau) et le refoulement des eaux vers le réservoir de régulation (8 500 m<sup>3</sup>). Les réservoirs sont à ciel ouvert avec des volumes de stockage qui couvrent la différence entre le débit installé des pompes et les besoins des mois de pointe pendant 20 heures de fonctionnement. Au niveau de zones irriguées, à partir du réservoir, l'eau est distribuée par gravité aux bornes d'irrigation (en tête des parcelles).

L'eau est acheminée aux zones irriguées à travers un réseau de distribution, répartis en conduites principales, reliant les exploitants aux réservoirs d'eau, et en conduites secondaires qui sont branchées sur les conduites principales afin de les relier aux bornes d'irrigation sur les parcelles (les bornes d'irrigation ont un débit compris entre 3 et 30 l/s). Le réseau de distribution fonctionne sous pression, les points de cote où sont implantés les réservoirs assurent une pression au niveau des diffuseurs de 2 à 4 bars au moyen d'une rampe d'arrosage permettant d'atteindre la parcelle la plus éloignée.

À Au niveau de la parcelle irriguée, il existe deux types d'irrigation que les agriculteurs utilisent :

- ✓ Le mode prédominant est le mode d'aspersion, avec une efficacité d'irrigation comprise entre 65% et 85%. Ce mode offre une souplesse d'arrosage (rampes démontables et pression moyenne qui convient pratiquement à tous les terrains, même les plus accidentés).
- ✓ Le système de goutte à goutte, Ce mode d'arrosage (plus efficient), gagne du terrain grâce aux entreprises qui fournissent aux agriculteurs des équipements pour cette méthode, mais qui nécessite un certain savoir-faire et des analyses périodiques des sols au moins tous les quatre ans, dans le but d'éviter la salinité des sols.

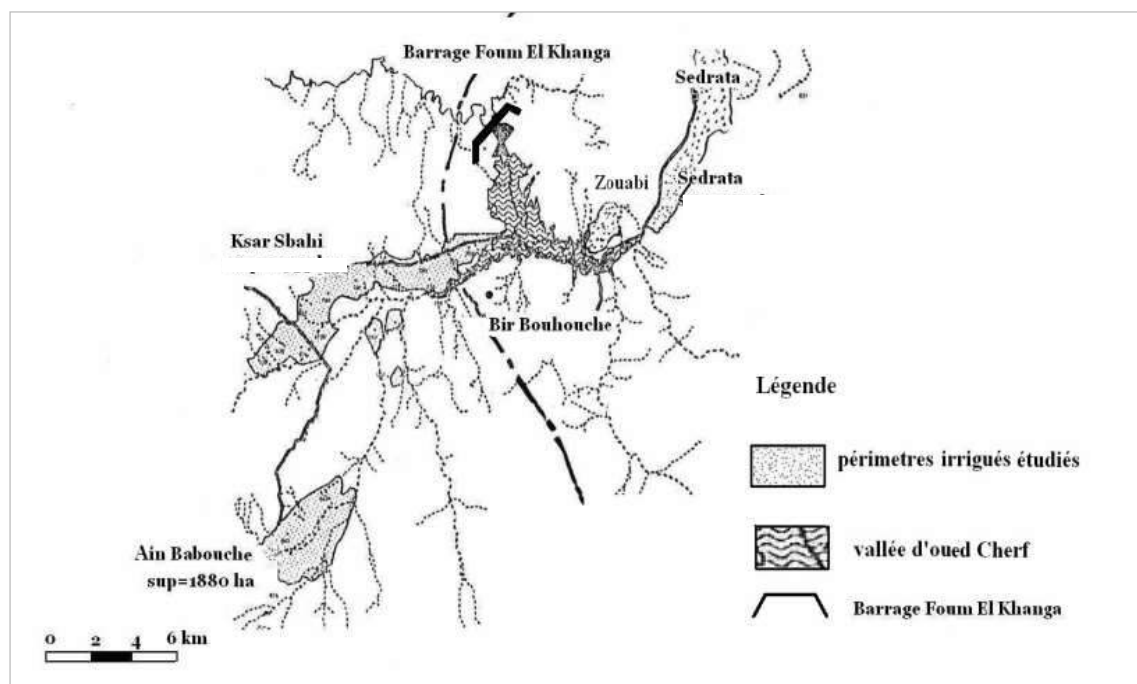


Figure 70. Situation des deux périmètres irrigués de Ksar Sbahi et de Sedrata (bassin d'Oued Cherf), (Halimi, 2008).

## 2.5 Introduction d'équipements plus économes en eau

La plupart des périmètres irrigués de Nord-Est algérien ont bénéficié de subventions de l'État pour des équipements économes en eau, dans le cadre du programme national de développement agricole, « appui à l'irrigation », Ceci, en vue de l'amélioration de l'efficacité des réseaux d'irrigation et de la parcelle (on fait l'économie de 30% pour l'irrigation localisée et de 15% pour l'aspersion).

Sur l'ensemble de la surface équipée (37 846 ha) des 7 GPI en exploitation, l'irrigation par les équipements plus économes en eau couvrent une superficie de 12 272 ha : la méthode d'irrigation par aspersion occupe une superficie de 10 368 ha (85%), tandis que le mode de goutte à goutte occupe 1 804 ha (15%). l'irrigation par gravité se limite à une superficie de 397 ha (3%), (Fig. 71).

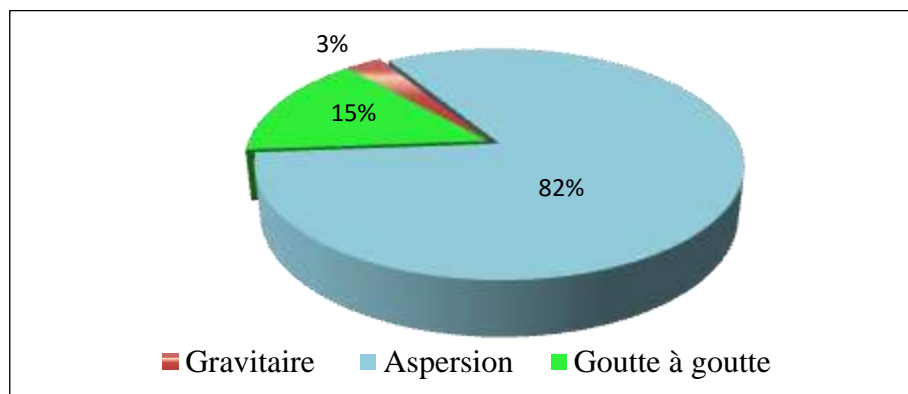
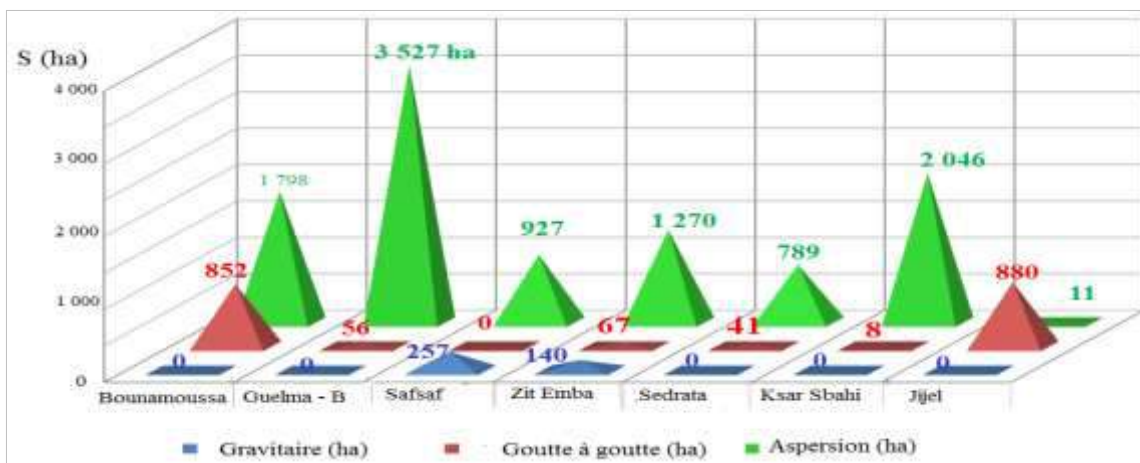


Figure 71. Répartition (en %) des surfaces irriguées selon les trois modes d'irrigation dans les GPI (situation de 2016)

La répartition des modes d'irrigation par périmètre est illustrée par la figure 72.



**Figure 72. Répartitions (en ha) des modes d'irrigation à la parcelle à travers les 7 périmètres irrigués du Nord- Est algérien**

- ✓ *Le système gravitaire* : technique la plus ancienne d'irrigation, l'eau est véhiculée par gravité dans un canal principal à ciel ouvert, répartie ensuite dans des canaux de plus en plus petits qui irriguent les parcelles cultivées. Ce mode d'irrigation représente le mode le moins économe en eau. Il n'est pratiqué que dans deux périmètres : 257,22 ha, soit 22% de la surface équipée du Safsaf, et 140 ha, soit 11%, de la superficie équipée de Zit Emba.
- ✓ *Le système d'aspersion* : l'eau est véhiculée sous forte pression dans des canalisations souterraines auxquelles sont raccordés des systèmes d'aspersion (arroseurs canons) ; les cultures sont alors arrosées par une fine pluie artificielle. L'aspersion est le mode d'irrigation dominant au niveau des périmètres irrigués, mis à part le périmètre de Jijel. La répartition de ce mode par périmètre : Bounamoussa (1798 ha), Guelma-Boucheougouf (3527 ha), Ksar Sbahi (2 046,22 ha), Safsaf (926,81 ha), Zit Emba (1269,5 ha), Sedrata (789,25 ha), Jijel-Taher (11 ha).
- ✓ *Le système goutte-à-goutte* : cette technique d'irrigation localisée consiste à apporter de l'eau sous faible pression, de façon intermittente et uniquement aux endroits où elle est nécessaire, dans le voisinage immédiat des racines, à l'aide des fins tuyaux posés sur le sol ou enterrés. Les irrigants sont encouragés à se convertir à ce système économique afin d'optimiser l'utilisation des eaux d'irrigation et d'éviter le gaspillage. Ce mode existe dans la majorité des périmètres, avec des surfaces limitées variant entre 8 ha à Ksar Sbahi et 880 ha à Jijel où cette technique est dominante.

## 2.6 Bilan d'exploitation des grands périmètres irrigués (2006-2016)

### 2.6.1 . Évolution de la superficie irriguée dans les GPI du Nord-Est de l'Algérie (2006 - 2016)

Entre 2006 et 2016, le rythme d'évolution des surfaces irriguées dans les GPI du Nord-Est algérien a été en hausse, passant de 7 623 hectares en 2006 à 13 500 hectares en 2013, année pendant laquelle a été atteinte la superficie irriguée la plus élevée (Fig. 73).

En moyenne entre 2006 et 2016, la superficie totale irriguée des sept grands périmètres atteint 11 605 hectares : 4 466 hectares (42,5%) sur le périmètre de Guelma Bouchgouf et le reste de la superficie étant réparti entre les périmètres de Bounamoussa (2 394 ha, 23%), Safsaf (1134 ha ; 10,5%) ; Ksar Sbahi (1100 ha, 9,5 %), Sedrata (830 ha, 7,8%) et Jijel-Taher (681 ha ; 6,5%), (Fig. 74).

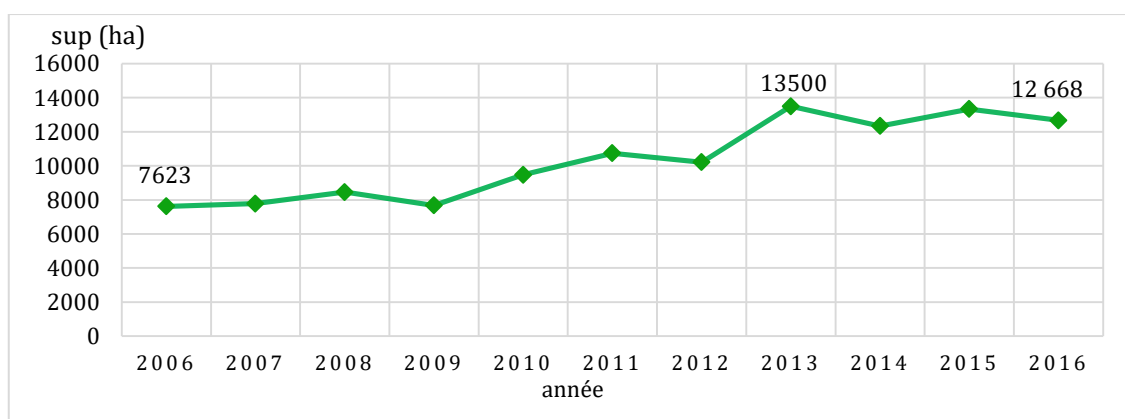


Figure 73. Évolution de la superficie irriguée dans les GPI du Nord-Est algérien (2006-2016)

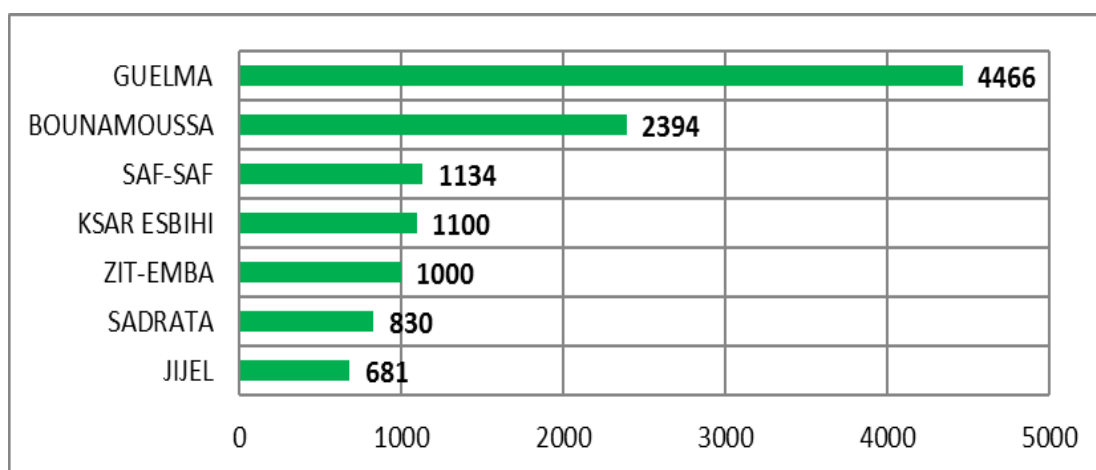


Figure 74. Superficie moyenne irriguée par périmètre durant la période 2006-2016

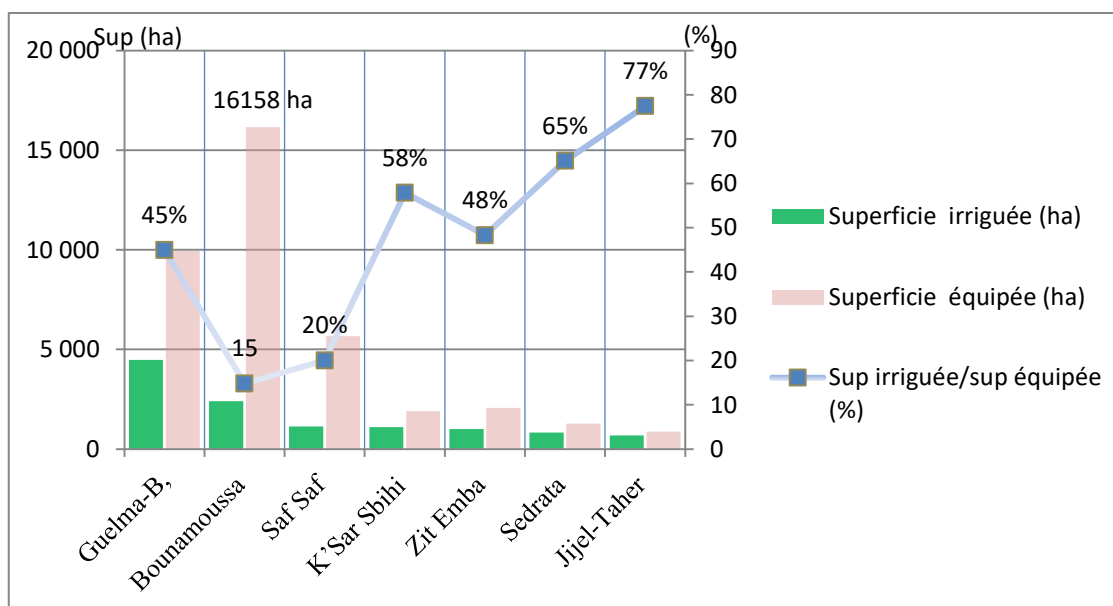


Figure 75. Superficie équipée et superficie irriguée des GPI du Nord- Est algérien, (moyenne de la période : 2006-2016)

### 2.6.2 La réserve d'eau des barrages et le volume d'eau mobilisé pour l'irrigation

La répartition de la réserve d'eau totale (580,27 hm<sup>3</sup>) par barrage est la suivante : Cheffia (130,21 hm<sup>3</sup>), H. Debagh (129,09 hm<sup>3</sup>), Guenita - Zardézas (80,5 hm<sup>3</sup>) ; Zit Emba (99,42 hm<sup>3</sup>), F.Khanga (111,04 hm<sup>3</sup>) et El-Agrem (30,4 hm<sup>3</sup>) (Fig. 76).

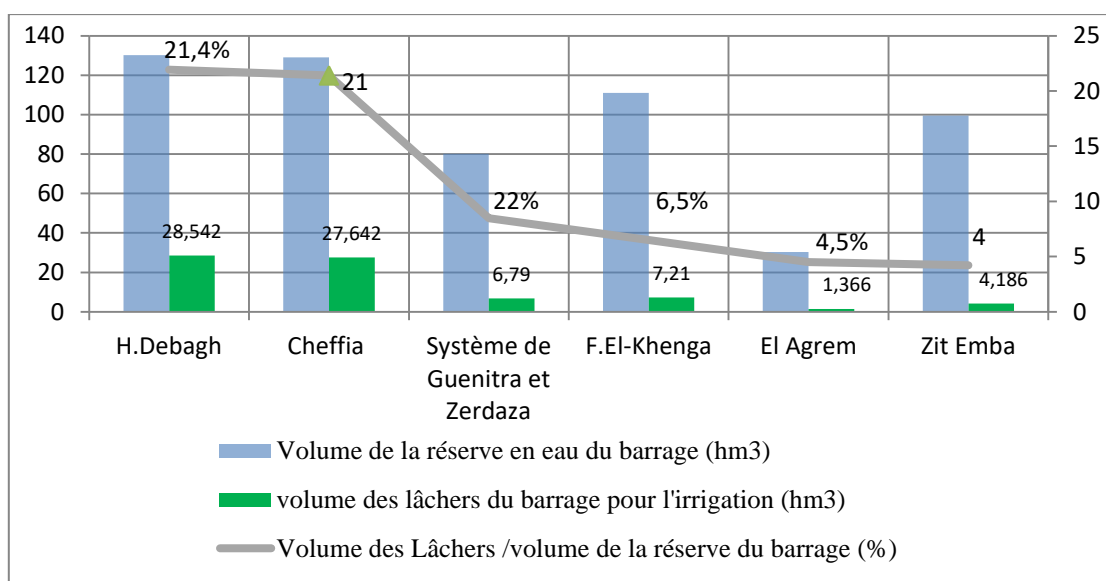


Figure 76. La réserve d'eau des barrages et la part du volume des lâchers pour l'irrigation

Le volume des lâchers d'eau pour l'irrigation est de 75,732 hm<sup>3</sup> soit 13 % la réserve en eau stockée dans les barrages, estimée à 580,27 hm<sup>3</sup>. Les trois quarts de ce volume des lâchers proviennent de deux barrages : H. Debagh (28,542 hm<sup>3</sup>) et Cheffia (27,642 hm<sup>3</sup>). Le quart restant est divisé entre les cinq autres barrages : F. El -Khanga (7,21 hm<sup>3</sup>), Guenitra-Zardézas (6,79 hm<sup>3</sup>), Zit Emba (4,186 hm<sup>3</sup>) et El-Agrem (1,366 hm<sup>3</sup>).



La proportion du volume des lâchers rapportés au volume de la réserve du barrage diffère d'un barrage à un autre : 4,2% dans le cas du barrage de Zit Emba et elle atteint 22% de la réserve au barrage de H. Debagh qui irrigue le périmètre de Guelma-Boucheougouf.

### 3. CONCLUSION DE CHAPITRE 3

Les données sur les variations annuelles du volume d'eau distribué au profit des trois périmètres irrigués de Boumanoussa, Safsaf, Guelma-Boucheougouf (période commune : 1991-2002) résument la situation générale avant 2005 de l'irrigation classée comme Grande Hydraulique (GH).

Le volume annuel distribué à l'irrigation n'a jamais atteint 50 hm<sup>3</sup> pendant la période 1991-2002 (48,9 hm<sup>3</sup> en 1999). Le barrage de Hammam Debagh est le seul barrage n'ayant pas eu de restrictions en matière d'attribution de l'eau d'irrigation durant l'année sèche 2002. Un volume de 23,5 hm<sup>3</sup> a été distribué pour couvrir une superficie de 4 200 ha en irrigué.

Il est à signaler que pendant certaines années, un faible stock au début de saison d'irrigation (en mars) peut entraîner le non-respect des quantités d'eau allouées par les autorités publiques aux périmètres irrigués. Il est également possible de décider de ne pas alimenter les périmètres irrigués pendant une année de sécheresse extrême (année de 2002), d'autant plus que la priorité de l'approvisionnement en eau est en faveur de l'eau potable.

Ces périmètres ont connu des difficultés depuis la mise en place des systèmes hydrauliques: faible disponibilité en eau des barrages, souvent réduites lors des années sèches en raison d'une forte concurrence de l'A.E.P ; beaucoup de pertes sont observées aux niveaux des réseaux et de la parcelle. Aussi, la plupart des G.P.I, depuis leur création, n'ont jamais pu irriguer plus de la moitié de leur surface irrigable à partir de l'eau des barrages, selon l'étude P.NE de 2005.

Entre 2006 et 2016, avec la mise en service de quatre nouveaux périmètres (Zit Emba : Ksar Sbahi, Sedrata et Jijel-Ther) la région du Nord- Est de l'Algérie compte sept (7) grands périmètres irrigués d'une superficie totale de 37 999 hectares, soit 30,3 % du potentiel des sols irrigables (125 328 hectares) de la région étudiée ce qui représente 19,5 % de la surface équipée totale des 36 grands périmètres existants en Algérie (195 400 hectares).

Les sept périmètres irrigués sont pour la plupart équipés de réseaux sous pression permettant l'utilisation de techniques modernes (aspersion, goutte à goutte). Ces projets bénéficient des apports d'eau stockés dans des barrages.

La superficie équipée est de 37 999 ha répartie sur trois zones géographiques : La zone côtière comprend quatre grands périmètres irrigués : Bounamoussa : 16 158 ha (42,5 % de la superficie totale équipée) ; Safsaf : 5 656 ha (14,9 %) ; Zit Emba : 2070 ha (5,4 %) et Jijel : 1000 ha (2,6 %). La région tellienne comprend un périmètre irrigué : Guelma-Bocheougouf avec 9 940 ha (26,1 %). Dans la région des Hautes Plaines, il existe deux grands périmètres irrigués : Sedrata avec 1 275 ha (3,4 %) et Kasr Sbahi avec 1 900 ha (5,0 %).

La superficie réellement irriguée dans les grands périmètres est de 11 605 hectares, qui a été largement réalisée par le périmètre de Guelma-Boucheougouf, soit 4 466 hectares (38,5 %), tandis que le reste (61,5%) est réparti dans des proportions différentes entre les six autres

périmètres : Bonamoussa : 2 394 hectares (21,0 %) ; Safsaf : 1 134 hectares (10,0 %) ; Ksar Sbahi : 1 100 (9,5 %) ; Sedrata : 830 hectares (7,1 %) ; Jijel : 681 hectares (6,0 %).

Par rapport aux surfaces équipées, le taux d'utilisation des sols apparaît modeste pour les trois anciens périmètres à fort potentiel d'équipement : Guelma-Bochegouf (45%, soit 4466 ha sont irriguées sur 9940 ha équipées), Safsaf (20%) et Bounamoussa (15 %). sachant que le taux d'utilisation optimal atteint jusqu'à 65-75% pour un périmètre avec un réseau de distribution sous pression (à la demande) (Kebiche, 2007). Le taux d'utilisation des sols équipés pour les nouveaux périmètres, de taille moyenne, est acceptable : Jijel-Taher (68%), Sedrata (65 %), Ksar Sbahi (58%) et Zit Emba (48%).

Le volume des lâchers d'eau d'irrigation rapporté au volume de la réserve des barrages, diffère d'un barrage à un autre. Le minimum est enregistré au barrage de Zit Emba (4,2% par rapport à une réserve d'eau de 99,42 m<sup>3</sup>) et ce taux atteint 22% dans le cas du barrage de H. Debagh, qui dispose d'une réserve moyenne de 130 hm<sup>3</sup> pour alimenter le grand périmètre de Guelma-Bouchegouf. Les lâchers d'eau pendant la campagne d'irrigation s'étalent sur 8 mois, d'avril à novembre.

Les ressources en eau allouées au secteur de l'irrigation, sont encore faibles par rapport au stock des barrages (13%) et l'utilisation des équipements d'irrigation est très limitée (seulement 30,5% de la surface équipée est irriguée), ce qui pose le problème de la rentabilité de ces investissements classé comme grands hydraulique.

Cependant, des progrès réels ont été enregistrés à travers les programmes de réhabilitation en termes de valorisation de l'eau agricole dans les GPI (loi 2005), qui peut être appréciée à travers une nette progression des superficies équipées qui est passée de 31 754 (avant 2005) à 37 999 ha en 2016 (augmentation de 16,4%). Ce qui a permis l'extension de la superficie irriguée de la région de 5 622 ha en 2006 à 13 500 ha en 2013, soit un taux d'évolution de 58,4%. Ceci est en relation avec les volumes des lâchers d'eau des barrages (75,732 hm<sup>3</sup>). La productivité agricole est désormais orientée vers des spéculations valorisant au mieux le mètre cube d'eau d'arrosage (cultures à haut rendement).

## **CHAPITRE IV**

---

### **L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION**

---

## INTRODUCTION

Ce chapitre vise à évaluer le niveau de valorisation et de gestion de l'eau dans les sept grands périmètres irrigués : Bounamoussa, Safsaf, Guelma-Boucheouf, Zit Emba, Jijel-Taher, Sedrata et Ksar Sbahi.

Notre approche comprend quatre étapes :

- 1) L'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) : définition et méthodes ;
- 2) L'évaluation de l'efficacité globale des réseaux E1 (adduction et distribution) de la période 2006-2016 ;
- 3) Le calcul de l'indice d'Efficacité d'Utilisation de l'Eau d'irrigation (EUE) de la campagne d'irrigation de 2016 ;
- 4) La comparaison des besoins théoriques en eau d'irrigation aux volumes utilisés (campagne d'irrigation de l'année 2016).

## 1. L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION

La méthode d'estimation de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation s'appuie d'une part, sur l'évaluation du niveau de l'efficacité des réseaux de transport et de distribution (E1) (appliquée sur la période 2006-2016), et d'autre part, sur l'efficacité d'irrigation à la parcelle (E2) (appliquée à la campagne d'irrigation de l'année 2016).

L'indice d'Efficacité d'Utilisation de l'Eau d'irrigation ( $EUE = E1 * E2$ ) permet, au final, de suivre les efforts réalisés en termes d'économie d'eau en diminuant les pertes et les gaspillages lors du transport et de l'utilisation. Cette méthode est adoptée dans le cadre de la Stratégie Méditerranéenne pour le Développement Durable (SMDD) du Plan bleu (2012).

### 1.1 Circuit de l'eau, du barrage à la parcelle irriguée

La performance hydraulique des systèmes irrigués est exprimée en termes d'efficacité basée sur les quantités d'eau mesurées en différents points du système de distribution de l'eau. Le rapport des quantités en amont et en aval définit l'efficacité d'une partie bien déterminée du système. L'objectif principal de l'engineering en irrigation était toujours d'augmenter ces efficacités (Hanafi, 2011 ; Machibya et al, 2004).

Le réseau d'irrigation est l'ensemble des ouvrages et équipements qui permet la mobilisation, le transport, la régulation et la distribution de l'eau d'irrigation dans une zone de culture appelée périmètre irrigué (Fig. 77).

Les principaux éléments qui caractérisent le réseau d'irrigation sont répartis en trois sections :

- L'efficacité de transport, correspond aux pertes au niveau du système primaire d'adduction, et représente le rapport des volumes d'eau fourni au réseau de distribution, aux volumes d'eau en tête du réseau d'adduction, puis dépend en particulier du type d'élément conducteur et de la complexité du réseau.
- L'efficacité de distribution du réseau collectif représente le rapport des volumes d'eau livrés en tête des parcelles aux volumes d'eau prélevés du réseau primaire d'adduction.

Cette efficacité dépend en particulier du type d'élément conducteur et de la complexité et de ramification du réseau.

- L'efficacité d'application de l'eau à la parcelle, représente le rapport des volumes d'eau effectivement utilisés par les plantes aux volumes livrés en tête de parcelle. Cette efficacité sera en fonction de la méthode d'irrigation et du type d'installations au niveau de la parcelle.

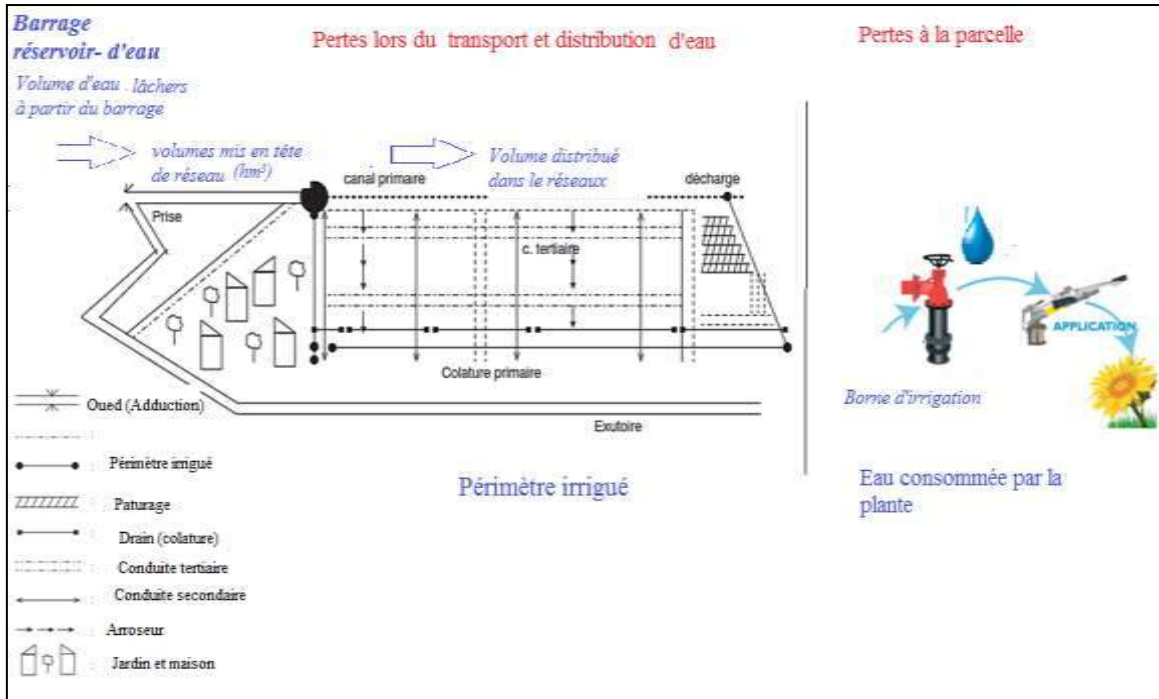


Figure 77. Schéma de circuit de distribution de l'eau du barrage à la parcelle irriguée.

## 1.2 Méthodes d'estimation de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE)

L'efficacité de l'eau d'irrigation dépend des méthodes et technologies d'irrigation à la parcelle, des solutions de distribution, de stockage et d'adduction prévues au niveau du périmètre d'irrigation.

La méthode de calcul de l'efficacité d'utilisation de l'eau a été adoptée dans le cadre de la Stratégie Méditerranéenne pour le Développement Durable (SMDD) du Plan bleu [Blinda, 2009] :

$$EUE = E1 * E2, \quad (1)$$

où EUE indique l'efficacité d'Utilisation de l'Eau (%), E1 l'efficacité globale des réseaux de transport et de distribution (%) et E2 l'efficacité à la parcelle (%).

Cet indice permet d'évaluer les efforts réalisés en termes d'économie d'eau par la gestion de la demande en diminuant les pertes et les gaspillages lors du transport et de l'utilisation de l'eau (Benblidia, 2011).

### 1.2.1 L'efficacité globale des réseaux (E1)

Elle exprime l'efficacité des réseaux de transport et de distribution de l'eau d'irrigation, en amont des parcelles agricoles.

$$E1 = \frac{Vd}{Vl}, \quad (2)$$

où E1 indique l'efficacité globale des réseaux de transport et de distribution (%), Vd le volume distribué en tête des parcelles (m<sup>3</sup>) et Vl le volume des lâchers du barrage en amont des réseaux (m<sup>3</sup>).

À noter que l'efficacité E1 peut s'écrire selon les travaux du Plan National de l'Eau (PNE, 1997), comme suit :

$$E1 = Ea \times Ed, \quad (3)$$

où E1 indique l'efficacité globale des réseaux de transport et de distribution (%), Ea l'efficacité d'adduction entre le barrage (ou d'une manière générale le point de prélèvement) et l'amont du périmètre irrigué (%), Ed l'efficacité de distribution liée aux pertes dans les sections des conduites et canaux de distribution de divers ordres (%).

### 1.2.2 L'efficacité de l'irrigation à la parcelle (E2)

Entre l'eau consommée par la plante et l'eau délivrée au champ (en tête de parcelle), il y a une différence importante. En effet, une partie de l'eau apportée en tête de parcelle est perdue, soit parce qu'elle s'infiltré en profondeur dans le sol sans profit pour les plantes, soit encore parce qu'une partie s'évapore directement (période de forte chaleur), soit elle ruisselle sur le sol et rejoint les fossés du réseau d'assainissement (PNE, 1997).

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle définie comme la somme des efficacités (à la parcelle) de chaque méthode d'irrigation (irrigation de surface, irrigation par aspersion, micro-irrigation, autres modes d'irrigation), pondérée par les proportions respectives des différentes méthodes dans le pays (périmètre irrigué dans notre cas et estimée comme le rapport entre les quantités d'eau effectivement consommées par les plantes et les quantités d'eau apportées à la parcelle (Thivet et Blinda, 2007).

L' Efficacité de l'irrigation à la parcelle définie comme des efficacités ( à la parcelle) de chaque mode d'irrigation), pondéré par les proportions respectives des différents modes dans les pays et estimée comme le rapport entre les quantités d'eau effectivement consommées par les plantes et les quantités d'eau apportées à la parcelle (Blinda, 2009).

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle (E2) se détermine comme suit :

$$E2 = \sum_1^n \frac{Sm * Em}{St} \quad (4),$$

- E2 : l'efficacité à la parcelle (%), n le nombre de méthodes d'irrigation utilisées ;
- n : nombre du mode d'irrigation utilisés
- Sm : la surface irriguée (ha) par le mode m (irrigation gravitaire, aspersion, micro-irrigation, autres modes d'irrigation) ;
- Em : l'efficacité du mode m (%), dans les différentes méthodes d'irrigation :

l'efficacité moyenne théorique est estimée à 40 % pour le gravitaire, à 70 % pour l'aspersion et à 90 % pour l'irrigation localisée (Thivet et Blinda, 2007).

- $S_t$  : la surface totale irriguée (ha) de l'ensemble des méthodes d'irrigation dans le périmètre ;

Dans notre cas, trois méthodes d'irrigation sont utilisées au niveau de tous les périmètres (GPI), donc l'efficacité d'irrigation à la parcelle combine trois indicateurs partiels d'efficacité de l'irrigation, chacun d'entre eux est estimé d'un part, à l'efficacité du mode utilisé en elle-même (une donnée théorique) et d'autre part de l'importance de la superficie qu'il occupe dans le périmètre.

L'efficacité de l'eau d'irrigation à la parcelle ( $E_2$ ) est obtenue à partir de la somme des trois efficacités (par parcelle) de chaque mode d'irrigation (mode gravitaire, aspersion et goutte à goutte) pondérées par les proportions respectives des différents modes utilisés dans le périmètre irrigué.

$$E_2 = \sum_1^n \frac{S_m * E_m}{S_t}$$

$$E_2 = E_{mode1} (Gravitaire) + E_{mode2} (Aspersion) + E_{mode3} (Goutte à goutte)$$

$$E_2 = \frac{S_m(gravitaire) * 0,40}{S_t} + \frac{S_m(Aspersion) * 0,70}{S_t} + \frac{S_m(Goutte à goutte) * 0,90}{S_t}$$

## 2. ÉVALUATION DE L'EFFICIENCE GLOBALE DES RÉSEAUX (ADDUCTION ET DISTRIBUTION) : PÉRIODE 2006-2016

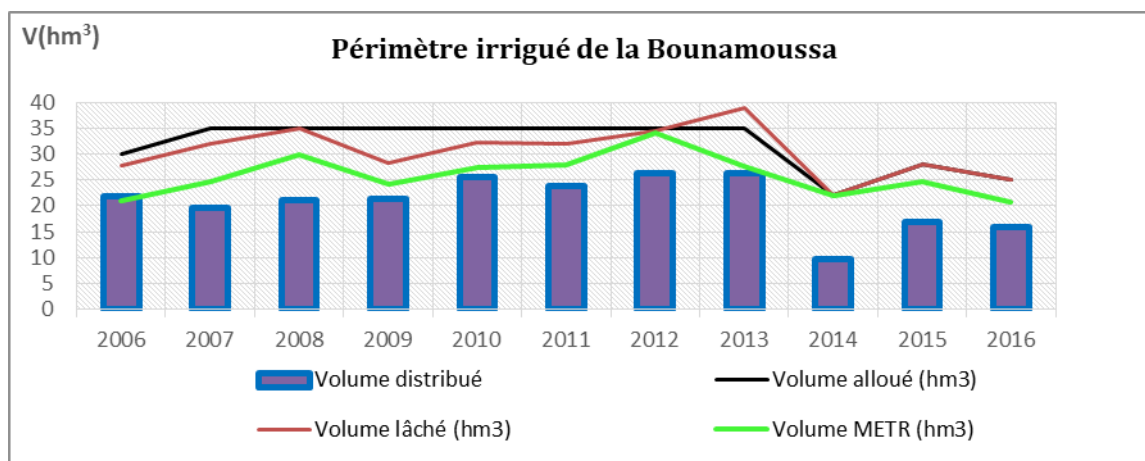
Dans un premier temps, nous effectuons une analyse de l'évolution annuelle des volumes d'eau au profit de l'irrigation pour chaque périmètre (le rapport entre le volume théorique d'eau alloué et le volume d'eau effectivement utilisé). Dans une deuxième étape, nous évaluons l'efficacité globale des réseaux d'irrigation dans les sept GPI. Enfin, dans une troisième étape, nous ferons une synthèse globale sur la performance et le fonctionnement des réseaux au cours de la période 2006-2016 au niveau régional.

### 2.1 Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit de l'irrigation : analyse par périmètre irrigué

#### 2.1.1 Périmètre irrigué de Bounamoussa (2006-2016)

Le volume d'eau théorique alloué au périmètre Bounamoussa a pris deux valeurs : la première valeur est restée constante à 35 hm<sup>3</sup> sur sept ans (2007-2013), puis a diminué à 28 hm<sup>3</sup> au cours des trois dernières années de l'étude (Fig. 78). Cela s'explique, entre autres, par la forte demande et la concurrence des autres secteurs de la région d'Annaba (industrie et l'alimentation en eau potable de la ville d'Annaba).

Le volume d'eau lâchés a atteint au maximum  $38,98 \text{ hm}^3$  en 2013, et sa valeur la plus faible  $21,90 \text{ hm}^3$ . Les volumes mis en tête de réseau (METR) varient entre  $34,07 \text{ hm}^3$  (année 2014) et  $27,80 \text{ hm}^3$  (année 2012). Le volume distribué varie d'une année à une autre dans une fourchette comprise entre  $9,25 \text{ hm}^3$  (année 2014) et  $26,270$  (année 2012).



**Figure 78. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit de l'irrigation du périmètre de Bounamoussa (2010-2016)**

En valeur moyenne interannuelle (2006-2016), le volume des lâchers est de  $30,53 \text{ hm}^3$  alors que le volume mis en tête des réseaux (MTR) est de  $25,84 \text{ hm}^3$  et enfin, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à  $20,75 \text{ hm}^3$ .

En comparant les volumes d'eau théoriques alloués et les volumes des lâchers du barrage, sur la période 2006-2016, on constate qu'ils ne sont égaux que sur les trois années suivantes : 2008 ( $35 \text{ hm}^3$ ), 2012 ( $35 \text{ hm}^3$ ), et 2014 ( $22 \text{ hm}^3$ ). Alors que les autres années, il y avait une différence entre le volume théorique alloué et le volume réel d'exploitation. Au cours de l'année 2009, le volume des lâchers d'eau est inférieur de 19,1 % au volume théorique alloué en raison des travaux de réhabilitation dans le périmètre irrigué

À l'opposé, on enregistre le cas de 2013 où les lâchers d'eau par le barrage ont dépassé de 4 millions  $\text{m}^3$  le volume d'eau théorique alloué en début de campagne d'irrigation, soit une différence de 10,2 %. Ce volume supplémentaire est alloué en raison de la demande des agriculteurs et de la disponibilité de l'eau dans le barrage.

Les pertes d'eau du réseau d'irrigation totalisent un volume annuel de l'ordre de  $9,78 \text{ hm}^3$  dont  $4,69 \text{ hm}^3$  (47,9%) sont liés aux pertes du mode de transport entre le barrage et la tête du périmètre, tandis que  $5,09 \text{ hm}^3$  (52,1%) sont liés aux fuites dans les réseaux de distribution. Ce qui réduit d'autant les volumes pour l'irrigation.

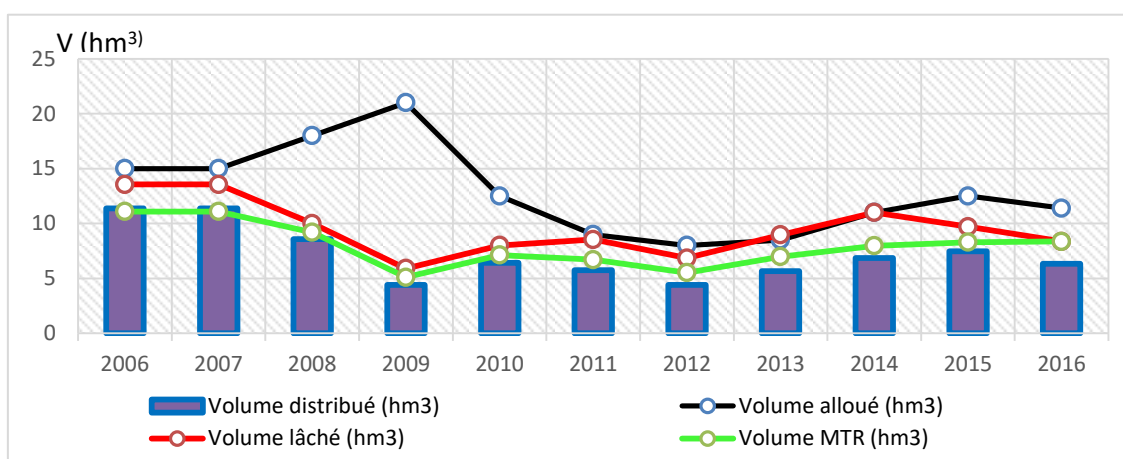
### 2.1.2 Périmètre irrigué de Safsaf (2006-2016)

Le volume théorique d'eau alloué au périmètre Safsaf est instable et varie d'une année à l'autre dans une fourchette de  $8 \text{ hm}^3$  à  $21 \text{ hm}^3$  (Fig. 79). Le non-ajustement des valeurs de volume alloué à une valeur fixe est dû à deux facteurs : d'une part, l'alimentation en eau de ce périmètre est assurée par deux barrages (Zardézas et Guénitra). D'autre part, Le réseau d'irrigation et le réseau AEP sont mixtes, mais leur gestion est partagée entre deux institutions, l'ONID pour l'irrigation et l'ADE pour l'eau potable.



Le volume des lâchers a atteint au maximum  $13,6 \text{ hm}^3$  en 2007 et sa valeur la plus faible de  $5,9 \text{ hm}^3$  a été enregistrée en 2009. Les volumes mis en tête de réseau varient entre  $5,10 \text{ hm}^3$  (année 2009) et  $11,1 \text{ hm}^3$  (année 2012). Le volume d'eau distribué varie d'une année à l'autre dans une fourchette comprise entre  $4,4 \text{ hm}^3$  (année 2009) et  $11,09 \text{ hm}^3$  (année 2006). Les écarts entre les volumes des lâchers et les volumes distribués traduisent des pertes d'eau annuelles relativement faibles, néanmoins variables d'une année à l'autre (Fig. 78).

En valeur moyenne interannuelle (2006-2016), le volume des lâchers est de  $9,50 \text{ hm}^3$  alors que le volume mis en tête des réseaux (MTR) est de  $7,95 \text{ hm}^3$  et enfin, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à  $7,15 \text{ hm}^3$ .



**Figure 79. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Safsaf (2006-2016).**

Les volumes d'eau théoriques sont équivalents aux volumes d'eau des lâchers, sur deux années uniquement : l'année 2013 ( $8,97 \text{ hm}^3$ ) et l'année 2014 ( $11,00 \text{ hm}^3$ ).

Des écarts très prononcés sont enregistrés en 2008, 2009 et 2010. En 2010, les lâchers d'eau pour l'irrigation ne représentent que 28,1 % du volume théorique fixé en début d'année ( $21 \text{ hm}^3$ ) car le barrage de Guenitra n'a pas fourni d'eau pour le périmètre d'irrigation (vidé pour des raisons techniques).

Les pertes totales du réseau d'irrigation s'élèvent à  $2,34 \text{ hm}^3$  dont  $1,55 \text{ hm}^3$  (66%) sont liées aux réseaux de transport et  $16,30 \text{ hm}^3$  (34%) se font niveau des réseaux de distribution.

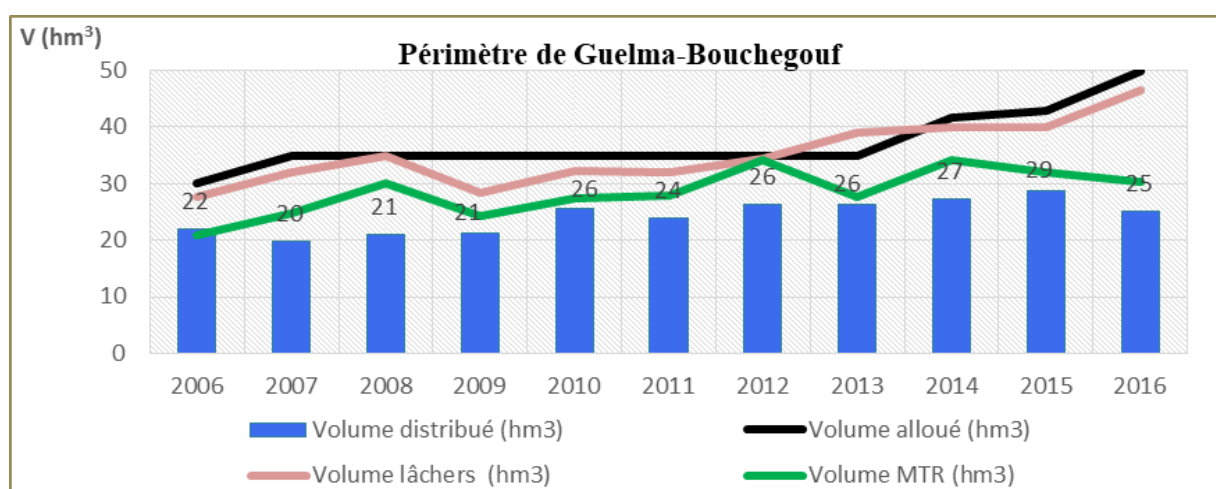
### 2.1.3 Périmètre irrigué de Guelma – Bouchegouf (2006-2016)

Le volume d'eau théorique alloué au périmètre de Guelma-Bouchegouf a été revu à la hausse ( $50 \text{ hm}^3$ ) en 2016 (année très sèche), après avoir été fixé à  $35 \text{ hm}^3$  pendant plusieurs années au cours de la période d'exploitation du périmètre (Fig. 80).

Le volume des lâchers a atteint au maximum  $46,5 \text{ hm}^3$  en 2016 et sa valeur la plus faible de  $27,9 \text{ hm}^3$  a été enregistrée en 2006. Le volume mis en tête de réseau varie entre  $21,0 \text{ hm}^3$  (année 2006) et  $34,1 \text{ hm}^3$  (année 2012). Le volume d'eau distribué varie d'une année à l'autre dans une fourchette comprise entre  $19,7 \text{ hm}^3$  (année 2007) et  $28,8 \text{ hm}^3$  (année 2015).

En valeur moyenne interannuelle (2006-2016), le volume des lâchers est de  $35,2 \text{ hm}^3$  alors que le volume mis en tête des réseaux (MTR) est de  $28,5 \text{ hm}^3$  et enfin, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à  $24,3 \text{ hm}^3$ .

La perte totale d'eau dans les réseaux d'irrigation est d'environ  $10,932 \text{ hm}^3$  dans le périmètre Guelma-Boucheouf, dont  $6,73 \text{ hm}^3$  (61,5 %) est due aux pertes de transport et  $4,2 \text{ hm}^3$  (38,5 %) aux fuites du réseau de distribution. Ces pertes sont considérables, ce qui peut réduire l'expansion de l'irrigation.



**Figure 80. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Guelma - Boucheouf (2006-2016)**

#### 2.1.4 Périmètre irrigué de Zit Emba (2007 -2016)

Le volume théorique d'eau alloué au périmètre Zit Emba a été revu à la hausse ( $6 \text{ hm}^3$ ) depuis 2014, après avoir été fixé initialement à  $5 \text{ hm}^3$  (Fig. 81).

Au cours de la période d'étude (2007-2010), les volumes annuels prélevés en tête du réseau de distribution (MTR) correspondent aux volumes des lâchers d'eau par le barrage. Ceci est illustré par le chevauchement des deux courbes représentatives du volume des lâchers d'eau avec le volume mis en tête de réseau (MTR). Les deux courbes représentatives dans la figure 4 prennent une tendance évolutive de  $2,5 \text{ hm}^3$  en 2006 à  $6,33 \text{ hm}^3$  en 2016 dépassant le volume théorique alloué pour cette année (année sèche). Le volume d'eau distribué dans le périmètre est passé de  $2,38 \text{ hm}^3$  lors de sa mise en service à  $6,32 \text{ hm}^3$  en 2016.

En valeur moyenne interannuelle (2006-2016), le volume des lâchers d'eau est de  $4,27 \text{ hm}^3$ , soit le même volume mis en tête des réseaux (MTR) (zéro pertes d'adduction) et enfin, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à  $3,99 \text{ hm}^3$ .

Les pertes totales du réseau dans le périmètre de Safsaf d'environ  $0,279 \text{ hm}^3$  sont liées à 100 % aux pertes des réseaux de distribution (les pertes d'adduction sont faibles).

