

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



BADJI MOKHTAR -ANNABA
UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
ANNABA

جامعة باجي مختار
- عنابة -

Faculté des Sciences de la Terre

Année : 2017

Département de Géologie

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat en Sciences

Option : Hydrogéologie

LES RESSOURCES EN EAU ET GESTION INTÉGRÉE
DU BASSIN VERSANT D'OUED GUEBLI
(NORD-EST ALGERIEN)

Par

Ilyes MECIBAH

Ingénieur d'Etat et magister en hydrogéologie Université Badji Mokhtar Annaba

Soutenue publiquement : 22 Mai 2017

Devant le jury

Président :

M^r. KHERICI Nacer

Pr.Université d'Annaba

Rapporteur :

M^r. ZOUINI Derradji

Pr.Université d'Annaba

Examineurs :

M^r. MAHIA Mohamed

MCA. Université d'Annaba

M^r. MAOUI Ammar

Pr. Université de Guelma

M^r. HOUHA Belgacem

Pr. Université de Khenchela

M^r. BAALI Fethi

Pr. Université de Tébessa

Remerciement

Je voudrais exprimer ma vive reconnaissance envers le professeur Mr. ZOUINI Derradji, qui a dirigé mon travail depuis le début avec dévouement et une grande compétence. Ses conseils et sa coopération toujours renouvelée m'ont été infiniment précieux. Il m'est impossible de dire combien je lui suis redevable.

Je tiens également à remercier, Monsieur KHERICI Nacer professeur à l'université d'Annaba, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de thèse, ainsi que Messieurs, MAHIA Mohamed Maître de conférences à l'université d'Annaba, MAOUI Ammar professeur à l'université de Guelma, BAALI Fethi professeur à l'université de Tebessa et HOUHA Belgacem Maître de conférences à l'université de Khenchela, trouvent mes vifs remerciements de juger ce travail.

Mes remerciements vont également aux:

- Personnel de la DHW de Skikda.
- Personnel de l'ONA de Skikda.
- Personnel de l'A.N.R.H de Constantine.
- Personnel de l'A.B.H de Constantine.
- Personnel de l'algérienne des eaux de Skikda.
- Personnel de l'O.N.M de Constantine
- Personnel de l'Administration des Forêts de Skikda
- Personnel de la direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de Skikda

Pour ses aides documentaires utiles, pour leurs accueils, et pour la mise à disposition de la bibliothèque et leurs archives des travaux réalisés dans la région.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans une pensée à ma famille. Merci à vous, mes parents, mon frère, ma mère, pour votre soutien qui m'a permis de travailler dans d'excellentes conditions.

Ilyes Mecibah

Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est Algérien)

Résumé

L'Algérie a été identifiée comme l'une des régions les plus vulnérables aux changements climatiques et anthropiques et constitue l'un des « hot-spots » mondiaux de crise de l'eau (le déficit pluviométrique enregistré sur les 25 dernières années, sur l'ensemble du pays est évalué à près de 30%. MRE-PNE- 2006). Dans un tel contexte, les questions relatives à la gestion des ressources en eau se posent de manière accrue. Pour y faire face, des approches de modélisation intégrée associant l'évaluation de la disponibilité des ressources en eau et des demandes en eau sont proposées. La montagne est un milieu hétérogène qui entretient des liens spécifiques avec l'eau. Les précipitations sont très variables d'un massif à l'autre et en fonction de l'altitude. A cette hétérogénéité climatique s'ajoutent des variabilités en termes de relief et de géologie qui influent de leur part sur les ruissellements et les écoulements souterrains. Des pentes fortes, une géologie défavorable, des aquifères de petite dimension, sont autant de facteurs qui peuvent expliquer une répartition et une disponibilité inégale de l'eau dans le temps et dans l'espace.

Appartenant au bassin côtier constantinois centre (code N°03), Le bassin versant de l'Oued Guebli est drainé par l'Oued Guebli et ses affluents, les montagnes occupent pratiquement la grande majorité du territoire du bassin. Il couvre une superficie de 993 Km². En matière de potentialités hydriques, la moyenne pluviométrique atteint les 813 mm.an⁻¹ sur l'ensemble du bassin. Ce potentiel est malheureusement confronté à importants problèmes de gestion et de maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place. Ainsi, les milieux sont de plus en plus transformés par l'homme ce qui entraîne de nombreuses incidences sur l'eau, en matière de quantité comme celle en qualité. Dans ce contexte, la gestion efficace et équitable de l'eau est l'un des défis les plus importants auxquels le bassin du Guebli doit faire face, surtout avec les enjeux liés aux interconnexions des barrages actuels et futurs et le renforcement des capacités de stockage. Actuellement les populations achètent de l'eau à des transporteurs à des prix élevés et avec une hygiène à risques pathogènes.

Pour résoudre ou au moins réduire ces problèmes, des scénarii d'adéquation ressources-besoins à différentes horizons se définissent par des hypothèses d'évolution de la demande et des politiques d'intervention mises en œuvre dans le secteur de l'eau. Trois scénarii ont été ainsi, plus particulièrement, étudiés et ils se distinguent essentiellement par les différentes politiques d'intervention susceptibles d'être conduites par les institutions œuvrant dans le secteur de l'eau (scénario de référence, scénario de fort accroissement de la population et scénario d'augmentation des superficies irriguées). Trois hypothèses principales sont créées. L'utilisation de l'eau domestique dépend de l'accroissement de la population. Les besoins en eau pour l'irrigation dépendent de l'augmentation des superficies irriguées. D'autre part les besoins en eau pour l'industrie dépendent de l'accroissement de l'emploi.

Mots Clés:

Bassin versant - Oued Guebli - territoire de montagne - la gestion intégrée - ressources en eau - taux de satisfaction

Integrated water resources management in the Guebli river basin (North-East of Algeria)

Abstract

Algeria has been identified as one of the region's most vulnerable to climate and anthropogenic changes and is one of the world's hot water spots for water crises (the rainfall deficit recorded over the past 25 years, the whole of the country to almost 30% MRE-PNE-2006). In this context, issues related to the management of water resources arise in an increased manner. To address this issue, integrated modeling approaches combining assessment of water resource availability and water demand are proposed. The mountain is a heterogeneous environment that maintains specific links with water. Precipitation is very variable from one massif to the other and depending on the altitude. To this heterogeneity of climate are added variability in terms of relief and geology that influence the part between runoff and underground flows. Strong slopes, unfavorable geology and small aquifers are all factors that can explain uneven distribution and availability of water over time and space.

The Guebli river basin is drained by Oued Guebli and its tributaries, the mountains occupy practically the vast majority of the territory of the basin. It covers an area of 993 km². In terms of water potential, the rainfall average reaches 813 mm.y⁻¹ over the entire basin. This potential is unfortunately faced with major problems of management and maintenance of the hydraulic structures put in place. Thus, environments are increasingly transformed by man, which has many impacts on water, both in quantity and quality. In this context, effective and equitable water management is one of the most important challenges facing the Guebli river basin, especially with the lack of new connections from dams and even a future vision to strengthen Of the storage capacity, which citizens continue to buy water at high prices with pathogenic risks. Considering that a large volume transferred to the outside of the Guebli river basin used for irrigation at the level of the Saf-Saf river basin.

To solve or at least to reduce these problems, scenarios of adequacy of resources and needs to different horizons are defined by hypotheses of evolution of the demand and the intervention policies implemented in the water sector. Three scenarios have thus been studied and are distinguished essentially by the different intervention policies likely to be led by the institutions working in the water sector (baseline scenario, scenario of strong population growth, and scenario Increase in irrigated areas). Three main assumptions are created. The use of domestic water depends on the growth of the population. Water requirements for irrigation depend on increasing irrigated areas. And water needs for the industry depend on the increase in employment.

Keywords:

Integrated management - Guebli - river basin - water resources - water potential- rate satisfaction

الموارد المائية وتسييرها المتكامل في الحوض الهيدروغرافي لواد القبلي (الشمال الشرقي الجزائري)

ملخص

تعرف الجزائر انها واحدة من أكثر المناطق عرضة للتغيرات المناخية و البشرية في العالم وهي واحدة من بين النقاط الساخنة من حيث ازمة المياه . سجلت وزارة الموارد المائية تناقصا في الامطار المتساقطة يصل الى ثلاثون بالمئة خلال الخمسة والعشرون سنة الاخيرة. وفي هذا السياق تعتبر القضايا المتعلقة بتسيير الموارد المائية تطرح بشكل ملح وهذا من خلال اقتراح النمذجة المتكاملة لتقييم مدى توفر الموارد المائية وكمية الطلب عليها. و تعتبر المناطق الجبلية على اتصال مباشر مع الامطار المتساقطة وتتغير كميتها من منطقة الى اخرى بسبب الارتفاع وتباين التضاريس وتأثير الجيولوجي على الجريان السطحي ومحدودية الطبقات للمياه الجوفية بسبب صغر حجمها وكلها عوامل يمكن أن تفسر التوزيع وتوفر المياه متفاوتة في الزمان والمكان

ينتمي الى الحوض الحوض الساحلي القسنطيني الاوسط برمز وطني رقم 3. يتربع الحوض الهيدروغرافي لواد القبلي على مساحة قدرها 993 كلم مربع تحتل الجبال القدر الأكبر من مساحته. فيما يتعلق بالمكونات المائية يتجاوز معدل التساقط السنوي 813 ملم لكن للأسف يواجه هذا الكمون الهام العديد من مشاكل التسيير وصيانة المنشآت القاعدية المائية. بالاضافة الى تأثير الانسان الذي يطرح مشاكل على المستوى الكمي والتنوعي لحوض القبلي. في هذا الاطار التسيير العقلاني و المتكامل للمورد المائية هي ضرورة قصوى للتغلب على هذه المشاكل المتعددة. خاصة مع عدم وجود توصيلات جديدة من السدود حالية او رؤيا مستقبلية لزيادة حجم التخزين. حيث مازال المواطن يشتري المياه باسعار مرتفعة دون ادنى معايير النظافة. مع العلم ان تحول كمية من المياه ضخمة للسقي في محيط الصفصاف. من اجل حل هذه المشاكل او على الاقل التقليل منها ثم اقتراح عدة سيناريوهات موارد- احتياجات على المستوى القريب المتوسط والبعيد باءستعمال كل المؤشرات مثل زيادة عدد السكان زيادة مساحة المحيطات المسقية وتطور الصناعة وخاصة زيادة حجم المياه المجندة في المستقبل وهذا بغرض توجيه المسيرين على مستوى حوض القبلي وتعريفهم بالتحديات والرهانات المستقبلية.

الكلمات المفتاحية-

الحوض الهيدروغرافي - واد القبلي - المناطق الجبلية - التسيير المتكامل - الموارد المائية - معدل الرضا.

Liste des acronymes

ABH : Agence des Bassins Hydrographiques
ADE : Algérienne des Eaux
ANBT : Agence Nationale des Barrages et de Transfert
ADNT : Aide à la Décision et Négociation Territoriale
ANR : Agence Nationale de la Recherche
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
AQUAE : AQUA Environnement
BV : Bassin Versant
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CGG : Compagnie générale *de* géophysique
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
CNUED : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
DA : Dinar Algérien
DHW : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya
DPAT : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire
DSA : Direction des Services Agricoles
EDF : Électricité De France
EPFL : École polytechnique fédérale de Lausanne
FAO : Food and Agricultur Organization
GIRE : Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GWP : Global Water Partnership

IDHEAP : Institut De Hautes Etudes En Administration Publique
IRD : Institut de recherche pour le développement
INRA : Institut national de la recherche agronomique
MEDIET : Méthodologie de Développement Intégré Eau-Territoire
MRE : Ministère des Ressources en Eau
OMS : Organisation mondiale de la Santé
ONA : Office National d'Assainissement
ONG : Organisation Non Gouvernementale
ONID : Office National d'Irrigation et de Drainage
ONM : Office National de Météorologie
ONS : Office National de Statistiques
ORSTOM : Office des Recherches Scientifiques et Technologiques d'Outre Mer
PDE : Plan Directeur de l'Eau
PNE : Plan National de l'Eau
RGPH : Recensement Général de Population et d'Habitat
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE : Schéma Directeur de l'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG : Système d'Information Géographique
SMDD : Stratégie méditerranéenne pour le développement durable
WEAP : Water Evaluation And Planning system
WSSCC : Water Supply and Sanitation Collaborative Council

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
ملخص.....	iii
Liste des acronymes.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vii

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

**PARTIE I : CADRE THEORIQUE DE LA GESTION INTEGREE
DES RESSOURCES EN EAU**

PARTIE I : Chapitre 1**L'approche système et les concepts**

1. Le choix de l'approche systémique.....	04
1.1. Approche systémique et gestion des ressources en eau.....	05
2. Les concepts.....	07
2.1. Le concept de ressources.....	07
2.2. Le concept de gestion.....	08
2.3. La gestion des ressources en eau.....	09
2.4. Les territoires de montagne.....	09
2.5 Le concept de gestion intégrée.....	10

PARTIE I : Chapitre 2**L'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau**

1. l'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau.....	11
2. Le contexte de mise en œuvre de la GIRE.....	13
2.2. La GIRE comme outil du changement.....	16
2.3. La GIRE et les territoires de montagne.....	18
2.3.1. La montagne comme système d'interactions localisées.....	18
2.3.2. La montagne comme terme géographique d'une relation/interaction spatiale.....	19
2.3.3. La montagne comme objet de "géographie totale".....	19
2.3.4. La reconnaissance internationale du rôle de « château d'eau » des montagnes.....	19

PARTIE I : Chapitre 3**Le système de gestion intégrée des ressources en eau**

1. Le système de gestion de l'eau.....	22
1.1 .La dimension temporelle.....	23
3.1 .Système de gestion de l'eau au temps du processus.....	24
2. Synthèse des paramètres des quatre sous-systèmes.....	27
2.2 Le sous-système « aménagement ».....	30
3. Les ressources en eau en Algérie : vue synthétique.....	35
3.1. Synthèse sur la stratégie de développement.....	37
3.2. Les réformes juridique et institutionnelle dans le secteur de l'eau.....	37
3.3. Le cadre juridique.....	38
3.4. La répartition des compétences entre les différentes agences du secteur de l'eau.....	39

**PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE D'UN POINT DE VUE
QUANTITATIF ET QUALITATIF**

PARTIE II : Chapitre 4 Caractéristiques physiques du bassin versant du Guebli et ses ressources hydriques

1. Situation géographique	
2. Identification administrative	42
3. Les caractéristiques morphométriques du bassin.....	43
4. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued Guebli.....	43
4.1. Les caractéristiques géométriques.....	45
5. les conditions climatiques du bassin versant de l'oued Guebli.....	50
5.1. Equipement pluviométrique du bassin.....	50
5.2. Les données disponibles	51
5.2.5. Température de l'air.....	60
5.3. Diagramme Ombro-thermique.....	64
5.4. Méthode d'Euvert (humidité du sol).....	64
5.5. Climagramme d'Emberger.....	65
5.6. Bilan hydrique.....	67
6. Les caractéristiques hydrographiques du bassin.....	75
6.1. Constitution du réseau hydrographique.....	75
6.2. Etude de l'écoulement superficiel.....	79
6.2.1. Les données hydrométriques.....	79
6.2.2. Etude des crues.....	80
6.2.2.1. Méthode de l'hydrogramme synthétique.....	80
6.2.2.2. Méthode de l'hydrogramme unitaire.....	82
6.2.2.3. Méthodes dites empirique.....	84
6.2.2.4. Abaques établis par l'A.N.R.H.....	88
6.2.2.5. Détermination des hydrogrammes de crues de projet.....	89
6.2.3. Apports liquides.....	91
6.2.3.1. Formule de l'A.N.R.H.....	91
6.2.3.2. Formule de Turc.....	92
6.2.3.3. Formule de Samie	93
6.2.3.3. Apports liquides mensuels.....	93
6.2.4. Apports solides.....	93

PARTIE II : Chapitre 5 Caractéristiques environnementales des milieux aquatiques du bassin versant du Guebli

	95
5.1. Chimie des eaux de surface en amont du bassin.....	
5.1.1. Paramètres physiques.....	95
5.1.2. Analyses aux laboratoires.....	98
5.1.2.1. Eléments majeurs.....	99
5.1.2.2. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés.....	102
5.1.2.3. Métaux lourds.....	104
5.1.2.4. Teneurs en nitrates (NO ₃ ⁻).....	107
5.1.2.5. Analyses physico-chimiques.....	107
5.1.2.5.2. Demande biologique et chimique en Oxygène (DBO ₅ et DCO).....	108

5.1.2.5.3. Matières en suspension (MES).....	109
5.1.2.6. Analyses bactériologiques.....	109
5.1.3. Indice de la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP).....	111
5.2. Chimie des eaux de surface en aval du bassin.....	113
5.2.1. Chlorures (Cl ⁻).....	113
5.2.2. Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	113
5.2.3. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	114
5.2.4. Les cations	115
5.2.5. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés.....	117
5.2.6. Qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	119
5.2.6.1. Les risques du Sodium Adsorption Ratio (SAR).....	119
5.2.6.2. Conductivité électrique (CE).....	122
5.2.6.3. Salinité.....	122
5.2.6.4. Potentiel d'Hydrogène des eaux d'irrigations.....	123
5.2.7. Les indices de pollution de l'eau du Guebli aval.....	123
5.1.8. Coliforme fécaux (n/100ml).....	126
5.1.9. Qualité des eaux destinées à l'industrie	127

***PARTIE III : LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET QUALITE
DES EAUX SOUTERRAINES***

PARTIE III : Chapitre 6

Contexte géologique et hydrogéologique

1. Géologie régionale.....	131
1.2. Stratigraphie.....	131
1.2.2. Unités stratigraphiques postérieures Lutétien.....	135
1.3. Tectonique et paléogéographie.....	136
1.4. Géologie de la plaine de Collo.....	136
1.5. Géologie du site du barrage du Guenitra.....	137
1.6. Géologie du site du barrage du Béni Zid.....	138
1.7. Séismicité.....	138
2. Identification des systèmes aquifères.....	140
2.1. Nappe libre de la plaine de Collo.....	140
2.1.2.2. Réseau hydrographique	141
2.1.2.3. Niveaux quaternaires.....	141
2.1.2.4. Cordon dunaire du littoral.....	141
2.1.3. Identification des formations hydrogéologiques.....	142
2.1.4. Cartographie de la nappe de Collo.....	144
2.1.4.1. Cartes structurales de la nappe de Collo.....	144
2.1.4.2. Cartes piézométriques.....	144
2.1.4.3. Cartographie des paramètres hydrodynamiques.....	148
2.1.4.4. Evaluation de la réserve en eau souterraine de la nappe de Collo.....	149
2.1.4.5. L'impact des barrages et du pompage sur le fonctionnement de la nappe.....	151
2.1.4.5. L'impact des barrages et du pompage sur le fonctionnement de la nappe.....	152
2.2. Nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.....	153
2.2.1. Identification des formations hydrogéologiques.....	153
2.2.1.1. Les horizons aquifères.....	153
2.2.2. Inventaire des points d'eau.....	154

6.2.2.3. Carte piézométrique	155
------------------------------	-----

PARTIE III : Chapitre 7

Qualité des eaux souterraines du bassin versant du Guebli

	157
1. Qualité des eaux souterraines de la nappe de Collo.....	157
1.1. Localisation des points de prélèvements.....	157
1.1. Localisation des points de prélèvements.....	157
1.2. Analyse et interprétation des résultats.....	158
1.2.1. Classification des eaux.....	158
1.2.2. Répartition des faciès chimiques.....	161
1.2.3. Normes et qualités des eaux.....	162
1.2.4. Aptitude des eaux à l'irrigation.....	171
1.2. Chimie des eaux souterraines de la nappe de Tamalous -Bin el Ouiden.....	174
1.2.1. Localisation des points de prélèvements.....	174
1.2.2. Analyse et interprétation des résultats.....	175
1.2.2.1. Classification des eaux.....	175
1.2.2.2. Répartition des faciès chimiques.....	179
1.2.2.3. Normes et qualités des eaux.....	180
7.2.2.4. Aptitude des eaux à l'irrigation.....	185

***PARTIE IV: ÉVALUATION DES INTERACTIONS ENTRE LES PARAMÈTRES
DU SYSTÈME DE GESTION DE L'EAU***

PARTIE IV : Chapitre 8

Les usages de l'eau caractéristiques du bassin versant du Guebli

	189
8.1. Contexte démographique du bassin du Guebli.....	191
8.2. Constructions et logements.....	191
8.3. Équipements.....	191
8.2. Occupation du sol.....	192
8.2.1. Domaine forestier.....	193
8.2.2.1. Superficie agricole utile (SAU).....	194
8.2.2.2. Terres agricoles non productives.....	195
8.2.3. Domaine improductif non affecté, à l'agriculture.....	195
8.3. Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans le bassin du Guebli.....	196
8.3.1. Ressources en eau de surface.....	196
8.3.2. Ressources en eau souterraines.....	199
8.3.3. Mobilisation des ressources en eau.....	201
8.4. les eaux de surfaces : potentialités reconnues ; ressources mobilisées et exploités.....	204
8.3.4. Une disponibilité inégale des ressources en eau pour les communes.....	204
8.3.4.1. D'un point de vue quantitatif.....	204
8.3.4.2. D'un point de vue qualitatif.....	204
8.3.4.2.1. Faciès chimiques.....	204
8.3.4.2.2. Aptitude des eux pou l'irrigation.....	207
8.3.4.2.3. Normes de potabilité des forages.....	207
8.3.4.2.4. Normes de potabilité des sources.....	213
8.3.4.2.5. Normes de potabilité des barrages.....	214
8.4. Les usages de l'eau du bassin versant du Guebli.....	219

8.22. Les usages de l'eau du bassin versant du Guebli.....	219
8.4.1. Alimentation en eau potable (AEP).....	220
8.4.1.1. Ressources et approvisionnement en eau potable.....	223
8.4.2. Alimentation en eau agricole.....	225
8.4.3. Alimentation en eau industrielle.....	226
8.4.5. Pêche.....	227
8.5.Évaluation de la satisfaction des usages de l'eau.....	228
8.5.1. L'alimentation en eau potable.....	228

PARTIE IV : Chapitre 9 Les activités polluantes et les principaux acteurs de l'eau dans le bassin versant du Guebli

	231
9.1. Les activités polluantes sur le bassin versant du Guebli.....	
9.1.1. Les activités polluantes de l'eau dans l'amont du bassin versant du Guebli.....	233
9.1.1.1. L'élevage et pastoralisme.....	233
9.1.1.2. L'exploitation forestière.....	234
9.1.2. Les autres sources de pollutions à l'aval.....	235
9.1.2.1. Les rejets urbains : première source de pollution.....	235
9.2. Les principaux acteurs de l'eau dans le bassin versant du Guebli.....	237
9.2.1. Les acteurs de l'eau potable et de l'assainissement.....	237
9.2.2. Les acteurs du milieu aquatique.....	238
9.2.3. La contribution des acteurs à la mise en place d'une gestion intégrée de l'eau.....	238

PARTIE IV : Chapitre 10

Evaluation de la demande socio-économique en eau

Introduction.....	244
1. Création et analyse des scénarios.....	244
1.1. Analyse du scénario de référence.....	244
1.1.1. Projection d'accroissement de la population.....	245
1.1.2. Projection d'augmentation des superficies irriguées.....	245
1.1.3. Demande en eau.....	246
1.1.3.1. Demande de la population (domestique).....	247
1.1.3.2. Demande de l'irrigation.....	247
1.1.3.3. Demande en eau pour l'industrie.....	250
1.2. Scénario 2 : Simulation d'un fort accroissement de la population.....	251
1.2.1. Evolution de la demande en eau.....	252
1.3. Analyse du scénario 3 : Simulation d'augmentation des superficies irriguées.....	253
1.3.1. Projection d'augmentation des superficies irriguées.....	253
1.3.2. Evolution de la demande en eau d'irrigation.....	254
1.3.3. Demande en eau globale dans le bassin du Guebli.....	255
2. Sources de production de l'eau.....	256
3. Confrontation offre-demande en eau dans le bassin du Guebli.....	257
Conclusion générale.....	259
Bibliographie.....	263
Annexes.....	268

**PARTIE I : CADRE THEORIQUE DE LA GESTION INTEGREE
DES RESSOURCES EN EAU**

PARTIE I : Chapitre 1	L'approche système et les concepts	
Figure 1.1. Cadre théorique du système de gestion des ressources en eau sur un territoire de montagne. Source : B. Charnay 2010.....		07
PARTIE I : Chapitre 2	L'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau	
Figure 2.1 .Diagramme d'utopie stratégique. Source : Mediet, 2008.....		15
Figure 2.2 .Typologie des régimes institutionnels des ressources.....		16
Figure 2.3. Processus continu de la GIRE répondant aux changements de situations et de besoins.....		17
Figure 2.4 Etapes d'une gestion intégrée « Eau et Territoire ».....		17
PARTIE I : Chapitre 3	Le système de gestion intégrée des ressources en eau	
Figure 3.1 .Système de gestion de l'eau au temps du processus. Source : B. Charnay 2010.....		24
Figure 3.2. Système de gestion de l'eau au temps du fonctionnement et sa première boucle de rétroaction liée aux usages.....		25
Figure 3.3. Système de gestion de l'eau au temps du fonctionnement et sa deuxième boucle de rétroaction liée à l'urbanisation		26
Figure 3.4. Evaluation quantitative de la ressource en eau d'un système hydrique naturel.....		28
Figure 3.5. Sous-système « eau » et ses paramètres.....		29
Figure 3.6. Les groupes d'acteurs d'un système de gestion des ressources en eau.....		32
Figure 3.7. Utilisation de ressources en eau : fonctions du système Eau et typologie des utilisations.....		33
Figure. 3.8. Interactions entre les différents types d'utilisation de l'eau.....		34
PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE D'UN POINT DE VUE QUANTITATIF ET QUALITATIF		

PARTIE II : Chapitre 4	Caractéristiques physiques du bassin versant du Guebli et ses ressources hydriques	
Figure 4.1. Carte de la Situation géographique du bassin versant de l'Oued Guebli.....		41
Figure 4.2. Découpage administratif communal dans le bassin du Guebli.....		43
Figure.4.3. Les caractéristiques physiques des sous bassins versants d'Oued Guebli.....		44
Figure 4.4. Courbe hypsométrique et diagramme altimétrique du bassin versant de Guebli.....		47
Figure 4.5. Carte du relief du bassin versant du Guebli.....		47
Figure 4.6. Equipement en station pluviométrique et hydrométrique.....		51
Figure 4.7. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après L'A.N.R.H 1933-1993)....		54
Figure 4.8. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après Chaumot et Paquin 1913- 1963).....		55
Figure.4.9. Carte des isohyètes de la moyenne des pluies de 24 heures maxima annuelles (d'après l'A.N.R.H 1933.1993).....		59
Figure 4.10. Carte des isolignes du coefficient de variation (D'après l'A.N.R.H 1933-1993).....		59
Figure 4.11 Carte des isolignes de l'exposant climatique (D'après l'A.N.R.H 1933-1993).....		59
Figure 4.12 Carte des isochrones d'écoulement (D'après l'A.N.R.H 1933-1993).....		59
Figure 4.13. Températures moyennes mensuelles interannuelles.....		61
Figure 4.14. Diagramme Ombro-thermique de la station de Guenitra (89/90-10/11).....		62
Figure 4.15. Diagramme Ombro-thermique de la station de Aflassane (89/90-03/04).....		62
Figure 4.16. Diagramme Ombro-thermique de la station de Tamalous (89/90-03/04).....		63
Figure 4.17. Diagramme Ombro-thermique de la station de Zitouna (76/77-90/91).....		63

Figure 4.18. Évaluation de l'humidité du sol par la méthode d'Euvert.....	65
Figure 4.19. Climagramme de L'Emberge.....	66
Figure 4.20 Évaluation de l'écoulement et du déficit d'écoulement en fonction des Températures moyennes et des précipitations.....	70
Figure 4.21. Représentation graphique du bilan de Thorntwaite.....	73
Figure 4.22. Carte du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Guebli.....	77
Figure 4.23. Courbes de concentration correspondante aux différentes durées de l'avers de l'Oued Guebli embouchure (d'après l'A.N.R.H).....	82
Figure 4.24. Choix de l'averse critique par la méthode de l'hydrogramme synthétique de l'Oued Guebli embouchure.....	82
Figure 4.25. Calcul de l'hydrogramme correspondant a une succession d'averses unitaires de l'Oued Guebli embouchure (d'après (L'A.N.R.H).....	83
Figure 4.26. Choix de l'averse critique par la méthode de l'hydrogramme unitaire de l'Oued Guebli embouchure (d'après L'ANRH).....	84
Figure 4.27. Application de la formule de Coutagne (d'après l'A.N.R.H).....	88
Figure 4.28. Débits de pointe de crues des bassins côtiers constantinois (d'après l'A.N.R.H).....	89
Figure 4.29. Hydrogrammes des crues de projet adoptées d'après les études de Acres -Tractionel et de DEMRH.....	90
Figure 4.30. Hydrogrammes des crues de projet adoptées d'après les études de Ukrguidrovodkhoz.....	91
<i>PARTIE II : Chapitre 5 Caractéristiques environnementales des milieux aquatiques du bassin versant du Guebli</i>	
Figure 5.1. Variation de la température dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	96
Figure 5.2. Variation du pH dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	97
Figure 5.3. Variation de la conductivité dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	97
Figure 5.4. Concentrations de l'oxygène dissous dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	98
Figure 5.5. Concentrations du sodium dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	99
Figure 5.6. Concentrations du potassium dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	100
Figure 5.7. Concentrations du calcium dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	100
Figure 5.8. Concentrations du magnésium dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	101
Figure 5.9. Concentrations des sulfates dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	101
Figure 5.10. Concentrations des chlorures dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	102
Figure 5.11. Concentrations des bicarbonates dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	102
Figure 5.12. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Stabler (2014).....	104
Figure 5.13. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (2014).....	104
Figure 5.14. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont du sur le diagramme de Piper (2014).....	104
Figure 5.15. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Stiff (2014).....	104
Figure 5.16. Concentrations du plomb dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	105
Figure 5.17. Concentrations du manganèse dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	106
Figure 5.18. Concentrations du fer total dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	106
Figure 5.19. Concentrations du Chrome total dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	107
Figure 5.20. Concentrations des Nitrates dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	107
Figure 5.21. Variation de la Turbidité dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	108
Figure 5.22. Concentrations de la DBO ₅ dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	108
Figure 5.23. Concentrations de la DCO dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	109
Figure 5.24. Variation de la MES dans les eaux de surface en amont du Guebli.....	109

Figure 5.25. Courbe d'appréciation de qualité de l'eau pour les différents descripteurs (Source : MENVIQ.1992).....	112
5.2. Chimie des eaux de surface en aval du bassin.....	113
Figure 5.26. Carte d'inventaire des points de prélèvements en aval du Guebli.....	113
Figure 5.27. Variation des chlorures dans les eaux de surface du Guebli aval.....	114
Figure 5.28. Variation des sulfates dans les eaux de surface du Guebli aval.....	114
Figure 5.29. Variation des bicarbonates dans les eaux de surface du Guebli aval.....	115
Figure 5.30. Variation de sodium dans les eaux de surface du Guebli aval.....	115
Figure 5.31. Variation du magnésium dans les eaux de surface du Guebli aval.....	116
Figure 5.32. Variation du calcium dans les eaux de surface du Guebli aval.....	116
Figure 5.33. Variation du potassium dans les eaux de surface du Guebli aval.....	116
Figure 5.34. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (2014).....	118
Figure 5.35. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Piper (2014).....	118
Figure 5.36. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Stiff (2014).....	119
Figure 5.37. variation de SAR des eaux d'irrigations du Guebli aval.....	117
Figure 5.38. Classification de Richards des eaux d'irrigation du Guebli aval.....	118
Figure 5.39. Courbe de la qualité des eaux de surface en fonction de la conductivité.....	120
Figure 5.40. Courbe de la qualité des eaux de surface en fonction de la salinité.....	122
Figure 5.41. Variation de Potentiel d'Hydrogène des eaux d'irrigations du Guebli aval.....	123
Figure 5.42. Variation de l'indice de biodégradabilité du Guebli aval.....	123
Figure 5.43. Variation de l'indice de pollution organique du Guebli aval.....	124
Figure 5.44. Courbe de la qualité des eaux du Guebli aval en fonction des nitrates.....	125
Figure 5.45. Courbe de la qualité des eaux du Guebli aval en fonction de Phosphore total.....	126
Figure 5.46. Variation des coliformes fécaux du Guebli aval.....	127
Figure 5.47. Variation de l'indice de stabilité (Ryznar) du Guebli aval.....	128
Figure 5.48. Variation de l'indice de saturation (Langelier) du Guebli aval.....	128
Figure 7.49. Variation de l'indice de corrosion (Larson) du Guebli aval.....	129

**PARTIE III : LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET QUALITE
DES EAUX SOUTERRAINES**

PARTIE III : Chapitre 6

Contexte géologique et hydrogéologique

Figure 6.1. Situation du massif de petite Kabylie dans le domaine interne maghrébin (D'après Y. Mahjoub, 1991).....	133
Figure 6.2. Carte géologique de la plaine de Collo (d'après la mission soviétique 1967).....	139
Figure 6.3. Coupe hydrogéologique complétée par la géophysique d'après (C.G.G.1965).....	143
Figure 6.4. Carte en courbes d'égale altitude de la plaine de Collo.....	145
Figure 6.5. Carte en courbes isobathes de substratum de la nappe de Colo.....	145
Figure 6.6. Carte isopache ou d'égale épaisseur de la couche saturé de la nappe libre de Collo (Octobre 2014).....	145
Figure 6.7. Carte isopache ou d'égale épaisseur de la couche saturé de la nappe libre de Collo Avril 2014).....	145
Figure 6.8. Carte piézométrique de la nappe de Collo (Octobre 2014).....	146
Figure 6.9. Carte piézométriques de la nappe de Collo (avril 2014).....	147
Figure 6.10. Carte en courbes d'égale hauteur de fluctuation annuelle de la surface piézométrique de la	

nappe libre de Collo.....	147
Figure.6.11. Carte des transmissivités de la nappe de Collo.....	148
Figure.6.12. Carte des perméabilités de la nappe de Collo.....	149
Figure 6.13.Carte piézométrique (Période hautes eaux ; 1965 C.G.G.).....	152
Figure.6.14. Colonne hydrogéologique dans la plaine de Tamalous -Bin el Ouiden (Source : la société Stroj- export).....	154
Figure.6.15. Carte piézométrique de la nappe de Tamalous- Bin el Ouiden (avril 2014).....	155
<i>PARTIE III : Chapitre 7</i>	
<i>Qualité des eaux souterraines du bassin versant du Guebli</i>	
Figure 7.1. Carte de localisation des points d'eau prélevés en saison sèche 2013.....	157
Figure 7.2. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stabler des eaux de la nappe libre de Collo.....	159
Figure 7.3. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux de la nappe libre de Collo.....	160
Figure 7.4. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper des eaux de la nappe libre de Collo.....	161
Fig.7.5. Répartition des faciès chimiques dans la plaine de Collo.....	162
Figure 7.6.Distribution de la qualité des eaux en fonction de la C.E (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	163
Figure 7.7.Distribution de la qualité des eaux en fonction des chlorures (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	164
Figure 7.7.Distribution de la qualité des eaux en fonction du sodium (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo	166
Figure 7.8.Distribution de la qualité des eaux en fonction du Magnésium (saison sèche 2013 dans la plaine de Collo).....	167
Figure 7.9.Distribution de la qualité des eaux en fonction du D.H.T (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	168
Figure 7.10.Distribution de la qualité des eaux en fonction des nitrates (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	169
Figure 7.11.Distribution de la qualité des eaux en fonction des phosphates (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	170
Figure 7.12.Distribution de la qualité des eaux en fonction d'Ammonium (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo.....	171
Figure 7.13.Classification de Richards des eaux d'irrigation de la nappe libre de Collo.....	172
Figure 7.14. Carte de localisation des ouvrages prélevés en saison sèche 2013 de la plaine Tamalous - Bin el Ouiden.....	174
Figure 7.15. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schoeller Berkloff des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	177
Figure 7.16. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	178
Figure 7.17. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	179
Fig.7.18. Répartition des faciès chimiques dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	180
Figure 7.19.Distribution de la qualité des eaux en fonction de la C.E (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	181
Figure 7.20.Distribution de la qualité des eaux en fonction des Sulfates (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	182
Figure 7.21.Distribution de la qualité des eaux en fonction du sodium (saison sèche 2013) dans la	

plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	183
Figure 7.22.Distribution de la qualité des eaux en fonction du D.H.T (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	184
Figure 7.23.Distribution de la qualité des eaux en fonction des nitrates (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	185
Figure 7.24.Classification de Richards des eaux d'irrigation de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	186

***PARTIE IV: ÉVALUATION DES INTERACTIONS ENTRE LES PARAMÈTRES
DU SYSTÈME DE GESTION DE L'EAU***

PARTIE IV : Chapitre 8

Les usages de l'eau caractéristiques du bassin versant du Guebli

Figure 8.1. Composition et évolution de la population du bassin versant du Guebli (1998 à 2010).....	189
Figure 8.2. Carte d'occupation du sol du bassin versant du Guebli.....	192
Figure 8.3. Carte d'inventaire des barrages dans le bassin versant de l'Oued Guebli.....	199
Figure.8.4. les eaux de surfaces : potentialités reconnues ; ressources mobilisées et exploités.....	182
Figure.8.5. les eaux souterraines du bassin versant du Guebli.....	182
Fig.8.6. Ressources en eau du bassin versant du Guebli.....	203
Figure 8.7.Répartition des ressources en eau mobilisées dans le bassin du Guebli.....	204
Figure 8.8. Faciès chimiques des eaux pour les forages et barrages du Guebli.....	205
Figure.8.9. Classification des eaux des forages et des barrages du Guebli d'après le diagramme de Richards.....	206
Figure 8.10.Inventaire ces forages d'eau exploités du Guebli.....	207
Figure 8.11. Classes de qualité pour chaque altération d'après (recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 2004).....	208
Figure 8.12. Qualité des eaux des forages en fonction de la turbidité.....	209
Figure 8.13. Qualité des eaux des forages en fonction de la minéralisation.....	209
Figure 8.14. Qualité des eaux des forages en fonction des nitrates.....	210
Figure 8.15. Qualité des eaux des forages en fonction des matières azotées.....	211
Figure 8.16. Qualité des eaux des forages en fonction des phosphates.....	211
Figure 8.17. Qualité des eaux des forages en fonction des chlorures.....	212
Figure 8.18. Qualité des eaux des forages en fonction des sulfates.....	212
Figure 8.19. Qualité des eaux des sources du bassin du Guebli.....	214
Figure .8.20. Qualité des eaux du barrage de Beni-Zid.....	217
Figure 8.21. Qualité des eaux du barrage de Guenitra.....	217
8.22. Les usages de l'eau du bassin versant du Guebli.....	219
Figure 8.23. Situation en eau potable des agglomérations chef lieu (2013).....	224
Figure 8.24. Situation en eau potable des agglomérations secondaires (2013).....	225
Fig.8.25. Schéma Récapitulatif des Ressources Hydriques et leurs affectations dans le bassin versant de Guebli (2013).....	227
Figure 8.26. Carte d'évaluation de la qualité des eaux consommées du bassin versant de Guebli.....	231

PARTIE IV : Chapitre 9 Les activités polluantes et les principaux acteurs de l'eau dans le bassin versant du Guebli

Figure 9.1. Surfaces pastorales, hydrographie et occupation du sol du bassin versant du Guebli.....	233
Figure 9.2. Différents points de rejets urbains du bassin versant du Guebli.....	237
Figure 9.3. Radar d'évaluation du système de gestion d'une commune de montagne pour atteindre une gestion intégrée de l'eau.....	241
Figure 9.4. Radar d'évaluation du système de gestion de l'Algérienne des eaux pour atteindre une	

gestion intégrée de l'eau.....	241
Figure 9.5.Radar d'évaluation du système de gestion de l'administration des forets publique pour atteindre une gestion intégrée.....	242
Figure 9.6. Radar d'évaluation du système de gestion des bureaux d'étude pour atteindre une gestion intégrée de l'eau.....	242
<i>PARTIE IV : Chapitre 10</i>	
Evaluation de la demande socio-économique en eau	
Figure 10.1. Evolution de la population dans le bassin du Guebli Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	245
Figure 10.2. Projection des superficies irriguées dans le bassin du Guebli. - Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	246
Figure 10.3. Evolution de la demande en eau domestique dans le bassin versant du Guebli.- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	247
Figure 10.4. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin versant du Guebli. - Scénario 1: Scénario de référence (2013-2035).....	249
Figure 10.5. Demande en eau globale dans le bassin du Guebli.....	
Figure 10.6. Evolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli.- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	251
Figure 10.7. Evolution de la demande en eau dans le bassin du Guebli. - Scénario 2 : Fort accroissement de la populaion (2013-2035).....	253
Figure 10.8. Evolution des superficies irriguées le bassin du Guebli -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	254
Figure 10.9. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin versant du Guebli -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	255
Figure 10.10. L'évolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli. -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	256
Figure 10.11.Courbe de confrontation de l'offre et la demande en eau dans le bassin du Guebli (2013-2035).	257

**PARTIE I : CADRE THEORIQUE DE LA GESTION INTEGREE
DES RESSOURCES EN EAU**

PARTIE I : Chapitre 1	L'approche système et les concepts	
PARTIE I : Chapitre 2	L'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau	
PARTIE I : Chapitre 3	Le système de gestion intégrée des ressources en eau	
Tableau 3.1. Evolution de la mobilisation des ressources en eau conventionnelles.....		36
Tableau 3.2. Evolution des volumes d'eaux usées rejetées en Algérie.....		36

**PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE D'UN POINT DE VUE
QUANTITATIF ET QUALITATIF**

PARTIE II : Chapitre 4	Caractéristiques physiques du bassin versant du Guebli et ses ressources hydriques	
Tableau 4.1. Répartition des communes et localités correspondantes.....		42
Tableau 4.2. Coordonnés des stations météorologiques retenues.....		50
Tableau 4.3. Vitesse moyenne des vents (en m/s) à la station de Skikda.....		52
Tableau 4.4. Humidité relative en (%) moyenne mensuelle.....		52
Tableau 4.5. Evaporation moyenne mensuelle à Guenitra (89/90-10/11).....		53
Tableau 4.6. Précipitations moyennes mensuelles du bassin versant de l'Oued Guebli.....		54
Tableau 4.7. Nombre de jours de pluies torrentielles dans le bassin versant de l'Oued Guebli (A.N.R.H ,70/71-05/06).....		56
Tableau 4.8. Répartition des tranches d'isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après la carte des isohyètes établie par l'A.N.R.H. 2005).....		56
Tableau.4.9. Répartition des tranches d'isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après la carte d'isohyètes dressée par Chaumont et Paquin 1913-1993).....		57
Tableau 4.10. La lame d'eau moyenne précipitée des différents sous bassin versant de Guebli.....		57
Tableau 4.11. Résultats du calcul des paramètres statistiques des pluies journalières maximales du Guebli (77/78-05/06).....		58
Tableau 4.12. Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station de Guenitra (89/90-03/04).....		60
Tableau 4.13. Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station de Skikda (89/90-03/04).....		60
Tableau 4.14. Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station de Collo série ancienne.....		60
Tableau 4.15. Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station d'El Milia (76/77-90/91).....		60
Tableau 4.16. Evaluation de l'humidité du sol à Guenitra (89/90-10/11).....		64
Tableau 4.17. Evaluation de l'humidité du sol à Aflassane (89/90-03/04).....		64
Tableau.4.18. Evaluation de l'humidité du sol à Tamalous (89/90-03/04).....		64
Tableau 4.19. Evaluation de l'humidité du sol à Zitouna (76/77-90/91).....		64
Tableau 4.20. Quotient pluviométrique d'Emberger.....		66
Tableau 4.21. Calcul de l'E.T.P selon C.V. Thornthwaite des quatre stations.....		68
Tableau 4.22. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de Turc.....		69
Tableau 4.23. Estimation de l'E.T.R par la méthode de Wundt.....		69
Tableau 4.24. Estimation de l'E.T.R selon Coutagne.....		71
Tableau 4.25. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes.....		71
Tableau 4.26. Valeurs des corrections (C) des lames écoulées(R_e).....		74
Tableau 4.27. Estimation de ruissellement selon la formule de D.G.R.E.....		75
Tableau 4.28. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan hydrologique.....		75
Tableau 4.29. Station des mesures hydrométrique dans le bassin versant de l'Oued Guebli.....		80
Tableau 4.30. Débits de pointe de crues d'après l'hydrogramme synthétique.....		81

Tableau 4.31. Débits de pointe de crues d'après l'hydrogramme unitaire.....	83
Tableau 4.32. Hauteur de la pluie de courte durée de fréquence donnée P_{tc} (f) en mm.....	85
Tableau 4.33. L'intensité de la pluie de courte durée de fréquence donnée P_{tc} (f) en mm/h.....	85
Tableau 4.34. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Turazza.....	85
Tableau 4.35. Hauteur de la pluie max journalière de fréquence donnée P_{24max} (f) en m.....	86
Tableau 4.36. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Possenti.....	86
Tableau 4.37. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Mallet Gautier.....	87
Tableau 4.38. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Coutagne.....	88
Tableau 4.39. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après les abaques établis par l'A.N.R.H.....	89
Tableau 4.40. Débits de crues de projet en (m^3/s) d'après les études antérieures.....	90
Tableau 4.41. Débits de crues de projet en (m^3/s) d'après les hydrogrammes des crues de projet.....	90
Tableau 4.42. Apport spécifique d'après la loi apport spécifique pluie moyenne annuelle.....	91
Tableau 4.43. Apport moyen d'après la loi apport moyen pluviométrie – superficie.....	92
Tableau 4.44. Apport moyen d'après la formule de Turc.....	92
Tableau 4.45. Apport moyen d'après la formule de Samie.....	93
Tableau 4.46. Apports mensuels de l'Oued Guebli.....	93
Tableau 4.47. Transport solide moyen et l'envasement estimé dans les barrages de l'Oued Guebli.....	94
<i>PARTIE II : Chapitre 5 Caractéristiques environnementales des milieux aquatiques du bassin versant du Guebli</i>	
Tableau 5.1. Synthèse des résultats pour les campagnes d'échantillonnage.....	98
Tableau 5.2. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés des eaux de surface en amont du bassin (2014).....	103
Tableau 5.3. Synthèse des résultats bactériologiques pour les quatre campagnes d'échantillonnage.....	110
Tableau 5.4. Calcul de l'indice bactériologique et physico-chimique (IQBP).....	111
Tableau 5.5. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés des eaux de surface en aval du Guebli (2014).....	117
Tableau 5.6. Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.....	120
Tableau 5.7. Résultats obtenus après interprétation du diagramme de Richard.....	121
<i>PARTIE III : LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES</i>	
<hr/>	
<i>PARTIE III : Chapitre 6</i>	<i>Contexte géologique et hydrogéologique</i>
Tableau 6.1. Calcul du volume du réservoir saturé de la réserve total de l'aquifère à nappe libre de Collo.....	150
<i>PARTIE III : Chapitre 7</i>	
<i>Qualité des eaux souterraines du bassin versant du Guebli</i>	
Tableau 7.1. Classe des qualités des eaux pour l'irrigation de la plaine de Collo.....	173
Tableau 7.2. Classe des qualités des eaux pour l'irrigation dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden.....	186
<i>PARTIE IV: ÉVALUATION DES INTERACTIONS ENTRE LES PARAMÈTRES DU SYSTÈME DE GESTION DE L'EAU</i>	
<hr/>	
<i>PARTIE IV : Chapitre 8</i>	<i>Les usages de l'eau caractéristiques du bassin versant du Guebli</i>
Tableau 8.1. Données des populations des communes du bassin du Guebli.....	190
Tableau 8.2. Répartition spatiale des logements dans le B.V de l'Oued Guebli.....	191
Tableau 8.3. Répartition générale des terres dans le bassin versant de Guebli.....	193
Tableau 8.4. Répartition des superficies des forêts par type dans le bassin versant de Guebli.....	193
Tableau 8.5. Répartition de la S.A.U. dans le bassin versant d'Oued Guebli.....	194

Tableau.8.6. Production annuelle et inventaire des forages en exploitation dans le bassin versant de l'Oued Guebli (bilan 2012).....	200
Tableau.8.7. Répartition par Commune des Infrastructures Hydrauliques (situation 2012).....	201
Tableau.8.8. Répartition par Commune la mobilisation des ressources (situation 2012).....	201
Tableau 8.9.récapitulatif sur la qualité des eaux des forages du Guebli.....	213
Tableau 8.10. Résultats des analyses chimiques des éléments majeurs pour les barrages.....	216
Tableau 8.11.récapitulatif sur la qualité des eaux des barrages de bassin versant du Guebli.....	218
Tableau 8.12. Les Origines des ressources pour l'A.E.P des agglomérations.....	220
Tableau 8.13. Caractéristique des réseaux d'A.E.P des agglomérations (Pop> 1000 hab).....	221
Tab.8.14. situation de l'alimentation en eau potable dans agglomérations.....	222
Tableau 8.15.Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans le bassin versant de l'Oued Guebli.....	226
Tableau.8.16. Situation actuelle de l'alimentation en eau industrielle dans le bassin du Guebli.....	226
8.4.3. Alimentation en eau industrielle.....	226
Tableau 8.17.Consommations maximales actuelles et futures comparées au débit d'étiage.....	230
Tableau 8.18. Grille d'évaluation de l'indicateur sur la satisfaction des usages en eau potable d'un point de vue quantitatif.....	230
<i>PARTIE IV : Chapitre 9 Les activités polluantes et les principaux acteurs de l'eau dans le bassin versant du Guebli</i>	
Tableau 9.1.Ratios de rejets en EH/j des vache laitières et génisse.....	234
Tableau 9.2. Caractéristique des réseaux d'assainissement des agglomérations.....	237
Tableau 9.3. Nature du gestionnaire et de l'exploitant bassin versant du Guebli.....	238
Tableau 9.4. Récapitulatif des notes des systèmes de gestion de l'eau de chaque catégorie d'acteurs.....	240
<i>PARTIE IV : Chapitre 10 Evaluation de la demande socio-économique en eau</i>	
Tableau 10.1. Caractéristiques des consommations en eau des cultures.....	248
Tableau 10.2. Projection des superficies irriguées dans le bassin du Guebli.- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	249
Tableau 10.3. Evolution de la demande en eau domestique dans le bassin versant du Guebli.- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035).....	251
Tableau 10.4. Evolution de la demande en eau dans le bassin du Guebli. - Scénario 2 : Fort accroissement de la populaion (2013-2035).....	254
Tableau 10.5. Projection des superficies irriguées dans le bassin du Guebli. -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	254
Tableau 10.6. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin du Guebli. -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	255
Tableau 10.7. L'évolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli. -Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035).....	256

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'aménagement, le développement et la protection des montagnes sont des enjeux considérables à l'échelle mondiale. Ainsi les zones de montagne couvrent 24 % de la surface terrestre des continents et 26 % de la population mondiale environ y habite si l'on inclut celle qui vit à proximité immédiate en piémont ou dans les basses vallées. Mais, une proportion bien plus importante de la population mondiale dépend des biens et services fournis par ces zones, en particulier l'eau, qui peut être vitale pour l'agriculture, les communautés et les industries situées à des centaines, voire à des milliers de kilomètres de ces montagnes.

Les montagnes sont généralement qualifiées de « châteaux d'eau de la planète ». Ce qualificatif repose sur le potentiel de précipitations liées au relief. L'effet barrière (vis-à-vis des masses d'air humides) et l'effet altitudinal se traduisent par des précipitations plus abondantes; stockage restitué aux écoulements superficiels et souterrains lors des saisons estivales. L'eau en montagne apparaît dans ce schéma comme une ressource abondante et inépuisable se renouvelant d'une année sur l'autre. Cette perception est commune à bon nombre de personnes habitant et travaillant dans les montagnes. Si cette image n'est pas fautive, il faut néanmoins la relativiser en fonction des aires montagneuses et en fonction des variations climatiques qu'a connues notre planète (B. Charnay, 2010).

En Algérie, le déficit pluviométrique enregistré sur les 25 dernières années, est évalué sur l'ensemble du pays à près de 30%. (MRE -PNE- 2006). La montagne est un milieu hétérogène qui entretient des liens spécifiques avec l'eau. Les précipitations sont très variables d'un massif à l'autre et en fonction de l'altitude. A cette hétérogénéité climatique s'ajoutent des variabilités en termes de relief et de géologie qui influent de leur part sur les ruissellements et les écoulements souterrains. Des pentes fortes, une géologie défavorable, des aquifères de petite dimension, sont autant de facteurs qui peuvent expliquer une répartition et une disponibilité inégale de l'eau dans le temps et dans l'espace.

L'eau apparaît en réalité sous deux types de ressources plus ou moins mobilisables pour un gestionnaire : les eaux souterraines et les eaux de surface. Chaque type de ressources a ses spécificités propres en termes de disponibilité, de quantité et de qualité. Ces spécificités impliquent (devraient impliquer) une gestion adaptée en fonction du type de ressource.

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations dictées aussi bien par les changements climatiques, l'évolution, des enjeux et les besoins sociaux-économiques que par la perception du coût réel de l'eau et ses conséquences économiques. Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, s'intitulant « la gestion intégrée des ressources en eau » et ce pour garantir la valorisation et la durabilité de ces dernières. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont en l'occurrence, les Agences de bassin et les Comités de Bassin. Malgré tout ça la planification demeure dépendante de l'impulsion des communes.

Au-delà d'une certaine fragilité des ressources en eau, le système de gestion sur le bassin versant du Guebli se caractérise par des usages spécifiques. Une concentration spatiale et

temporelle de certains usages de l'eau entraîne des pressions sur les ressources et remet parfois en cause le principe de conciliation des usages entre eux. Avec le développement de l'économie de la région basée sur l'agriculture en montagne et l'élevage qui s'est accentué au cours des dernières années, en raison de l'amélioration de la situation sécuritaire et le retour des personnes à leur terre, de nouveaux usages sont apparus et sont entrés en compétition avec des usages plus traditionnels. Se pose, dès lors, en été, la question de la conciliation avec les besoins en eau potable des communes. On sait aujourd'hui que les milieux aquatiques ont été fortement perturbés, avec notamment la construction de grands aménagements hydriques s'étalant sur la période (1970-1990), pour assurer la couverture en eau potable et en eau industrielle de la ville de Skikda et aussi pour assurer l'irrigation des périmètres agricoles de Collo et surtout ceux qui bordent la vallée de Saf-Saf qui se situe en dehors du bassin versant de Guebli (barrage de Guenitra et Beni Zid). Ces perturbations sur les dynamiques des Oueds s'ajoutant aux impacts liés à l'urbanisation dans les têtes de bassin versant ainsi que la menace du sable des Oueds ont tous ensemble dégradé le fonctionnement naturel des hydrosystèmes.

Appartenant au bassin côtier constantinois centre (code N°03), Le bassin versant de l'Oued Guebli est drainé par l'Oued Guebli et ses affluents, les montagnes occupent pratiquement la grande majorité du territoire du bassin. Il couvre une superficie de 993 Km² et il se trouve presque totalement inclus dans le territoire administratif de la wilaya de Skikda, avec une population de près de 183703 habitants (recensement 2008). En matière de potentialités hydriques, la moyenne pluviométrique atteint les 813 mm.an⁻¹ sur l'ensemble du bassin, avec 1600 mm.an⁻¹ de précipitation à la station de Zitouna et 900 mm.an⁻¹ à Tamalous. Les ressources en eau de surface sont peu utilisées puisque sur un volume de ruissellement efficace de l'ordre de 143.3 hm³.an⁻¹, seule une quantité assez limitée est régularisé dans les barrages et les retenues collinaires (50.3 hm³.an⁻¹). Ce potentiel est malheureusement confronté à importants problèmes de gestion et de maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place. Ainsi, les milieux sont de plus en plus transformés par l'homme, ce qui entraîne de nombreuses incidences sur l'eau, en matière de quantité comme en celle de qualité. Dans ce contexte, la gestion efficace et équitable de l'eau est l'un des défis les plus importants auxquels le bassin du Guebli doit faire face, surtout avec les enjeux liés aux interconnexions des barrages actuels et futurs et le renforcement des capacités de stockage. Actuellement les populations achètent de l'eau à des transporteurs à des prix élevés et avec une hygiène à risques pathogènes.

La première partie englobe trois chapitres ; le premier définit l'approche systémique et les concepts, le second présente l'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau, et le troisième chapitre définit les concepts et analyse le système de gestion des ressources en eau dans sa globalité. Nous proposons un modèle à une unité géographique cohérente : le bassin versant. Le système d'application appelé « gestion de l'eau » correspond au bassin versant du Guebli. Quatre sous-systèmes ont été identifiés : « ressources en eau », « Aménagement du territoire », « usages » et « acteurs ».

La seconde partie de notre travail vise à étudier les ressources en eau de surface d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Elle comprend deux chapitres: le quatrième expose le contexte physique, climatique et hydrologiques. L'estimation des écoulements de surface de l'oued Guebli a également été abordée au cours de ce chapitre. Le cinquième chapitre s'intéresse à l'évolution spatiotemporelle des paramètres chimiques, en étudiant la qualité et la vulnérabilité des eaux aux différents types de pollutions.

La troisième partie est consacrée aux caractéristiques hydrogéologiques et la qualité des eaux souterraines du Guebli. Englobe deux chapitres. Le sixième ; où on a pu acquérir une vision plus précise sur la géométrie et l'extension des aquifères ainsi que sur leurs piézométries. Le septième chapitre s'intéresse à la qualité des eaux souterraines.

La quatrième partie est réservée à l'évaluation des interactions entre les paramètres du système de gestion de l'eau. Elle comprend trois chapitres ; le huitième chapitre vise à étudier le sous-système « ressources en eau ». Elle pose la question de la disponibilité des ressources à un moment donné sur le bassin versant, et la compare aux besoins. Cette disponibilité dépend des paramètres à la fois topographiques et climatiques du bassin versant, et de l'aménagement du territoire (les infrastructures, réseaux, captages). Les ressources en eau sont appréhendées par les débits d'étiage des sources pour leur fonction hydrologique (DHW de Skikda). Notre travail met en avant une répartition spatiale inégale des ressources entre les communes du bassin versant. Le neuvième chapitre traite les activités polluantes et les principaux acteurs de l'eau du Guebli, l'étude du jeu d'acteurs apporte des éléments d'éclairage, d'une part dans la réflexion prospective sur la gestion de l'eau, d'autre part dans les préconisations de modification des pratiques des gestionnaires. Et le dixième chapitre mis l'accent sur une analyse approfondie de l'offre et la demande en eau, des enjeux socio-économique et environnementaux à moyen et à long terme dans le bassin du Guebli.

Pour conclure, nous résumerons les principaux résultats obtenus dans cette thèse et proposerons quelques perspectives, afin de fournir aux responsables un modèle transposable, leur permettant de gérer efficacement et durablement les ressources en eau.

***PARTIE I : CADRE THEORIQUE DE LA GESTION INTEGREE
DES RESSOURCES EN EAU***

Chapitre 1

L'approche système et les concepts

1. Le choix de l'approche systémique

L'approche systémique parfois nommée analyse systémique est un champ interdisciplinaire relatif à l'étude d'objets dans leur complexité. Pour tenter d'appréhender cet objet d'étude dans son environnement, dans son fonctionnement, dans ses mécanismes, dans ce qui n'apparaît pas en faisant la somme de ses parties. Le plus souvent les principes sont utilisés sans être nommés, voire sans être identifiés. Les terminologies approche systémique et analyse systémique sont donc employées plus couramment dans certains domaines d'application que dans d'autres, pour y faire expressément référence, mais il existe bien une unité dont on peut identifier les articulations historiques (G. Bateson, 1979). La méthode cartésienne, de réduction de la complexité à des composants élémentaires est adaptée à l'étude des systèmes stables constitués par un nombre limité d'éléments en interactions linéaires (décrites par des lois mathématiques proportionnelles, additives), mais, elle ne convient pas pour l'étude des systèmes passés un certain niveau de complexité, d'incertitude et de possible logique émergente, comme c'est le cas en biologie, en économie ou dans les systèmes sociaux. Une autre approche est requise, fondée sur de nouvelles représentations de la réalité, prenant en compte l'instabilité, la fluctuation, le désordre, le flou, l'ouverture, la créativité. Pour rendre compte de la complexité, la systémique impose l'appréhension concrète de concepts qui lui sont propres : vision globale, système, niveau d'organisation, interaction, rétroaction, régulation, finalité, évolution. Elle prend forme dans le processus de modélisation (J.L. Moigne, 1990), qui utilise le langage graphique et permet l'élaboration de modèles qualitatifs (en forme de carte) et la construction de modèles dynamiques, quantifiés, opérables sur ordinateur et débouchant sur la simulation (D. Durand, 1979). La démarche systémique actuelle est associée à la mondialisation qui a stimulé la prise de conscience de la complexité (des organismes vivants, des sociétés humaines, et des systèmes artificiels conçus par les hommes). Elle a évolué vers l'étude de la complexité, avec une attention particulière aux systèmes dynamiques évolutifs. Elle a donné lieu à de nombreuses applications, en biologie, en écologie, en économie, dans le management des entreprises, l'urbanisme, l'aménagement du territoire et les thérapies familiales entre autres (J. Pluymaekers, 1989).

1.1 Définition

Née aux Etats Unis au début des années 50, connue et pratiquée en France depuis les années 70. Nouvelle discipline qui regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel, ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe (Association Française des Sciences des Systèmes Cybernétiques, Cognitifs et Techniques) et rappelée en 1994 par la Revue Internationale de Systémique. Le système constitue le socle sur lequel repose la Systémique. Etymologiquement, le mot provient du grec *sustēma* qui signifie ensemble cohérent (G.M. Weinberg, 1975). Un système peut être défini comme étant : un ensemble, formant une unité cohérente et autonome, d'objets réels ou conceptuels (éléments matériels, individus, actions, etc.) organisés en fonction d'un but (ou

d'un ensemble de buts, objectifs, finalités, projets, etc.) au moyen d'un jeu de relations (interrelations mutuelles, interactions dynamiques, etc.), le tout immergé dans un environnement (F. Le Gallou, 1993). Ce n'est pas la somme des éléments qui fait un système mais les interactions entre ces éléments. Le concept de système sous-tend trois notions fondamentales (B. Walliser, 1977) :

- une unité composée de sous-systèmes,
- une unité identifiable dans un environnement donné et possédant des relations avec cet environnement.
- une unité subissant des modifications dans le temps tout en conservant une certaine permanence.

Les deux premières propriétés du système qui ressortent de cette définition sont « l'ouverture » et « la complexité ». Le système est qualifié de système ouvert en entretenant avec l'environnement des échanges d'énergie, de matière et d'information. Le système est aussi qualifié de système complexe du fait d'une grande variété de composants ou d'éléments et de liaisons qui le constituent. Ainsi, l'analyse d'un système consiste : à définir les limites du système à modéliser, à identifier les éléments importants et les types d'interactions entre ces éléments, à déterminer les liaisons qui les intègrent en un tout organisé et à faire ressortir notamment les variables de flux, variables d'états et les boucles de rétroaction positives et négatives (J. De Rosnay, 1975). Chaque boucle est considérée séparément pour évaluer son influence sur le comportement des différents sous-ensembles du système. Les éléments et types de liaisons devront être classés et hiérarchisés. La simulation étudie le comportement dans le temps d'un système complexe en faisant varier ses paramètres et son environnement. Cette simulation ne donne jamais l'optimum ou la solution exacte à un problème posé, elle ne fait que dégager les tendances générales du comportement d'un système, ses directions probables d'évolution tout en suggérant de nouvelles hypothèses (Donnadieu et Karsky 2002).

1.2 Approche systémique et gestion des ressources en eau

La gestion de l'eau et de ses usages s'inscrit effectivement dans un système complexe d'influences et de relations économiques, sociales, culturelles et politiques. Cette complexité se manifeste dans les relations des paramètres de la gestion de l'eau qui existent à des échelles spatio-temporelles différentes (logique hydrologique amont-aval, effets ultérieurs de pollution des eaux souterraines...). Pour comprendre la nature de ces relations et identifier les facteurs déterminants d'une politique équitable et durable de l'eau, la méthode systémique nous est apparue la plus adaptée. Elle répond parfaitement à la problématique posée, car elle permet de poser les différents facteurs et processus intervenant dans le fonctionnement, la structure et l'évolution de la gestion intégrée de l'eau. Elle permet, par ailleurs, de s'interroger sur les limites spatiales et fonctionnelles du système « gestion de l'eau » et sur les différents sous-systèmes qui le composent. L'unité du système « gestion de l'eau » correspond au bassin versant. L'unité du bassin versant a été ici choisie tant pour sa dimension « territoire de l'eau » que pour son découpage naturel confronté aux approches géologique et hydrogéologique. Les limites spatiales correspondent aux limites hydrographiques.

La gestion des ressources en eau s'organise en fonction des ressources en eau disponibles, des besoins des usagers à satisfaire, ainsi que du niveau d'aménagement du territoire déterminant

à la fois les usages et la capacité d'exploitation des ressources disponibles (B. Charnay, 2010). Quatre sous-systèmes en interactions ont été identifiés (Fig.1.1):

- sous-système « ressources en eau »
- sous-système « aménagement du territoire »
- sous-système « usages »
- sous-système « acteurs »

Ces quatre sous-systèmes s'inscrivent à l'intérieur du système bassin versant précédemment évoqué. Ils assurent le fonctionnement, la cohérence et l'évolution du système « gestion de l'eau ». La figure 1.1 montre que le système « gestion de l'eau » est également influencé par d'autres facteurs : topographiques, géologiques, climatologiques, le contexte socio-économique, l'environnement culturel, le cadre politique et législatif... Ces relations avec son « environnement » constituent des entrées et des sorties pour le système. Elles influencent plus ou moins l'organisation du système, en fonction de ses résistances internes. Ces entrées et sorties peuvent être de trois natures différentes : matière, énergie et informations. On parlera d'« énergies » ou de « flux d'énergie » pour faire référence à ces échanges qui agissent sur l'organisation du système dans le temps. Ces « énergies » sont ici de deux ordres:

- naturelles (climat, topographie du bassin versant...),
- anthropiques (socioéconomique, technique, culturel, réglementaire, connaissances...).

Comme dans tout système ouvert caractérisé par des échanges avec son environnement, l'évolution du système se traduit par une structure de plus en plus organisée dans le temps. L'organisation du système dépend des échanges d'énergies mais aussi des boucles de rétroaction entre les quatre sous systèmes. Ainsi, il est particulièrement difficile d'étudier la dynamique du système qui demande une connaissance large sur les échanges entre le système et son environnement et les résistances propres à toute organisation (B. Charnay, 2010). C'est en ce sens que l'approche systémique constitue un défi à notre travail de recherche. Une autre notion fondamentale dans l'étude de la dynamique du système est la notion d'entropie. Elle exprime la capacité d'un système à s'adapter et à réorganiser sa structure. Les systèmes ouverts ont une faible entropie, c'est-à-dire une forte capacité à réagir et à s'adapter aux modifications tant internes qu'externes. Le système de gestion des ressources en eau s'apparente à un système de faible entropie jusqu'à présent. L'étude rétrospective de la dynamique du système vise à dégager des tendances générales d'évolution pour pouvoir anticiper des changements de paramètres connus comme le changement socio-économique. En effet, un des enjeux de ce travail est de mesurer la capacité du système « gestion de l'eau » à s'adapter au changement socio-économique. Deux évolutions sont possibles du fait de sa faible entropie :

- soit une adaptation et ré- organisation du système : le système a les capacités structurelles et fonctionnelles de s'adapter aux modifications ;
- soit une auto-organisation et création : un nouveau système émerge, faute d'adaptation.

Ce dernier scénario est assimilé à une situation de crise. Les connaissances acquises montrent qu'à ce jour, le système de gestion de l'eau dans la rive sud de méditerranée touché par une crise de conflits d'usages actuels (M. Milano, 2013). Cependant l'évolution des besoins en eau, les prévisions sur le changement climatique et ses impacts sur les ressources hydriques ainsi que les effets irréversibles de certains aménagements posent concrètement les limites du système et remettent en cause son échelle spatiale et organisationnelle. Ce travail ne prétend

pas pouvoir répondre à la totalité des interrogations posées par l'approche systémique, compte tenu du degré actuel des connaissances pour identifier et hiérarchiser tous les moteurs et les boucles de rétroactions du système. De plus, notre travail se limite principalement à des liens qualitatifs souvent reprochés pour leur imprécision. Cependant, l'exercice intellectuel sur la complexité et l'incertitude a le mérite de mettre en avant les difficultés auxquelles est confronté tout gestionnaire responsable de l'eau en montagne. Il a le mérite de suggérer des orientations dans le domaine de la recherche pour une utilisation plus efficace de l'approche systémique en tant qu'outil d'analyse et d'intervention dans un système de gestion des ressources en eau.

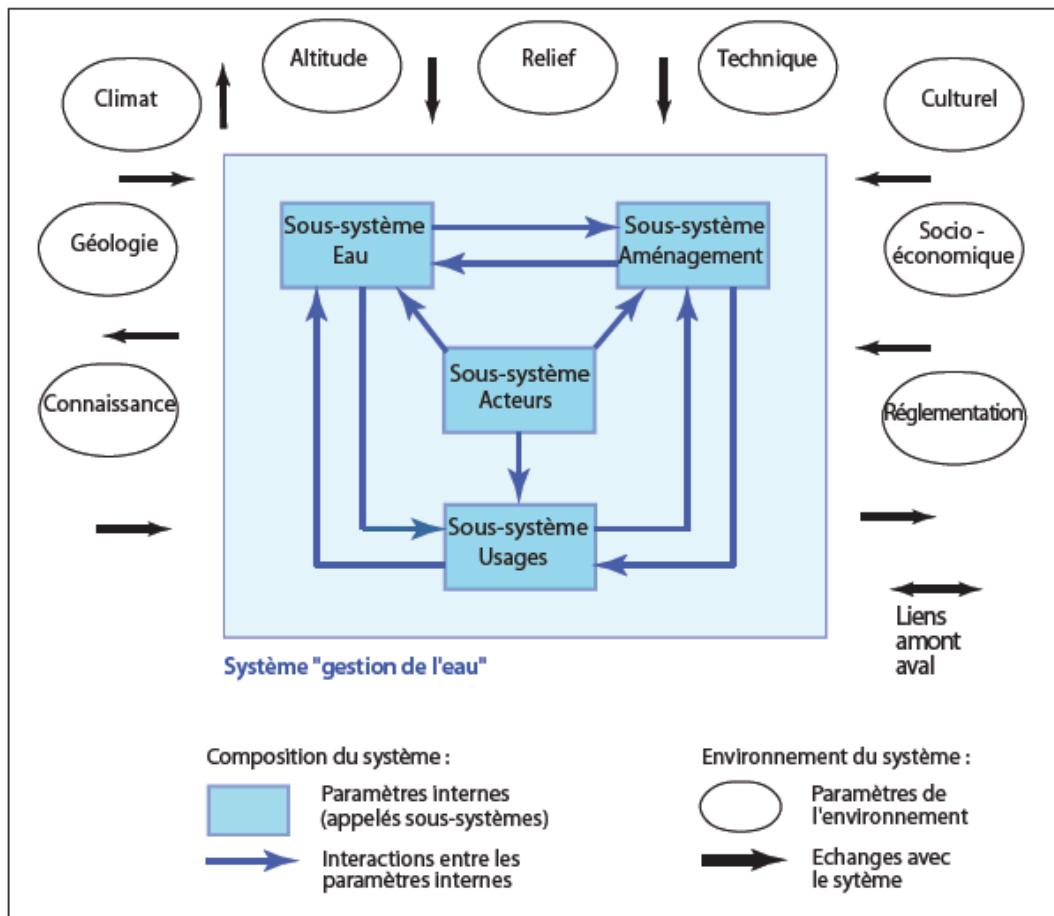


Figure 1.1. Cadre théorique du système de gestion des ressources en eau sur un territoire de montagne. Source : B. Charnay 2010.

2. Les concepts

2.1. Le concept de ressources

On parle le plus souvent de ressources naturelles, et parfois de ressources naturelles renouvelables. Le choix de distinguer ressources naturelles et ressources renouvelables repose sur une nécessité de clarté sémantique. Toute ressource renouvelable est bien sûr naturelle, si l'inverse n'est pas vrai, sauf à échelle pluri-séculaire. Cependant, la littérature sur les ressources naturelles, en économie, envisage les ressources en termes de stocks à exploiter rationnellement. Le problème est alors celui du taux optimal d'extraction (H. Hotelling, 1931).

La littérature sur les ressources naturelles considère les ressources renouvelables comme un cas particulier du problème précédent, le calcul du taux optimal d'extraction étant rendu plus difficile par l'existence d'un renouvellement (D. Pearce et al, 1993). En fait, les ressources renouvelables ne sont guère analysables en termes de stocks, même si c'est ainsi qu'elles sont le plus souvent étudiées. Renouvelables, elles sont soumises à une grande variabilité, à la fois naturelle et d'origine anthropique. De plus, il est peu réaliste de penser une ressource vivante indépendamment des autres avec lesquelles elle interagit au sein d'un écosystème. La logique sur laquelle repose la dynamique de leur exploitation est à la fois une logique de flux et de variabilité (H. Le Bras, 1994). Dans le domaine de l'eau est tout d'abord une ressource-flux (en opposition aux ressources-stocks, telles que les ressources minières par exemple), disponible temporairement en raison du caractère cyclique de son occurrence à la surface de la Terre (G. Pillet, 1993). On peut en prélever une partie sans qu'à vue humaine on n'en tarisse la source. Les prélèvements peuvent toutefois diminuer les stocks s'ils sont supérieurs au taux de renouvellement. Pour cette raison, (T. Tietenberg, 1992) parle de ressource renouvelable mais épuisable. (A. Mather, et al 1995) montrent que ce concept d'épuisabilité s'applique principalement à l'aspect qualitatif de la ressource en eau. En termes quantitatifs, l'eau est généralement une ressource renouvelable; en termes qualitatifs, elle peut rapidement prendre l'aspect d'une ressource-stock et s'épuiser. C'est ensuite une ressource multifonctionnelle. En plus des fonctions d'approvisionnement (eau potable, eau industrielle), la ressource en eau peut produire des biens et services dans de multiples domaines très différents: par exemple une fonction de support (navigation), de production industrielle (refroidissement de centrales nucléaires), récréative (sports nautiques), culturelle (paysages hydrographiques), médicale (thermalisme), de production alimentaire (eaux minérales), géomorphologique (inondations, crues), etc. (E. Reynard, 2000). Les relations entre ces différentes fonctions peuvent être soit complémentaires soit conflictuelles.

2.2. Le concept de gestion

La nature complexe de la gestion globale des territoires avec l'objectif d'un développement durable rassemble les éléments les plus divers provenant des sphères naturalistes, humaines et sociales, et de domaines scientifiques plus théoriques permettant de les analyser dans leurs ensemble et interrelations par définition, la gestion globale tient compte à la fois des exigences du développement et des contraintes de l'environnement (M.G. Durand, 1997). La démarche la plus simple pour reconnaître les dimensions multiples impliquées par la gestion est de s'interroger sur le contenu de l'action de gérer dans la perspective d'un développement durable :

-Gérer, c'est d'abord maintenir le fonctionnement de l'utilisation d'un territoire en assurant le renouvellement des ressources, tant d'un point de vue économique qu'à des fins écologiques concernant la faune, la flore, l'aire, l'eau, la qualité de la terre. La gestion a donc une dimension écologique qui recouvre la notion d'écosystème. La dimension temporelle lui est donc consubstantielle puisque l'action de gestion se déroule dans le temps, projetant dans la future des objectifs à réaliser ou à maintenir.

-Gérer suppose, par définition, l'intervention humaines avec tous ses acteurs : producteurs, gestionnaires, historique, géographiques ; économiques, politiques, juridiques,

culturelle,...L'un des aspects importants est le phénomène relativement récent de patrimonialisation. Il entraîne un changement de référent dans les échelles de valeurs que l'on accorde à des éléments naturels ou des lieux que l'on veut sauvegarder.

- Gérer l'environnement, c'est nécessairement intervenir en milieu complexe en intégrant des chaînes biologiques, des contraintes physiques, des actions anthropiques. La notion de système (écosystème, sociosystème) devient donc incontournable dans les études scientifiques nécessaires à cette gestion globale de l'environnement ou toutes ces dimensions doivent être co-présentes et en interaction

2.3. La gestion des ressources en eau

La gestion des ressources en eau concerne l'ensemble des interventions, réfléchies ou non, de l'Homme sur le système naturel. Il s'agit donc d'un ensemble d'actions qui font le lien entre les attentes de la société, autrement dit la demande, et l'offre mise à disposition par le système naturel. De ce point de vue, on comprendra que la question de la gestion est étroitement liée au concept de rareté. En effet, plus la ressource est rare, plus les options de gestion devront être prises avec précaution afin de préserver la durabilité de la ressource. Il faut distinguer entre rareté absolue et relative. La rareté est absolue lorsque les quantités physiques de la ressource ne suffisent pas à satisfaire la demande. La rareté est par contre relative lorsque les quantités physiques de la ressource sont suffisantes pour satisfaire la demande, mais que des problèmes perturbent la qualité de sa mise en valeur (A. Mather, 1995). Les acteurs de la gestion se distinguent en quatre types: les propriétaires de la ressource, les usagers, les gestionnaires et les groupes de pression, certains acteurs se retrouvant dans plusieurs catégories (E. Reynard, 2001). La réalité est souvent très complexe puisque la gestion n'est pas assurée par un seul organisme et qu'elle voit donc s'affronter les intérêts divergents de la part des différents organes de l'administration, des différents types d'acteurs (privés, publics, collectifs, individuels, etc.) et des groupes de pression, chacun ayant ses propres logiques (L. Mermet, 1992).

2.4. Les territoires de montagne

Le territoire de montagne est un système spatialisé mettant en relation de multiples acteurs (J. Lévy, 2003) avec une organisation et un fonctionnement propres. L'approche territoriale de la gestion des ressources en eau revient à étudier les dynamiques territoriales relatives à l'eau et au développement. Les évolutions démographiques, sociales, économiques, politiques et environnementales remettent sans cesse en question la définition d'une bonne gouvernance de l'eau (S. Ghiotti, 2007). Nous insisterons sur les spécificités d'un territoire de montagne d'un point de vue hydrogéologique et topographique pour leurs liens et influences sur les usages, l'aménagement et l'organisation des acteurs. Les concentrations spatiales et temporelles des usages ne seront pas sans conséquence sur le système de gestion. Nous insisterons également sur les logiques amont-aval qui sont plus directes que dans d'autres espaces, tant spatialement que temporellement (forte réactivité des territoires de montagne aux modifications de son environnement).

2.5. Le concept de gestion intégrée

Le concept de gestion intégrée met l'accent sur la coordination des activités de gestion. On entend autant une intégration horizontale des ressources (l'offre) des usages (la demande) et des acteurs de la gestion, et une intégration verticale des différentes échelles de gestion (du local au global) (Fig.1.2). Le concept de gestion patrimoniale introduit la notion de bien commun (De Montgolfier et al, 1987): il s'agit d'adopter un mode de gestion viable à long terme, s'opposant clairement à une exploitation de type minier, mais également à une exploitation de type extensif, dans la mesure où elle nécessite une intervention d'un organe gestionnaire qui canalise les diverses utilisations dans le but de maintenir l'offre dans certaines limites. Il s'agit de plus d'une gestion de type intentionnel, s'opposant à ce que (L. Mermet, 1992) a qualifié de gestion effective ou gestion de fait, qui résulte de la somme des comportements collectifs et individuels et qui transforme le système naturel sans qu'il y ait forcément raisonnement ou volonté de transformation.