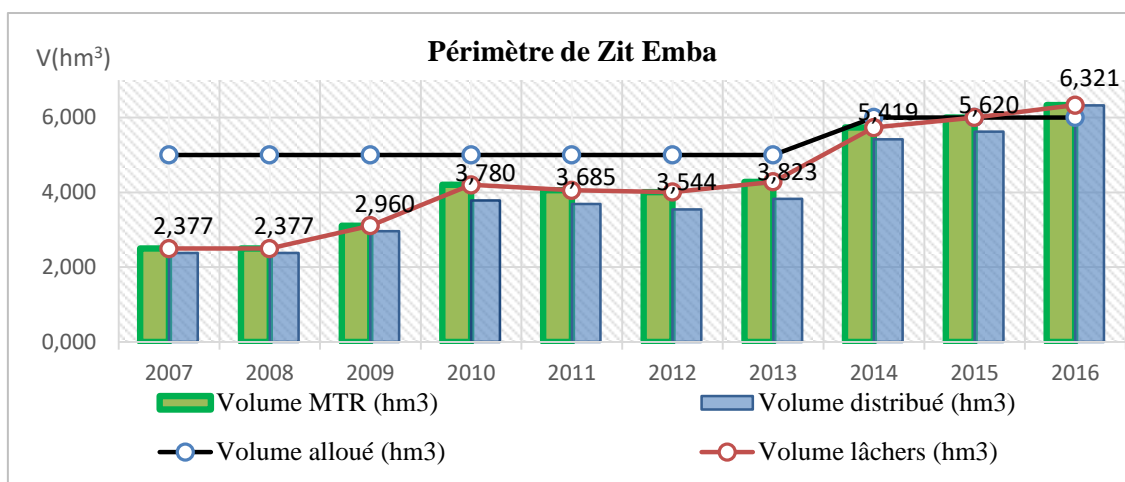


Figure 81. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Zit Emba (période : 2007 -2016)

### 2.1.5 Périmètre irrigué de Jijel –Taher (2010 -2016)

Depuis le début d'exploitation du périmètre de Jijel-Taher en 2010, les volumes d'eau utilisés dans l'irrigation se sont améliorés d'année en année (Fig. 82). Le volume d'eau théorique alloué est passé de 2,5 en 2010 à 5,0 hm<sup>3</sup> en 2016 (année très sèche).

Les lâchers d'eau du barrage sont passés de 0,22 hm<sup>3</sup> en 2010 à 2,089 hm<sup>3</sup> en 2016, le volume mis en tête réseau (MTR) de 0,20 hm<sup>3</sup> à 2,09 hm<sup>3</sup> et le volume distribué de 0,12 à 1,878 hm<sup>3</sup>.

En moyenne interannuelle de la période de fonctionnement du périmètre, le volume des lâchers du barrage vers le périmètre irrigué est 1,366 hm<sup>3</sup>. Le volume distribué se réduit à 1,227 hm<sup>3</sup> par an par rapport au volume mis en tête de réseau (1,364 hm<sup>3</sup>/an). Les pertes totales dans le réseau d'irrigation sont d'environ 0,139 hm<sup>3</sup>, les pertes sont plus étroitement liées aux réseaux de distribution (0,137 hm<sup>3</sup> soit 98,6% du volume total perdu).

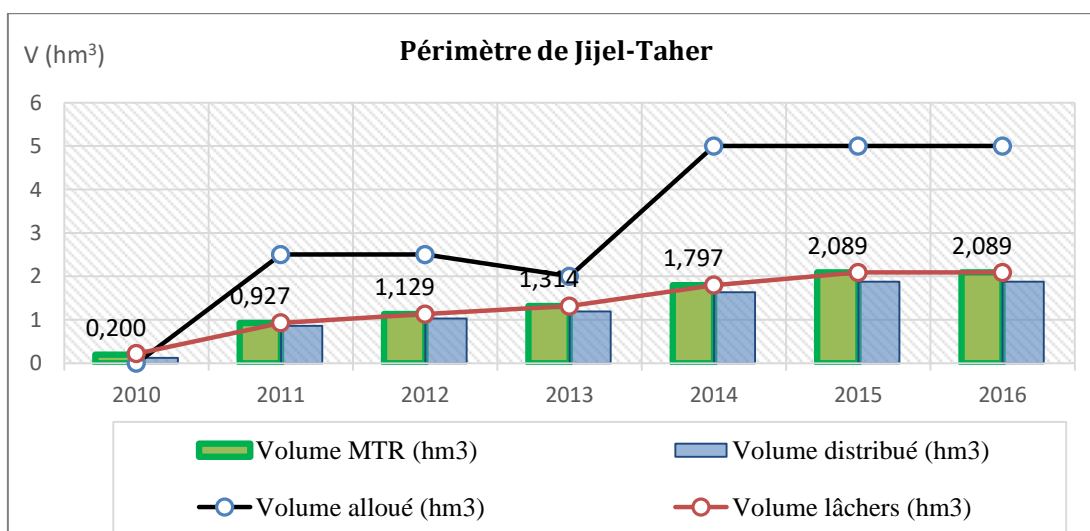


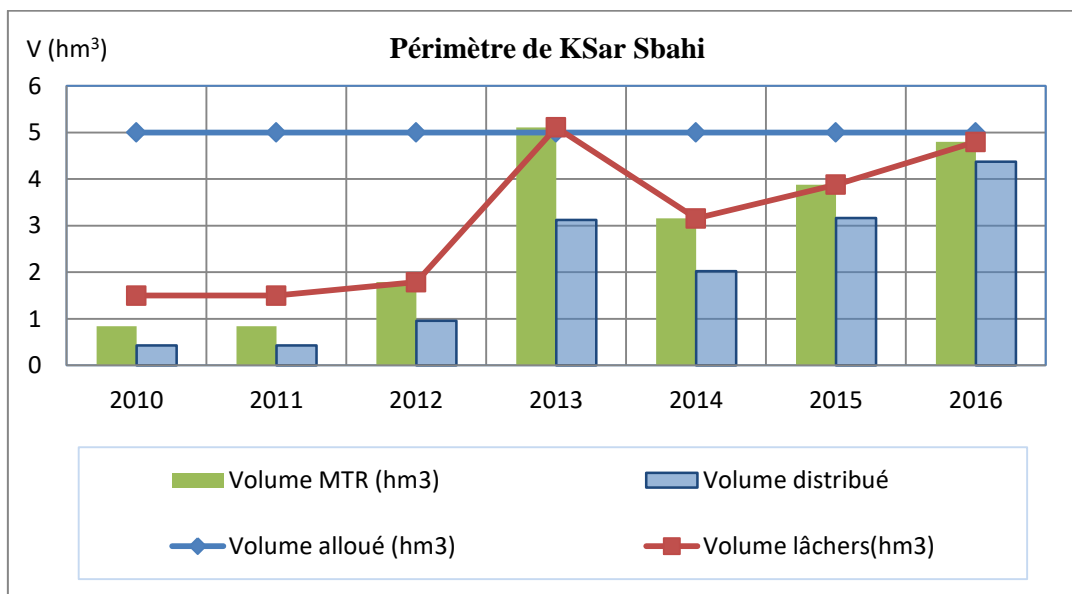
Figure 82. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Jijel-Taher (période : 2010-2016).

### 2.1.6 Périètre irrigué de Ksar Sbahi (2010 -2016)

Au cours de la période 2010-2016, le volume théorique d'eau alloué au périmètre Ksar Sbahi a été fixé à 5 hm<sup>3</sup> (Fig. 83).

En moyenne interannuelle, le volume des lâchers du barrage vers le périmètre irrigué est de 3,372 hm<sup>3</sup>, le volume mis en tête des réseaux (MTR) de 3,262 hm<sup>3</sup> et le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à 2,162 hm<sup>3</sup>.

Les pertes d'eau totalisent un volume annuel de 1,21 hm<sup>3</sup>, réparti entre 0,11 hm<sup>3</sup> (9 %) concernant le réseau de transport et 1,1 hm<sup>3</sup> (90%) pour ce qui est du réseau de distribution.



**Figure 83. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre Ksar Sbahi (période : 2010-2016).**

### 2.1.7 Périètre irrigué de Sedrata (2010 -2016)

Après avoir été fixé initialement à 3 hm<sup>3</sup>, le volume théorique d'eau alloué au périmètre de Sedrata est passé à 5 hm<sup>3</sup> à partir de 2011 (Fig. 84).

En moyenne interannuelle, le volume des lâchés du barrage vers le périmètre irrigué est de 3,469 hm<sup>3</sup>. Alors que le volume mis en tête de réseau (MTR) est de 3,436 hm<sup>3</sup>, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à 3,162 hm<sup>3</sup>.

Les pertes annuelles d'eau dans le réseau d'irrigation sont de 0,300 hm<sup>3</sup>, réparties entre le réseau d'adduction (0,03 hm<sup>3</sup> soit 11%) et le réseau de distribution (0,274 hm<sup>3</sup> soit 89%).

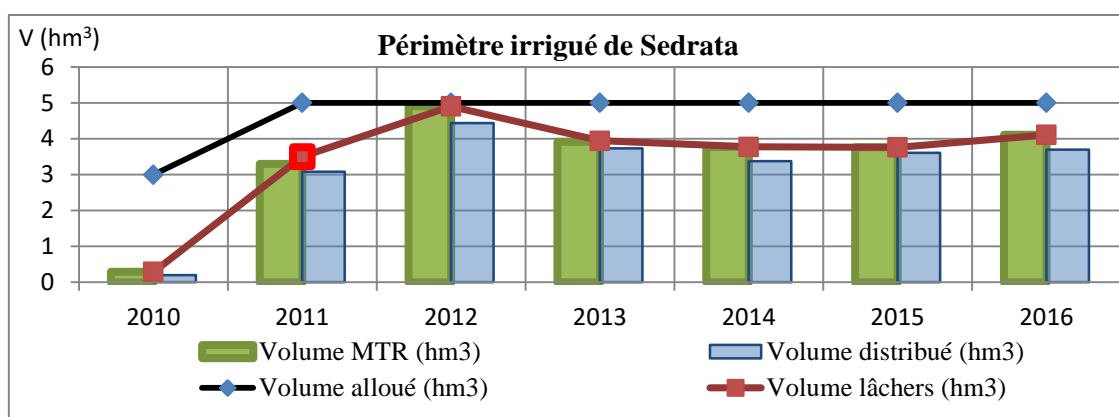


Figure 84. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre Sedrata (2010-2016).

## 2.2 Étude comparative entre les grands périmètres irrigués (GPI)

L'étude comparative entre les grands périmètres irrigués, malgré la différence entre la durée d'exploitation (de 6 à 11 ans), a permis de dégager les points communs et les éléments de différenciation entre les systèmes d'aménagements hydroagricoles.

Cette comparaison en matière de la modulation des volume d'eau permet de caractériser l'état du réseau d'irrigation et le degré d'efficacité d'utilisation de l'eau agricole.

### 2.2.1 Le quota d'eau alloué aux GPI

Les plans annuels de répartition et d'utilisation des ressources en eau emmagasinées dans le barrage sont définis chaque année par le Ministère des Ressources en Eau (MRE) sur la base des bilans d'exploitation des réserves et compte tenu des caractéristiques hydro-pluviométriques de l'année. Ces plans annuels font l'objet d'une circulaire portant "campagne d'irrigation" et diffusée généralement au mois de mars de chaque année.

Le volume annuel moyen d'eau alloué aux périmètres irrigués varie de 3,667 hm<sup>3</sup> (Jijel-Taher) à 37 hm<sup>3</sup> (Guelma-Boucheougouf) (Fig. 85). Ce quota varie sensiblement d'une année à l'autre.

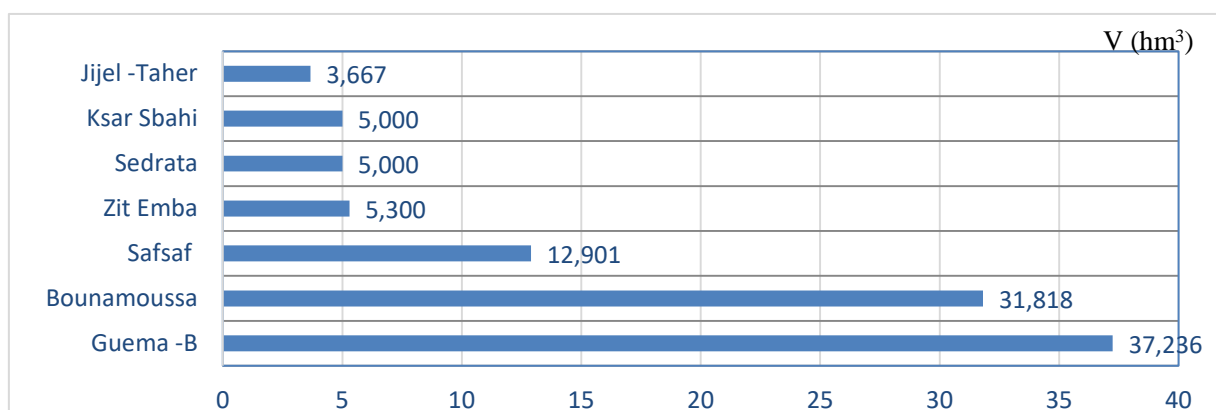


Figure 85. Volume d'eau alloué annuellement aux grands périmètres irrigués

Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf.

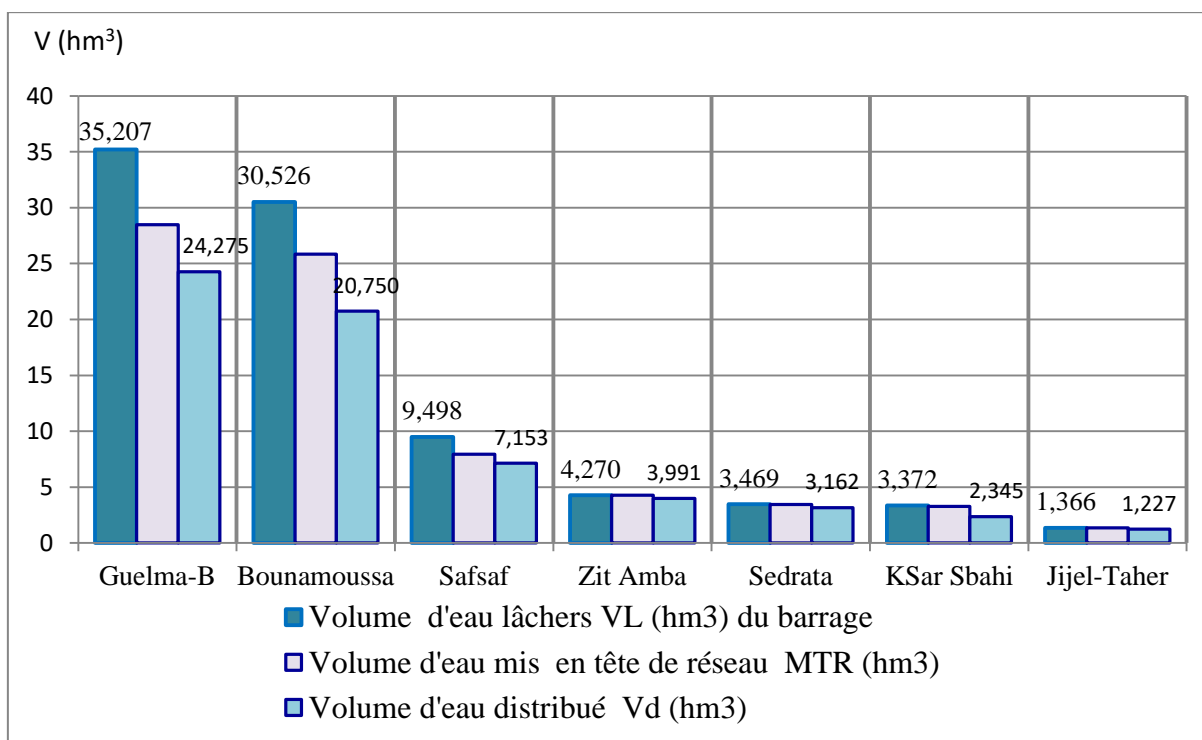
Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.

Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi

### 2.2.2 Les volumes d'eau réellement utilisés et les pertes d'eau dans les réseaux

Les modulations des volumes utilisées diffèrent d'un périmètre à l'autre suivant la taille des périmètres irrigués, les ressources en eau disponibles et la capacité de pompage installée. La figure 86 met en parallèle les volumes des lâchers, les volumes prélevés et les volumes distribués dans les sept grands périmètres irrigués.

Les volumes en tête des réseaux de distribution, sont également soumis aux performances des systèmes d'irrigation dans les différents modes d'adduction et de distribution ainsi qu'aux techniques d'irrigation.



**Figure 86. Volumes d'eau annuels moyens prélevés (V MTR) et distribués des périmètres irrigués.**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf.*

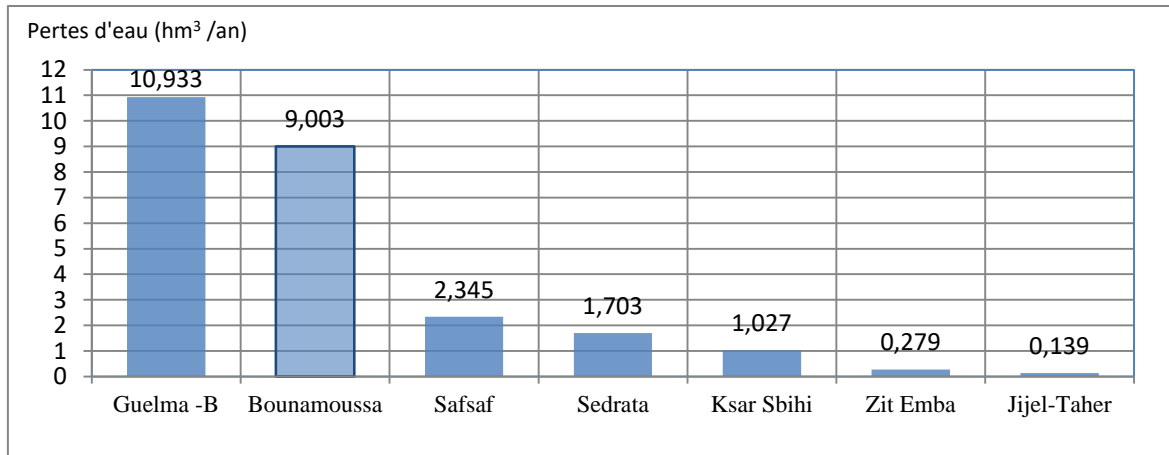
*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*

*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

IL existe toujours des écarts entre le volume des lâchers-en amont et les volumes répartis dans les réseaux en aval, reflétant l'ampleur des pertes d'eau d'un périmètre irrigué à un autre.

La figure 87 montre la répartition des pertes d'eau totales dans les réseaux d'adduction et de distribution pour chaque périmètre irrigué :

Guelma-Boucheougouf : 10,95 hm<sup>3</sup>, Bounamoussa : 9,003 hm<sup>3</sup>, Safsaf : 2,345 hm<sup>3</sup>, Sedrata : 1,703 hm<sup>3</sup> Ksar Sbahi : 1,027 hm<sup>3</sup>, Zit-Emba: 0,279 hm<sup>3</sup>, Jijel-Taher : 0,139 hm<sup>3</sup>.



**Figure 87. Volumes d'eau annuels moyens des pertes d'eau dans les GPI.**  
*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .*  
*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*  
*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

### 2.3 L'Efficiences globale des réseaux

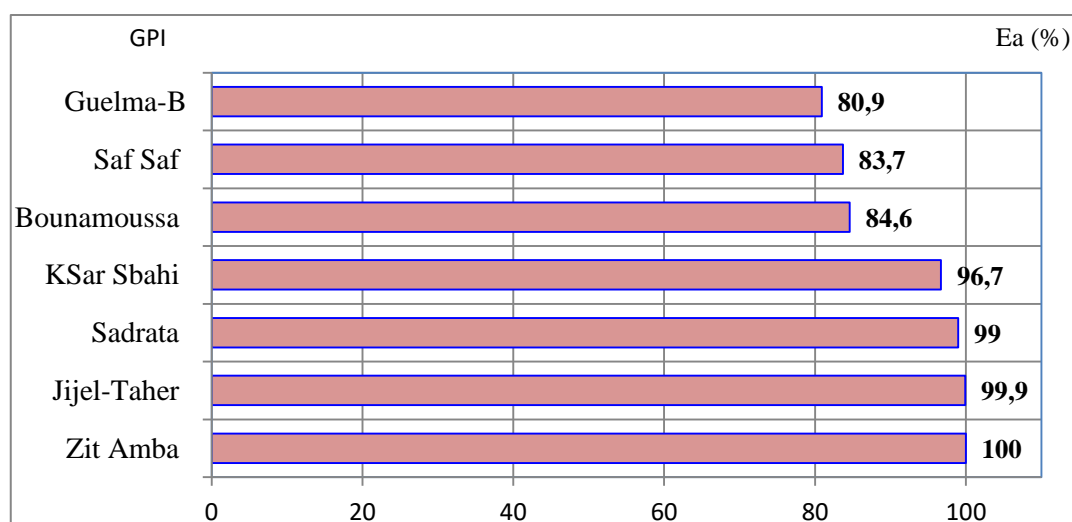
Les pertes d'eau sont également liées au choix des techniques de l'adduction et des schémas de distribution caractérisant chaque périmètre irrigué. Sur cette base, nous allons déterminer la différence entre les périmètres irrigués en ce qui concerne l'efficacité de l'adduction ( $E_a$ ) et l'efficacité des systèmes de distribution des réseaux ( $E_d$ ) sachant que l'efficacité globale des réseaux ( $E_1$ ), le produit de ces deux efficacités ( $E_1 = E_a * E_d$ ), permet de distinguer la performance des réseaux par rapport au volume d'eau utilisé.

#### 2.3.1 Efficacité d'adduction ( $E_a$ )

L'efficacité d'adduction (transport) est celle qui correspond aux pertes entre le barrage et l'entrée du périmètre irrigué tête des réseaux de distribution).

Ses valeurs vont de 80,4 % (Guelma -Boucheougouf) à 100% (Zit Emba), ce qui permet de classer les périmètres irrigués en deux catégories (Fig. 88) :

- La première catégorie représente les quatre GPI avec les valeurs de l'efficacité d'adduction les plus fortes-: Zit Emba (100 %), Jijel-Taher (99,9 %), Sedrata (99 %), Ksar Sbahi (96,7 %). Ils correspondent aux périmètres où la distance entre le barrage et la tête du périmètre est courte et le transport de l'eau se fait dans des conduites en bon état n'engendrant que des pertes minimales voire négligeables.
- La deuxième catégorie représente les trois autres périmètres avec des valeurs respectivement de 80,9 % (Guelma-Boucheougouf), 83,7 % (Safsaf) et 84,6 % (Bounamoussa).



**Figure 88. Efficacité annuelle moyenne des réseaux d'adduction d'eau d'irrigation (Ea) dans les grands périmètres irrigués.**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .  
Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.  
Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sadrata, Ksar Sbahi*

Lorsqu'on examine les raisons probables de cet état des pertes d'adduction on constate qu'il serait difficile et coûteux d'y remédier et qu'il est peu probable d'espérer à l'avenir des gains d'efficacité significatifs.

Dans le cas du périmètre de Guelma-Boucheougouf, la valeur de l'efficacité d'adduction ( $E_d = 80,9\%$ ), est grandement imputable au fait que le barrage effectue des lâchers dans l'oued, lesquels sont repris plus en aval par des stations de pompage qui desservent les périmètres. On notera cependant que ces pertes d'adduction, parfois importantes, ne sont pas totalement perdues ni inutiles : une partie est récupérée pour des installations d'irrigation sommaires le long des oueds et canaux, et une autre partie de l'écoulement reste, en tout état de cause, nécessaire pour le maintien d'un minimum d'équilibre environnemental le long du réseau hydrographique et de la nappe alluviale

Pour le périmètre de Safsaf, le piquage sur la conduite principale au profit de l'alimentation en eau potable a influé négativement sur le volume destiné à l'irrigation. La même observation peut être faite au sujet du périmètre Bounamoussa.

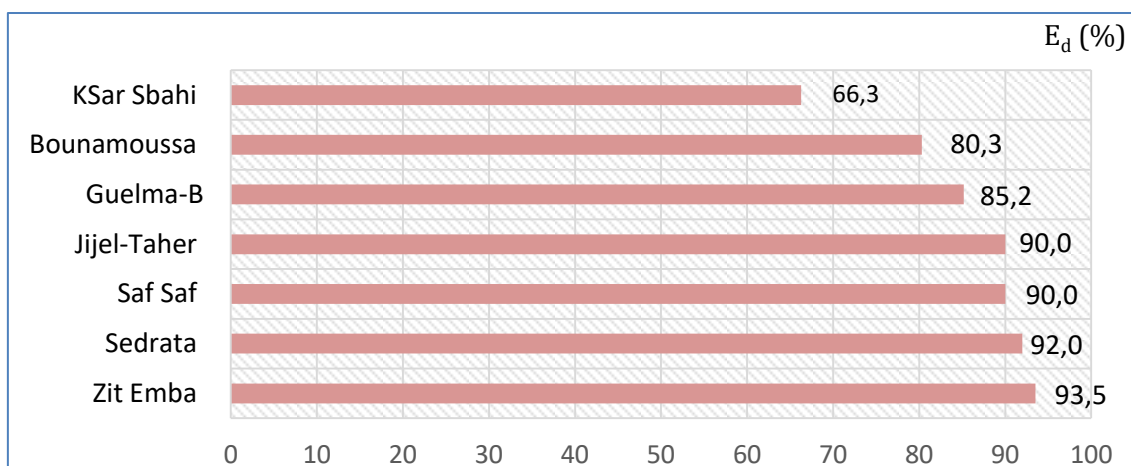
### 2.3.2 Efficacité de distribution ( $E_d$ )

L'efficacité de distribution ( $E_d$ ) est celle qui correspond aux pertes dans les réseaux du périmètre d'irrigation, dans les diverses sections des conduites et canaux de divers ordre (Plan national de l'eau (PNE), 1997).

Le rendement du réseau de distribution ( $R_d$ ) est le rapport en pourcent entre le volume distribué ( $V_d$ ) et le volume mis en tête de réseau.

L'efficacité moyenne au niveau de la distribution dans les périmètres irrigués est de 85,1%, allant de 66,3 % (Ksar Sbahi) à 93,5 % (Zit Emba) (Fig. 89).





**Figure 89. Efficacité annuelle moyenne des réseaux de distribution (Ed) dans les grands périmètres irrigués.**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .*

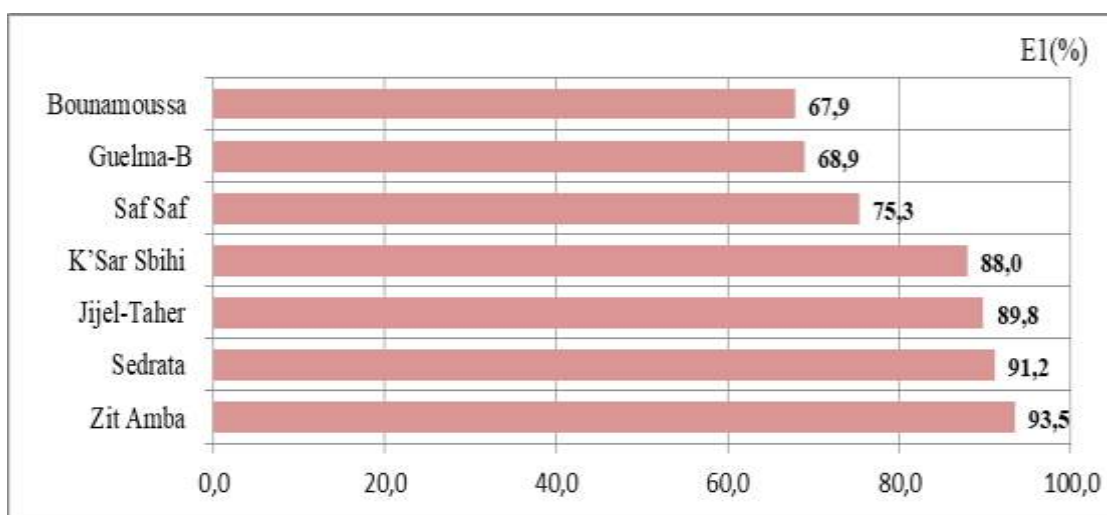
*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*

*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

Ces résultats sont obtenus à l'échelle globale des grands périmètres irrigués. Etant donné que chaque périmètre est divisé en secteurs et que chaque secteur a son propre système de réseaux de distribution. nous aborderons cela en détail au niveau des secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheouf, dans le chapitre suivant.

### 2.3.3 L'efficacité globale des réseaux EI

L'efficacité globale des réseaux d'irrigation de transport et de distribution d'un réseau de distribution dépend de toutes les pertes d'eau contrôlables et non contrôlables dans les différentes composantes de l'installation d'adduction et de distribution.



**Figure 90. Efficacité globale des réseaux EI.**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .*

*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*

*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

Les périmètres ont affiché des progrès encourageants en matière d'efficacité globale des réseaux, avec une moyenne interannuelle comprise entre 67,9 % (Bouamoussa) et 93,5% (Zit-Emba).

Pour évaluer l'état de fonctionnement de l'irrigation et sa performance, les experts estiment que le rendement global des systèmes d'irrigation est au moins de 30 %, alors que les systèmes bien gérés atteignent un rendement de plus de 50 % (CIID, 2002). Cependant, il s'agit d'un indice purement hydraulique, indicateur de bon ou de mauvais fonctionnement d'un périmètre irrigué (Kebiche, 2007).

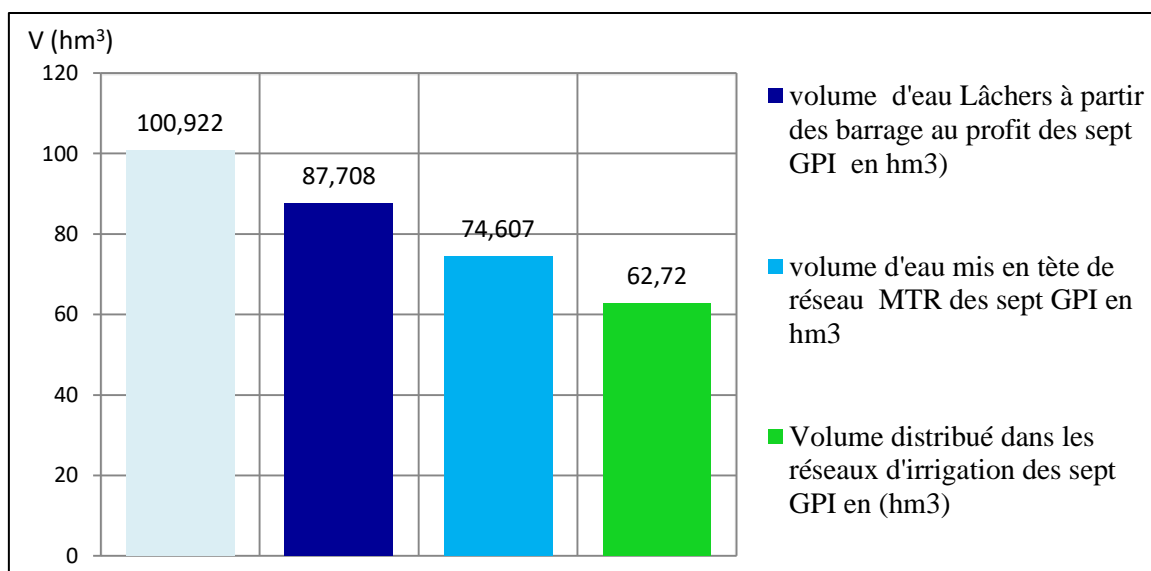
#### 2.4 Synthèse sur le fonctionnement des GPI : ressources en eau et efficacité globale des réseaux E1

Le tableau 27 récapitule les données concernant les ressources en eau et l'efficacité globale des réseaux. En valeur interannuelle moyenne, le volume d'eau alloué aux grands périmètres irrigués est de 100,922 hm<sup>3</sup>, variant entre 80 et 125 hm<sup>3</sup>.

Les trois quarts de ce volume (81,955 hm<sup>3</sup>) sont répartis entre les trois anciens périmètres : Guelma-Boucheougouf (37,236 hm<sup>3</sup>), Bouamoussa (31,818 hm<sup>3</sup>) et Safsaf (12,901 hm<sup>3</sup>). Le quart restant du volume d'eau est réparti entre les périmètres entrés en service après 2006 : Zit Emba (5,3 hm<sup>3</sup>), Jijel-Taher (3,667 hm<sup>3</sup>), Ksar Sbahi (3,372 hm<sup>3</sup>) et Sedrata (3,372 hm<sup>3</sup>) (Fig. 91).

**Tableau 27. Modulations des volumes d'eau et efficacité moyenne des réseaux**

Périmètre irrigué	Période d'exploitation	Ressources en eau moyennes de la période					Efficacité globale des réseaux		
		Barrage	Volume alloué par an (hm <sup>3</sup> )	Volume des lâchers (hm <sup>3</sup> )	Volume MTR (hm <sup>3</sup> )	Volume distribué (hm <sup>3</sup> )	Efficacité d'aduction Ea (%)	Efficacité de distribution Ed (%)	Efficacité globale des réseaux E1 (%)
Bouamoussa (W. El Tarf)	2006-2016 (11 ans)	Cheffia	31,818	30,53	25,84	20,75	84,6	80,3	67,0
Guelma-Boucheougouf (W. Guelma)	2006 -2016 (11 ans)	H. Debagh	37,236	35,21	28,48	24,275	80,9	85,2	68,9
Saf Saf (W. Skikda)	2006 -2016 (11 ans)	Guenitra et Zardezas	12,901	9,498	7,951	7,153	83,7	90,0	75,3
Zit Emba (W. Skikda)	2007-2016 (9 ans)	Zit Emba	5,3	4,27	4,27	3,991	100,0	93,5	93,5
Jijel-Taher (W. Jijel)	2010-2016 (7 ans)	El Agrem	3,667	1,366	1,364	1,227	99,9	90,0	89,8
Sedrata (W. S. Ahras)	2010-2016 (7 ans)	F. El Khanga (O. Cherrf)	10	3,469	3,436	3,162	99,0	92,0	91,2
KSar Sbahi (W. O.E.Bouaghi)	2010-2016 (7 ans)			3,372	3,262	2,162	96,7	66,3	64,1
<b>Total (hm<sup>3</sup>)</b>			<b>100,92</b>	<b>87,71</b>	<b>74,61</b>	<b>62,7</b>			
<b>Moyenne (%)</b>							<b>85,1</b>	<b>84,1</b>	<b>71,5</b>



**Figure 91. Modulation des volumes d'eau cumulés des grands périmètres irrigués du Nord –Est de l'Algérie**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf.*

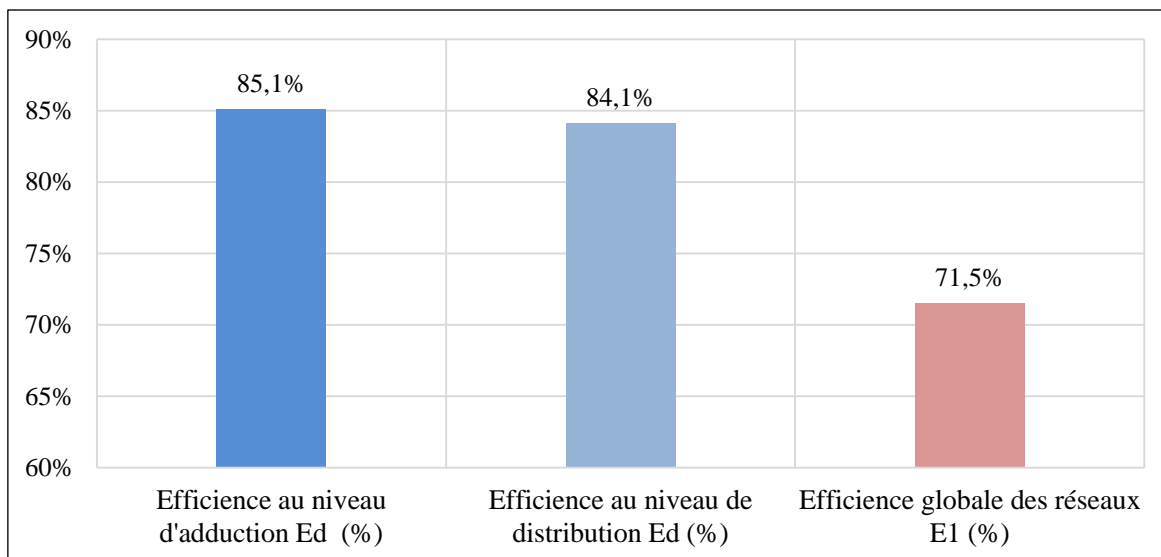
*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*

*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

Un écart moyen de 13,212 hm<sup>3</sup> (13,1 %) a été enregistré entre les volume d'eau théorique alloué à l'irrigation (100,922 hm<sup>3</sup>) et les lâchers des barrages (87,708 hm<sup>3</sup>). Comme précisé plus haut, ce volumes alloués est étroitement lié aux conditions climatiques, au taux de remplissage des barrages et au degré de concurrence des autres secteurs (l'alimentation en eau potable et industrielle).

Le volume des lâchers des barrages qui arrive en tête du réseau se réduit à 74,607 hm<sup>3</sup>. En aval, il n'en reste que 62,720 hm<sup>3</sup> à distribuer aux bornes d'irrigation (eau agricole). Cela reflète l'ampleur des pertes totales des réseaux et de la distribution : 25 hm<sup>3</sup> dont 12,0 hm<sup>3</sup> (47,6 %), représentent les pertes de parcours/d'adduction tandis que les pertes au niveau du réseau de distribution sont de 13,101 hm<sup>3</sup> (52,4%).

Produit de l'efficience d'adduction (Ea = 85,1%) et de l'efficience de distribution (Ed = 84,1%), l'efficience globale des réseaux (E1) à l'échelle des GPI de l'Est algérien se situe à hauteur de 71,5 %. Elle diffère d'un périmètre à autre, dans une fourchette comprise entre 64,1 (Ksar Sbahi) et 93,5 % (Zit Emba).



**Figure 92. Efficiéce globale des rééseux (E1) de l'ensemble des GPI du Nord –Est algérien.**

*Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B., Safsaf .*

*Période 2007 -2016 (9ans) pour le périmètre e de Zit Emba.*

*Période commune 2006-2016 (7ans) pour les périmètres : Jijel T., Sedrata, Ksar Sbahi*

### **3. DU BARRAGE À LA PARCELLE IRRIGUÉE : L'INDICE DE L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION DE LA CAMPAGNE 2016**

Au regard des données disponibles, la campagne d'irrigation de l'année 2016 est choisie pour le calcul de l'indice EUE au niveau des sept GPI. Il s'agit d'une année climatiquement sèche mais la campagne d'irrigation a puisé sur les importantes réserves en eau stockées dans les barrages.

#### **3.1 L'efficiéce globale des rééseux (E1)**

Le volume théorique d'eau alloué en 2016 aux sept périmètres irrigués du Nord - Est algérien est de 111,9 hm<sup>3</sup>.

Le volume des lâchers est de 97,22 hm<sup>3</sup>, alors qu'en tête des rééseux, le volume (MTR) est de 78,11 hm<sup>3</sup> et enfin, le volume moyen distribué en tête des parcelles se réduit à 65,76 hm<sup>3</sup> (Tableau 28).

**Tableau 28. Volumes d'eau annuels et efficacité globale des réseaux E1 (%) dans les grands périmètres irrigués (campagne d'irrigation 2016)**

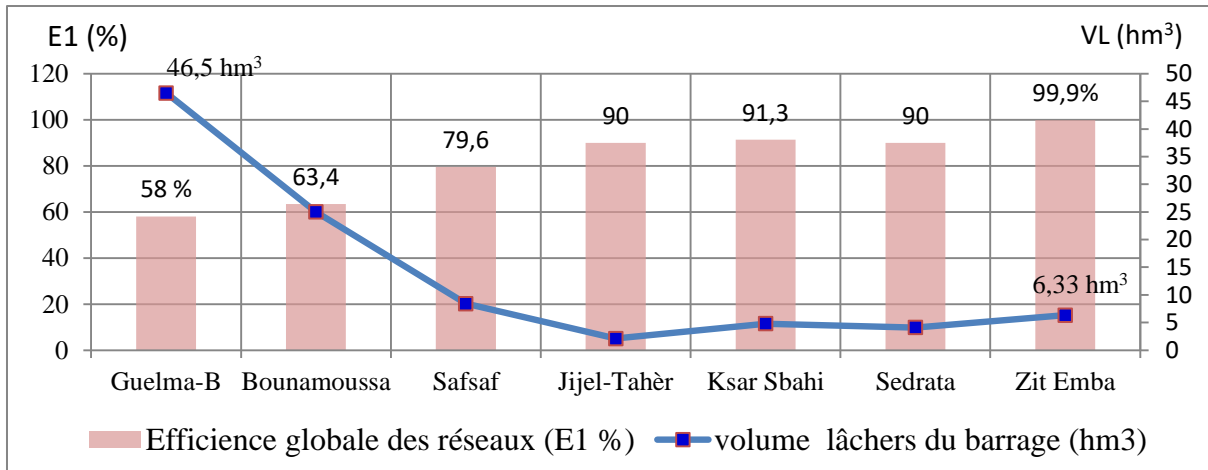
Année 2016	Volume alloué (hm <sup>3</sup> )	Volume lâchers (hm <sup>3</sup> )	Volume MTR (hm <sup>3</sup> )	Volume distribué (hm <sup>3</sup> )	Efficiéce d'adduction Ea %	Efficiéce de distribution Ed %	Efficiéce globale des réseaux E1 (%)
Guelma-B	50,0	46,49	31,68	26,95	68,1	85,07	58,0
Bouamoussa	25,0	25,0	20,7	15,84	82,8	76,52	63,4
Safsaf	11,4	8,4	8,4	6,69	100,0	79,64	79,6
Jijel	5,0	2,09	2,089	1,88	100,0	90,00	90,0
Ksar Sbahi	8,0	4,80	4,8	4,38	100,0	91,25	91,3
Sedrata	6,5	4,11	4,11	3,7	100,0	90,02	90,0
Zit Emba	6,0	6,33	6,33	6,321	100,0	99,86	99,9
<b>Total</b>	<b>111,9</b>	<b>97,22</b>	<b>78,109</b>	<b>65,761</b>	Volume total MTR /Volume total lâchers <b>80,3 %</b>	Volume total distribué /Volume total MTR <b>84,2 %</b>	Volume total distribué/Volume total lâchers ou E1 = Ea * Ed <b>67,6 %</b>

L'efficacité globale des réseaux (E1) pour l'ensemble des périmètres irrigués est à hauteur de 67,6 %, variant entre 58,0% (Guelma - Boucheouf) et 99,9 % (Zit Emba).

Les pertes totales d'eau pour l'ensemble des périmètres atteignent un volume annuel estimé à 31,46 hm<sup>3</sup>, dont 19,11 hm<sup>3</sup> (61%) sont les pertes de parcours et 12,35 hm<sup>3</sup> (39 %) sont les pertes des réseaux de distribution.

Les systèmes d'irrigation dans les trois anciens périmètres perdent les plus grands volumes d'eau estimée à 30,41 hm<sup>3</sup> soit 96,6 % du volume total, répartis comme suit : Guelma-Boucheouf (19,54 hm<sup>3</sup>), Bouamoussa (9,16 hm<sup>3</sup>) et Safsaf (1,71 hm<sup>3</sup>). Le volume restant de 1,5 hm<sup>3</sup> (3,4%) est réparti entre les quatre autres périmètres comme suit : Ksar Sbahi (0,420 hm<sup>3</sup>), Sedrata (0,410hm<sup>3</sup>), Jijel-Taher (0,209 hm<sup>3</sup>) et Zit Emba (0,009 hm<sup>3</sup>).

Bien que l'efficacité globale du réseau de transport et distribution (E1) soit acceptable, le volume des pertes d'eau est toujours très élevé car lié à un ensemble de restrictions techniques et administratives (gestion de l'eau). Aussi, dans le cas du périmètre Guelma-Boucheouf il est proportionnel au volume d'eau utilisé, les pertes augmentent parallèlement au volume d'eau fourni (Fig. 93).



**Figure 93. Volumes des lâchers et efficacité globale des réseaux dans les grands périmètres irrigués en 2016.**

### 3.2 L'efficacité d'irrigation à la parcelle (E2)

L'efficacité de l'eau d'irrigation à la parcelle (E2) est liée au mode d'arrosage utilisé à la parcelle irriguée (gravitaire, aspersion, goutte à goutte). L'importance de cette efficacité d'arrosage se traduirait par une meilleure couverture des besoins en eau des plantations, le résultat global étant l'amélioration du rendement des cultures irriguées.

Dans notre cas, les trois méthodes d'irrigation sont utilisées au niveau de tous les périmètres. L'efficacité d'irrigation à la parcelle (E2) combine trois indicateurs partiels d'efficacité de l'irrigation, chacun d'entre eux est estimé en tenant compte de l'efficacité du mode utilisé (Em) (une donnée théorique-expérimentale) et de l'importance de la superficie (S) qu'il occupe dans le périmètre :

$$E2 = E_{\text{mode1}} (\text{Gravitaire}) + E_{\text{mode2}} (\text{Aspersion}) + E_{\text{mode3}} (\text{mode (Goutte à g)})$$

Où

$$E_{\text{mode1}} (\text{gravitaire}) = \frac{S(\text{gravitaire}) * 0,40}{St}$$

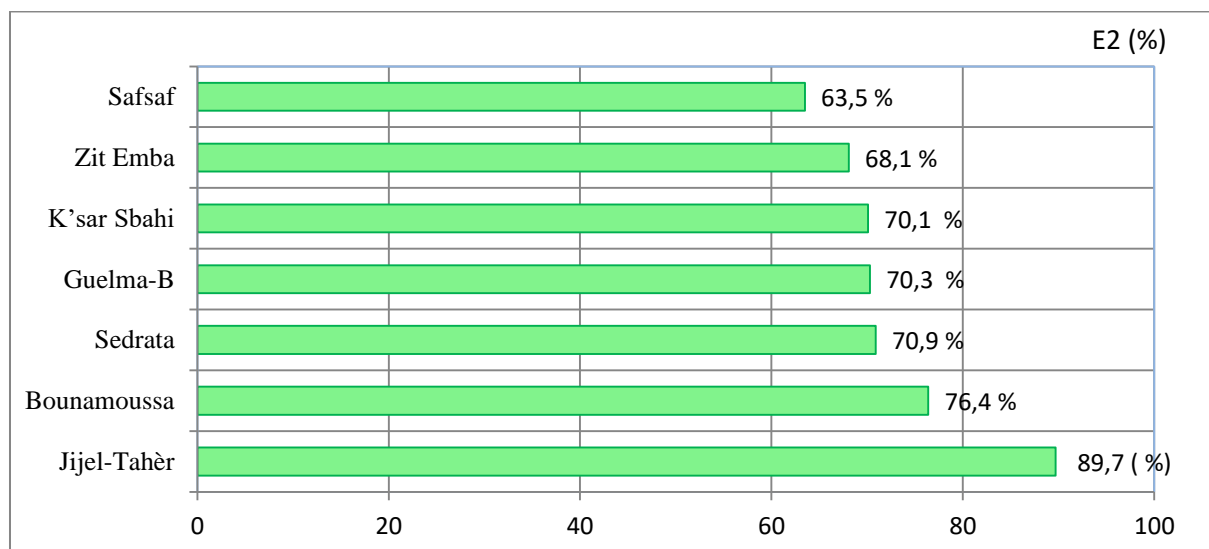
$$E_{\text{mode2}} (\text{Aspersion}) = \frac{S(\text{aspersion}) * 0,70}{St}$$

$$E_{\text{mode3}} (\text{goutte à goutte}) = \frac{S(\text{goutte à g}) * 0,90}{St}$$

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle (E2) a été estimée sur la base des données fournies par l'ONID en ce qui concerne la répartition des modes d'irrigation à la parcelle à travers les périmètres irrigués (cf. chap. 3) et en utilisant l'équation 4 précitée. Les résultats par périmètre sont présentés dans le tableau 29.

**Tableau 29. Efficience de l'irrigation à la parcelle dans les grands périmètres irrigués (campagne 2016)**

Les Grand Périmètre Irrigués (GPI)	Superficie irriguée par mode d'irrigation S (ha)				Efficience partielle à la parcelle (selon chaque mode d'irrigation, pondérée par les proportions respectives des différents modes dans le périmètre Em (%))			Efficience globale à la parcelle E2 (%) par périmètre
	Gravitaire	Aspersion)	Goutte-g	Totale	Gravitaire (40%)	Aspersion (70%)	Goutte-g (90%)	
Bouamoussa	0	1 798	851,5	<b>2 649,50</b>	0,00	47,50	28,92	<b>76,43</b>
Guelma-B	0	3 527	56,07	<b>3 583,07</b>	0,00	68,90	1,41	<b>70,31</b>
Safsaf	257,32	926,81	0	<b>1 184,13</b>	8,69	54,79	0,00	<b>63,48</b>
Zit Emba	140	1269,5	66,5	<b>1 476,0</b>	3,79	60,21	4,05	<b>68,06</b>
Sedrata	0	789,25	40,66	<b>829,91</b>	0,00	66,57	4,41	<b>70,98</b>
KSar Sbahi	0	2046,22	7,97	<b>2 054,19</b>	0,00	69,73	0,35	<b>70,08</b>
Jijel-Taher	0	11	880	<b>891,00</b>	0,00	0,86	88,89	<b>89,75</b>
<b>Total</b>	<b>397,32</b>	<b>10 367,78</b>	<b>1 902,7</b>	<b>12 667,8</b>	1,25	57,29	13,52	<b>72,06 %</b>



**Figure 94. Efficience parcelaire E2 (%) des grands périmètres irrigués de l'année 2016.**

Des progrès en matière d'équipement plus économes en eau ont été réalisés ces dernières années dans la plupart des périmètres (l'aspersion et le goutte-à-goutte couvrent respectivement 62% et 13% de la superficie totale des GPI). Ce qui a permis d'améliorer l'efficience parcelaire moyenne (E2 = 72,1 %) sur l'ensemble des grands périmètres, celle-ci variant de 63,5 % (Safsaf ) à 89,7 % (Jijel-Taher).

### 3.3 Situation des GPI au regard de l'indice EUE de la campagne 2016

Les résultats de l'efficacité EUE (intégrant l'efficacité de réseaux E1 et celle de l'arrosage à la parcelle E2), sont utilisés comme point d'appui pour définir les objectifs atteints en termes de performance des systèmes d'irrigation au niveau des GPI.

L'indice EUE calculé pour la campagne de l'année 2016 sur l'ensemble des périmètres irrigués se situe en moyenne à hauteur de 59,5 %, compris entre 40,8 (Guelma-Bouchegouf) et 80,7 % (Jijel-Taher) (Tableau 30).

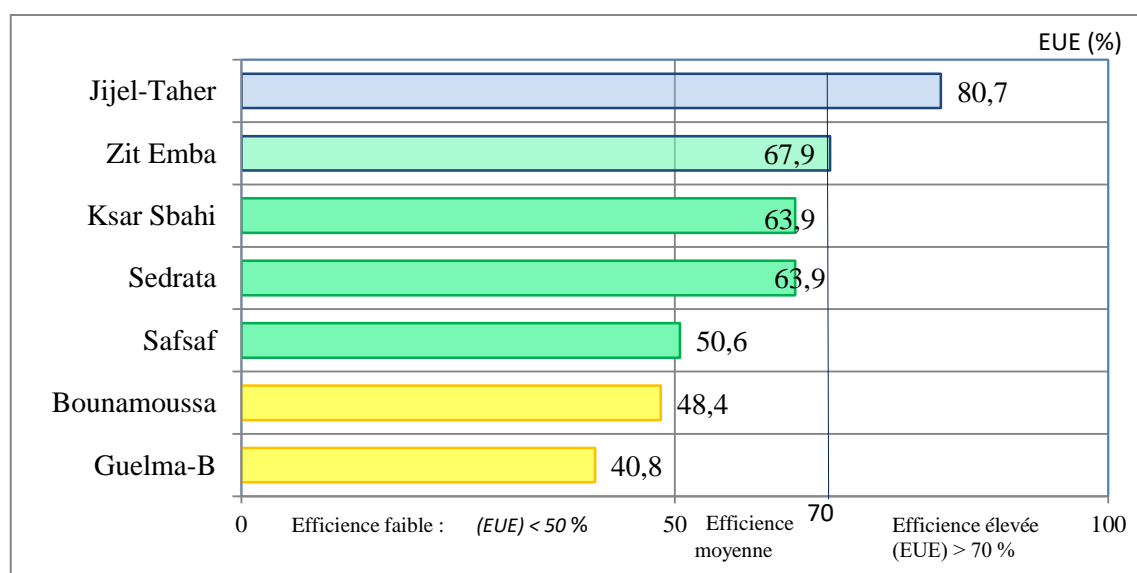
**Tableau 30. Efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) dans les grands périmètres irrigués (campagne 2016).**

Périmètre irrigué	Volume des lâchers d'eau (hm <sup>3</sup> )	Efficacité des réseaux E1 (%)	Efficacité à la parcelle E2 (%)	Efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation EUE (%)
Guelma-B	46,5	57,97	70,31	40,8
Bouamoussa	25,0	63,36	76,43	48,4
Safsaf	8,4	79,64	63,48	50,6
Sedrata	4,1	90,02	70,98	63,8
K'sar Sbahi	4,8	91,25	70,08	63,9
Zit Emba	6,33	99,86	68,06	67,9
Jijel-Tahèr	2,09	89,95	89,75	80,7
<b>Total</b>	<b>97,22 hm<sup>3</sup></b>	<b>81,7 %</b>	<b>72,7 %</b>	<b>EUE Moyenne (%) : 59,5 %</b>

Les grands périmètres irrigués (GPI) sont classés et comparés en termes d'efficacité d'Utilisation de l' Eau sur la base d'une grille de performance définie dans le Plan Bleu (2012) et qui identifie trois catégories de l'efficacité (EUE) (Fig. 95).