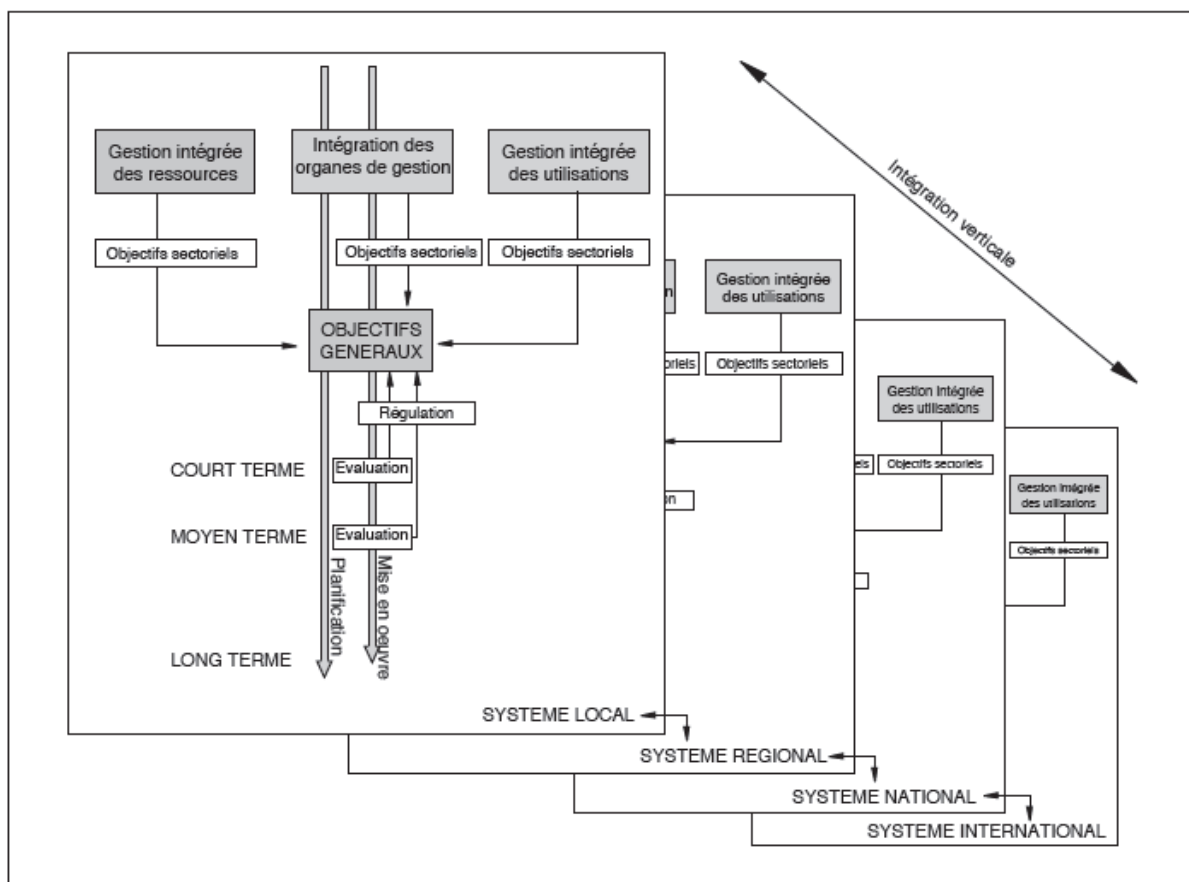


Figure 1.2. Double intégration de la gestion intégrée : verticale et horizontale
 Source : Reynard, 2000.

PARTIE I : Chapitre 2

L'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau

1. l'état de la recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau

Le consensus international sur la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) s'est développé au cours d'un certain nombre d'années, et a été influencé par un certain nombre d'événements importants. Un des plus significatifs de ces événements est la décennie internationale d'adduction d'eau potable et de l'assainissement des Nations Unies (1981-1990), également appelée la « Décennie de l'eau ». Celle-ci visait à fournir suffisamment d'eau potable et de services d'assainissement à tous. Au début de cette décennie, l'eau et l'assainissement étaient considérés comme les besoins fondamentaux devant être satisfaits à travers la planification efficace par les administrations centrales. Au cours de la Décennie de l'eau, l'Afrique a connu une amélioration de l'approvisionnement en eau, la couverture passant de 32% à 46%, alors que pour l'assainissement elle passait de 28% à 36% (WSSCC, 1998). En 1994, 381 millions de personnes (54 % de la population de l'Afrique) ne bénéficiaient toujours pas d'accès à l'eau potable et 464 millions (66%) n'avaient pas accès aux installations d'assainissement (WSSCC, 1998). La Décennie de l'eau s'est principalement concentrée sur l'eau et l'assainissement, aux dépens du développement des autres sous-secteurs de l'eau.

Suite à la Décennie de l'eau, la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement s'est tenue à Dublin en 1992. C'était la conférence mondiale sur l'eau la plus significative depuis celle des Nations Unies tenue à Mar de Plata en 1977. Cette conférence a fourni les principales données de base sur les problèmes d'eau douce à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), tenue à Rio de Janeiro en juin 1992. La CNUED visait à élaborer des stratégies et des mesures en vue de freiner et d'inverser les effets de la dégradation de l'environnement et de promouvoir un développement écologiquement sain et durable dans tous les pays. Un plan d'action global pour les années 90 et se poursuivant au 21^{ème} siècle, appelé Action 21, a été élaboré comme base d'un nouveau partenariat mondial pour le développement durable et la protection de l'environnement dans un monde de plus en plus interdépendant. Un autre événement important a été la création du partenariat mondial de l'eau et le Conseil mondial de l'eau en 1996 en vue d'améliorer la coordination des activités dans le secteur de l'eau au plan international. Les deux institutions ont pour mission la coordination de la mise en œuvre des principes et des pratiques de GIRE à travers le monde. Le consensus international sur la GIRE, né de ces nouveaux développements, porte essentiellement sur les quatre principes de Dublin, qui sont généralement considérés comme fondamentaux dans ce domaine (R. Thierry et *al*, 2007). Ces principes sont les suivants :

- L'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, essentielle pour préserver la vie, le développement et l'environnement ;
- L'exploitation et la gestion de l'eau doivent se fonder sur une approche participative, impliquant les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux
- Les femmes jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau ;
- L'eau a une valeur économique dans toutes ses utilisations concurrentes et doit donc être reconnue comme un bien économique.

Une dimension significative du consensus sur la politique intégrée en matière d'eau concerne la reconnaissance croissante, au cours des années 90, du potentiel et des grandes possibilités

de partenariat entre le secteur public et le secteur privé dans le domaine de l'eau, et par conséquent, la nécessité de prendre en compte ces dimensions au niveau des politiques et des stratégies. Ce partenariat prend un nouveau sens dans une approche de gestion intégrée des ressources en eau, parce qu'il met en évidence l'importance de la décentralisation et de la séparation effective des fonctions de réglementation et de service.

Un autre jalon important du développement d'un consensus mondial sur la gestion des ressources en eau est le deuxième forum mondial de l'eau et la conférence ministérielle de mars 2000 à La Hayes. L'objectif principal de cette rencontre consistait à donner aux parties prenantes l'occasion d'examiner la crise de l'eau qui menace le 21ème siècle et de rechercher le mécanisme le plus apte à assurer la sécurité de l'eau pour toutes les utilisations au cours du siècle. Les principaux documents qui ont servi de base pour l'examen d'une sécurité future de l'eau étaient les documents de vision mondiale de l'eau et de cadre d'action. Les principaux défis identifiés dans le cadre de la vision étaient la pénurie d'eau, la difficulté d'accès à l'eau potable et le manque d'hygiène en particulier, pour les plus vulnérables, les pauvres, les femmes et les enfants et la montée du besoin en eau pour la production vivrière en vue d'une alimentation correcte. Les grandes causes de ces défis sont la détérioration de la qualité de l'eau douce liée à la dégradation de l'environnement, la concurrence et les disputes plus nombreuses qui entourent les ressources en eau communes, la baisse de l'investissement et la gestion parcellaire des ressources en eau à l'échelon local, national et régional. Dans un effort pour encourager une évolution vers des approches plus durables du développement et de la gestion des ressources en eau, le Sommet mondial sur le développement durable (SMDD) de 2002 a appelé tous les pays à ébaucher une gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et une stratégie d'efficience de l'eau d'ici la fin de 2005. De telles stratégies sont destinées à soutenir des pays dans leurs efforts pour atteindre des objectifs de développement, comme la réduction de la pauvreté, le renforcement de la sécurité alimentaire, la promotion du développement économique, la protection des écosystèmes ; et relever des défis spécifiques liés à l'eau, tels que la lutte contre les inondations, l'atténuation des effets de la sécheresse, l'accès accru à l'eau potable et à l'assainissement, et la lutte contre la concurrence croissante pour l'eau et la pénurie d'eau. À la fin de 2003, le GWP a mené une enquête informelle pour voir comment les pays avaient progressé vers des approches plus intégrées et durables du développement et de la gestion des ressources en eau et, en particulier, s'ils s'étaient rapprochés de la cible d'action du SMDD. Les résultats préliminaires montrent que, sur les 108 pays observés à ce jour, près de 10 % avaient bien évolué vers des approches plus intégrées, 50 % avaient fait quelques pas dans cette direction mais devaient accroître leurs efforts, tandis que les 40 % restants n'en étaient qu'au stade initial du processus. Les résultats de cette enquête suggèrent que certains pays ont des difficultés à percevoir en quoi une stratégie de GIRE peut les aider à servir leur développement économique et social, tandis que d'autres rencontrent divers obstacles dans leurs efforts pour faire décoller le processus.

Pour la Méditerranée, le programme des nations Unies pour l'environnement et au sein du Plan d'Action, le Plan Bleu s'attache, depuis plus de trente ans, à rendre compte de la situation de l'environnement, de son évolution et à dessiner des scénarios d'avenir pour éclairer la décision, et dresser un constat des évolutions survenues au cours des dernières décennies. Il a pour objectifs d'alerter sur les principaux risques liés à la poursuite des tendances actuelles et d'inviter à l'action en proposant des orientations stratégiques pour

mieux concilier l'environnement et le développement et renforcer les solidarités entre les rives.

Pour l'Algérie, l'organisation de la gestion de l'eau centralisée se fait par le ministère des ressources en eau, qui est le principal responsable de la politique de l'eau dont il assure l'élaboration et la mise en œuvre. Sa compétence s'étend à l'ensemble des activités relatives à la recherche, l'exploitation, le stockage, la distribution de l'eau pour tous les usages, à l'assainissement. Il veille, avec les ministères chargés de l'Environnement et de la Santé, à la préservation de la qualité des ressources en eau. Durant la dernière décennie, l'Algérie, est également engagée des réformes et développé des lois et des actions comme: le plan national de l'eau, la ministère des ressources en eau (2003), loi nationale de l'eau, le gouvernement d'Algérie (2005) et plan d'action pour la mise en œuvre d'un cadre de la GIRE, ministère des ressources en eau (projet 2006-2007) afin d'élaborer des plans directeurs d'aménagement et d'affectation des ressources, ainsi que l'information et la sensibilisation des usagers à l'utilisation rationnelle de l'eau.

2. Le contexte de mise en œuvre de la GIRE

2.1. Des recherches nombreuses sur l'application de la GIRE

La GIRE est un outil flexible qui permet de s'attaquer aux défis de l'eau et d'optimiser la contribution de l'eau au développement durable. Elle n'est pas un but en elle-même. La GIRE consiste à renforcer des cadres pour la gouvernance de l'eau afin d'encourager des prises de décision appropriées en réponse à des situations et des besoins changeants. Elle cherche à éviter de perdre des vies, de gaspiller de l'argent, et d'épuiser le capital naturel à cause de décisions qui n'ont pas pris en compte les ramifications plus étendues d'actions sectorielles. Elle vise à garantir que l'eau est développée et gérée équitablement et que les divers besoins en eau des femmes et des pauvres sont traités. Elle cherche à garantir que l'eau est utilisée pour faire avancer les objectifs de développement économique et social d'un pays par des moyens qui ne compromettent pas la pérennité d'écosystèmes vitaux ni la possibilité pour les générations futures de satisfaire leurs besoins en eau. Il n'existe pas un modèle universel de gestion intégrée. Il est fonction de la gouvernance de chaque territoire et des objectifs à atteindre pour une gestion durable des ressources en eau. (Global Water Partnership, 2004).

Les réponses institutionnelles reposent sur l'élaboration de règles appropriées en matière de gouvernance et la création de structures organisationnelles adaptées à l'échelle de bassin versant (Global Water Partnership, 2009). L'intérêt d'une agence de bassin est notamment de transcender les divisions administratives, et d'encourager une gestion participative et des actions coordonnées sur la base de consensus. Néanmoins la création de ces structures ne garantit pas une approche GIRE. Elles doivent aussi être soutenues par des politiques, une législation et l'édification de capacités appropriées (Global Water Partnership, 2004). D'autres ONG préconisent aussi la GIRE à travers la création des organismes de bassins, comme le RIOB qui met en œuvre un plan d'actions pluriannuel ayant pour but de favoriser la création d'organismes de bassin à travers le monde et de renforcer leurs activités. Ainsi les recommandations des ONG internationales portent essentiellement sur deux grandes échelles du système : nationale et grand bassin hydrographique. Il est donc intéressant de compléter cette approche par d'autres travaux de recherches qui se concentrent sur d'autres points d'entrée de la GIRE.

Un grand nombre de recherches en sciences humaines porte aussi sur l'approche sociale et les perceptions (Point, 1996 ; Bonnal, 2002 ; De Vanssay, 2003). L'académie de l'eau a étudié les conditions d'évolution des perceptions liées à l'eau, en les schématisant sous la forme d'un diagramme appelé « diagramme de l'utopie stratégique ». L'évolution des perceptions est fonction du statut reconnu de l'eau mais aussi de l'organisation territoriale. Le diagramme qui la mesure est ainsi composé de deux axes, chaque axe comportant trois échelons :

- l'axe du questionnement lié à l'eau avec ses trois stades successifs :

1. absence d'intérêt,
2. identification unique à un problème momentanément dominant (pénurie, pollution, inondation...),
3. assimilation à un bien commun qu'il convient de gérer en fonction de diverses contraintes.

- l'axe de l'aménagement du territoire qui présente également trois stades :

1. non-organisation,
2. territoire approprié par un ou plusieurs groupes agissant éventuellement de façon conflictuelle ou rivale,
3. organisation pertinente vis-à-vis de la gestion de l'eau, permettant à tous les acteurs de participer à la prise de décision.

La situation optimale pour une évolution des perceptions favorables à la mise en place d'une GIRE est de se placer au troisième niveau de chaque axe (Fig.2.1). Quant aux gestionnaires et autres acteurs locaux, ils développent aussi des outils pour appliquer la GIRE, en se focalisant plus sur la recherche et la synthèse de données pour davantage connaître le territoire, les usages, les ressources en eau et les communiquer entre acteurs. L'intégration des connaissances interdisciplinaires s'accompagne généralement d'une intégration des acteurs et de leur différente échelle de gestion. Citons par exemple le modèle AGIRE (Aide à la GIRE), développé par le BRGM. C'est un modèle conceptuel du fonctionnement de l'hydrosystème permettant d'évaluer l'impact de différents scénarios de gestion sur l'évolution de la quantité d'eau avec une application développée pour la moyenne vallée de l'Hérault (Lanini et al, 2003 ; G. Rinaudo 2003). EDF a développé un outil du même nom dans les objectifs similaires, et en particulier pour la concertation et la communication (Rietjens, 1994). Des institutions utilisent aussi de plus en plus d'outils de gestion intégrée, comme le « Département de Sécurité Environnement » de l'Etat de Vaud qui gère et tient à jour le « SIG Gesreau », un système d'information géoréférencé, développé à l'EPFL regroupant l'ensemble des données relatives à la gestion des eaux dans le canton de Vaud (Crausaz, Musy, 2001 ; Talamba et al, 2000).

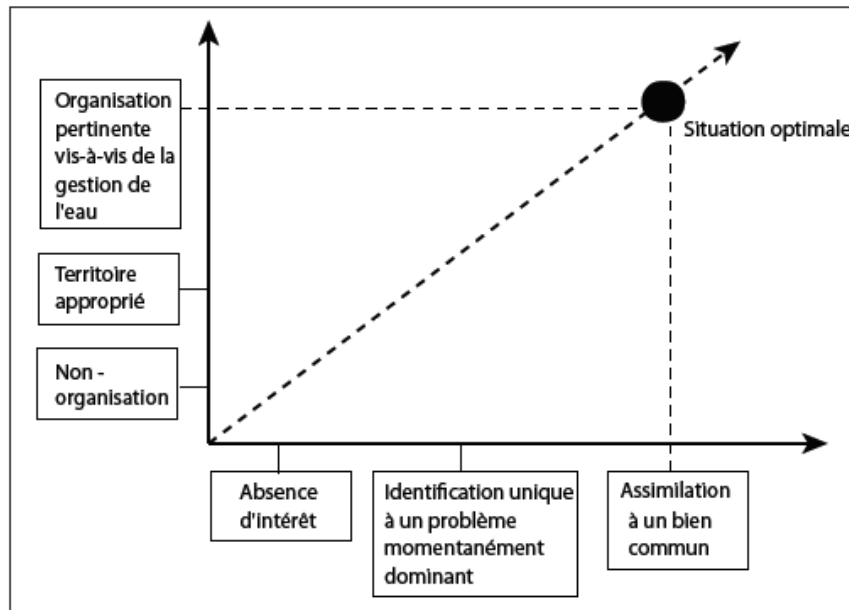


Figure 2.1. Diagramme d'utopie stratégique. Source : Mediet, 2008

La problématique d'application de la GIRE peut aussi être étudiée au travers des processus de médiation, négociation et concertation. La mise en place d'une GIRE n'est, en effet, pas forcément synonyme de nouvelle institution. Des mécanismes de coordination et de concertation peuvent arriver aux mêmes fins entre les multiples acteurs à compétences nombreuses. L'introduction dans le débat de la notion de « partenaires, permet de dépasser le droit et d'élargir les possibilités de collaboration à tous ceux qui veulent et peuvent contribuer à une gestion intégrée à l'intérieur du bassin versant » (Lasserre, Descroix, 2003 ; Courtois et al, 2003). Dans ce contexte, plusieurs programmes de recherches ont eu pour objectif d'étudier les outils d'aide à une gestion concertée des ressources en eau : le programme de recherche « Concertation, Décision et Environnement » conduit par Olivier Barreteau (Barreteau, 2003), ou encore le programme AQUAE du Cemagref et de l'INRA visant à développer des supports de médiation (outils et méthodes) pour la négociation des règles de gestion des ressources en eau (Dumontier, 2000 ; Abrami, 2004 ; Paran, 2005).

L'école des Mines de Etienne a aussi initié un programme de recherche, le programme ADNT (Aide à la Décision et Négociation Territoriale) sur le développement d'outils d'aide à la décision et à la négociation, utiles aux acteurs du développement local intervenant dans des projets de territoire (contrats globaux de développement, chartes de territoires, Agenda 21, SAGE, contrats de rivières). On peut citer également les programmes de recherches portés par le CNRS et l'ANR sur l'eau et les territoires. Une autre analyse originale développée par l'équipe de recherche IDHEAP de Lausanne porte sur la conciliation des approches centrées sur les droits de propriété et celles basées sur l'intervention des politiques publiques. La gestion intégrée serait ici une gestion qui implique un régime institutionnel de ressources en eau intégré, défini comme un régime à forte étendue, c'est-à-dire couvrant l'ensemble des usages, et à forte cohérence entre politiques publiques et droits de propriété ou d'usage (Fig.2.2).

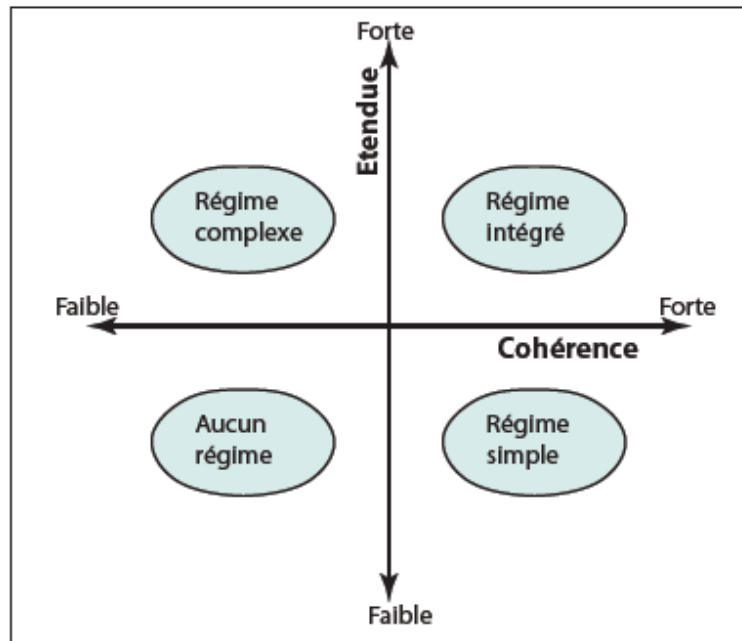


Figure 2.2 .Typologie des régimes institutionnels des ressources.

Source : C.Mendieta, 2005

Autrement dit, une gestion intégrée sera celle qui mène à une situation où l'ensemble des usages de l'eau sont pris en compte et où les effets des politiques publiques affectent les détenteurs des droits de propriété et d'usage de l'eau (C. Mendieta, 2005). Ce rapide panorama, souligne que les recherches sur l'application de la GIRE sont nombreuses et variées. Ces différentes approches permettent d'enrichir notre réflexion sur l'élaboration d'une grille d'évaluation d'un système de gestion.

2.2. La GIRE comme outil du changement

Une approche de GIRE nécessite un changement positif, dans l'environnement favorable, dans les rôles institutionnels, et dans les instruments de gestion. Fondamentalement, il s'agit de changer la gouvernance de l'eau, c.-à-d, l'ensemble des systèmes politique, social, économique et administratif qui sont en place pour développer et gérer les ressources en eau et fournir des services liés à l'utilisation de l'eau, à différents niveaux de la société (Global Water Partnership, 2005). Étant donné que le changement est un élément fondamental de l'approche, la GIRE devrait être considérée comme un processus plutôt qu'une approche ponctuelle unique (à long terme et évolutif, mais itératif plutôt que linéaire de nature) (Fig.2.3). Dans cette optique, il faut nécessairement un cadre de gouvernance efficace qui favorise les bonnes décisions sur une base permanente en réponse aux besoins et aux scénarios en mutation. En tant que processus de changement qui cherche à faire perdre aux systèmes de développement et de gestion des ressources en eau leur forme actuellement non durable, la GIRE n'a pas de début ni de fin fixe. C'est pourquoi la GIRE ne se substitue pas à un système de gestion existant. C'est une nouvelle étape, une nouvelle stratégie qui s'appuie

sur l'existant et qui cherche en même temps à renforcer le dispositif pour en améliorer l'efficacité.

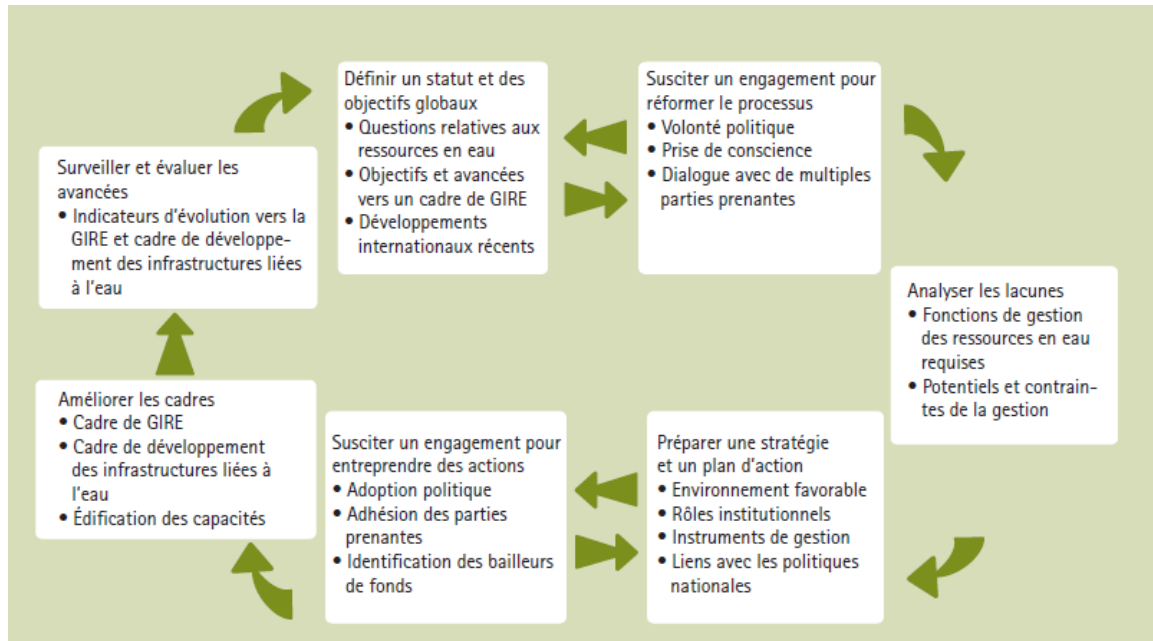


Figure 2.3. Processus continu de la GIRE répondant aux changements de situations et de besoins. Source : Global Water Partnership, 2004

Cette notion de processus par étape est aussi présente dans les réflexions de l'académie de l'eau qui visent à élaborer une « Méthodologie de Développement Intégré Eau-Territoire », MEDIET (Académie de l'Eau, 2008).

Le facteur temps est important dans la mise en place d'une gestion intégrée, comme l'indique la figure 2.4, le cadre prospectif de la gestion intégrée serait le développement durable à long terme. On peut légitimement s'interroger sur sa capacité à « répondre aux changements de situations et de besoins » et à s'adapter à des nouveaux contextes, comme celui du changement climatique, du fait de la complexité du système.

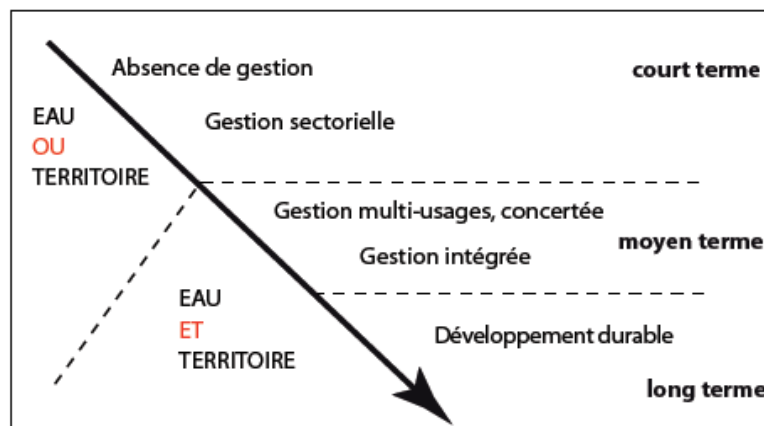


Figure 2.4 Etapes d'une gestion intégrée « Eau et Territoire ». Source : Académie de l'Eau, 2008, modifié

Cette question est d'autant plus pertinente qu'elle renvoie à de réels manques au niveau de la recherche et de connaissances. En effet, peu de travaux abordent la GIRE et la complexité dans une dynamique de processus. Des travaux de modélisation de la dynamique des interactions entre acteurs et objets de décision ont été développés de façon systémique dans la longue durée sous le nom de « World Dynamics » par J.W. Forrester. Ces modèles ont été essentiellement appliqués à des process industriels, ou pour le développement des pays à la demande du Club de Rome (Taylor, 2008).

2.3. La GIRE et les territoires de montagne

Notre problématique de recherche renvoie à deux dimensions qui sont souvent mises en opposition : la gestion intégrée des ressources en eau et le développement socioéconomique des territoires de montagne. Nous voulons ici mettre en avant que les recherches restent insuffisantes pour appliquer une GIRE à un territoire de montagne, malgré les nombreux travaux scientifiques sur la montagne en tant qu'objet.

2.3.1. La montagne comme système d'interactions localisées

Considérer la montagne comme le cadre d'étude ou le produit de systèmes de phénomènes en interactions constitue la façon la plus constante de Humboldt à aujourd'hui d'envisager la montagne comme objet géographique d'un point de vue disciplinaire. Cadre d'étude ou produit de ces systèmes d'interaction ? La différence est importante d'un point de vue conceptuel; mais elle n'est pas toujours traitée comme telle par les géographes. Beaucoup n'explicitent pas la différence qu'il y a à considérer la montagne tantôt comme une simple forme topographique sur lesquels se manifestent des phénomènes d'un autre ordre, tantôt comme le fruit de l'interaction plusieurs de ces phénomènes, y compris topographiques. " Une montagne est, avant tout, un grand accident de terrain, un relief qui bouche l'horizon: le volume saillant et son corollaire la pente sont à la base du concept de montagne. Ce n'est que secondairement, et parce que le volume saillant pénètre nécessairement dans des couches plus élevées de la troposphère, que la montagne se définit par un étagement bioclimatique", (J. Demangeot 1992). Ce statut est celui qui est conféré à la montagne pour des spécialités très différentes de la géographie: la géomorphologie, surtout quand elle devient attentive aux influences climatiques (étude des paléoclimats de montagne, des manifestations périglaciaires sur les versants, etc.); la climatologie surtout quand elle étudie les variations rapides engendrées par les reliefs et l'orientation; la géographie de la population quand par exemple elle rapporte la distribution des lieux d'habitation aux conditions topographiques et climatiques; les recherches consacrées au développement durable des régions de montagne, etc. Mais elle constitue aussi et surtout le fondement de la géographie régionale consacrée aux régions de montagne. Le recours aux concepts de paysage ou de géosystème atteste généralement de ce statut. Dans cette perspective, la montagne est susceptible de retrouver le statut de laboratoire qu'elle avait acquise en d'autres temps et pour d'autres projets scientifiques ; Si la montagne constitue "un mode spécial, c'est parce qu'elles représentent en miniature, sur de courts espaces un échantillon de tous les paysages du monde" (P. Pech et al 1992).

2.3.2. La montagne comme terme géographique d'une relation/interaction spatiale

Un très grand nombre de travaux géographiques s'intéressent à la montagne dans sa capacité à différencier une étendue donnée ou à être différenciée au sein de cette étendue. Elle est donc plutôt conçue comme un terme d'un différentiel spatial et de dynamiques de différenciation, et ce type de travaux fixent surtout leur attention sur les échanges, les relations et les interactions spatiales. Ce type de statut est attaché à la montagne pour des thématiques aussi diverses que l'hydrologie, la gestion, l'exploitation commerciale et la protection des ressources naturelles, les pratiques et l'aménagement touristique (J.P. Guerin 1984; R. Knafou 1978).

2.3.3. La montagne comme objet de "géographie totale"

Il est plus rare que les travaux géographiques combinent les deux regards développés dans les points précédents. Cela ne tient pas à une quelconque impossibilité théorique ou méthodologique, mais plutôt aux habitudes des chercheurs qui se cantonnent volontiers dans l'une ou l'autre des postures de recherche. Toutefois, cette curiosité s'est développée depuis une vingtaine d'années avec le développement des recherches consacrées aux changements globaux, notamment de nature climatique, économique et culturelle. En effet, dans beaucoup de travaux, la montagne apparaît comme un révélateur de l'un ou l'autre de ces changements, notamment en raison de la fragilité de certains équilibres naturels ou sociaux que l'on y rencontre. De nombreux travaux consacrés au changement climatique prennent les glaciers et la localisation de quelques espèces végétales de montagne pour témoins d'un réchauffement climatique de la planète (M. Beniston 1994). D'autres étudient la transformation des économies traditionnelles avec l'ouverture des marchés et le développement du tourisme international (par exemple I. Sacareau 1997). Ce façon de problématiser l'objet montagne en géographie gagne à incorporer une réflexion sur les échelles et les ordres de grandeur (J. Tricart 1965; Y. Lacoste 1976).

2.3.4. La reconnaissance internationale du rôle de « château d'eau » des montagnes

Depuis les années 70, plusieurs programmes de recherche accordent une place plus grande aux écosystèmes de montagne (Liniger, 1998). En 1992, à la Conférence des Nations Unies pour l'environnement et le développement, sommet de la terre de Rio de Janeiro, le chapitre 13 intitulé Gestion des écosystèmes fragiles, mise en valeur durable des montagnes a été inclus dans Action 21, le document principal de la conférence. La commission des Nations Unies du développement durable a par la suite désigné la FAO comme responsable des activités de ce chapitre sur les montagnes. Grâce à un degré de collaboration sans précédent entre les institutions des Nations Unies, les gouvernements nationaux, les organisations internationales, les ONG et les institutions de recherche, un rapport exhaustif, *Mountains of the world: a global priority* (Messerli et Ives, 1997), accompagné du document d'orientation, *Mountains of the world: challenges for the twenty-first century* (Bisaz et al, 1997), a été présenté à la session extraordinaire de l'assemblée générale des Nations Unies, Rio+5, en 1997. Dans le cadre de ses travaux pour renforcer la gestion des ressources en eaux et en terres dans les zones d'altitude, en 2002 la FAO a lancé l'initiative "La prochaine génération

de programmes d'aménagement des bassins versants". La FAO a également choisi "Les montagnes: source d'eau douce" comme thème de la première journée internationale de la montagne, afin de renforcer la sensibilisation sur le rôle clé des montagnes dans l'alimentation du monde en eau.

"L'eau est indispensable à la vie de l'homme, et la santé des écosystèmes montagneux est indispensable à l'approvisionnement en eau de la planète", fait remarquer M.G. Douglas, chef du Groupe de la montagne de la FAO. "En prenant soin des montagnes, nous aidons à garantir la survie à long terme de tout ce qui s'y rattache, à commencer par nous-mêmes."

2.3.5. Des connaissances plus limitées sur l'application d'une GIRE sur un territoire de montagne

Dans le domaine scientifique, les recherches sur « l'eau en montagne » concernent généralement un domaine d'utilisation de l'eau, ou une composante naturelle du système de l'eau, par exemple : la géomorphologie karstique (EDYTEM, 2008), les régimes hydrologiques (J.L. Edouard. et al, 1984 ; L. Juif, 1991), les hydrosystèmes (G. Le Guellec, 2007) ou encore les milieux aquatiques dans le cadre de l'application de la DCE. Des travaux de références ont porté sur l'ensemble des usages de l'eau d'un territoire de montagne par exemple :

- Cadre institutionnel et gestion des ressources en eau dans les Alpes: deux études de cas dans des stations touristiques valaisannes, (E. Reynard, 2000). Le travail analyse le cas de la gestion des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne. Ces systèmes sont caractérisés par de fortes fluctuations de population et par une sélection des usages (eau potable, eau d'irrigation, production d'énergie et usages touristiques). Le travail vise à répondre à deux questions. La gestion actuelle de l'eau dans les stations touristiques alpines est-elle intégrée et durable?. Le cadre institutionnel influence-t-il cette intégration et la durabilité? L'article montre que l'eau est une ressource exploitée en commun (common pool resource) et que sa gestion s'inscrit dans la discussion sur la "tragédie des communs". Deux études de cas (Crans-Montana-Aminona et Nendaz, en Valais) permettent de conclure que la gestion de l'eau dans ces régions est globalement caractérisée par une faible intégration, un faible degré d'information et une tendance au gaspillage. Le cadre institutionnel a un impact certain sur le degré d'intégration. Un impact sur la durabilité de la gestion est plus difficile à mettre en évidence.

- L'évolution des systèmes de gouvernance locale de l'eau d'irrigation dans la vallée de la Vésubie (Arrière- Pays niçois-Sud Est France) : de l'eau source de vie ou/et de mort à l'eau source de loisir (H. Sabri, 2016) .L'objectif de ce travail de recherche est de montrer à travers l'évolution des systèmes de gestion sociale et technique de l'eau d'irrigation dans cette zone de montagne méditerranéenne, les différentes formes de gouvernance locale de l'eau en analysant les logiques et les stratégies des acteurs locaux vis à vis de la gestion globale de la ressource.

- Les impacts hydrologiques de la production de neige dans un domaine de moyenne montagne (E. Magnier, 2016). Cette étude montre également que le partage de la ressource provoque une situation à risque, particulièrement lorsqu'un lac ou une retenue collinaire

unique doit servir à la fois à la production de neige et à l'alimentation en eau potable. Des situations de pénurie d'eau peuvent exister ponctuellement et la situation doit être surveillée.

- Risque, ressource en eau et gestion durable de la durance en 2050 (E. Sauquet, 2015). Une vision prospective de la gestion de l'eau du bassin de la durance et des territoires alimentés par ses eaux à l'horizon 2050 a été élaborée, appuyée par une chaine de modèles. Cette chaine inclut des représentations : du climat, de la ressource naturelle, des demandes en eau pour l'agriculture et l'alimentation en eau potable, et du fonctionnement des grands ouvrages hydrauliques (barrages de Serre-Ponçon, de Castillon et de Sainte-Croix), sous contraintes de respect des débits réservés, de cotes touristiques dans les retenues et de restitution d'eau stockée pour des usages en aval.

-Proposition d'interface Science-Société pour la gestion intégrée de la ressource en eau dans un contexte de changements climatiques (E. Leroy, 2015). Au cours de ce travail un modèle couplant représentations des ressources naturelles et des activités socio-économiques a été construit. Il permet d'explorer à la fois les impacts sur la disponibilité des ressources en eau, des changements climatiques et des choix socio-économiques pour un territoire de montagne à différents horizons temporels.

PARTIE I : Chapitre 3

Le système de gestion intégrée des ressources en eau

1. Le système de gestion de l'eau

Comme cela a été déjà relevé, la gestion des ressources en eau s'apparente à un système complexe où interagissent « les ressources en eau », « l'aménagement du territoire », « les différents usages » et « les différents acteurs ». A ces facteurs internes (sous-systèmes), il faut adjoindre les facteurs dits externes qui interviennent, à la fois, dans le fonctionnement et l'évolution du « système GIRE ».

1.1. L'environnement du système

Plusieurs éléments extérieurs interviennent et influencent le fonctionnement de notre objet d'étude.

1.1.1. Les paramètres naturels du sous-système « eau »

Un des premiers paramètres à jouer sur la ressource en eau est le climat. L'extrême Nord- Est n'est que la terminaison orientale de l'atlas Tellien qui, en Algérie fait figure de milieu original .En effet, il s'agit d'une montagne typiquement méditerranéenne. Méditerranéenne, elle l'est par sa position et son climat. Ici la barrière montagneuse domine brutalement la mer Méditerranée elle arrête bien les perturbations venues du Nord-Ouest .Ainsi s'oppose un versant Nord très humide (plus de 1600 mm.an⁻¹ à Zitouna ; G. Camps, 2012) qui porte un couvert végétal abondant (chênes-lièges, chênes zéens, lentisques ...) et un versant Sud qui est plus sec .Méditerranéenne elle l'est aussi par son relief : le Tell oriental Algérien fait partie de l'ensemble alpin méditerranéen , abritant au Nord le long du littoral une dépression marquée par un milieu humide unique en son genre dans le bassin méditerranéen : le complexe de zones humides marqué par des lacs et des marécages permanents abritant une flore et une faune diversifiées (D. Zouini, 2010). Cette terminaison du Tell est un milieu très riche, encore éloignée des pollutions et au même temps particulièrement fragile car de tout temps ce fut un milieu peuplé et ces derniers temps la pression sur la nature se fait sentir. Les ressources en eau dépendent des paramètres topographiques du bassin versant. L'altitude (situation) et le relief (effet barrière) déterminent les écoulements d'un bassin versant en interceptant les précipitations et en les stockant sous forme de neige et de glace en hiver pour les restituer de façon étalée durant les périodes plus chaudes. Un bassin versant qui a une altitude médiane élevée se caractérise le plus souvent par de plus fortes précipitations, en raison d'un gradient altimétrique moyen de précipitation de 50 mm.an⁻¹/100m (P. Seltzer, 1946) de dénivelée positive (dans l'extrême Nord-Est) et d'un stock neigeux moins important. Les conditions d'écoulement et de stockage dépendent également de la nature du substrat (roches fissurées, perméables, imperméables...) et surtout de la pente. Plus celle-ci est marquée, plus la part des ruissellements est importante, que les roches soient perméables ou non.

1.1.2. Les paramètres anthropiques du système

A ces paramètres naturels, il faut adjoindre les facteurs anthropiques et les moyens d'actions des acteurs. On fait référence ici au contexte socio-économique, culturel, institutionnel, politique, réglementaire, scientifique et technique.

Le système socio-économique renvoie à la dimension économique et sociale du territoire. Le système économique correspond au niveau de développement et à sa situation. La population du bassin versant de Guebli était une société paysanne au sens plein du terme : un fort attachement à la terre, une mise en valeur soignée. Sa structure sociale était forte, régie par des règles coutumières, la terre était privatisée de statut melk (H. Ait Amara 1999). Les montagnards pratiquent un élevage de bovins. Les chèvres et les moutons apportaient des compléments (lait, chair et poil) à une agriculture pauvre (G. Camps 2011). Les densités démographiques sont nettement moins élevées. Le développement touristique des territoires de montagne a permis de contrecarrer l'exode rural amorcé dès le XIXe siècle. Cependant, la spatialisation du développement économique divise la société montagnarde. Dans les régions les moins développées, la population continue à décliner et vieillir, alors que dans les territoires attractifs, elle retrouve une croissance et en même temps devient hétéroclite avec l'arrivée de saisonniers extérieurs pendant la saison touristique. Les dimensions sociale et économique du système sont donc étroitement liées. Le développement économique et la croissance démographique sont les premiers facteurs expliquant l'aménagement du territoire et ses usages de l'eau, leur saisonnalité, leur évolution et le niveau de pressions exercées sur les ressources en fonction de leur importance.

1.2. La dimension temporelle

Les relations entre les quatre sous-systèmes évoluent dans le temps. La dynamique d'un système est décomposée par l'approche systémique en trois temps. La première échelle de temps correspond au temps du processus.

1.2.1. Le temps du processus

Plusieurs activités constituent la gestion : utilisation des ressources et du milieu, actions d'aménagement et d'entretien, réglementation, incitation économique, concertation, connaissance du milieu, prestations intellectuelles et techniques (Fig.3.1). Ainsi chaque acteur intervient directement sur un sous-système en fonction de la nature de son action. Les régulateurs de la politique, via des incitations réglementaires ou économiques, ou les scientifiques, via les connaissances agissent directement sur le sous-système « acteur » par exemple. Les gestionnaires au sens « maîtres d'ouvrage » interviennent sur le sous-système « eau » ou « aménagement » (réseau, infrastructure) en fonction de la disponibilité de l'eau. Leurs actions visent à exploiter les ressources en eau et à les répartir pour satisfaire aux différents usages et répondre ainsi aux besoins du territoire. La prise de décision se fait dans un environnement donné (B. Charnay 2010).

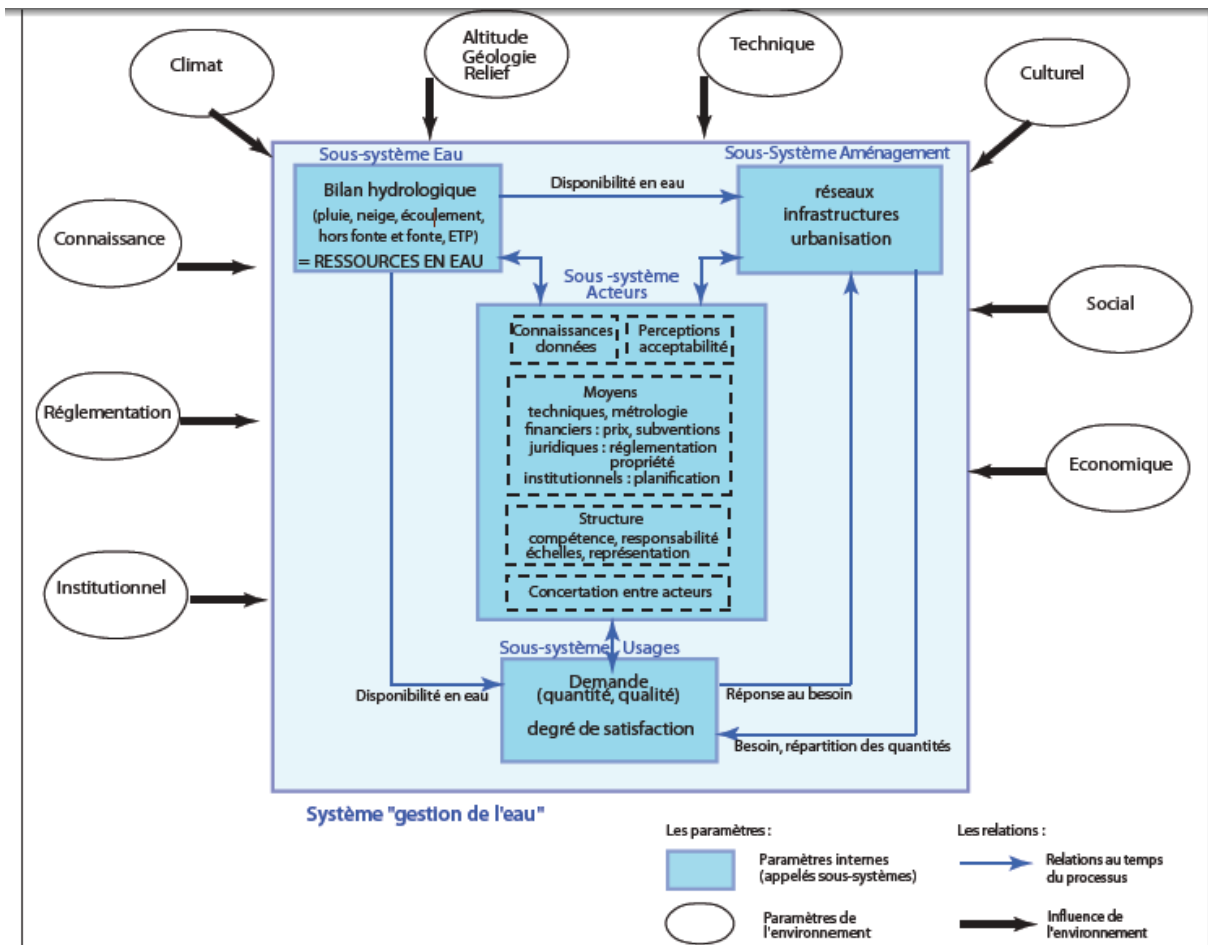


Figure 3.1. Système de gestion de l'eau au temps du processus. Source : B. Charnay 2010.

1.2.2. Le temps du fonctionnement et les boucles de rétroaction

Le temps de fonctionnement englobe les boucles de rétroactions et les actions d'une gestion effective. Apparaissent des nouvelles relations à l'intérieur du système de « gestion de l'eau » et également avec son environnement. Deux nouvelles relations caractérisent cette échelle de temps : l'impact non désiré de l'aménagement sur le sous-système « eau » d'une part, et d'autre part l'impact des usages sur les ressources en eau d'un point de vue quantitatif (restitution différée) et qualitatif (pollution). Deux boucles de rétroactions peuvent être ici identifiées et analysées. La première boucle est créée par les impacts des usages sur les ressources en eau. La pollution ou la restitution différée entraîne une baisse de la disponibilité de l'eau pour les usages à l'aval, et donc une baisse du degré de satisfaction de ces usages concernés. Pour y remédier, certains acteurs ont recours à des solutions dans la technologie pour dépolluer ou accroître le volume d'eau exploitable (Fig.3.2).

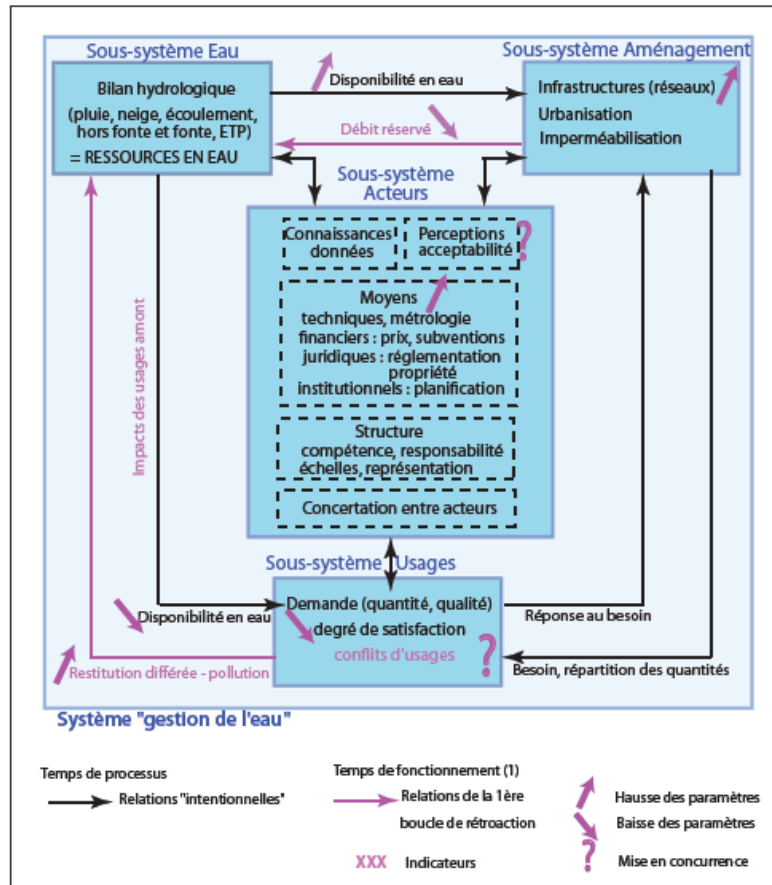


Figure 3.2. Système de gestion de l'eau au temps du fonctionnement et sa première boucle de rétroaction liée aux usages. Source : B. Charnay 2010.

Une deuxième boucle apparaît, liée à l'urbanisation croissante d'un territoire (Fig.3.3). L'augmentation du taux d'imperméabilisation soulève des problèmes de gestion des eaux pluviales qui peuvent contribuer à accroître les risques naturels (érosion, coulées de boues, crue torrentielle...) en période de fortes pluies, et la pollution. Enfin, l'urbanisation crée de nouveaux besoins et pose la question de la répartition des quantités d'eau disponibles entre usages et du recours à des moyens techniques pour répondre à la nouvelle demande. Ceci renvoie à la première boucle de rétroaction (Fig.3.2 et 3.3). En réponse à ces boucles de rétroaction, la faible entropie du système « gestion de l'eau » se traduit par ses capacités d'adaptation et de réorganisation, ici au travers de la réglementation ou des incitations financières. Ces boucles de rétroaction font également évoluer l'environnement. Ces dynamiques se vérifient dans le passé. Depuis le début de l'année 2000, le système de « gestion de l'eau » a été contraint de se réorganiser, suite aux mutations de son économie. L'économie montagnarde est passée en une période d'un système stagnant à un système agro-sylvo-pastoral et touristique à cause de l'amélioration de la situation sécuritaire (le retour de la population à travailler dans les régions montagneuses et l'achèvement du logement subventionné par l'État). Les changements économiques ont perturbé les usages traditionnels de l'eau et ont fait émerger de nouveaux, qui se sont accompagnés d'une évolution de l'ensemble des paramètres du système et de son environnement.

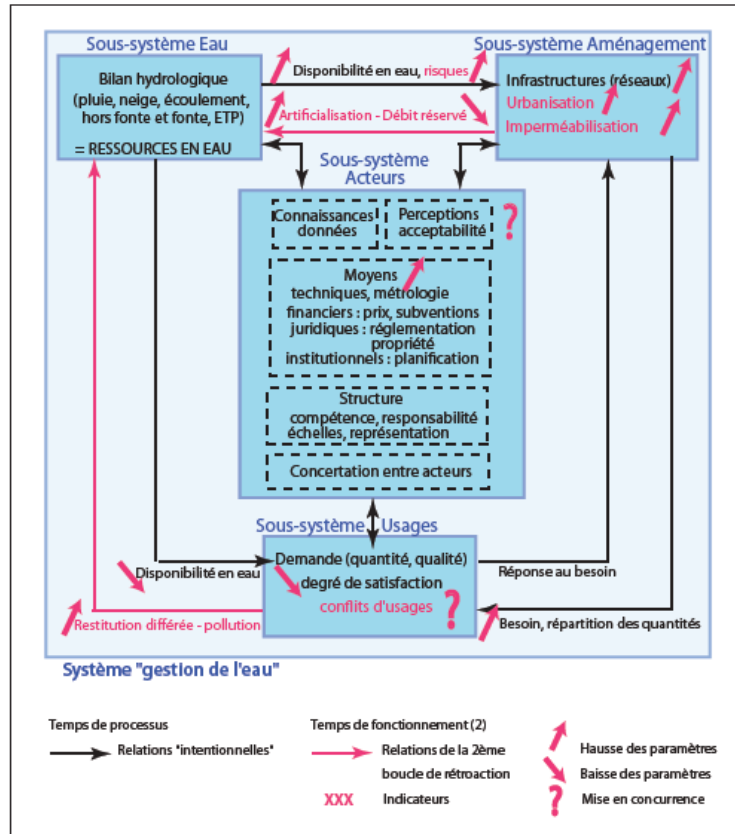


Figure 3.3. Système de gestion de l'eau au temps du fonctionnement et sa deuxième boucle de rétroaction liée à l'urbanisation. Source : (B. Charnay 2010).

1.2.3. Le temps de l'héritage

Ce dernier temps correspond aux caractéristiques d'un territoire ancrées historiquement, aussi bien naturelles (écosystème, contexte géologique et climatologique...) qu'anthropiques : les cultures, les droits de propriété et d'usage rigides aux changements, l'émiettement du foncier et l'occupation du sol résultant des périodes précédentes Il permet de comprendre des paramètres qui interviennent dans les deux précédents temps.

1.3. La dimension spatiale

La dimension spatiale du système est étroitement liée à sa dimension temporelle. Elle sous-tend également chaque composante du système. La dimension spatiale du système des ressources en eau se traduit au travers des spécificités topographiques du milieu (sol, pente, altitude, exposition...) et des logiques hydrologiques amont-aval. Elle contraint ou au contraire favorise l'exploitation des ressources en eau et le développement d'usages. La dimension spatiale du système renvoie directement à la problématique d'une gestion intégrée de l'eau et du territoire qui est au cœur des réflexions menées par l'Académie de l'Eau. La montagne, espace ressource, a permis le développement d'usages spécifiques comme les activités touristiques (sports d'hiver).

2. Synthèse des paramètres des quatre sous-systèmes

2.1. Le sous-système « eau »

La ressource en eau est l'eau du milieu naturel considérée en tant qu'offre (C.A. Erhard et al, 1982). L'eau devient ressource « dès que l'homme s'attache à en extraire des éléments ou des usages ayant à ses yeux une valeur » (J. De Montgolfier et al, 1987). Le milieu naturel n'est ainsi pas forcément une ressource; par contre une ressource naturelle, et donc la ressource en eau, est toujours issue d'un milieu naturel. L'homme peut donc créer une ressource naturelle en changeant sa perception du système naturel.

A.S. Mather et K. Chapman, 1995 remarquent que les ressources naturelles peuvent être classées en trois grands types :

- les ressources transformables par le système économique comme source d'énergie ou comme matériaux (production de biens);
- les ressources qui fournissent des services plutôt que des biens matériels; la ressource « paysage » est la plus emblématique de ce groupe;
- les ressources qui constituent un support biologique pour les humains; un air ou une eau de bonne qualité sont ainsi indispensables au développement humain.

La ressource en eau fait clairement partie de ces trois groupes. Elle est à la fois une condition essentielle de la vie sur terre, une source de plaisir visuel et un bien économique. La gestion de cette ressource doit tenir compte à la fois de facteurs quantitatifs et qualitatifs, les deux paramètres étant étroitement interdépendants.

2.1.1. Le facteur quantitatif

La gestion quantitative des ressources vise à satisfaire les besoins des différents utilisateurs. Pour ce faire, elle peut puiser dans deux types de ressources : les eaux souterraines et superficielles. Leur évaluation quantitative se base sur les notions de flux et de stock (volume). Les bassins versants (eaux superficielles) et les aquifères sont en effet à la fois des réservoirs et des conducteurs. Le calcul des ressources en eau totales d'un bassin hydrographique donné pour une période donnée est obtenu par l'équation suivante appelée bilan hydrique :

$$P + S = R_{\text{surf}} + R_{\text{sout}} + E + (S + \Delta S)$$

- Où P = Précipitations totales durant une période donnée à la surface du bassin;
 S = Accumulation de la période précédente (eaux souterraines, neige, glace...);
 R_{surf} = Ecoulement de surface à l'exutoire du bassin;
 R_{sout} = Ecoulement souterrain;
 E = Evapotranspiration;
 $S + \Delta S$ = Réserves (neige, glace, rivières, sol) accumulées à la fin de la période.

La plupart du temps le cycle de l'eau n'est plus naturel en raison des nombreuses dérivations effectuées par l'homme : on parle alors de cycle influencé de l'eau. La gestion quantitative de l'eau devra tenir compte de ces effets anthropiques qui pourront augmenter ou au contraire diminuer la quantité d'eau disponible dans un bassin versant. Cette influence peut se

répercuter très loin vers l'aval (Vivian H. 1986). L'évaluation quantitative de la ressource en eau disponible peut alors être représentée par la figure 3.4.

A l'intérieur de la ressource, on peut distinguer trois sous-groupes en fonction de la possibilité pour les usagers et les gestionnaires d'en user :

- la ressource théorique qui constitue la part du système eau potentiellement exploitable par l'homme, en dehors de toute contrainte d'ordre juridique, politique, technique, etc.;
- la ressource en eau potentielle qui est la part de la ressource théorique exploitable, en tenant compte de contraintes extérieures au système eau (C.A. Erhard et al 1982); ces contraintes peuvent être d'ordre écologique (volonté de sauvegarde du milieu ou d'une certaine qualité), socio-économique (servitudes anciennes), politique (limites administratives);
- la ressource en eau possible ou exploitable par l'homme pour ses différentes utilisations qui va dépendre des choix des acteurs en présence (J. Margat 1992b). (Fig.3.5)

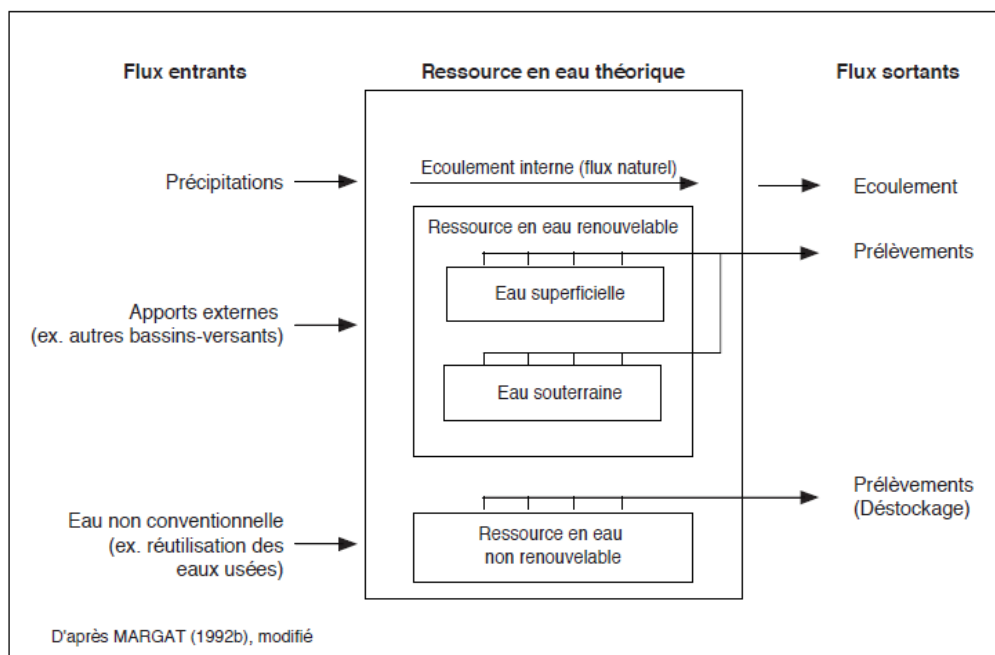


Figure 3.4. Evaluation quantitative de la ressource en eau d'un système hydrique naturel (bassin versant) : Source : Margat 1992 modifié

J. Margat, 1992, différencie les ressources renouvelables, qui sont les « possibilités offertes de captage du flux d'un aquifère, sans rupture d'équilibre dynamique moyen (à l'échelle pluriannuelle) » et les ressources non renouvelables, qui correspondent aux « possibilités de déstockage de la réserve d'un aquifère, en régime nécessairement de déséquilibre, donc limitées à plus ou moins long terme ».

2.1.1. Le facteur qualitatif

L'eau peut avoir des caractéristiques qualitatives très diverses (l'eau douce, dure, acide, ferrugineuse, minérale, etc.) étroitement liées au contexte hydrogéologique. Toutes ne sont pas potables (certaines eaux minérales). Une eau est dite « potable » si elle est conforme à certaines normes de potabilité. Ces normes pourront varier d'un pays à l'autre. La notion de

potabilité est donc relative. De plus, tous les usages ne nécessitent pas la même qualité d'eau. Le problème de la qualité de l'eau en termes de gestion se pose ainsi à plusieurs niveaux :

- en ce qui concerne l'eau potable, il s'agit de fournir aux consommateurs une eau de qualité bactériologique et physicochimique suffisante; les eaux ne satisfaisant pas aux normes édictées par les administrations régionales ou nationales devront subir un certain nombre de traitements : filtration, chloration, ozonation, floculation, mélanges pour améliorer les caractéristiques physico-chimiques...;

- les eaux usées ; ce sont les eaux ayant été utilisées pour des activités polluantes (agriculture, industrie, ménages). Elles sont épurées dans des stations centrales, dans des installations individuelles ou collectives de petite taille ou rejetées directement dans des cours d'eau ou des lacs où elles se mélangent avec des eaux de meilleure qualité. Dans ce dernier cas, des pollutions graves peuvent survenir lorsque le débit des cours d'eau ou le volume des lacs ne sont pas suffisants pour amortir la charge polluante ainsi rejetée (J. Billet 1982);

- la pollution diffuse (principalement par les nitrates, les phosphates, les composés organiques divers, les métaux lourds et l'ammoniac), qui est surtout le fait des activités agricoles, en raison de la sur fumure et de l'usage massif de pesticides, ne peut être traitée par les réseaux d'épuration traditionnels et doit par conséquent être limitée à la source (information, réduction des émissions, amélioration des techniques culturales, incitations, réglementation) afin de réduire le lessivage des composés chimiques;

-en ce qui concerne les eaux souterraines, la préservation de leur qualité passe par une gestion adéquate de l'infiltration (J.J. Collin, 1991), notamment par la définition de périmètres de protection des sources, par une utilisation du sol adaptée et par une limitation de la pollution à la source. La définition des zones de protection est particulièrement malaisée dans les régions karstiques (A. Parriaux, et al, 1990).

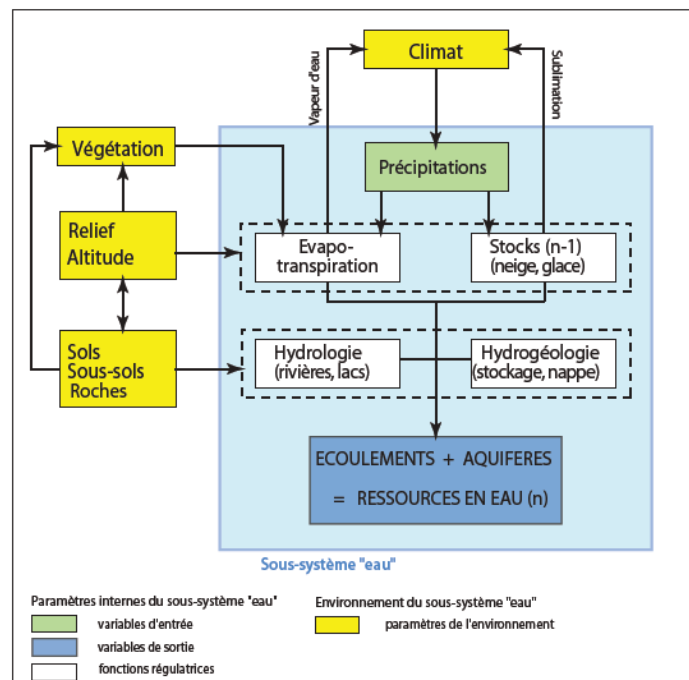


Figure 3.5. Sous-système « eau » et ses paramètres.

2.2. Le sous-système « aménagement »

Le sous-système « aménagement » détermine, à la fois, les usages et la capacité d'exploitation des ressources disponibles. Les paramètres qui définissent les capacités d'exploitation se rapportent aux infrastructures et réseaux : la capacité de stockage des retenues d'altitude, le débit des sources captées, le taux de rendement des réseaux AEP, les stations d'épuration, les barrages hydroélectriques...

Les paramètres qui influent sur les usages de l'eau sont : l'occupation du sol, le développement socio-économique du territoire, l'évolution de la population saisonnière et permanente et la capacité d'accueil touristique du territoire (B. Charnay, 2010).

2.3. Le sous-système « acteurs »

la gestion est la résultante du comportement d'une série d'acteurs, individuels ou collectifs, qui se différencient les uns des autres par une « histoire », par un rapport à l'objet à gérer, un état ou une structure interne, un degré de connaissance ou de formation, une vision du monde, un système de valeurs différents, etc. différents. Leur manière de gérer va donc varier fortement en fonction de ces différences. C'est ce qu'on appelle les logiques d'acteurs (L. Mermet, 1992). Il faut garder à l'esprit l'idée que l'homme et les organisations qu'il crée ont un comportement rationnel limité (M. Crozier, et al, 1977). Leur stratégie est souvent peu claire. Comme le souligne J. Bethemont, 1977, il est indispensable de prendre en compte ces facteurs qualitatifs, certes difficilement quantifiables, mais « susceptibles d'infléchir fortement les principes objectifs d'une gestion de l'eau ». Une prise en compte de ces facteurs permet de mettre en évidence les dysfonctionnements liés à ce que J. Bethemont, 1977 appelle « la suprématie des priorités de fait sur une réelle concertation des utilisations ».

Il s'agit donc pour le chercheur d'identifier les acteurs, puis d'analyser leurs logiques d'action. La notion de « logique d'acteur » est ambiguë (L. Mermet, 1992) car elle peut désigner autant le raisonnement par lequel un acteur justifie sa position a posteriori (justification rhétorique) que l'action réfléchie, les valeurs et les jugements implicites qui déterminent les choix de l'acteur, même si celui-ci n'en est pas conscient. Il s'agit donc de cerner les différents niveaux de logique, car très souvent ils guident les jeux de pouvoir entre les acteurs. Mais qui sont-ils, les acteurs de la gestion ? Ils sont bien entendu multiples et il ne serait pas pertinent de les énumérer tous à ce stade de l'étude. Il s'agit plutôt de cerner quels sont les grands groupes d'acteurs en présence, en m'appuyant sur deux modèles proposés récemment. Pour l'analyse des relations en matière de politique environnementale, P. Knoepfel 1995 propose le modèle du « triangle de fer » des acteurs de la politique environnementale. Il distingue trois groupes : les entreprises économiques polluantes (le groupe-cible des politiques environnementales), l'Etat et les associations de protection de l'environnement. On peut reprendre ce modèle pour la gestion des ressources environnementales en le modifiant quelque peu (E. Reynard, 2000). Le premier groupe d'acteurs est celui des exploitants de la ressource, autant en qualité qu'en quantité. Ce groupe d'acteurs est guidé principalement par l'exigence de la rentabilité économique. Dans le cas des stations touristiques de montagne, on verra que ce groupe est lui-même composé de sous-groupes aux intérêts divergents (sociétés hydroélectriques, sociétés de remontées mécaniques

(production de neige artificielle), producteurs d'eaux minérales, exploitants de centres thermaux, irrigants, services chargés de l'approvisionnement en eau potable, etc.). Il faut noter que ce groupe est composé d'acteurs autant privés que publics, individuels que collectifs. L'Etat constitue également un groupe d'acteurs complexe, d'une part, il apparaît à différentes échelles, locale, cantonale et fédérale, d'autre part, il ne forme pas un acteur monolithique mais, comme le relève P. Moor, 1994 « se fragmente autant que l'intérêt public lui-même ». Il y a en effet à l'intérieur de l'administration autant de tendances politiques que dans la société civile. P. Moor, 1994, rappelle de plus que les manières actuelles d'administrer sont le résultat d'un processus d'évolution historique depuis l'émergence des Etats modernes au milieu du XIXe siècle. Actuellement se superposent ainsi une administration de police, dont l'objectif est la défense de l'ordre public (police des eaux), une administration de prestation, qui est apparue dans un deuxième temps (les activités de canalisation des cours d'eau peuvent entrer dans cette catégorie) et finalement une administration de gestion, qui s'est fortement développée depuis les années 60, lorsqu'il est apparu que des ressources comme l'espace, l'air, l'eau, le silence, le paysage se trouvaient en situation de pénurie et nécessitaient donc une gestion collective. L'administration en matière d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement appartient à cette dernière catégorie. Le troisième sommet du triangle est constitué par les groupes de pression. Très souvent, ils ont pour objectif la protection de la ressource et sont constitués par les associations de protection de l'environnement. On peut leur adjoindre les touristes qui, par leur demande en paysages préservés par exemple, constituent également un groupe de pression pour une certaine protection des eaux. Les pêcheurs vont en général dans le même sens. F. Joerin, 1998, qui reprend les travaux de L. Maystre, et al, 1994, propose une autre typologie, dont les deux acteurs principaux sont l'homme d'étude et le décideur. Le premier est l'analyste, c'est-à-dire la personne, ou le groupe de personnes, qui prend en charge l'aide à la décision. C'est lui qui est chargé d'identifier les acteurs, de proposer des modèles d'aide à la décision et de faire des propositions de gestion sur la base de ces modèles. Le décideur est quant à lui celui à qui s'adresse l'aide à la décision. Il s'agit souvent d'un ensemble complexe d'acteurs qui doivent négocier pour décider (Fig.3.6).

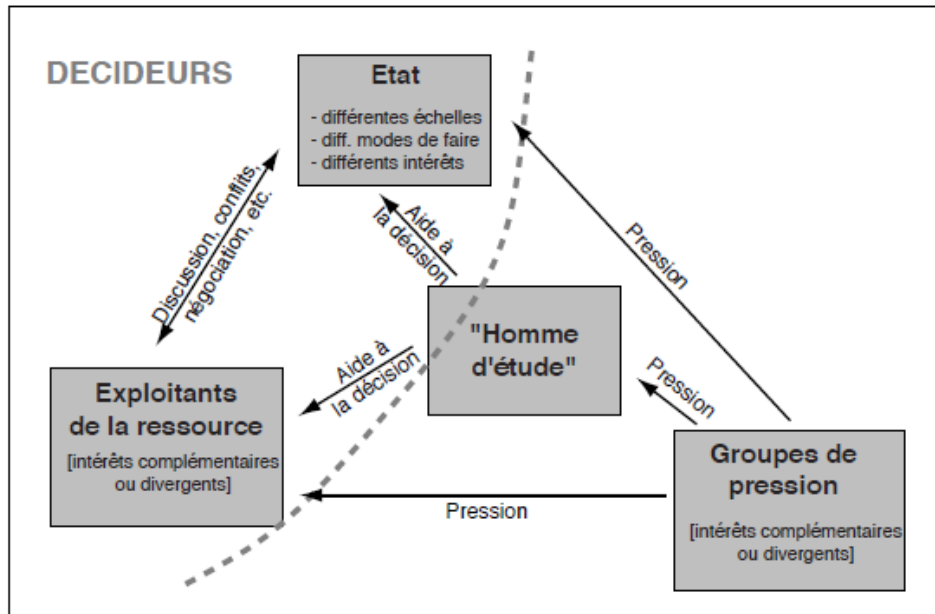


Figure 3.6. Les groupes d'acteurs d'un système de gestion des ressources en eau .Source : E. Reynard, 2000

On distingue quatre grands groupes d'acteurs : les exploitants de la ressource, l'Etat, les groupes de pression et les analystes « Homme d'étude ». Les deux premiers forment un méga-groupe de décideurs. Si on étudie les comportements des deux grands groupes de décideurs, les acteurs économiques et l'Etat, on s'aperçoit qu'ils doivent souvent coopérer pour que leurs décisions satisfassent leurs différents intérêts.

2.4 Le sous-système « usages »

2.4.1. La diversité des utilisations

En termes économiques, la notion d'utilisation de l'eau signifie « la rendre utile pour satisfaire les besoins des acteurs » (C.A. Erhard, et al 1982). Vue sous l'angle des utilisations, l'eau va donc assurer différentes fonctions :

- une fonction d'alimentation (eau potable, industrielle, agricole);
- une fonction de support (navigation de plaisance et commerciale, pêche);
- une fonction énergétique (hydroélectricité, moulins);
- une fonction de délasserment (sport, eau comme élément structurant du paysage...);
- une fonction de milieu de vie (plantes et animaux aquatiques);
- une fonction d'épuration;
- une fonction géomorphologique,

La figure 3.7 résume les relations entre ces différentes fonctions et les divers types d'utilisation.

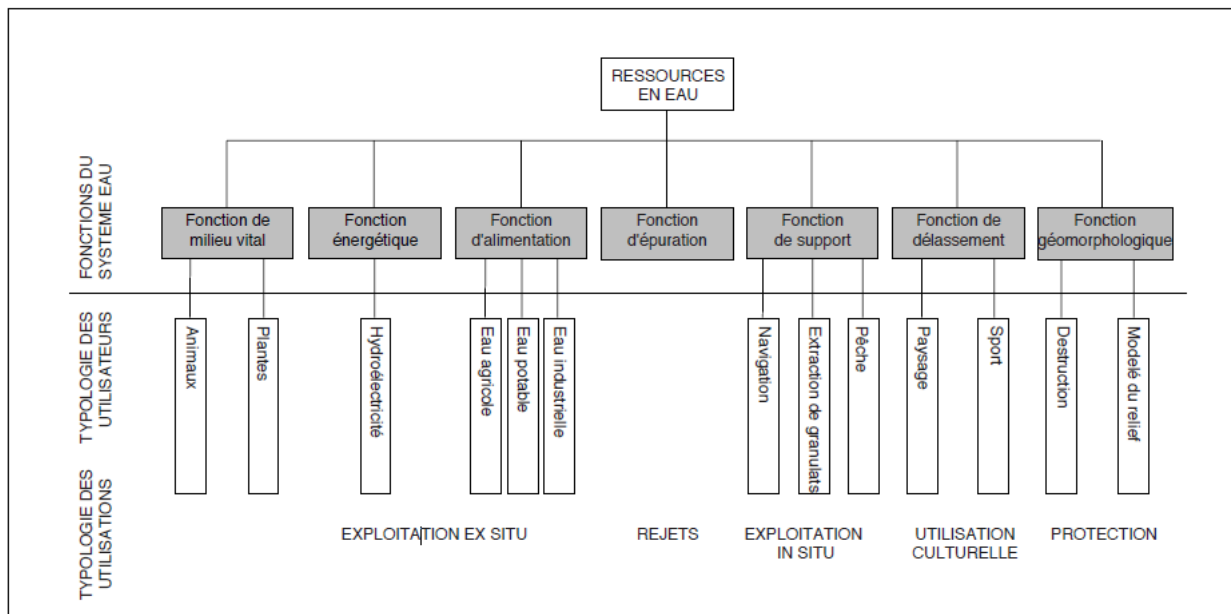


Figure 3.7. Utilisation de ressources en eau : fonctions du système Eau et typologie des utilisations .Source : E. Reynard, 2000.

L'utilisation par l'homme s'effectue à divers niveaux :

- l'exploitation in situ : l'eau est le support à l'exploitation économique par l'homme;
- l'exploitation ex situ : l'eau est extraite de son milieu naturel pour l'utilisation humaine, puis éventuellement restituée complètement ou en partie; (C.A. Erhard, et al 1982) parlent également d'utilisations caprices;
- l'utilisation comme milieu récepteur : le milieu aquatique fonctionne comme réceptacle de déchets ou d'eau polluée; ce type d'utilisation peut être délibéré direct (rejets industriels ou d'installations d'épuration des eaux par exemple), accidentel (pollution catastrophique) ou délibéré indirect (pollution diffuse par l'agriculture (J. Margat 1992b));
- l'utilisation culturelle, le milieu aquatique devenant un lieu de délasserment ou de pratique du sport, etc;
- la protection : il s'agit d'un type d'utilisation dans lequel l'homme n'agit plus sur l'eau pour en tirer un quelconque profit direct, mais contre elle pour permettre le développement des activités humaines.

2.4.2 Interactions entre ressources et utilisations

Les différents types d'utilisation de l'eau sont fortement dépendants de la quantité et de la qualité de la ressource. La figure 3.8, met en évidence les interactions entre les ressources et utilisations d'une part et entre les caractéristiques qualitatives et quantitatives de la ressource d'autre part. On remarque que les contraintes qualitatives et quantitatives induisent des impacts directs sur les utilisateurs, mais également des impacts indirects qui se traduisent généralement par des surcoûts. Cette image doit être vue comme un maillon d'une chaîne, autant spatiale (les usages amont ont un impact direct sur la ressource aval et ainsi indirectement sur les usages aval) que temporelle (un usage a des répercussions directes sur l'état de la ressource dans le futur et indirectement sur les usages futurs).

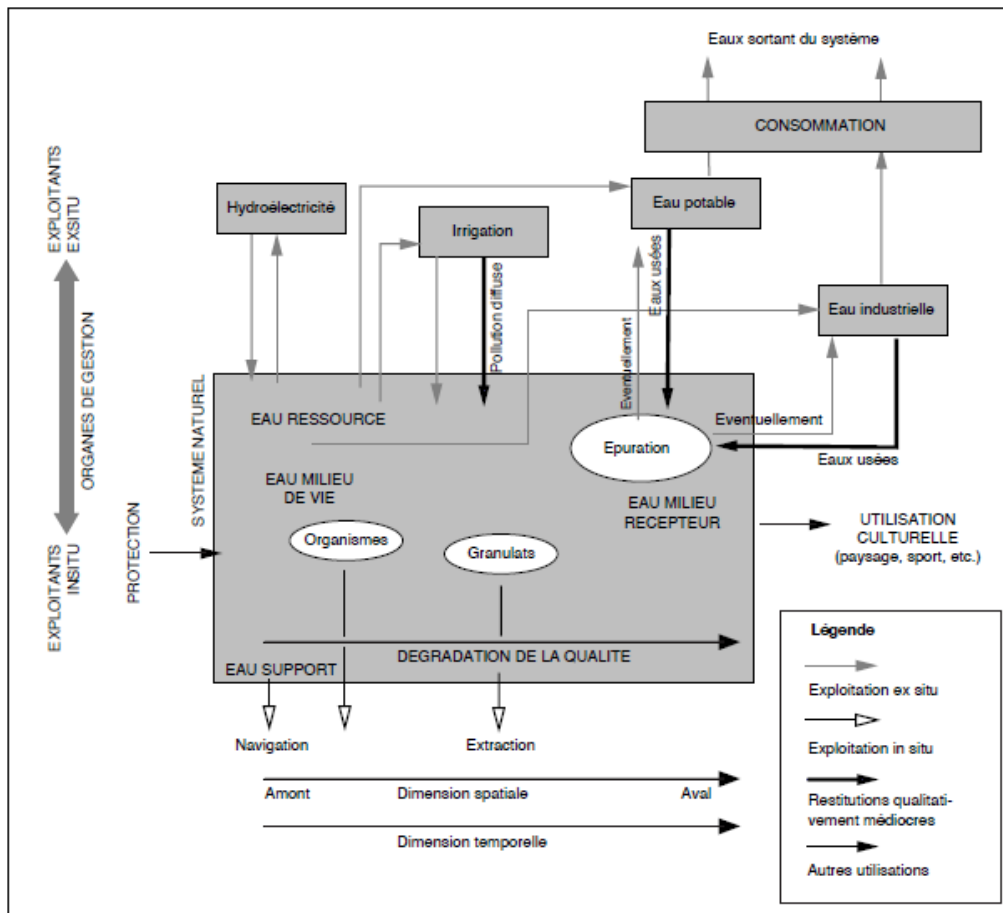


Figure. 3.8. Interactions entre les différents types d'utilisation de l'eau.