- **Catégorie 1. Efficacité faible (fortes pertes) :** L'efficacité d'Utilisation de l'Eau : [(EUE) < 50 %]. Elle correspond à deux grands périmètres GPI ayant disposé de gros volumes alloués, Guelma-Bouchegouf et Bouamoussa en raison des pertes et fuites de transport, et du gaspillage lors de l'usage (fuites, modes d'irrigation ...).
- **Catégorie 2. Efficacité moyenne (pertes non négligeables) :** l'efficacité d'Utilisation de l'Eau : [50% < (EUE) < 70 %]. Dans cette catégorie s'intègrent quatre périmètres irrigués de taille moyenne : Safsaf, Sedrata et KSar Sbahi et Zit Emba.
- **Catégorie 3. Efficacité élevée (peu de pertes) :** l'efficacité d'Utilisation de l'Eau : [(EUE) > 70 %]. Se trouve dans cette catégorie le périmètre nouvellement créé (Jijel-Taher) où le mode d'arrosage goutte à goutte est dominant.





**Figure 95. Classes d'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) des GPI. Campagne d'irrigation de 2016.**

Les pertes totales le long du circuit d'eau, du barrage à la parcelle, s'élèvent à  $29,24 \text{ hm}^3$  par an dont  $19,44 \text{ hm}^3$  (soit 66,5 %) représentent les pertes globales des réseaux de transport et de distribution et alors que les pertes à la parcelle sont de  $9,80 \text{ hm}^3$  (33,5 %).

#### **4. COMPARAISON DES BESOINS D'IRRIGATION AUX VOLUMES D'EAU UTILISES (CAMPAGNE D'IRRIGATION DE L'ANNÉE 2016)**

L'évaluation des besoins théoriques en eau d'irrigation permet d'envisager une comparaison entre les volumes fournis pour les sept (7) périmètres irrigués et leurs besoins respectifs en eau pour la campagne d'irrigation de 2016.

##### **4.1 Les besoins théoriques en eau d'irrigation**

###### **4.1.1 Principes de calculs**

Le principe de la méthode utilisée pour évaluer les besoins en eau du périmètre irrigué est principalement lié à la quantité d'eau requise pour les types de plantes cultivées dans le périmètre d'une part, et d'autre part, la compensation des diverses pertes d'eau occasionnées par le réseau d'irrigation.

Sur cette base, dans le calcul des besoins en eau des différentes cultures irriguées en fonction des assolements et de la superficie qu'elles occupent dans le périmètre, nous ajoutons les pertes en eau dans les réseaux (en tenant compte de l'efficacité des réseaux d'adduction et de distribution E1, et de l'efficacité à la parcelle (E2)

Ce principe du calcul est utilisé par beaucoup de chercheurs, comme indiqué dans l'ouvrage « Micro-irrigation, théorie et application » de Zella (2010) : « Les besoins bruts d'irrigation ( $B_{\text{brut}}$ ), représentent les volumes d'eau d'irrigation nécessaires en pratique, y compris les pertes évitables et inévitables, les pertes dues au lessivage mais à l'exclusion des autres ressources ».

Dans les collections techniques rurales en Afrique, éditées par le Ministère de l'Agriculture français (C.T.G.R.E. F, 1979), on relève ce qui suit : « *Les méthodes de calcul des besoins théorique en eau d'irrigation sont conformes à l'objectif et au niveau d'analyse, en distinguant deux niveaux. Le niveau du périmètre qui intéresse le planificateur. Il permet d'arriver à une estimation prévisionnelle des quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Le niveau de la parcelle qui intéresse l'agriculteur. Le calcul du bilan hydrique permet d'évaluer quantitativement ce qui se passe en un point donné du point de vue de l'alimentation en eau d'une culture donnée, avec un mode d'apport donné* ».

Cette méthode est une approche de calcul globale méthodologique adaptée à l'objectif d'un schéma directeur de l'eau ; elle est utilisée dans l'étude du Plan National de l'Eau (volet irrigation, évaluation de la demande en eau, rapport méthodologique) réalisé en 1997 par le groupement BETURE / CARL.BRO /CES SALZGITTER, Communautés Européennes.

#### 4.1.2 Méthodes de calcul des besoins en eau d'irrigation

Les besoins en eau d'irrigation sont calculés en appliquant la méthode du bilan hydrique qui passe par trois étapes : tout d'abord, les besoins nets en eau des cultures ( $m^3/ha$ ) ; ensuite, les besoins nets totaux pour chaque type d'assolement et le pourcentage que chacun occupe dans le périmètre ( $hm^3$ ), et enfin le total des besoins bruts en eau d'irrigation du périmètre ( $hm^3$ ).

##### 4.1.2.1 Besoins nets en eau d'une culture donnée

Les besoins nets en eau d'irrigation d'une culture traduisent la quantité d'eau qui doit être apportée à la parcelle. On tient compte de la pluie utile, alors que la réserve du sol est considérée comme nulle dans notre calcul.

Les besoins nets sont calculés mois par mois par l'application de la formule suivante :

$$B = (ETP * Kc) - Peff$$

Avec  $B$  : Besoin net de la culture en mm/mois

$ETo$  : évapotranspiration de référence par la méthode Turc mm/mois

$Kc$  : coefficient cultural

$Pu$  : pluie efficace en mm/mois

Les pluies apportent une contribution importante à la satisfaction des besoins en eau des cultures. Cependant, une partie seulement des précipitations est efficace pour la croissance des plantes, car les pluies de faible intensité et de courte durée n'ont que peu d'effet sur la végétation. C'est pourquoi on définit la notion de pluie efficace comme le pourcentage d'une pluie donnée qui participe réellement à la satisfaction des besoins en eau des cultures.

La méthode retenue pour l'estimation de la pluie efficace ( $Peff_{mm}$ ) est celle élaborée par le Service de conservation des sols de l'USDA (*United States Departement Of Agriculture*) généralement considérée comme valable dans les régions semi-arides et arides. Elle est présentée dans le bulletin n° : 24 de la FAO.

Cette méthode donne les valeurs de la pluie efficace moyenne mensuelle en fonction de la pluie mensuelle moyenne ( $P_{moy}$ ), pour  $P$  moyenne inférieure à 250 mm, selon la formule suivante :

$$P_{eff} \text{ ( en mm/mois )} = P_{moy} \left[ \frac{1 - (0,2 \times P_{moy})}{125} \right]$$

#### 4.1.2.2 Besoins nets en eau des assolements réalisés

Les besoins nets en eau d'irrigation ( $B_{nets}$ ) des périmètres sont obtenus en multipliant les valeurs de la superficie irriguée annuellement ( $S_i$ ) par le pourcentage des assolements réalisés en 2016 ( $a_i$ ) et les valeurs des besoins théoriques nets en eau ( $B$ ) pour chaque culture.

$$B_{nets} = B_c * S_i * a_i$$

$B_{nets}$  : Besoins nets en eau des assolements dans le périmètre ( $hm^3$ ) ;

$B_c$  : Besoin net unitaire de la culture ( $hm^3/ha$ ) ;

$S_i$  : Superficie irriguée ( $ha$ ) ;

$a_i$  : Pourcentage (%) d'occupation du sol de la culture dans le périmètre.

#### 4.1.2.3 Besoins bruts en eau d'irrigation du périmètre ( $B_{brut}$ )

Pour obtenir, au niveau du périmètre, les besoins nécessaires, on doit ajouter les volumes d'eau perdus dans le réseau d'irrigation. Une quantité d'eau d'irrigation supplémentaire est ajoutée à la source pour compenser ces pertes.

Les besoins bruts en eau d'irrigation ( $B_{bruts}$ ) sont obtenus en divisant les valeurs des besoins nets d'irrigation par l'efficacité globale (adduction, distribution, parcellaire) du périmètre afin de prendre en considération les pertes d'eau, (cf. chapitre 4).

Les besoins bruts en eau d'irrigation sont obtenus en appliquant la formule suivante :

$$B_{bruts} = \frac{B_{nets} \text{ des cultures}}{E1 * E2} \quad \text{Où :}$$

$B_{bruts}$  : Besoins bruts en eau d'irrigation ( $hm^3$ ).

$B_{nets}$  : Besoins nets en eau des cultures ( $hm^3$ ).

$E1$  : Efficacité globale des réseaux d'adduction et de distribution (%).

$E2$  : Efficacité d'arrosage à la parcelle (%).

Dans certains cas particuliers d'irrigation avec une eau chargée de sels (cas des périmètres Ksar Sbahi et Sedrata) et ou de sols peu perméables on doit tenir compte de dotations additionnelles destinées à permettre un lessivage des sols, mais nous n'en avons pas tenu compte à ce stade d'investigation.

## 4.2 Données disponibles pour le calcul les besoins en eau d'irrigation

Le calcul de ces besoins théoriques en irrigation nécessite de s'appuyer sur divers paramètres concernant la climatologie (pluviométrie et évapotranspiration), la plante elle-

même (coefficient cultural) ainsi que la pédologie (réserve utilisable du sol) de la région étudiée.

#### 4.2.1 Données climatiques

Les données climatiques sont rassemblées par grandes régions naturelles de l'Est algérien : le littoral, l'Atlas tellien, les hautes plaines.

##### 4.2.1.1 Évapotranspiration de référence

L'évapotranspiration de référence, ou évapotranspiration potentielle (ETP), a été calculée pour chacune des stations climatologiques, dans le chapitre 2 (Tableau 31).

**Tableau 31. Valeurs de l'ETP Turc dans la région du Nord-Est algérien.**

ETP Turc (mm)	Janv	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov	Déc.	Total
Jijel	43,7	57,5	92,9	102,0	131,6	162,0	171,7	166,6	116,8	87,2	55,1	39,1	<b>1 226,2</b>
Skikda	41,0	61,1	99,1	112,0	146,9	162,0	177,8	170,5	117,5	86,8	45,6	33,9	<b>1 254,8</b>
Annaba	42,6	54,6	87,7	117,2	162,5	188,3	196,5	147,9	101,2	76,2	47	35,9	<b>1 257,8</b>
Guelma	40,6	53,4	88,4	122,4	168,9	197,0	205,5	153,7	103,4	77,7	47,1	34,7	<b>1 292,9</b>
O. E. Bouaghi	33,4	46,84	84,65	122,5	171,3	192,4	238,9	170,9	103,5	75,7	42,9	27,8	<b>1 311,0</b>

##### 4.2.1.2 Pluviométrie et calcul de la pluie efficace (Peff)

La connaissance de la quantité et des fréquences des précipitations est un élément essentiel pour la planification de l'irrigation. On trouvera dans le tableau 32, les valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie dans la région, pour les stations climatologiques retenues.

**Tableau 32. Pluviométrie mensuelle et pluie efficace dans la région du Nord Est de l'Algérie**

Station	Pluie (mm)	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui	aout	sept	oct	nov	dec	Total
Jijel	P (mm)	149,5	129,4	95,9	79,5	49,9	13,5	3,0	23,0	69,4	94,0	161,9	169,6	<b>1038,6</b>
	Peff (mm)	60,1	62,4	59,1	54,2	41,8	16,8	3,2	21,5	50,1	58,7	57,1	54,4	539,3
Skikda	P (mm)	119,9	93,0	68,0	49,3	40,50	11,5	3,4	12,1	59,5	68,1	112,4	148,1	<b>785,8</b>
	Peff (mm)	62,4	58,4	49,5	39,6	33,9	11,0	3,4	11,5	45,3	49,5	61,9	60,4	486,8
Annaba	P (mm)	96,7	80,6	74,4	57	31,7	9,3	2,3	11,6	46,2	61,0	82,0	124,5	<b>677,3</b>
	Peff (mm)	59,30	54,61	52,26	44,00	27,68	8,95	2,28	11,06	37,66	46,12	55,10	62,50	461,53
Guelma	P (mm)	90,3	72,1	77,3	64,2	37,4	16,6	3,20	11,9	42,4	47,0	62,8	84,1	<b>609,3</b>
	Peff (mm)	57,7	51,3	53,4	47,7	31,8	15,5	3,2	11,3	35,2	38,2	47,0	55,8	448,1
Bouaghi	P (mm)	44,8	32,1	38,8	43,3	53,0	18,1	10,7	23,7	41,4	29,6	35,1	42,5	<b>413,1</b>
	Peff (mm)	36,8	28,0	32,8	35,8	41,8	16,8	10,2	21,5	34,5	26,1	29,4	35,3	348,9

#### 4.2.1 Données pour la détermination du coefficient cultural Kc

Les données de l'Office National d'Irrigation et Drainage ONID, obtenues après enquête auprès de leurs services d'exploitation, permettent de mieux appréhender l'importance des surfaces irriguées, les types de culture en présence ou encore les modes et périodes d'irrigation.

Le coefficient cultural Kc pour chaque groupe de cultures est caractérisé, mois par mois, en fonction de son cycle végétatif, par une valeur moyenne approchée de Kc. Ces valeurs sont celles proposées par les divers ingénieurs conseils qui se réfèrent à la publication n° 24 de la FAO .

**Tableau 33. Valeurs mensuelles du coefficient cultural Kc , (PNE, 1997)**

Coefficient cultural (KC)	Janv.	fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Source
Arboriculture	0,4	0,4	0,55	0,7	0,75	0,8	0,8	0,7	0,7	0,65	0,55	0,4	FAO
Maraîchage	0	0	0,5	0,8	0,9	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	ANRH
Cultures industrielles	0	0	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0	0	0	FAO
Céréales d'été	0	0	0,3	0,7	0,5	0,8	0,55	0	0	0	0	0	FAO
Fourrage d'été	0	0	0,5	0,75	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	FAO

#### 4.2.2 La réserve facilement utilisable (RFU),

Cette méthode appliquée dans le plan national de l'eau eau, n'a pas pris en en considération la réserve facilement utilisable des sols (RFU). Ceci est justifié dans ce qui suit :

*« La connaissance des caractéristiques hydrodynamiques du sol est très importante pour l'irrigant, puisque ces caractéristiques déterminent l'importance des doses, donc l'espacement des arrosages. Par contre, elles interviennent moins directement pour le projeteur qui désire connaître surtout les besoins en eau. Parce que, à l'échelle d'un périmètre de quelques centaines d'hectares, on peut avoir une grande hétérogénéité pédologique, alors que climatiquement, la zone peut être très homogène » (Plan National Eau, volet besoins en eau d'irrigation, (PNE 1997).*

### 4.2.3 Résultats : Exemple des calculs de bilan mensuel des besoins d'irrigation

Le tableau 34 montre un exemple de calcul du bilan mensuel des besoins en eau des cultures et besoin d'irrigation : le cas du périmètre de Guelma-Bouchouf.

**Tableau 34. Exemple de calcul de bilan mensuel des besoins en eau des cultures et besoins en eau d'irrigation : cas du périmètre de Guelma-Bouchouf**

P (mm)	90,3	72,10	77,3	64,2	37,4	16,6	3,2	11,9	42,4	47	62,8	84,1	609,3
ETP (mm)	40,6	53,40	88,41	122,39	168,89	197,01	205,53	153,75	103,39	77,67	47,08	34,75	1292,9
P efficace (mm)	57,7	51,31	53,39	47,71	31,80	15,50	3,16	11,33	35,20	38,16	47,02	55,81	448,09
<b>Kc</b>													
Kc	0,40	0,40	0,55	0,7	0,75	0,8	0,8	0,7	0,7	0,65	0,55	0,4	
<b>Arboriculture</b> Besoins (mm)	0,00	0,00	0	37,959	94,86	142,11	161,26	96,29	37,164	12,32	0	0	<b>581,97</b>
<b>Kc</b>													
Kc	0,00	0,00	0,5	0,75	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	
<b>C. Fourragère</b> Besoins (mm)	-57,68	-51,31	-9,193	44,079	94,86	132,25	79,05	-11,3	-35,20	-38,1	-47,02	-55,8	<b>350,25</b>
<b>Kc</b>													
Kc	0,00	0,00	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0	0	0	
<b>C. maraîchère</b> Besoins (mm)	-57,68	-51,31	-9,193	50,198	120,196	181,51	161,26	-11,333	-35,208	38,164	-47,024	-55,80	<b>513,17</b>
<b>Kc</b>													
Kc	0,00	0,00	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0	0	0	
<b>C. industrielle</b> Besoins (mm)	-57,68	-51,31	-18,03	25,720	103,30	161,81	181,81	111,66	26,825	38,16	-47,02	55,80	<b>611,15</b>
<b>Guelma-Bouchouf</b>													
Culture	Besoin net Par culture m <sup>3</sup> /ha	Superficie (ha)	Besoins Net par assolement m <sup>3</sup> /ha	Efficienc (EUE) (%)	Pertes à compensés (hm <sup>3</sup> )	Besoins bruts en eau d'irrigation							
Arboriculture	5 819,70	407,0	2 368 617,90										
C. Fourragère	3 502,54	24,3	85 111,72										
C. Maraîchère	5 131,72	1198,0	6 147 800,56										
C. Industrielle	6 111,48	1936,0	11 831 825,28										
Céréaliculture	3 425,92	16,7	57 212,86										
<b>Total</b>	<b>4 798,3</b>	<b>3 582,0</b>	<b>20 490 568,33</b>	<b>40,8%</b>	<b>12 130 416,45</b>	<b>32 620 984,77</b>							

## 4.3 Résultats du calcul des besoins en eau d'irrigation des grands périmètres (GPI)

### 4.3.1 Besoins nets d'irrigation des cultures par hectare à travers les périmètres

Le calcul des besoins mensuels et annuels en eau a été effectué en fonction des cinq types de cultures présents sur le territoire des grands périmètres irrigués.

Les besoins en eau des plantes diffèrent selon les cultures et la région où appartient le périmètre irrigué.

Durant la campagne d'irrigation 2016, les assolements réalisés dans les périmètres de la région d'étude nécessitent théoriquement des besoins moyens en eau qui vont de selon le type de culture : les céréales 3374 m<sup>3</sup>/ha), les cultures fourragères (3509 m<sup>3</sup>/ha), l'arboriculture (5679 m<sup>3</sup>/ha), le maraîchage (5859 m<sup>3</sup>/ha) et les cultures industrielles (5979 m<sup>3</sup>/ha) (Tableau 35).

On observe de manière générale que les cultures maraîchères et les cultures industrielles sont les plus consommatrices d'eau.

**Tableau 35. Surfaces irriguées et besoins unitaires en eau des cultures par périmètre (Campagne d'irrigation de 2016)**

Types de cultures	Arboriculture		C. Fourragère		Maraîchage		C. Industrielle		Céréales	
	Sup Cultivée (ha)	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /ha/an)	Sup Cultivée (ha)	Besoin en eau (m <sup>3</sup> /ha/an)	Surf Cultivée (ha)	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /ha/an)	Surf Cultivée (ha)	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /ha/an)	Surf Cultivée (ha)	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /ha/an)
Bouamoussa	671	5 850	14,55	3 467	885,7	5 027	1078,62	5 942	0	3 392
Guelma – B.	407	5 819	24,23	3 502	1198,69	5 132	1935,79	6111,2	16,7	3 425
Safsaf	257,32	5164,48	3,25	2998,53	820,81	4352,54	66	5524,5	36,75	2 914
Zit-Emba	142	5 887	0	2 989	348	7289	987	5 527,4	0	3 468
Jijel-Taher	31	4479	4,75	2495	855,25	3835	0	0	0	0
Sedrata	1	6 277	31,1	4 556	590,66	7 690,20	27,66	6 381	179,49	3 522
Ksar Sbahi	2,89	6 277	128,87	4 556	644,5	7 690,20	0	6 381	1277,93	3 522
<b>Total</b>	<b>1512,2</b>	<b>5 679</b>	<b>206,75</b>	<b>3 509</b>	<b>5 343,42</b>	<b>5 859</b>	<b>4095,07</b>	<b>5 978</b>	<b>1510,87</b>	<b>3 374</b>

La majorité des cultures irriguées aux périmètres de la région sont : les cultures maraîchères avec un taux de 42 %, les cultures industrielles avec un taux de 32 % pratiquées notamment à Guelma - Boucheouf, Zit Emba et Bouamoussa, puis les céréales avec 12 % (pratiquées notamment à Ksar Sbahi et Sedrata) et l'arboriculture avec un taux de 12 %, suivie par les fourrages avec un taux de 2 % (Tableau 36).

Le type de culture rencontré et la surface emblavée sur les périmètres ont une grande influence par la suite sur les besoins en eau. Par exemple, un périmètre emblavé en maraîchage nécessitera d'avantage d'eau qu'un périmètre où la culture de la céréale est dominante.

#### 4.3.2 Les besoins nets en eau par assolement selon les périmètres

Nous avons déterminé les besoins en eau mensuels et annuels de différentes cultures pendant la saison d'irrigation 2016 dans les grands périmètres irrigués (GPI), sur une superficie totale irriguée estimée au cours de cette année à 12 668 hectares.

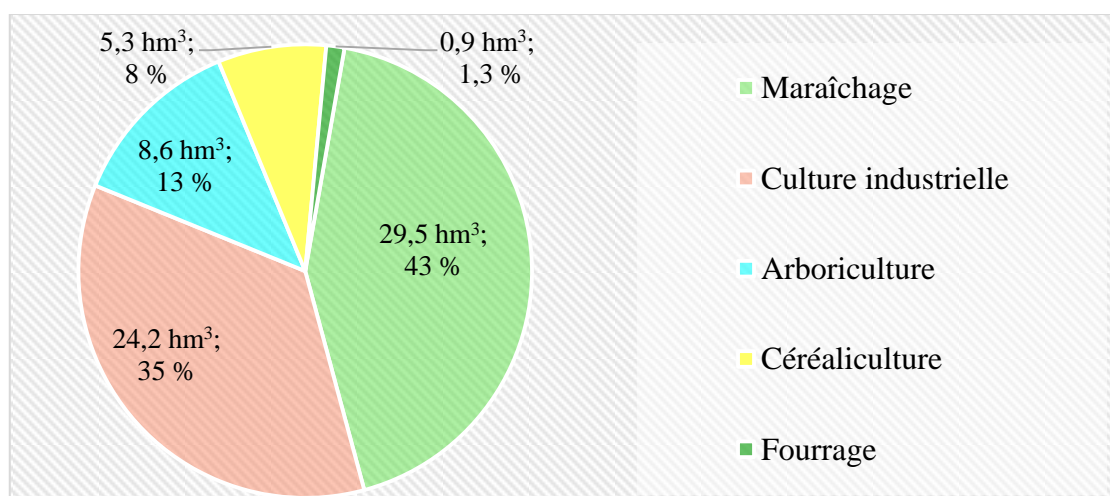
Les calculs et les résultats des besoins nets en eau pour chaque culture irriguée par périmètre figurent en Annexe. Le tableau 36 résume les résultats des besoins nets en eau d'irrigation par périmètre irrigué.

**Tableau 36. Récapitulatif des résultats des Besoins nets en eau annuels d'irrigation des cultures par périmètre (hm<sup>3</sup>)**

Assolement/ GPI/ superficie irriguée	Besoins nets (m <sup>3</sup> ) Arboriculture	Besoins nets (m <sup>3</sup> ) Cultures fourragères	Besoins nets (m <sup>3</sup> ) Maraichage	Besoins nets (m <sup>3</sup> ) Cultures industrielles	Besoins nets (m <sup>3</sup> ) Céréales	Besoins nets totaux par périmètre irrigué (m <sup>3</sup> )
Bouamoussa	3 925 350,0	50 444,85	4 452 413,9	6 409 160,04	0	14 837 368,8
Guelma –B	2 368 617,9	84 853,46	6 151 677,08	11 830 541,87	57 212,86	20 492 903,2
Safsaf	1 328 924,0	9 745,22	3 572 608,36	364 617	107 089,5	5 382 984,1
Zit Emba	835 954,0	0,00	2 536 572	5 455 593,15	0	8 828 119,2
Sedrata	138 849,0	11 851,25	3 279 883,75	0	0	3 430 584,0
Ksar Sbahi	6 277,0	141 691,60	4 542 293,53	176498,5	632 163,8	5 498 924,4
Jijel -Taher	18 140,5	587 131,72	4 956 333,9	0	4 500 869,5	10 062 475,6
<b>Besoins En eau Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>8 621 833</b>	<b>885 935</b>	<b>29 512 867</b>	<b>24 217 599</b>	<b>5 326 551</b>	<b>68 533 359,2</b>

Pour une superficie irriguée de 12 668 hectares sur l'ensemble des périmètres irrigués GPI du nord Est algérien (Guelma - Boucheouf, Zit Emba, Safsaf, Sedrata, Ksar Sbahi, Jijel-Taher), le volume total annuel des besoins en eau théoriques nécessaires est estimé à 68,533 hm<sup>3</sup>.

La figure 96 montre la répartition, sur les périmètres étudiés, des besoins en eau nets annuels des cinq types de cultures et de leur part respective (en %).



**Figure 96. Répartition de la part des besoins net en eau par type de cultures dans les grands périmètres irrigués (Campagne de 2016)**



Le maraîchage représente la plus forte part de demande en eau d'irrigation dans l'assolement, avec 43 % des besoins totaux, une culture nécessitant beaucoup d'eau (29,5 hm<sup>3</sup>), et la plus répandue dans tous les périmètres. Il y a ensuite les cultures industrielles (24,2 hm<sup>3</sup>) qui occupent 35 % des besoins nets totaux des GPI. Ce sont ces deux cultures qui sont les plus présentes et dont les besoins moyens en eau sont les plus importants, soit 78% du total.

Le reste des besoins totaux est réparti entre les cultures arboricoles (8,6 hm<sup>3</sup>), les céréales (5,3 hm<sup>3</sup>) et les cultures fourragères (0,7 hm<sup>3</sup>). Cultures qui nécessitent moins d'eau d'irrigation.

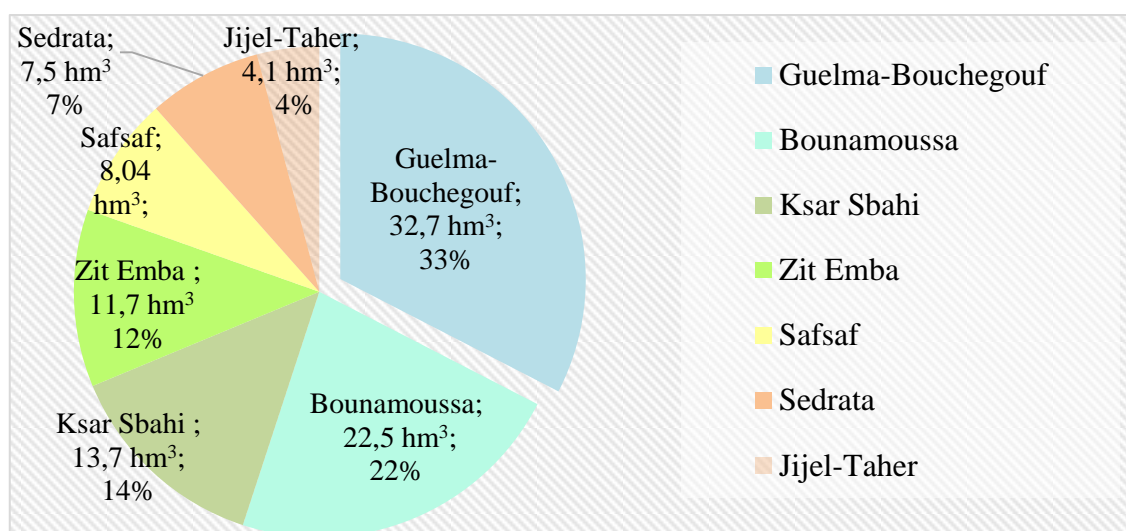
#### 4.3.3 Besoins théoriques bruts en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués

Les besoins théoriques en eau d'irrigation varient considérablement d'un périmètre à un autre, selon la zone climatique et les types de cultures pratiqués et du pourcentage de leur expansion dans le périmètre ; ils s'accroissent aussi avec le taux d'efficacité des réseaux d'irrigation (Tableau 37).

**Tableau 37. Besoins théoriques bruts en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués (campagne de 2016)**

Grands Périmètre Irrigué	Superficie Irriguée. ha	Besoins nets m <sup>3</sup>	Efficacité (%)	Pertes à compenser		Besoins bruts théoriques en eau d'irrigation (m <sup>3</sup> )
				Pertes (%)	Pertes (m <sup>3</sup> )	
Bouamoussa	2 649,87	14 837 368,79	48,4	51,6	7 656 082,30	22 493 451,09
Guelma -Boucheougouf	3 582,41	20 492 903,2	40,8	59,2	12 148 176,2	32 668 743,92
Safsaf	1 184,13	5 382 984,07	50,6	49,4	2 659 194,13	8 042 178,21
Zit Emba	1 477,00	8 828 119,15	67,9	32,1	2 833 826,25	11 661 945,40
Jijel-Taher	891	3 430 584,00	80,7	19,3	662 102,71	4 092 686,71
Sedrata	829,91	5 498 924,37	63,9	36,1	1 985 111,70	7 484 036,07
Ksar Sbahi	2 054,19	10 062 475,61	63,9	36,1	3 632 553,70	13 695 029,31
<b>Total (Σ 7 GPI)</b>	<b>12 668</b>	<b>68 561 023,8</b>	<b>59,5 %</b>	<b>40,5%</b>	<b>31 577 046,9</b>	<b>100 138 070,7</b>

En 2016, pour une superficie irriguée de 12 668 hectares, les besoins annuels en eau d'irrigation à mobiliser pour les sept périmètres s'élèvent à 100,14 hm<sup>3</sup>, allant de 4,093 (Jijel- Taher) à 32,669 hm<sup>3</sup> (Guelma-Boucheougouf). La figure 97 montre la répartition des besoins en eau par périmètre irrigué.

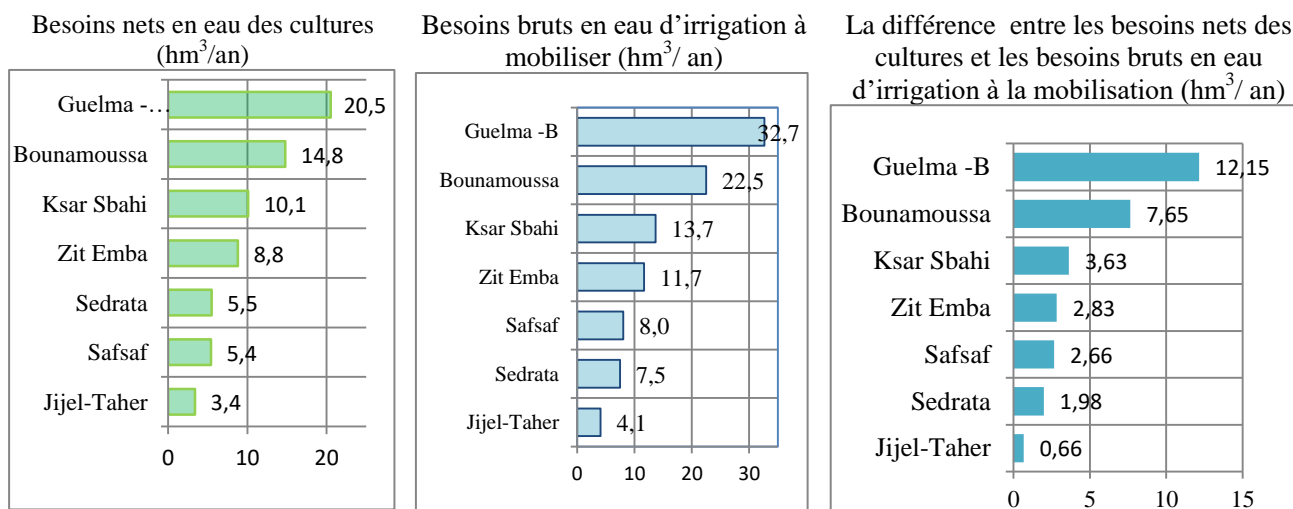


**Figure 97. Répartition des besoins théoriques bruts en eau d'irrigation par périmètre irrigué (situation 2016)**

Par ordre décroissant, la répartition des besoins annuels bruts en eau d'irrigation des sept périmètres est comme suit : Guelma- Boucheougouf : 32,7 hm<sup>3</sup> (33 %), Bounamoussa : 22,5 hm<sup>3</sup> (22 %), Ksar Sbahi : 13,7 hm<sup>3</sup> (14 %), Zit Emba : 11,7 hm<sup>3</sup> (12%), Safsaf : 8,04 hm<sup>3</sup> (9%) ; Sedrata : 7,9 hm<sup>3</sup> (7,5%), Jijel-Taher : 4,1 hm<sup>3</sup> (4 %).

Ainsi, la marge du «potentiel d'économies réalisables» a été estimée à l'échelle de la région d'étude, soit un volume de pertes d'environ 31,6 hm<sup>3</sup> qui, en plus des besoins nets, est appelé à être mobilisé à partir des barrages.

La compensation des pertes d'eau, du barrage à la parcelle, pour couvrir le volume des besoins théoriques en eau d'irrigation des sept périmètres irrigués a entraîné une augmentation de 68,6 hm<sup>3</sup> à 100,14 hm<sup>3</sup> soit 31,5 %. Ce qui appelle à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau afin d'économiser l'eau d'irrigation sur des marges différentes, notamment pour les périmètres suivants : Guelma- Boucheougouf (12,15 hm<sup>3</sup>), Bounamoussa (7,65 hm<sup>3</sup>), Ksar Sbahi (3,63 hm<sup>3</sup>).



**Figure 98. Besoins nets théoriques et besoins bruts totaux en eau d'irrigation à mobiliser (hm³/an).**

#### 4.4 Bilan d'eau : ressources – besoins théoriques et déficit en eau

Après avoir déterminé les besoins en eau annuels bruts pour la saison d'irrigation 2016, nous comparons les besoins en eau des périmètres irrigués et les lâchers des barrages (Tableau 38). Le déficit en eau (DE en %) est déduit de la confrontation entre les ressources et les besoins en eau des cultures irriguées :

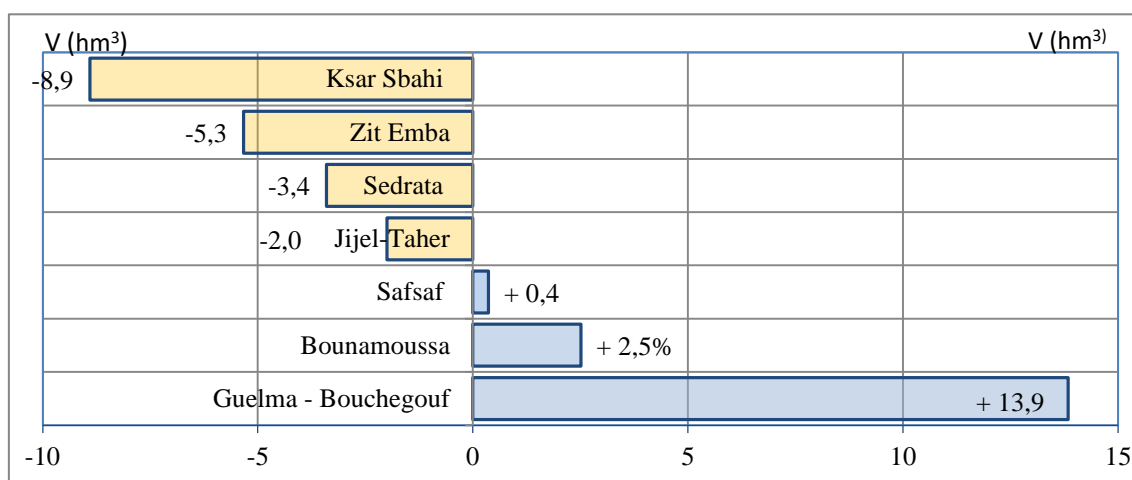
$$DE = \frac{(VL - B_{brut})}{B_{brut}} \times 100$$

Où  $B_{brut}$  : besoins en eau en d'irrigation (%), VL : volume des lâchers du barrage (en  $hm^3/an$ ) et  $B_{brut}$  : besoins bruts en eau d'irrigation par périmètre (en  $hm^3/an$ ).

**Tableau 38. Bilan d'eau et déficit en eau dans les GPI (situation 2016).**

GPI	Besoins théoriques en eau d'irrigation B brut ( $hm^3$ )	Lâchers d'eau du barrage VL ( $hm^3$ )	Bilan d'eau B brut - V L ( $hm^3$ )	Déficit annuel en eau d'irrigation (%)
Guelma - B	32,624	46,500	+13,88	/
Bouamoussa	22,493	25,000	+2,51	/
Safsaf	8,042	8,400	+0,36	/
Jijel-Taher	4,092	2,090	-2,00	- 48,9
Sedrata	7,48	4,100	-3,38	- 45,2 %
Zit Emba	11,661	6,330	-5,33	- 45,7
Ksar Sbahi	13,695	4,800	-8,89	- 64,9 %
Total (7 GPI)	100,1	97,22	-2,88	3,0 %

À l'échelle des grands périmètres, le bilan d'eau : ressources fournies-besoins théoriques de l'année 2016, calculés sur la base des assolements effectifs d'une surface totale de 12 668 ha, montre une disproportion entre les volumes utilisés et les besoins qui se traduisent par un déficit global de 19,61  $hm^3$ , enregistré aux niveaux de quatre périmètres. Il se répartit avec des valeurs qui varient de 45,7 % (Zit Emba) à 64,9 % (Ksar Sbahi) (Fig. 99).



**Figure 99. Bilan d'eau et déficit annuel en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués en 2016**

Pour le périmètre de Guelma Bouchegouf et Bounamoussa, Safsaf , les volumes des lâchers d'eau des barrages alimentant ces trois périmètres, ont réussi à couvrir les besoins théoriques en eau d'irrigation, en dépit des pertes de réseau jugées trop élevées, notamment pour le périmètre de Guelma – Bouchegouf (efficacité faible : 40,8 %).

Les quatre périmètres nouvellement créés ont enregistré des déficits dans la satisfaction des besoins en eau d'irrigation, allant de 45,2 % (Sedrata) à 65,0% (KSar Sbahi). Dans la zone semi-aride des hautes plaines, le périmètre de Ksar Sbahi nécessite  $13,7 \text{ hm}^3$  d'eau d'irrigation, répartis entre  $10,1 \text{ hm}^3$  pour couvrir les besoins nets des cultures et  $3,6 \text{ hm}^3$  pour couvrir les fortes pertes (36,9%) des systèmes de réseaux d'irrigation. Bien que les ressources en eau soient disponibles en quantité (barrage de Foug Khanga), la contrainte est la mauvaise qualité de l'eau du barrage, ce qui peut expliquer pourquoi le déficit en eau d'irrigation est élevé (64,9 %).

L'ampleur des pertes et des mauvais usages de l'eau dans les sept périmètres irrigués engendrent une augmentation de la demande en eau dans les différents périmètres irrigués. Les ressources en eau mobilisées à partir des barrages ( $97,22 \text{ m}^3$ ) dépassent largement les besoins nets en eau des cultures cultivées ( $68,6 \text{ hm}^3$ ), mais avec une efficacité globale faible de 59,5%, soit une perte très forte (40,5%) liée aux composantes de l'utilisation de l'eau. Ceci entraîne une augmentation des besoins bruts en eau ( $100,11 \text{ hm}^3$  par an) pour l'ensemble des GPI.

## 5. CONCLUSION DU CHAPITRE 4

L'évaluation au niveau des réseaux d'irrigation a permis de comparer les performances des sept périmètres pour identifier des points communs et des éléments de différenciation entre les systèmes d'irrigation et la gestion de l'eau agricole

L'utilisation des ressources en eau au profit des GPI est définie chaque année par le Ministère des Ressources en Eau (MRE) à l'aide de plans annuels de répartition de l'eau emmagasinée dans les barrages. Ceux-ci sont élaborés sur la base des bilans d'exploitation des réserves en eau des barrages et compte tenu des caractéristiques hydro-pluviométriques de l'année.

L'analyse révèle qu'en valeur moyenne interannuelle (2006-2016), les volumes alloués aux périmètres, au début des campagnes d'irrigation, sont de l'ordre de  $100,92 \text{ hm}^3$  variant entre 80 et  $125 \text{ hm}^3$ . Une diminution du volume d'eau moyen interannuel est constatée de l'amont à l'aval du réseau : le volume des lâchers est de  $87,71 \text{ hm}^3$  alors que le volume mis en tête des réseaux (MTR) est de  $74,61 \text{ hm}^3$  et enfin, le volume moyen distribué en tête de parcelles (bornes d'irrigation) se réduit à  $62,72 \text{ hm}^3$ .

Les pertes totales du réseau sont importantes ( $25,0 \text{ hm}^3$ ) se traduisant par une efficacité moyenne des réseaux de transport (E1) de l'ordre de 71,5 %. Produit de l'efficacité d'adduction  $E_a$  (85,1%) et de l'efficacité de distribution  $E_d$  (84,1%), elle diffère d'un périmètre à autre, dans une fourchette comprise entre 64,1 % (Ksar Sbahi) et 93,5 % (Zit Emba).

- *Les réseaux d'adduction* : les lâchers interannuels des barrages se situent entre 1,4 (Jijel-Tahèr) et 35,21 hm<sup>3</sup> (Guelma-Boucheougouf). Les valeurs de l'efficacité d'adduction varient dans une fourchette de 80,9 à 100 % (soit des pertes de 0 à 19%). Les valeurs de l'efficacité les plus fortes correspondent à des périmètres où la distance entre le barrage et la tête du périmètre est courte, le transport de l'eau se faisant dans des conduites en bon état qui n'engendrent que des pertes négligeables. Nous trouvons cette situation dans le cas des périmètres de Zit-Emba (100 %), El-Agrem (99 %), Sedrata (99 %) et K Sar Sbahi (98 %).

Par contre des efficacités faibles (pertes fortes) sont constatées dans les anciens périmètres, par exemple dans le cas du périmètre de Guelma- Boucheougouf, la valeur de l'efficacité d'adduction (Ea) de l'ordre de 83%, est imputable au fait que le barrage effectue des lâchers dans les oueds Bouhamdane-Seybouse, lesquels sont repris plus à l'aval par des stations de pompage qui desservent le périmètre.

Toutefois, ces pertes d'adduction, parfois importantes, ne sont pas totalement perdues ni inutiles : une partie est récupérée pour des installations d'irrigation sommaires le long des oueds et canaux, et une partie de l'écoulement permet d'assurer un minimum d'équilibre environnemental (soutien des étiages et des nappes) le long de l'axe hydrographique principal. Lors des années très sèches, des mesures restrictives émanant des instances centrales sont dictées par la priorité de couverture des besoins de l'AEP ; aussi les prélèvements par pompage dans l'oued sont suspendus, suite à des baisses importantes de la réserve du barrage qui interdit tout lâcher en faveur de l'irrigation.

- *Les réseaux de distribution* : l'efficacité de distribution moyenne (Ed) est de 84,1%, comprise entre 66,3 à K Sar Sbahi et 93,5 % à Zit Emba, Elle correspond aux pertes dans les réseaux à l'échelle des secteurs des périmètres d'irrigation, dans les diverses sections des conduites et canaux de divers ordres.

L'efficacité de la distribution est une moyenne du rendement des réseaux de tous les secteurs qui composent le périmètre. L'efficacité peut être très différente entre les secteurs d'un même périmètre, car elle est soumise à plusieurs variables : normes techniques et équipement, entretien, longueur du réseau, nombre des exploitations irriguées, le mode de circuit de l'eau dans le secteur et le tour d'eau... Aussi, elle est directement proportionnelle aux volumes d'eau pompés par chaque secteur et à l'importance de la longueur des réseaux de distribution.

Cela signifie que nos résultats à l'échelle des GPI expriment l'efficacité de la distribution d'eau entre deux points (entrée et sortie du réseau). Afin d'obtenir plus de détails, il est nécessaire de mener une étude approfondie au niveau local, ce qui nécessite de prendre en compte et de collecter toutes les données pour évaluer l'efficacité de chaque secteur (le potentiel du milieu naturel : sol et eau disponible, les capacités et équipements mis en place, les technologies, la gestion des réseaux/ou équipements et volumes pompés, les critères socio-économiques ...).

- *A l'échelle de la parcelle* : l'efficacité parcellaire s'est améliorée (E2 = 72,1%) sur tous les grands périmètres, allant de 63,5% (Safsaf) à 89,7% (Jijel-Taher).

L'efficacité de l'eau d'irrigation à la parcelle (E2) est liée au mode d'arrosage utilisé à la parcelle irriguée (gravitaire, aspersion, goutte à goutte,...ect). Dans notre cas, pour les sept grands périmètres irrigués, on distingue trois types d'arrosage : La méthode d'irrigation par aspersion couvre une superficie de 10 368 hectares (82 %) de la superficie totale équipée des GPI (12 667,8 hectares), , tandis que le mode de goutte à goutte couvre que 1904 hectares (15,5 %). L'irrigation par gravité se limite à une superficie de 397 ha (3 %).

- L'aspersion est le mode d'irrigation dominant (mis à part dans le périmètre de Jijel-Taher où il couvre seulement 11 ha), : Bounamoussa (1798 ha), Guelma- Bouchegouf (3527 ha), Ksar Sbahi (2046,2 ha), Safsaf (926,8 ha), Zit Emba (1269,5 ha), Sedrata (789,3 ha).
- Le système goutte-à-goutte existe dans la majorité des périmètres, avec des surfaces limitées, variant entre 8 ha à Ksar Sbahi et 880 ha à Jijel-Taher.
- Le système gravitaire n'est pratiqué que dans deux périmètres : dans le Safsaf (257,3 ha soit 22% de la surface équipée), et dans Zit Emba (140 ha soit 11% de la surface équipée).

L'importance de l'efficacité d'arrosage se traduit par une meilleure couverture des besoins en eau des plantations, le résultat global étant l'amélioration du rendement des cultures irriguées.

L'indice EUE calculé pour la campagne de l'année 2016 sur l'ensemble des périmètres irrigués se situe autour de 59,5 %, compris entre 40,8 (Guelma-Bouchegouf) et 80,7 % (Jijel-Taher). Malgré des progrès notables, l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) demeure peu satisfaisante (surtout pour les trois principaux GPI ayant disposé de gros volumes alloués) en raison des pertes et fuites de transport et du gaspillage de l'eau lors de l'usage.

Du barrage à la parcelle, les pertes totales le long du circuit d'eau, s'élèvent à 49,87 hm<sup>3</sup> par an : 31,5 hm<sup>3</sup> représentent les pertes globales des réseaux de transport et de distribution (63,2 % des pertes totales) et 18,37 hm<sup>3</sup> (36,8 %) sont des pertes à la parcelle.

Le principe de la méthode utilisée pour estimer les besoins en eau des périmètres irrigués est principalement lié à la quantité d'eau requise pour les types de plantes cultivées dans chaque périmètre irriguée et à la compensation de différentes pertes d'eau résultant du réseau d'irrigation et de la méthode d'arrosage à la parcelle.

En 2016, pour une superficie irriguée de 12 668 hectares, les besoins nets totaux pour les cinq (5) cultures cultivées par assolement sont estimés à 68,6 hm<sup>3</sup>. Deux types de cultures prédominent : le maraîchage nécessitant un volume de 29,5 hm<sup>3</sup> (43 % du total des besoins) et les cultures industrielles dont les besoins s'élèvent à 24,2 hm<sup>3</sup> (35 %). Viennent ensuite l'arboriculture (13 %); la céréaliculture (8 %) et les cultures fourragères (1,3%).

En tenant compte de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE : 59,5%), les besoins bruts théoriques en eau d'irrigation s'élèvent à 100,14 hm<sup>3</sup>/an, répartis dans des proportions variables entre les périmètres: Guelma-Bouchegouf (32,7 hm<sup>3</sup> soit 33 % du total),

Bounmoussa (22,5 hm<sup>3</sup>, 22%), Ksar Sbahi : 13,7 hm<sup>3</sup>, 14 %); Zit Emba (11,7 hm<sup>3</sup>, 12%), Safsaf (8,0 hm<sup>3</sup>, 8 %), Sedrata : 7,5 hm<sup>3</sup>, 7 %) et Jijel-Taher (4,1 hm<sup>3</sup>, 4 %).

Les trois anciens périmètres sont les plus importants du Nord-Est de l'Algérie, au vu de l'importance de leur superficie équipée et de leurs cultures industrielles, grosses consommatrices d'eau. De plus, l'efficacité de l'utilisation de l'eau est faible (les réseaux d'adduction de ces GPI sont conçus sur la base de lâchers d'eau au fil des oueds).

Compte tenu de la disponibilité limitée des ressources en eau et de la concurrence imposée par le secteur de l'eau potable (AEP), des économies d'eau d'irrigation peuvent être réalisées sur la base d'une planification stratégique dans le sens de la détermination des types de cultures irriguées qui valorisent au maximum le mètre cube d'eau mobilisé et de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (l'efficacité des réseaux et de la méthode d'arrosage des parcelles).

Dans le domaine de l'irrigation, deux leviers peuvent être activés : la technologie et la conduite de l'irrigation à la parcelle. Dans le chapitre suivant, l'approche locale est appliquée au niveau des secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheougouf, qui a été pris comme exemple parmi sept (7) GPI du Nord-Est de l'Algérie.

---

## **CHAPITRE V**

### **L'EXEMPLE DES SECTEURS IRRIGUÉS DU PÉRIMÈTRE DE GUELMA – BOUCHEGOUF**

---



## INTRODUCTION

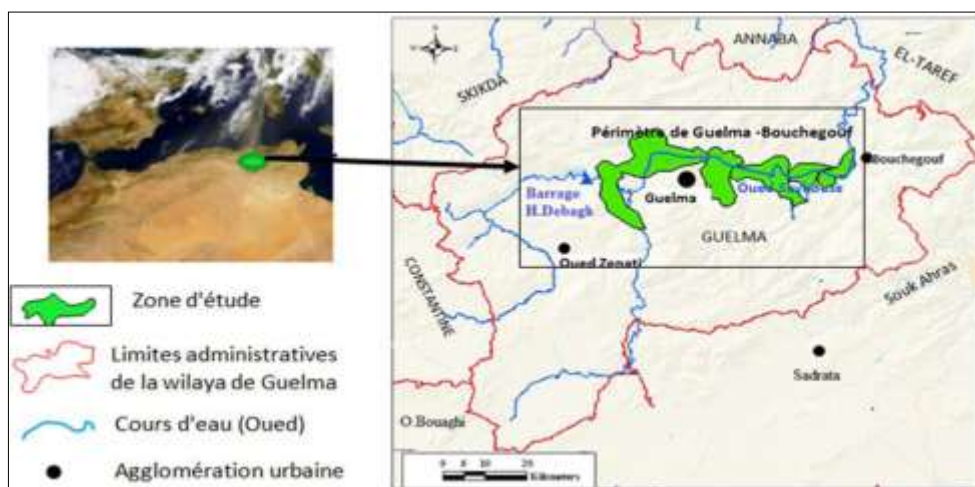
Ce dernier chapitre est consacré à l'étude du périmètre irrigué de Guelma-Bouchegouf (étude de cas). Il est divisé en 6 sections :

- 1) Les secteurs irrigués et les options techniques adoptées dans l'aménagement du périmètre ;
- 2) Le dispositif hydraulique général : l'eau du barrage aux secteurs irrigués ;
- 3) L'efficacité, du barrage à la parcelle (campagne d'irrigation de 2016) ;
- 4) Les comparaisons entre les volumes utilisés et les besoins théoriques en eau d'irrigation durant la campagne 2016 ;
- 5) Les objectifs atteints en termes d'économie de l'eau ;
- 6) Le cas du secteur irrigué de Boumahra : conduite de l'eau à la parcelle ;

### 1. LES SECTEURS IRRIGUES ET LES OPTIONS TECHNIQUES ADOPTÉES DANS L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE

Le périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchegouf est aménagé sur la plaine de Guelma (wilaya de Guelma) et fait partie de la moyenne Seybouse (Fig. 100) (Nini et Mebarki, 2020). Avec une surface irrigable de 10 388 ha, selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), le périmètre s'étend sur une longueur de 25 km d'Est en Ouest et sur une largeur variant entre 3 et 10 km le long de l'oued Seybouse. L'altitude de la plaine varie entre 220 m à Medjez Amar (Ouest) et 120 m à Nador (Est) suivant la carte hypsométrique de la région de Guelma (Annexe 5).

L'étude d'avant-projet d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Bouchegouf a été achevée en février 1983 par un bureau d'études yougoslave (l'Etude d'Avant-Projet, TETRAKTYS, 1983). L'étude a identifié six zones irriguées mais le secteur de Drean qui représente le sixième secteur du périmètre dans l'étude n'est pas encore équipé.



*Figure 100. Localisation du périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchegouf (Wilaya de Guelma, Nord -Est algérien).*

### 1.1 Les cinq secteurs en exploitation du périmètre Guelma – Bouchegouf

Le périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchegouf est doté d'une superficie irrigable de 9250 hectares, divisée en cinq secteurs en cours d'exploitation, allant de 605 hectares (secteur Cherf) à 3 500 hectares (secteur Guelma-centre) (Tableau 39 et Fig.101).

Chaque secteur est équipé d'installations pour un réseau d'irrigation collectif, fonctionnant sous pression et exploitant la ressource en eau régularisée par le barrage de Hammam Debagh sur l'oued Bouhamdane) (cf. chapitre 3, figure 2).

**Tableau 39. Caractéristiques des secteurs irrigués du périmètre Guelma-Bouchegouf (ONID, 2011).**

Secteur irrigué	Superficie équipée (ha)	Superficie irrigable (ha)	Besoins en eau, d'après l'étude de projet (hm <sup>3</sup> )	Date de mise en exploitation	Plaine
Guelma-centre	3 500	3 255	19.4	avril 1996	Guelma
Cherf	605	565	3.4	mai 2000	
Boumahra	2 600	2 420	14.4	août 2001	
El -Fedjouj	2 355	2 190	13,0	mai 2004	
Bouchegouf	880	820	4.9	août 2001	Bouchgouf
<b>Total</b>	<b>9 940</b>	<b>9 220</b>	<b>55,1</b>		

Les secteurs irrigués ont été livrés et mis en service progressivement. Le premier a été Guelma-centre (avril 1996) et le dernier El-Fedjouj (mai 2004).

Les besoins en eau pour le périmètre irrigué (55,1 hm<sup>3</sup>) ont été estimés sur la base de la proposition de trois types d'assolement adaptés aux caractéristiques climatiques et au contexte socio-économique de la région : agrumiculture (5300 m<sup>3</sup>/ha avec arrosage localisé) ; assolement betteravier (betterave -maraichage 4900 m<sup>3</sup>/ha) et assolement fourrager (maïs – fourrages 5500 m<sup>3</sup>/ha) (le Rapport d'Orientation et Pré-Diagnostic, TETRAKTYS, 1981).

Sur la base de ces estimations, qui ont permis de déterminer deux doses type : 4 000 et 6 000 m<sup>3</sup> / ha, il a été considéré que la valeur de 5 500 m<sup>3</sup> par ha et par an correspond aux besoins moyens d'un hectare dans ce périmètre irrigué. Cette dose semble raisonnable et correspond aux besoins en eau de l'assolement le plus exigeant.

Les besoins de pointe interviennent au mois de juin (période de la présence d'un maximum de cultures), à raison de 750 à 1200 m<sup>3</sup>/ha suivant les hypothèses. Le débit spécifique d'irrigation est évalué à 25 m<sup>3</sup>/mois pendant le mois de pointe (soit 400 heures), le débit fictif continu s'établi à 153 m<sup>3</sup>/h soit 0,42 l/s/ha. L'efficacité des réseaux est estimée à 70 %.

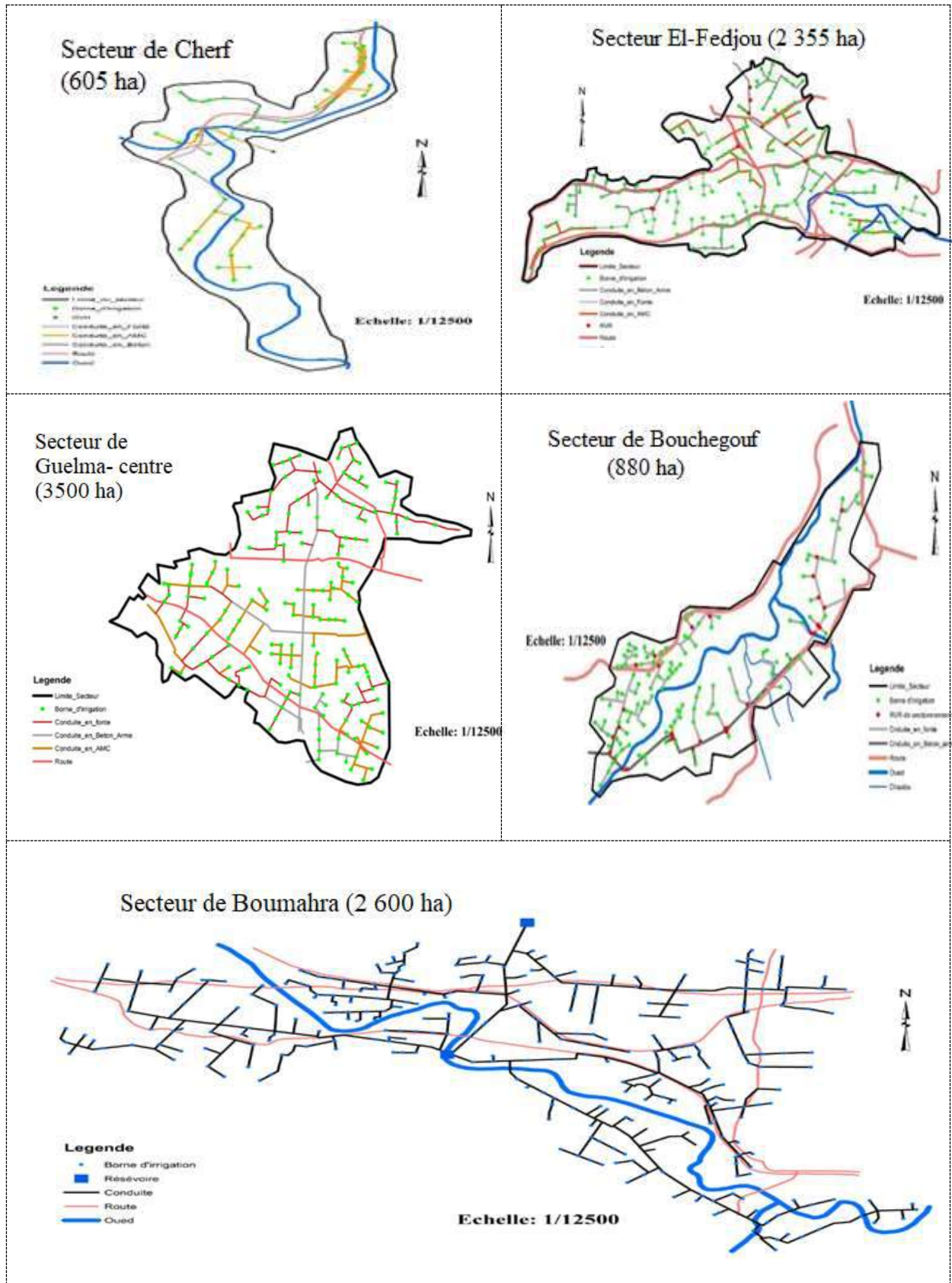


Figure 101. Les réseaux d'irrigation des cinq secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Bouchegouf (ONID, 2011)

Il y a lieu de faire une nette distinction entre les besoins en irrigation de pointe qui sont utilisés pour le dimensionnement des installations et équipements, et les besoins réels à satisfaire par le fonctionnement du réseau (irrigant). On peut admettre que le dimensionnement est optimal, quand il permet de satisfaire les besoins de pointe de trois années sur quatre. Pour rappel, la ressource en eau est assurée par le barrage Hammam Debagh, qui a commencé à fournir les ressources en eau au périmètre en 1996.

## 1.2 Les options techniques choisies dans l'étude du projet

Après avoir pris en compte toutes les données de base de l'étude préliminaire de 1981 (climat, agro-pédologie, ressources en eau et utilisation..., etc.) déterminées dans le rapport d'orientation et le diagnostic préliminaire (TETRAKTYS, 1981). Enfin, il incluait dans l'étude : « Avant-projet, 1983 : l'établissement d'un bilan (ressources disponibles et besoins en eau), et a choisi un certain nombre d'options techniques pour l'aménagement du projet (TETRAKTYS, 1983).

Les eaux du barrage sont lâchées dans l'oued Seybouse en fonction des besoins d'irrigation. Puis à travers des seuils qui ont été construits transversalement le long de l'axe de la vallée, le long de la Seybouse (pour élever le niveau de l'eau) l'eau est pompée en direction des réservoirs qui se trouvent en amont des secteurs, et à partir desquels les cinq plaines (secteurs) sont alimentées en eau (Cherf, Guelma-Centre, El-Fedjouj, Boumahra, Bouchegouf).

Les réservoirs surélevés de chaque secteur sont connectés aux réseaux d'irrigation à l'aide de bornes d'irrigation sous pression pour fournir de l'eau à chaque îlot.

Les dispositifs de prise d'eau permettent de restituer au lit de l'oued Bouhamdane un débit d'eau modulé jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/s environ.

Les réseaux de distribution au niveau des secteurs sont mis sous pression par un minimum de stations de pompage d'assez grandes puissances, qui serviront les besoins de plusieurs unités de production. La pression à la borne sera de l'ordre de 4 bars, suffisante pour garantir le fonctionnement des matériels d'irrigation mis en place sur les parcelles.

Un même îlot type de 26 ha environ est déterminé pour tous les types d'assolement, chaque îlot comprend 10 parcelles de 2,6 ha. Les irrigations sont assurées par un système classique d'aspenseurs et de rampes mobiles fonctionnant en période de pointe en 2 positions de 8 heures par jour (écartement 12 x 12 et 18 x 18 m avec une dose de 400 et 450 m<sup>3</sup>/ha) (Tableau 40).

L'îlot pourra supporter une intensification ultérieure qui entraînera une amélioration du matériel (couverture totale, traineaux, ou enrouleurs). Cette intensification pourra se faire en conservant les mêmes débits d'équipements des infrastructures (0,60 à 0,65 l/s/ha), simplement en complétant la densité quotidienne des arrosages (20 h/24 en juin).

L'irrigation des meilleurs vergers sera assurée par un système économique en eau, de type irrigation localisée (goutte à goutte).

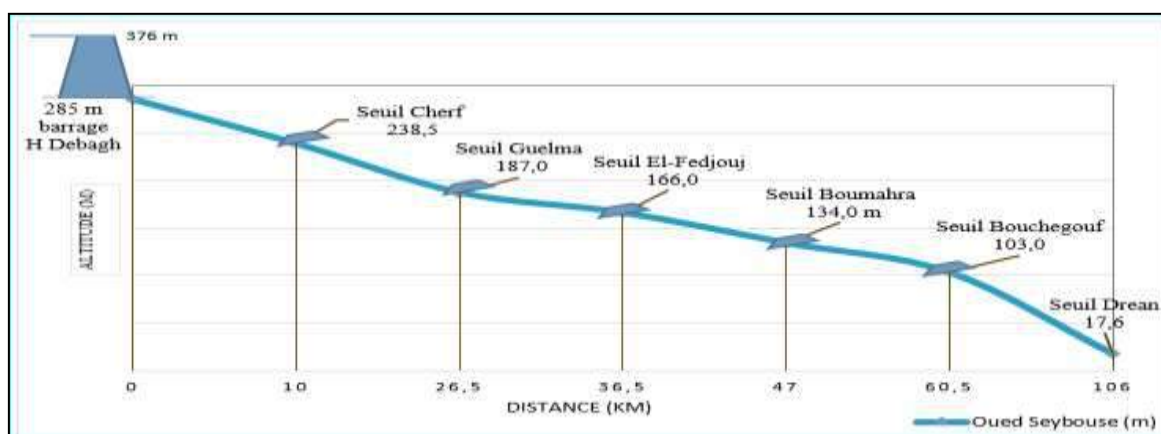
**Tableau 40. Caractéristiques pratiques de l'arrosage, cas d'un îlot-type, (TETRACTYS, 1981)**

Ilot - type, Assolement : betterave –maraîchage		Système d'arrosage	
Besoins en eau	3 700 m <sup>3</sup> / ha	Écartement des asperseurs	12 x12
Besoins en eau du mois de pointe	750 m <sup>3</sup> /ha	Nombre de rotations du mois de pointe	2 en moyenne
Volume de la dose	375 m <sup>3</sup> /ha	Duré d'arrosage	400 h -25 jours
Débit fictif continu en tête d'îlot	0,55 l/s/ha	Densité quotidienne des arrosages	16 h/24
Pluviomètre des arrosages	5,00 mm/h	Nombre de positions par jour	2
Duré d'arrosage d'une parcelle	5 jours	Nombre de rampes par position	3 positions
Surface arrosée par position	0,52 ha	Nombre de Raies	Parcelle 15
Surface couverte par un asperseur	144 m <sup>2</sup>	Nombre d'asperseurs/ rampe	12
Débit de l'asperseur	0,2 l/s (0,72 m <sup>3</sup> /h)	Nombre d'asperseurs par position	36

## 2. DISPOSITIF GÉNÉRAL : L'EAU,- DU BARRAGE AUX SECTEURS IRRIGUÉS

Le barrage de H. Debagh a été construit sur la vallée de Bouhamdane, un affluent de la Seybouse, à une altitude de 285 mètres. Les lâchers d'eaux du barrage s'écoulent en aval, par gravité. Les cinq secteurs irrigués sont situés en aval du barrage et sur le même axe que la vallée de la Seybouse (direction Est-Ouest). Le premier secteur qui reçoit de l'eau est celui de Cherf, situé à 10,5 km en bas du barrage, à une altitude de 238,5 mètres, et le dernier secteur, Bouchegouf, à 40 km du barrage, à une hauteur de 103,0 mètres.

La figure 102 montre le schéma général de la disposition des infrastructures structurant le périmètre d'irrigation. Le circuit de l'eau du barrage à la parcelle passe par trois niveaux : l'eau au niveau du barrage, l'eau en tête du réseau d'irrigation et l'eau à la parcelle irriguée.

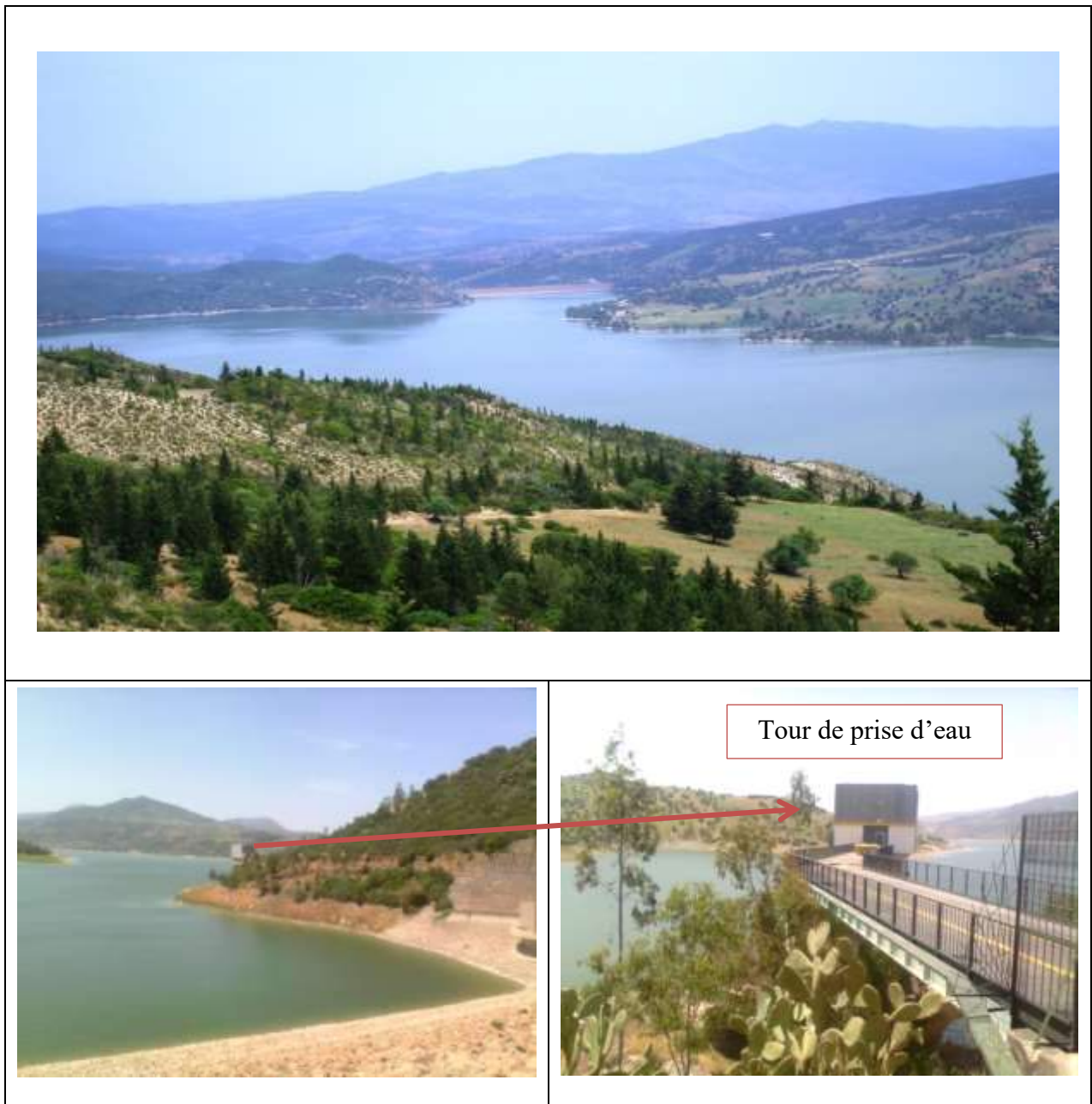


**Figure 102. Profil de disposition des seuils en enrochement le long de l'Oued Seybouse alimentant les secteurs irrigués.**

## 2.1 L'eau au niveau du barrage : lâchers d'eau

Le barrage de Hammam Debagh est équipé d'un circuit de prise d'eau et de restitution, constitué de l'ensemble des organes de régulation de pression, de débits et de comptage.

L'ensemble des ouvrages de prise d'eau est situé dans un ouvrage indépendant qui est raccordé à la tour de prise d'eau par un conduit en béton de 1,80 m de diamètre et 150 m de longueur, qui déverse l'eau dans un puisard situé au-dessous de la retenue du barrage à travers deux conduites de type jet en creux : l'un de diamètre 500 mm et l'autre de 750 mm selon l'Agence National des Barrages et Transfères (ANBT, 2006). Le matériel peut être approché par la piste de rive gauche jusqu'à l'extrémité de la passerelle (Photo 2, c).



Photos n ° 2 - (a, b, c). Le barrage du Hammam Debagh et la tour de prise d'eau

La conduite de prise d'eau posée dans la partie supérieure de la galerie de vidange de fond, ainsi que les vannes à jet creux de restitution, sont accessibles à la cote 289,45 par la plateforme aval qui peut recevoir une grue automobile de manutention.

Ce dispositif de prise d'eau permet de restituer au lit de l'oued Bouhamdane un débit d'eau modulé jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/s environ. L'eau relâchée emprunte un parcours dont la pente compense la différence de cote entre le barrage et l'oued en aval, pour approvisionner en eau les secteurs irrigués (Photos 3).



*Photos n° 3 (a et b). Conduites d'eau de type « vannes jet en crue selon l'ANBT, 2006 », en contrebas de la digue du barrage de H. Debagh (vallée du Seybouse).*

## 2.2 L'eau en tête de réseau d'irrigation : les ouvrages de prise d'eau

En aval, en tête des réseaux d'irrigation des secteurs, l'eau est prélevée sur l'oued Seybouse et transportée sous pression vers des réservoirs qui régularisent la distribution dans chaque secteur. Cela dépend d'un ensemble d'ouvrages d'art (des seuils disposés sur l'oued Seybouse) d'une part, et d'autre part, de stations dotées de matériels de pompages de différents équipements et installations (Photos 4).

### 2.2.1 Les seuils

Un seuil fixe de prise d'eau (barrage en enrochements) d'une hauteur de 2,25 mètres, qui barre le lit de l'oued Seybouse, a pour but de relever le plan d'eau et de maintenir une hauteur d'eau suffisante pour permettre un bon fonctionnement de la prise.

Une hauteur de 2 mètres est suffisante avec le type de prise adopté (mâts de transfert hydro-mobiles). Les seuils sont équipés d'un clapet qui fonctionne en période de crues.



*Photos n° 4 (a et b). Installations et équipements du secteur de Boumahra.*

### **2.2.2 Les stations de pompes**

Cinq stations de pompage assurant chacune la couverture en eau d'un secteur d'irrigation, sont adjacentes aux seuils. Chaque station est constituée d'une motopompe qui doit assurer une hauteur manométrique d'environ 17 mètres.

Les stations de pompes sont liées aux réservoirs par des conduites de refoulement de diamètres variant de 600 à 1100 mm de diamètre et qui assurent la double fonction par une conduite mixte qui permet le refoulement et la distribution en même temps vers des parcelles irriguées.

Les stations de pompes en tête de réseau sont constituées essentiellement de quatre composantes principales : les stations de pompage d'exhaure immergées hydromobiles, les dessableurs et les bâches de reprise, les stations de pompage et le canal de refoulement au réservoir de compensation (Fig.103).

Les stations d'exhaure immergées hydromobiles remontent l'eau des seuils à la station de pompage principale, à travers un regard de répartition débouchant dans deux dessableurs parallèles. Les stations d'exhaure sont situées à un niveau que les inondations d'une fréquence centenaire ne peuvent pas atteindre.

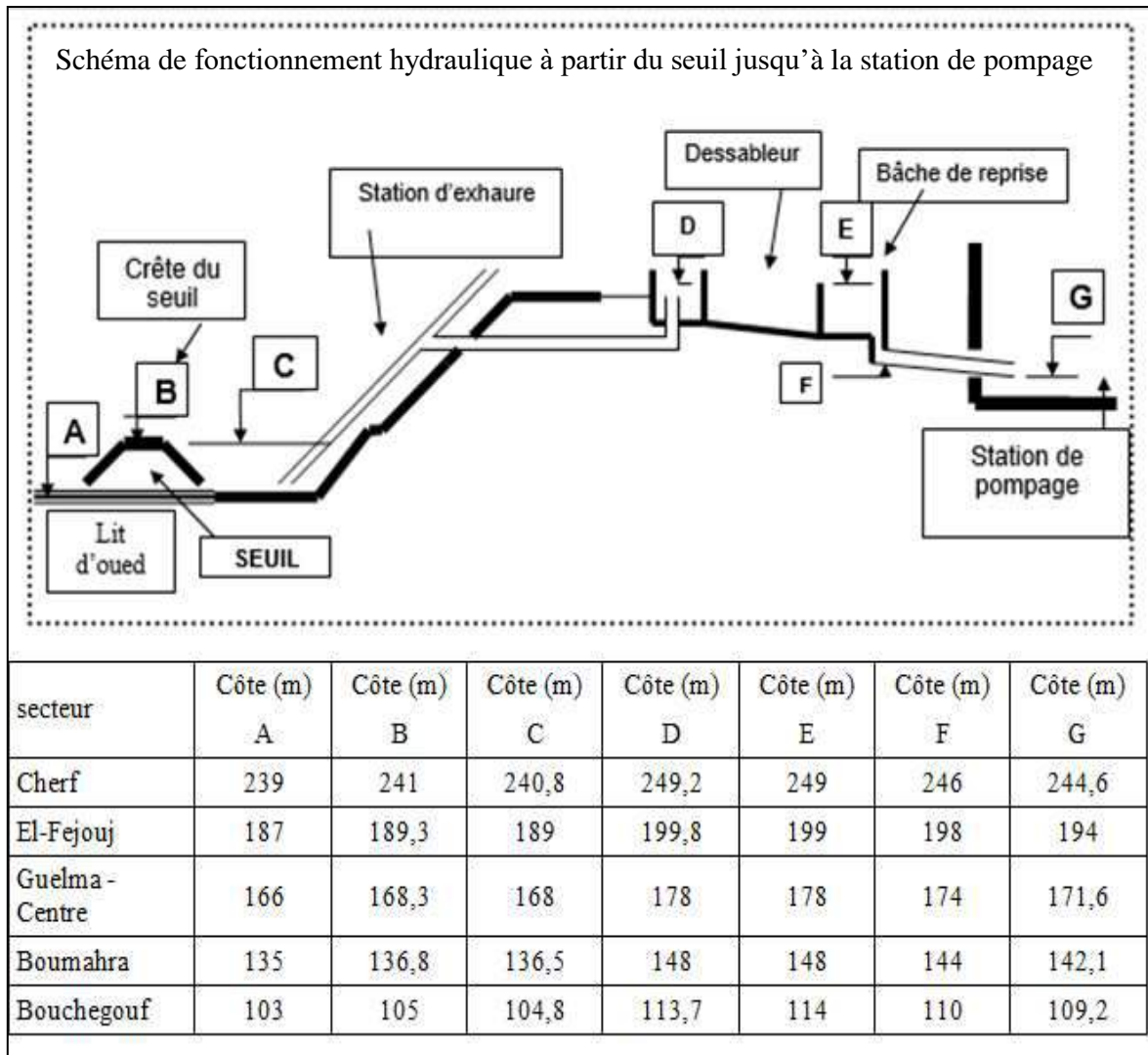
Entre la station d'exhaure et la station principale se trouvent deux ouvrages assurant deux fonctions distinctes : le dessableur (D) et la bache de reprise (E) pour les stations de pompage principales.

Le rôle du dessableur (D) consiste à éliminer les particules solides en suspension dans l'eau (sable), par décantation, qui peuvent être néfastes pour le fonctionnement des pompes (usure, abrasion) et des asperseurs (bouchage).

La bache de reprise ( E ) est un bassin qui permet d'assurer un fonctionnement correct des pompes d'exhaure, d'une part, et des pompes de la station de pompage principale, d'autre part (assure une régulation des pompes au moment du démarrage et l'arrêt des pompes, intervalle de temps entre deux démarrages d'une même pompe) (TETACTIS,1983 ).

Les stations de pompage et le refoulement ont été dimensionnés pour fournir un débit en continu. Le schéma hydraulique typique au niveau des secteurs irrigués illustre les cotes des installations pour chaque secteur (Fig. 103).





**Figure 103. Schéma simplifié d'une tête de réseau d'un secteur irrigué (ouvrages de prise d'eau installés sur l'Oued Seybouse) (TETRACTYS, 1983)**

### 2.3 L'eau à la parcelle : les réseaux de distribution

Les volumes d'eau stockés dans les réservoirs sont distribués sur les parcelles agricoles à travers un réseau de canaux complexe et étendu. L'eau est également distribuée à partir de la conduite de refoulement sur une partie des parcelles lorsque l'eau est en cours de refoulement, de la station de pompage vers le réservoir d'eau.

#### 2.3.1 Les réservoirs de régulation

Chaque secteur du périmètre comporte un réservoir de compensation calé en extrémité de la conduite de refoulement (point le plus haut de la conduite principale de refoulement) ; et permettant de fournir l'appoint pour le réseau d'irrigation en période de pointe, d'une part et la régulation du fonctionnement automatique des stations de refoulement, d'autre part .

**Tableau 41. Caractéristiques des réservoirs de régulation au niveau des secteurs irrigués**

Secteur	Surface irriguée (ha)	Capacité de stockage du réservoir (m <sup>3</sup> )	Débit sortie station de pompage l/s
Cherf	605	6700	
El Fedjou	2355	26 140	
Guelma-centre	3500	R1= 24300 R2= 14600	1800 l/s pour R1 ; 672 l/s pour R2
Boumahra	2600	33 900	1570
Bouchegouf	880	9200	428



**Photos n° 5. (a, b). Réservoirs d'eau du secteur irrigué de Boumahra**

### 2.3.2 Les réseaux de distribution

L'amené de l'eau à la parcelle est assuré par des conduites principales et secondaires d'un linéaire total de 288 000 mètres variant de 100 à 600 mm de diamètre. La conduite principale transporte de gros débits et supporte de fortes pressions enterrées, pour alimenter en eau la ou les conduites secondaires.

Cette eau est mise à la disposition des irrigants à travers des bornes d'irrigation de diamètres 100 à 150 mm, dotés de prises d'eau équipées en organes de régulation de pression, de débit et de comptage.

Le réseau est conçu pour permettre l'irrigation par aspersion ou l'irrigation localisée (arboriculture). Il fonctionne sous pression et assure une desserte de type à la demande.

Aucune contrainte n'est imposée à l'utilisation des prises d'arrosage. La pression maximum admissible en régime permanent est limitée à 15 ou 16 bars pour rester compatible avec la tenue des canalisations et la manœuvre des vannes et bornes d'irrigation. Ces bornes d'irrigation ont été placées en tête de grandes superficies formées d'un nombre important de multipropriétés.

Le périmètre se trouve dans un site entouré de fossés d'assainissement (360 000 mètres linéaires) qui protègent le périmètre des ruissellements excédentaires provenant des terres hautes dominant les secteurs du périmètre, l'accès aux parcelles ainsi que les pistes d'exploitations.

Les analyses chimiques des eaux d'irrigation au niveau des stations de pompage, ont montré que ces eaux sont de faible salinité (160 - 500 mg/l) et de PH pratiquement neutre 7,6. Cependant ces eaux sont menacées en permanence par la pollution, étant donné que l'oued Seybouse est un milieu récepteur de tous les rejets industriels et urbains déversés à l'état brut en l'absence de station d'épuration, sauf pour la ville de Guelma.

Les agents de l'unité Boumahra, de l'Office national d'irrigation et de drainage (O.N.I.D), sont des acteurs institutionnels locaux en contact direct avec les irrigants du périmètre Guelma-Bouchegouf. Ils se chargent de la programmation, de la distribution de l'eau et de l'élaboration des états de consommation. Ils effectuent les opérations d'ouverture et de fermeture des bornes. Ils sont sous la tutelle de l'administration hydraulique locale et veillent au respect de ses instructions en matière de programmation des tours d'eau et d'établissement des états de consommation (Photos n° 6).



*Photos n° 6 (a et b). Borne d'irrigation à l'extrémité du réseau sous pression*

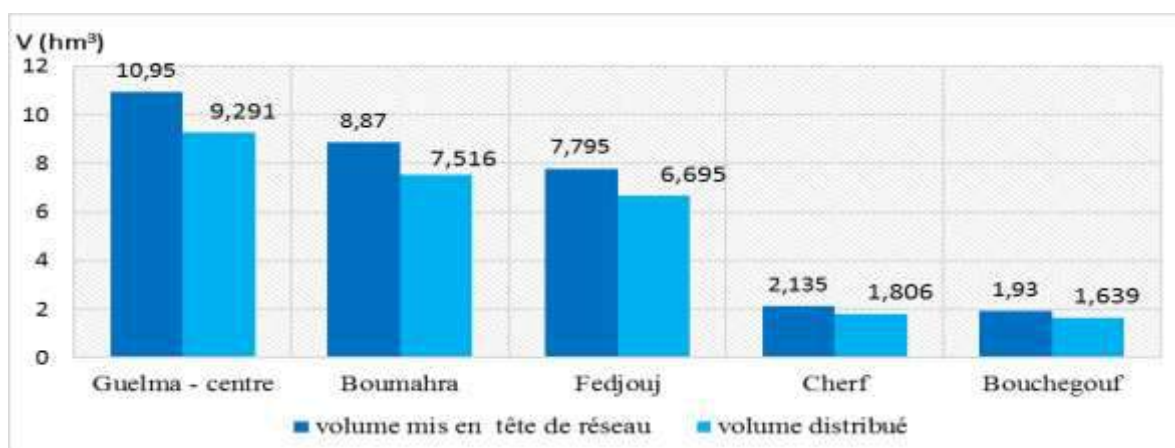
### **3. L'EFFICIENCE DES RESEAUX ET L'EFFICIENCE A LA PARCELLE (CAMPAGNE D'IRRIGATION DE 2016)**

Il est à rappeler que malgré des pertes lors du transport et une faible efficacité d'utilisation de l'eau EUE (40,8%), il apparaît que les volumes d'eau utilisés sont de loin supérieurs aux besoins théoriques en eau d'irrigation. Le surplus s'élève à plus de 13,84 hm<sup>3</sup> (Cf. chapitre 4).

#### **3.1 L'efficacité des réseaux de distribution (E1)**

À l'échelle des secteurs irrigués, les données sont disponibles pour la campagne 2016 : pour un volume global des lâchers de 46,49 hm<sup>3</sup> ; le volume mis en tête de réseau ( $V_{MTR}$ ) est de 31,68 hm<sup>3</sup> et le volume distribué à travers les secteurs se réduit à 26,95 hm<sup>3</sup>, soit une perte totale des réseaux de 19,5 hm<sup>3</sup> (Nini et Mebarki, 2020).

La figure 104 met en parallèle l'ensemble des volumes prélevés et mis en tête de réseau ; ils diffèrent d'un secteur à un autre suivant la surface irriguée et la capacité de pompage installée.



**Figure 104. Volumes d'eau mis en tête de réseau et volumes distribués des secteurs irrigués**

**Tableau 42. Efficience globale des réseaux (E1) dans les secteurs irrigués (campagne 2016)**

Secteurs irrigués	Volume Alloué $V_a$ ( $hm^3$ )	Volume des lâchers du barrage $V_l$ ( $hm^3$ )	Volume mis en tête de réseau $V_{MTR}$ ( $hm^3$ )	Volume distribué $V_d$ ( $hm^3$ )	Efficience d'adduction $E_a$ (%)	Efficience de distribution $E_d$ (%)	Efficience globale des réseaux $E_1$ (%) = ( $E_a * E_d$ )
Guelma-centre			10,95	9,291	<b>68,14</b>	84,85	57,81
Boumahra			8,87	7,516		84,74	57,74
El-Fedjouj			7,795	6,695		85,89	58,52
Cherf			2,135	1,806		84,59	57,63
Bouchegouf			1,93	1,639		84,92	57,86
<b>Total</b>	<b>50,00</b>	<b>46,49</b>	<b>31,68</b>	<b>26,95</b>			
<b>Moyenne</b>					<b>68,14</b>	<b>85,06</b>	57,96

Il n'y a pas de différence entre les résultats de calcul de l'efficience E2 pour Guelma – Bouchegouf (chapitre 4) et l'efficience moyenne de l'ensemble secteurs irrigués dans ce chapitre. Cela indique et confirme la fiabilité des résultats.

Pour l'ensemble des secteurs irrigués, l'efficience globale des réseaux E1 pour l'année 2016 se situe à hauteur de 57,96 %, résultant du produit de l'efficience d'adduction (68,14 %) et l'efficience de distribution (85,06%) (Tableau 42).

- **L'efficience d'adduction** : l'adduction gravitaire par le lâcher de l'eau de façon plus imprécise et répartie de façon moins homogène. D'autres facteurs entrent alors en jeu lors du cheminement de l'eau vers les secteurs irrigués : l'infiltration et l'évaporation lors de cheminement, la géographie des points de prélèvements de l'eau sur l'Oued (l'emplacement des stations de pompage), pompage illicite qui réduit les volumes en périodes d'étiage...etc. Tout cela implique d'utiliser de grandes volumes d'eau pour

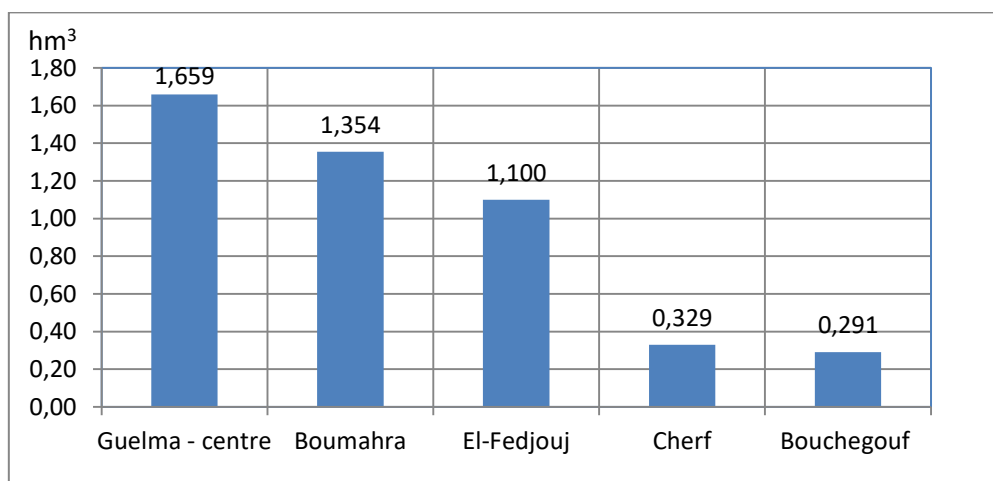
irrigué suffisamment les superficies potentiels. Ainsi, l'efficacité d'adduction est faible, est estimée à 68,14% d'un volume considérable de 46,5 hm<sup>3</sup>, soit une perte de 32% (14,81 millions de m<sup>3</sup> sont perdu pendant le transport).

- **L'efficacité de distribution** : l'étude à l'échelle des secteurs, au niveau des réseaux de distribution, a donné une idée globale sur la situation des réseaux de distribution par secteur.

Les résultats de l'efficacité des réseaux E2 sont presque identiques entre les secteurs. Le rendement à l'échelle de la distribution dans secteurs d'irrigation est de 85,0 % en moyenne, avec peu de variations d'un secteur à un autre, allant de 84,6% (Cherf) jusqu'à 85,9% (El-Fedjouj).

La situation des rendements des réseaux à l'échelle des secteurs s'est nettement améliorée, confirmant par là-même la concrétisation de plusieurs projets et l'efficacité des plans d'action en matière d'amélioration de l'efficacité du réseau de distribution en eau d'irrigation depuis la source (point de prélèvement) jusqu'à la parcelle.

Les pertes dans les réseaux de distribution se situent à moins de 15% dans tous les secteurs ; ces pertes sont liées à un ensemble de contraintes techniques et de gestion concernant essentiellement les secteurs de la taille importante. En termes de volumes, les pertes de distribution (3,533 hm<sup>3</sup> au total) diffèrent d'un secteur à un autre : le secteur Guelma-centre a enregistré les plus fortes pertes d'eau (1,659 hm<sup>3</sup>), suivi par Boumahra (1,354 hm<sup>3</sup>) et Fedjouj (1,100 hm<sup>3</sup>) (Fig. 105). Elles sont liées à un ensemble de contraintes techniques et de gestion, et augmentent proportionnellement au volume prélevé mais aussi de la longueur des réseaux de distribution.



*Figure 105. Volumes des pertes d'eau à l'échelle des secteurs irrigués.*

En général, si l'efficacité de la distribution est satisfaisante dans tous les secteurs (85%), alors il y a des disparités dans l'irrigation des parcelles entre les zones agricoles au sein de chaque secteur, et cela n'apparaît pas à travers la méthode de calcul que nous avons utilisée.

Les résultats de l'efficacité de distribution ne représentent que le rapport de deux volumes en deux points : le volume prélevé et le volume distribué.

Par conséquent, il est nécessaire de prendre en compte qu'au niveau de chaque secteur, la quantité d'eau introduite dans le réseau est répartie entre les canaux principaux, qui à leur tour fournissent chacun de l'eau à une zone agricole. Les canaux principaux, il y a ceux qui subissent de grandes pertes lors de l'écoulement de l'eau vers les parcelles. Les contraintes topographiques du terrain aussi affaiblissent également la capacité de transport de l'eau jusqu'aux parcelles extrémités des réseaux sous pression.

Cette disparité entre les conduites d'un même secteur nécessite une étude et une comparaison entre elles pour la caractérisation des zones irriguées d'un même secteur.

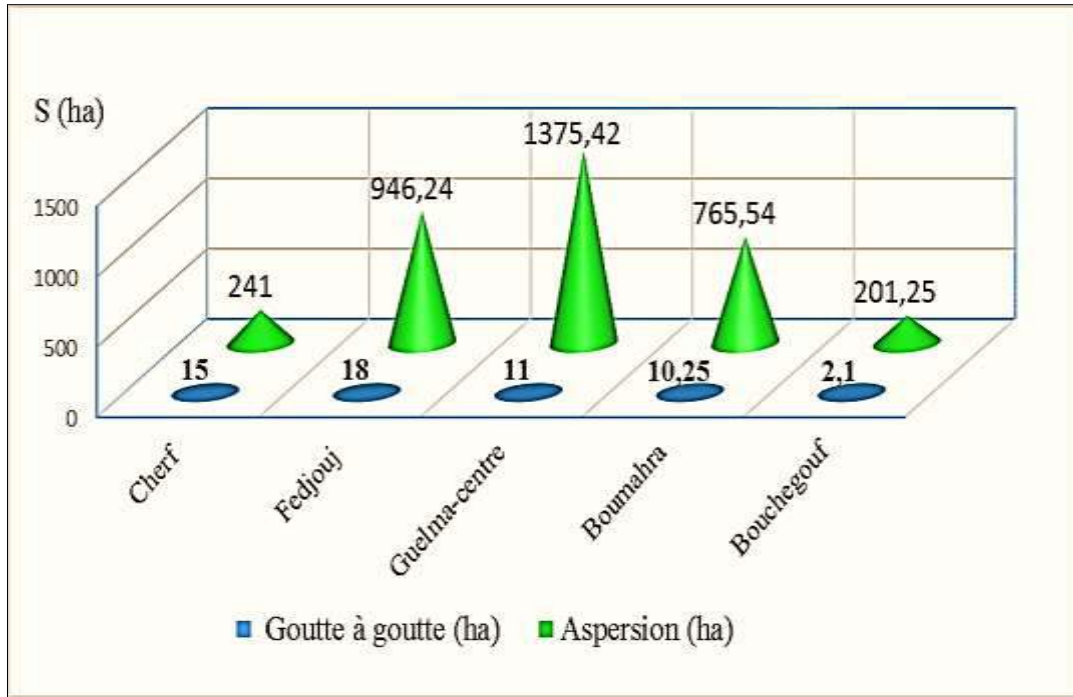
Les enquêtes de terrain que nous avons menées dans les zones agricoles du secteur de Boumahra ont permis de les identifier et de les diagnostiquer. Cette enquête a été réalisée au milieu d'une baisse du niveau d'eau (août 2016), il sera analysé à la 6<sup>ème</sup> étape de ce chapitre.

La diminution des pertes d'eau demande la mise en place d'une véritable stratégie : connaissance parfaite du réseau et son fonctionnement, installation et suivi de compteurs, études diagnostiques, campagne de recherche de fuites,...

### **3.2 Efficacité d'irrigation à la parcelle (E2)**

L'irrigation sous pression peut s'approcher de cette gestion "optimisée" par rapport au besoin des plantes. Elle permet d'amener l'eau, sans perte, à proximité de la culture et de façon homogène avec l'irrigation par aspersion, et directement au pied de la culture avec l'irrigation localisée comme le goutte à goutte. Ces techniques favorisent un rendement important variant de 55 à 85 % selon la maîtrise technique des irrigants pour l'irrigation par aspersion et allant de 70 à 95 % pour l'irrigation localisée ([wzurell.ifrance.com](http://wzurell.ifrance.com)).

Dans le cadre du programme national de développement agricole « Appui à l'irrigation », des subventions de l'État pour des équipements économes en eau ont été attribuées à la plupart des secteurs irrigués de Guelma- Bouchegouf pour le développement de l'aspersion (3529,5 ha, soit 98,4 %) et le goutte-à-goutte (56,35 ha soit 1,6%). La répartition des modes d'irrigation par secteur est illustrée par la figure 106.



*Figure 106. Répartition des modes d'irrigation à travers les 5 secteurs irrigués du périmètre de Guelma - Bouchegouf*



*Photo n° 7. (a, b, c, d). L'irrigation à la parcelle dans le secteur de Boumahra*

Le tableau 43 montre la répartition, dans les cinq secteurs irrigués, des superficies par mode d'arrosage des parcelles, ainsi que les résultats de l'efficacité parcellaire (E2) durant la campagne d'irrigation de 2016. Il est à noter que les résultats de l'efficacité (E2) sont obtenus en appliquant l'équation 4 (cf. chap. 4, paragraphe 4).

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle (E2) est définie comme la somme des efficacités à la parcelle de chaque méthode d'irrigation (irrigation de surface, irrigation par aspersion, micro-irrigation, autres modes d'irrigation). Elle est estimée comme le rapport entre les quantités d'eau effectivement consommées par les plantes et les quantités d'eau apportées à la parcelle (Thivet et Blinda, plan bleu 2007).

La valeur de l'efficacité de l'irrigation à la parcelle E2 reflète davantage la répartition de l'eau irriguée selon les grands modes d'irrigation au niveau de chaque secteur.

L'efficacité réelle de l'irrigation à la parcelle est, difficilement mesurable sur le terrain, en raison de la difficulté à évaluer la quantité d'eau consommée par les plantes et du grand nombre de parcelles. Chaque périmètre a ses propres estimations de l'efficacité moyenne des différents systèmes, basées sur des sites expérimentaux pilotes.

Pour les secteurs irrigués, nous avons utilisé une efficacité de 75 % pour l'aspersion et de 95% pour le goutte-à-goutte, sur la base des données locales de l'ONID (Unité Boumahra, wilaya de Guelma), qui sont les résultats d'études pilotes locales.

**Tableau 43. L'efficacité parcellaire à l'échelle des secteurs irrigués de Guelma Bouchegouf (campagne 2016).**

Secteur irrigué	Superficie par mode d'irrigation			Efficacité à la parcelle par mode d'irrigation		Efficacité globale à la Parcelle E2 (%)
	Aspersion	Goutte à goutte	Total	Aspersion $= \frac{(0,75 * S_m)}{S_t}$	Goutte à goutte $= \frac{(0,95 * S_m)}{S_t}$	
	ha	ha	ha	%	%	
Cherf	240,88	15	255,88	70,6	4,98	75,59
Fedjoug	943,24	17,97	961,21	73,6	1,59	75,19
Guelma-centre	1375,42	10,75	1386,17	74,42	0,66	75,08
Boumahra	765,54	10,25	775,79	74,01	1,12	75,13
Bouchegouf	201,25	2,1	203,35	74,23	0,88	75,1
<b>Total (ha)</b>	<b>3526,23</b>	<b>56,07</b>	<b>3582,4</b>			
<b>Moyenne (%)</b>				73,82	1,33	75,15

Des progrès en matière d'équipement plus économes en eau ont été réalisés ces dernières années dans la plupart des secteurs. Ce qui a permis d'élever l'efficacité parcellaire moyenne (E2) à 75,15 %, comprise entre 70,08 (Guelma-centre) et 75,59 % (Cherf).



L'importance de cette efficacité d'arrosage se traduirait par une meilleure couverture des besoins en eau des cultures, le résultat global étant l'amélioration du rendement des cultures irriguées.

Comme, nous avons entré différentes valeurs de l'efficacité liée au mode d'arrosage dans la formule de calcul de l'efficacité E2 au niveau des secteurs et qui sont différentes des valeurs entrées dans le calcul de l'efficacité E2 pour les Grand Périmètre Irrigués (Cf. chapitre 4), les résultats obtenus sont également différents de 4,8 % entre eux.

L'efficacité moyenne de la parcelle E2 est de 75,1% pour tous les secteurs, ce qui est légèrement supérieur à l'efficacité E2 pour le périmètre de Guelma-Bouchegouf (70,3%), qui a été estimée dans l'approche appliquée au niveau régional (à l'échelle des GPI).

### 3.3 L'efficacité d'utilisation (EUE) de l'eau à l'échelle des secteurs irrigués

Le Tableau 44 présente la répartition des prélèvements d'eau des cinq secteurs irrigués ainsi que les résultats des efficacités durant la campagne d'irrigation 2016 ; l'efficacité moyenne de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) se situe autour de 43,5 %.

**Tableau 44. Efficacité d'utilisation de l'eau dans les secteurs irrigués (campagne 2016)**

Secteurs irrigués	Volume Alloué $V_a$ ( $hm^3$ )	Volume des lâchers du barrage $V_1$ ( $hm^3$ )	Volume mis en tête de réseau $V_{MTR}$ ( $hm^3$ )	Volume distribué $V_d$ ( $hm^3$ )	Efficacité d'adduction $E_a$ (%)	Efficacité de distribution $E_d$ (%)	Efficacité globale des réseaux $E_1$ (%) = ( $E_a * E_d$ )	Efficacité à la parcelle $E_2$ (%)	Efficacité d'utilisation de l'eau $EUE$ (%)
Guelma-centre			10,95	9,291	<b>68,14</b>	84,85	57,81	75,08	43,40
Boumahra			8,87	7,516		84,74	57,74	75,13	43,38
El-Fedjouj			7,795	6,695		85,89	58,52	75,19	44,00
Cherf			2,135	1,806		84,59	57,63	75,10	43,33
Bouchegouf			1,93	1,639		84,92	57,86	75,00	43,45
<b>Total (<math>hm^3</math>)</b>	<b>50,00</b>	<b>46,49</b>	<b>31,68</b>	<b>26,95</b>					
<b>Moyenne (%)</b>					<b>68,14</b>	<b>85,06</b>	<b>57,96</b>	<b>75,15</b>	<b>43,47</b>

Faute d'informations sur les volumes d'adduction partielle (amenée d'eau du barrage vers chacun des secteurs), nous avons généralisé la valeur de l'efficacité d'adduction ( $E_a$ ) calculée pour l'ensemble du périmètre (68,1%).

Malgré un ensemble de contraintes techniques et de gestion, les secteurs ont affiché des progrès notables en termes d'efficacité de distribution ( $E_d$ ), variant entre 84,6 % (secteur Cherf) et 85,9 % (secteur Fedjouj). Les pertes totales de distribution atteignent 4,73  $hm^3$ , oscillant entre 0,291  $hm^3$  au secteur de Bouchegouf et 1,659  $hm^3$  au secteur de Guelma-centre.

L'efficacité des réseaux ( $E_1$ ) pour l'année 2016, calculée selon l'équation 3 (cf. chapitre 4), se situe à hauteur de 57,9 %. S'agissant de l'efficacité à la parcelle ( $E_2$ ), elle s'élève à 75,1 %. Ceci est lié aux progrès réalisés en matière d'équipements plus économes installés ces dernières années dans la plupart des secteurs.

L'efficacité d'utilisation de l'eau EUE est presque identique dans tous les secteurs (l'écart maximal entre les secteurs est de 1%). Cependant, cela masque les nuances entre les zones irriguées d'un même secteur, il peut y avoir des parcelles situées dans des zones avec de bonne dotation en eau, et d'autre part, d'autres parcelles se trouvent dans une zone agricole souffrant d'un manque d'eau comme c'est le cas dans le secteur de Boumhara (enquête de terrain, 2016).

A travers l'évaluation à deux échelles, l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation EUE est considérée très faible par rapport aux ressources en eau impliquées et aux efforts consentis par l'État pour améliorer la performance des réseaux. Il est estimé à 40,8% par l'approche régionale (au niveau des GPI, *cf* chapitre 4), et à 43,5% par l'évaluation au niveau des secteurs irrigués, soit une différence de 2,7%.

Il semble y avoir un paradoxe, là où l'abondance des ressources en eau, l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) est faible, ce qui indique le grand gaspillage d'eau et la faiblesse de la gestion des volumes considérés. A titre d'exemple, 46,5 millions de mètres cubes mis en jeu avec une efficacité faible de 40,8% dans le périmètre de Guelma-Bouchegouf, par contre le GPI de Jijel bénéficie d'un faible volume de 2,9 hm<sup>3</sup> avec une efficacité élevée de 80,7%.

Les résultats obtenus en matière de maîtrise et de gestion selon l'approche de la demande en eau (GDE) restent en deçà des objectifs escomptés, surtout pour les GPI dotés de gros volume d'eau. Cependant en termes de valorisation de l'eau, il y a des améliorations que nous présenterons dans les objectifs atteints dans le périmètre de Guelma - Bouchegouf.