Les utilisations provoquent des rétroactions positives ou négatives sur l'état de la ressource (quantitative ou qualitative). Celles-ci sont dues notamment au fait que l'usage de l'eau non seulement « utilise » l'eau, mais l'« use » également, c'est-à-dire qu'il diminue le potentiel de la fonction pour les usages suivants (C.A. Erhard, et al 1982). Dans l'analyse des interactions de la demande dans le système eau, il s'agit donc de distinguer la demande sollicitant le milieu en amont et en aval des usages, l'offre d'eau devenant ainsi également duale : la ressource en eau « matière première » en amont et milieu récepteur à l'aval (J. Margat 1992b). Certaines fonctions de l'eau satisfont essentiellement la demande aval (fonction d'épuration), d'autres agissant à la fois à l'amont et à l'aval des usages d'exploitation sont fortement affectées par ces derniers (fonction de délassement, fonction de milieu vital, fonction de support), d'autres encore agissent essentiellement à l'amont (fonction d'alimentation) ou à la fois à l'amont et à l'aval (ex. systèmes en cascade le long d'un bassin versant, le système eau à l'aval du bassin versant étant fortement affecté par les utilisations à l'amont). F. Valiron, 1995 parle d'eau de première et de deuxième main, la part de la seconde ayant tendance à croître lorsque la première diminue. La figure 3.8 résume les différentes interactions entre les demandes amont et aval du système eau.

3. Les ressources en eau en Algérie : vue synthétique

Dans le domaine de la mobilisation et de la distribution de l'eau potable, d'épuration des eaux, du dessalement des eaux de mer, de la protection des ressources, les efforts entrepris, par l'Algérie, durant la décennie en cours, et notamment les dix dernières années, ont permis d'enregistrer des améliorations remarquables. Tous les efforts engagés, tant sur le plan des investissements, que sur le plan institutionnel et organisationnel, s'articulaient autour du développement de cette ressource afin de relever les défis et être en harmonie avec les objectifs du millénaire dans le secteur de l'eau (B. Rouissat).

En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de $m^3.an^{-1}$, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 4,8 milliards de m^3 . Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 1,2 milliards de m^3 supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m^3 d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir. Les ressources en eau reconnues sont évaluées à 18,0 milliards de m^3 par an en moyenne (Meddi M.2009), la majorité de ces ressources sur la moitié nord du pays (Tab.3.1). Les ressources en eau de surface actuellement mobilisées sont de 2,7 milliards de m^3 régularisable par des barrages (de différentes capacités) et devront atteindre le maximum à l'horizon 2030 (4,3 milliards m^3/an , 121 barrages) pour des raisons liées principalement à une sécheresse accrue et une irrégularité spatiale et temporelle des précipitations. Les sédiments y déposés sont évalués à $20 \cdot 10^6 m^3.an^{-1}$ de volume perdu). C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à $400 mm.an^{-1}$) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Si on considère une capacité de 3,4 milliards de m^3 mobilisée par les eaux souterraines, les potentialités de mobilisation totales du pays atteignaient 6,1 milliards de m^3 , alors que les besoins réels étaient de 6,9 milliards de m^3 . Les eaux usées traitées, dont les rejets sont de 1,2 millions $m^3.an^{-1}$, constituent une ressource alternative utilisée actuellement à concurrence de 5 % en agriculture irriguée. L'évolution du taux de réutilisation de ces eaux est tributaire de l'amélioration de leur qualité. A toutes ces importantes actions, s'ajoute un important programme de dessalement d'eau de mer a été engagé et recouvrira à la fin de l'année 2016, un total de 16 stations avec une production de près de 690 millions de $m^3.an^{-1}$. Cette quantité représentera près de 1/3 des capacités de retenue des barrages qui existaient jusqu'en 2000. Ce programme stratégique est destiné à libérer le pays de la dépendance de la pluviométrie pour l'alimentation en eau potable des populations des régions côtières, et notamment dans l'ouest du pays qui souffre d'un grave déficit chronique en pluviométrie.

Tableau 3.1. Evolution de la mobilisation des ressources en eau conventionnelles.

Nature des ressources en eau	Ressources potentielles (Mm ³) (1)	Ressources mobilisables (Mm ³) (2)	Ressources mobilisées (Mm ³) (3)		
			1995	2010	2015
Eaux de surface Grands barrages Barrages collinaires	10,5 80% 20%	7,1	2,10	2,50	2,70
Eaux souterraines Souterraines (renouvelables) Souterraines (fossiles).	7,5 25% 75%	7,5	0,82	1,23	2,09
Total des ressources	18,0	14,6	2,92	3,73	4,79

En matière d'assainissement et d'épuration des eaux, l'Algérie disposait jusqu'en 2000, de 48 stations d'épuration pour un volume épuré de 200 millions de m³. Le volume rejeté, à l'époque était de 600 millions de m³. Il passera en 2020 à 1.15 milliards de m³ (Tab.3.2).

Tableau 3.2. Evolution des volumes d'eaux usées rejetées en Algérie.

Type d'agglomération	Volume d'eaux usées rejeté (Hm ³)			
	1995	Taux (%)	2020	Taux (%)
Côtières	169	31	282	25
Amont barrages	48	09	122	11
Proximité des périmètres	62	11	143	12
Autres	149	27	352	30
> 20 000 < 50 000 hab	122	22	251	22
Total	550	100	1 150	100

Malgré le nombre important des stations d'épuration, la moitié étaient à l'arrêt ou fonctionnaient avec des rendements trop faibles générant ainsi de multiples sources de nuisance quant à l'environnement et aux infrastructures à l'aval.

3.1. Synthèse sur la stratégie de développement

La politique engagée vise à créer un outil de décision à moyen terme, actualisable ultérieurement sans intervention extérieure, pour le développement et la gestion des ressources hydriques de l'Algérie. Elle s'articule autour des concepts suivants :

- Préciser l'étendue et la qualité des ressources hydriques y compris les ressources non conventionnelles,
- Evaluer les demandes en eau, aujourd'hui et à l'avenir,

- Dresser l'inventaire des infrastructures existantes et projetées, identifier de nouvelles potentialités et engager les actions pour leur mobilisation et transfert,
- Confronter, d'une manière dynamique, les ressources et les besoins et chiffrer les coûts et les bénéfices de chaque variante ainsi que son impact sur l'économie nationale,
- Examiner le cadre institutionnel et son adéquation pour la gestion et la protection de la ressource.

D'importants financements publics ont été alloués au secteur de l'eau pour mener à bien les réformes structurelles lancées en 2001-2002 : les investissements publics dans ce secteur sont passés de 28,5 milliards de dinars algériens (soit 34,8 millions d'euros) en 1999 à 594 milliards de DA (738,4 millions d'euros) en 2006. La concurrence entre les différents usages de l'eau (eaux domestique, industrielle et agricole) et les interactions entre l'eau et les questions énergétiques et alimentaires ont incité les autorités algériennes à passer d'une politique sectorielle à une politique intégrée de l'eau. L'Algérie affiche notamment une volonté de mieux exploiter son potentiel agricole pour réduire la dépendance et la facture alimentaires du pays tout en s'adaptant aux contraintes hydro-climatiques. La pression croissante sur les ressources en eau d'ici à 2050 devra tenir compte de la nécessité d'étendre les surfaces irriguées (M. Milano 2012), d'alimenter en eau une population plus nombreuse et de répondre aux besoins potentiels en eau du secteur énergétique (exploitation du gaz de schiste avec fracturation hydraulique, utilisation pour le fonctionnement et l'entretien de centrales solaires, etc.). La politique de l'eau annoncée et mise en place par les autorités algériennes porte à s'interroger sur la poursuite des efforts dans la durée et sur l'inscription de ces projets dans le long terme pour relever les défis économiques, environnementaux et sociaux auxquels le pays fait face. À long terme, le développement économique en Algérie passe par une articulation des politiques hydraulique, agricole et énergétique. Les défis sociaux (accès à l'eau potable en quantité et en qualité suffisante, tarification sociale, partage de l'eau entre les territoires, etc.) et environnementaux (renouvellement des nappes souterraines, limitation des émissions de CO₂, réduction des rejets polluants, sauvegarde des écosystèmes, etc.) sont les deux indicateurs d'un développement pérenne et leur prise en compte lors de l'élaboration de tout projet dans le secteur de l'eau devrait être acquise.

3.2. Les réformes juridique et institutionnelle dans le secteur de l'eau

L'Algérie a connu des changements majeurs dans le secteur de l'eau depuis plus d'une décennie et tente de les analyser à la lumière des principes du développement durable. Le cycle des réformes juridique et institutionnelle s'est étendu de 1995 à 2005 (première partie). L'état des lieux effectué et les réponses apportées ont impliqué des investissements massifs visant à diversifier les ressources en eau (deuxième partie). Les inégalités en termes de ressources en eau entre les régions du pays sont également un enjeu crucial auquel les autorités ont répondu de façon appropriée (troisième partie). Cette gestion de l'offre a néanmoins quelque peu marginalisé une gestion active vis-à-vis de la demande en eau (quatrième partie). Dans les grandes villes algériennes, la pression urbaine et la déficience des services de l'eau au début des années 2000 nécessitaient une amélioration rapide dans ce domaine (cinquième partie). Toutefois, les questions soulevées dans le secteur de l'eau, en

particulier dans la région méditerranéenne, devraient inciter les pays à s'inscrire dans une démarche de coopération multilatérale et bilatérale (sixième partie). (M. Mozas 2013).

Consciente des défis à relever dans la gestion des ressources en eau et de la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle politique dans ce secteur, l'Algérie organise pour la première fois des assises nationales de l'eau en 1995. Suite à cette rencontre, un état des lieux et un diagnostic des systèmes de distribution et d'assainissement d'eau (vétusté des réseaux, fuites, branchements illégaux, incapacité à assurer pleinement l'accès à l'eau des populations, etc.) fut établi et une stratégie nationale élaborée. Entre 1995 et 2005, une série de réformes a repensé la mobilisation, la gestion et l'utilisation des ressources en eau en prenant en compte trois points clés : les principes (cadre réglementaire, gestion intégrée, efficacité de l'eau agricole, politique tarifaire), les institutions (création du ministère des ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences nationales et régionales), et les priorités (alimentation en eau potable, transferts d'eau, etc.) définissent la nouvelle politique nationale de l'eau. Le passage en revue des cadres juridique et institutionnel fournit une vision synthétique du secteur de l'eau en Algérie et permet d'apprécier les changements intervenus pour répondre aux dysfonctionnements constatés. Les principales réformes sont :

- Mise en place d'un ministère dédié au secteur de l'eau en vue d'assurer une gestion efficiente.
- Création d'établissements publics à caractère commercial et industriel afin de garantir l'unicité de la gestion du cycle de l'eau.
- Transfert des activités des entreprises communales et des wilayas des services des eaux vers l'Algérienne des eaux et l'office national de l'assainissement.
- Création des agences de bassins hydrographiques pour une gestion intégrée, par région, des ressources en eau nationales.
- Promulgation de la loi relative à l'Eau afin d'asseoir un cadre juridique de gestion de l'eau adapté.
- Élaboration du plan national de l'eau pour doter le secteur d'un outil de planification à l'horizon 2030.

3.3. Le cadre juridique

La gestion du secteur de l'eau en Algérie relève principalement de la loi relative à l'eau (loi n°05-12 du 4 Août 2005). En plus de donner un cadre général précis aux changements qui ont eu lieu en Algérie depuis dix ans, la loi donne pour la première fois la possibilité d'effectuer une délégation de service public de l'eau à des personnes morales de droit public ou privé. l'ensemble des textes réglementant les activités liées à l'environnement, en vue de maîtriser qualitativement les ressources en eau, souligne l'importance d'intégrer le long terme et la durabilité des ressources dans les choix politiques. Cependant, une marge d'amélioration dans le contrôle et l'application des lois et des textes en vigueur est possible, en particulier concernant la politique tarifaire des usagers et l'application de règles contraignantes visant à réduire les pollutions industrielles.

3.4. La répartition des compétences entre les différentes agences du secteur de l'eau

Le ministère des ressources en eau (MRE) est l'autorité centrale responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau et dispose de relais déconcentrés au niveau local avec les directions des ressources en eau de wilaya (DREW). En 2001 des réformes institutionnelles ont modifié en profondeur les établissements publics à compétence nationale qui sont sous la tutelle du MRE :

- l'Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) est chargée d'étudier et d'évaluer les ressources en eaux et en sols irrigables ;
- l'Agence nationale des barrages et transferts (ANBT) est responsable de mobiliser et de transférer les ressources en eau vers les lieux d'utilisation ;
- l'Algérienne des eaux (ADE) a pour mission de gérer tout le processus d'alimentation en eau potable et industrielle y compris la mise en œuvre des programmes annuels et pluriannuels d'investissements ;
- la gestion et le développement des infrastructures d'assainissement urbain sont la prérogative de l'office national de l'assainissement (ONA) ;
- l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID) est chargé de gérer les périmètres d'irrigation que l'Etat et les collectivités locales lui concèdent ; dans ce cadre, l'office a également pour tâche de mettre en œuvre des stratégies pour rationaliser l'usage de l'eau d'irrigation. Créé par décret en 2008, le conseil national consultatif des ressources en eau constitue le nouveau cadre de coordination institutionnelle sur les différents aspects de la politique de l'eau. L'autorité de régulation des services publics de l'eau créée par décret en 2008 a pour prérogatives d'évaluer les services d'eau et d'assainissement fournis aux usagers, à contrôler leurs coûts et les tarifs.

La création en 1996 de l'échelon régional avec les agences de bassins hydrographiques (ABH) et les Comités de bassin marque le passage d'une gestion sectorielle compartimentée à une gestion concertée au niveau des régions hydrographiques.

La relative faiblesse des moyens financiers a jusqu'à présent constitué une contrainte pour l'exercice plein et entier des missions des ABH. Néanmoins, avec la création en 2011 de l'agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau (AGIRE), les ABH deviennent des démembrés de ladite agence avec les mêmes prérogatives et la possibilité de mutualiser les moyens financiers générés par les recettes des redevances d'économie et de protection des ressources en eau ainsi que de l'expertise en matière de gestion intégrée des ressources en eau. Les principales missions des agences de bassins hydrographiques sont :

- Développer le système d'information sur l'eau à travers l'établissement et l'actualisation de bases de données et d'outils d'informations géographiques.
- Établir les plans de gestion des ressources en eaux superficielles et souterraines et élaborer des outils d'aide à la décision en la matière.
- Gérer le système de redevances instituées au titre de l'utilisation du domaine public hydraulique naturel.
- Gérer le système d'aides financières aux actions visant l'économie de l'eau et la préservation de sa qualité.

Ce système de gestion intégrée, qui s'articule et s'appuie sur les agences régionales et nationales, a pour rôle de penser ensemble les différents aspects du secteur de l'eau (qualité et

quantité, prélèvement et rejet, approvisionnement et protection). La nécessité d'arbitrer la répartition entre les usagers (domestique, agricole et industriel) pose la question de la gouvernance de l'eau en contexte de rareté et de concurrence. La nature multifonctionnelle et multidimensionnelle de l'eau a obligé les autorités à ne plus raisonner uniquement en fonction du secteur hydraulique pour l'élaboration et la mise en œuvre des politiques publiques.

L'élaboration d'une politique efficiente de l'utilisation des ressources en eau a impliqué la mise en place d'un système de gestion intégrée de l'information sur l'eau (eaux de surface, eaux souterraines renouvelables et non renouvelables).

Conclusion

Cette partie avait pour objet de présenter le contexte général, l'état de la Recherche sur la gestion intégrée des ressources en eau, et le positionnement conceptuel de notre propre recherche. L'approche systémique qui constitue la base de notre travail répond à la complexité du système de « gestion de l'eau » et aux interrogations posées par l'application d'une gestion intégrée sur un territoire de montagne. La présentation des paramètres du système « gestion de l'eau » et de ses quatre sous-systèmes donne au lecteur une première lecture problématisée des enjeux et intérêts d'une gestion intégrée. La spécificité montagne des ressources en eau et de ses usages accentue les difficultés de mise en place d'une gestion intégrée et justifie le choix du terrain d'étude. Les parties suivantes sont consacrées à l'étude approfondie de chacun des sous-systèmes.

***PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE D'UN POINT DE VUE
QUANTITATIF ET QUALITATIF***

PARTIE II : Chapitre 4

Caractéristiques physiques du bassin versant du Guebli et ses ressources hydriques

1. Situation géographique

Le bassin versant de l’Oued Guebli est situé au Nord- Ouest de la Wilaya de Skikda appartient au bassin côtier constantinois centre (code N°03, Fig. 4.1). Il est drainé par l’Oued Guebli et ses affluents. Ce bassin s’étend du 6° 23'au 6° 47'de longitude Est et du 36°35' au 36°58' de latitude Nord. Il couvre une superficie de 993 Km² et se trouve presque totalement inclu dans le territoire administratif de la wilaya de Skikda. Il est limité par les bassins versants:

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- Au Sud et Sud- Ouest par le bassin versant de Oued Rhumel.
- A l’Est par le B.V de Oued Saf-Saf et le B.V de Oued Bibi.
- Au Nord- Ouest par le B.V des côtières du Cap Bougaroun.

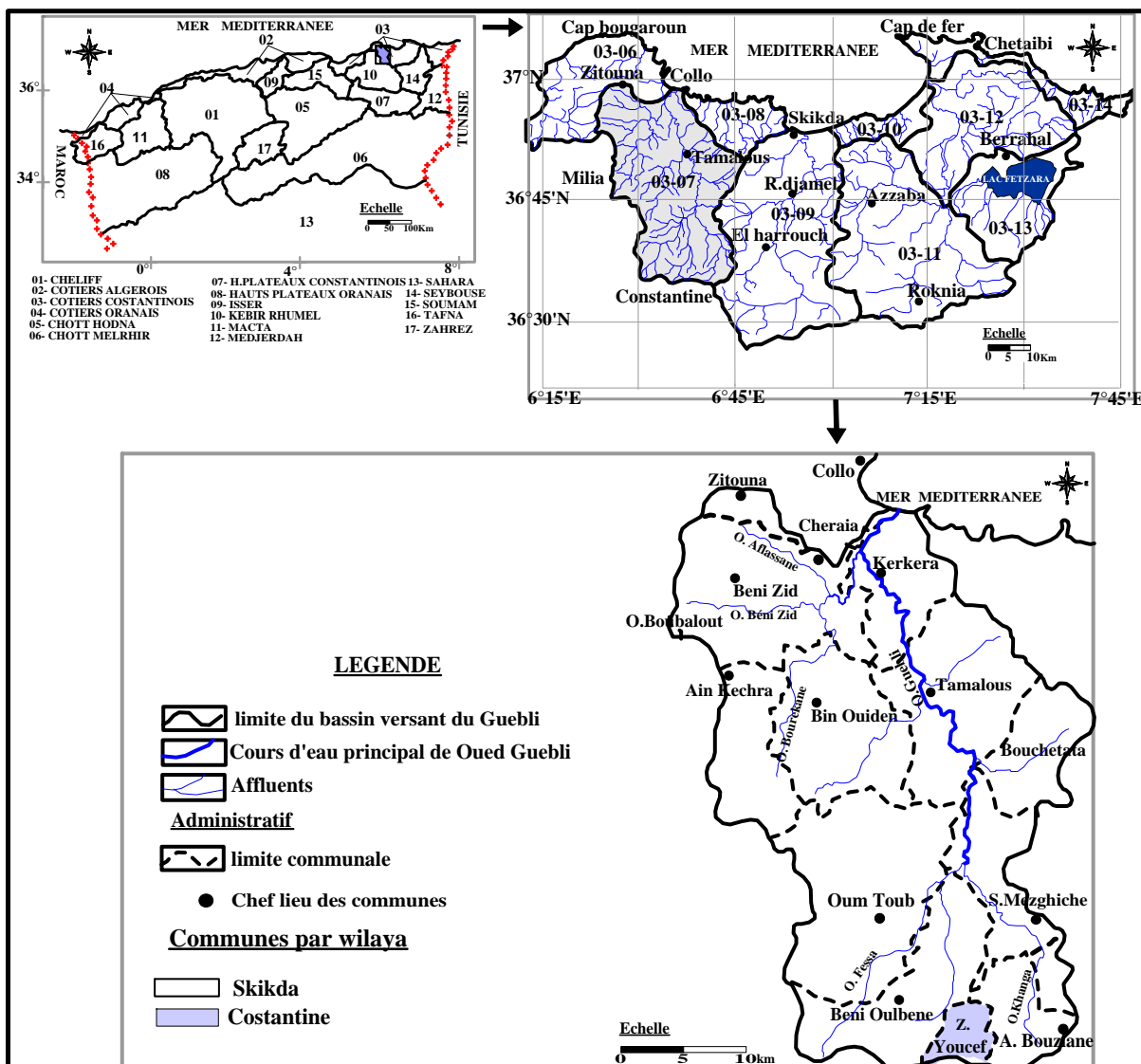


Figure 4.1. Carte de la Situation géographique du bassin versant de l’Oued Guebli

Et notamment par les lignes de partages des eaux des montages suivantes :

Au Nord, par la mer Méditerranée. Au Sud par Dj. Sid Dris. Dj. Bit Ed Djazia et Dj. Ayata. A l'Ouest par Dj. El Goufi, Dj. El Krehak, Dj. Rokba, Col Melab, Dj. Beni Magdoul, Dj. Bou Lakroud, et Dj. Ed Debar. A l'Est par les massifs de Collo. Dj. Sidi Ali Ben Zouit, Dj. Ach El Gab, Dj. Moul Sra, Dj. Bou Satour et Dj. Boukhallouf.

2. Identification administrative

Le bassin versant de Guebli occupe la partie Ouest de wilaya de Skikda englobe seize (16) communes appartiennent à ce bassin sont: Collo, Beni Zid, Oum Toub, Beni Oulbène, Bin el Ouiden, Zitouna, Tamalous, Kerkeria, Bouchtata, Ain Bouziane, Sidi Mezghiche, Ain Kechra, Cheraia, O.Boualout, et El Harrouch. Plus une petite partie de la commune de Zighoud Youcef faisant entre de la wilaya de Constantine. Le Tableau 4.1 récapitule la répartition de ces communes et localités correspondantes.

Tableau 4.1. Répartition des communes et localités correspondantes dans le bassin versant de l'Oued Guebli

wilaya	Daïra	Commune	Nom des localités
Skikda	Collo	Collo	Ouled Maazouz, Telezza
Skikda	Collo	Zitouna	Chef Lieu, Ouled mensour, Ras El Oued, Zourek, Ayarsane, Mizab, Azib Djama
Skikda	Collo	Beni Zid	Chef Lieu, Chaaba, El Ghiren, Boubhar, Douar, El Koudiat, Tahra, Beni Sellem, Sidi Ali Charef, Guergoura, Zerouba, Louida, Lembatel, Sra Lilekhmis, Kiatine, Douzene, Ain oumlehcene, Tiwtiane. Agna.
Skikda	Collo	Cheraia	Yezar, Ain Aghbel.Radkha.Laghdir.
Skikda	Tamalous	Tamalous	Chef lieu, Demnia, Ain Tabia, Ain Cheraia,Meraya, Bourtal, Sidi Mansour, Taroua, Boumagane, Sra Bouhanche, Oued Asla, El Harcha.
Skikda	Tamalous	Kerkeria	Chef lieu,Hadjria, Ahmed Salem, Boulgertoum, Ben Zouit, Ali Bouchabcheb, Bir Koucha, Lenani
Skikda	Tamalous	Bin El Ouiden	Chef lieu, Tahouna, Lakrakech, Nechaa, Kouitane, Boucharchar, Bordj Caid Nachaa, Aghbel Harek, Khandek Chaon, Ain Rouibah, Métatla El Ardja, Zoubia, El Hammam
Skikda	Ain Kechra	Ain Kechra	Chef lieu, Hadjar Mefrouche, Safsafa, Batiha, Beni Rahma, Bouamer, Delkara, Kita Kef Lehdid, El Adama, Boushaba, Melab.
Skikda	Ain Kechra	O. Boualout	Kikba
Skikda	Oum Toub	Oum Toub	Chef lieu, Oued Labyar, Chaaba, Kalaa, Oum Besbes, Diar Leftet, Sidi Kamber, Agoufr, Diar Laarab, Bouchouk, Ouled Djamma, Souk El Had, Boutamina.
Skikda	S.Mezghiche	S.Mezghiche	Chef lieu, El Biad, Khanga, AinAnsara, Boussatour, El Hamri, Djarrar, Guinguita, El Kharba, Gracha, Lesfah, Souk Tlata, Kahouet Ibech, Errabaine.
Skikda	S.Mezghiche	Beni Oulbène	Chef lieu, Djenan El Anabe, Boukhalouf, Oued Ounin, Boulahjar, Harbi, Nchem, Krara, Tarfa, Boulahrachef.
Skikda	S.Mezghiche	Ain Bouziane	Chef Lieu, Boujamla, Zibouch, Bouzitouna, Nafir Mohamed, Haloufa,
Skikda	El Hadaik	Bouchtata	Oued Selsela,
Skikda	El Harrouch	El Harrouch	El Tarka
Constantine	Z.Youcef	Z. Youcef	Ain Sferjla

La superficie des communes inscrites dans le bassin versant de l'Oued Guebli est consignée dans la figure 4.2. On remarque que la plus part de la superficie du B.V. de Guebli inscrite dans six communes (Oum Toub, Beni Zid, Tamalous, Beni Oulbène, Bin El Ouiden, Ain Kechra)

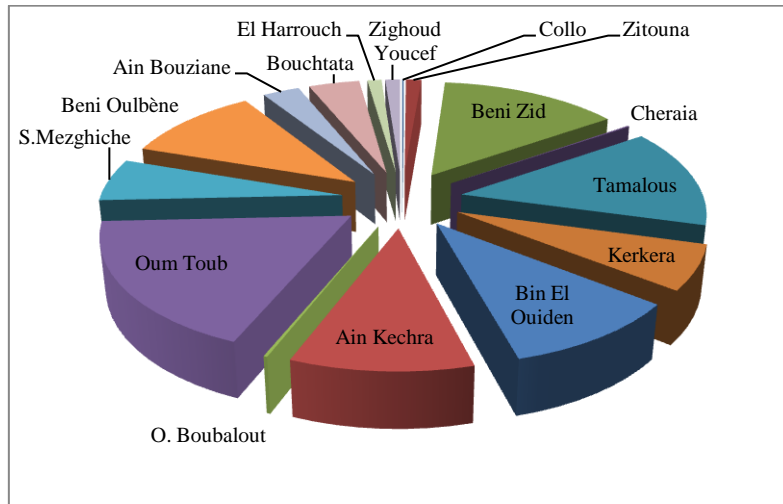


Figure 4.2. Découpage administratif communal (en pourcentage) dans le bassin du Guebli

3. Caractéristiques morphométriques du bassin

L'interprétation de la carte des ensembles topographiques a permis de faire ressortir trois (03) unités ; les montagnes, les collines et les vallées. Les montagnes occupent pratiquement la grande majorité du territoire du bassin. Elles s'étendent sous forme de chaînes de direction générale SW-NE (Dj. Sidi Dris : 1364 m) et NS (massif de Collo : Dj. El.Goufi : 1183 m). Les collines forment le prolongement des montagnes du Nord vers le Sud du bassin (Dj. Boukhalouf : 479 m. Dj. Guern Aicha : 540 m, Dj. Bou Melloul : 645 m, Dj. Zefzaf : 630 m, Dj. Bounab : 662 m, Dj. Bou Bellout : 645 m.... En ce qui concerne les vallées, on distingue l'existence d'une première vallée drainé par l'Oued Guebli couvre une superficie de 12123 ha et d'une deuxième au Sud-Ouest faisant partie du sous bassin de Guenitra drainée par l'Oued Fessa.

4. caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued Guebli

Le bassin versant est le siège de la transformation des pluies en débits dans les Oueds et réagit en fonction des précipitations qu'il reçoit. Les caractéristiques hydrologiques sont fonction, d'une part du climat et d'autre part de la morphométrie du bassin (forme, relief, altitude, pente, réseau de drainage,...), de la nature des sols et de la couverture végétale. Donc pour mieux comprendre le comportement hydrologique du bassin versant de Guebli, il est impératif de connaître d'abord les caractéristiques morphométriques, qui expliquent le cycle de la transformation des pluies en écoulement, et s'appêtent à une analyse quantitative.

Le bassin versant du grand Guebli draine une série de sous bassins : sous bassin de l'Oued Guenitra, sous bassin de l'Oued Guebli amont, sous bassin de l'Oued Bourekane, sous bassin de l'Oued Beni Zid, sous bassin de l'Oued Alassane, et le sous bassin de l'Oued Guebli aval (la plaine de Collo).

- Le sous bassin de Guenitra (prés d'Oum Toub): d'une superficie de 202.6 km², drainé par

l'Oued Fessa, de forme allongée ($K_c = 1.22$).

-Le sous bassin de l'Oued Guebli amont (prés de Tamalous): drainé par l'Oued Khanga, l'Oued Baron. La longueur des talwegs principaux est de 40,7 Km.

-Le sous bassin de l'Oued Bourekane (près d'Ain Kechra): il est isolé derrière des reliefs atteignant 600m à 1000m d'altitude.

-Le sous bassin de l'Oued Beni Zid : de forme allongée drainé par l'Oued Beni Zid et Zadra.

-Le sous bassin de l'Oued Aflassane: (près de Zitouna) drainé par l'Oued Aflassane.

-l'Oued Guebli aval (la plaine de Collo près de Kerkra). Au niveau de la plaine de l'Oued Guebli, les Oueds temporaires sont peu nombreux. Les Oueds permanents sont les affluents de la vallée de Guebli. Ces Oueds reçoivent des eaux de plusieurs Oued temporaires et chaabets, qui sont essentiellement concentrés au niveau des montagnes et des Koudiats

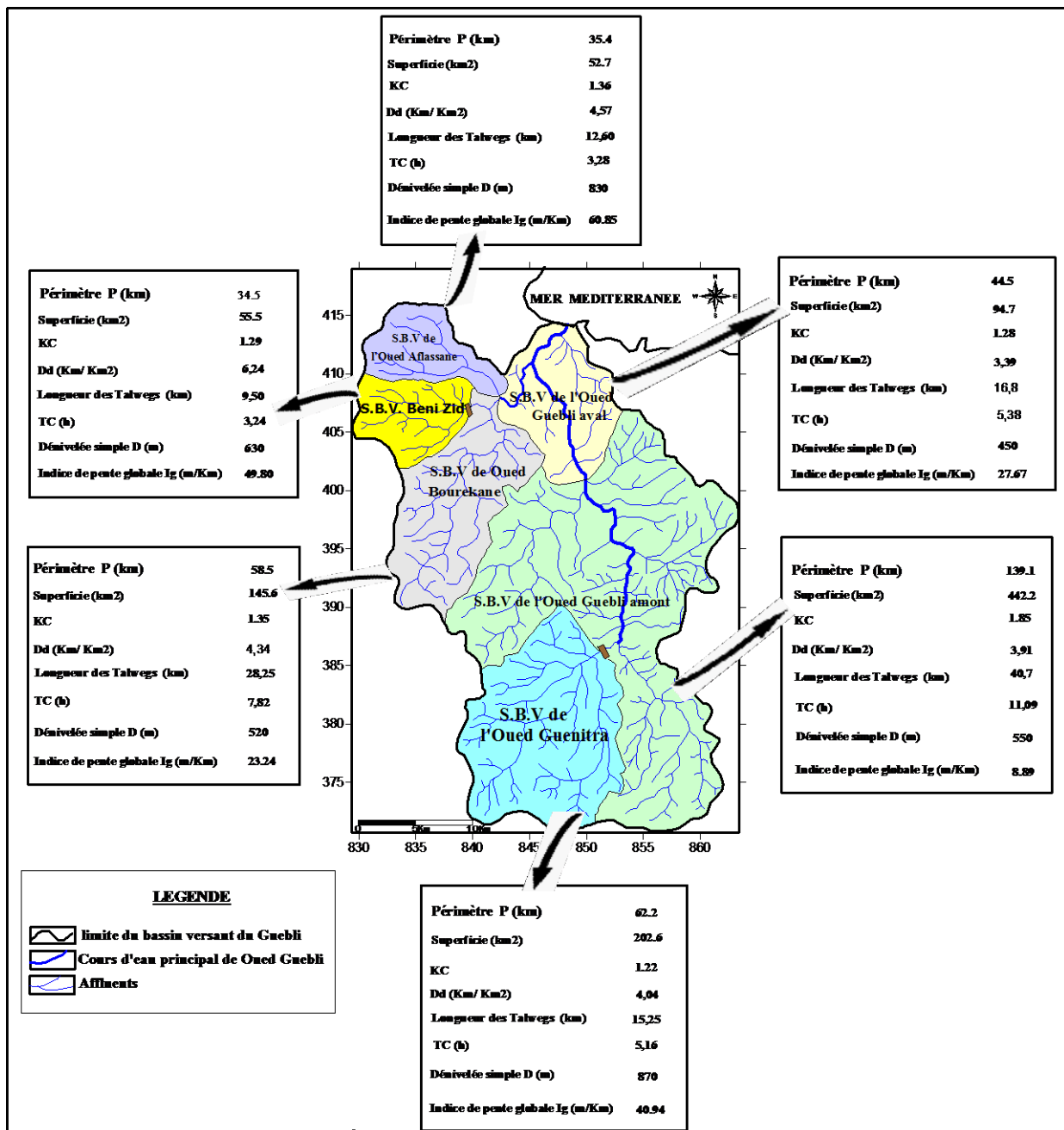


Figure.4.3. Les caractéristiques physiques des sous bassins versants d'Oued Guebli

4.1. Caractéristiques géométriques

Pour calculer les différents paramètres du bassin versant de l'Oued Guebli et les sous bassins de ses affluents, nous avons utilisé les cartes topographiques. Collo, Phillippe ville, Ain Kechera, St-Charles, Sidi Dris, Conde Smendou. Au (1/50000).

4.1.1. Superficie

Avec une superficie planimétrée de 993 Km² selon les données de l'ABH, le bassin versant du Guebli est le deuxième grand bassin des côtiers constantinois après le bassin versant de Saf-Saf (9 % de 11570 km²). Cette superficie est délimitée par une ligne de partage des eaux de 163 km étant le périmètre du bassin.

4.1.2. Forme du bassin

Cet élément peut être caractérisé par l'indice de compacité de Gravelius K_C , ayant une influence certaine sur l'écoulement. La forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée. La forme est exprimée par l'indice de compacité, qui correspond au rapport du périmètre P du bassin et sa surface S.

$$K_C = 0.28 \frac{P}{S^{1/2}} = 1.45 \quad R_F = \frac{S}{L_{B,V}^2} = 0.48 \quad R_C = \frac{4 \cdot 3.14 \cdot S}{P^2} = 0.46$$

K_C : l'indice de Gravelus

P : périmètre (km)

S : superficie (km²)

$L_{B,V}$: longueur du bassin versant (km)

On remarque que tous les sous bassins ont un indice de compacité supérieur à 1,12, ce qui montre leur forme allongée. Le facteur de Horton (R_F) égale à 0,79 pour un cercle, 1 pour un carré dont l'exutoire se situe au milieu d'un côté. Ou 0,5 si l'exutoire se situe au niveau de l'angle défini par deux côtés (longueur et largeur du bassin), ses le cas de notre bassin. Le rapport de circularité de Miller (R_C) est égal à 1 pour un cercle et décrit au fur et à mesure que l'élongation du bassin est importante.

4.1.3. Longueur et largeur moyenne du bassin :

C'est une transformation purement géométrique, la longueur du bassin versant mesurée à partir de l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux la plus proche de la source du plus long thalweg le long d'une ligne droite (Longueur $L_{B,V} = 45,2$ Km), et la largeur c'est la médiatrice de la droite représentative de la longueur du bassin versant (Largeur B = 24,6 Km). La configuration du bassin versant de Guebli ressemble à un rectangle étendu en sens de latitude. La variation de sa largeur le long de l'Oued est insignifiante ($L_{B,V} = 2B$).

4.1.4. Dimensions du rectangle équivalent

Cette notion introduite par L. Roche en 1963, permet la comparaison des bassins versants entre eux, quant à l'influence de leurs caractéristiques physiques sur l'écoulement global.

Quand l'indice de compacité est supérieur à 1,12 les dimensions du rectangle équivalent sont obtenues à l'aide des relations suivantes:

$$L_e = \frac{K_C \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K_C \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right]$$

Avec:

L_e : Longueur du rectangle équivalent en Km;

l : Largeur du rectangle équivalent en Km;

K_C : Indice de compacité ;

S : Superficie du bassin versant en km².

Nous obtenons:

$L_e = 65,9$ km.

$l = 15$ km

4.2. Caractéristiques du relief

4.2.1. Répartition des tranches d'altitudes et courbe hypsométriques

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle permet de comprendre la relation entre les paramètres climatiques (précipitations, écoulement de surface et bilan d'eau) et l'altitude du bassin. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par classe d'altitude (Fig.4.4).

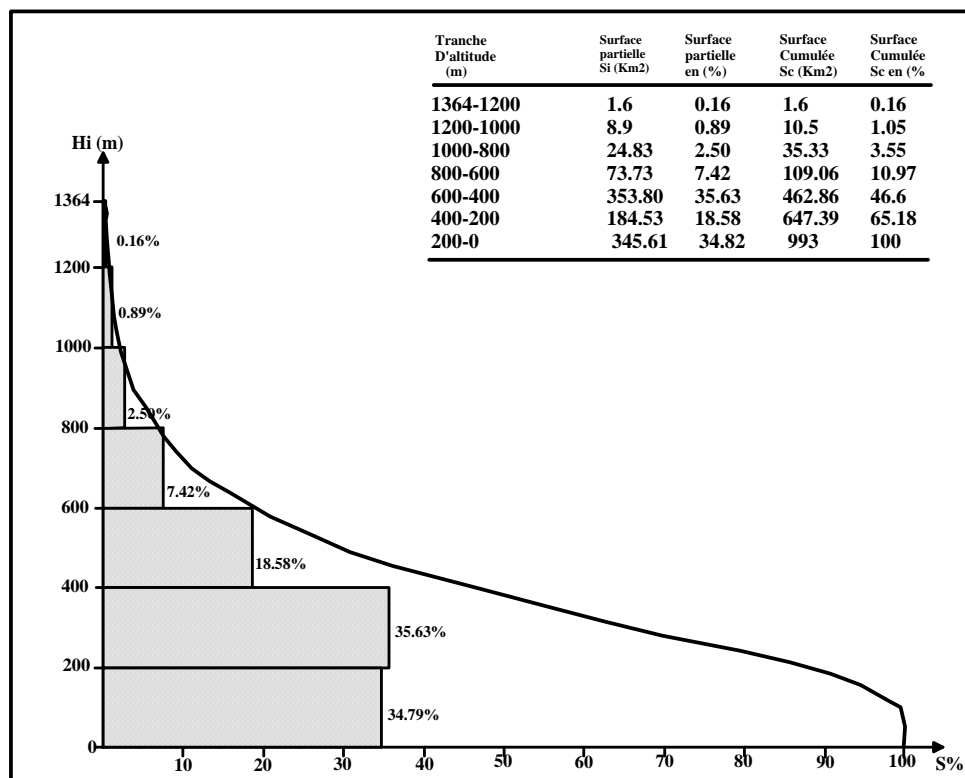


Figure 4.4. Courbe hypsométrique et diagramme altimétrique du bassin versant de Guebli

Les secteurs d'altitude dépassant les 1000 m sont peu étendus dans le bassin (1,1 %) et correspondent aux montagnes situés au Sud-Ouest et Nord-Ouest du bassin : Djebel Sidi Dris (1364 m), El Goufi (1183 m). Les zones d'altitudes comprises entre 600 et 1200 m couvrent 109 km², soit environ 11% de la superficie totale et correspondent en majorité à la chaîne Numidique. Par contre, les zones d'altitudes allant de 200 à 600 m couvrent une superficie de 538,3 km², soit 54,2 % de la superficie totale et concernent l'encadrement des cotés de la vallée du Guebli. Enfin, la tranche d'altitudes inférieures à 200 m concerne largement la vallée du Guebli et ses vallées affluentes, et s'étale sur une superficie de 345,61 km² soit 34,82 %.