#### **4. COMPARAISON DES VOLUMES UTILISÉS ET DES BESOINS THÉORIQUES EN EAU D'IRRIGATION (CAMPAGNE 2016)**

Il s'agit d'établir un bilan entre les ressources utilisées et les besoins théoriques en eau d'irrigation au niveau des cinq secteurs constituant le périmètre de Guelma-Bouchegouf. Ce bilan est établi en fonction de l'assolement des cultures réalisées lors de la campagne 2016, tout en tenant compte de l'efficacité des réseaux de distribution et de l'efficacité des parcelles.

L'objectif est d'évaluer la situation des cinq secteurs, c'est-à-dire d'identifier ceux qui souffrent d'une pénurie d'eau d'irrigation et ceux qui ont un surplus d'eau.

A noter que les résultats de l'analyse au niveau régional (à l'échelle des GPI) ont montré que le périmètre de Guelma-Bouchegouf a réalisé en 2016 un surplus d'eau de 13,84 m<sup>3</sup> par rapport à ses besoins théoriques (*cf.*, chapitre 4).

Les cinq secteurs irrigués bénéficient de 31,68 hm<sup>3</sup> qui sont mis en tête des réseaux de distribution. Ce volume prélevé est inégalement réparti entre les secteurs irrigués, puisqu'il varie d'un minimum de 1,9 hm<sup>3</sup> (secteur Bouchegouf) à 10,95 hm<sup>3</sup> pour le prélèvement le plus élevé (secteur de Guelma-centre).

#### 4.1 Calcul des besoins en eau théoriques d'irrigation à l'échelle des secteurs irrigués

Le calcul de ces besoins théoriques en irrigation nécessite de mobiliser divers paramètres concernant la plante elle-même (coefficient cultural), la climatologie (pluviométrie et évapotranspiration).

Les données climatiques (pluie et évapotranspiration) concernent la station climatique de Guelma. Les données sur la superficie irriguée et les rotations (rotation des cultures en surface) effectuées dans chaque secteur, pendant la campagne 2016, ont été obtenues auprès du Bureau de l'ONID de Guelma (ONID, 2017).

La méthode d'estimation utilisée pour calculer les besoins en eau d'irrigation est la même méthode que celle appliquée à l'échelle des grands périmètres irrigués, décrite en détail au chapitre 4. Ils sont estimés en quatre étapes : calcul des besoins nets par hectare pour chaque plante, besoins net calculés sur la base de l'assolement dans le secteur, besoins nets totaux du secteur et enfin, besoins bruts totaux obtenus en divisant les valeurs des besoins nets par l'efficacité totale des réseaux (pour couvrir les pertes d'eau dans les réseaux).

Il est à noter que la répartition des cultures dans l'espace est appelée assolement, par opposition à la rotation qui est la succession de cultures sur une même sole pendant un nombre d'années correspondant au type de rotation des cultures adopté (Richard, 1967 in Aissaoui, 1996).

##### 4.1.1 Besoins nets de la plante par hectare

Les besoins nets sont calculés pour les cinq types de cultures présentes dans les cinq secteurs. Les calculs sont effectués mois par mois, pour chaque assolement (annexe 18).

Le tableau 45 présente les résultats des besoins annuels unitaires en eau d'irrigation pour chaque assolement.

**Tableau 45. Besoins nets des cultures irriguées du périmètre de Guelma – Bouchegouf.**

Cultures irriguées	Cultures Industrielle	Maraîchage	Arboriculture	Cultures fourragères	céréaliculture
Besoins net m <sup>3</sup> /ha	6 111,2	5 131,72	5 819,70	3 502,54	3 425,9

Les besoins théoriques nets estimés varient selon le type de culture, et sont, en ordre décroissant, comme suit : cultures industrielles (6 111,2 m<sup>3</sup>), arboriculture (5 819,7 m<sup>3</sup>/ha), maraîchage (5 131,7 m<sup>3</sup>/ha), cultures fourragères (3 502,5 m<sup>3</sup>/ha), céréaliculture (3 426 m<sup>3</sup>/ha), .

##### 4.1.2 Besoins nets par assolement selon les secteurs irrigués

Les besoins nets par assolement sont liés aux besoins en eau des cultures et à la taille de la superficie qu'elles occupent dans le secteur. Les valeurs sont calculées mois par mois, et les résultats sont donnés en annexe 18.

La superficie totale irriguée est de 3582,4 ha, ventilée par culture de la manière suivante : les cultures industrielles en premier rang : 1935,0 ha (54,0%), les cultures maraîchères : 1198,8 ha (33,0 %) et l'arboriculture : 407,0 ha (11,4%), qui sont les trois cultures dominantes

dans les cinq secteurs du périmètre irrigué. Les cultures fourragères (24,2 ha, 0,7%) et les céréales (16,7 hectares, 0,5%) représentent une faible part.

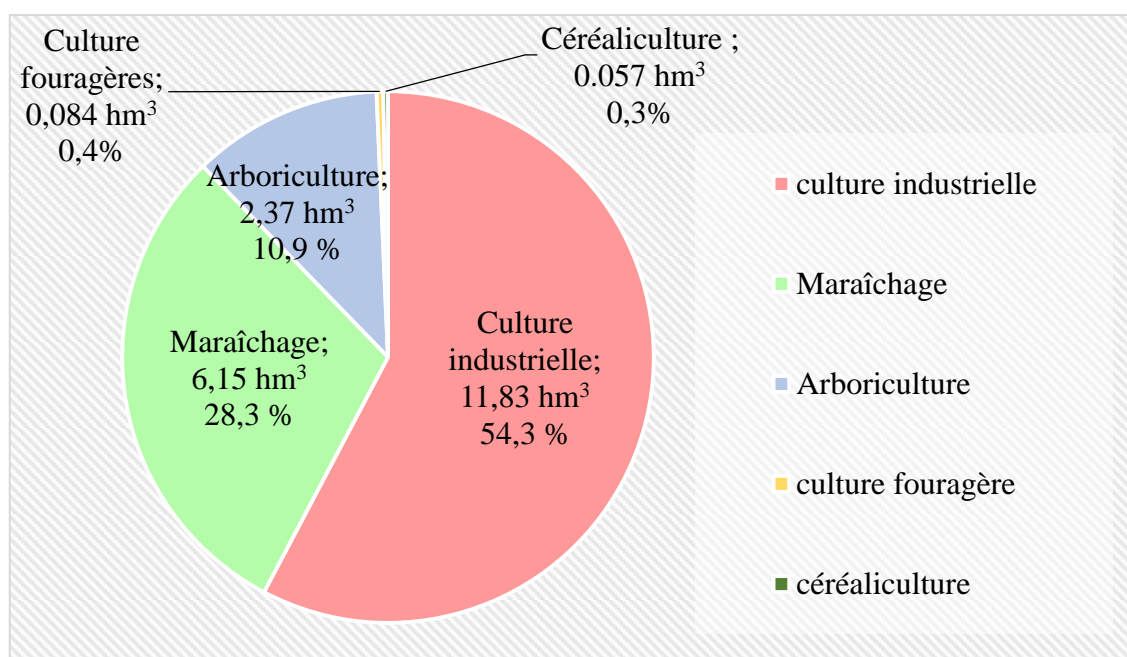
Le tableau 46 récapitule des résultats des besoins nets en eau par assolement (les valeurs et la méthode de calcul sont reportées dans l'annexe 18).

**Tableau 46. Les besoins nets en eau annuels par assolement dans les secteurs de Guelma-Bouchegouf**

Les assolements	Maraîchage		Cultures industrielle		Arboriculture		céréaliculture		Cultures fourragères	
	Surf irriguée (ha)	Besoins en eau bruts (m <sup>3</sup> )	Surf irriguée (ha)	Besoins en eau bruts (m <sup>3</sup> )	Surf irriguée (ha)	Besoins en eau bruts (m <sup>3</sup> )	Surf irriguée (ha)	Besoins en eau bruts (m <sup>3</sup> )	Surf irriguée (ha)	Besoins en eau bruts (m <sup>3</sup> )
<i>Cherf</i>	83,3	427 472,28	168,4	1 029 126,1	2,69	15654,99	1,0	3 425,90	0,5	1 751,27
<i>El-Fedjouj</i>	263,2	1 350 668,7	474,82	2 901 719,9	215,6	1254727	3,9	13 361,01	3,73	13 064,5
<i>Guelma-C</i>	498	2 555 596,6	719,2	4 395 175,0	150,52	875981,2	5,0	17 129,50	13	45 533,0
<i>Boumahra</i>	287,66	1 476 190,6	447,0	2 731 706,4	27,35	159168,8	6,8	23 296,12	7	24 517,8
<i>Bouchegouf</i>	66,61	341 823,87	126,0	770 011,20	10,85	63143,74	0	0,00	0	0,00
<b>Total</b>	<b>1 198,7</b>	<b>6 151 392,8</b>	<b>1 935</b>	<b>11 825 172</b>	<b>407,01</b>	<b>2 368 676</b>	<b>16,7</b>	<b>57 212,5</b>	<b>24,23</b>	<b>84 866,5</b>

À l'échelle des cinq secteurs irrigués (3 582 ha), le total des besoins nets en eau des cultures est estimé à 20,490 hm<sup>3</sup>.

- ✓ Les cultures industrielles, consomment environ 11,83 hm<sup>3</sup>, soit 54 % des besoins nets totaux.
- ✓ Les cultures maraîchères ont des besoins en eau estimés à 6,15 hm<sup>3</sup> (30%). Elles sont parmi les cultures les plus répandues dans tous les secteurs du périmètre.
- ✓ L'arboriculture arrive en troisième position en termes de besoins avec 2,37 hm<sup>3</sup> par an (11,4%), en tenant compte des besoins de 5 820 m<sup>3</sup>/ha et d'une superficie de 407 hectares.
- ✓ Pour les céréales, les besoins sont d'environ 0,0572 hm<sup>3</sup> et pour les cultures fourragères de 0,0848 hm<sup>3</sup>.



**Figure 107. Besoins nets des assolements des secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Bouchegouf.**

#### 4.1.3 Les besoins bruts en eau d'irrigation

Les besoins totaux en eau d'irrigation sont obtenus en ajoutant ou/ en compensant le volume des pertes d'eau dans les réseaux, au volume des besoins nets des cultures. Ce volume additif est fonction de l'efficacité globale (Tableau 47).

**Tableau 47. Les besoins bruts en eau d'irrigation par secteur agricole, (situation 2016)**

Secteur irrigué	Superficie (ha)	Besoins bruts des cultures (m³)	Efficacité EUE (%)	Les pertes d'eau à compenser		Besoin nets d'irrigation (m³)
				(%)	(m³)	
Cherf	255,89	1 477 430,52	43,33	56,67	837 259,88	2 314 690,40
El-Fedjouj	961,25	5 533 541,49	44,00	56,00	3 098 783,23	8 632 324,72
Guelma –C.	1 385,72	7 889 415,36	43,40	56,60	4 465 409,09	12 354 824,45
Boumahra	775,81	4 414 879,67	43,38	56,62	2 499 704,87	6 914 584,54
Bouchegouf	203,46	1 174 978,81	43,45	56,55	664 450,52	1 839 429,33
<b>Moyenne (%)</b>			<b>43,47 %</b>	<b>56,53 %</b>		
<b>Total (m³)</b>	<b>3 582 ha</b>	<b>20 490 245,86</b>			<b>11 565 607,59</b>	<b>32 055 853,44</b>

L'efficacité de l'eau d'irrigation est faible (43,5%), ce qui se traduit par une augmentation de 56,5% (11,566 hm<sup>3</sup>) des besoins bruts, soit un total des besoins nets d'irrigation de 32,006 hm<sup>3</sup> pour l'ensemble des secteurs irrigués.

La figure 108 montre la répartition entre les cinq secteurs irrigués des besoins totaux en eau d'irrigation. Ces besoins varient d'un secteur à un autre dans des proportions différentes, en fonction des types d'assolements emblavés et de leur expansion spatiale, Guelma-centre (39%), El-Fedjoug (27%), Boumahra (22 %), Cherf (7%) et Bouchegouf (6%).

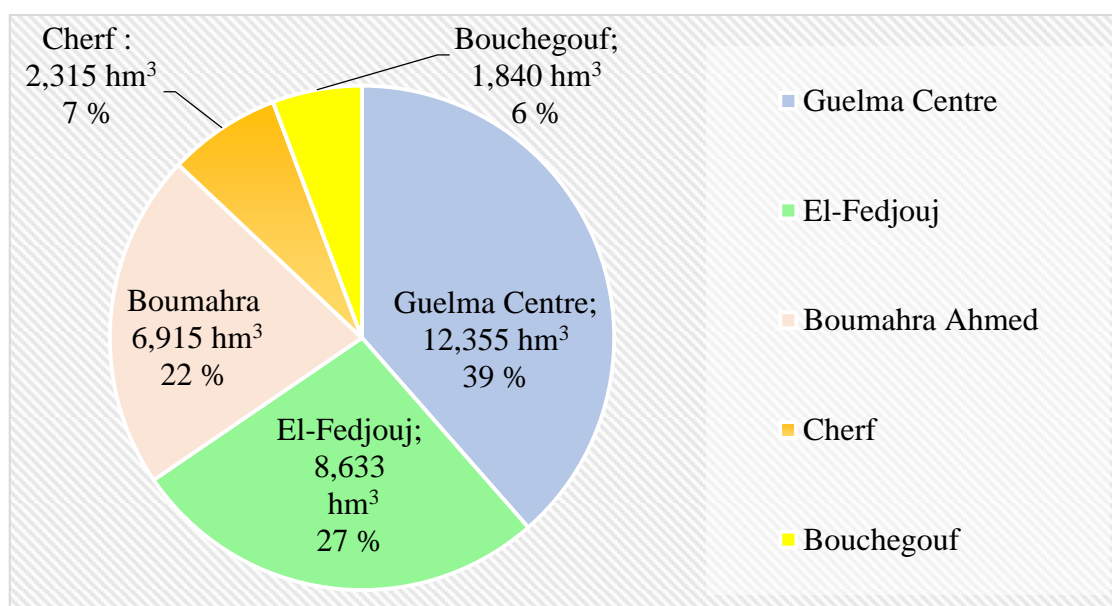


Figure 108. Les besoins bruts en eau des secteurs irrigués de Guelma-Bouchegouf

#### 4.2 Volumes utilisés et besoins théoriques

Le tableau 48 présente les résultats du bilan d'eau (volumes utilisés - besoins théoriques en eau d'irrigation nécessaire,) dans les cinq secteurs étudiés.

Tableau 48. Volumes d'eau utilisés et besoins théoriques en eau d'irrigation, (situation 2016).

Secteur irrigué	Superficie irriguée (ha)	Besoins en eau d'irrigation (hm <sup>3</sup> )	Volume d'eau mis-en tête de réseau (MTR) (hm <sup>3</sup> )	Volume lâchers - besoins (V <sub>MTR</sub> - b <sub>bruts</sub> ) (hm <sup>3</sup> )	Déficit ou excédent en eau d'irrigation (%)
Guelma-centre	1 386,20	12,356	10,950	- 1,406	-11,4
El-Fedjoug	961,21	8,633	7,80	- 0,838	-9,7
Cherf	255,88	2,315	2,14	- 0,180	-7,8
Bouchegouf	203,35	1,839	1,93	0,091	+4,9
Boumahra	775,8	6,915	8,87	1,955	+28,3
<b>Total</b>	<b>3 582,44</b>	<b>32,058</b>	<b>31,35</b>	<b>-0,707</b>	<b>-2,2</b>

Dans les secteurs de taille importante, la ressource en eau mobilisée ne couvre pas les besoins, soit un déficit de 11,4% à Guelma - Centre et 9,7 % au secteur d'El-Fedjoug. Le secteur de Cherf, de taille modeste par rapport aux deux secteurs précités, enregistre également un déficit à hauteur de 7,8 %.

Dans le secteur de Bouchegouf, les volumes d'eau utilisés dépassent les besoins en eau d'irrigation. Mais c'est dans le secteur de Boumahra où le volume mis en tête du réseau d'irrigation est largement supérieur aux besoins, enregistrant un surplus d'eau de 1,955 hm<sup>3</sup> estimé à 28,3%.

D'après ces quelques exemples, il apparaît que les volumes prélevés sont très largement supérieurs aux volumes théoriquement nécessaires, mais Les volumes d'eau introduits dans le réseau de distribution sont répartis/découpés au niveau de chaque secteur selon les sous-zones.

Ces sous-zones sont approvisionnées en eau en fonction du nombre de canaux principaux de distribution qu'elles couvrent. Cela signifie qu'il existe des différences d'approvisionnement en eau entre les zones d'irrigation d'un même secteur. Il existe des parcelles dans des zones caractérisées par une consommation excessive d'eau et d'autres parcelles souffrant de pénurie d'eau dans un secteur qui enregistre des ressources en eau excédentaires par rapport à leur besoin théorique comme c'est le cas dans le secteur Boumahra (Enquête de terrain, 2016).

En tout état de cause, il faut reconnaître que les besoins en eau, calculés par cette méthode, correspondant à une irrigation intensive, pourraient être justifiés pour obtenir des rendements agricoles très élevés (PNE, 1997).

## **5. LES OBJECTIFS ATTEINTS EN TERMES D'ECONOMIE DE L'EAU**

La valorisation agricole de l'eau peut être appréciée à travers notamment l'extension des superficies irriguées et le développement des cultures à haut rendement.

### **5.1 L'extension des superficies irriguées**

Parallèlement à l'augmentation des volumes d'eau distribués, la superficie irriguée a augmenté jusqu'à atteindre un maximum de près de 5600 ha (année 2013) (Figure 109).

Cependant, considérant la surface équipée, le taux d'utilisation des sols (53 % au maximum) paraît modeste, sachant que le taux d'utilisation optimale atteint jusqu'à 65-75 % des terres irrigables pour un périmètre doté d'un réseau de distribution sous pression (à la demande) (Kebiche, 2007).

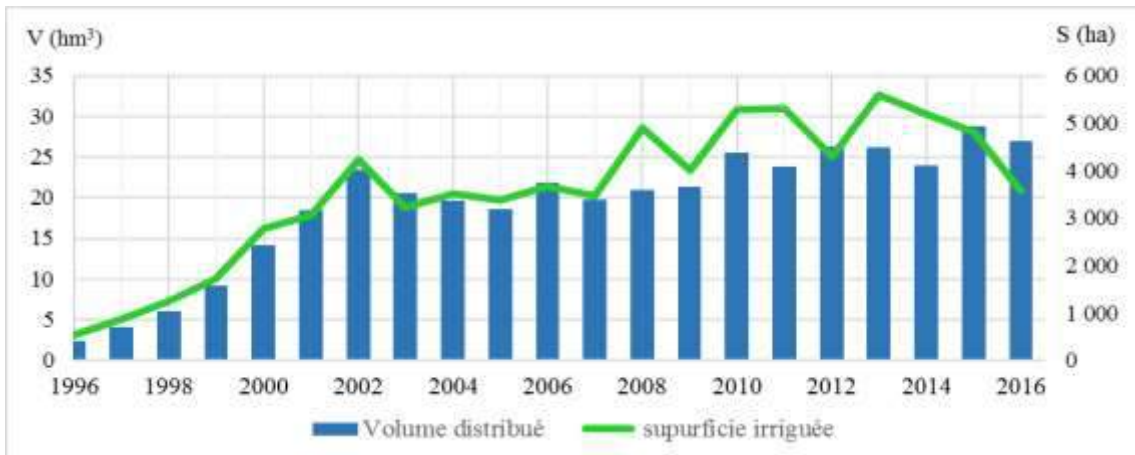


Figure 109. Volumes distribués et superficies irriguées dans le périmètre de Guelma-Bouchegouf (1996-2016)

Par ailleurs, l'amélioration de l'efficacité des réseaux de distribution, comme celle enregistrée lors de la campagne de 2016 (autour de 85%), a permis d'atteindre des dotations acceptables par hectare, notamment pour les trois secteurs de Boumahra (6595 m<sup>3</sup>/ha), de Fedjouj (5551 m<sup>3</sup>/ha) et de Guelma-Centre (5518 m<sup>3</sup>/ha). Elle dépasse la dotation nationale moyenne (5000 m<sup>3</sup>/ha) (Zella, Smadhi, 2006).

## 5.2 Développement des cultures irriguées à haute rendement

En général, les productions végétales valorisent différemment le mètre d'eau d'irrigation, la tomate industrielle et la pomme de terre valorisent bien l'eau d'irrigation et présentent le rendement le plus élevé. Ceci encourage le développement de ces cultures, surtout dans les zones où la mobilisation de l'eau coûte chère (Amghara, Jellalb, 2005).

Dans le périmètre de Guelma-Bouchegouf, la tomate industrielle a atteint un niveau très satisfaisant de valorisation par mètre cube d'eau consommé, et connaît une évolution positive en matière de production (Figure. 110). Elle a atteint en 2016 des rendements moyens allant au-delà des 700 quintaux par hectare (1000 quintaux par hectare dans certaines exploitations agricoles dotées du mode d'irrigation de goutte à goutte) et, avec une production annuelle qui a dépassé les 2,5 millions de quintaux en 2013.

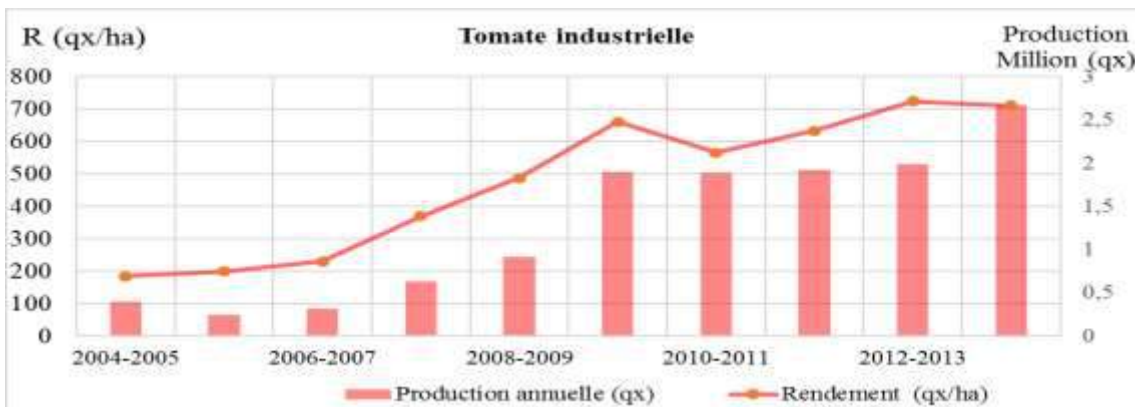


Figure 110. Évolution de la production et du rendement de la tomate industrielle dans le périmètre Guelma-Bouchegouf (Direction des Services Agricoles, Guelma, 2016).



La pomme de terre d'arrière-saison occupe une place importante dans l'assolement pratiqué dans le périmètre, bénéficiant elle aussi de l'effort déployé par l'ONID dans le cadre de la promotion des techniques d'économie d'eau à la parcelle notamment le goutte à goutte. Sa production a atteint 345 quintaux par hectare en 2013 (Fig.111).



**Figure 111. Évolution du rendement de la pomme de terre dans le périmètre Guelma-Bouchegouf (Direction des services Agricoles, Guelma, 2016)**

D'autres actions complémentaires liées au marché (commercialisation des produits agricoles) peuvent encourager l'intégration de ces spéculations, à l'exemple de la tomate industrielle dont les prix de commercialisation sont encouragés par l'État et bénéficiant de la présence sur place d'unités industrielles de conservation et de transformation. En revanche, la culture de la pomme de terre dont les prix baissent durant certaines campagnes à des niveaux non rémunérateurs, souffre du manque d'infrastructures adéquates et accessibles à l'agriculteur pour le stockage.

### 5.3 Autre progrès à souligner

La situation financière du service gestionnaire (ONID) a été améliorée, suite à l'augmentation du volume facturé (26,6 hm<sup>3</sup>) due à la réhabilitation des réseaux. Par ailleurs, l'augmentation de l'encaissement a permis de récupérer plus de la moitié des créances (53 % des prestations de service).

Beaucoup de marges de progrès existent pour une gestion plus efficace de la demande, y compris un meilleur encadrement et sensibilisation des agriculteurs (plus de 1000 irrigants inscrits lors de la campagne d'irrigation 2016 au périmètre Guelma-Bouchegouf).

## **6. LE SECTEUR IRRIGUE DE BOUMAHRA : CONDUITE DE L'EAU A LA PARCELLE**

La conduite de l'irrigation nécessite de rassembler différentes données auprès de la majorité ou d'un échantillon représentatif des irrigants (ASA, 1982). Il s'agit d'établir une analyse de la conduite de l'eau au niveau du secteur irrigué de Boumahra en visant à déterminer les trois points suivants :

- les exploitations irriguées ;
- les cultures irriguées et l'amélioration des connaissances sur les besoins en eau des cultures ;
- la structure parcellaire et le fonctionnement du réseau de distribution à l'échelle du secteur de Boumahra.

### **6.1 Les exploitations irriguées**

L'étude de la structure foncière nous permettra d'appréhender l'état parcellaire de la zone étudiée ainsi que les potentialités des parcelles en fonction de leurs dimensions, du mode d'appropriation et de sa résistance au morcellement. En effet, il n'est pas aisé de réaliser un périmètre d'irrigation, mettre en place un réseau, quand on a des statuts fonciers différents : une telle situation n'échapperait pas à des conséquences sur la performance du périmètre irrigué (Conac, 1975).

Si le nombre des exploitations agricoles change, le nombre de prises d'eau augmente, ce qui donne lieu au piquage comme solution rapide illégale et par conséquent la pression de l'eau diminue, les asperseurs fonctionnent mal et donc l'efficacité du périmètre irrigué diminue, d'où le dimensionnement de l'exploitation représente une condition de la mise en valeur.

L'organisation des exploitations agricoles a un rôle dans l'utilisation rationnelle des terres, son organisation peut être un obstacle à l'exploitation, mais il peut en être autrement, ce qui signifie que son organisation est un catalyseur pour une exploitation optimale.

#### ***6.1.1 L'organisation foncière des exploitations agricoles irriguées***

Le secteur irrigué de Boumahra a été conçu et construit pendant la période socialiste sur des terres publiques, mais la restructuration des terres agricoles en 1987, a conduit à une nouvelle organisation du foncier en deux types d'exploitations :

Les exploitations privées, d'une part, et les exploitations du secteur public d'autre part ; ces dernières sont représentées par des exploitations collectives et individuelles et des fermes pilotes (expérimentales). Le tableau 49 montre la répartition des exploitations selon leur nombre et la proportion de leur superficie par rapport à la superficie totale du secteur

**Tableau 49. Organisation foncière des exploitations irriguées dans le secteur Boumahra**

Type de foncier des terres		Nombre	Superficie (ha)	% des terres du secteur irrigué
Exploitations agricoles Etatiques	Exploitations collectives (EAC)	27	762	29,30 %
	Exploitations individuelles (EAI)	19	138	5,36 %
Fermes pilotes (FP)		2	500	19,23 %
Propriété privée (PP)		184	1200	46,15 %
Total		232	2600	100 %

Le secteur de Boumahra comprend 332 exploitations couvrant une superficie de 2 600 hectares dont près de la moitié est occupée par le secteur privé qui compte le plus grand nombre d'exploitations (184).

Le secteur public couvre une superficie de 1 400 hectares, et comprend 27 exploitations collectives (EAC) qui s'étendent sur une superficie de 762 hectares (29%), 19 exploitations individuelles (EAI) couvrant 138 hectares (6%) et deux fermes pilotes occupant une superficie de 500 hectares (19,23%).

### **6.1.2 La taille des parcelles irriguées**

Les caractéristiques de la structure parcellaire du sol ont une influence sur la gestion et la performance du réseau d'irrigation. Les exploitations dont la superficie est inférieure à 5 hectares deviennent moins rentables en termes économiques (Conac, 1975).

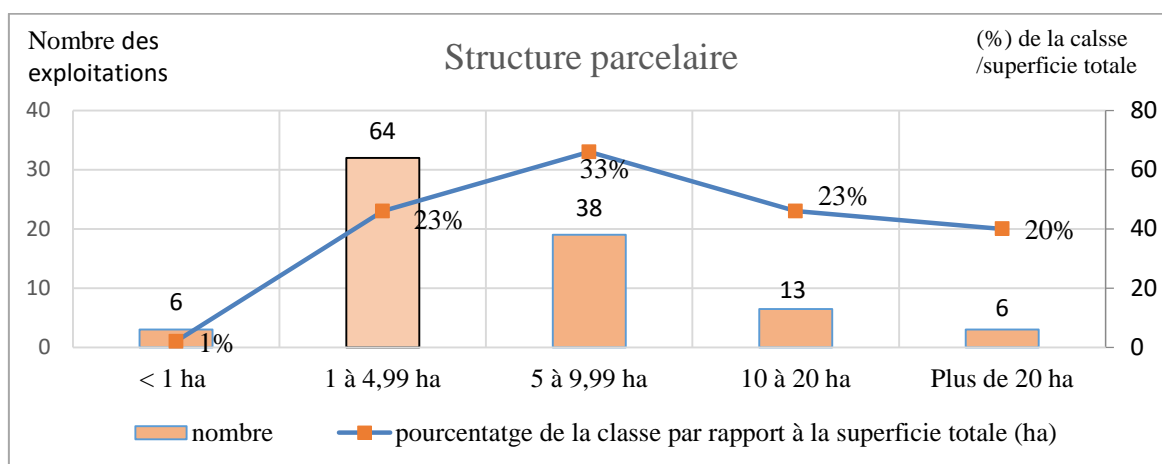
La définition universelle de la parcelle est celle-ci : une portion de terrain d'un seul tenant, comprenant le même type de culture ou la même affectation, appartenant au même propriétaire. Elle constitue l'unité du cadastre utilisable et comprend les limites de parcelles, les voies d'accès, les cours d'eau, les étangs, des points caractéristiques (habitations, échelle de 1: 1 000 à 1: 5 000) selon le Larousse Agricole (2002).

Nous disposons d'une étude parcellaire couvrant une superficie de 816 hectares dans le secteur de Boumahra, réalisée par un expert géomètre en 2004 au profit de l'ONID. Le but de l'élaboration de ce plan de parcelle était de mettre à jour les limites ainsi que la configuration de chaque exploitation, afin de mieux réorganiser le réseau d'irrigation prévu pour concevoir le plan le plus économique en termes d'équipement d'irrigation (Annexe 20).

D'après ce travail, nous avons pu répartir les parcelles irriguées selon des classes de superficie (Tableau 50 et Fig. 112).

**Tableau 50. Récapitulatif des résultats de l'enquête foncière sur le secteur de Boumahra (situation 2004, ONID)**

Classe de la superficie	< 1 ha	(1 à 4,99) ha	(5 à 9,99) ha	(10 à 20) ha	Plus de 20 ha	Total
Nombre	6	64	38	13	6	127
Superficie (ha)	2,76	186,28	269,24	187,41	170,53	816,22
(%)	1	23	33	23	20	100



**Figure 112. Répartition des classes de parcelles dans le secteur irrigué de Boumahra (Situation 2004)**

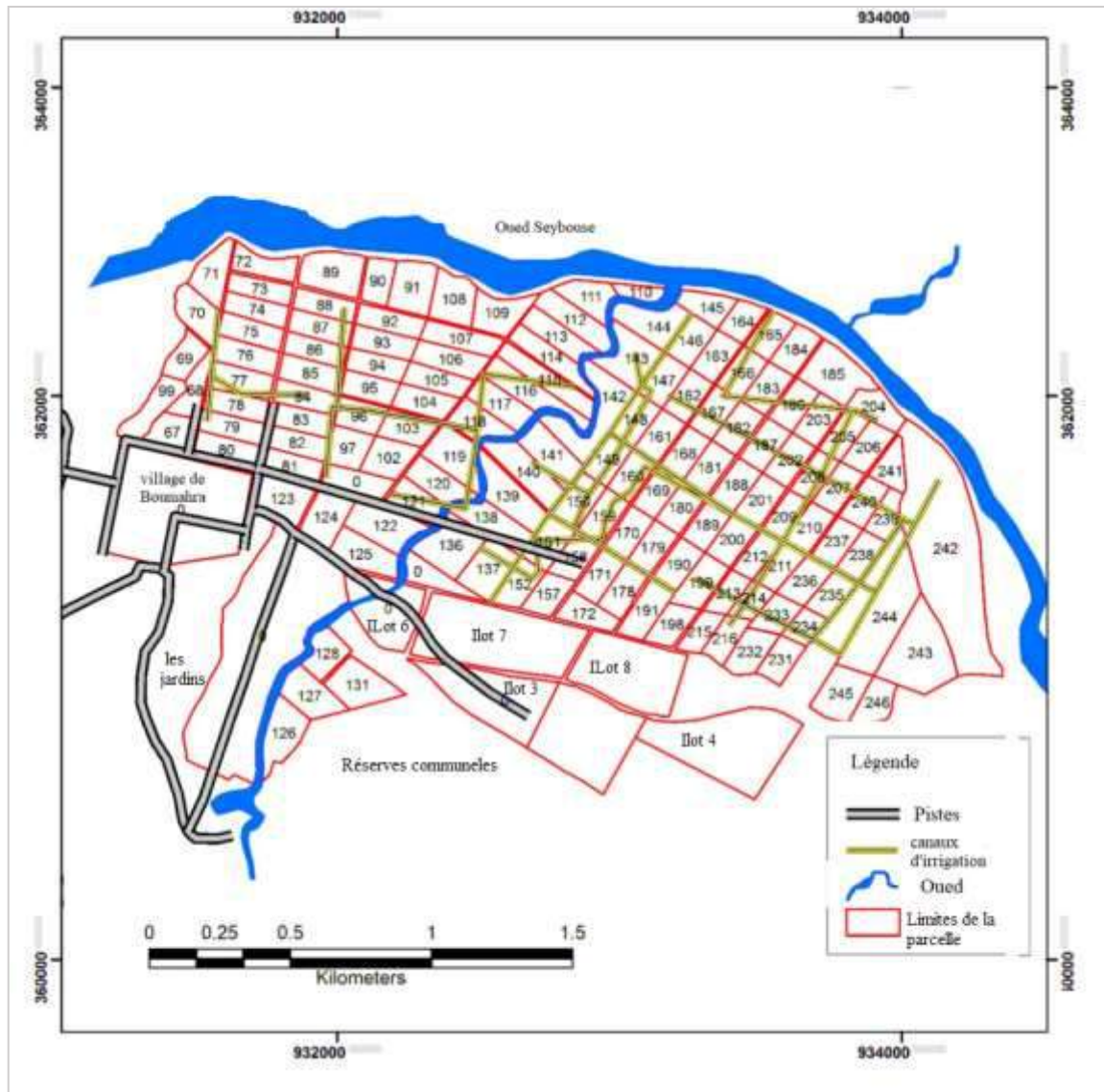
Sur une superficie de 816 hectares, 633 parcelles ont été identifiées, dont 378 (60 %) appartiennent à des propriétaires privés et 255 (40 %) appartiennent au domaine public.

En termes de surface, la catégorie des parcelles de moins d'un hectare est minoritaire (6%), alors que la catégorie de 5 à 9,99 hectares est relativement importante (33%).

Le morcellement y est très accentué, et l'on constate que 70 exploitations sont classées dans la catégorie des parcelles de moins de 5 hectares.

Le morcellement des terres est important dans le secteur irrigué de Boumahra du fait de la multiplicité des propriétés. La taille élevée de certaines parcelles est due à l'absence d'éléments de milieux physique qui le séparent ou entravent leur extension (oued, colline, etc.)

Le schéma hydraulique du secteur irrigué fait ressortir des unités aménagées de taille variable (Fig. 113). Le réseau de pistes d'accès rattaché à la route nationale a énormément contribué à l'accès aux exploitations et a facilité les opérations de maintenance et d'entretien, et le transport de marchandises.



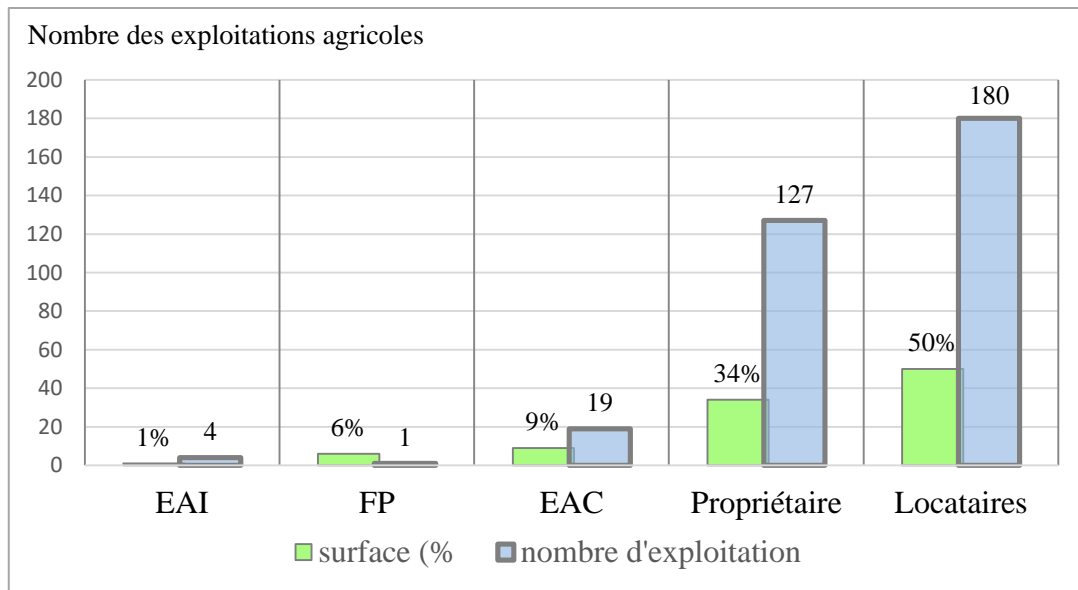
**Figure 113. Plan parcellaire du secteur irrigué de Boumahra**

Pour remédier au problème du morcellement qui se pose dans le secteur irrigué, il est nécessaire de procéder à une nouvelle redistribution des terres en vue de constituer des unités de production agricoles d'un seul tenant ou à grandes parcelles regroupées, dans le but d'améliorer leur exploitation.

Parallèlement, il est souhaitable de protéger et récupérer les berges incultes de l'oued Seybouse qui s'étendent sur une superficie de 485 ha. Signalons enfin le problème épineux de l'extension des zones urbaines et agro-industrielles qui ont accaparé ces dernières années près de 300 ha de terre agricole (DSA, 2011).

### **6.1.3 Mode de faire valoir (mode d'exploitation)**

Le plan d'exploitation de la campagne d'irrigation de 2003 (ONID, 2016), date de mise en service du secteur de Boumahra, fournissent des informations sur la relation entre l'exploitation et le statut des parcelles à irriguer (Fig. 114).



**Figure 114. Répartition de la superficie irriguée par mode d'exploitation (Situation, 2003).**

Le mode d'exploitation des terres irriguées sont utilisées dans le secteur de Boumehra montre l'importance des locataires fonciers, qui représentent 50% de la superficie totale irriguée pour 180 investisseurs.

Les terres utilisées par leurs propres propriétaires (127 agriculteurs) représentent 34% de la superficie totale. Les EAC (9% des terres irriguées) sont exploitées par 19 investisseurs, deux fermes pilotes (FP) utilisent 6% des terres irriguées tandis que les EAI exploitent 1% seulement des terres irriguées.

Les locataires sont des investisseurs originaires de Chelghoum Laid, de Tedjenanet et de Mila ; ils marquent fortement la région par l'intensité de leur intervention. Ils louent des terrains pour la production de pommes de terre ; dotés de moyens financiers et de savoir-faire, ils s'équipent de matériel d'irrigation nécessaire (arroseurs, canaux mobiles) et de matériel agricole (tracteurs, épandeurs, semoirs). La main-d'œuvre saisonnière est recrutée sur place (enquête de terrain, 2016).

Les locataires sont connus depuis des années par leurs interventions dans certaines zones de l'Est algérien, particulièrement autour des vallées, près de Constantine, ou autour du barrage d'Ain Zada (près de Sétif) ou de certaines retenues collinaires (Tifech, wilaya de Souk Ahras) (DSA, 2016).

La majorité des EAC sont transformées en exploitations individuelles. Beaucoup de terres sont louées ou travaillées en association. Cependant, depuis l'installation des réseaux d'irrigation, la grande propriété, qui reste essentiellement en indivision, connaît un début d'éclatement et plusieurs cas de partage sont signalés ici et là par les experts fonciers (enquête de terrain, 2016).

## 6.2 Les cultures irriguées et leurs besoins en eau

Le choix des assolements de culture rencontré sur le secteur irrigué a une grande influence sur les besoins en eau. Par exemple, un secteur emblavé en riz nécessitera d'avantage d'eau qu'un périmètre où la culture du maïs est dominante (Benhacine, 1986).

Le plan d'exploitation de la campagne d'irrigation 2016 a été enregistré dans un tableau fichier Excel et comprend des informations sur les exploitations irriguées, la superficie irriguée, le type de cultures irriguées, la prise d'eau sur le réseau (Fig. 115).

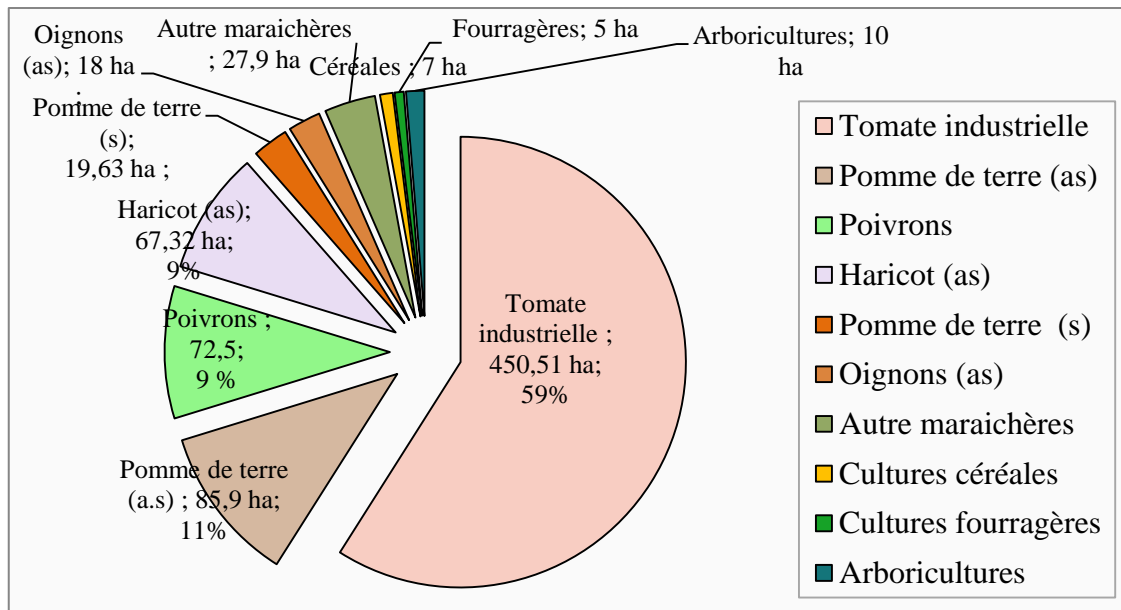
Des sorties sur le terrain avec l'aiguade et des enquêtes sur les exploitations irriguées nous ont permis de vérifier et compléter ces données.

CULT	SUPERF	VOLF	SECT	COUM	DAT	NOM	PRENOM	MONTTTCF	Prises
maïs	0,8	6000	BOUMAHRA	beni mezline	07/12/2016	ABADLIA	MOSTAPHA B/ALI	14180,32	4/1709
haricot a/saison	1,52	5000	BOUMAHRA	beni mezline	07/12/2016	ABADLIA	MOSTAPHA B/ALI	22568,808	4/1803
piment	1,46	9000	BOUMAHRA	beni mezline	07/12/2016	ABADLIA	MOSTAPHA B/ALI	38482,534	4/1803
tomate	3,04	5500	BOUMAHRA	beni mezline	07/12/2016	ABADLIA	MOSTAPHA B/ALI	49511,416	4/1804
maïs			BOUMAHRA	beni mezline	06/06/2016	ABADLIA	MOSTAPHA B/ALI		4/1709
haricot a/saison	1	5000	BOUMAHRA	djebala	21/12/2016	ABDI	YAZID B/MESSAOUD	14847,9	4/2335
tomate	3,2	5500	BOUMAHRA	boumahra	25/05/2016	ABDI	YAZID B/MESSAOUD	52117,28	4/710
haricot a/saison	0,74	5000	BOUMAHRA	boumahra	30/08/2016	ABEID	KHALID B/MESSAOUD	10987,446	4/1111
oignon as	0,76	5000	BOUMAHRA	boumahra	30/08/2016	ABEID	KHALID B/MESSAOUD	11284,404	4/1111
PDT A/S GG	0,69	4800	BOUMAHRA	djebala	18/09/2016	ACHOURI	A/SALEM	9847,956	4/2205
AGRUMES JP	1,5	9000	BOUMAHRA	beni mezline	31/05/2016	ACHOURI	BRAHIM B/ALI	39536,85	4/1606
HAR A/S GG	4,62	3000	BOUMAHRA	djebala	18/09/2016	ACHOURI	A/SALEM	42009,198	4/2205
tomate gg	5,25	3300	BOUMAHRA	djebala	18/09/2016	ACHOURI	A/SALEM	52269,7875	4/
tomate	2,5	5500	BOUMAHRA	boumahra	28/03/2016	ADOUANE	SACI	40716,625	4/1203
tomate	0,6	5500	BOUMAHRA	boumahra	18/05/2016	AGUIBI	REDOUANE B/SALAH	9771,99	4/712
tomate	0,5	5500	BOUMAHRA	beni mezline	09/05/2016	AMAIRIA	MOHAMMED SALAH B/AMARA	8143,325	4/1605
tomate	1	5500	BOUMAHRA	beni mezline	28/03/2016	AMARA MADI	NACER B/A/HAMID	16286,65	4/2710
tomate	1	5545	BOUMAHRA	beni mezline	21/03/2016	AMARA MADI	RAFIK B/FARHAT	16416,1375	4/2711
piment	1,25	9000	BOUMAHRA	beni mezline	31/03/2016	AMARA MADI	FAYÄEL B/SACI	32947,375	4/P04
tomate	3,5	5500	BOUMAHRA	beni mezline	05/06/2016	AMARA MADI	TAHIR B/FARHAT	57003,275	4/2601
tomate	1,82	5500	BOUMAHRA	boumahra	01/06/2016	AMICOUR	MED B/AMMED	29621,702	4/906

Figure 115. Extrait du tableau des exploitations enquêtées sur le secteur de Boumahra (campagne d'irrigation de 2016).

### 6.2.1 Les cultures irriguées dans le secteur de Boumahra

La surface irriguée en 2016 a atteint 764 ha dans le secteur de Boumahra. La figure 116 montre la répartition des cultures irriguées selon leur importance en termes de superficie.



**Figure 116. Répartition des cultures en irrigué dans le secteur de Boumahra (Situation 2016).**

- ✓ **Les cultures industrielles**, représentées uniquement par la tomate industrielle, occupent la première place en termes de superficie : 450,74 hectares soit 59 % de la superficie totale irriguée. Cette filière s'oriente vers l'utilisation des semis à fort rendement, notamment les plants connus localement sous les noms de Fahla, Farah, Nour et Morjane. La production est orientée vers des unités industrielles agroalimentaires déployées dans la région.
- ✓ Les cultures maraichères, arrivent en deuxième position en termes de superficie avec 274,51 ha soit 35,95 %. Cette proportion L'expansion du maraîchage repose essentiellement sur trois cultures : 1) Pomme de terre (arrière-saison) occupent une superficie de 85,9 hectares, (11 % de la superficie totale) ; 2) poivron : 72,50 ha (9 %) ; 3) Le haricot arrière-saison : 72 hectares (9 %) ; pomme de terre (s) : 19,63 (3%) ; le maïs : 8,25 ha ; 5) les autres cultures maraichères (21,40 ha) : courgettes (3 ha) ; Fenouil (as) (3,9 ha) ; fève (1,5 ha) ; Melon (1,5 ha) ; Pois (1,5 ha) ; Laitue (0,8 ha)...
- ✓ L'arboriculture, elle ne s'étend que sur 10 ha (1,3 %) et comprend trois variétés : agrumes (JP), agrumes (VP), arbres fruitiers.
- ✓ Les cultures céréalières représentent (7 ha) soit 1 % de la surface totale, avec 6,8 ha de blé dur.
- ✓ les cultures fourragères occupent 5 ha (1%) représentées par sorgho (3 ha) et luzerne (2 ha).

### 6.2.2 Les besoins annuels en eau d'irrigation

Le calcul a porté sur les besoins globaux de toutes les cultures réalisées dans le secteur, durant la campagne de 2016.



Les données retenues sont les valeurs climatologiques de la station météorologique de Guelma et les assolements réalisés en 2016 (tableau d'exploitation de l'ONID, 2016).

Les besoins en eau des cultures sont définis comme étant la différence entre les pluies efficaces et l'ETP du couvert végétal. Les valeurs de coefficient cultural ( $K_c$ ) sont issues du tableau de l'ANRH (2000).

La réserve d'eau du sol RFU (réserve facilement utilisable) ne présente pas d'intérêt pour les cultures annuelles. Les cultures mises en place ont un système racinaire très peu développé qui n'explore que la couche la plus superficielle du sol, ce qui fait que les fréquences des apports en eau d'irrigation deviennent efficaces pour remplir le RFU (TETRACTYS, 1981).

Selon l'étude pédologique du périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchegouf, pour l'arboriculture située sur les bourrelets alluviaux aux sols de texture moyenne à fine, la RFU est d'environ 70 mm à une profondeur de 80 cm (la tranche de sol que les racines des arbres peuvent atteindre pour extraire l'eau du sol).

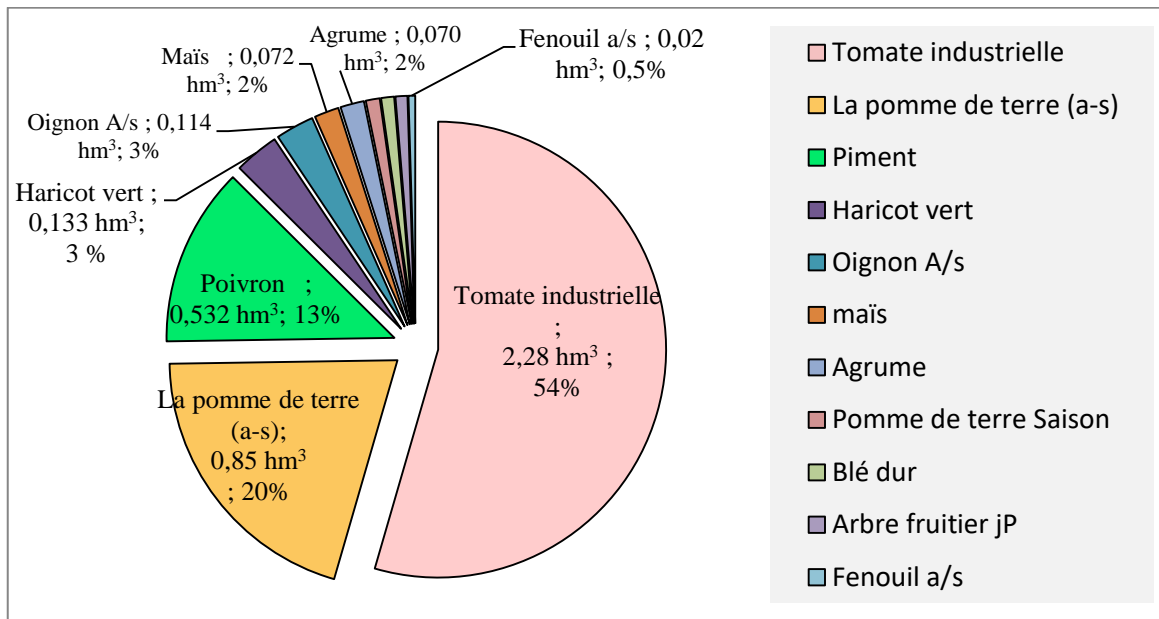
Nous avons déterminé les besoins totaux d'irrigation dans le secteur de Boumahra pour l'ensemble des cultures présentées dans la figure 117 (tableau de bilan d'exploitation, ONID 2016), soit une superficie irriguée de 764,4 hectares, sur la base des besoins en eau unitaires des cultures (Tableau 51).

**Tableau 51. Les besoins d'irrigation unitaires par type de cultures et leurs superficies dans le secteur de Boumahra Ahmed (situation 2016)**

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	dec	Année	Sup	Besoins totaux selon la superficie
Culture	Besoins unitaires calculés en (mm)													(ha)	( $hm^3$ )
Tomate industrielle			0	50,2	145,5	191,4	120,1	0	0				507,2	450,51	2 285 099,40
La pomme de terre (a-s)								150,1	73,4	35,6	0	0	0	85,9	850 000,00
Poivron						122,4	202,3	196,3	114,7	70,5	28,3		734,6	72,5	532 585,00
Haricot vert (arrière-saison)		0	17,3	68,6	111,8								197,7	67,32	133 061,40
Oignon A/s				38	128,6	171,7	192,1	104					635	18	114 300,00
Agrume	0	2	35	75	137	182	202	142	68	39	0	0	883	8	70 640,00

En fonction de la superficie irriguée (764,6 hectares), les besoins nets en eau des cultures produites sont estimés à 4,251 hm<sup>3</sup> (Annexe 19).

À partir de la figure 117, on remarque que les besoins en eau d'irrigation les plus élevés concernent les tomates industrielles (54 % des besoins totaux). Sur la base des besoins théoriques de 5 072 m<sup>3</sup>/ ha, les 450,5 ha de la tomate industrielle ont des besoins totaux de plus de 2,28 hm<sup>3</sup>. Il convient de noter que le prix d'irrigation pour un hectare de tomates industrielles est estimé à un prix fixe pour des besoins unitaires moyens de 5 500 m<sup>3</sup> / ha (ONID, 2016).



**Figure 117. Les besoins annuels en eau d'irrigation des cultures en irrigué (situation 2016)**

Avec une demande unitaire en eau de 859 m<sup>3</sup>/ha, les pommes de terre de fin de saison devraient mobiliser 0,85 hm<sup>3</sup> (20% des besoins totaux) pour une superficie irriguée qui dépasse 85,9 hectares.

Le poivron a des besoins en eau estimés à 0,532 hm<sup>3</sup> et les autres cultures ont une demande en eau relativement faible : les haricots: 0,131 hm<sup>3</sup> ; oignon: 0,114 hm<sup>3</sup> ; maïs : 0,0726 hm<sup>3</sup> ; agrumes : 0,076 hm<sup>3</sup>.

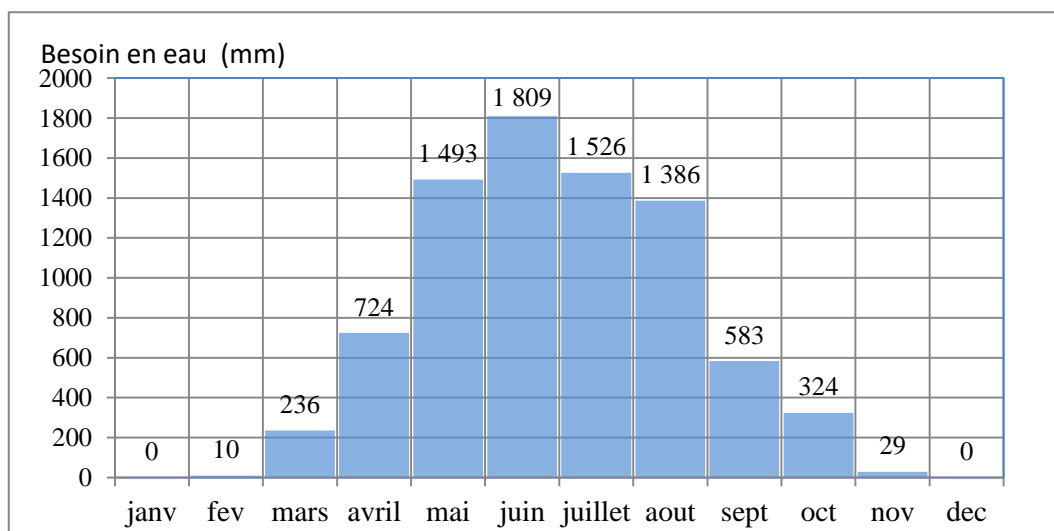
La part dominante de la tomate industrielle dans l'assolement de contre-saison (saison chaude) est relativement importante par rapport à celle des pommes de terre et des poivrons. Les céréales et les agrumes, leur intensification dans l'assolement de contre-saison est très faible.

Les besoins en eau pour l'assolement réalisée dans le secteur de Boumahra s'élèvent à 4,246 hm<sup>3</sup> pour une surface irriguée de 763,6 hectares, ce qui représente un besoin annuel moyen de 5 559,8 m<sup>3</sup> par hectare sachant qu'il a été estimé dans l'étude de conception du projet entre 5500 et 7500 m<sup>3</sup>/ ha.

### 6.2.3 Les besoins mensuels en eau d'irrigation

Les besoins mensuels de pointe se situent durant le mois de juin avec un besoin d'irrigation de 1 809 mm (18 090 m<sup>3</sup>) d'eau, et qui s'explique par le taux de l'évapotranspiration qui est élevé pendant ce mois et par l'occupation du sol qui est de 80 % (Fig. 118).

Les plus faibles consommations sont enregistrées durant la période pluviale (du mois d'octobre jusqu'au mois de mars) et cela est dû au fait que les cultures pratiquées n'exigent que peu d'eau à cause du froid hivernal qui diminue la demande climatique.



**Figure 118. L'évolution mensuelle des besoins bruts en eau des cultures dans le secteur de Boumahra (situation 2016)**

Les besoins pratiques à la parcelle de la principale culture dominante dans le secteur irrigué de Boumahra selon l'assolement de 2016 sont reportés sur le tableau 52. Le tableau 52 présente les besoins en eau bruts de la tomate industrielle au niveau de la parcelle, en considérant une efficacité à la parcelle de 85 % (pertes dues aux fuites dans les raccords, ruissellement, évaporation lors de l'aspersion, etc...).

**Tableau 52. Les besoins en eau bruts de la tomate industrielle à la parcelle**

Tomate industrielle	avril	mai	juin	juillet	année
Besoin théorique de la plante (mm)	50,2	145,5	191,4	120,1	507,2
EfficiencE (85%) selon l'ONID	42,67	123,675	162,69	102,085	431,12
Pertes à compense (mm)	7,53	21,825	28,71	18,015	76,08
Besoins théorique à la parcelle (mm)	57,73	167,325	220,11	138,115	583,28

Pour la culture de la tomate industrielles, le besoin moyen en eau par hectare est de 5 832,8 m<sup>3</sup> /ha. La distribution mensuelle indique que juin représente la valeur maximale de la demande en eau d'irrigation (220,1 m<sup>3</sup> /ha).

### 6.3 Fonctionnement du réseau de distribution à l'échelle du secteur

#### 6.3.1 Le réseau hydraulique

Le secteur de Boumahra Ahmed (2600 ha) reçoit de l'eau prélevé dans l'oued Seybouse par des pompages. Le seuil implanté sur le lit de l'oued permet de relever de 2 mètres le plan d'eau, facilitant le pompage de l'eau vers le réservoir de régulation (33 900 m<sup>3</sup>).

Le réseau de distribution est composé de 14 canaux principaux alimentant 334 bornes d'irrigation, le nombre de bornes par canal est différent : le canal principal P1 est équipé de 74 bornes pour irriguer 673 hectares, le canal principal P10 a une seule borne pour une superficie de 13,50 hectares. Les bornes d'irrigation sont dimensionnées de sorte à pouvoir livrer aux parcelles les débits dont elles ont besoin (débit des bornes 30 l/s).

**Tableau 53. Caractéristiques du réseau d'irrigation du secteur de Boumahra**

Numéros de canal	Nombre de bornes	Superficie à irriguée (Ha)
Conduite de refoulement	04	17,70
P1	74	672,77
P2	56	547,77
P3	56	233,3
P4	59	369,91
P5	05	23,35
P6	03	12,54
P8	14	102,06
P10	01	13,50
P12	61	601,77
P14	01	8,00
Total	334/unités	2 602,67

Les bornes d'irrigation ou bornes d'alimentation sont dimensionnées de sorte à pouvoir livrer aux parcelles les débits qu'il leur faut. Chaque borne est équipée de deux ou trois prises d'irrigation dans les grands îlots. En secteur privé, chaque îlot même de petite taille est desservi par une prise d'irrigation.

Le tracé des conduites a été défini et exécuté après étude de la restructuration foncière qui a permis le découpage en îlots. Généralement ces conduites enterrées ont suivi les limites des îlots ou les réseaux de voirie. Elles constituent le réseau de distribution de l'eau vers les bornes d'irrigation.

#### 6.3.2 Fonctionnement du réseau

Le réseau d'irrigation a été conçu pour fonctionner selon le principe du tour d'eau 24 heures sur 24. Le tour d'eau et la durée de l'irrigation sont définis par l'ONID en début de saison. La fréquence et la durée de l'irrigation dépendent du nombre d'ayants droit, de la surface à irriguer, de la demande des cultures et du climat.

La distribution est assurée à partir de réservoirs de régularisation et également par piquage sur la conduite de refoulement. Et au-delà vers le réseau de distribution à la parcelle.

En 2016, pendant la saison d'irrigation, le secteur de Boumahra a été divisé en trois zones, où l'eau est distribuée en alternance entre elles. Un programme de distribution d'eau en rotation a été préparé entre les trois zones, de sorte que chaque zone reçoive de l'eau pendant 3 jours consécutifs (72 heures), pendant un temps d'irrigation de 10 heures à 12 heures par jour.

L'eau est fournie à la zone 1 par le canal principal de refoulement le lundi et mardi. ; La zone 2 reçoit de l'eau le vendredi et samedi par les canaux principaux P 1 et P 12. La troisième région, tous les mercredis et jeudi via les canaux P4, P2, P3.

En effet, selon les enquêtes de terrain effectuées en août 2016, le secteur irrigué de Boumahra a connu de nombreux changements dans la gestion de l'eau et a évolué en fonction de plusieurs facteurs : types des exploitations irrigués, cultures irrigués et assolement. De nombreux problèmes ont été identifiés :

- La pratique du tour d'eau pendant les périodes de pointe pénalise le plus souvent l'agriculteur.
- La fréquence du tour d'eau est trop réduite qu'elle peut présenter un risque d'intolérance aux cultures les jours de sécheresse.
- L'utilisation irrationnelle de la borne d'irrigation, entraîne une diminution de la pression à la parcelle.
- Coupures fréquentes de l'énergie électrique au niveau de ce périmètre.
- Important envasement des réservoirs d'eau.
- Manque d'équipements hydromécaniques de secours en cas de pannes (pompes submergées de la station d'exhaure.
- la répartition des ressources en eau dans le secteur reste incohérente, en particulier pour les parcelles alimentées par des conduites tertiaires (à la limite du réseau).

## CONCLUSION DE CHAPITRE 5

Le périmètre de Guelma Bouchegouf s'étend sur une superficie équipée de 9 940 ha subdivisées en 5 secteurs opérationnels, indépendants l'un de l'autre du point de vue desserte en eau. Le périmètre est alimenté à partir du barrage de Hammam Debagh par des lâchers dans l'Oued Seybouse.

Pour la campagne 2016, le volume alloué au périmètre est de l'ordre de 50 hm<sup>3</sup>, mais le volume global des lâchers est de 46,49 hm<sup>3</sup>, le volume mis en tête de réseau de 31,68 hm<sup>3</sup> et le volume distribué à travers les secteurs se réduit à 26,95 hm<sup>3</sup>, soit une perte totale des réseaux de 19,5 hm<sup>3</sup>. Des déperditions importantes des eaux sont relevées à cause de la vétusté de certains tronçons du réseau.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) calculée pour cette campagne diffère peu d'un secteur à l'autre, et se situe entre 43,6 % (Cherf) et 44,4% (Fedjouj). Ce taux

persiste relativement modeste en raison des pertes lors de la distribution et du gaspillage lors de l'usage. Des progrès en matière d'installation d'équipements plus économes en eau sont néanmoins perceptibles dans la plupart des secteurs, ce qui a permis d'élever l'efficacité parcellaire moyenne (E2) à 75,1 %.

Les résultats de l'étude au niveau des secteurs irrigués montre que l'efficacité de l'eau d'irrigation, du barrage jusqu'à la parcelle irriguée, conduit à augmenter nécessairement les besoins en eau d'irrigation à plus de 56,5 % des besoins nets des plantes cultivées. Ainsi, des ressources en eau supplémentaires sont mobilisées pour compenser les pertes d'eau.

Les ressources en eau mobilisées couvrent une bonne partie de la demande des surfaces irriguées des secteurs du Guelma –Bouchegouf. Cependant, l'efficacité reste faible (pertes fortes), ce qui entraîne un appel fréquent à mobiliser l'eau au détriment de son économie.

Le principe de l'amélioration de l'économie des ressources en eau est recommandé dans le cadre d'une gestion axée sur la demande, ce qui nécessite encore des efforts constructifs et des stratégies à plusieurs niveaux.

Le secteur de Boumhara dispose d'une abondance de ressources en eau, ce qui lui permet de couvrir ses besoins théoriques en eau d'irrigation (besoins nets théoriques des plantes et pertes du réseau), et enregistre un surplus annuel de 1,955 millions de mètres cubes.

Cependant, les enquêtes de terrain montrent que des sous-zones et des terres situées à l'extrémité du réseau d'irrigation sont privées d'eau. Ceci, contrairement aux terres bordant le canal principal (conduite de refoulement) où l'eau est toujours en abondance tous les jours de la semaine.

L'utilisation du canal principal pour deux fonctions à la fois (l'acheminement de l'eau vers le réservoir et la distribution de l'eau vers la zone 1) est un obstacle majeur qui, en cas de dysfonctionnement, conduit à l'arrêt complet du secteur d'irrigation de Boumhara

Les gestionnaires du secteur ont eu recours à la distribution d'eau entre les zones irriguées une fois par semaine et pour chaque zone, ce qui est une longue période et constitue une menace pour les plantes lors d'une canicule. Et pour qu'une partie de cette eau soit utile à la production, elle doit être adaptée aux besoins des plantes qui peuvent résister à la sécheresse pendant une période de 3 à 5 jours pour les cultures nécessitant de l'eau comme le maïs, de 7 à 10 jours pour le sorgho, et de 10 à 12 jours pour les arbres fruitiers en fonction de la réserve d'eau utile et de la profondeur du sol.

L'étude de faisabilité de ce périmètre a été réalisée en 1983, au moment où tout le foncier agricole était détenu à 90 % par les domaines autogérés ; cette étude avait préconisé une borne équipée de 2 à 4 prises par exploitation de 5 à 20 ha. Néanmoins, lors de sa réalisation du projet, avec l'avènement de la restructuration en 1987, l'étude n'avait pas fait l'objet d'une réadaptation à la reconfiguration du foncier engagée en 1988.

Ceci a engendré des difficultés d'exploitation essentiellement à l'utilisation d'une seule borne par 2 à 3 exploitations (EAC, EAI) entraînant d'incessants litiges et des dégradations des bornes d'irrigation.

Par ailleurs, la fragmentation importante de la superficie des exploitations agricoles appartenant au secteur privé (en raison de l'héritage), a conduit à la multiplication des propriétaires dans le secteur de Boumehra (184 unités), ce qui entraîna une dispersion et une superficie moyenne réduite de la parcelle (par le morcellement des terres). De ce fait l'exploitation de ce périmètre ne dépasse guère les 50% de la superficie irrigable.

Le périmètre de Guelma-Bouchegouf a fait des progrès en matière de valorisation de l'eau à usage agricole. Néanmoins, ces améliorations demeurent encore lentes et les pertes d'eau restent importantes. Il s'agira de promouvoir davantage le mode d'irrigation localisée, moyen d'augmenter largement l'efficacité à la parcelle.

L'utilisation optimale de ce périmètre passe inévitablement par la levée des contraintes énumérées : adapter le système d'irrigation au périmètre actuel ; résorption des fuites d'eau au niveau du réseau ; se doter de pompes de secours...

Beaucoup de marges de progrès existent pour une gestion plus efficace de la demande. Les surfaces réellement irriguées continuent à refléter la sous-utilisation des équipements en place, ce qui soulève le problème de rentabilisation des investissements consentis par les pouvoirs publics.

## CONCLUSION GENERALE

La mise en valeur hydroagricole des Grands Périmètres d'Irrigation (GPI) dans le Nord-Est de l'Algérie s'est déroulée en deux périodes. La première période d'avant 2005 a été marquée par l'équipement et l'exploitation d'une superficie totale de 31 754 ha, répartie sur trois grands périmètres irrigués : Bounamassa (16 158 ha) ; Safsaf (5 656 ha) et Guelma-Boucheougouf (9 940 ha). La deuxième période, postérieure à 2005, s'est caractérisée par la recherche d'amélioration et de modernisation des systèmes d'irrigation concernant aussi bien les trois GPI existants (avant 2005) que ceux de création nouvelle : Zit Emba (2 070 ha), Jijel-Taher (1 000 ha), Sedrata (1 275 ha) et K'Sar Sbahi (1 900 ha).

L'alimentation en eau d'irrigation est assurée par les lâchers d'eau des barrages- réservoirs, qui sont au nombre de sept (7) répartis sur deux grands bassins hydrographiques : le bassin de la Seybouse et le bassin des Côtiers Constantinois. Les périmètres irrigués sont dotés des réseaux de distribution sous pression, et le mode d'arrosage dominant est l'aspersion.

Après rappel du cadre organisationnel et l'évolution des surfaces irriguées en Algérie, l'étude a mis au point les potentialités et contraintes des milieux naturels de la région du Nord - Est en vue de la mise de valeur hydro-agricole des terres aptes à l'irrigation.

Aussi, l'analyse a porté sur les effets des actions de valorisation des périmètres par l'application de l'indice d'Efficiences d'Utilisation de l'Eau d'irrigation (EUE). Ce dernier est le produit de l'indice d'efficacité des réseaux de transport et de distribution (E1) et de l'indice d'efficacité d'irrigation à la parcelle (E2). Cette approche est appliquée à l'échelle de l'ensemble des périmètres pour les campagnes agricoles de la période 2006-2016, et à l'échelle des secteurs irrigués de Guelma -Boucheougouf pour la campagne de l'année 2016.

L'évaluation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) est basée sur l'idée que la «réduction des pertes d'eau » dans les systèmes d'irrigation permet souvent de répondre à la demande en eau agricole et peut jouer un rôle positif et important en termes de gain et d'une meilleure utilisation / valorisation de l'eau agricole.

### 1. CONTEXTE PHYSIQUE DES PÉRIMÈTRES ET NÉCESSITÉ D'IRRIGATION

La région du Nord-Est de l'Algérie compte sept grands périmètres irrigués (GPI) d'une superficie équipée qui représente environ 30,3 % du potentiel des sols aptes à l'irrigation.

Les conditions climatiques auxquelles les grands périmètres irrigués sont exposés diffèrent selon les trois zones géographiques couvertes par notre zone d'étude. Dans la région côtière se répartissent d'Est en Ouest, les périmètres de Bounamoussa, Zit Emba, Safsaf et Jijel. Dans la région tellienne (le bassin de la Moyenne Seybouse), se trouve le périmètre de Guelma- Boucheougouf. Enfin, au Sud, dans les hautes plaines semi-arides, se localisent les deux périmètres d'irrigation, de Ksar Sbahi et de Sedrata.

Les apports pluviométriques ne sont pas uniformément répartis dans l'espace, enregistrant une diminution du nord au sud. La pluie est abondante, dans les plaines côtières, en particulier à l'ouest où se situe le périmètre d'irrigation de Jijel, tandis qu'à l'Est, elle diminue



relativement dans la plaine d'Annaba (périmètre de Bounamoussa) ainsi qu'à l'intérieur, dans les plaines du Tell, où se situe le périmètre de Guelma Bouchegouf. Dans la région des Hautes Plaines semi-arides (périmètres de Ksar Sbahi et de Sedrata), les pluies baissent fortement.

La forte intensité d'évapotranspiration potentielle (ETP) fait diminuer l'efficacité des précipitations dans la région. Le modèle de Turc qui prend en compte, outre la température, la durée d'ensoleillement, est bien adapté aux conditions climatiques des régions tempérées ; il existe une variante pour les régions arides, qui tient explicitement compte de l'humidité relative qui affine les résultats (Cosandey et Robinson, 2000).

Le bilan hydrique de Thornthwaite est établi mois par mois à partir des variables climatiques et de la réserve facilement utilisable (RFU). Il montre l'ampleur du déficit agricole dans la zone d'étude : il est estimé à 675,2 mm et dure 6 mois (de mai à octobre) dans les plaines côtières (station d'Annaba) ; sa valeur augmente à 717,0 mm dans la plaine de Guelma (station de Guelma) ; dans la région des hautes plaines, le déficit est de 898,0 mm et sa durée s'étend sur une période de 9 mois, de mars à octobre (station O.E. Bouaghi).

L'irrigation devient nécessaire pour couvrir la période de déficit en eau agricole. Dans les opérations d'irrigation, il est également recommandé de prendre en compte les variables agricoles liées aux types de cultures (introduction des coefficients culturaux) pour déterminer les besoins en eau d'irrigation des cultures pratiquées dans les sept périmètres irrigués.

## **2. RESSOURCES EN EAU ET VOLUMES D'EAU MOBILISÉ À L'IRRIGATION**

Les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation des grands périmètres sont constituées essentiellement par des eaux superficielles régularisées par sept barrages érigés sur des oueds permanents. Le bassin de la Seybouse (6450 km<sup>2</sup>) et le bassin des Côtiers (11 451 km<sup>2</sup>).

Le potentiel des ressources en eau de surface des deux grands bassins qui couvrent la zone d'étude (17 901 km<sup>2</sup>), est estimé à environ 2,975 milliards de m<sup>3</sup> par an en moyenne, mais l'écoulement connaît une grande variabilité interannuelle (Mébarki, 2005).

Le bassin des Côtiers Constantinois, comprend de l'Est à l'Ouest, quatre périmètres d'irrigation, parallèles les uns aux autres dans leur forme générale, et leur direction générale correspond aux bassins versants des vallées du Sud au Nord : Le périmètre irrigué de la Bounamoussa reçoit les eaux régularisée par le barrage de Cheffia érigé sur l'oued Bounamoussa, celui de Zit Emba est alimenté par le barrage de Zit Emba (oued El Hammam) ; le périmètre de Safsaf est alimenté par un système hydraulique relié aux deux barrages de Zardézas (oued Safsaf) et de Guenitra (oued Fessa). A l'Est, dans les côtiers de Jijel, le barrage d'El-Agrem (oued El-agrem). Dans le bassin de la Seybouse, le périmètre irrigué de Guelma-Bouchegouf est alimenté par les lâchers du barrage de H. Debagh (oued Bouhamdane) ; le périmètre de Ksar Sbahi et le périmètre de Sedrata sont alimentés en eau par le barrage de Foum El-Khanga (oued Cherf).

La caractérisation des barrages en fonction de l'évolution de la réserve d'eau permet de distinguer deux barrages (H. Debagh et Cheffia) qui offrent un grand potentiel de stockage pouvant atteindre ou dépasser le seuil de 180 hm<sup>3</sup> par an mais avec une forte variabilité

interannuelle, trois barrages (Guenitra, Zit Emba et F. Khanga) dont la réserve d'eau peut atteindre le seuil de  $120 \text{ hm}^3$  par an, deux barrages dont la réserve d'eau est inférieure à  $30 \text{ hm}^3$  par an : Zardezas et El-Agrem.

Durant la période 1997-2016, la moyenne de la réserve de l'ensemble des 7 barrages est de  $580,27 \text{ hm}^3$ . Dans le meilleur des cas, la réserve d'eau a atteint  $620 \text{ hm}^3$  en 2004 (année hyper pluvieuse) pendant la saison des pluies, soit environ 80 % de la capacité de stockage des sept barrages ( $780 \text{ hm}^3$ ). Le minimum ( $216 \text{ hm}^3$ ) a été enregistré en décembre 2016 à la fin de la saison d'irrigation. Le volume moyen interannuel des lâchers d'eau pour l'irrigation, rapportée au volume de la réserve des barrages (à l'échelle régionale), est de l'ordre de 13 %, et varie entre  $23 \text{ hm}^3$  et  $102 \text{ hm}^3$ .

Outre, l'irrégularité des apports hydrologiques en eau des bassins versants en amont des barrages, il existe d'autres facteurs qui influent sur les volumes d'eau régularisés pour l'irrigation et qui peuvent limiter le développement hydro-agricole : la concurrence imposée par le secteur de l'eau potable, et les pertes d'eau dues à l'évaporation ( $35 \text{ hm}^3$  soit 8,5% de la réserve en 2016). Aussi, la sédimentation des lacs des barrages provoque la diminution de la capacité utile des barrages.

### **3. PERFORMANCE DES SYSTEMES IRRIGUES**

La performance hydraulique des systèmes irrigués est exprimée en termes d'efficience basée sur les quantités d'eau mesurées en différents points du système de distribution de l'eau. Le rapport des quantités en amont et en aval définit l'efficience d'une partie bien déterminée du système. L'objectif principal de l'engineering en irrigation était toujours d'augmenter ces efficacités.

- ***L'efficience globale des réseaux (adduction, distribution) de la période 2006-2016***

L'analyse révèle qu'entre 2006 et 2016, les volumes annuels des lâchers d'eau des barrages ( $87,71 \text{ hm}^3$ ) vers les périmètres n'ont jamais atteint le volume alloué ( $100,92 \text{ hm}^3$ ), fixé au début des campagnes d'irrigation. Les trois quarts de volume des lâchers étant partagés entre les trois principaux périmètres : Guelma-Boucheougouf ( $35,21 \text{ hm}^3$ ), Bounamoussa ( $30,53 \text{ hm}^3$ ) et Safsaf ( $9,50 \text{ hm}^3$ ). Le quota d'eau allouée aux périmètres irrigués varie sensiblement d'une année à l'autre, en fonction des années hydroclimatiques et en fonction du volume d'eau stocké dans les barrages.

Le volume annuel moyen réellement prélevé (mis en tête du réseau) par la totalité des périmètres est de l'ordre de  $74,61 \text{ hm}^3$  et le volume moyen annuel distribué aux bornes d'irrigation (eau agricole) se réduit à  $62,72 \text{ hm}^3$ .

Le cumul des pertes d'adduction ( $13,1 \text{ hm}^3$ ), largement imputables aux lâchers d'eau des barrages effectués dans les lits des oueds, et des pertes de distribution ( $11,9 \text{ hm}^3$ ), soit un total  $25,0 \text{ hm}^3$ , se traduit par une efficience moyenne des réseaux E1 de l'ordre de 71,5 %.

Celle-ci varie d'un périmètre à un autre dans une fourchette comprise entre 64,1 (Ksar Sbahi) et 93,5% (Zit Emba). Un système bien géré atteint un rendement de plus de 50% (CIID, 2002).

- ***L'indice de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) de la campagne 2016.***

L'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) calculée pour la campagne de l'année 2016 sur l'ensemble des périmètres irrigués (GPI), se situe entre 40,8% (Guelma Bouchegouf) et 80,7 % (Jijel-Taher). Pour un volume de lâchers d'eau de 97,2 hm<sup>3</sup> sur l'ensemble des GPI, l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) est de 59,5%. Malgré des progrès notables, en raison des pertes et fuites de transport et du gaspillage lors de l'usage, l'EUE demeure peu satisfaisante, surtout pour les trois principaux GPI ayant disposé de gros volumes d'eau d'irrigation: Guelma- Bouchegouf (46,5 hm<sup>3</sup>) ; (Bounamoussa (25,0 hm<sup>3</sup>) et Safsaf (8,4 hm<sup>3</sup>).

Du barrage à la parcelle irriguée, l'efficacité EUE de la campagne d'irrigation de 2016, calculée sur la base du volume distribué à chacun des cinq secteurs du périmètre de Guelma – Bouchegouf, diffère peu d'un secteur à autre, et se situe entre 43,3 % (Cherf) et 44,0% (Fedjouj). Ce taux reste relativement modeste en raison des pertes lors de la distribution et du gaspillage d'eau durant la pratique des arrosages.

En termes de volumes, l'analyse a montré que pour un volume d'eau prélevé de 31,68 hm<sup>3</sup>, le volume distribué était de 26,95 hm<sup>3</sup>, soit une perte totale de 3,53 hm<sup>3</sup> (11%). Les pertes d'eau diffèrent d'un secteur à un autre : le secteur Guelma-Centre enregistre les plus fortes pertes d'eau (1,659 hm<sup>3</sup>), suivi par Boumahra (1,354 hm<sup>3</sup>) et El- Fedjouj (1,100 hm<sup>3</sup>). Elles sont liées à un ensemble de contraintes techniques et de gestion, et augmentent proportionnellement au volume prélevé.

Des progrès en matière d'installation d'équipements plus économes en eau sont néanmoins perceptibles dans la plupart des secteurs, ce qui a permis d'élever l'efficacité parcellaire moyenne (E2) à 75,1 %.

- ***Bilan Ressources - Besoins et déficit en eau***

Les besoins théoriques nets en eau des cultures pour les sept périmètres, s'élèvent à 68,533 hm<sup>3</sup> en 2016, sur une superficie irriguée de 12 668 hectares.

Une orientation est en cours vers l'intensification des cultures qui valorise au mieux le mètre cube d'eau.

Cinq types de cultures sont présents sur les GPI du territoire étudié : les cultures maraichères avec un taux de 42 %, suivies par les cultures industrielles avec 32 % (pratiquées notamment à Guelma-Bouchegouf, Zit Emba et Bounamoussa), puis les céréales avec 12 % (cultivées notamment à Ksar Sbahi et Sedrata) ; l'arboriculture est pratiquée également avec un taux de 12 % ; enfin, la surface consacrée aux cultures fourragères ne représente que 2 %.

Les besoins théoriques bruts en eau d'irrigation pour l'ensemble des sept périmètres irrigués s'élèvent à 100,14 hm<sup>3</sup>, évalués en fonction des besoins d'irrigation des cultures (68,533 hm<sup>3</sup>) et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE : 59,5%). Les besoins bruts théoriques en eau d'irrigation (100,14 hm<sup>3</sup>/an) sont répartis dans des proportions variables entre les GPI : Guelma - Bouchegouf (33%), Bounamoussa (22%), Ksar Sbahi (14%), Zit Emba ; (12%), Safsaf (8 %), Sedrata (7 %), et Jijel- Taher (4%).

Le bilan d'eau : ressources en eau - besoins théoriques de l'année 2016 (calculés sur la base des assolements effectifs d'une surface de 12 668 ha) montre une disproportion entre les volumes utilisés et les besoins qui se traduisent par un déficit global de 3 %. Ce déficit est enregistré au niveau des 4 périmètres mis en eau postérieurement à 2005, avec des taux qui varient de 45 % (Sedrata) à 65 % (Ksar Sbahi). Le périmètre de Ksar Sbahi (région des hautes plaines nécessite 13,7 hm<sup>3</sup> d'eau d'irrigation, dont 10,06 hm<sup>3</sup> pour couvrir les besoins nets des cultures et 3,63 hm<sup>3</sup> pour couvrir les pertes des systèmes de réseaux d'irrigation (EUE : 64%). Bien que les ressources en eau soient disponibles en quantité (barrage de Foum El-Khanga), la contrainte réside en la mauvaise qualité de l'eau du barrage, ce qui peut expliquer pourquoi le déficit en eau d'irrigation est élevé.

Le périmètre de Guelma-Boucheougouf (région tellienne), est le plus important du Nord-Est de l'Algérie ; il produit une agriculture industrielle et ce sont les cultures industrielles qui consomment le plus d'eau sur de grandes superficies. A l'amont du circuit d'eau, le volume des lâchers d'eau effectué par le barrage de Hammam Debagh (35,2 hm<sup>3</sup> par an en moyenne) dépasse largement les besoins qui s'élèvent à 32,67 hm<sup>3</sup> (33% du total des GPI). Mais les pertes du réseau d'adduction sont jugées trop élevées (le réseau d'adduction de ce GPI conduit les lâchers d'eau dans l'oued Bouhamdane, affluent de la Seybouse).

Paradoxalement, trois secteurs souffrent de pénuries d'eau en comparant les volumes d'eau utilisés et les besoins en eau d'irrigation. Les conséquences se traduisent par des déficits : Guelma-centre (1,41 hm<sup>3</sup>), El-Fedjoug (0,84 hm<sup>3</sup>), Cherf (0,18 hm<sup>3</sup>), pour le secteur de Boucheougouf, les volumes d'eaux utilisées et celle des besoins en eau d'irrigation sont sensiblement égales. Le secteur de Boumahra est le seul dans le périmètre du Guelma-Boucheougouf à enregistrer un excédent annuel d'eau (1,96 hm<sup>3</sup>).

L'amélioration de la connaissance des besoins en eau d'irrigation à travers l'étude détaillée du secteur de Boumahra montre que le plan de cultures en irrigué est principalement occupé par des tomates industrielles (59 % de la surface irriguée), suivie par les cultures maraîchères (36 %). L'arboriculture occupe seulement 2 %, les céréalicultures (1%) et les cultures fourragères (1%).

Cependant, malgré la disponibilité en eau d'irrigation dans le secteur de Boumahra, il existe des obstacles (identifiés lors de l'enquête de terrain de 2016), liés à la conception technique du réseau, la détérioration du réseau de distribution d'eau, à la nature socio-économique, la fragmentation de l'assiette foncière, et le bas prix de vente du volume d'eau d'irrigation qui ne couvre en réalité qu'une partie des opérations d'entretien du réseau et des équipements hydromécaniques. Cela a entraîné des disparités et des irrégularités dans la distribution de l'eau et l'inégalité d'accès aux ressources en eau entre les zones d'irrigation du secteur, entre les exploitations et même entre les irrigants, surtout pour les zones situées en fin de réseau qui sont alimentées par les canaux tertiaires.

#### **4. OBJECTIFS ATTEINTS EN TERMES DE VALORISATION DE L'EAU**

Les progrès réels qui ont été enregistrés à travers les programmes de réhabilitation et de valorisation de l'eau agricole des GPI (loi 2005), peuvent être appréciée à travers :

- l'extension des superficies équipées, qui sont passées de 28 436 (avant 2005) à 37 999 hectares équipés en 2016, (augmentation de 25,2 %). Une nette progression de la superficie moyenne irriguée de la région, de 5 000 hectares avant 2005 à 11 605 hectares en moyenne (2006-2016), soit un taux d'évolution de 57 %. Le maximum (13 500 hectares) a été atteint en 2013 en relation avec les volumes des lâchers d'eau des barrages et l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau.

- l'augmentation du volume moyen d'eau lâcher aux périmètres irrigués entre 2006 et 2016, soit une moyenne de 75,7, millions m<sup>3</sup> alors que le volume annuel moyen distribué avant 2005 était de 33 millions m<sup>3</sup>, soit une augmentation de 56 %. Cependant, considérant la surface équipée (37 999 ha), le taux d'utilisation des sols (35,5 % au maximum) paraît modeste, sachant que le taux d'utilisation optimale a atteint jusqu'à 65-75 % des terres irrigables pour un périmètre doté d'un réseau de distribution sous pression (à la demande (Kebiche, 2007).

- la productivité agricole est désormais orientée vers des productions spéculatives valorisant au mieux le mètre cube d'eau d'arrosage (cultures à haut rendement). Dans le périmètre de Guelma-Boucheougouf, la tomate industrielle a atteint un niveau très satisfaisant de valorisation par mètre cube d'eau consommé, et connaît une évolution positive en matière de production. Elle a atteint en 2016 des rendements moyens allant au-delà des 700 quintaux par hectare (1000 quintaux par hectare dans certaines exploitations agricoles dotées du mode d'irrigation à la goutte à goutte) et avec une production annuelle qui a dépassé les 2,5 millions de quintaux en 2013. La pomme de terre d'arrière-saison occupe une place importante dans l'assolement pratiqué dans le périmètre, bénéficiant elle aussi de l'effort déployé par l'ONID dans le cadre de la promotion des techniques d'économie d'eau à la parcelle, notamment le goutte à goutte. Sa production a atteint 345 quintaux par hectare en 2013.

- autres progrès à souligner : la situation financière du service gestionnaire (ONID) a été améliorée, suite à l'augmentation du volume facturé (52,3 hm<sup>3</sup> pour les sept GPI et 26,6 hm<sup>3</sup> pour le périmètre de Guelma-Boucheougouf) due à la réhabilitation des réseaux. Par ailleurs, l'augmentation de l'encaissement a permis de récupérer plus de la moitié des créances (53 % des prestations de service).

#### **5. VALIDITÉ ET LIMITES DE L'APPROCHE**

L'étude de la valorisation de l'eau et de l'efficacité des systèmes irrigués, du barrage à la parcelle irriguée a présenté une vision globale du fonctionnement des sept périmètres irrigués de la région du Nord-Est algérien, en ce qui concerne l'alimentation en ressources en eau, l'évaluation de la performance des réseaux, le niveau d'utilisation de l'eau affectées aux périmètres irrigués, le bilan d'eau : ressources - besoins en eau d'irrigation, Enfin, les résultats des actions appréciées à travers la nouvelle politique de l'eau 2005.

A l'inverse d'une démarche purement technique, applicables à tout système irrigué, ou purement économique, qui se référerait à des normes, notre analyse de la performance des systèmes irrigués vise une identification des facteurs déterminants de la performance de ces systèmes.

L'originalité de la démarche apparaît sous deux aspects : le premier a trait à la période d'étude 2006-2016 postérieure à la promulgation de la loi qui fait référence dans le secteur de l'eau (loi de 2005) et impose la mise en place de tous les moyens pour passer de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion par la demande). Le second aspect est doublement géographique, car l'approche suivie est à la fois une approche régionale (Nord- Est algérien) et locale (étudié d'un cas – Boumahra - à l'échelle des secteurs irrigués du périmètre de Guelma – Bouchegoud), et une approche dans le sens amont - aval (circuit de l'eau, du barrage à la parcelle).

Contrairement à la période précédente, qui a enregistré quelques interruptions dans l'alimentation en eau d'irrigation (sécheresse de 2002), durant la période concernée par l'étude (2006-2016), les barrages situés dans le Nord-Est de l'Algérie n'ont rencontré aucun problème pour se remplir et pour assurer le fonctionnement des périmètres irrigués puisque ils ont été alimentés de mars à octobre et même parfois à novembre de chaque année pendant dix années consécutives. Cela nous a permis d'éviter tout obstacle face à l'étude, qui aurait pu affecter négativement les résultats de l'étude.

La période d'évaluation de dix ans est suffisante pour donner une vision appropriée et extraire une étape du fonctionnement des grands périmètres irrigués à travers une analyse à plusieurs niveaux : au niveau des réseaux d'irrigation et une vue d'ensemble à l'échelle régionale et locale. Elle peut être considérée comme une expérience pour envisager de surmonter plusieurs obstacles à l'avenir et améliorer la performance des systèmes d'irrigation.

On peut ici souligner un aspect essentiel de ce travail, qui réside dans l'effort d'intégrer et d'évaluer, à travers l'utilisation d'indicateurs, l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) à différentes échelles dans la caractérisation des niveaux de performance.

Faute d'informations sur les volumes d'adduction partielle (amenée d'eau du barrage vers chacun des secteurs), nous avons généralisé la valeur de l'efficacité d'adduction ( $E_a$ ) calculée pour l'ensemble du périmètre (68,1%). Pour un tel travail, il faut les moyens de mesures et de comptage (installation des stations hydrométriques, compteurs d'eau à l'échelle de la parcelle irriguée...). Ces informations améliorent bien la gestion de l'utilisation de l'eau agricole.

Les grands périmètres irrigués sont appelés à remplir correctement les six fonctions principales suivantes : la gestion de l'eau et des infrastructures ; la gestion agronomique de la production ; la gestion financière ; la gestion organisationnelle ; le contrôle de l'impact social et environnemental ; la gestion stratégique (stratégie vis-à-vis du milieu économique environnant).

Les investigations menées dans ce travail de recherche constituent une première contribution à l'évaluation de la performance des systèmes irrigués selon une approche globale. Elles devront être complétées par des actions de recherche tant sur le plan expérimental que sur la démarche méthodologique.

Cette recherche ouvre de nouvelles voies de recherche, notamment en termes de généralisation à toutes les régions d'Algérie ou à l'étude de cas d'un seul périmètre.

## **6. CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS**

La situation de l'efficience d'utilisation de l'eau, du barrage à la parcelle irriguée s'est nettement améliorée, confirmant par là-même la concrétisation de plusieurs projets et l'efficacité des plans d'action en matière d'amélioration de l'efficience du réseau d'irrigation et introduction des équipements économe d'eau.

Cependant, ces améliorations restent fragiles par rapport aux moyens mis en place au profit de grands systèmes hydrauliques (barrages et stations de pompage de grande puissance) et par rapport à la superficie équipée. Elles sont également lentes, comparées aux échéances fixées par le Plan National de l'Eau en 1997 puis en 2008.

La superficie irriguée n'atteint pas la surface équipée/ou irrigable. A l'échelle des sept GPI, dans le meilleur des cas, la superficie irriguée a atteint 13 500 ha, soit 35,6% de la surface totale équipée (37 999 ha). A l'échelle du grand périmètre de Guelma – Bouchegouf, la superficie irriguée a augmenté jusqu'à atteindre un maximum de près de 5 600 ha (soit 53 % de la superficie équipée du périmètre).

Dans le meilleur des cas, les volumes des lâchers d'eau à partir des barrages à l'irrigation ont atteint 102 hm<sup>3</sup> (en 2013) soit 1/5 de la réserve en eau stockée dans les barrages (580,3 hm<sup>3</sup>).

En 2016, l'alimentation en eau potable a atteint 122,5 hm<sup>3</sup> en 2016, soit 29 % de la réserve totale des barrages, ce qui est supérieur à l'eau destinée à l'irrigation de 97 hm<sup>3</sup>. Le barrage de H. Debagh est le seul qui fournit plus d'eau au secteur de l'irrigation qu'à celui de l'AEP. Les quatre autres barrages fournissent plus d'eau pour le secteur potable que pour l'irrigation. Le barrage de Cheffia a fourni un volume d'eau de 50 hm<sup>3</sup> aux agglomérations urbaines de la région d'Annaba, soit le double du volume fourni au périmètre irrigué de Bounamoussa (25 hm<sup>3</sup>). Le volume d'irrigation identifié dans l'étude avant-projet du barrage de Chefia est de 65 hm<sup>3</sup>.

Nous voudrions également proposer quelques recommandations importantes à plusieurs niveaux dont il faudrait compte pour surmonter les obstacles qui entravent le développement à travers les grands périmètres irrigués, pour améliorer les performances des systèmes d'irrigation, et pour assurer une meilleure valorisation de l'eau agricole.

Il est nécessaire de poursuivre les opérations et les programmes de réhabilitation, voire de renouvellement et surtout pour augmenter l'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation et réduire les pertes d'eau dans ces réseaux. Et également de lutter contre les pompages illégaux dans le réseau et généraliser les techniques d'économie d'eau dans tous les périmètres irrigués d'Algérie.

Dans certains réseaux d'irrigation, certaines sections préliminaires doivent être refaites (choisies pour éviter le coût élevé). Cependant, avec le temps, ces réseaux ont montré des défaillances et des perturbations majeures pouvant entraîner l'arrêt complet d'un secteur irrigué ou un périmètre irrigué dans certains cas.

Aux fins d'améliorer le service de l'eau, il est recommandé plus de coordination entre les différents acteurs, en particulier entre l'agence des barrages (ANBT), producteur d'eau, l'office d'irrigation (ONID), le gestionnaire des réseaux d'irrigation et les agriculteurs utilisateurs de l'eau.

Beaucoup de marges de progrès existent pour une gestion plus efficace de la demande, y compris un meilleur encadrement et sensibilisation des agriculteurs (plus de 1000 irrigants inscrits lors de la campagne d'irrigation 2016 au périmètre Guelma- Bouchegouf).

D'autres actions complémentaires liées au marché (commercialisation des produits agricoles) peuvent encourager l'intégration de ces spéculations, à l'exemple de la tomate industrielle dont les prix de commercialisation sont encouragés par l'État et bénéficient de la présence sur place d'unités industrielles de conservation et de transformation. En revanche, la culture de la pomme de terre dont le prix a baissé durant certaines campagnes à des niveaux non rémunérateurs, souffre du manque d'infrastructures adéquates et accessibles à l'agriculteur pour le stockage

Des progrès sont réalisés en termes de superficie irriguée et d'économie d'eau, mais les améliorations sont encore lentes et beaucoup reste à faire pour une gestion efficace de la demande.

Il n'existe pas de gestion globale bien définie, ni de stratégie de conduite d'une telle politique, pour lever les contraintes (vulgarisation, financement,...) mais plutôt un ensemble de mesures adoptées séparément au niveau des différents secteurs pour économiser les ressources en eau. Le champ d'amélioration de cette efficacité reste possible.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

- A.B.H.-C.S.M. (1999 à 2014). *Les Cahiers de l'Agence, Agence de Bassin Hydrographique, Constantinois-Seybouse-Mellegue, Constantine.*
- A.G.I.D. (2004). *présentation du secteur de Boumehra, dossier de transferts de gestion : d'exploitation et d'entretien des infrastructures et équipements hydraulique du périmètre de Guelma-Boucheouf.* Office des périmètres d'irrigation de la vallée d'El-Tarf, Algérie.
- A.N.R.H. (1962-2001). *Inventaire des ressources en sols d'Algérie.* Agence national des ressources hydriques, Alger, Algérie.
- ALLOUCHE M. (2015). *Le modèle DPSIR pour la gestion d'un périmètre irrigué dans le bassin du Safsaf Skikda (Nord Est Algérien).* Mémoire de magistère en hydrogéologie , Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 262 pages .
- AMGHARA S., JELLALB J. (2005). La valorisation de l'eau d'irrigation par les productions dans le grand périmètre irrigué de Doukkala, Maroc. *Ingénieries*, n° 41 : 30 - 49. (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00476114>)
- ANBT. (2006). *Contrôle de stabilité par mesures tonométriques de haute précision et interprétation des données d'auscultation des barrages en exploitation : barrage de Hammam Debagh.* Agence National des Barrages et transfères. Alger, Algérie.
- ANRH. (2008). *Estimation des besoins en eau des cultures par région hydraulique.* Agence National des Ressources Hydriques. Algérie.
- ANRH. (2008). *Norme de Besoin et assolement par région hydrographique de.* Agence National des Ressources Hydriques (ANRH), Algérie.
- APS (dz) [consulté en septembre 2020]. *le premier salon international "numérique" en économie (20 mars 2018), Algérie.* ([www.aps.dz](http://www.aps.dz) »).
- BARDINET Cl. (1981). Télédétection et analyse géographique par Landsat : région d'Annaba (Algérie) . *Revue géographique des pays méditerranéen*, N° 2 : 29 - 43. [https://www.persee.fr/doc/medit\\_0025-8296\\_1981\\_num\\_42\\_2\\_1995](https://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1981_num_42_2_1995)
- BEN NASR J. (2015). *Gouvernance et performance de la gestion de l'eau d'irrigation en Tunisie, cas des périmètres irrigués de Nadhour-Zaghoua.* Thèse de doctorat en science agronomiques, Institut National Agronomique de Tunisie (INA). université de Carthage, Tunisie. 230 pages.
- BENBLIDIA M. (2009). *Efficiency d'utilisation de l'eau (EUE).* Rapport de synthèse : préparé par « stratégie méditerranéenne pour le développement durable. Plan Bleu, Centre Régional, Sophia Antipolis MAI 2009.
- BENBLIDIA M. (2011). *L'efficiency d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude nationale, Algérie.* Sophia Antipolis: Plan Bleu.
- BENBLIDIA M. (2012). *La gestion de la demande en eau, l'expérience méditerranéenne.* Sofia Antipolis : Plan Bleu.

- BENHACINE CH. (1986). *Irrigation agricole, notion générale, régime d'irrigation*. Blida : Ecole national supérieur de l'hydraulique. 142 pages.
- BOURCHICHE, N. (2004). *Gestion de la rareté et valorisation de l'eau d'irrigation : cas du périmètre des Doukkala*. Institut agronomique et vétérinaire, Maroc.
- BESSAOUD, O. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie, projet d'appui à l'initiative ENPARD méditerranée. Sous la coordination de : Jean-Paul Pellissier, Jean-Pierre Rolland, Wided. Programme d'appui à l'initiative ENPAED Méditerranée. Disponible : (- [Hal archives-ouvertes.fr](http://Hal.archives-ouvertes.fr) › [hal-02137632](https://hal-02137632) › document, *Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie*).
- BHOURI KHILA S., DOUH B., MGUIDICHE A., BOUJEBEN A., (2015). Synthèse des principaux indicateurs de performance des systèmes irrigués. *Revue larhyss journal*, Issn 1112-3680, n°24, décembre 2015, pp.263-279.
- BORD J.P. (1981). Cartographie de l'utilisation du sol dans l'Est Algérien : Essai de zonage agricole. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle : Université Paul Valéry de Montpellier III, France.
- BOUALEM R., LEDUC C., HALLOUCHE W., (2009). Évolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. *Revue de sécheresse*, n° 20 : p. 96 -103.
- BOUAZIZ A., BELABBES K., (2002). Efficacité productive de l'eau en irrigué au Maroc, FAO. *Revue H.T.E.* Rabat, n° : 124.
- BOUCHEDJA, A. (2012). *La politique de l'eau en Algérie*, Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue(ABH-CSM). Euro-RIOB 2012 : 10<sup>ème</sup> Conférence Internationale, 17 au 19 Octobre 2012 Istanbul, Turquie.
- C.T.G.R.E. F. (1979). *Les méthodes de calcul des besoins théorique en eau d'irrigation, les Collections Techniques Rurales En Afrique*. Groupement d'Aix-en-Provence Division Irrigation, Ministre de l'Agriculture, France.
- C.T.G.R.E.F. (1979). *Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations, Collection Techniques Rurales en Afrique*. Groupement d'Aix-en-Provence Division Irrigation, Ministre de l'Agriculture, France, 1979.
- CHABACA M.N. (2007). *Analyse des paramètres d'efficacité de l'irrigation gravitaire traditionnelle en Algérie : optimisation de la pratique d'irrigation par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et propositions de pilotage*. Thèse de doctorat d'Etat en science : Institut National d'agronomie (INA), El-Harrach, Alger.
- CHABACA M. N., ISBERIE C., MESSAHEL M. (2007). La politique de gestion de la ressource en eau d'irrigation face à l'aléa climatique, aux contraintes sociales et économiques: Cas de l'Algérie. *La Houille Blanche/ N° 04-2007*, p. 131-136.
- CHABANE, M. (2012). Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie. *Revue de territoire en mouvement*. ([journals.openedition.org › tem](http://journals.openedition.org/tem)).

- CHERRAD, S.-E. (1979). *La plaine de la Bou Namoussa, irrigation, mise en valeur et organisation de l'espace*, Thèse de doctorat 3<sup>e</sup> cycle, (Vol. 242). Université Montpellier 3, France.
- CHIH-CHIBANI, A. (2010). Le secteur public en Algérie à l'ère de la mondialisation. *Revue des réformes économiques et intégration en économie mondiale école supérieur ESC* Volume 4, Numéro 8, Pages 7-31. (<https://www.asjp.cerist.dz/en/article/21330>)
- CONAC, F. (1979). *Irrigation et développement agricole, l'exemple des pays méditerranéens et danubiens*. Edition SEDES, Paris France, 197 p.
- COSANDEY, C. R. (2000). *Hydrologie continentale*. Paris. Armand Colin, Collection U. Géographie, 360 p.
- COTE, M. (2005). *l'Algérie, espace et Société*. Alger: Media -Plus, 1983, 253 p.
- COTE, M. (1996). *Pays, paysages, paysans d'Algérie*. CNRS Editions (Espaces et Milieux), 282 p.
- DAROUI, E., BOUKROUTE, A. (2011). Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement d'une culture de blé. *Revue Nature & Technologie* ». n° 05/Juin 2011 pp. 80 - 86.
- DEUMIER, J., LACROIX, B., MARSAC, S., GEORGES, J., & BAQUE, T. (2012). Connaissance, adaptation et amélioration de la gestion quantitative de l'eau avec des collectifs d'irrigants de Midi-Pyrénées. *Innovations Agronomiques*, n°25, pp. 165 - 178.
- DJABARA, M. (2007). Les principales contraintes du développement d'une agriculture irriguée classée en grande hydraulique en Algérie. *Actes du Séminaire : Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, du 19 au 23 avril 2004, Projet INCO-WADEMED*. 13 pages
- DRAIN, M. (2002). Eau et agriculture dans l'espace méditerranéen. *Persé, L'information géographique (INGEO)*, volume 66, pp. n°1 : 53-69. [https://www.persee.fr/doc/ingeo\\_0020-0093\\_2002\\_num\\_66\\_1\\_2789](https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_2002_num_66_1_2789).
- DSA. (2011). *Diagnostic sur la situation de l'Hydroagricole et projection à l'horizon 2014. Projet prospective pour l'amélioration des conditions d'exploitations des périmètres d'irrigation, Programme de l'économie de l'eau*. Direction des services agricoles (DSA de Guelma).
- EL MAHI, T. (2005). *Etude et analyse de la gestion de l'eau à usage agricole en Algérie*. Magistère en agronomie : Institut National Agronomique d'El-Harach, Alger.
- EI-AMRI A., M'SADAK Y., MADJDOUB R., & BENAYED S., (2014). *Efficiences techniques de l'utilisation de l'eau d'irrigation en milieu semi-aride*. Conférence : Journée Nationale sur la valorisation des Résultats de la Recherche. [https://www.researchgate.net/publication/274252634\\_Efficiences\\_techniques\\_de\\_l'utilisation\\_de\\_l'eau\\_d\\_irrigation\\_en\\_milieu\\_semi-aride](https://www.researchgate.net/publication/274252634_Efficiences_techniques_de_l'utilisation_de_l'eau_d_irrigation_en_milieu_semi-aride).