4.2.2. L'altitude moyenne (H_{moy})

La valeur de l'altitude moyenne du bassin versant du Guebli peut être calculée par la formule suivant :

$$H_{moy} = \frac{\sum H_i S_i}{S}$$

H_{moy} : altitude moyenne (m)

S_i : surface partielle, comprise entre deux courbes de niveau (Km²).

H_i : cote moyenne (m).

S : surface du bassin.

L'altitude moyenne de bassin versants du Guebli calculée est de l'ordre 320 m.

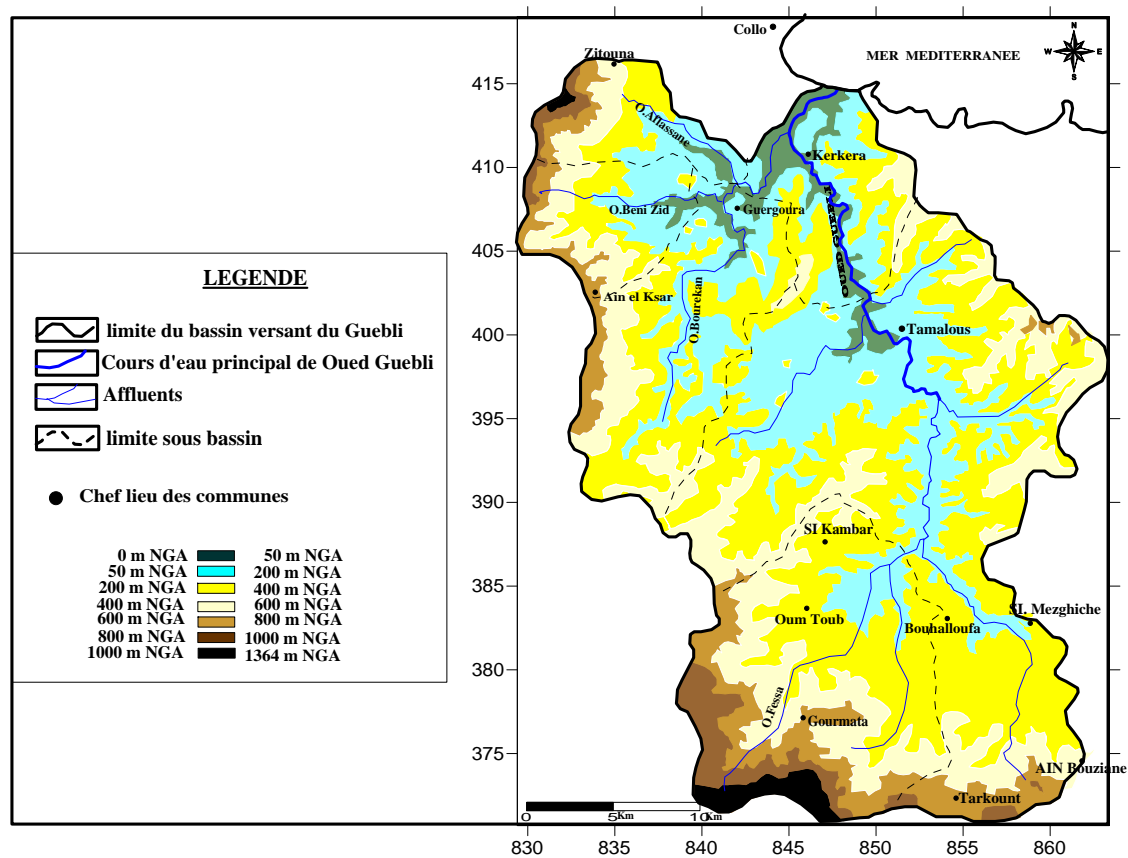


Figure 4.5. Carte du relief du bassin versant du Guebli

4.2.3. L'altitude médiane (H_{med})

Les courbes hypsométriques, permettent de déterminer les valeurs de l'altitude médiane ou l'altitude de fréquence 1/2 ; il s'agit de la valeur de l'altitude qui divise l'aire du bassin de façon à ce que 50% de la superficie du bassin est donnée par la valeur de la cote correspondant à une fréquence de 50%. L'altitude médiane du bassin du Guebli, calculée à partir de la courbe hypsométrique (Fig. 4.4) est de l'ordre de 380 m. L'altitude médiane est supérieure à l'altitude moyenne, ce qui montre une asymétrie des altitudes à l'échelle du bassin et des sous bassins.

4.2.4. Indices de pente et relief

Ces indices permettent de caractériser les pentes d'un bassin versant et d'établir une classification des différents reliefs pour faire ensuite des comparaisons entre les différents bassins. L'appréhension du relief peut être faite à l'aide d'au moins deux indices.

4.2.4.1. Indice de pente global (I_g)

Cet indice présente l'avantage d'être très simple et facile à calculer. L'indice de pente global (I_g), exprimé en m/km, est donné par le rapport de la dénivelée utile (D , en m); estimée à partir de la courbe hypsométrique; à la longueur du rectangle équivalent en km (L_e), d'où:

$$I_g = \frac{D}{L} = 10.45 \text{ m/Km}$$

I_g : Indice de pente globale (m/Km)

D : dénivelée simple (utile).

L : longueur du rectangle équivalent

4.2.4.2. Dénivelée simple (D)

Est estimée, à partir de la courbe hypsométrique, par la différence des altitudes correspondant à 5 et 95% de la superficie totale du bassin étudié; altitudes dénotées, respectivement, par $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$. Ceci dit que 90% de la superficie s'étend entre ces altitudes. L'indice de pente global ' I_g ' est estimé à 17,15 m / km, cela implique que le relief du bassin du Guebli est Moyen ($20 > I_g > 10$) Selon la classification de l'O.R.S.T.O.M: actuellement l'IRD). Mais pour classer le relief du bassin du Guebli, il semble plus fiable de se baser sur la dénivelée spécifique (D_s) au lieu de l'indice de pente global (I_g), car ce dernier ne peut être significatif qu'en cas des bassins de plus de 25 km² de superficie.

$$D_s = I_g \sqrt{S} = D \sqrt{\frac{L}{L}} = 329m$$

I_g : indice de pente globale, et S : surface en Km².

La D_s estimée par 329 m traduit bien l'importance du volume montagneux, et de même les importantes dénivelées, et donne au relief du bassin du Guebli la qualification de Relief fort ($250 < D_s < 500$ m selon la classification de l'O.R.S.T.O.M). Ce relief fort, est un élément déterminant de la réaction du bassin vis-à-vis les pluies.

4.2.4.3. L'indice de pente de ROCHE I_p

Est calculé par la formule suivante :

$$I_p = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}} = 3.6 \text{ m/km}$$

I_p : indice de pente de ROCHE (m/km).

I_g : indice de pente globale (m/km).

4.2.4.4. Classes des pentes

La pente topographique exprime l'inclinaison des versants par rapport à l'horizontal. C'est un facteur essentiel de l'écoulement de surface, car en effet ce dernier a tendance à avoir plus d'énergie cinétique et vive en présence des fortes pentes et dénivelées. Et par conséquent, elle assure une réponse hydrologique rapide et une dynamique érosive agressive. Dans le bassin du Guebli, on a pu faire ressortir quatre classes de pente.

- Pentas faibles (moins de 3 %) : coïncident avec une surface réduite et limitée à la vallée du Guebli et la plaine de Collo. C'est une zone de réception et de cumul hydrologique fortement exposée au risque d'inondation.
- Pentas moyennes (3 – 12,5 %) : fréquentes et couvrent la moitié du bassin, elles se localisent surtout à la partie centrale du bassin; Kerkra, Tamalous, Bin El Ouiden, Sidi Mezghiche,.
- Pentas fortes (12,5 – 25 %) : occupent des collines forment le prolongement des montagnes du Nord vers le Sud du bassin (Dj. Guern Aicha, Dj. Bou Melloul, Dj. Zefzaf, Dj. Bounab, Dj. Bou Bellout.
- Pentas très fortes (plus de 25 %) : correspondent aux montagnes plus ou moins élevées. Elles s'étendent sous forme de chaînes de direction générale SW-NE (Dj. Sidi Dris) et NS (massif de Collo : Dj. El.Goufi)

5. Conditions climatiques du bassin versant de l'oued Guebli

Dans le but de compléter l'étude du complexe physique du bassin versant de l'Oued Guebli, une analyse des facteurs climatiques s'impose. Elle permet de mettre à jour les facteurs les plus importants qui régissent le climat et en fin d'établir le bilan d'eau. L'établissement d'un bilan hydrique nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydrologique de surface, implique la connaissance des paramètres suivants : les précipitations, l'évaporation, l'infiltration et le ruissellement qui conditionnent ce bilan. Cette étude climatique débouchera sur un calcul du bilan en exploitant les données météorologiques disponibles et en utilisant la méthode adaptée au contexte régional. Pour atteindre les objectifs de ce chapitre un effort considérable a été fourni notamment dans la collecte des données sur les précipitations (journalières, mensuelles, et annuelles), la température, l'humidité, le vent, au niveau des services gestionnaires, en particulier l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) et l'office national de météorologie (O.N.M) de Constantine.

5.1. Equipement pluviométrique du bassin

En ce qui concerne les stations pluviométriques du bassin versant de l'Oued Guebli, il en existe peu dont les séries d'observation sont suffisamment longues pour un dépouillement détaillé. En outre on y trouve de nombreuses lacunes qui rendent difficile le traitement statistique des séries. C'est ce qui explique que nous avons eu recours à des stations pluviométriques de longue durée se situant tous près des limites du bassin versant dans les bassins voisins. Le bassin du Guebli disposait de 9 stations pluviométriques (Tab.4.2). Parmi ces dernières, nous avons retenu quatre (4) stations pour l'étude de façon à couvrir le bassin à différentes altitudes, dont la station d'Aflassane occupe l'aval du bassin, la station de Tamalous couvre la partie centrale du bassin et la station de Guenitra qui contrôle l'amont du bassin, et la station de Zitouna et Beni Zid couvrent la partie Ouest du bassin. Le choix de ces dernières est primordial pour arriver à une étude complète et significative concernant le diagnostic des ressources en eau du Guebli.

Tableau 4.2. Coordonnées des stations météorologiques retenues dans le bassin
Versant de Guebli

Code	Non de la station	X	Y	Longitude	Latitude	Altitude
030602	Zitouna	834.70	416.50	6°27'45"E	36°59'32"N	548
030705	Bou halloufa	856.35	382.25	6°41'18"E	36°40'35"N	165
030706	Oum Toub	846.15	383.45	6°34'28"E	36°41'52"N	240
030710	Tamalous	851.65	399.95	6°38'36"E	36°50'13"N	60
030711	Guergoura	842.10	407.30	6°32'28"E	36°54'24"N	60
030712	Aflassane	841.20	410.10	6°31'56"E	36°55'53"N	35
030911	Bouchtata	866.05	395.85	6°48'14"E	36°47'43"N	90
030724	Guenitra	851.49	386.59	6°43'09"E	36°37'15"N	169

Source : ANRH Constantine.

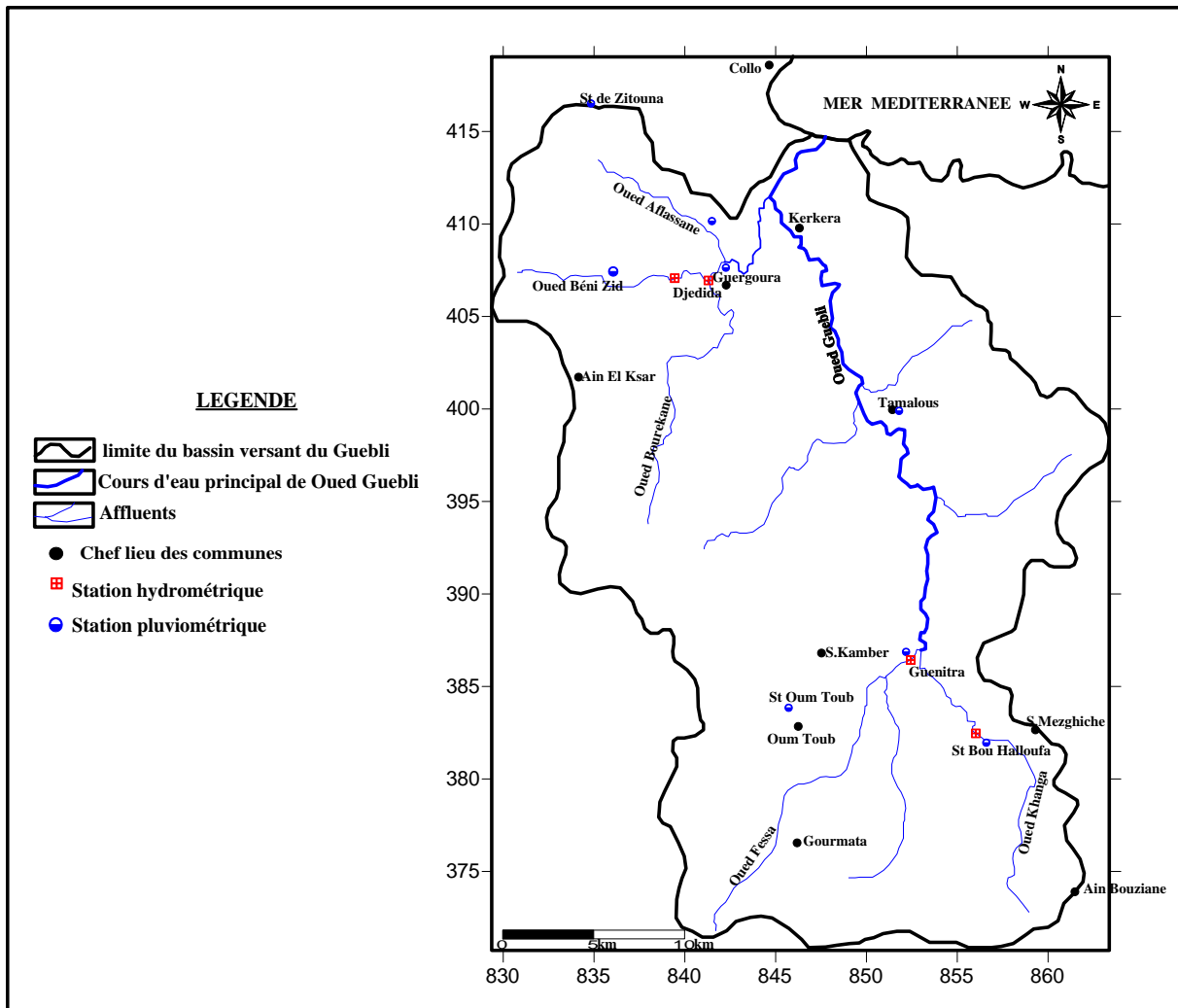


Figure 4.6. Equipement en station pluviométrique et hydrométrique du bassin versant d'Oued Guebli

5.2. Données disponibles

Les données pluviométriques utilisées dans ce chapitre sont celles disponibles à l'heure actuelle aux archives de l'A.N.R.H. On a consulté les volumes des listings donnés par l'ordinateur contenant les données jusqu'à l'année hydrologique 2010/2011. Toutefois, pour les données de base pour toute étude climatique de l'Algérie, l'ouvrage de Seltzer est le plus adéquat (1913-1938), de même que la carte pluviométrique de Chaumont et Paquin (1913-1963). Le bassin versant du Guebli reçoit annuellement une hauteur comprise entre 800 et 1600 mm environ, cela dénote un climat méditerranéen humide caractérisé par des variantes littorale, intérieure et montagnarde.

5.2.1. Régime des Vents

Dans le bassin versant de l'Oued Guebli les vents les plus fréquents sont de directions Nord-Ouest et Ouest observé au niveau de la station de Guenitra, et Zitouna respectivement avec

quelques épisodes de Sirocco de direction Sud augmentant les températures particulièrement en mois d'Août.

Seule la station de Skikda qui mentionne la vitesse du vent, d'après les données des moyennes des vents de cette station sur la période (1970/71-2011/12), on constate que la fréquence de la vitesse des vents atteint son maximum en hiver (décembre) avec $3,89 \text{ m. s}^{-1}$, ce qui favorise le déplacement des nuages et par conséquent la répartition des précipitations sur l'étendu du bassin. Cependant, le minimum des vents est enregistré en mois de Mai avec $3,22 \text{ m. s}^{-1}$. on remarque aussi la vitesse des vents à la station de Milia est plus fréquente que la station de Skikda, cela confirme que le versant Ouest est le plus exposé aux vents, le tableau 4.3 représente les vitesses moyennes du vent.

Tableau 4.3. Vitesse moyenne des vents (en m/s) à la station de Skikda (1970/71 - 2011/12).

station	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Skikda	3,34	3,50	3,60	3,89	3,74	3,84	3,78	3,36	3,22	3,32	3,32	3,36
El Milia*	3,66	3,79	3,82	3,93	3,90	3,91	3,92	3,70	3,50	3,60	3,64	3,65

Source : Station de Skikda, 2012

* : Vitesse moyenne des vents (estimée)

5.2.2. Humidité relative de l'air

Pour l'examen des valeurs de l'humidité moyenne mensuelle, on s'est référé aux données de la station de Skikda port et celle de Guenitra. A la station de Skikda, l'humidité moyenne mensuelle est relativement constante (72,5 %). Cependant, à la station de Guenitra elle est caractérisée par l'irrégularité, avec une moyenne de 47,5 %. Le maximum est observé en mois de Décembre (59,8 %) et le minimum en Juin (45,1 %). L'humidité moyenne mensuelle à la station de Guenitra est inférieure à celle de la station de Skikda, ceci peut être traduit par la variation de la température (de la mer vers l'intérieur), et par la différence d'altitude entre les deux stations (Skikda 1,3 m et Guenitra 195 m). On peut noter donc une décroissance de l'humidité du littoral vers l'intérieur du bassin.

Tableau 4.4. Humidité relative en (%) moyenne mensuelle

Station	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Guenitra	48.4	50.1	56.7	59.8	55.9	53.4	47.2	55.6	52.9	45.1	50.6	52.6
Skikda	73.2	70.6	72.0	72.9	74.9	71.8	73.1	73.3	74.0	72.4	71.1	72.3

5.2.3. Evaporation

C'est la transformation sans ébullition d'un liquide en vapeur, elle est exprimée en (mm). La saison où l'évaporation atteint sa valeur maximale est l'été (Tab.4.5), au mois de Juillet avec une valeur de 173.5 mm alors que la valeur minimale est observée en hiver au mois de Janvier avec 44.1mm.

Tableau 4.5. Evaporation moyenne mensuelle à Guenitra (89/90-10/11)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juill	Août
Bac A en (mm)	159	102	56	40	35	48	85	105	154	205	258	240
Piche en (mm)	118	87	62	49	44	4	70	76	98	147	185	174

5.2.4. La précipitation

Plus que d'autres facteurs, la précipitation est la plus déterminante des ressources en eau, qui ont une grande influence sur les activités humaines telles que la production agricole, la consommation d'eau, etc... Dans cette optique le présent chapitre vis à donner une meilleure idée sur la variabilité des précipitations et la prédétermination des valeurs pluviométriques extrêmes susceptibles d'être utilisés par les aménageurs, notamment dans le dimensionnement des ouvrages d'art (digues de remblais, systèmes de drainage urbain et agricole, etc...), et dans l'organisation générale des implantations humaines dans une zone reconnue parmi les plus arrosées de l'Algérie (G. Camps 2012).

5.2.4.1. Précipitations moyennes mensuelles

A partir des données pluviométriques observées aux stations énumérées dans le (Tab.4.6). On a déterminé la moyenne des hauteurs de pluies mensuelles et annuelles concernant ces stations. Il est noté que ces valeurs des hauteurs de pluies annuelles sont en bonne concordance avec la carte établie par l'A.N.R.H dressée sur la base des observations effectuées de 1933 à 1993. Cette carte (Fig.4.7), montre la répartition spatiale des pluies moyennes annuelles dans le bassin versant de l'Oued Guebli.

Tableau 4.6. Précipitations moyennes mensuelles du bassin versant de l'Oued Guebli

Station	Zitouna	Bouhalloufa	OumToub	Tamalous	Guergoura	Aflassane	Bouchtata	Guenitra
Sep	88.5	39.2	31.1	32.7	27.7	34.5	44.9	38.8
Oct	181.2	66.1	58.8	65.3	84.7	65.4	59.1	48.2
Nov	200.4	79.9	90.6	115.2	102.4	131.9	97.4	76.8
Déc	216.5	56.5	116.8	161.1	132.3	145.0	136.2	121.8
Jan	250.1	66.2	126.9	146.6	142.7	115.2	117.5	104.4
Fév	238.7	92.4	99.0	122.1	116.1	104.5	117.4	77.2
Mar	197.5	60.0	65.1	86.1	87.4	73.7	48.7	54.2
Avr	149.7	56.4	68.3	69.0	57.9	59.6	59.3	66.7
Mai	66.0	42.3	37.2	27.0	33.7	29.1	41.4	39.5
Jui	20.2	5.2	6.5	6.5	10.9	8.0	8.3	10.9
Juil	5.6	1.2	3.4	2.0	0.2	2.1	1.9	3.3
Août	14.1	6.3	7.5	4.4	2.8	4.1	8.7	8.2
Année	1628.5	571.7	711.2	838.0	798.8	773.1	740.8	650

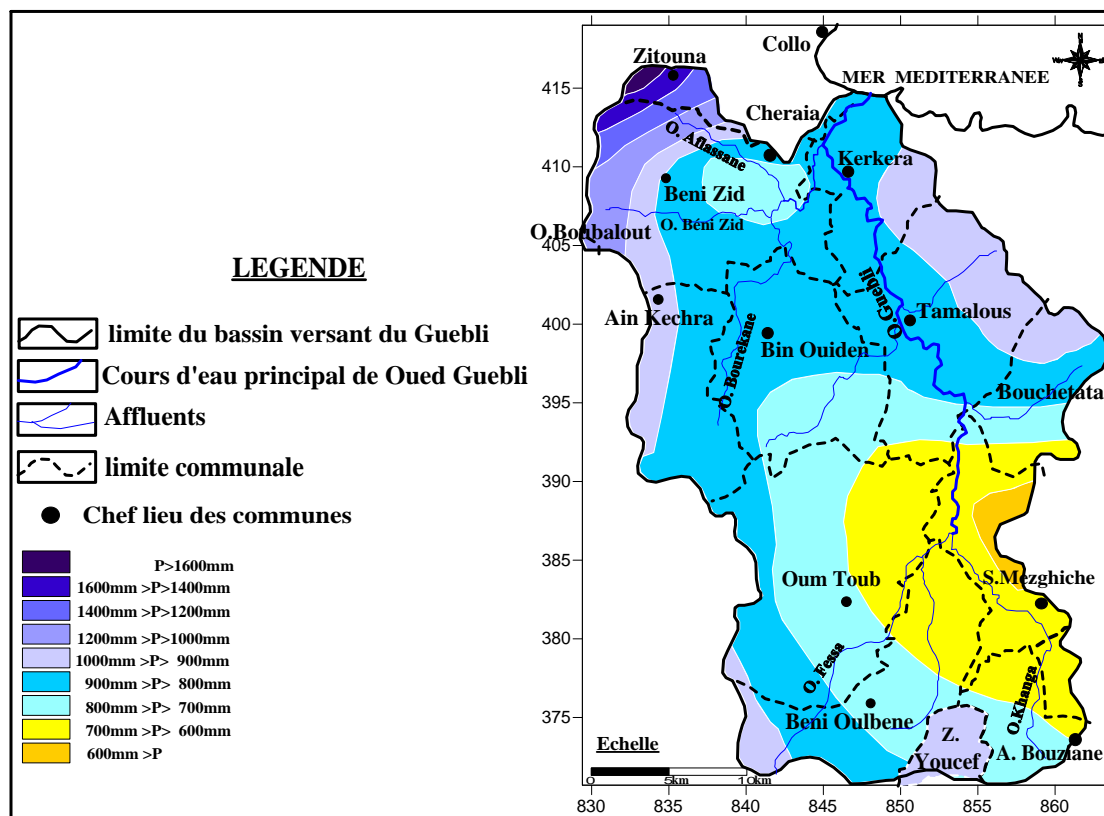


Figure 4.7. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après L'A.N.R.H 1933-1993)

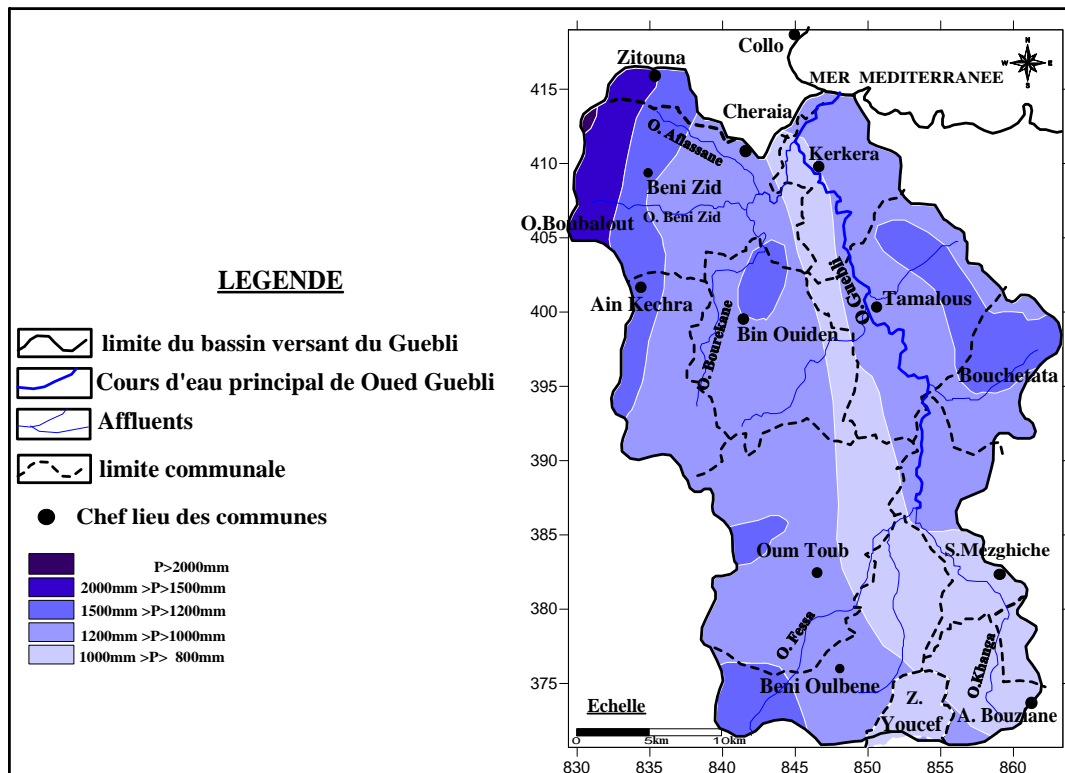


Figure 4.8. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli
(D'après CHAUMOT et PAQUIN 1913-1963)

La pluviosité dans cette région se caractérise par une forte intensité des précipitations en hiver et d'une diminution des amplitudes pluviométriques en été. Plusieurs facteurs interférents pour donner un paysage présentant un climat à fort contraste entre le Nord et le Sud du bassin, dont les principaux sont l'importance du volume montagneux à proximité de la mer, le relief très compartimenté et la position par rapport aux vents humides du Nord.

Au Nord, la zone la plus arrosée étant le massif de Collo où la pluie moyenne annuelle est de l'ordre de 1628.5 mm à Zitouna (altitude 548m). Les précipitations annuelles diminuent du Nord vers le Sud (1628.5 mm à Zitouna, 798.8mm à Guergoura et 571.7mm à Bou Halloufa). Les lois de l'éloignement de la mer, l'orographie et l'exposition des versants aux vents humides justifient les variations pluviométriques d'une zone à l'autre du Guebli. Au cours de l'année, les précipitations sont réparties irrégulièrement. Près de 80% des précipitations annuelles tombent dans une période semestrielle la plus pluvieuse (Novembre- Mars) (M. Milano 2012). Les précipitations tombent le plus souvent sous forme d'averses d'intensités variables. Les pluies torrentielles sont celles qui dépassent 30mm en 24 h. Elles sont à l'origine du déclenchement de l'érosion hydrique dans la région. Une distribution par défaut du nombre de jours de pluies torrentielles est illustrée dans le tableau 4.7.

Tableau 4.7. Nombre de jours de pluies torrentielles dans le bassin versant de l'Oued Guebli (A.N.R.H ,70/71-05/06)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Total
Zitouna	6	9	14	13	16	16	16	10	6	0	0	0	106
Bouhlloufa	3	2	6	6	4	2	2	2	1	0	0	0	28
Oum Toub	12	4	5	7	7	11	12	10	5	2	1	1	77
Tamalous	1	4	2	9	7	7	3	6	0	0	1	0	40
Guergoura	6	8	9	10	13	8	8	4	2	0	0	0	68
Aflassane	3	5	8	9	7	6	6	3	2	1	0	0	50

Le tableau montre que le régime torrentiel des précipitations dans les conditions d'un relief montagneux compliqué conduit à une répartition pluviométrique hétérogène sur le bassin même au cours de la même pluie. Et les jours les plus pluvieux (plus de 70% des cas à Zitouna par exemple) se concentrent entre les mois de Novembre et Mars.

Calcul de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin

Les cartes pluviométriques donnent une vue d'ensemble de la répartition des pluies sur un territoire et une période déterminé, elles comportent généralement la représentation du relief pluviométrique par un ensemble d'isohyètes. Nous avons choisi la méthode des isohyètes qui est la plus rationnelle et la plus précise. Elle Consiste à tracer les isohyètes ou courbes d'égale hauteur de pluie sur le fond topographique du bassin puis on calcul le volume du relief pluviométrique que représente ces dernières. A cet effet, on planimètre la surface du bassin versant comprise entre deux isohyètes consécutives et on admet que la hauteur de pluie sur cette surface élémentaire (S_i) est la moyenne entre les côtes de deux isohyètes qui la limitent. Les résultats de planimétrage sont illustrés dans le Tableau 4.8.

Tableau 4.8. Répartition des tranches d'isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après la carte des isohyètes établie par l'A.N.R.H. 2005)

Tranche d'isohyète	P_i (mm)	S_i (Km ²)	$P_i \cdot S_i$ (mm. Km ²)
500-600	550	12.7	6996
600-700	650	183.6	119340
700-800	750	263.8	197850
800-900	850	369.0	313650
900-1000	950	115.7	109934
1000-1200	1100	24.3	26796
1200-1400	1300	15.7	20488
1400-1600	1500	6.6	9900
1600-1689	1644.5	1.7	2828.5

La lame d'eau tombée s'obtient par le quotient de la somme des volumes partiels par la surface totale du bassin.

$$P_{moy} = \frac{\sum P_i S_i}{S_T}$$

Nous obtenons une lame d'eau précipitée de l'ordre de 813.2 mm. D'après la carte Chaumont et Paquin, Nous obtenons une lame d'eau précipitée de l'ordre de 1108.6 mm.

Tableau.4.9. Répartition des tranches d'isohyètes du bassin versant de l'Oued Guebli (D'après la carte d'isohyètes dressée par Chaumont et Paquin 1913-1993).

Tranche d'isohyète	P_i (mm)	S_i (Km ²)	$P_i \cdot S_i$ (mm.Km ²)
800-1000	900	244.7	220230
1000-1200	1100	571.6	628760
1200-1500	1350	142.8	192780
1500-2000	1750	34.0	59500

Les deux tableaux représentent la répartition des hauteurs de pluies en fonction des superficies partielles du bassin versant de l'Oued Guebli pour le calcul de la lame d'eau moyenne précipitée sur ce dernier, le premier concernant la carte pluviométrique établie par l'A.N.R.H sur une période de 60 ans, et le second concernant celle de Chaumont et Paquin sur une période de 50 ans. A titre comparatif ente les deux cartes, la seconde montre une valeur de précipitation moyenne plus élevée par rapport à la première. On utilise la même méthode précédente pour calculer la lame d'eau moyenne précipitée sur les différents sous bassin. Tab.4.10.

Tableau 4.10. La lame d'eau moyenne précipitée des différents sous bassin versant de Guebli

Sous bassin	Aflassane	Béni Zid	Bourekane	Guenitra	Guebli aval	Guebli amont
P_{moy} (mm)	1154.5	917.5	858.1	755.2	863.0	761.1

Pluie de courte durée

Pour déterminer les pluies de courte durée, nous suivons la méthode adoptée par l'A.N.R.H (basée sur la méthode de Montanari) dont les paramètres ont été élaborés par l'A.N.R.H pour toute l'Algérie. Les moyennes des hauteurs de pluie de 24 heures maximale annuelles (P_{24}) et leurs coefficients de variation (C_V ; l'écart type divisé par la moyenne) évalués aux différentes stations pluviométriques sont donnés dans le tableau 4.11. La répartition spatiale de ces valeurs ainsi que celle de l'exposant climatique (b) sont respectivement données sur les Fig.4.9, 4.10, 4.11, 4.12. Pour chaque année d'observations et pour chaque station prise en compte les données pluviométriques journalières ont fait l'objet d'un dépouillement particulier afin de dégager la hauteur de la pluie journalière maximale observée pendant l'année. Les lacunes constatées aux niveaux des séries d'observations ainsi obtenues, ont été en partie comblées en utilisant la méthode de la moyenne arithmétique (cas ou le nombre de lacunes est très réduit) et la méthode de la régression dans le cas ou les anomalies sont un peu plus longues.

Tableau 4.11. Résultats du calcul des paramètres statistiques des pluies journalières maximales du Guebli (77/78-05/06).

Station	Zitouna	Oum Toub	Tamalous	Guergoura	Aflassane
P ₂₄ max	155.3	133.5	85.3	134.2	152.6
P ₂₄ min	9.6	10.2	10.8	6.5	5.5
P ₂₄ max moyenne	93.7	63.2	55.8	69.5	54.7
L'écart type	31.1	28.4	26.2	27.8	22.7
C _v (%)	33.2	44.9	46.9	40.0	41.4

L'examen des résultats de la statistique descriptive, consignés au Tableau 4.11, montre des fortes fluctuations des pluies journalières dans le bassin du Guebli ($33\% \leq C_v \leq 47\%$). Il ressort de ce tableau que les pluies journalières maximales absolues sont plus importantes au Nord du bassin (155,3 mm à Zitouna et 152,6 mm à Aflassane) qu'au Sud (85,3 mm à Tamalous). Cependant, les pluies journalières maximales moyennes varient de façon aléatoire entre 93,7 mm à la station de Zitouna et 54 mm à Aflassane.

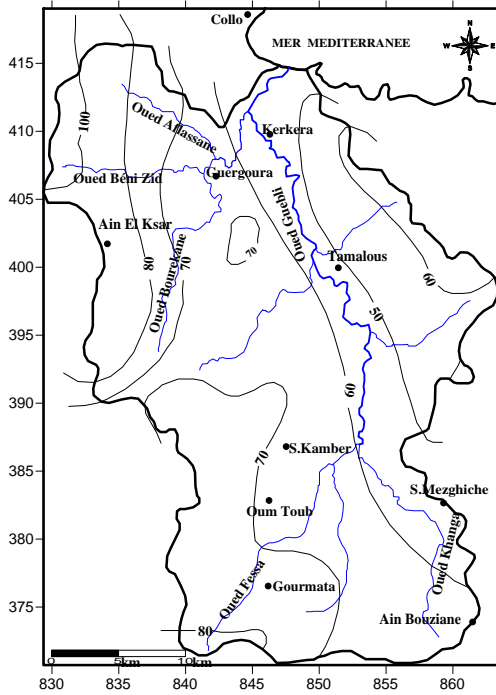


Figure.4.9. Carte des isohyètes de la moyenne des pluies de 24 heures maxima annuelles (d'après l'A.N.R.H 1933.1993).

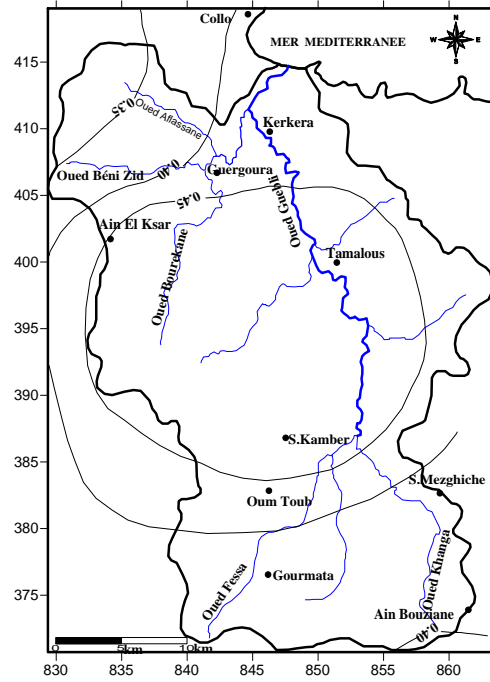


Figure 4.10. Carte des isolignes du coefficient de variation (D'après l'A.N.R.H 1933-1993)

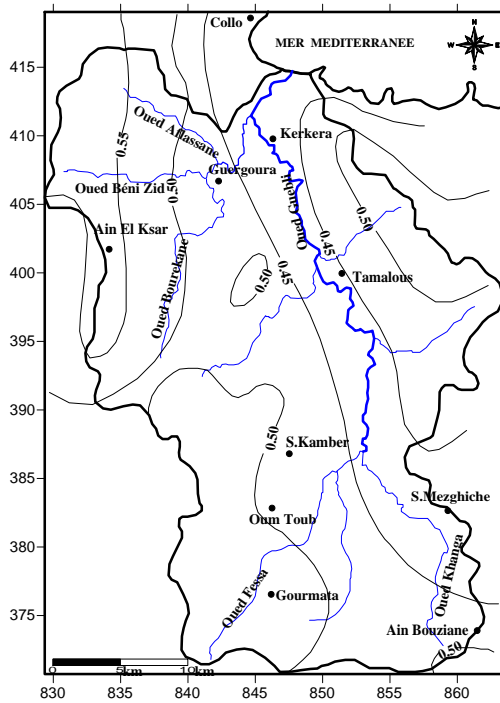


Figure 4.11 Carte des isolignes de l'exposant climatique (D'après l'A.N.R.H 1933-93).

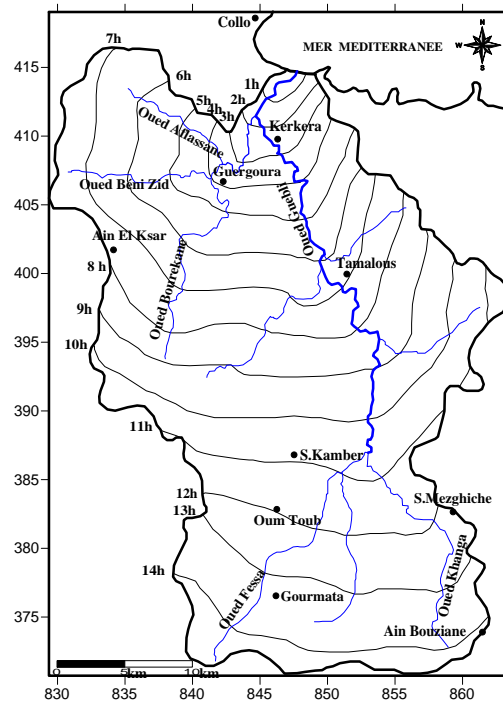


Figure 4.12 Carte des isochrones d'écoulement (D'après l'A.N.R.H 1933-1993).