- EUROSTAT [consulté en septembre 2020]. AQUASTAT - Système d'information mondial de la FAO sur l'eau et l'agriculture, 2015. ([http://: www.fao.org > countries régions > dza > printfra1](http://www.fao.org/countries-regions/dza/printfra1))
- FAO. (2015). *Profil de Pays – Algérie, FAO-AQUASTAT Rapports, Version 2015, Food and Agriculture Organization. Algérie –(Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/aquastat/fr/countries-and-basins/country-profiles/country/DZA>*
- FAO . (2014). *Superficie équipée pour l'irrigation, organisation des nations unies pour l'alimentation, aquastat, le système mondial d'information sur l'eau de la FAO.*
- FAO. (2013). *Global Map of Irrigation Areas (GMIAS) version 5.* Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture des Nations Unies.
- FARAH , A. (2014). *Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est. ,* Magistère en Ecologie et Environnement, Université de Constantine 1. Algérie.
- FEGROUCH , S. (2008). *Appréciation des niveaux de valorisation économique de l'eau à usage agricole : périmètre irrigué du Loukkos au Maroc . Revue HTE N°141 Décembre 2008.*
- GAELE, T., & BLINDA, M. (2007). *Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau pour faire face aux crises et pénuries d'eau en Méditerranée.* Plan Bleu, Centre.
- GASMALLAH, N. (2011). *L'efficacité du périmètre d'irrigation de Sedrata et de Zouabi dans le développement Wilaya de Souk-Ahras.* Mémoire de magistère en aménagement et développement des territoires, Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie.
- GAUD, B. (1976). *Etude hydrogéologique de la nappe alluvionnaire de Guelma.* Rapport d'étude Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).
- GAUD, B. (1976). *Etude hydrogéologique du système aquifère Annaba-Bouteldja, système des reconnaissances et recherche des conditions de modélisation.* rapport d'étude I.N.R.H.
- GHACHI, A. (1986). *Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le bassin de la Seybouse,Algérie.* Alger, O.P.U., 508 p.
- HALIMI, A. (1986). *L'Atlas Blidéen, climats et étages végétaux, O.P.U, Alger, p.523.* O.P.U., Alger, p. 523.
- HANAFI, S. (2011). *Approche d'évaluation de la performance des systèmes irrigués à l'échelle des 380 exploitations agricoles. Cas du périmètre irrigué de Borj Toumi (vallée de la Medjerda, Tunisie).* . Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, France.
- JORA. (2005). *Loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 .* Journal Officiel de la République Algérienne n°60 du 4 août 2005.
- JULEAUD. (1936). *Etude géologique de la région de Bône et la Calle.* Alger, 1936.
- KARN, F., & VIRGINE, G. (2012). *Besoin en eau d'irrigation par pays, 2012.* aquastat, FAO.

- KEBICHE, A. (2007). *Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation au niveau d'un périmètre irrigué, enjeux et perspectives, cas du périmètre de Guelma-Bouchevouf. Mémoire de Magister en sciences agronomiques.* Institut National Agronomique d'El-Harrach, Alger.
- KHANCHOU, K. (2006). *Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants de l'extrême Nord Est algérien, Thèse de Doctorat D'état.* Faculté des Sciences de La Terre, Université Badji Mokhtar d'Annaba.
- KHIARI, A., & REBBOUH, H. (2004). *Un front pionnier dans un secteur figé des hautes plaines, le périmètre irrigable de l'Oued Cherf.* Revue science humaine, n°22, Décembre 2004, pp.93 -105.
- KKHALDOUN, A. (1997). *L'irrigation d'appoint des céréales d'hiver, institut technique des grands cultures.* (ITGC., Luis Pasteur, El-Harach- Alger).
- LAROUSSE AGRICOLE. (2002). (<https://www.larousse.fr/archives/agricole/page/227>).
- LECARPENTIER, C. (1975). L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques, *Annales géographiques.* . *Annales de Géographie*, t. 84, n°464, 1975. pp. 385-414.
- LOUAMRI, A. (2013). *Le bassin-Versant de la Seybouse (Algérie orientale) Hydrologie et Aménagement des Eaux.* . Thèse de Doctorat. Université de Constantine 1. 300p.
- M.R.E. (2018). *Bilan des réalisations des Grands Périmètres d'Irrigation en Algérie 2016.* Direction de l'Hydraulique Agricole (DHA), Ministre Des Ressources En Eau MRE, Alger, Algérie.
- MADR. (2006). *Statistiques Agricoles.* Ministère de l'Agriculture et développement Rural (MADR). ([madrp.gov.dz > agriculture > statistiquesagricoles](http://madrp.gov.dz/agriculture/statistiquesagricoles)).
- MAKKAOUI R., D. J. (2010). Nouvelles formes de gouvernance dans le domaine de l'eau. Apports et limites de la coopération décentralisée dans les pays en développement. *la revue Développement Durable & Territoires Vol. 1, n° 1, | Mai 2010.*
- MARRE, A. (1988). Géomorphologie du Tell oriental algérien. *In: Méditerranée, troisième série, tome 63, 1-1988. pp. 68-7.*
- MARRE, A. (1992). *Le Tell oriental algérien : de Collo à la frontière tunisienne : Etude géomorphologique.* O.P.U., Alger, Vol 1 et 2, 624 p.
- MEBARKI, A. (2005). *Hydrologie des bassins de l'Est algérien: ressources en eau, aménagement et environnement.* Thèse d'Etat, Université Mentouri de Constantine, 360 p.
- MEBARKI, A. (2007). Une Nouvelle Cartographie du Déficit Hydrique : Application à l'Est Algérien (et l'Algérie du Nord),. *Bulletin des Sciences Géographiques N°20,(Octobre 2007)*, p. 39-45.

- MEBARKI, A., & LABORDE, J. (2014). Synthèse cartographique des bilans hydriques de l'Algérie du Nord par 388 modèles distribués. Eau et climat au Maghreb. *Université de Rouen, France*, , V 2 : 163-174.
- MESSAHEL M., B. M. (s.d.). L'efficacité des systèmes d'irrigation en Algérie. *CIHEAM option méditerranéennes, Séries B, études et recherches*, pp. n° 52 pages 61-78.
- MOUHOUCHE B. (2012). Les problèmes du manque d'eau en Algérie : Une réalité qui fait peur. *Djadid El-iktissad Review*, pp. volume 7, Numéro 1, Pages 40-57, Décembre 2012.
- MOZAS M., G. A. (2013). *État des lieux du secteur de l'eau en Algérie - Programme projet d'Ipemed. Études & analyses*,. ouvrages > ipemed.
- MOUASSA S. (2017) *Évaluation des ressources en eau dans le sous bassin versant de la moyenne Seybouse, région de Guelma Nord-Est Algérien*. Thèse de Doctorat en Sciences Hydrogéologie. Université Badji Mokhtar de Annaba.157 pages.
- NINI F., MEBARKI A. (2020). L'Efficiéce de l'Utilisation de l'Eau d'irrigation, cas du périmétre de Guelma-Boucheouf, Algérie. *Revue la Houille Blanche, journal international de l'eau*. [lhb@shf-hydro.org](mailto:lhb@shf-hydro.org).
- NINI F., MEBARKI A. (2019). La mise en valeur hydro agricole, cas du périmétre de Guelma-Boucheouf, Algérie. *Revue, Sciences et Technologie série DN° 49 Juin 2019*. (<http://revue.umc.edu.dz/index.php/d/issue/view/>)
- NINI F., (2017) Ressources en eau et développement hydro-agricole en Algérie, cas de la wilaya Constantine, (en langue arabe). *Revue, Sciences et Technologie série D, N° 45 Juin 2017*. <http://revue.umc.edu.dz>
- NINI F., A MEBARKI A. (2019). *l' Efficiéce de l'utilisation de l'eau (EUE) dans les Grands Périmétres Irrigués (GPI) du Nord Est algérien*. Communication orale à la Journée Mondiale de l'Eau, Organisé par la direction des ressources en eau de la wilaya de Constantine, 21 mars 2019, au centre culturel Malek Haddad Constantine.
- NINI F., A MEBARKI A. (2018). *l' Efficiéce d'utilisation de l'eau (EUE) dans les Grands Périmétres Irrigués (GPI) du Nord Est algérien*. Communication orale à la 3<sup>ème</sup> conférence internationale sur l'Hydrologie des grands bassins africain, Friends/IHP/UNESCO, École Supérieur National de l'Hydraulique, ENSH de Blida, 6 -8 mai 2018 à Sidi Fredj Alger.
- NINI F., A MEBARKI A. (2018). *Le barrage Hammam Debagh et la mise en valeur hydro agricole du Périmétre de Guelma-Boucheouf, Algérie*. Communication orale à la Journées Scientifiques du Réseau Eau et climat au Maghreb (PHC Maghreb 17 MAG 32) « Eau, Aménagement et Environnement. Pour une gestion durable des lacs de barrage au Maghreb » 6 - 8 novembre 2018 à l'université Mentouri, Constantine.
- NINI F., (2018). Gouvernance des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. Cas de la ville du Guelma. Communication poster à la Journées Scientifiques du Réseau Eau et climat au Maghreb (PHC Maghreb 17 MAG 32) « Eau, Aménagement et Environnement. Pour une gestion durable des lacs de barrage au Maghreb » 6 -8 novembre 2018 à l'université Mentouri, Constantine.

- NINI F., MEBARKI A. (2017). Workshop orale, « septième colloque international ; ressources en eau & changement climatique en région méditerranéenne », 20 & 21 décembre 2017. Université de Rouen, France.
- NINI F., MEBARKI A., 2017. Efficience de distribution de l'eau potable à l'échelle de quelques communes du Nord-Est Algérien. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement JISTEE* . Numéro 2 - Octobre 2017. [https://www.researchgate.net/profile/Faleh\\_Ali/publication/325847634\\_Journal-ISTEE-Numero2\\_Octobre2017/links/5b28ceec04585150c63dbe956/Journal-ISTEE-Numero2-October2017.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Faleh_Ali/publication/325847634_Journal-ISTEE-Numero2_Octobre2017/links/5b28ceec04585150c63dbe956/Journal-ISTEE-Numero2-October2017.pdf)
- NINI F, MEBARKI A, 2016. *Performance des systèmes irrigués à l'échelle des grands périmètres d'irrigation (G.P.I) du Nord Est algérien*. Communication orale au colloque international « journées scientifiques sur l'eau au Maghreb (Eau et sécurité Alimentaire), J.S.M.E à Université d'Aboubaker- Belkaid, Tlemcen les 23 -26 octobre 2016.
- NINI F., MEBARKI A. (2017). *l'Efficience de distribution de l'eau potable à l'échelle de quelques communes du Nord EST algérien*. Colloque international « Ressources en Eau & Changement Climatique Impacts Anthropiques et Climatiques sur la Variabilité des Ressources en Eau Eau–Société–Climat'2017 (ESC-2017) le 2, 3 et 4 Octobre 2017, Hammamet Tunisie.
- NINI F., MEBARKI A. (2015). *Efficience technique d'utilisation de l'eau d'irrigation, cas du périmètre de Guelma -Bouchehouf Algérie*. Communication orale aux 4 quatrième colloque internationale « Eau et Climat : regard croisé Nord- Sud », 24 -25 novembre 2015, Université Mentouri de Constantine 1.
- NINI F., 2014. L'amélioration des conditions hydrauliques dans les Grands Périmètres d'Irrigation (G.P.I.) du Nord-Est Algérien, *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement JISTEE*; Numéro 1 - Octobre 2014. <http://jistee.org/wp-content/uploads/2019/02/JournalISTEE-Volume1-Num%C3%A9ro1-Avril2014.pdf>
- NINI F, MEBARKI A, 2014. Communication orale aux 5JGA« Les Cinquièmes journées géographiques algériennes » à Oran les 10 – 11 décembre 2014 autour du thème « l'eau, Du barrage à la parcelle irriguée, G.P.I du Nord-Est Algérien ».
- NINI F, 2015. Gouvernance des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre (cas de la ville de Guelma ». communication poster à la journée d'étude « collectivités locales, gouvernance & jumelage » organisée par l'institut Gvu, Université de Constantine 3, le 15 février 2015.
- NINI F, 2014. Communication orale « Troisième colloque international ; ressources en eau & changement climatique en région méditerranéenne » autour du : l'amélioration hydraulique des grands périmètres d'irrigation G.P.I dans le Nord Est Algérien ».
- NINI F, 2010, Communication orale aux « Troisièmement journées géographique algérienne 3 JGA » à Oran les 18 – 19 octobre 2010 autour du thème « Ressources en eau et perspectives de développement hydro-agricole ; cas de la wilaya de Constantine ».*

- NINI F., 2010. Ressources en eau et perspectives de développement hydro-agricole : cas de la wilaya de Constantine ». *Journal International Network Environnemental Management Conflicts*. Santa Catrina – Brazil, (1), Dez 2010. <http://www.igetecon.org/revista> .
- NINI F, 2009. *Aménagement hydraulique et perspective de développement hydro-agricole : cas de la wilaya de Constantine*. Communication orale au 1er Colloque International sur La Gestion Intégrée des Ressources en Eau GIR », Université de Batna.
- O.C.D. (1999). *Gestion durable des ressources en eau dans le secteur agricole dans les pays de L'OCDE*. <https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/20160126141123GAU9789264083592.pdf>.
- O.N.I.D. (2011). *Rapport annuel d'exploitation (2011)*. Office National d'Irrigation et de Drainage, DRE Constantine, Algérie.
- O.N.I.D. (2013). *Économie de l'eau dans les grands périmètres d'irrigation, direction de l'exploitation et de la maintenance des grands périmètres d'irrigation, ONID (présentation de Talaboulma R, octobre 2013)*.
- O.N.I.D. (2016). *Les Bilan annuel d'exploitation de l'année 2016 (arrêté au 31/12/2016)*.
- O.N.S. (2017). *Annuaire Statistique de l'Algérie, Chapitre XII: Agriculture, Forêts et Pêche, Ministère de l'Agriculture et du Développement Office National Des Statistiques Rural*. Disponible sur : [www.ons.dz](http://www.ons.dz) > IMG > pdf > 12\_-\_agriculture, (ONS, <http://www.ons.dz/>).
- P.N.E. (2005). *PLAN NATIONAL DE L'EAU : Étude d'Actualisation et de Finalisation Régions hydrographiques Centre et Est*. Groupement BCEOM – BG – SOGREAH.
- P.N.E. (1997). *PLAN NATIONAL DE L'EAU, Volet irrigation, rapport méthodologique*. groupement BETURE/CARL/CES SALZGITTER, Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire.
- RAOULT, J. (1974). *chaîne numidique au sud de Skikda, thèse d'Etat*.
- TAIBI R. (1994). Essai de régionalisation des écoulements en Algérie, Eaux et sols d'Algérie,. *Ecole National Supérieur de l'Hydraulique, Blida Algérie.*, n° 7, pp. 33-50.
- TAIBI S. (2011). *Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie, mémoire de Magistère en agronomie*. section Hydraulique agricole, école supérieur, El -Harrache, Alger.
- TETRAKTYS. (1981). *Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheougouf, étude d' Avant-Projet Sommaire, Irrigation, mémoire explicatif*. Ministre de l'Hydraulique et de la mise en valeur des terres et de l'environnement), Alger Algérie.
- TETRAKTYS,. (1983). *Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheougouf, rapport d'orientation et pré diagnostique des conditions d'utilisation de sressources en eau*. Ministre d'hydraulique, de la mise en valeur des terres et de l'environnement, Alger.



- THIVET G., & BLINDA M. (2007). *Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau pour faire face aux crises et pénuries d'eau en Méditerranée*. Note préparée par Plan Bleu Centre d'Activités Régionales Sophia Antipolis.
- THORNTON C.W., & MATHER J.R. (1955). The water balance. Publications in Climatology. VIII (1): 1-104, 408 Drexel Institute of Climatology, Centerton, NJ.
- TROY , M. (2013). *Gestion de l'eau agricole et sécurité alimentaire, de nouveaux défis pour les pays en développement, optimiser l'utilisation de l'eau agricole et produire plus par goutte d'eau mobilisée*. projet de « Eau » Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM).
- TURC, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d'irrigation. Formules climatiques simplifiées et mise à jour. 410 Ann, agro. 12 (1) : 3-49, INRA.
- VILLA , J. (1988). Carte structurale de la région de Guelma extraite de la carte géologique de Guelma (J.M Vila, 1988).
- ZEDDOURI, A. (2003). *Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale de Guelma*. Mémoire de Magister en Hydrogéologie. IST. Université de Badj Mokhtar Annaba. 107 p.
- ZELLA L., MOUHOUCHE B. (2004). *Gude pratique de micro-irrigation*. . Publications Universitaires (OPU Alger).61 pages.
- ZELLA L., SMADHI D.,. (2006). Gestion de l'eau dans les pays arabes, Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface.
- ZELLA, L. (2007). *L'irrigation par aspersion*. Office des Publications Universitaires OPU, Alger.143 pages.
- ZELLA, L. (2010). *Micro –irrigation : théorie et applications* Office des Publications Universitaires (OPU, Alger),300 pages.

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1. Les Grands Périmètres Irrigués (GPI) du Nord Est algérien.....	3
Figure 2. Les approches utilisées dans l'étude .....	6
Figure 3. L'évolution de la superficie irriguée S (ha) dans le monde (période : 1900 – 2012)..	12
Figure 4. Pays disposant de la plus grande superficie irriguée par continent (million ha) en 2012 (FAO, 2014) <a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation">https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation</a> .....	13
Figure 5. Part irriguée (en %) de la superficie cultivée par continent (FAO, 2014) .....	14
Figure 6 . L'évolution de la superficie irriguée en Algérie (GPI + PMH) (MRE, 2019).....	18
Figure 7. L'évolution de la superficie irriguée en Algérie (GPI et PMH), au cours de la période 1999-2016.....	19
Figure 8. Evolution des superficies équipées des grands périmètres d'irrigation.....	20
Figure 9. Répartition des superficies en fonction des cultures irriguées et récoltées en Algérie (superficie totale irriguée : 858 152 ha en 2008) (FAO, 2015).....	20
Figure 10. Mode d'irrigation sur les superficies équipées (maîtrise totale : 1,2 million ha en 2012 (FAO, 2015). .....	21
Figure 11. Prélèvements d'eau en Algérie par type de ressource en eau (situation de 2012) (FAO, 2015) .....	22
Figure 12. Répartition du total des prélèvements d'eau pour les trois secteurs d'utilisation en Algérie (situation de 2012) (FAO, 2015) .....	22
Figure 13. Importation algérienne de produits agricoles par produit en 2017 (Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie (Bessaoud, 2019).....	24
Figure 14. Évolution temporelle de la production céréalière moyenne par rapport aux précipitations annuelles dans le Nord de l'Algérie, période : 1970-2009 (Smadhi et Zella, 2012).....	25
Figure 15. Répartition des grands périmètres irrigués (GPI) en Algérie .....	30
Figure 16. Évolution des surfaces irriguées en grande hydraulique (1983 -1998), (Djebbara , 2007) .....	34
Figure 17. Évolution de la distribution de l'eau de 1983 à 1998 (Djebbara, 2007).....	35
Figure 18. Les projets et actions mis en œuvre pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau.....	39

Figure 19. Oro-hydrographie de la Zone d'étude vue à travers le Modèle Numérique de Terrain	44
Figure 20. Répartition des périmètres d'irrigation et de leurs barrages d'alimentation à travers les bassins hydrographiques du Nord-Est algérien.....	45
Figure 21. Potentialités en sols irrigables selon les études de l'ANRH (ANRH, 2001).....	47
Figure 22. Les moyennes annuelles des précipitations enregistrées dans les stations du Nord-Est algérien (période : 2000 – 2014). .....	43
Figure 23. Précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (d'après l'A.N.R.H, 1993 in Mebarki, 2005) (données moyennes sur 60 ans, période du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989). .....	53
Figure 24. Variabilité interannuelle des précipitations des stations de l'Est algérien (2001-2014)...	54
Figure 25. Régimes mensuels des précipitations (2001-2014). .....	56
Figure 26. Distribution saisonnière des précipitations dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000 -2014). .....	57
Figure 27. Températures moyennes mensuelles dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000-2014)..	58
Figure 28. . Régime mensuel des éléments climatiques dans 3 stations du Nord-Est algérien (2000-2014). .....	60
Figure 29. Evaporations moyennes mensuelles dans trois stations du Nord -Est-algérien (2000-20014).....	61
Figure 30. Diagrammes ombro-thérmiqes de trois stations du Nord Est (2000- 2014).....	61
Figure 31. Évapotranspirations mensuelles calculées par différentes méthodes, dans trois stations du Nord Est algérien.....	65
Figure 32. Le bilan hydrique de Thornthwaite et la période de déficit agricole de trois stations du Nord-Est (2000 -2014).....	67
Figure 33. Déficit en eau agricole et nombre de mois secs dans l'année dans le Nord Est algérien (d'après Mebarki, 2005) .....	69
Figure 34. Évolution des besoins en eau de la céréale et périodes critiques (ITGC, 1997)...	70
Figure 35. Capacité de stockage des sept barrages en hm3, (situation en décembre 2016)...	74
Figure 36. . Les apports moyens annuels à l'amont des barrages réservoirs .....	76

Figure 37. Évolution interannuelle des apports d'eau mensuels à l'amont des barrages.....	77
Figure 38. Régime des cours d'eau du bassin versant à l'amont du barrage de H.Debagh. ...	78
Figure 39. Évolution du volume de remplissage des barrages du nord Est Algérien. ....	78
Figure 40. Volumes régularisés (irrigation, AEP) et pertes par évaporation des barrages-réservoirs (Année 2016).....	80
Figure 41. Volume d'eau annuel mobilisé au profit de l'irrigation des grands périmètres irrigués (période 1997 – 2016).....	80
Figure 42. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Bounamoussa.....	84
Figure 43. Variations mensuelles de la réserve d'eau du barrage Cheffia au cours de la période 1997-2016.....	86
Figure 44. Variation interannuelle de la réserve et des lâchers d'eau d'irrigation du barrage de Cheffia (1997-2016).....	87
Figure 45. Volumes moyens mensuels des lâchers du barrage de Cheffia au profit de l'irrigation (période moyenne : 1997-2016).....	87
Figure 46. Réseau hydraulique du périmètre de Bounamoussa, (ONID, 2009).....	88
Figure 47. . Schéma synoptique du réseau et des équipements hydrauliques du périmètre de Bounamoussa (ONID, 2009).....	90
Figure 48. Volumes distribués et superficies irriguées du périmètre de Bounamoussa (1991 - 2002).....	92
Figure 49. Bassin versants, barrages et périmètre irrigué de Safsaf. ....	94
Figure 50. Variation mensuelle et interannuelle de la réserve, des barrages de Zardézas et de Guenitra (1997 -2016).....	94
Figure 51. Variation interannuelle des lâchers au profit du périmètre d'irrigation de Safsaf (1997-2016. ....	95
Figure 52. Volumes moyens mensuels des lâchers au profit de l'irrigation du périmètre de Safsaf.....	97
Figure 53. . Évolution interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers des barrages pour l'irrigation du périmètre de Safsaf.....	96
Figure 54. Réseau hydraulique des quatre secteurs du périmètre du Safsaf (ONID, 2016)....	97
Figure 55. Volumes distribués et superficies irriguées du périmètre de Safsaf (1991- 2002)	98

Figure 56. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Guelma-Boucheouf .....	99
Figure 57. Classification des sols aptes à l'irrigation dans le périmètre Guelma-Boucheouf (ANRH, 1981).....	100
Figure 58. L'évolution inter mensuelle de la réserve d'eau du barrage Hammam Debagh (1997 -2016).....	102
Figure 59. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers du barrage de H. Debagh (période 1997-2016).....	103
Figure 60. Volumes moyens mensuels des lâchers du barrage de H. Debagh au profit de l'irrigation (période moyenne : 1997-2016).....	103
Figure 61. Réseau hydraulique des cinq secteurs du périmètre de Guelma-Boucheouf (ONID, 2016).....	104
Figure 62. Evolution des volumes d'eau distribués et superficies irriguées du périmètre de Guelma Boucheouf (1996 -2002).....	105
Figure 63. Volumes distribués et superficies irriguées des GPI (bilan : 1991-2002). .....	107
Figure 64. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Zit Emba.....	109
Figure 65. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers d'eau du barrage de Zit Emba (2002 -2016).....	110
Figure 66. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de Jijel-Taher.....	111
Figure 67 . Variation interannuelle de la réserve d'eau du barrage d'El-Agrem et de ses lâchers pour l'irrigation (période 1997-2016).....	112
Figure 68. Bassin versant, barrage et périmètre d'irrigation de l'Oued Cherf .....	112
Figure 69. Variation interannuelle de la réserve d'eau et des lâchers du barrage de Foum El-Khanga (2002 – 2016).....	114
Figure 70. Situation des deux périmètres irrigués de Ksar Sbahi et de Sedrata (bassin d'Oued Cherf), (Khiari et Rebbouh, 2004). .....	116
Figure 71. Répartition (en %) des surfaces irriguées selon les trois modes d'irrigation dans les GPI (situation de 2016).....	116
Figure 72. Répartitions (en ha) des modes d'irrigation à la parcelle à travers les 7 périmètres irrigués du Nord- Est algérien .....	117
Figure 73. Évolution de la superficie irriguée dans les GPI du Nord-Est algérien (2006-2016).....	118

Figure 74. Superficie moyenne irriguée par périmètre durant la période 2006-2016.....	118
Figure 75. Superficie équipée et superficie irriguée des GPI du Nord- Est algérien, (moyenne de la période : 2006-2016) .....	119
Figure 76. La réserve d'eau des barrages et la part du volume des lâchers pour l'irrigation. .	119
Figure 77. . Schéma de circuit de distribution de l'eau du barrage à la parcelle irriguée. ....	124
Figure 78. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit de l'irrigation du périmètre de Bounamoussa (2010-2016) .....	127
Figure 79. . Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Safsaf (2006-2016).....	128
Figure 80. . Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Guelma - Bouchegouf (2006-2016) .....	129
Figure 81.Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Zit Emba (période : 2007 -2016).....	130
Figure 82. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre de Jijel-Taher (période : 2010-2016).....	130
Figure 83. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre Ksar Sbahi (période : 2010-2016).....	131
Figure 84. Évolution interannuelle des volumes d'eau au profit du périmètre Sedrata (2010-2016). .....	132
Figure 85. . Volume d'eau alloué annuellement aux grands périmètres irrigués.....	132
Figure 86. Volumes d'eau annuels moyens prélevés (V MTR) et distribués des périmètres irrigués. ....	133
Figure 87. Volumes d'eau annuels moyens des pertes d'eau dans les GPI. Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .	134
Figure 88. Efficacité annuelle moyenne des réseaux d'adduction d'eau d'irrigation (Ea) dans les grands périmètres irrigués. (Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf) . ....	135
Figure 89. Efficacité annuelle moyenne des réseaux de distribution (Ed) dans les grands périmètres irrigués. Période commune 2006-2016 (11ans) pour les périmètres : Bounamoussa, Guelma-B, Safsaf .....	136
Figure 90. Efficacité globale des réseaux E1. ....	136

Figure 91. Modulation des volumes d'eau cumulés des grands périmètres irrigués du Nord – Est de l'Algérie.....	138
Figure 92. Efficience globale des réseaux (E1) de l'ensemble des GPI du Nord –Est algérien.	139
Figure 93. Volumes des lâchers et efficience globale des réseaux dans les grands périmètres irrigués en 2016.....	141
Figure 94. Efficience parcellaire E2 (%) des grands périmètres irrigués de l'année 2016. ...	142
Figure 95. Classes d'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) des GPI. Campagne d'irrigation de 2016. ....	144
Figure 96. Répartition de la part des besoins net en eau des par type de cultures dans les grands périmètres irrigués (Campagne de 2016).....	151
Figure 97. Répartition des besoins théoriques bruts en eau d'irrigation par périmètre irrigué (situation 2016) .....	152
Figure 98. Besoins nets théoriques et besoins bruts totaux en eau d'irrigation à mobiliser (hm <sup>3</sup> /an).....	153
Figure 99. Bilan d'eau et déficit annuel en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués en 2016.....	154
Figure 100. Localisation du périmètre d'irrigation de Guelma-Boucheouf (Wilaya de Guelma, Nord -Est algérien). ....	160
Figure 101. Les réseaux d'irrigation des cinq secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheouf (ONID, 2011).....	162
Figure 102. Profil de disposition des seuils en enrochement le long de l'Oued Seybouse alimentant les secteurs irrigués.....	164
Figure 103. Schéma simplifié d'une tête de réseau d'un secteur irrigué (ouvrages de prise d'eau installés sur l'Oued Seybouse)(TETACTYS,1983) .....	168
Figure 104. Volumes d'eau mis en tête de réseau et volumes distribués des secteurs irrigués .....	171
Figure 105. Volumes des pertes d'eau à l'échelle des secteurs irrigués. ....	172
Figure 106. Répartition des modes d'irrigation à travers les 5 secteurs irrigués du périmètre de Guelma - Boucheouf .....	174
Figure 107. Besoins nets des assolements des secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheouf. ....	180
Figure 108. Les besoins bruts en eau des secteurs irrigués de Guelma-Boucheouf.....	181

Figure 109. Volumes distribués et superficies irriguées dans le périmètre de Guelma-Boucheougouf (1996-2016) .....	183
Figure 110. Évolution de la production et du rendement de la tomate industrielle dans le périmètre Guelma-Boucheougouf (Direction des Services Agricoles, Guelma, 2016). .....	183
Figure 111. Évolution du rendement de la pomme de terre dans le périmètre Guelma-Boucheougouf (Direction des services Agricoles, Guelma, 2016) .....	184
Figure 112. Répartition des classes de parcelles dans le secteur irrigué de Boumahra.....	187
Figure 113. Plan parcellaire du secteur irrigué de Boumahra .....	188
Figure 114. Répartition de la superficie irriguée par mode d'exploitation (Situation, 2003)..	189
Figure 115. Extrait du tableau des exploitations enquêtées sur le secteur de Boumahra (campagne d'irrigation de 2016). .....	190
Figure 116. Répartition des cultures en irrigué dans le secteur de Boumahra .....	191
Figure 117. Les besoins annuels en eau d'irrigation des cultures en irrigué (situation 2016) .....	193
Figure 118. L'évolution mensuelle des besoins bruts en eau des cultures dans le secteur de Boumahra (situation 2016).....	194



## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau 1. Répartition des sols irrigables et non irrigables sur l'ensemble de l'Algérie, (ANRH 2008).....	16
Tableau 2. Effet de l'irrigation sur l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) et le rendement en grains du blé tendre .....	26
Tableau 3 . Evolution des superficies équipées en grands périmètres d'irrigation (MRE, 2018)29	
Tableau 4. les grands périmètres irrigués (GPI) mis en service après l'indépendance.....	32
Tableau 5. Évolution des superficies équipées en grands périmètres d'irrigation (MRE, 2018)..33	
Tableau 6. Superficies équipées, irrigables et irriguées des GPI dans les cinq régions d'Algérie (situation de 2004), en 2004, (ONID, 2005) .....	39
Tableau 7. Objectifs atteints en termes d'économie l'eau par GDE (2010 -2016), (MRE, 2018).....	40
Tableau 8. Répartition des sols irrigables et non irrigables de la région d'étude (Inventaire des ressources en sols l'ANRH 2001).....	51
Tableau 9. Stations météorologiques retenues dans l'étude (O.N.M).....	52
Tableau 10. Valeurs de fréquence des précipitations annuelles des stations représentatives ..	55
Tableau 11. Coefficient de variation (CV) des précipitations mensuelles.....	56
Tableau 12. Données de températures moyennes mensuelles et annuelles dans trois stations du Nord –Est algérien (2000-2014).....	58
Tableau 13. Variante climatique thermique (m) selon Emberger. ....	62
Tableau 14. Quotient pluviométrique d'Emberger de 5 stations.de Nord Est algérien .....	62
Tableau 15. Evapotranspiration mensuelles calculées par différentes méthodes (station d'Annaba, Guelma, O.E.Bouaghi) période moyenne (2000-2014).....	63
tableau 16. le bilan hydrique de thornthwaite et la période de déficit agricole de trois station du Nord-Est (période moyenne (2000-2014)... ..	68
Tableau 17. Caractéristique et pertes de capacité des barrages alimentant les GPI du Nord Est algérien,.. ..	73
Tableau 18. Plan de cultures en irrigué dans le périmètre de Bounamoussa (ONID, 2013)...	85
Tableau 19. Plan de cultures en irriguées dans le périmètre de Safsaf (ONID, 2013).....	93

Tableau 20. Les secteurs irrigués et leurs réseaux de distribution hydraulique .....	97
Tableau 21. Plan de cultures en irrigués dans le périmètres de Guelma Bouchegouf à (ONID, 2013).....	101
Tableau 22. Les projets et actions mis en œuvre à l'échelle des GPI (ONID, 2011).....	107
Tableau 23. Caractéristiques des nouveaux grands périmètres mis en exploitation après 2005.....	108
Tableau 24. Le système de cultures en irrigué sur le périmètre Zit-Amba en 2013. ....	109
Tableau 25. Plan de cultures en irriguées dans le périmètre Jijel en 2013.....	111
Tableau 26. Plan de cultures irriguées sur le périmètre de Ksar Sebahi (523 ha) et Sedrata (800 ha).....	113
Tableau 27. Modulations des volumes d'eau et efficience moyen des réseaux (2006-2016).137	
Tableau 28. Volumes d'eau annuels et efficience globale des réseaux E1 (%) dans les grands périmètres irrigués (campagne d'irrigation 2016).....	140
Tableau 29. Efficience de l'irrigation à la parcelle E2 (%) dans les grands périmètres irrigués (campagne 2016).....	142
Tableau 30. Efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) dans les grands périmètres irrigués (campagne 2016).....	143
Tableau 31. Valeurs de l'ETP Turc dans la région du nord Est Algérien.....	147
Tableau 32. Pluviométrie mensuelle et pluies efficace dans la région du Nord Est algérien, 147	
Tableau 33. Valeurs mensuelles du coefficient cultural Kc (Plan national eau, PNE 1997 ...148	
Tableai 34. exemple des calculs de bilan mensuel des besoins en eau d'irrigation, cas du périmètre de Guelma - Bouchegouf.....	149
Tableau 35. Surfaces irriguées et besoins unitaires en eau des cultures par périmètre (campagne d'irrigation 2016).....	150
Tableau 36. Récapitulatif des résultats des Besoins nets en eau des cultures par périmètre irrigué (hm <sup>3</sup> ). ....	151
Tableau 37. Besoins théoriques bruts en eau d'irrigation des grands périmètres irrigués (campagne de 2016)....	152
Tableau 38. Bilan d'eau et déficit en eau dans les GPI (situation 2016). ....	154

Tableau 39. Les caractéristiques des secteurs irrigués du périmètre Guelma-Boucheouf (ONID, 2011). .....	161
Tableau 40. Caractéristiques pratiques de l'arrosage et fonctionnement du réseau RU, cas d'un îlot-type .....	164
Tableau 41. Caractéristiques des réservoirs de régulation au niveau des secteurs irrigués ..	169
Tableau 42. Efficience globale des réseaux (E1) dans les secteurs irrigués (campagne 2016).....	171
Tableau 43. L'efficience parcellaire à l'échelle des secteurs irrigués (en 2016). .....	175
Tableau 44. L'Efficience d'utilisation de l'eau dans les secteurs irrigués (campagne 2016)	176
Tableau 45. Besoins net des cultures pour le périmètre du Guelma – Boucheouf.....	178
Tableau 46. Les besoins net en eau annuels par assolement réalisé selon les secteurs.....	179
Tableau 47 . Les besoins bruts en eau d'irrigation par secteur agricole, (situation 2016).....	180
Tableau 48. Bilan d'eau: volumes d'eau utilisés et besoins théoriques en eau, (situation 2016).....	181
Tableau 49. Organisation foncière des terres des exploitations irrigués dans le secteur Boumehra. ....	186
Tableau 50. Récapitulatif des résultats de l'enquête foncière sur le secteur de Boumahra (situation 2004, ONID).....	187
Tableau 51. Les besoins d'irrigation unitaires par type de cultures et leurs superficies dans le secteur de Boumahra Ahmed (situation 2016).....	192
Tableau 52. Les besoins en eau bruts de la plante de la tomate industrielle à la parcelle.....	194
Tableau 53. Caractéristiques du réseau d'irrigation du secteur de Boumahra.....	195

## **LISTE DES PHOTOGRAPHIES**

---

Photos n° 1 (a, b, c, d, e, f). Les barrages alimentant les grands périmètres irrigués du Nord-Est algérien.....	75
Photos n° 2 (a, b, c). Le barrage du Hammam Debagh et la tour de prise d'eau.....	165
Photos n° 3. (a et b). Conduites d'eau de type « vannes jet en crue selon l'ANBT, 2006», en contrebas de la digue du barrage de H. Debagh (vallée du Seybouse).....	166
Photos n° 4 (a et b). Installations et équipements du secteur de Boumahra Ahmed.....	167
Photos n° 5. (a, b). Réservoirs d'eau du secteur irrigué de Boumahra.....	169
Photos n° 6 (a et b). Borne d'irrigation à l'extrémité du réseau sous pression.....	170
Photos 7 (a, b, c, d). L'irrigation à la parcelle dans le secteur de Boumahra.....	174

## **LISTE DES ANNEXES**

---

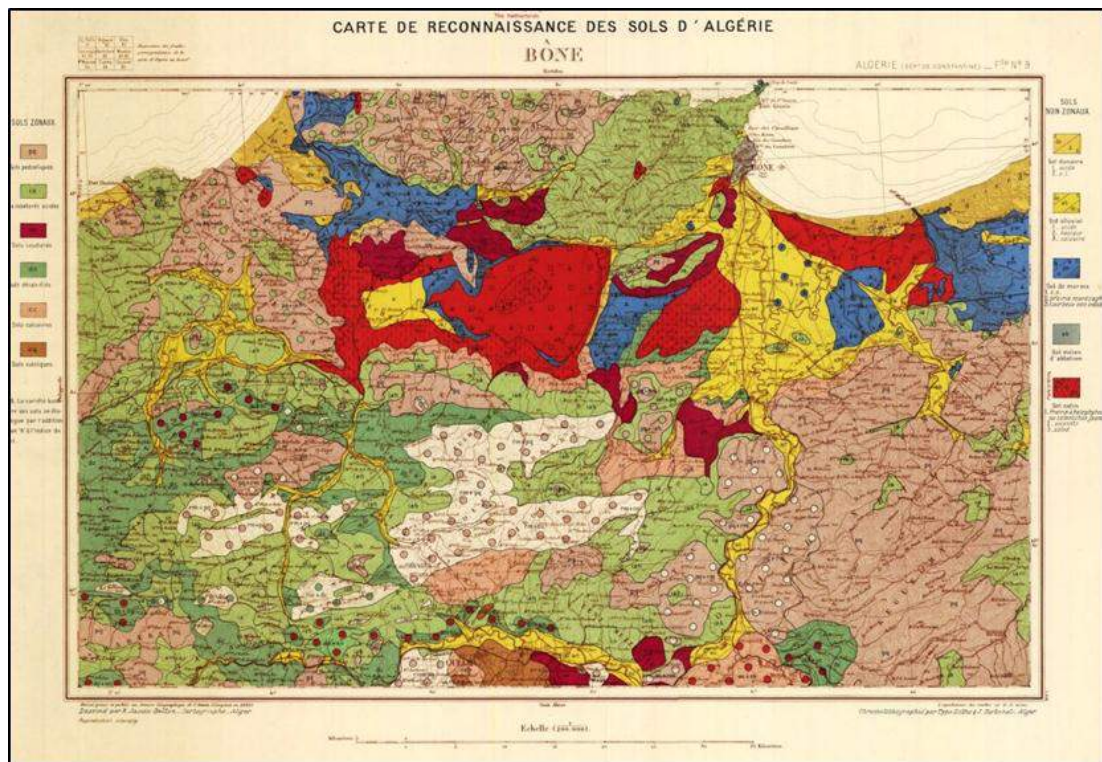
Annexe 1. Carte de reconnaissance des sols en Algérie (1/ 200 000).....	230
Annexe 2. Carte de reconnaissance de sol en Algérie ( 1/ 500 000) .....	230
Annexe 3. Les unités géologiques de L'Est Algérien (d'après Woldi W., 1983 et carte géologique de l'Algérie au 1/500 000), in Mebarki, 2005).....	231
Annexe 4. Paysage agraire (région Est-Algérien) ANRH.....	232
Annexe 5. Carte hypsométrique de la région de Guelma (bassin de Guelma, la moyenne de la Seybouse), établi à partir de la carte topographique 1/50 000 (Guelma).....	233
Annexe 6. La carte des pentes, région de moyenne de la seybouse au niveau de la plaine de Guelma établi à l'aide de la carte topographique 1/ 50 000 (Guelma) .....	234
Annexe 7. Classification des sols aptes à l'irrigation selon ANRH.....	235
Annexe 8. Précipitations et leur moyenne au niveau des trois stations représentatives.....	236
Annexe 9. Le Climagramme du quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2), Période (2000-2014).....	237
Annexe 10. Les méthodes de calcul de l'ETP.....	238
Annexe 11. Capture d'écran fichier du calcul de l'évapotranspiration par la formule de Turc (2000 - 2014).....	239
Annexe 12. Capture d'écran de tableau de calcul Exel de l'ETP par la méthode de Thornttwait	242

Annexe 13. Exemple de calcul de l'évapotranspiration par la formule de Blaney-criddle (station d'Annaba).....	243
Annexe 14. Besoins en eau de la potentialité des ressources en sols des GPI du Nord Est de l'Algérie (ANRH, 2008). .....	243
Annexe 15. Teste des méthodes d'estimation et comparaison entre les trois méthodes.....	244
Annexe 16. Rythme d'évolution des surfaces irriguées 2006 à 2016 des G.P.I dans le Nord-Est Algérien ONID, 2016.....	245
Annexe 17. Exemple des calculs de besoins nets en eau des cultures d'un GPI, cas du périmètre irrigué de Bounamoussa.....	246
Annexe 18. Calcul des Besoins nets en eau des cultures (assolements) réalisés dans les secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheouf .....	247
Annexe 19. Les besoins d'irrigation unitaires par type de cultures et leurs superficies dans le secteur Boumahra Ahmed (situation 2016), (des surfaces estimées à partir des déclarations des irrigants (compagne 2016). .....	248
Annexe 20. Répartition des surfaces planimétries du secteur irrigué Boumahra (situation, ONID 2016).....	249
Annexe 21. Caractéristique des réseaux d'irrigation des secteurs irrigués –Périmètre de Guelma - Boucheouf .....	251

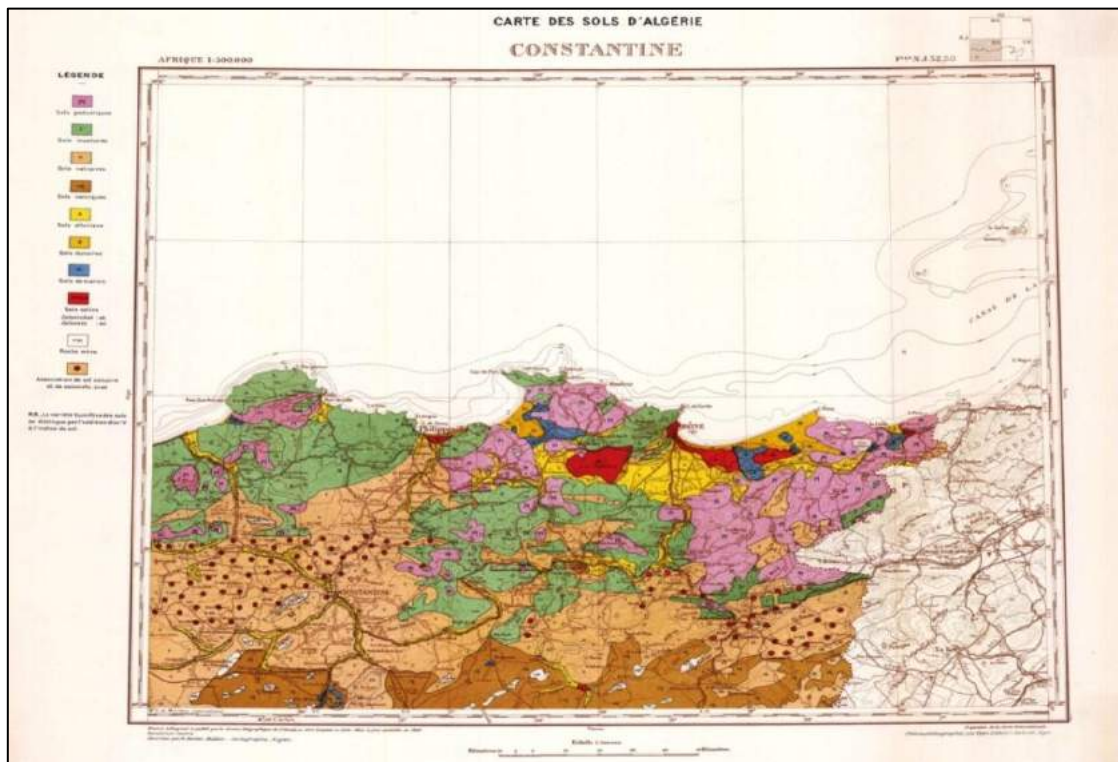
# ANNEXES

---

**Annexe 1. Carte de reconnaissance des sols d'Algérie (Bône) au 1/200 000)**



**Annexe 2. Carte de reconnaissance des sols d'Algérie (Constantine) 1/500 000**



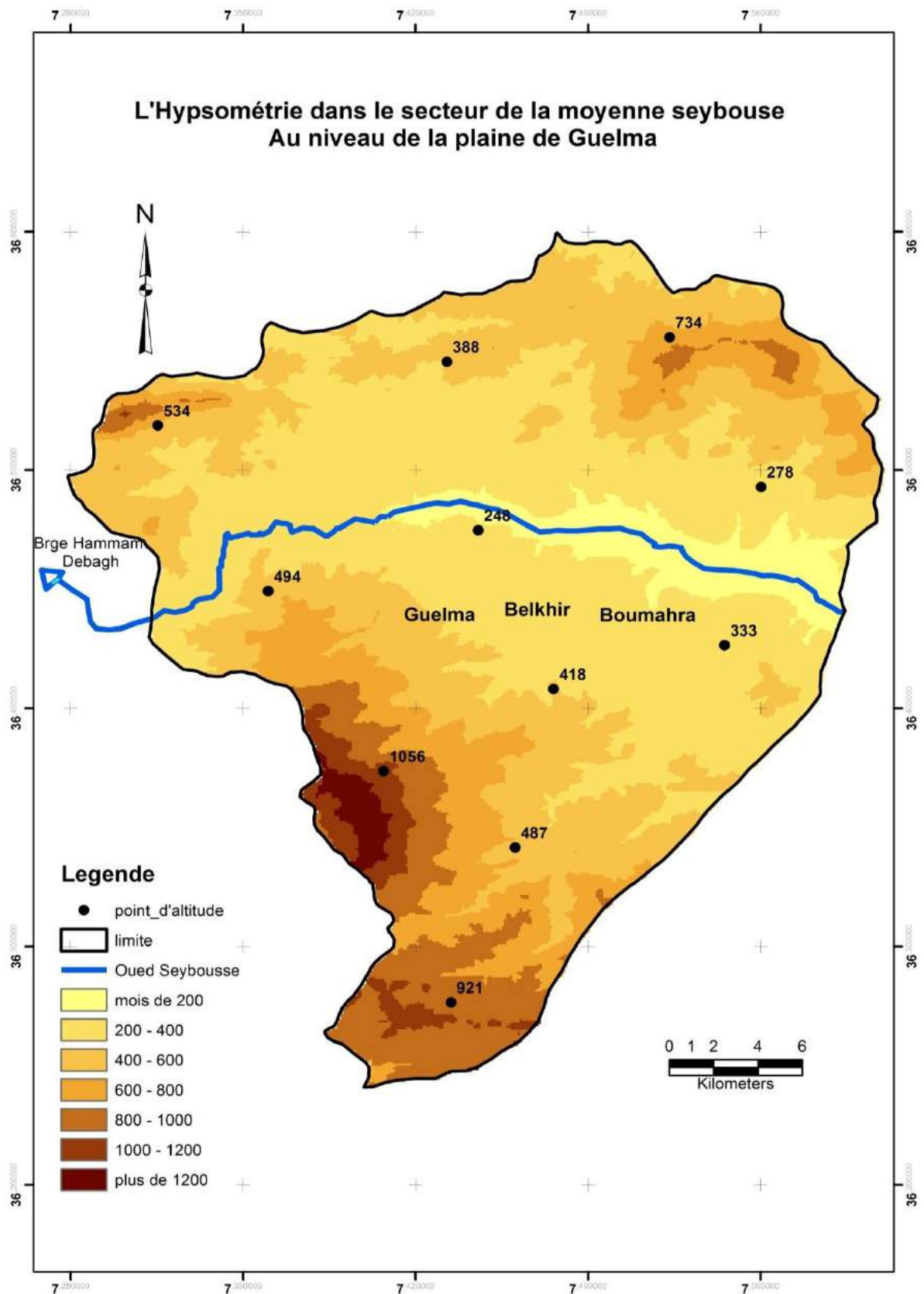




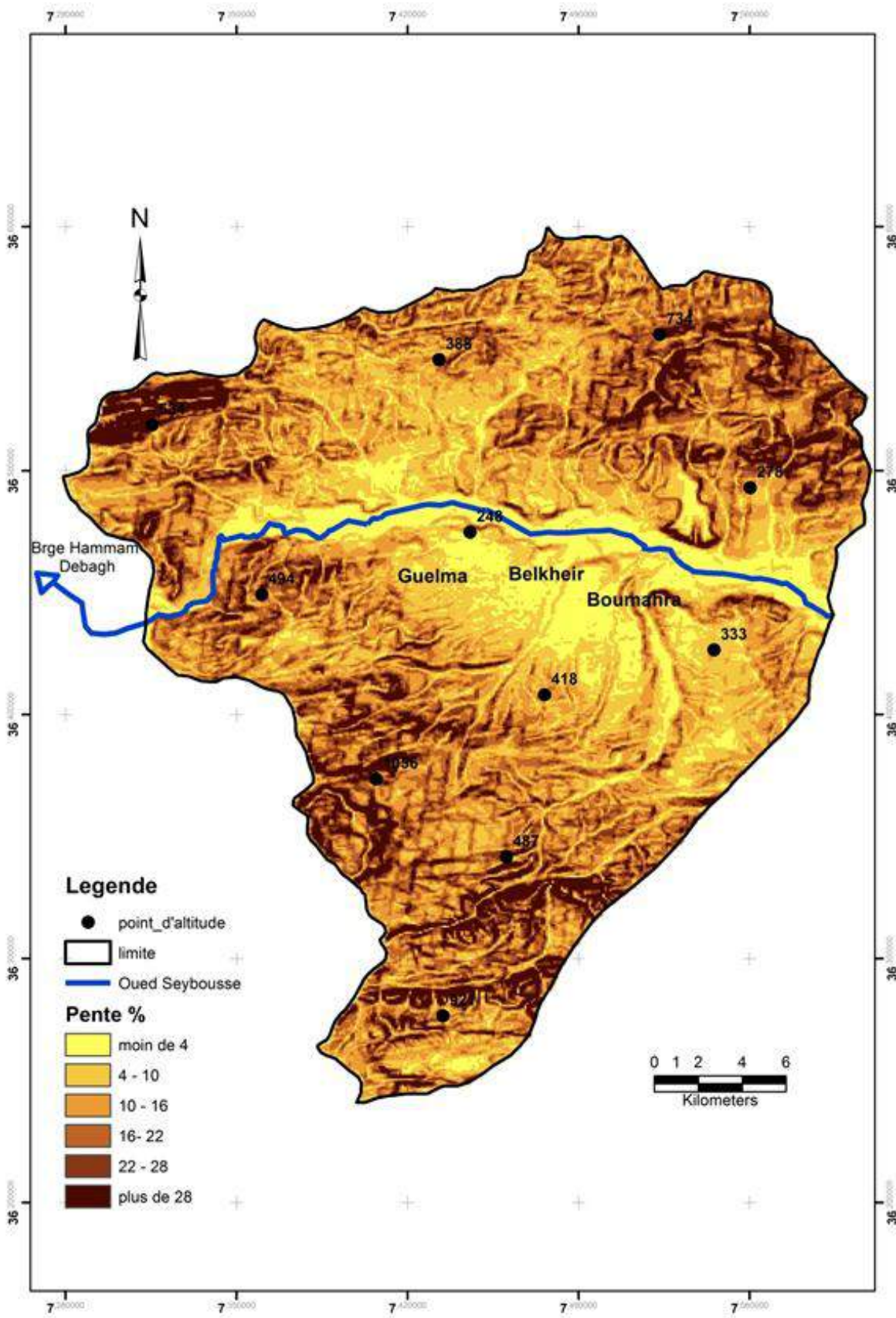
#### Annexe 4. Paysage agraire (région Est-Algérien) ANRH.

Type de paysage agraire	Unité structurales		Substratum géologique dominant	Type de sols dominant	Potentialité
Formes de plaines	Terrasse alluviales		Dépôts quaternaire récent	Sol peu évolué et sol brun calcaire	Polycultures irrigables
Forme de glacis	Glacié piémont Haute glacié- terrasse		Colluvion polygénique Dépôt quaternaire ancien	Sol calcaire profond Sol brun calcaire et sol rouge souvent encrouté	Assolement céréalié Arboriculture localement irrigables par aspersion
	Long versant régulier		Marnes	Sol brun calcaire profond	Assolement céréalié avec protection antiérosive
Collines et montagnes	1. Versants de montagne ou colline à pente forte 2. Haute surface intramontagnards		Marnes marnes	Sol brun calcaire profond	Parcours fourrages arbre  Assolement céréalié
	Versant de montagne à pente fortes		Roches dure calcaire	Sol peu profonds caillouteux	Boisement
Paysage de forêts	Versants de montagne ou colline à pente forte		Roches dure et tendre	Sols profonds caillouteux	Boisement
Hautes plaine	<b>bas-fonds et glacis alluviaux</b>		<b>Dépôt quaternaire récents</b>	<b>Sol peu évolué, parfois hydro morphie et salé : sol brun calcaire</b>	<b>Polyculture irrigable</b>
Glacis	Glacis intermédiaires ancien, vallons en berceau				
Colline et de montagne	Versant de montagne à pente forte				
Paysage de forêts	Haute glacis a modelé ondulé				
Paysage forêts	Haute glacis encrouté, vessant de montagne ou colline				

**Annexe 5. Carte hypsométrique de la région de Guelma (bassin de Guelma, la moyenne de la Seybouse), établi à partir de la carte topographique de Guelma (1/50 000)**



**Annexe 6. La carte des pentes, région de moyenne de la seybouise au niveau de la plaine de Guelma établi à l'aide de la carte topographique 1/ 50 000ème (Guelma)**



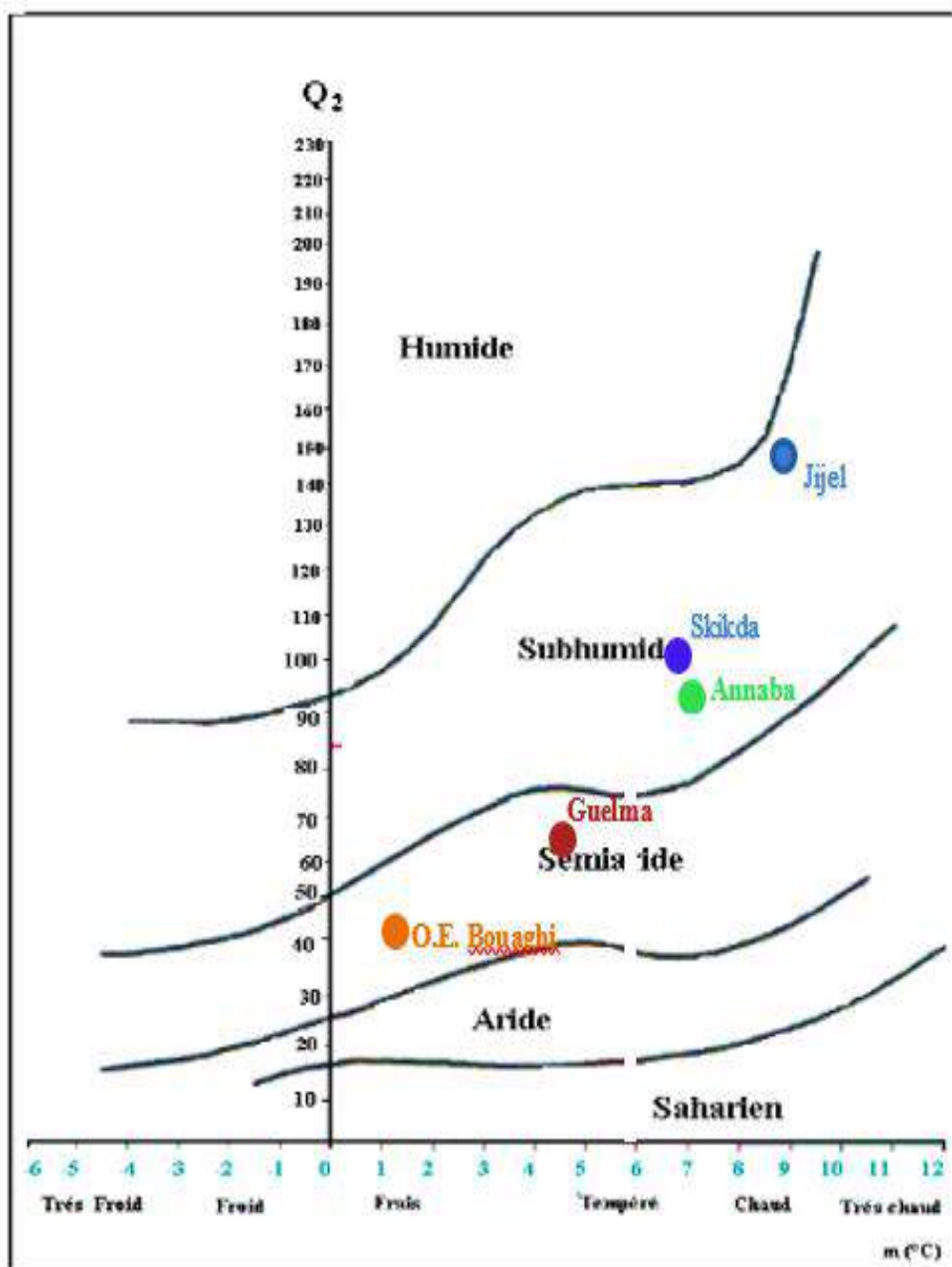
## Annexe 7. Classification des sols aptes à l'irrigation selon ANRH

<b>Sol apte à l'irrigation (ANRH)</b>	<p>sols aptes à l'irrigation pédo géomorphomiquement) sont classé en trois catégories de mise en valeur en irrigué plus précisément. Les sols sont considérées aptes à la mise en valeur hydroagricole sur la base de leurs propriétés physique chimique, ainsi que différents facteurs naturels (géomorphologie, topographie, climat). Sans tenir compte des potentialités hydriques (qu'elle existent ou non)</p>
<b>Catégorie I :</b>	<p>cette catégorie inclut : les sols profonds ; de texture moyenne à fine ; bien structurés et bien drainés ; à topographie régulière, à pente faible.</p>
<b>Catégorie II</b>	<p>les sols de cette catégorie sont généralement : profonds ou moyenne profonds ; de texture moyenne à fine ; bien structurés jusqu'à une profondeur moyenne ; possibilité de présence d'un niveau mal drainant à moyenne profondeur ( pouvant occasionner la formation d'une nappe perchée après mise en irrigation ; La topographie régulière ou faiblement ondulée, à pente faible.</p> <p>Ces sols sont aptes à toutes les cultures avec restrictions pour certaines cultures arbustives. Ils sont spécialement favorables aux cultures avec restriction pour certaines cultures arbustives. Ils sont spécialement favorables aux cultures industrielles. Ils présentent des problèmes mineurs d'aménagement ( épierrage ou assainissement de surface).</p>
<b>Catégorie III</b>	<p>cette catégorie comprend les sols : profonds ou moyennement profonds, de texture moyenne, fine ou très fine ; bien structurés jusqu'à moyenne profondeur ; peuvent présenter des caractères de salure ou d'hydromorphie avec présence d'une nappe vers (01) mètre de profondeur.</p> <p>Ces sols sont à réserver aux cultures en assolement. Les problèmes d'aménagement essentiels sont le drainage après mise en irrigation et le dessalage.</p>
<b>catégorie VI :</b>	<p>les sols de cette catégorie sont : de profondeur variable ; de texture grossière à très fine ; leur structure peut être défavorable ; leur charge en inclusion peut être importante ; ils sont parfois salés ou hydromorphes avec présence d'une nappe à faible profondeur ; à topographie régulière à ondulée, la pente peut atteindre 10%.</p> <p>Ce sont des sols qui présentent des problèmes majeurs d'aménagement : drainage, dessalage, nivellement. L'aptitude culturale de ces sols souvent réduite à quelques cultures céréalicoles, fouragères, et maraichères. La mise en valeur en sec est à conseiller.</p>
<b>Catégorie V</b>	<p>cette catégorie comprend les sols non irrigables pour diverses raisons : profondeur de sol insuffisante, présence de croûte à faible profondeur ; hydromorphie et hydromorphie très prononcées ; pente trop forte, relief accidenté ; sols occupés par une infrastructure (route, construction, lit d'oued).</p> <p>L'inventaire renseigne également sur les superficies potentiellement irrigables ( sommaire des premières catégories de zones homogènes de mise en valeur agricole-catégories ( I+II+III).</p>

### Annexe 8. Précipitations et leur moyenne au niveau des trois stations représentatives

station	Annaba Littoral			Guelma Tellien			Oum El-Bouaghi Haute plaines		
	P <sub>(mm)</sub> annuel	P <sub>(mm)</sub> moyenne	Ei	P <sub>(mm)</sub> moyenne	P <sub>(mm)</sub> moyenne	Ei	P mm AN	P <sub>(mm)</sub> moyenne	Ei
<b>2000-2001</b>	479,2	671,6	<b>-0,3</b>	476,2	611,03	<b>-0,22</b>	<b>236,7</b>	413,02	<b>-0,43</b>
<b>2001 - 2002</b>	699,5	671,6	0,04	<b>346,2</b>	611,03	<b>-0,43</b>	316,3	413,02	<b>-0,23</b>
<b>2002-2003</b>	715,3	671,6	0,07	<b>878,6</b>	611,03	<b>+0,43</b>	<b>634,4</b>	413,02	<b>+0,54</b>
<b>2003-2004</b>	665,8	671,6	-0	722,1	611,03	<b>+0,18</b>	544,5	413,02	<b>+0,32</b>
<b>2004-2005</b>	803,6	671,6	0,2	719,2	611,03	<b>0,18</b>	452,7	413,02	<b>+0,10</b>
<b>2005-2006</b>	585,5	671,6	-0,1	525,7	611,03	<b>-0,14</b>	400,3	413,02	<b>-0,03</b>
<b>2006-2007</b>	738,9	671,6	0,1	580,7	611,03	-0,05	341,1	413,02	<b>-0,17</b>
<b>2007-2008</b>	434,1	671,6	-0,4	506,2	611,03	<b>-0,17</b>	372,9	413,02	<b>-0,10</b>
<b>2008-2009</b>	<b>1031,1</b>	671,6	<b>+0,54</b>	767,2	611,03	<b>+0,26</b>	513,5	413,02	<b>+0,24</b>
<b>2009-2010</b>	697,5	671,6	0,04	608,8	611,03	0,00	384,5	413,02	<b>-0,07</b>
<b>2010-2011</b>	660,3	671,6	-0	683	611,03	0,12	496,2	413,02	<b>+0,20</b>
<b>2011-2012</b>	536,1	671,6	-0,2	694,9	611,03	0,14	396,1	413,02	<b>-0,04</b>
<b>2012-2013</b>	703	671,6	0,05	500,4	611,03	-0,18	310,9	413,02	<b>-0,25</b>
<b>2013-2014</b>	653,1	671,6	-0	549,1	611,03	-0,10	384,6	413,02	<b>-0,07</b>
<b>P (mm) Moyenne</b>	<b>671,6</b>			<b>611,03</b>			<b>413,02</b>		
<b>C</b>	145,507			140,28			<b>105,47</b>		
<b>C<sub>oeff</sub> de Variation</b>	<b>0,21</b>			<b>0,23</b>			<b>0,26</b>		

Annexe 9. Le Climagramme du quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q<sub>2</sub>), Période (2000-2014).



## Annexe 10. Les méthodes de calcul de l'ETP

### 1. La formule de Thornthwaite (1954)

La formule de Thornthwaite (1954) ne permet qu'une approche mensuelle de l'ETP. Son intérêt essentiel, réside dans le fait qu'elle ne demande que la connaissance de la température moyenne mensuelle. Or cette donnée est généralement relativement facile à obtenir. En outre, elle intègre assez bien la radiation nette, qui est la composante essentielle de l'évapotranspiration potentielle lorsque l'on se situe à une échelle d'espace suffisante pour pouvoir négliger l'advection.

La marche à suivre pour les calculs est la suivante (Arlery et al, 1954) : à partir des températures moyennes mensuelles, on calcule les indices thermiques mensuels selon la formule :

$ETP (mm) = \left(16 \frac{10T}{I}\right)^a \cdot F (h)$  où  $T$  : température moyenne mensuelle en degrés Celsius,  $a$  : indice liée à la température, on le calcul par la relation suivante :  $a = 0,016 I + 0,5$  et  $I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,524}$  .....(Halimi, 1980)

### 2. La formule de Turc (1954)

La formule de Turc tien compte, outre de la température, de la durée d'insolation, ce qui affine les résultats. La durée d'insolation est moins communément mesurée que la température, mais il s'agit d'une caractéristique climatique peu variable à l'échelle régionale en dehors des régions montagneuse et donc relativement simple à extrapoler. La formule de Turc (Turc, 1991), mise au point en région parisienne, est bien adaptée aux conditions climatiques des régions tempérées ; l en existe une variante pour les régions arides, qui prend en compte explicitement d'humidité relative.

Elle s'écrit, dans son expression mensuelle :

$$ETP (mm) = 0,4 \left(\frac{T}{T + 15}\right) (IG + 50)$$

**Etp** = évaporation potentielle en mm/ mois ; **Ig** : radiation globale du mois considéré en cal/cm<sup>2</sup>/jour

**T** : température mensuelle de l'air sous abri en C° ; **(0,40)** : coefficient adapté pour tous les mois ;

**IG** : radiation mensuelle maximale théorique

$IG = Iga \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H}\right)$ , et dans laquelle :

**Iga** = valeur mensuelle du rayonnement global par ciel clair en petites cal/cm<sup>2</sup> de la surface horizontale et par jour moyen ;

$\frac{h}{H}$  : insolation relatif en pourcentage ( $h$  et  $H$  sont donnés par les tables de ANGOT en fonction de latitude du lieu en heure).

$h$  = durée d'insolation total (en heure) du mois considéré

$H$  = durée astronomique de la latitude du lieu en heure

Notons que lorsque l'humidité relative ( $hr$ ) n'atteint pas 50%, la valeur trouvée de l'ETP est multiplier par le facteur correctif  $\left(\frac{1+50 hr}{70}\right)$ .

### 3. La Formule de Blaney-Criddle (1931)

c'est l'une des plus anciennes car en 1931 Harry Blaney pensait que l'Etp de deux facteurs essentiels :

1) la force évaporant  $F$  qui est en réalité la température moyenne et le rapport d'éclairement.

2) l'humidité relative de l'aire  $H$  ou le déficit de saturation

$$ETP (mm)/mois = 0,24 \cdot (1,8t + 32) P \times K \quad \text{où}$$

**ETP** : évapotranspiration blaney-Cridlle de mois ; **T** : température moyenne mensuelle ( en °C) ;  
**P** : pourcentage de la durée d'éclairement pour chaque mois en fonction de la latitude du lieu ; **K** : coefficient variable d'ajustement empirique de l'évapotranspiration.

**Annexe 11. Capture d'écran fichier du calcul de l'évapotranspiration par la formule de Turc (2000 - 2014).**

Station de Jijel													
mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	
T c	23,9	21,1	16,2	12,8	11,7	11,9	14,2	16,4	19,2	23,1	26	26,5	
h	239,8	214,1	155,2	125	142,1	166,8	211,7	232,4	274,9	321,1	343,8	348,7	
Iga	734,96	575	433,68	368,24	429	535,56	702,08	804,6	946,56	981,88	957,5	870	
H	373	348	304	297	310	310	306	395	441	443	449	422	
h/H	0,64	0,62	0,51	0,42	0,46	0,54	0,69	0,59	0,62	0,72	0,77	0,83	
0.62xh/H	0,399	0,381	0,317	0,261	0,284	0,334	0,429	0,365	0,386	0,449	0,475	0,512	
0.62xh/H)+0.18	0,579	0,561	0,497	0,441	0,464	0,514	0,609	0,545	0,566	0,629	0,655	0,692	
Ig	425,24	322,83	215,33	162,37	199,14	275,06	427,52	438,33	536,21	617,99	626,91	602,31	
Ig+50	475,24	372,83	265,33	212,37	249,14	325,06	477,52	488,33	586,21	667,99	676,91	652,31	
t/(t+15)	0,614	0,584	0,519	0,46043	0,43	0,442	0,48630	0,52229	0,56140	0,60630	0,63415	0,63855	
ETP turc mm	116,8	87,17	55,11	39,11	43,67	57,52	92,89	102,0	131,6	162,0	171,7	166,6	<b>1226,2</b>
Station de Skikda													
mois	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	Août	
T c	24,3	20,9	11,3	10	10,5	13,3	16,2	20,2	25,2	23,1	28,7	28,5	
h	239,8	214,1	155,2	125	142,1	166,8	211,7	232,4	274,9	321,1	343,8	348,7	
Iga	734,96	575	433,68	368,24	429	535,56	702,08	804,6	946,56	981,88	957,5	868	
H	373	348	304	297	310	310	306	395	441	443	449	422	
h/H	0,64	0,62	0,51	0,42	0,46	0,54	0,69	0,59	0,62	0,72	0,77	0,83	
0.62xh/H	0,399	0,381	0,317	0,261	0,284	0,334	0,429	0,365	0,386	0,449	0,475	0,512	
0.62xh/H)+0.18	0,579	0,561	0,497	0,441	0,464	0,514	0,609	0,545	0,566	0,629	0,655	0,692	
Ig	425,24	322,83	215,33	162,37	199,14	275,06	427,52	438,33	536,21	617,99	626,91	600,92	
Ig+50	475,2	372,83	265,33	212,37	249,14	325,06	477,52	488,33	586,21	667,99	676,91	650,92	
t/(t+15)	0,6183	0,5821	0,42966	0,40000	0,41176	0,46996	0,51923	0,57386	0,62687	0,60630	0,65675	0,65517	
ETP turc mm	117,5	86,82	45,60	33,98	41,04	61,11	99,18	112,0	146,9	162,0	177,8	170,6	<b>1254,8</b>
Station d'Annaba													
Mois	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	Total
T c	<b>23,2</b>	<b>20,3</b>	<b>15,6</b>	<b>12,2</b>	<b>11</b>	<b>11,1</b>	<b>13,2</b>	<b>15,5</b>	<b>18,5</b>	<b>22,4</b>	<b>25,3</b>	<b>25,7</b>	
P mm	11,08	6,77	18,62	44,88	57,95	55,51	58,39	66,18	71,55	55,81	38,29	35,42	
h	<b>230,7</b>	<b>220,7</b>	<b>167,5</b>	<b>144,6</b>	<b>155,3</b>	<b>161,6</b>	<b>208</b>	<b>226,3</b>	<b>266,9</b>	<b>319,8</b>	<b>352</b>	<b>297,2</b>	
Iga	735,36	575,625	434,38	368,965	409,965	536,21	702,53	807,35	946,585	981,83	957,415	869,1	
H	<b>449</b>	<b>443</b>	<b>441</b>	<b>395</b>	<b>308,92</b>	<b>307,75</b>	<b>310,29</b>	<b>297</b>	<b>304</b>	<b>348</b>	<b>373</b>	<b>422</b>	
h/H	0,51	0,5	0,38	0,37	0,5	0,53	0,67	0,76	0,88	0,92	0,94	0,7	
0.62xh/H	0,32	0,31	0,24	0,23	0,31	0,33	0,42	0,47	0,54	0,57	0,59	0,44	
0.62xh/H)+0.18	0,5	0,49	0,42	0,41	0,49	0,51	0,6	0,65	0,72	0,75	0,77	0,62	
Ig	366,62	281,41	180,48	150,16	201,57	271,09	418,43	526,72	685,65	736,14	732,51	535,9	
Ig+50	416,62	331,41	230,48	200,16	251,57	321,09	468,43	576,72	735,65	786,14	782,51	585,9	
t/(t+15)	0,61	0,58	0,51	0,45	0,42	0,43	0,47	0,51	0,55	0,6	0,63	0,63	
ETP turc mm	<b>101,2</b>	<b>76,23</b>	<b>47</b>	<b>35,91</b>	<b>42,57</b>	<b>54,6</b>	<b>87,7</b>	<b>117,3</b>	<b>162,5</b>	<b>188,3</b>	<b>196,5</b>	<b>147,9</b>	<b>1 257,8</b>



Station de Guelma													
Mois	sept	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	Total
T c l	24,3	20,9	15,2	11,3	10	10,5	13,3	16,2	20,2	25,2	28,7	28,5	
P mm													
h	230,7	220,7	169,7	144,6	155,3	161,6	208	226,3	266,9	319,8	352	297,2	
Iga	738,16	580	439,28	374,04	415,04	540,76	705,68	826,6	946,76	981,24	957,24	870,32	
H	449	443	441	395	309,8	306,28	310,29	297	304	348	373	422	
h/H	0,51	0,50	0,38	0,37	0,50	0,53	0,67	0,76	0,88	0,92	0,94	0,70	
0.62xh/H	0,32	0,31	0,24	0,23	0,31	0,33	0,42	0,47	0,54	0,57	0,59	0,44	
0.62xh/H)+0.18	0,50	0,49	0,42	0,41	0,49	0,51	0,60	0,65	0,72	0,75	0,77	0,62	
Ig	368,02	283,55	183,87	152,22	203,70	274,23	420,31	539,28	685,77	735,69	732,38	536,68	
Ig+50	418,02	333,55	233,87	202,22	253,70	324,23	470,31	589,28	735,77	785,69	782,38	586,68	
t/(t+15)	0,62	0,58	0,50	0,43	0,40	0,41	0,47	0,52	0,57	0,63	0,66	0,66	
<b>ETP ture mm</b>	<b>103,4</b>	<b>77,67</b>	<b>47,1</b>	<b>34,75</b>	<b>40,59</b>	<b>53,40</b>	<b>88,41</b>	<b>122,4</b>	<b>168,9</b>	<b>197,01</b>	<b>205,5</b>	<b>153,7</b>	<b>1 293 ,0</b>

## Annexe 12. Capture d'écran de tableau de calcul Exel de l'ETP par la méthode de Thornthwaite

### Station d'Annaba

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
T°C	23,2	20,3	15,6	12,2	11	11,1	13,2	15,5	18,5	22,4	25,3	25,7	
	4,64	4,06	3,12	2,44	2,2	2,22	2,64	3,1	3,7	4,48	5,06	5,14	
I	10,21	8,34	5,60	3,86	3,30	3,34	4,35	5,55	7,25	9,68	11,64	11,92	
a	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,61
10xTI	3,35	2,93	2,25	1,76	1,59	1,60	1,91	2,24	2,67	3,24	3,66	3,71	
(10xTI)a	7,01	5,65	3,70	2,49	2,11	2,14	2,83	3,66	4,87	6,63	8,06	8,27	
ET	112,17	90,47	59,21	39,86	33,74	34,23	45,25	58,60	77,91	106,01	128,97	132,26	
coef	1,16	1,24	1,22	1,21	1,1	1,03	0,85	0,87	0,84	0,89	0,97	1,03	
<b>ETP</b>	<b>130,1</b>	<b>112,1</b>	<b>72,23</b>	<b>48,23</b>	<b>37,11</b>	<b>35,26</b>	<b>38,46</b>	<b>50,98</b>	<b>65,44</b>	<b>94,35</b>	<b>125,1</b>	<b>136,2</b>	
K correction	1,16	1,24	1,22	1,21	1,1	1,03	0,85	0,87	0,84	0,86	0,97	1,03	
<b>ETP corrigé</b>	<b>150,94</b>	<b>139,11</b>	<b>88,12</b>	<b>58,35</b>	<b>40,82</b>	<b>36,32</b>	<b>32,69</b>	<b>44,35</b>	<b>54,97</b>	<b>81,14</b>	<b>121,34</b>	<b>140,32</b>	<b>988,48</b>

### Station de Skikda

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	j	A	total
T°C	24,10	21,60	17,10	13,60	12,40	12,40	14,70	16,90	19,50	23,10	26,00	26,50	
	4,82	4,32	3,42	2,72	2,48	2,48	2,94	3,38	3,90	4,62	5,20	5,30	
I	10,82	9,16	6,43	4,55	3,96	3,96	5,12	6,32	7,85	10,15	12,13	12,49	
a	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,61
10xTI	3,48	3,12	2,47	1,97	1,79	1,79	2,12	2,44	2,82	3,34	3,76	3,83	
(10xTI)a	7,45	6,25	4,29	2,97	2,56	2,56	3,36	4,21	5,30	6,96	8,42	8,68	
ET	119,26	99,98	68,64	47,47	40,91	40,91	53,81	67,35	84,80	111,39	134,76	138,95	
coef	1,16	1,24	1,22	1,21	1,10	1,03	0,85	0,87	0,84	0,89	0,97	1,03	
ETP thurwaite	138,34	123,98	83,74	57,44	45,00	42,14	45,73	58,60	71,23	99,14	130,72	143,12	
K correction	1,16	1,24	1,22	1,21	1,10	1,03	0,85	0,87	0,84	0,86	0,97	1,03	
<b>ETP corrigé</b>	<b>160,48</b>	<b>153,73</b>	<b>102,16</b>	<b>69,51</b>	<b>49,50</b>	<b>43,40</b>	<b>38,87</b>	<b>50,98</b>	<b>59,84</b>	<b>85,26</b>	<b>126,79</b>	<b>147,42</b>	<b>1088</b>

### Station de Guelma

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
T°C	24,3	20,9	15,2	11,3	10	10,5	13,3	16,2	20,2	25,2	28,7	28,5	
	4,86	4,18	3,04	2,26	2	2,1	2,66	3,24	4,04	5,04	5,74	5,7	
I	10,95	8,72	5,38	3,44	2,86	3,07	4,40	5,93	8,28	11,57	14,09	13,94	
a	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,61
10xTI	3,51	3,02	2,20	1,63	1,44	1,52	1,92	2,34	2,92	3,64	4,15	4,12	
(10xTI)a	7,55	5,93	3,55	2,20	1,81	1,96	2,86	3,93	5,61	8,01	9,87	9,76	
ET	120,86	94,82	56,78	35,23	28,94	31,30	45,80	62,92	89,76	128,15	157,99	156,22	
coef	1,16	1,24	1,22	1,21	1,10	1,03	0,85	0,87	0,84	0,89	0,97	1,03	
ETP thurwaite	140,19	117,57	69,27	42,63	31,83	32,24	38,93	54,74	75,40	114,05	153,25	160,91	
K correction	1,16	1,24	1,22	1,21	1,10	1,03	0,85	0,87	0,84	0,86	0,97	1,03	
<b>ETP corrigé</b>	<b>162,63</b>	<b>145,79</b>	<b>84,52</b>	<b>51,58</b>	<b>35,01</b>	<b>33,21</b>	<b>33,09</b>	<b>47,62</b>	<b>63,33</b>	<b>98,08</b>	<b>148,66</b>	<b>165,74</b>	<b>1069</b>

### Station d'O.E Bouaghi

mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jillet	Aout	
T°C	22,90	19,10	12,20	7,70	6,90	7,70	11,60	15,20	19,60	25,20	28,90	27,90	
	4,58	3,82	2,44	1,54	1,38	1,54	2,32	3,04	3,92	5,04	5,78	5,58	
I	10,01	7,61	3,86	1,92	1,63	1,92	3,58	5,38	7,91	11,57	14,24	13,50	
a	3,19	2,66	1,70	1,07	0,96	1,07	1,62	2,12	2,73	3,51	4,03	3,88	
10xTI	6,78	5,03	2,40	1,12	0,94	1,12	2,21	3,45	5,25	7,95	9,96	9,40	
(10xTI)a	108,55	80,47	38,41	17,97	15,00	17,97	35,34	55,20	83,97	127,12	159,37	150,37	

**Annexe 13. Exemple de calcul de l'évapotranspiration par la formule de Blaney-criddle  
(station d'Annaba)**

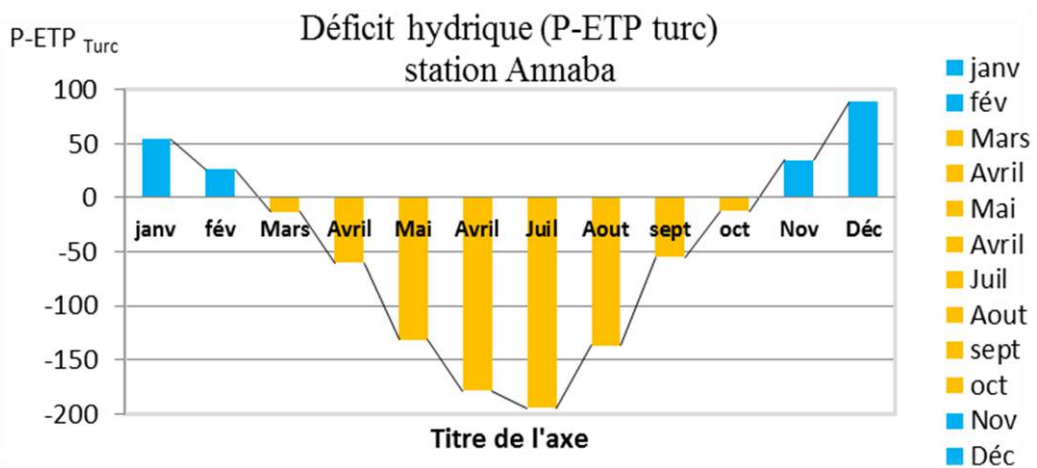
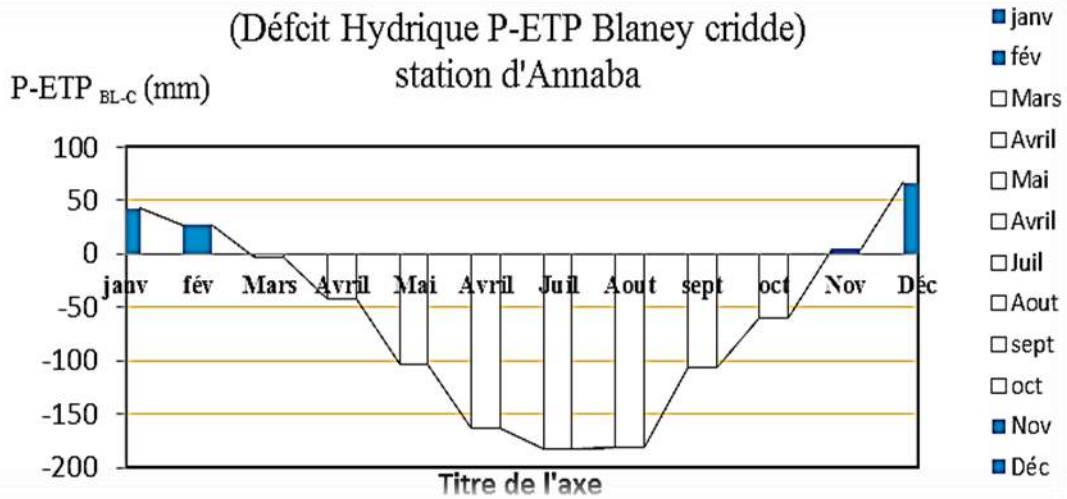
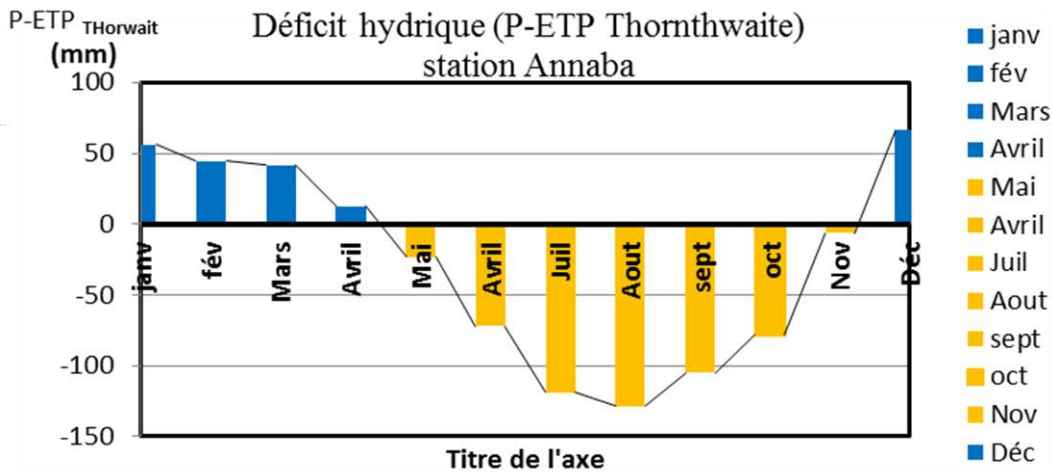
Mois	Août	J	J	M	A	M	F	J	D	N	O	Sept	Total
T° ©	25,7	25,3	22,4	18,5	15,5	13,2	11,1	11	12,2	15,6	20,3	23,2	
P%	9,17	9,02	9,86	9,83	8,86	8,35	6,84	6,94	6,74	6,88	7,84	8,365	
Kt	1,05	1,04	0,95	0,82	0,73	0,66	0,59	0,59	0,63	0,73	0,88	0,97	
ETP BLaney- Criddle	192,2	185,1	172,1	134,8	98,6	77,9	53,51	53,82	57,9	77,2	120,6	152,9	<b>1376,8</b>

**Annexe 14. Besoins en eau de la potentialité des ressources en sols des GPI du Nord Est de l'Algérie (ANRH, 2008).**

Potentiels irrigables par région	Superficies irrigables (ANRH)	Besoin en eau moyenne D'un hectare (ANRH, 2008) <sup>1</sup>	Total (hm <sup>3</sup> )
Annaba ouest	6 400	7 880	50,43
Plaine de Bounamoussa	9 013	7 880	71,02
Plaine de Bounamoussa Nord	2 038	7 650	15,59
Plaine de Tichef-Hamimine	4055	7 880	31,95
Plaine de la basse seybousse	6 293	7 880	49,59
Plaine de Guelma	6 668	7 869	52,47
Extension de Guelma	3720	7 869	29,27
HP.constantine (Berriche)	21 889	7 869	172,24
HP.constantine (Ain Regada)	21 883	7869	172,20
Plaine de Berriche – Ain Regada	8 214	7 869	64,64
Ksar Sbihi	3 430	7 869	26,99
Ain Hassainia-Anouna	6 269	7 869	49,33
Ain-Babouche	1 618	7 869	12,73
Safsaf	8 180	4 810	39,35
Jijel	14 131	4 810	67,97
Collo	1 527	4 810	7,34
<b>Total</b>	<b>125 328 ha</b>		<b>0,913 milliards m<sup>3</sup>/an</b>

<sup>1</sup> Norme de Besoin et assolement ANRH par région hydrographique de planification de l'irrigation, (Évaluation de la demande en eau, RHPI 1998).

**Annexe 15. Teste des méthodes d'estimation et comparaison entre les trois méthodes**



**Annexe 16. Rythme d'évolution des surfaces irriguées de 2006 à 2016 des G.P.I dans le Nord-Est Algérien ONID, 2016, en hectare**

Année de la campagne	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Superficie irrigué par Périmètre irrigué											
BOUNAMOUSA (ha)	2482	2220	2129	2130	1 934	3018	2 831	2 511	1811	2619	2650
GUELMA (ha)	3671	3460	4552	4002	5 292	4685	4 300	5 596	5184	4803	3583
SAF-SAF (ha)	1470	1470	1152	737	1015	917	794	1 411	1158	1164	1185
ZIT-EMBA (ha)		628	628	804	996	982	915	1 020	1202	1350	1476
JIJEL (ha)					160	518	634	849	841	872	891
KSAR ESBIHI (ha)						70	186	1 312	1337	1641	2055
SADRATA (ha)					73	554	554	800	824	888	830
<b>Superficie totale (ha)</b>	<b>7 623</b>	<b>7 778</b>	<b>8461</b>	<b>7 673</b>	<b>9 469</b>	<b>10 742</b>	<b>10 214</b>	<b>13 500</b>	<b>12 337</b>	<b>13 337</b>	<b>12 670</b>

**Annexe 17. Exemple des calculs de besoins nets en eau des cultures d'un GPI, cas du périmètre irrigué de Bounamoussa.**

GPI de Bounamoussa	mois	janv	fév	mar	avr	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	dec	
	P (mm)	96,7	80,6	74,4	57	31,7	9,3	2,3	11,6	46,2	61	82	124,5	677,3
	ETP	42,57	54,62	87,71	117,24	162,5	188,34	196,5	147,99	101,21	76,23	47	35,91	1257,82
	P eff	59,30	54,61	52,26	44,00	27,68	8,95	2,28	11,06	37,66	46,12	55,10	62,50	461,53
<b>KC</b>														
Arboriculture		0,4	0,4	0,55	0,7	0,75	0,8	0,8	0,7	0,7	0,65	0,55	0,4	
Fourrage		0	0	0,5	0,75	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	
Maraichage		1	1	0,8	0,8	0,9	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	
Cultures industrielle		0	0	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0	0	0	
Céréales d'hiver		0,8	1,04	1,04	0,96	0,68	0	0	0	0	0,3	0,5	0,6	
Céréales d'été		0	0	0,3	0,7	0,5	0,8	0,55	0	0	0	0	0	
Fourrage d'hiver		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,5	0,8	
Fourrage d'été		0	0	0,5	0,75	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	
Besoins en eau de la plante d'un hectare		janv	fév	mar	avr	mai	juin	juill	août	sept	oct	nov	dec	Année (mm)
Arboriculture		0,0	0,0	0,0	38,1	94,2	141,7	154,9	92,5	33,2	3,4	0,0	0,0	5 85,0
Maraichage		16,7	0,0	17,9	49,8	118,6	179,4	154,9	107,3	43,3	14,9	17,5	62,5	502,7
Cultures industrielle		59,3	54,6	17,2	26,3	102,3	160,6	174,6	107,3	23,1	46,1	55,1	62,5	594,2
Céréales		59,3	54,6	25,9	38,1	53,6	141,7	105,8	-11,1	-37,7	46,1	55,1	62,5	339,2
Cultures fourragères		59,3	54,6	-8,4	43,9	94,2	132,3	76,3	-11,1	-37,7	46,1	55,1	62,5	346,7

GPI Bounamoussa	Surface (ha)	Besoin BCN m <sup>3</sup> /ha	Besoins B brut (m <sup>3</sup> /année)
Arboriculture	670,97	5850	3 925 174,50
C. Fourragère	14,55	3467	50 444,85
Maraichère	885,7	5027	4 452 413,90
Industrielle	1078,62	5942	6 409 160,04
Céréales	0,00	3392	0,00
<b>Total</b>	<b>2649,84</b>		<b>14 837 193,29</b>

**Annexe 18. Calcul des Besoins nets en eau des cultures (assolements) réalisés dans les secteurs irrigués du périmètre de Guelma-Boucheouf**

Secteur Cherf	Superficie (ha)	Besoins d'un hectare m <sup>3</sup> /ha	Besoins par assolement et par secteur (m <sup>3</sup> )
Arboriculture	2,69	5 819,7	15 655
Fourragère	0,5	3 502,54	1 751
Maraichère	83,29	5 132,0	427 444
Industrielle	168,4	6 111,5	1 029 177
Céréales	1	3 502,54	3 503
<b>Total</b>	<b>255,88 ha</b>	4814	<b>1,477 hm<sup>3</sup></b>
<b>Secteur EL-Fedjouj</b>	surface	BCN	Besoins nets
Arboriculture	215,58	5819,7	1254610,926
Fourragère	3,73	3502,54	13064,4742
Maraichère	263,18	5132	1350639,76
Industrielle	474,82	6111,5	2901862,43
Céréales	3,9	3502,54	13659,906
<b>Total</b>	<b>961,21 ha</b>		<b>5,533 hm<sup>3</sup></b>
<b>Guelma centre</b>	surface	BCN	Besoins nets
Arboriculture	150,52	5819,7	875981,244
Fourragère	13	3502,54	45533,02
Maraichère	497,95	5132	2555479,4
Industrielle	719,7	6111,5	4398446,55
Céréales	5	3502,54	17512,7
<b>Total</b>	<b>1386,17 ha</b>		<b>7,892 953 hm<sup>3</sup></b>
<b>Boumahra</b>	surface	BCN	Besoins nets
Arboriculture	27,35	5819,7	159168,795
C. fourragère	7	3502,54	24517,78
Maraichère	287,66	5132	1476271,12
Industrielle	446,98	6111,5	2731718,27
Céréales	6,8	3502,54	23817,272
	<b>775,79 ha</b>		<b>4,415 hm<sup>3</sup></b>
<b>Boucheouf</b>	surface	BCN	Besoins nets
Arboriculture	10,85	5819,7	63143,745
Fourragère	0	3502,54	0
Maraichère	66,61	5132	341842,52
Industrielle	125,89	6111,5	769376,735
Céréales	0	3502,54	0
	<b>203,35 ha</b>		<b>1,174 (hm<sup>3</sup>)</b>
<b>Total générale des cinq secteurs irrigués de Guelma - Boucheouf</b>	3582		<b>20,494 (hm<sup>3</sup>)</b>

**Annexe 19. Les besoins d'irrigation unitaires par type de cultures et leurs superficies dans le secteur Boumahra (situation 2016), (des surfaces estimées à partir des déclarations des irrigants (compagne 2016).**

culture	Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	mai	juin	juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Besoins nets en eau par culture (mm)	Sup (ha)	Besoin brut en eau d'irrigation (m <sup>3</sup> )
	ETP	40,5	53,4	88,41	122,39	168,89	197,01	205,53	153,75	103,39	77,67	47,08	34,75	1292,86		
P eff	58	51	53	48	32	16	3	11	35	38	47	56	448,10			
<b>Tomate industrielle (450,51 ha)</b>	Kc			0,4	0,8	1,05	1,05	0,6								
	ETM															
	Bnet			0,0	50,2	145,5	191,4	120,1	0,0	0,0				507,2	450,51	2 285 099,35
	Bbrut															2 285 099,35
Pomme de terre AS (85,9ha)	Kc								1,05	1,05	0,95	0,7	0,7			
									150,1375	73,3595	35,5865	0	0	0,0	85,9	850 000,00
<b>Piment (72,5 ha) Kc hamma</b>	Kc						0,7	1	1,35	1,45	1,4	1,6				
							122,407	202,33	196,2625	114,7155	70,538	28,328		734,6	72,5	532 585,00
<b>Haricot vert (arrière saison) 67,32ha</b>	Kc		0,6	0,8	0,95	0,85										
			0	17,33	68,57	111,75								197,7	67,32	133 061,35
Pomme de terre Saison (20ha)		0,6	0,75	1,05	1,05	0,7										
		0	0	39,4305	80,8095	86,423								207,0	20	41 400,00
Oignon A/s ( 18 ha)					0,7	0,95	0,95	0,95	0,75							
					37,97	128,64	171,65	192,0	104,01					635,0	18,0	114 300,00
Maïs ( 8,25ha) (livre agriculture)				0,41	0,7	0,64	0,67	0,74	0,67	0,64	0,4	0,41				
				35	75	137	182	202	142	68	39	0		881,0	8,25	72 682,50
Blé dur (7 ha)		1,05	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2					0,7	0,85			
		0	7,44	52,692	99,168	170,868	220,912	0	0	0	0	0	0	551,1	7	38 577,00
Sorgo (5ha)				0,7	0,9	1	0,5									



				8,487	62,451	137,09	83,005							291,0	5	14 550,00
Luzerne (2 ha)		0,7		0,95	0,95	0,95	1,05	1,05	1,05	1,05	0,7	0,7	0,75	0,75		
		0	0	30,589	68,570	145,534	191,36	212,606	150,137	37,173	16,169	0	0	852,1	2	17 042,80
Agrume (8 ha)		0,5	0,5	0,55	0,55	0,55	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	0,55	0,55			
		0	2	35	75	137	182	202	142	68	39	0	0	883,0	8	70 640,00
Arbre fruitier jP ( 4,5 ha)				0,55	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,1	1,1	0,8				
				0	37,973	103,312	161,809	202,33	157,825	78,529	47,237	0		789,0	4,5	35 505,90
Fenouil a/s (4 ha)	Besoin annuel est de 500 mm/an/ha ( selon ONID de l'Unité Boumahra)													500,0	4	20 000,00
Petit pois as (1,5 ha)				0,8	0,95	1,05	0,95									
				17,328	68,570	145,534	171,659							403,1	1,5	6 046,50
Fève verte (1,5 ha)										0,7	0,85	1	0,7			
										37,173	27,819	0,08	0	65,1	1,5	97,61
Melon (1,5 ha)						0,45	0,75	0,95	0,65							
						44,2005	132,257	192,053	88,6375					457,2	1,5	6 857,25
Courgette (3ha) INAF Hama B. (Constantine)									0,9	0,8	0,9					
									127,075	47,512	31,703			185,7	3	5 571,6
Founouil (a-s) (4 ha)																5 000
Laitue (1 ha)									0,9	0,9	0,7					
									127,075	57,851	16,169			201,1	1	2 011
<b>Total des besoins en eau d'irrigation (m<sup>3</sup>) du secteur irrigué de Boumahra</b>															<b>4 227 128 (m<sup>3</sup>)</b>	

## Annexe 20. Répartition des surfaces planimétriques du secteur irrigué Boumhara (situation, ONID 2004)

Le tableau suivant donne quelques exemples des caractéristiques des parcelles du secteur Boumhara, dans le cadre d'un levé foncier réalisé par un géomètre agréé au profit de l'ONID (ONID, 2004).

C'est en triant les données de cette étude, que nous avons pu réaliser l'analyse présentée au chapitre 5, section 6 (conduite de l'eau à la parcelle- secteur de Boumhara), porte sur l'analyse de la structure parcellaire en fonction de leur taille.

Les parcelles dans cette étude sont identifiées en fonction des noms des exploitations agricoles, numérotant chaque parcelle, la superficie et qui est liées à la toponymie et les limites d'exploitation d'autre part, Par un expert topographique agréé par les services compétents (les services cadastraux) et accompagné de l'ONID, dans le but d'actualiser la situation foncière (ONID, 2004).

Plan	Mode d'exploitation	Surface globale (ha)	Surface /parcelle (ha)	Numéro de parcelle	Surface moyenne d'une parcellaire
Propriété	Exploitation EAC 2, Borjiba said		0,315 +0,135+0,501		
Propriété privé Marmi (Douar Beni Boumhara)		186,00	6,68+0,29+2,95+2,25+2 ,89 +2,47+10,3+1,72+1,54+0,445+ +2,485+3,50+5,1012,30+16,78+ +18,26	16-17-21-32-33-34-38-39-40-41-46-48-54-55-56-128	
Propriété privée (douar Beni Mezline				604-605-606-607-608-609-612-613-620-621-623-624-630	
Propriété privé Douar sidi El-Arbi Djabala					
Propriété privée, classe C, Douar Beni Mezline				413 à 560 (64 parcelles)	
Propriété privée, Douar Beni Mezline , classe D				604 à 630	
propriété privée, Douar Beni Mezline Nador Class B				268 à 374	
propriété privé, Douar Beni Marmi Classe A					
propriété privée, Douar Beni Mezline , classe F, Djabala				16-17-21-32-33-34-	
propriété privée, Douar Beni Mezline , classe C, Regrig					

**Annexe 21. Caractéristique des réseaux d'irrigation des secteurs irrigués –Périmètre de Guelma - Bouchegouf**

Secteur	Ouvrage principaux					RESEAU D'IRRIGATION					Appareillage Hydro-Mécanique		Appareillage électromécaniques			Réseau d'assainissement
	seuil de prise d'eau	station d'exhaure	Dessableur - bache de reprise	Station de pompage	Reservoir	conduite AMC	conduite en béton	conduite en fonte	conduite en acier	total	vanne , vidange , ventouse	borne d'irrigation	Pompe immergée	Groupe électropompe	- Poste transformateur	fossé
<b>SECTEUR GUELMA-CENTRE 3.500 Ha</b>	1	1	1	2 1800l/s et 672l/s	2 x (24 300 et 14 600 m3 )	29 327 m (ø 100 ÷ 300)	13.873 ml (ø 400 ÷ 1100)	37.01 3 ml (ø 100 ÷ 600)	7.881 ml (ø 40 ÷ 1200)	88.0 94 ml	584 Unités	249 Unités	2 Unités (2 x 900 l/s )	9 Unités (5 x 360 + 4 x 168)l/s		Fossés 140.495 ml +Pistes d'exploitation :1 1.891 ml
<b>SECTEUR CHERF 605 Ha</b>	1	1	1	1 (310l/s )	1 ( 6 700 m3 )	10 283 ML (Q100 -300)	504 ml (Q400- 500)	1 769 ml Q 100- 350	4 923 ml (Q 40 - 60)	<b>17 479 ml</b>	79 unité	45 unités	01 Unité (1 x 310 l/s)	03 Unités (3 x 103 l/s)	01 Unité (1 x 1250) KVA	
<b>SECTEUR BOUCHEGOUF 880 Ha</b>	1	1	1	01 ( 425 l/s )	01 ( 9.200 m3 )		5.362 ml (ø 400 ÷ 800)	25.60 0 ml (ø 100 ÷ 500)	2.362 ml (ø 40 ÷ 1000)	<b>33.3 24 ml</b>	200 Unités	129 Unités	01 Unité (1 x 425 l/s)	04 Unités (4 x 107 l/s)	02 Unités (2 x 1000) KVA	Fossés : 40.946 ml Pistes d'exploitation : 7.984 ml
<b>SECTEUR BOUMAHR A AHMED 2.600 Ha</b>	1	1	1	<b>1 (1,5701 /s)</b>	<b>1 (33900 m3)</b>	37.454 ml (ø 100÷3 00)	19.348 ml (ø 400÷11 00)	20.91 8 ml (ø 100÷ 600)	6.720 ml (ø 40÷12 00)	<b>84.4 40 ml</b>	520 Unités	334 Unités	04 Unités (4 x 390 l/s)	03 Unités (2 x 2500+630 ) KVA	98.813 ml	<b>fosse :13.761 ml et piste d'exploitation :13,761</b>
<b>SECTEUR EL-FEDJOUJ 2.355 Ha</b>	1	1	1	01 (1.210 l/s)	01 (26.14 0 m3)	27.374 ml (ø 100 ÷ 300)	9.443 ml (ø 400 ÷ 1100)	23.91 5 ml (ø 100 ÷ 500)	3.400 ml (ø 40 ÷ 1100)	<b>64.1 32 ml</b>	350 Unités	200 Unités	05 Unités (5 x 242 l/s)	05 Unités (5 x 242 l/s)	03 Unités (2 x 2000 + 500 )KVA	Fossés 66.555 ml Pistes d'exploitation 12.084 ml