5.2.5. Température de l'air

Le bassin versant de l'Oued Guebli faisant partie du grand ensemble régional du constantinois, subit les influences de la mer Méditerranée. Elle est caractérisée par des forts écarts thermiques ; plus particulièrement entre les minima et maxima absolus divisant ainsi l'année en une saison froide et une saison chaude bien distinctes. La saison froide s'étale de Novembre à Avril où l'on enregistre les minima les plus bas atteignant, la température minimale extrême baisse à -1.8 C° à Décembre puis viennent les mois de Janvier, Février et Mars avec -1.1 C° , -1.5 C° , -1.6 C° , respectivement. Cette situation expose le bassin, notamment le comportement physiologique des plantes (cycle végétatif), à un risque de gel durant ces mois. La saison chaude est comprise entre Mai et Août. Elle est caractérisée par des moyennes maximales dépassant les 30C° ; les températures maxima extrêmes peuvent atteindre ($43.7\text{-}48.0\text{ C}^\circ$) étant enregistré aux mois de juillet et Août. Ces fortes valeurs sont à l'origine d'un pouvoir évaporant assez important. Les données traitées intéressent les stations : de Guenitra, Skikda, Collo série ancienne et Milia (Tab.4.12, 4.13, 4.14 et 4.15).

Tableau 4.12.Températures moyennes mensuelles en ($^\circ\text{C}$) à la station de Guenitra (89/90-03/04)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Tmax ($^\circ\text{C}$)	31.0	26.1	19.8	16.4	15.1	15.9	18.8	20.7	25.8	31.6	35.2	35.9
Tmin ($^\circ\text{C}$)	17.6	13.8	10.0	6.7	5.4	6.5	6.9	8.3	12.5	16.3	18.3	19.3
Tmoy ($^\circ\text{C}$)	24.3	19.9	14.9	11.5	10.2	11.2	12.9	14.5	19.2	24.0	26.8	27.6

Tableau 4.13.Températures moyennes mensuelles en ($^\circ\text{C}$) à la station de Skikda (89/90-03/04)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Tmax ($^\circ\text{C}$)	27.5	24.7	20.6	19.9	18.8	17.3	18.5	19.6	22.3	25.8	28.0	29.7
Tmin ($^\circ\text{C}$)	20.6	17.2	13.2	7.9	6.3	7.5	10.3	11.8	15.7	18.7	21.5	22.9
Tmoy ($^\circ\text{C}$)	24.1	21.0	16.9	13.9	12.6	12.4	14.4	15.7	19.0	22.2	24.8	26.3

Tableau 4.14.Températures moyennes mensuelles en ($^\circ\text{C}$) à la station de Collo série ancienne (1913/1914-1937/1938)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Tmax ($^\circ\text{C}$)	29.7	24.9	21.6	18.8	19.2	16.2	18.6	20.2	23.1	26.2	30.1	32.5
Tmin ($^\circ\text{C}$)	18.2	16.0	11.3	7.1	4.8	7.6	9.2	11.0	14.5	18.2	20.1	19.5
Tmoy ($^\circ\text{C}$)	24.0	20.5	16.5	13.0	12.0	11.9	13.9	15.6	18.8	22.2	25.1	26.0

Tableau 4.15.Températures moyennes mensuelles en ($^\circ\text{C}$) à la station d'El Milia (76/77-90/91)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Tmax ($^\circ\text{C}$)	31.7	26.1	21.0	15.7	15.1	16.8	19.8	23.1	26.2	31.7	35.6	35.2
Tmin ($^\circ\text{C}$)	17.3	12.1	11.1	6.2	6.0	6.1	7.4	9.9	12.3	16.8	19.6	20.3
Tmoy ($^\circ\text{C}$)	24.5	19.1	16.0	11.0	10.5	11.5	13.6	16.5	19.2	24.3	27.6	27.8

Les tableaux montrent que les températures sont élevées en été et baissent en hiver, pour les trois stations de Guenitra, Skikda et Milia, avec des moyennes saisonnières de :

$26.1\text{ }^\circ\text{C}$, $24.4\text{ }^\circ\text{C}$ et $26.5\text{ }^\circ\text{C}$ pour l'été et sont de $11.0\text{ }^\circ\text{C}$, $12.9\text{ }^\circ\text{C}$ et $11.0\text{ }^\circ\text{C}$ pour l'hiver respectivement. D'après l'allure des quatre courbes, nous remarquons que la température

moyenne de la station de Collo série ancienne et la température moyenne de la station de Skikda est presque la même, ceci est lié à leur même situation et qu'ils ont presque les mêmes conditions orographiques. Les deux courbes des températures moyennes mensuelles enregistrées à la station d'El Milia et de Guenitra sont situées au-dessus de celle de Skikda en été, par contre la courbe des températures moyennes mensuelles enregistrées à la station de Skikda est située au-dessus de celle d'El Milia et Guenitra en hiver comme le montre la (Fig.4.13), du fait que la station de Guenitra et Milia sont situées à 169 et 105m respectivement. Donc, les zones hautes sont relativement plus chaudes en été et plus froides en hiver.

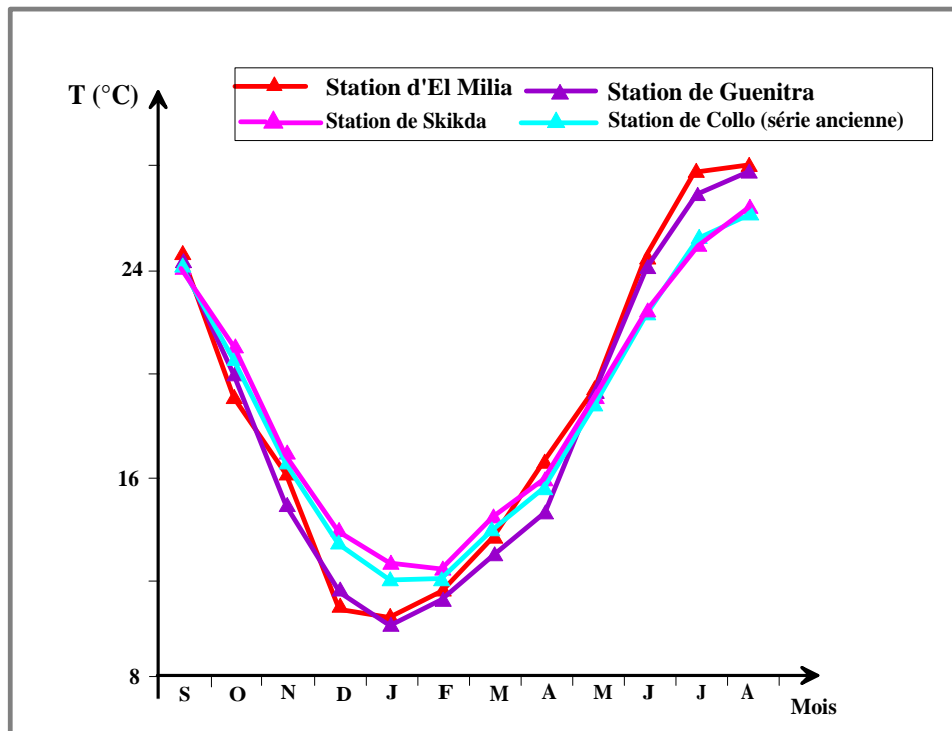


Figure 4.13. Températures moyennes mensuelles interannuelles

5.3. Diagramme Ombro-thermique

La saison sèche est d'une grande importance pour mieux connaître la période déficitaire en eau, afin de pouvoir répondre aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable. Les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations selon la définition de Gaussen 1958. Une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température ($P \leq 2T$). Cette relation permet d'établir un diagramme Ombro-thermique représenté dans les figures 4.14, 4.15, 4.16 et 4.17. Les diagrammes Ombro-thermique analysés sont ceux des stations de Guenitra, Tamalous, Aflassane et Zitouna. Alors que la période sèche s'étale sur une période de trois mois pour la station de Zitouna et Tamalous (début de Juin jusqu'à la fin d'Août) (Fig.4.16, 4.17), à la

station de Guenitra et Aflassane la période sèche s'étale sur une saison qui débute la mi-Mai jusqu'à la fin de Septembre (Fig.4.14, 4.15).

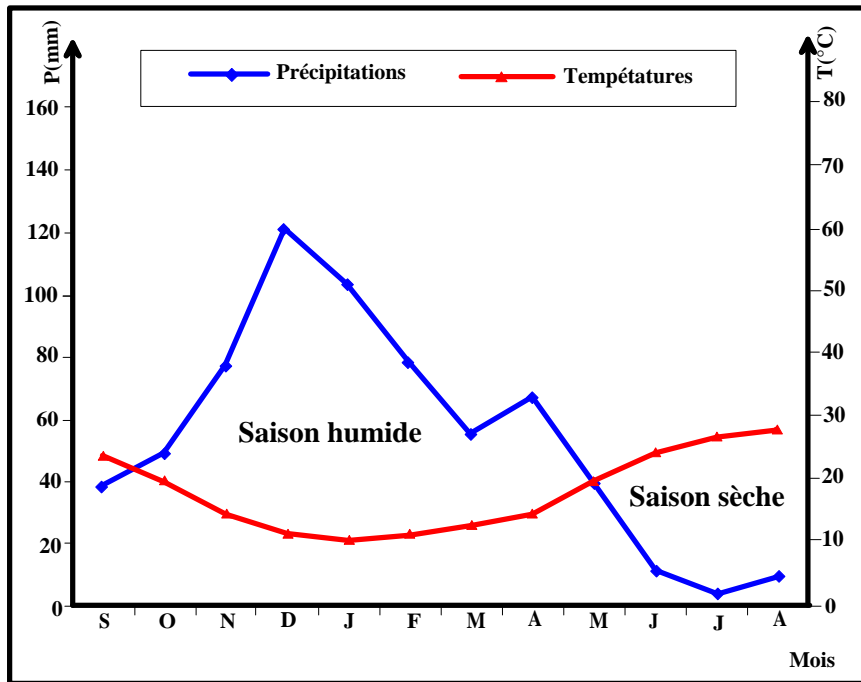


Figure 4.14. Diagramme Ombro-thermique de la station de Guenitra (89/90-10/11)

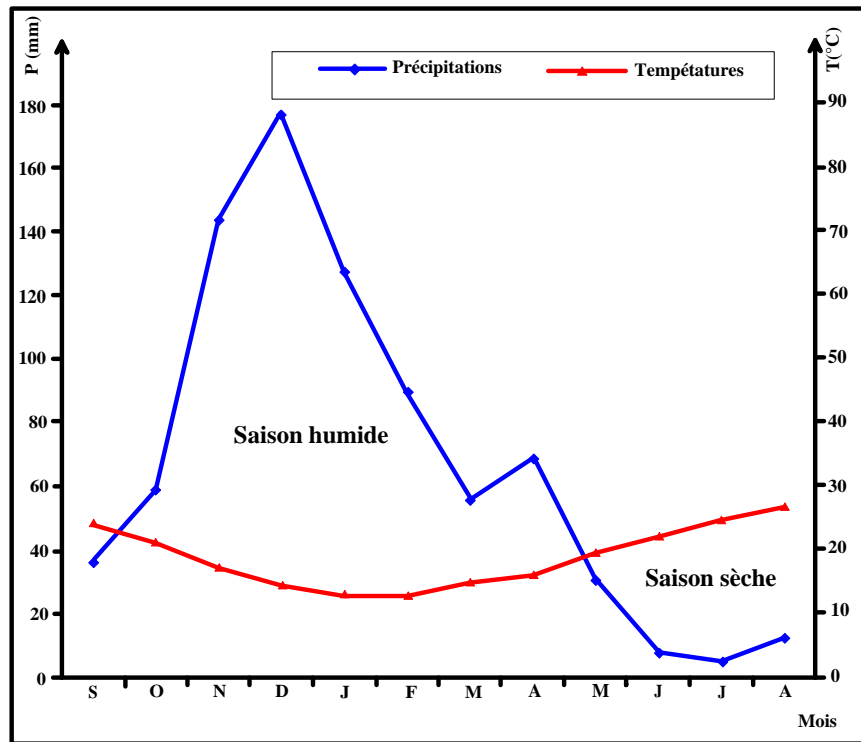


Figure 4.15. Diagramme Ombro-thermique de la station d'Aflassane (89/90-03/04).

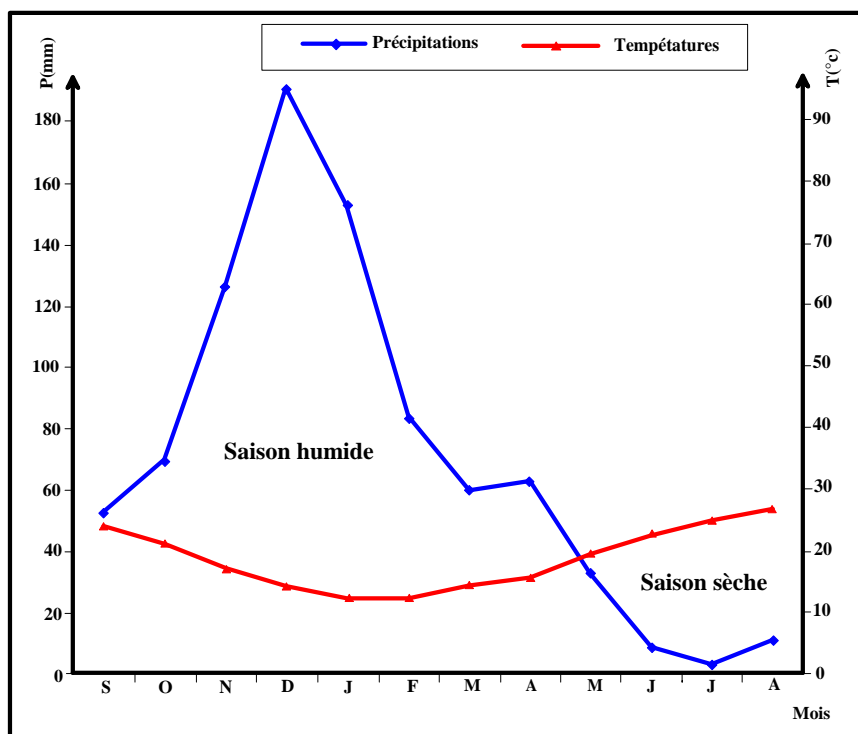


Figure 4.16. Diagramme Ombro-thermique de la station de Tamalous (89/90-03/04).

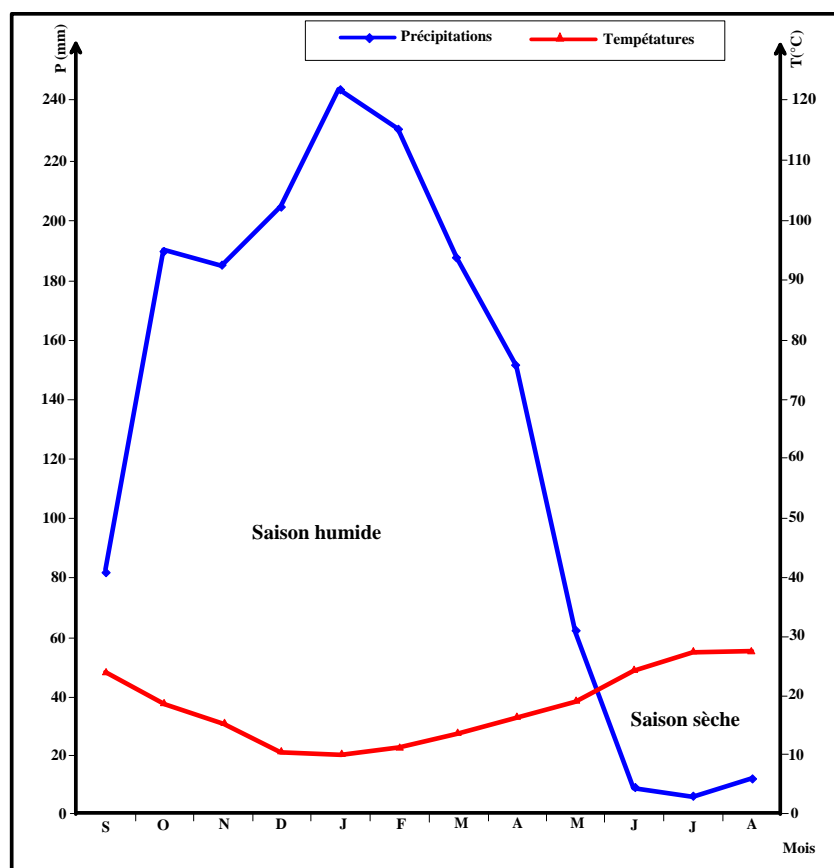


Figure 4.17. Diagramme Ombro-thermique de la station de Zitouna (76/77-90/91)

5.4. Méthode d'Euvert (humidité du sol)

Le rapport P/T établi mensuellement permet de connaître l'évolution de l'humidité du sol. Ainsi quatre régimes sont définis :

- Très sec (TS) où $P/T < 1$;
- Sec (s) où $1 < P/T < 2$;
- Sub-humide (SH) où $2 < P/T < 3$;
- Humide (H) où $P/T > 3$.

Tableau 4.16. Evaluation de l'humidité du sol à Guenitra (89/90-10/11)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
P(mm)	38.8	48.2	76.8	121.7	104.4	77.2	54.2	66.7	39.5	10.9	3.3	8.2
T(°C)	24.3	19.9	14.9	11.5	10.2	11.2	12.9	14.5	19.2	24.0	26.8	27.6
P/T	1.59	2.41	5.15	10.52	10.15	6.84	4.20	4.58	2.05	0.45	0.12	0.29

Tableau 4.17. Evaluation de l'humidité du sol à Aflassane (89/90-03/04)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
P(mm)	35.9	58.7	143.8	176.6	127.2	88.8	55.4	69.2	30.4	7.4	4.5	11.5
T(°C)	24.1	21.0	16.9	13.9	12.6	12.4	14.4	15.7	19.0	22.2	24.8	26.3
P/T	1.49	2.79	8.50	12.69	10.09	7.15	3.84	4.38	1.6	0.33	0.18	0.43

Tableau.4.18. Evaluation de l'humidité du sol à Tamalous (89/90-03/04)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
P(mm)	52.3	68.8	127.6	190.9	153.4	83.0	59.4	62.5	32.5	8.6	3.5	10.0
T(°C)	21.1	21.0	16.9	13.9	12.6	12.4	14.4	15.7	19.0	22.2	24.8	26.3
P/T	2.17	3.27	7.55	13.72	12.17	6.69	4.11	3.95	1.71	0.38	0.14	0.38

Tableau 4.19. Evaluation de l'humidité du sol à Zitouna (76/77-90/91)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
P(mm)	82.5	190.4	186.6	205.7	244.8	231.1	188.1	152.0	63.2	10.6	6.4	12.8
T(°C)	24.5	19.1	16.0	11.0	10.5	11.5	13.6	16.5	19.2	24.3	17.6	27.8
P/T	3.35	9.96	11.59	18.70	23.11	20.09	13.83	9.21	3.27	0.43	0.23	0.46

D'après les quatre tableaux et la figure 4.18, on remarque que la période très sec du sol est identique dans les quatre stations et c'est la saison d'été (Juin, Juillet, Août), et la période sèche du sol observée seulement à Guenitra et Aflassane au mois de Septembre. Par contre la période humide et sub-humide occupe tous le reste de l'année où $P/T > 3$.

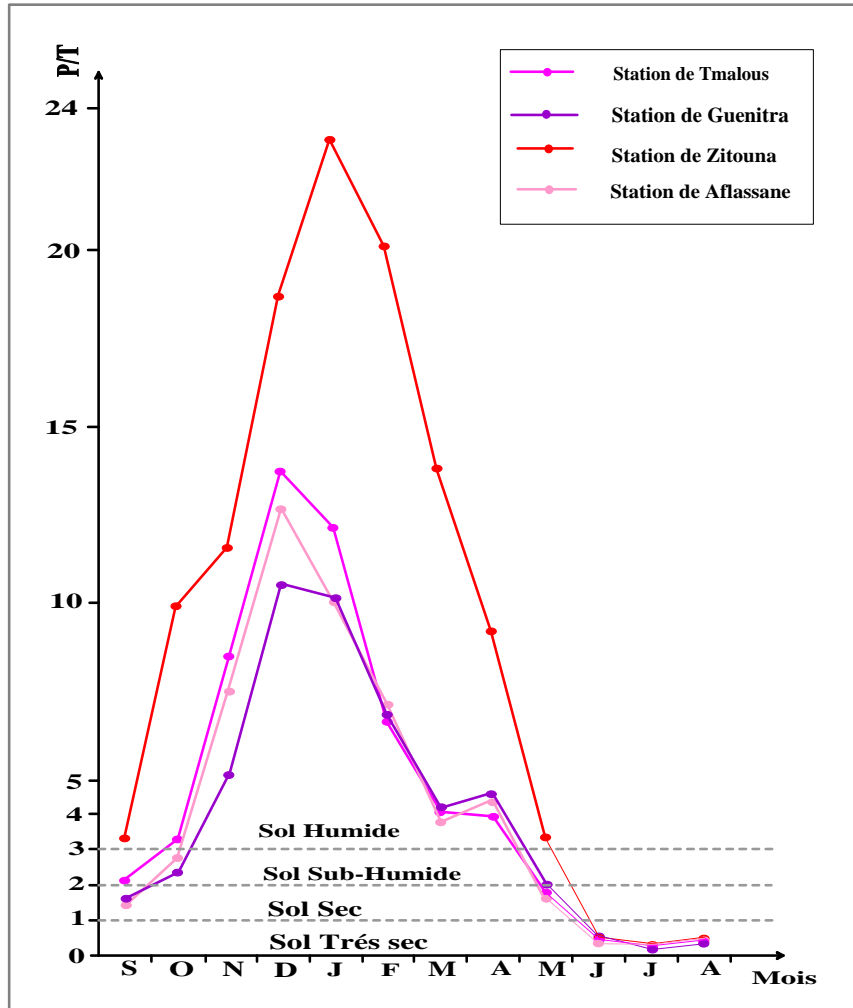


Figure 4.18. Évaluation de l'humidité du sol par la méthode d'Euvert

5.5. Climagramme d'Emberger.

La méthode la plus efficace pour cerner la plus au moins grande humidité du bassin versant de l'Oued Guebli est celle d'Emberger car il l'a adapté à l'analyse du climat de type méditerranéen. Emberger a mis au point une formule pour le calcul du quotient pluviométrique basée sur la température et la pluviosité.

$$Q = (2000 P) / (M^2 - m^2)$$

Avec :

Q : quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : température moyenne maxima du mois le plus chaud.

m : température moyenne minima du mois le plus froid.

Met m sont exprimés en degré centigrade à partir du Zéro absolu (273°) tel que :

$T^{\circ}k = T^{\circ}C + 273$, pour éliminer les nombres négatifs.

Le climagramme d'Emberger, portant sur les valeurs du quotient Q en ordonnée et la température moyenne des minima de la saison froide (hiver) en abscisse permet de classer les stations méditerranéennes au sein de cinq étages bioclimatiques (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien) divisées en quatre sous étages (hivers froids, frais, tempérés, et chauds) (Fig.4.19). Suite au calcul du quotient (Q) pour les stations de Guenitra, Aflassane, Tamalous et Zitouna, on a abouti aux résultats consignés au tableau 4.20.

Tableau 4.20. Quotient pluviométrique d'Emberger

Station	M en (°k)	m en (°k)	P en (mm)	T_{moy} des minima de la saison froide en °C	quotient pluviométrique (Q)
Guenitra	308.9	278.4	650.2	6.2	72.6
Aflassane	302.7	279.3	852.8	7.2	125.3
Tamalous	302.7	279.3	809.6	7.2	118.9
Zitouna	308.2	279.0	1574.5	6.1	183.3

D'après la figure 4.19, on remarque que les stations de Guenitra, Aflassane et Tamalous se situent à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré et la station de Zitouna se situe à l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré.

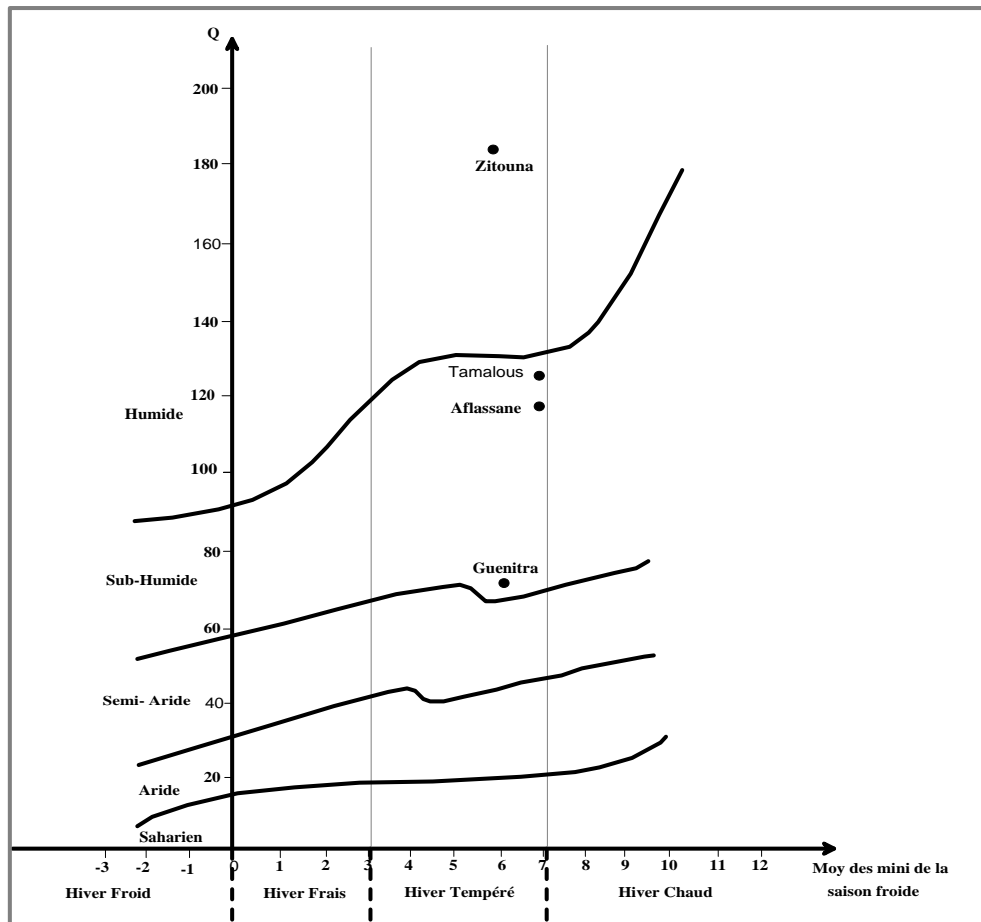


Figure 4.19. Climagramme de L'Emberge.

5.6. Bilan hydrique

Le bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des précipitations entre leurs différents composants (pluie, température, évapotranspiration potentielle et réelle...). La formule du bilan est la suivante :

$$P = ETR + R + I$$

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm.

ETR : désigne l'évapotranspiration réelle en mm.

R : désigne le ruissellement en mm.

5.6.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est définie comme l'ensemble de toutes les pertes (sols, végétation, surface d'eau libre, etc...), par transformation de l'eau en vapeur. Ce paramètre est un élément très important pour l'établissement d'un bilan hydrologique, il est fonction des paramètres climatiques et leurs variations.

5.6.1.1. Evapotranspiration potentielle (E.T.P)

Portant d'expériences réalisées sur divers climats humides et sub-humides, THORNTHWAITE, propose la formule suivante pour le calcul de l'E.T.P :

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a . k$$

Avec :

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.5} \text{ et } I = \sum_1^{12} i$$

Où $a=0.016 .I+ 0.5$ et $ETP_C = ETP.K$

ETP : évapotranspiration potentielle non corrigée en mm.

ETP_C : évapotranspiration potentielle corrigée en mm.

I : indice annuel de chaleur.

i : indice thermique mensuel.

T : température moyenne mensuelle.

K : facteur de correction mensuel dont les valeurs sous nos climats tempérés.

Les résultats de l'E.T.P mensuelles sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.21. Calcul de l'E.T.P selon C.V. Thornthwaite des quatre stations

Station	E.T.P (mm)			
	Guenitra (89/90-10/11)	Aflassane (89/90-03/04)	Tamalous (89/90-03/04)	Zitouna (76/77-90/91)
Sept	118.0	114.6	114.6	118.8
Oct	70.5	76.3	76.3	63.4
Nov	33.6	41.5	41.5	37.5
Déc	19.4	26.6	26.6	16.9
Jan	16.2	23.0	23.0	16.3
Vév	20.7	23.8	23.8	20.5
Mars	34.8	41.6	41.6	37.0
Avr	49.1	55.8	55.8	60.4
Mai	95.1	91.4	91.4	93.7
Juin	145.7	125.0	125.1	147.2
Juill	179.3	153.4	153.4	188.0
Août	177.1	160.0	160.0	177.6
Année	960.0	933.6	933.6	977.8

5.6.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)

L'ETR ou le déficit d'écoulement (De) est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libres. Pour calculer l'E.T.R, plusieurs formules sont utilisées :

Formule de Turc

Formule en fonction des températures et des précipitations moyennes annuelles. Applicable à tous les climats :

$$ETR = P / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}$$

Où $L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$

Avec:

- P : désigne précipitation moyenne annuelle (mm) ;
- L : désigne un paramètre dépendant de la température (T)
- T : désigne la température moyenne annuelle (°C).

Les calculs de l'E.T.R sont rapportés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.22. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de TURC

Paramètres	P (mm)	T (°C)	L=I (t°)	ETR (mm)	ETR (%)
Guenitra (89/90-10/11)	650.2	18.1	1050.4	574.0	88.2
Aflassane (89/90-03/04)	809.6	18.6	1089.0	671.7	82.9
Tamalous (89/90-03/04)	852.8	18.6	1089.0	693.3	81.2
Zitouna (79/77-90/91)	1574.5	18.4	1078.3	904.2	57.4

Méthode de Wundt

Le diagramme de Wundt (Fig.4.20). Permet de déduire directement la valeur de l'E.T.R cette valeur est fonction de la température moyenne annuelle. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4.23. Estimation de l'E.T.R par la méthode de Wundt

Paramètres	P en (mm)	T en (°C)	ETR ou De (mm)	ETR (%)
Guenitra (89/90-10/11)	650.2	18.1	610	93.8
Aflassane (89/90-03/04)	809.6	18.6	720	88.9
Tamalous (89/90-03/04)	852.8	18.6	740	86.7
Zitouna (79/77-90/91)	1574.5	18.4	940	59.6

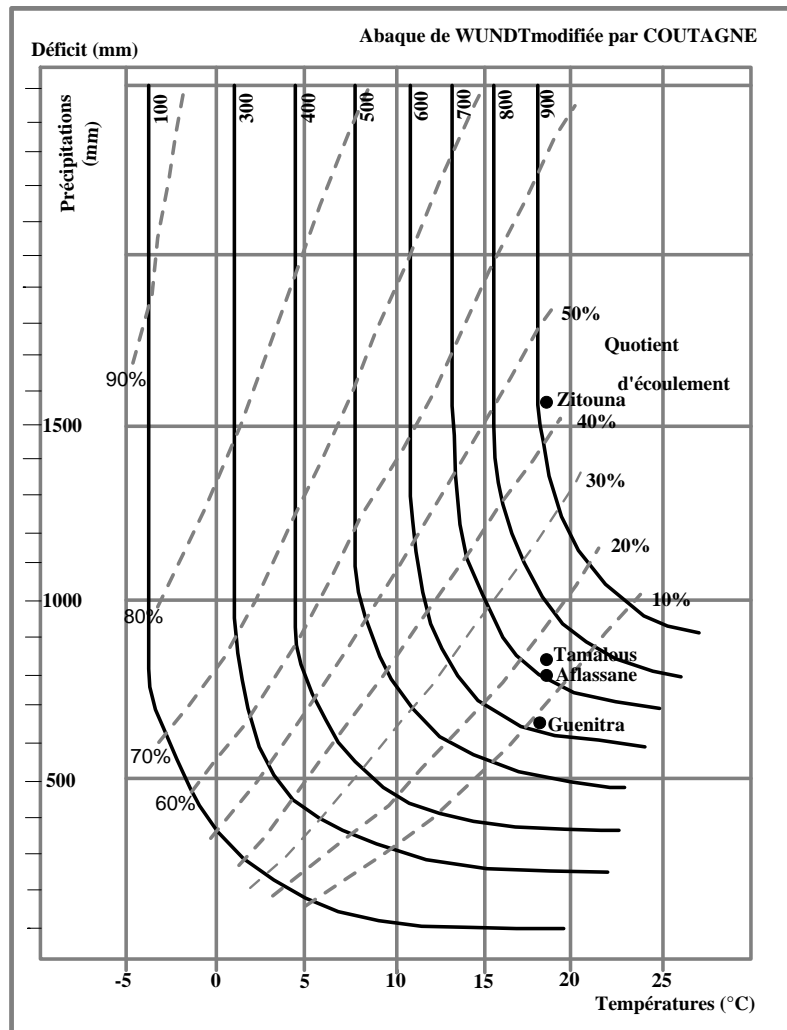


Figure 4.20. Évaluation de l'écoulement et du déficit d'écoulement en fonction des Températures moyennes et des précipitations

Formule de Coutagne

Le déficit d'écoulement (De) ou E.T.R peuvent être estimés en fonction de la température moyenne annuelle et de la précipitation moyenne annuelle, selon la formule suivante applicable si :

$$1/8\lambda < P < 1/2\lambda$$

Où $\lambda = 1/0.8 + 0.14 T$

Et $ETR = De = P - \lambda P^2$

Avec :

De : désigne le déficit d'écoulement en mm

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm

λ : désigne un paramètre dépendant de la température.

T : désigne la température moyenne annuelle en °C.

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.24. Estimation de l'E.T.R selon Coutagne

Paramètres	P en (m)	T en (°C)	λ	$1/8\lambda$	$1/2\lambda$	ETR (mm)	ETR (%)
Guenitra (89/90-10/11)	0.6502	18.1	0.298	0.418	1.674	524.0	80.5
Aflassane (89/90-03/04)	0.8096	18.6	0.293	0.426	1.704	617.3	76.2
Tamalous (89/90-03/04)	0.8528	18.6	0.293	0.426	1.704	639.4	74.9
Zitouna (79/77-90/91)	1.5745	18.4	0.295	0.423	1.693	842.9	53.5

Discussion des résultats

D'après les résultats obtenus et représentés dans le tableau 4.25, on peut dire que les valeurs de l'E.T.R obtenues par la méthode de Turc, Wundt et Coutagne sont assez proches, mais supérieures à celles obtenues par la méthode de Thornthwaite.

Tableau 4.25. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes

Méthode	Guenitra	Aflassane	Tamalous	Zitouna
Thornthwaite	423.1	461.2	488.5	528.0
Turc	574.0	671.7	693.3	904.2
Wundt	610.0	720.0	740.0	940.0
Coutagne	524.0	617.3	639.4	842.9

L'utilité de la comparaison réside dans les écarts décelés lors de l'application des quatre méthodes pour aboutir à une meilleure approche à l'estimation de l'E.T.R. Ce qui par suite fera ressortir la formule qui est mieux appropriée dans le bassin versant de l'Oued Guebli. Étant donné que les formules élaborées chacune en un lieu différent. Il est clair que la formule de C.V.Thornthwaite convient aux régions humides tempérées contrairement à celle de Turc qui présente un caractère universel. Pour clore notre analogie, la méthode de C.V.Thornthwaite s'avère la plus efficace, en plus de la similitude des circonstances dans lesquelles elle a été émise, avec notre région d'étude, elle admet un coefficient de correction k.

Méthode du bilan hydrologique de Thornthwaite

D'après Thornthwaite, un bilan hydrologique mensuel peut être établi avec l'intégration des précipitations et l'évapotranspiration potentielle (E.T.P). Cette méthode permet l'estimation chaque mois des paramètres suivants :

- L'évapotranspiration réelle (E.T.R).
- la réserve facilement utilisable (R.F.U).
- le déficit agricole (DA).

- l'excédent (water surplus) (Ex).

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants :

- $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$

Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100mm), le surplus, représentera l'écoulement superficiel.

- $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$

Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.

- $P < ETP$ et $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$

Dans ce cas on aura un déficit qui représente la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole). La figure 4.21 résume les résultats des quatre bilans hydriques pour les quatre stations.

Bilan d'eau pour la station de Guenitra

-les précipitations deviennent supérieures à l'E.T.P au mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril.

-Une reconstitution des réserves du sol qui atteignent leur maximum du mois de Décembre jusqu'à Avril (100 mm), mais à partir du mois de Mai, les réserves commencent à être épuisées et deviennent nulles au mois de Juin et le déficit agricole maximal est atteint au mois de Juillet.

-il existe deux périodes :

- Période déficitaire : commence au mois de Juin et se poursuit jusqu'à Octobre.
- Période humide : commence au mois de Novembre Jusqu'à Mai.

Bilan d'eau pour la station de Zitouna

Les précipitations deviennent supérieures à l'E.T.P au mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril, ce qui permet à la R.F.U d'atteindre la valeur maximale de 100 mm du mois de d'Octobre jusqu'à Avril, et il y a un excédent durant cette période, et qui atteint sa valeur maximale en Janvier. Mais à partir du mois de Mai, les réserves commencent à être épuisées et deviennent nulles au mois de Juin et le déficit agricole maximal est atteint au mois de Juillet.

- E.T.R = 528.0 mm valeur annuelle ; soit 33.53% des précipitations.

- DA= 449.81 mm valeur annuelle ; soit 28.56% des précipitations.

- Il existe deux périodes :

- Période déficitaire : commence au mois de juin et se poursuit jusqu'à Septembre.
- Période humide : commence au mois d'Octobre jusqu'à Mai

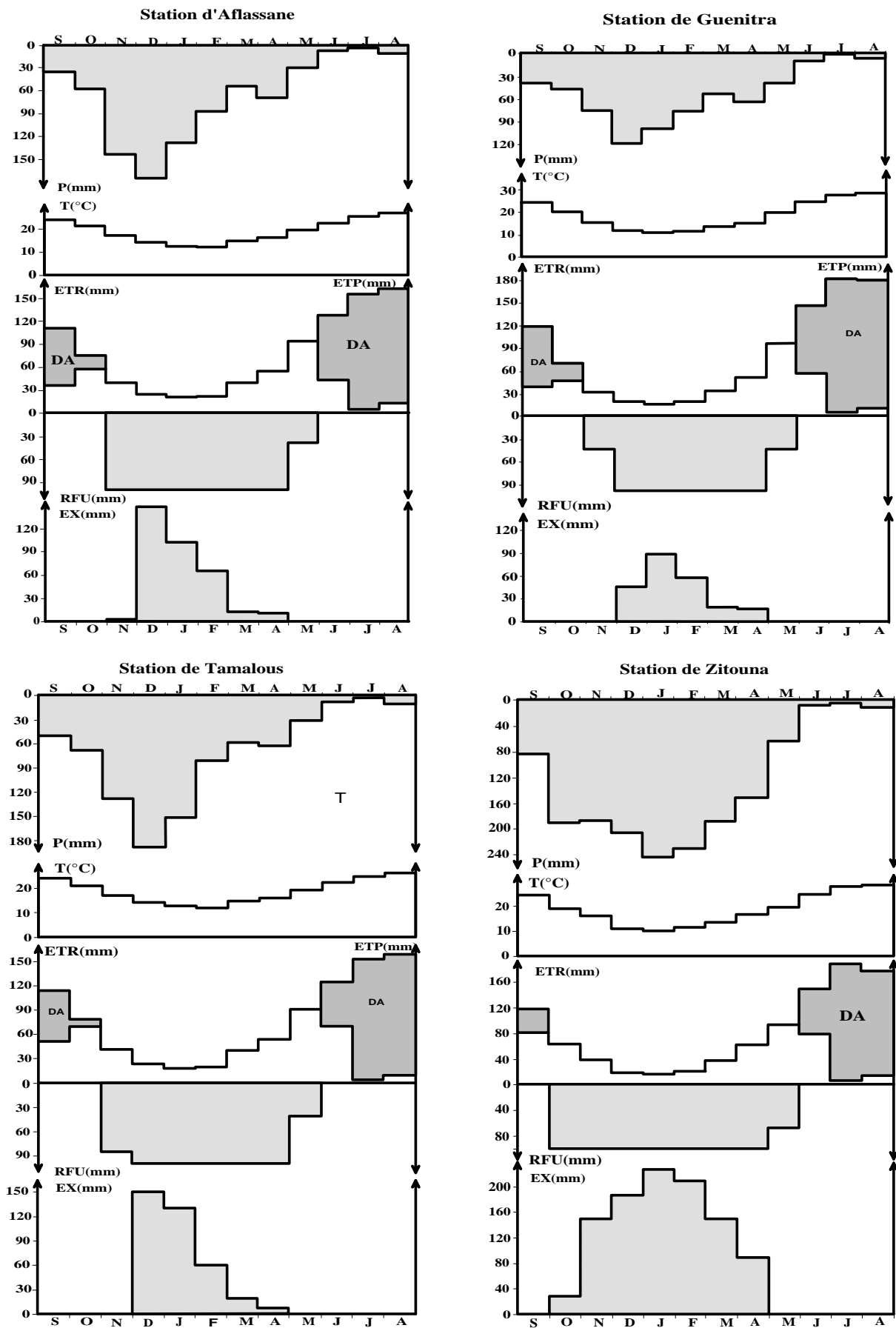


Figure 4.21. Représentation graphique du bilan de Thornthwaite.

5.6.1.3. Ruissellement superficiel

Etant donné que la pluviométrie dans le bassin versant de l'Oued Guebli étudiée est supérieure à 600 mm.an^{-1} dans les quatre stations étudiées, pour l'estimation du ruissellement, la formule de Tixeront Berkaloff n'est pas applicable. De ce fait, on va estimer le ruissellement par la formule D.G.R.E décrite par Majour, 1996 comme suit : Cette formule appliquée par la Direction Générale des Ressources en Eau Tunisienne et élaborée par A. Ghorbel. Elle se base sur une corrélation de la lame d'eau annuelle écoulée et sur la pluviométrie moyenne sur plusieurs bassins contrôlés. On aura de cette corrélation trois groupes de bassins ayant les ruissellements différents :

- Premier groupe, peu ruisselant.
- Second groupe, moyennement ruisselant.
- Troisième groupe, très ruisselant.

Les équations des droites de régression ajustées aux trois groupes sont :

- Premier group, $R_e = 0.26 P - 80$
- Second group, $R_e = 0.26 P$
- Troisième groupe, $R_e = 0.26 P - 150$

R_e : lame d'eau annuelle écoulée en mm.

P : pluviométrie moyenne sur le bassin en mm.

Le choix du groupe auquel appartient le bassin ou le sous bassin dont nous voulons estimer l'apport reste un problème, car pour un bassin donné, les différents sous bassins n'appartiennent pas au même groupe. Cette différence dans les écoulements est due probablement à des conditions géologiques et pédologiques particulières. Pour résoudre ce problème, A. Ghorbel a tenté une corrélation entre le pourcentage cumulé des formations alluvionnaires du Quaternaire et l'écart entre la lame d'eau ruisselée observée et celle calculée par la formule :

$$R_e = 0.26 P$$

qui caractérise le deuxième groupe. Cette corrélation, peut améliorer l'estimation du ruissellement en faisant une correction des valeurs calculées. Le tableau qui suit présente les corrections des lames d'eaux écoulées à partir de cette correction.

Tableau 4.26. Valeurs des corrections (C) des lames écoulées (R_e)

Quaternaire +alluvions (%)	0	1-2	3-5	5-7	7-22	22-26	26-30	> 30
C	+ 150	+ 120	+ 80	+ 40	+ 6	-20	-30	-80

Dans le bassin versant de l'Oued Guebli, la couverture alluvionnaire est représentée environ 5.93% de la superficie total du bassin (estimer a partir de la carte géologique du bassin). Donc la formule adéquate est la suivante :

$$R_e = 0.26 P + 40.$$

Les calculs de ruissellement sont rapportés dans le tableau 4.27.

Tableau 4.27. Estimation de ruissellement selon la formule de D.G.R.E

Station	P (mm)	R _e (mm)
Guenitra (89/90-10/11)	650.2	209.0
Aflassane (89/90-03/04)	809.6	250.5
Tamalous (89/90-03/04)	852.8	261.7
Zitouna (79/77-90/91)	1574.5	449.3

5.6.1.4. Infiltration

Ce paramètre est très important du point de vue hydrogéologique, est définie comme étant le mouvement de l'eau dans un sol en passant par la surface. On estime l'infiltration par l'utilisation de l'équation globale du bilan hydrologique :

$$I = P - (ETR + R_e)$$

I : l'infiltration

Si $I > 0 \Rightarrow$ les entrées sont supérieures aux sorties.

Si $I < 0 \Rightarrow$ les entrées sont inférieures aux sorties.

Les calculs de l'infiltration sont rapportés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.28. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan hydrologique

Station	P (mm)	ETR (mm)	R _e (mm)	I (mm)
Guenitra (89/90-10/11)	650.2	423.1	209.0	18.0
Aflassane (89/90-03/04)	809.6	461.2	250.5	97.9
Tamalous (89/90-03/04)	852.8	488.5	261.7	102.5
Zitouna (79/77-90/91)	1574.5	528.0	499.3	597.1

On remarque que le bassin versant de l'Oued Guebli ne recueille qu'une modeste quantité d'eau représentant 16.1% des apports liquides, et toute l'autre partie s'évapore et ruisselée vers la mer. Mais on n'a pas tenu compte de plusieurs paramètres tels que la nature du sol (texture et composition granulométrique), ainsi que la perméabilité et la porosité du sol, l'état hygroscopique initial et l'intensité de la couverture végétale pour le calcul de l'infiltration, alors cette dernière reste toujours à élucider.

6. Caractéristiques hydrographiques du bassin

6.1. Constitution du réseau hydrographique

Le bassin versant Guebli du nom de l'Oued résulte de la jonction de deux Oueds principaux : l'Oued Fessa qui prend naissance au Sud-Ouest de la chaîne numidique de Sidi Dris ,

principal cours d'eau alimentant le barrage de Guenitra ainsi que ses différents affluents, l'Oued Charfa qui longe le pied d'un relief escarpé et donnant sur l'Oued Mégramène et Oued Mellouh, entre lesquels est situé le village d'Oum-Toub, et l'Oued Essouk, parcourant la zone minière de Sidi Kamber dont la pente est la plus élevée, et l'Oued Khanga prenant naissance au Sud-Est de Djebel Bit Eddjazia et Dj. Ayata résultant de confluence de deux Oueds : l'Oued Refref et l'Oued Sdira. A la confluence le l'Oued Guebli traverse une série de gorges à pente très élevée. Il reçoit sur sa rive droite l'Oued Meraya, puis l'Oued Bir Recade et sur la rive gauche Oued Lezas puis Oued El Gratem. Après le passage à travers les gorges le Guebli il se dirige vers la côte, à travers la plaine de Tamalous recevant à gauche Oued El Ouaida et à droite l'Oued Baroun. A l'entrée de la plaine de Collo, l'Oued Guebli descend depuis le bassin de Tamalous suivant un tracé Sud-Nord traversant autre fois une nouvelle série de gorges à une pente moyenne. Il reçoit sur sa rive droite Oued Bou Reraïda et sur la rive gauche l'Oued Arache pour venir buter contre Koudiat Telezza, il s'oriente alors vers le Nord-Est après sa confluence avec l'Oued Guergoura ; ce dernier, ainsi que ces affluents les Oueds Afflassane et Bourekane résultent eux-même de la jonction des l'Oueds Zaggar et Bou el Aouidet, et avant une embouchure à 3 km de la rive gauche, il reçoit Oued Beni-Zid. A noter que les confluent des Oueds Béni Zid et Zadra qui prennent leur source sur le versant du grand pli anticlinal de l'étendue sublatérale dans les limites de l'atlas tellien. En fin de parcours l'Oued Guebli se déverse dans la Méditerranée à 7 km à l'Est de la ville de Collo. L'Oued Guebli d'une longueur de plus de 45km, draine une superficie de 993 km², est alimenté par les eaux provenant de ses affluents et des massifs montagneux. Le bassin versant de Guebli présente un chevelu hydrographique très dense, constitué des Oueds permanents et des oueds temporaires. Au niveau des plaines de l'Oued Guebli, les Oueds temporaires sont peu nombreux. Les Oueds permanents sont les affluents de la vallée de Guebli. Ces Oueds reçoivent des eaux de plusieurs Oued temporaires et Chaabets, qui sont essentiellement concentrés au niveau des montagnes et des Koudiats.

6.1.1. Les zones marécageuses

Il y a deux genres de zones marécageuses :

Les zones marécageuses permanentes : connues sous le nom de Rhédirs (Rhédir Boussoufa, Rhédir Hamoud, Mokhene, Mokoll) ; forme de dépressions entourées par des collines empêchant l'évacuation des eaux vers la mer d'où leur stagnation.

Les zones marécageuses temporaires : la zone marécageuse située à l'Est entre les deux bras de l'Oued Guebli auprès de l'embouchure est due aux fortes crues pendant l'hiver ; par contre, la zone située à l'Ouest de la Koudiat Telezza est due essentiellement à la remontée de la nappe phréatique.

6.1.2. Longueur et nombre des thalwegs

La mesure de la longueur des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morphométriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration, la détermination des rapports de confluence et de longueur

nécessite une classification du chevelu hydrographique, d'après la méthode de Strahler. Le nombre des thalwegs totaux du bassin versant de l'Oued Guebli de l'ordre de 13133, avec une Longueur de 4131 km.

6.1.3. Rapport de longueur et rapport de confluence

Le rapport de longueur (R_L) est le rapport de longueur des thalwegs d'ordre 1 à celle des drains d'ordre 2 :

$$R_L = \frac{L_1}{L_2} = 3.28$$

Où L_1 et L_2 est, respectivement, les longueurs moyennes des thalwegs d'ordre 1 et 2.

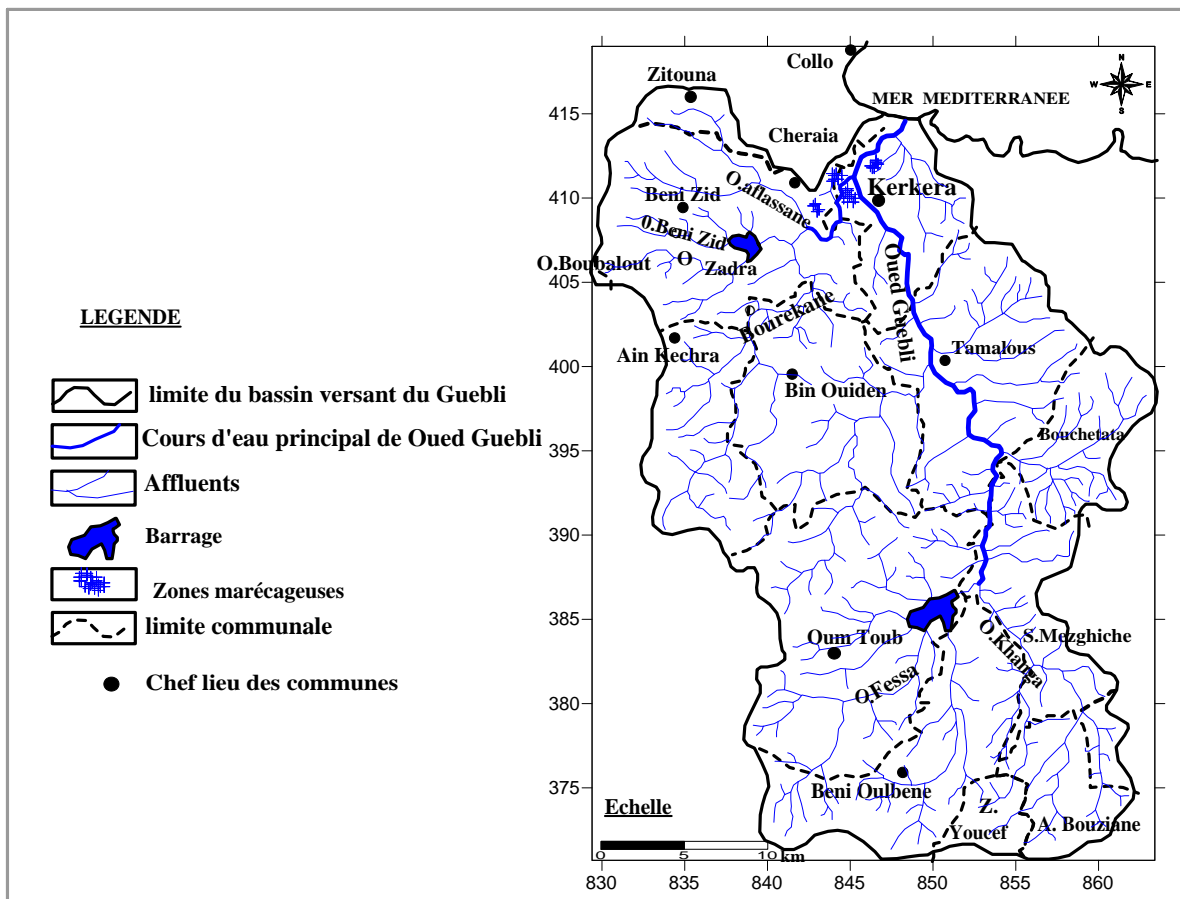


Figure 4.22. Carte du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Guebli

Le rapport de confluence donne une idée sur l'érosion par ravinement et sur l'hétérogénéité lithologique du bassin versant. La progression géométrique des rapports de confluence partiels R_C s'obtient en divisant le nombre des thalwegs d'ordre 1 par celui d'ordre 2, soit :

$$RC = \frac{N_1}{N_2} = 3.63$$

Où N_1 et N_2 sont, respectivement, le nombre des thalwegs d'ordre 1 et 2 constituant le bassin.

6.1.4. Densité de drainage

La densité de drainage peut donner un aperçu sur la nature lithologique des terrains traversés par ces cours d'eau du bassin versant du Guebli et permet de comparer l'écoulement superficiel au niveau des sous bassins. Elle donnée par la relation suivante :

$$D_d = \frac{\sum LX}{S} = 4,15 \text{ Km/Km}^2$$

D_d : densité du drainage en Km/Km^2

$\sum L x$: longueur totale du réseau hydrographique Km

S : surface du bassin versant en Km^2

La densité de drainage du bassin versant de l'Oued Guebli est considérable de l'ordre de $4,15\text{Km/Km}^2$, donc le BV. De Oued Guebli révèle un type de drainage ; Orthogonal, se caractérise par un réseau hydrographique dense, hiérarchisé aux affluents courts et nombreux. Elle réunit en somme les densités de drainage temporaire (D_{dt}) et permanent (D_{Dp}).

6.1.5. Densité relative

C'est le rapport de la fréquence au carré de la densité de drainage. Elle indique le degré auquel le réseau remplit le bassin et ainsi le développement du chevelu hydrographique. Ce paramètre peut être estimé par la formule :

$$DR = \frac{F_2}{D_d^2} = 0.15$$

Ou F_2 dénote la fréquence des cours d'eau d'ordre 2 définie par le rapport du nombre total des drains d'ordre 2 à la superficie du bassin. Les plus fortes valeurs de la densité relative (S.B. Guebli aval, Aflassane et Guenitra) caractérisent un bassin où l'érosion est encore active et intense et où l'équilibre n'est pas encore atteint. Ce qui signifie que le réseau hydrographique n'est pas encore achevé par les affluents d'ordres inférieurs (d'ordre 1).

6.1.6. Longueurs des talwegs principaux

La longueur de cours d'eau principale de l'Oued Guebli curvimétrée est de l'ordre de 48.6 Km (il commence à Tamalous et se termine à Collo).

6.1.7. Coefficient de torrentialité

Ce Coefficient reflète le caractère torrentiel des averses dans le bassin versant de l'Oued Guebli. Il est fortement lié à la densité de drainage et à la fréquence des drains estimés par la relation :

$$C_T = F_1 \cdot D_d = 41.12$$

Dans laquelle F_1 dénote la fréquence des drains d'ordre 1 définie par le rapport du nombre des drains d'ordre 1 à la superficie du bassin versant. Ce coefficient est d'autant plus élevé que la lithologie du terrain est peu ou pas perméable et/ou le couvert végétal n'est pas important. Dans notre cas la valeur élevée du coefficient de torrentialité est due pratiquement à l'imperméabilité des terrains.

6.1.8. Temps de concentration

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre ; exprimé dans ce cas en heures ; peut être estimé par la formule de Giandotti :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} = 13,88h$$

T_c : temps de concentration.

L_p : longueur du talweg principal en (km).

S : surface du B.V (km^2).

H_{moy} : altitude moyenne du bassin versant en (m).

H_{min} : altitude minimale à l'exutoire en (m).

6.1.9. Vitesse d'écoulement de l'eau

Elle donnée par l'expression suivante :

$$VC = \frac{L}{TC} = 0.97 \text{ m/s}$$

Avec :

V_C : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s. L : Longueur du talweg principal en m. et T_C : Temps de concentration en S.

6.2. Etude de l'écoulement superficiel

La disponibilité potentielle de l'eau est étroitement liée au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial. Cette partie se penche sur l'étude du fonctionnement du réseau hydrographique et le comportement du système d'écoulement.

6.2.1. Données hydrométriques

Il existe quatre stations de jaugeage sur le bassin versant de l'Oued Guebli :

- La station de Guenitra a été implantée sur l'Oued Fessa au droit de la section du barrage de Guenitra, qui est en cours de construction. On y dispose d'une série d'observations très courtes, les premiers jaugeages datant de 1970. Depuis le commencement de la construction du barrage l'effet de ce dernier sur le jaugeage n'a pas été contrôlé.
- La station de Sidi Mezghiche a été implantée sur l'Oued Khanga. On possède une série d'observation s'étendant sur une période de 5 ans. Ces données se rapportent à un petit bassin

versant par rapport à celui du Guebli ; les données observées à cette station ne peuvent être représentatives pour tout le bassin versant de Guebli.

- Le poste de Djedida (1964-1967). Se trouve à l'embouchure de l'Oued Beni Zid dans la zone de remous périodique de l'Oued Bourekane. De ce fait, les données des observations de ce poste ne peuvent servir qu'à titre d'information.
- le poste de site du barrage de Beni Zid.

C'est pour cela que ni la série d'observations de la station de Guenitra ni celles de la station de Sidi Mezghiche et Djedida ne sont pas traitées dans le cadre de l'étude hydrologique. On doit recourir à des méthodes qui sont appliquées en cas de manque de jaugeage. Les stations de jaugeage sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.29. Station des mesures hydrométrique dans le bassin versant de l'Oued Guebli

Code de la station	dénomination	Oued	Surface Contrôlée (Km ²)
03 07 01	Guenitra	Fessa	200.6
03 07 02	Sidi Mezghiche	Khanga	70
/	Djedida	Beni Zid	61.4
/	Site du barrage	Beni Zid	55.5

6.2.2. Etude des crues

Etant donné qu'on ne dispose pas l'observation hydrométriques évaluables, pour déterminer les hydrogrammes de crue de fréquence donnée on doit recourir aux méthodes se basant sur des formules empiriques, des formules dont les paramètres peuvent être estimés pour le bassin versant étudié.

6.2.2.1. Méthode de l'hydrogramme synthétique

Cette méthode permet de déterminer l'averse critique au point de vue des crues exceptionnelles et l'hydrogramme des crues. Elle est appliquée en particulier en cas de manque d'observations, selon la formule :

$$Q_{\max} = S_i \max. I_{\text{eff}} / 3.6$$

Avec

$S_i \max$: la superficie maximale participant au transfert d'eau lors d'une averse de durée donnée en km².

I_{eff} : l'intensité de la pluie efficace calculée pour la même durée.

Pour l'application de la méthode on admet les suppositions suivantes :

- il tombe une averse uniforme sur le bassin versant.
- le coefficient de ruissellement garde une valeur constante pendant toute la durée de l'averse.
- la vitesse de transfert d'eau est constante de l'amont vers l'aval.

Pour la détermination des courbes de concentration concernant les différentes durées de l'averse la surface du bassin versant doit être décomposée en zones limitées par des lignes isochrones d'écoulement. La décomposition du bassin versant en unité de temps d'une heure figure sur la figure 4.12. Les courbes de concentration calculées au droit de l'embouchure sont présentées sur la figure 4.23. La figure 4.24 représente les débits de pointe des crues de différentes fréquences en fonction de la durée de l'averse. A partir de cette figure la durée de l'averse critique, correspondant au débit maximum, peut être calculée. Il est à noter que dans la plupart de cas, cette durée est plus courte que le temps de concentration. Les débits de pointe déterminés sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.30. Débits de pointe de crues d'après l'hydrogramme synthétique.

Dénomination	Q_{\max} (m ³ /s) à F=10%	Q_{\max} (m ³ /s) à F=2%	Q_{\max} (m ³ /s) à F=1%
Guebli au débouché en mer	1397	1990	2370

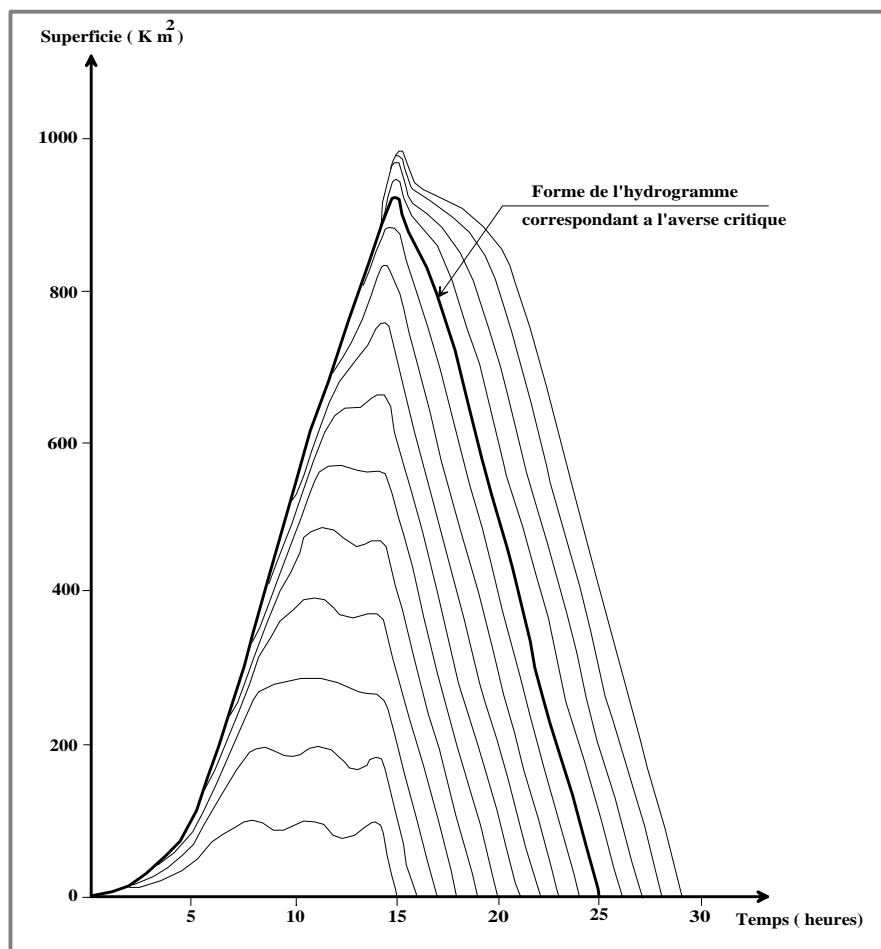


Figure 4.23. Courbes de concentration correspondante aux différentes durées de l'avers de l'Oued Guebli embouchure (d'après l'A.N.R.H)

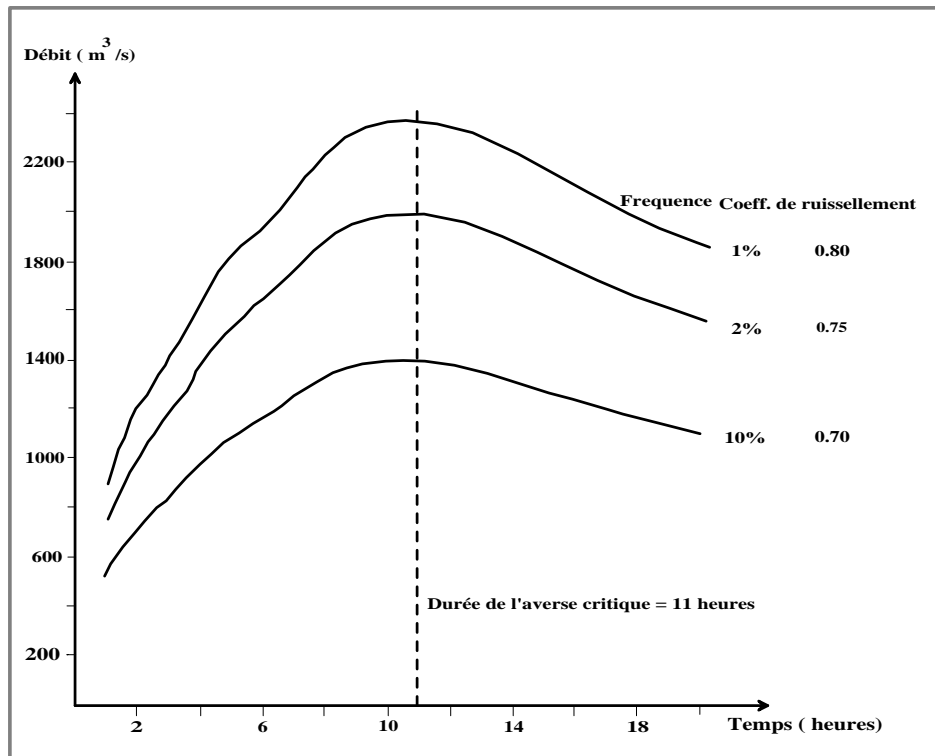


Figure 4.24. Choix de l'averse critique par la méthode de l'hydrogramme synthétique de l'Oued Guebli embouchure

6.2.2.2. Méthode de l'hydrogramme unitaire

Sur un bassin versant déterminé, la durée de ruissellement superficiel successif à différentes averses, caractérisées par l'intensité ou la hauteur de pluie efficace et présentant la même répartition spatiale et temporelle est indépendante de l'intensité de la pluie. Les averses ayant une durée beaucoup inférieure au temps de concentration du bassin sont dites « averses unitaires » et les hydrogrammes correspondants définissent la fonction de transfert « pluie débit » du bassin versant, selon la formule :

$$t_p = 1.1 \cdot (L \cdot L_g)^{0.3}$$

Avec

L : la longueur de thalweg principal en km.

L_g : la distance entre la section considérée et le centre de gravité de son bassin versant en km.

t_p : le temps de base en heures.

La durée t_e de l'averse unitaire est déduite de t_p :

$$t_e = t_p / 5.5$$

La valeur du débit de pointe q_p de l'hydrogramme unitaire est estimée par la formule :

$$q_p = 275 \cdot c_p / t_p \quad (\text{où } c_p = 0.9)$$

La méthode a été appliquée pour la détermination des hydrogrammes de crues de fréquence choisie au droit de l'embouchure. Les trois principaux éléments de l'hydrogramme unitaire ont été

estimés à partir des formules traitées ci-dessus. La figure 4.25 montre l'hydrogramme unitaire et les calculs de l'hydrogramme correspondant à une succession d'averses unitaires. Les pluies de différentes fréquences concernant les durées de l'averse ont été déterminées conformément à la méthode adoptée pour l'hydrogramme synthétique. La figure 4.26 représente les débits de pointe des crues de différentes fréquences en fonction de la durée de l'averse. La durée de l'averse critique est celle appartenant au débit de pointe maximum. Les débits de pointe déterminés sont récapitulés dans le Tableau ci-après :

Tableau 4.31. Débits de pointe de crues d'après l'hydrogramme unitaire.

Dénomination	Q_{max} (m ³ /s) à F=10%	Q_{max} (m ³ /s) à F=2%	Q_{max} (m ³ /s) à F=1%
Guebli au débouché en mer	1183	1720	2034

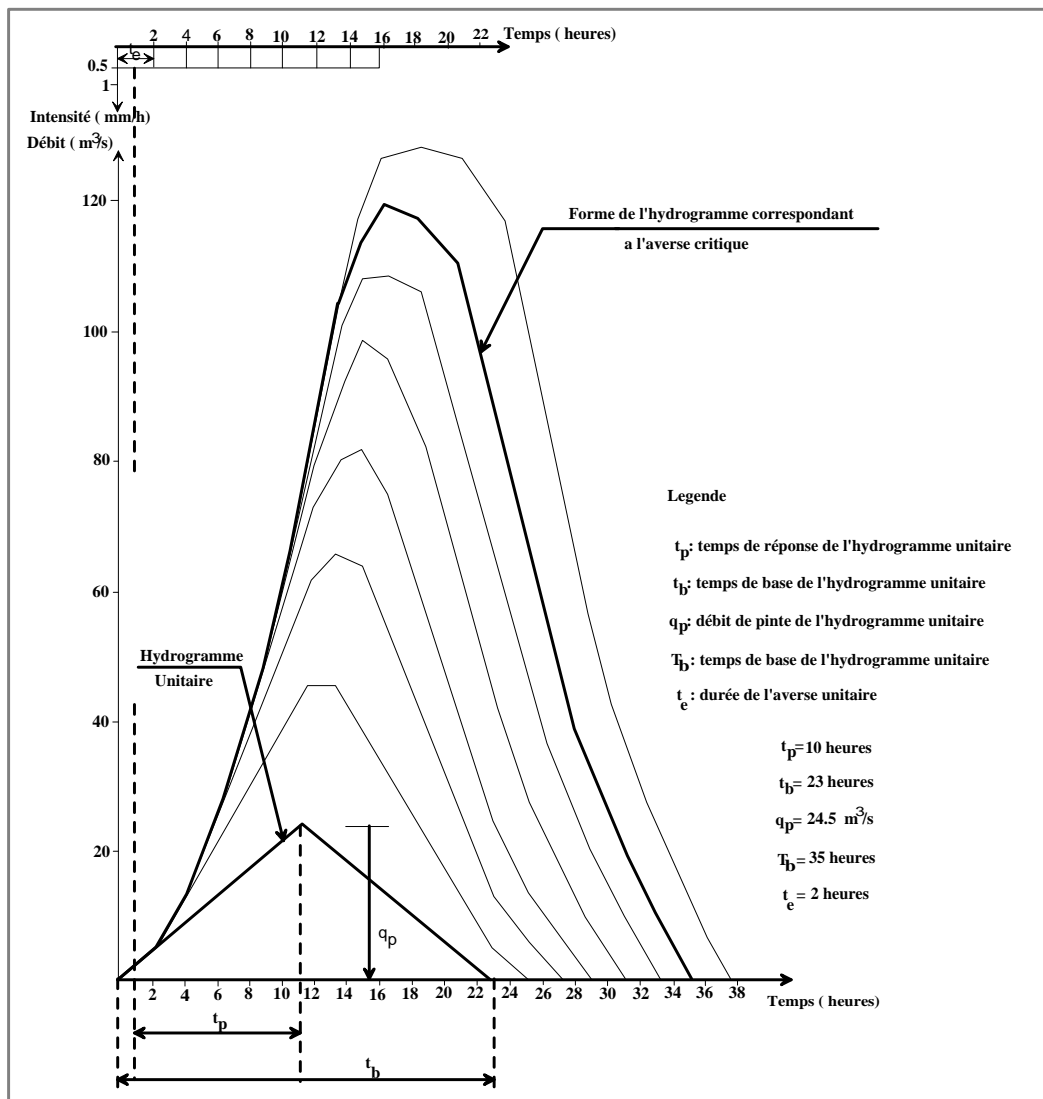


Figure 4.25. Calcul de l'hydrogramme correspondant à une succession d'averses unitaires de l'Oued Guebli embouchure (d'après (L'A.N.R.H))

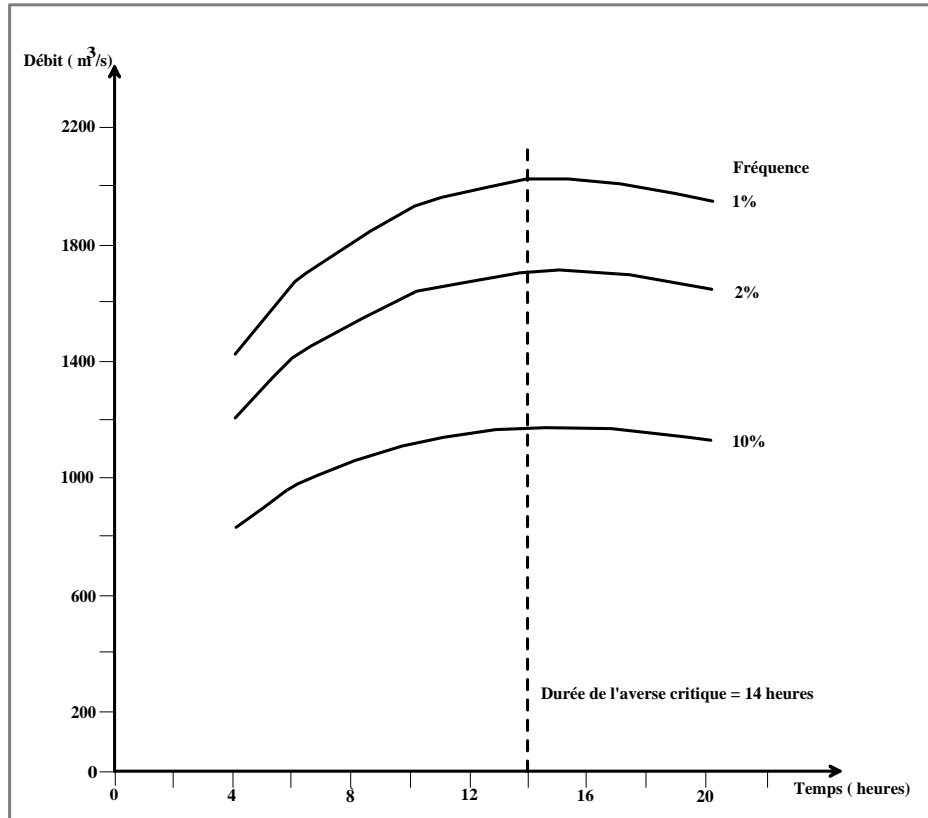


Figure 4.26. Choix de l'averse critique par la méthode de l'hydrogramme unitaire de l'Oued Guebli embouchure (d'après L'ANRH)

6.2.2.3. Méthodes dites empirique

Formule de Turazza

Cette méthode peut être appliquée en cas de manque de jaugeage en supposant que la durée de l'averse critique égale au temps de concentration, selon la forme suivante :

$$Q_{\max} = C \cdot I \cdot S / 3.6 \quad \text{et} \quad Q_{\max} \text{ en } (m^3/s)$$

Où l'on désigne par

C : le coefficient de ruissellement.

I : l'intensité de la pluie en mm/h.

S : la superficie du bassin versant en Km².

Pour utiliser cette formule on doit estimer les valeurs du coefficient de ruissellement et le temps de concentration. En ce qui concerne le coefficient de ruissellement les valeurs déterminées par l'étude hydrologique de l'A.N.R.H ont été adoptées. Le temps de concentration concernant les sous bassins a été déterminé par la formule de Giandotti. Les valeurs obtenues sont représentées dans le tableau 4.34. Les hauteurs de pluie de courte durée des différentes fréquences concernant les différents sous bassins présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 4.32. Hauteur de la pluie de courte durée de fréquence donnée P_{tc} (f) en mm

Période de retour en (ans)	5	10	20	50	100	1000
Fréquence en (%)	20	10	5	2	1	0.1
S.B. Aflassane	45.1	51.8	58.0	66.0	71.8	91.1
S.B. Béni Zid	49.1	59.3	69.3	82.7	92.9	128.9
S.B. Bourekane	76.2	92.1	107.6	128.4	144.2	200.2
S.B. Guenitra	44.6	53.1	61.2	72.0	80.1	108.3
S.B. Guebli amont	66.4	79.0	91.1	107.2	119.2	161.1
B.V. de Guebli au débouché en mer	67.7	80.5	92.9	109.3	121.6	164.3

L'intensité de la pluie de fréquence choisie peut être calculée en divisant la hauteur de pluie de même fréquence par la durée de l'averse correspondante qui est en ce cas égale au temps de concentration. L'intensité de la pluie est récapitulée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.33. L'intensité de la pluie de courte durée de fréquence donnée P_{tc} (f) en mm/h

Période de retour en (ans)	5	10	20	50	100	1000
Fréquence en (%)	20	10	5	2	1	0.1
S.B. Aflassane	13.7	15.7	17.6	20.1	20.1	27.7
S.B. Béni Zid	15.1	18.3	21.4	25.5	25.5	39.8
S.B. Bourekane	9.7	11.7	13.7	16.4	16.4	25.6
S.B. Guenitra	8.6	10.2	11.8	13.9	13.9	20.9
S.B. Guebli amont	5.9	7.1	8.2	9.6	9.6	14.5
B.V. de Guebli au débouché en mer	4.8	5.8	6.6	7.8	7.8	11.8

Les débits de pointe des crues de fréquence donnés sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.34. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Turazza

Dénomination	Q_{max} (m^3/s) à F=10% et C=0.70	Q_{max} (m^3/s) à F=2% et C=0.75	Q_{max} (m^3/s) à F=1% Et C=0.80
S.B. Aflassane	161.8	220.9	256.3
S.B. Béni Zid	197.5	295.3	353.7
S.B. Bourekane	333.2	498.0	596.6
S.B. Guenitra	405.3	589.2	699.1
S.B. Guebli amont	612.2	889.9	1056.3
B.V. de Guebli au débouché en mer	1120.2	1628.5	1933.6

Formule de Possenti

La formule de Possenti fournit une relation directe entre le débit de pointe des crues et l'intensité de la pluie qui le détermine ; en tenant compte des caractéristiques topographiques du bassin versant.

$$Q_{\max} = (P_{24} \cdot \lambda / L) \cdot [S_m + (S_p / 3)] \quad \text{et } Q_{\max} \text{ en (m}^3/\text{s)}$$

Où les lettres représentent :

P_{24} : hauteur de pluies de 24 heures de différentes fréquences en mètre.

L : longueur du thalweg en km.

S_m : superficie montagneuse du bassin versant en km^2 .

S_p : superficie de la plaine du bassin versant en km^2 .

λ : coefficient dépendant uniquement des caractéristiques morphologiques du bassin versant.

Pour ce dernier nous avons choisi la valeur 750 proposée par l'étude hydrologique de l'A.N.R.H. Les valeurs des hauteurs de pluies de 24 heures sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.35. Hauteur de la pluie max journalière de fréquence donnée $P_{24\max}$ (f) en m

Période de Retour en (ans)	5	10	20	50	100	1000
Fréquence en (%)	20	10	5	2	1	0.1
S.B. Aflassane	0.13623	0.15434	0.17510	0.19914	0.21665	0.27494
S.B. Béni Zid	0.14133	0.17079	0.19960	0.23823	0.26752	0.37124
S.B. Bourekane	0.14133	0.17079	0.19960	0.23823	0.26752	0.37124
S.B. Guenitra	0.07940	0.09447	0.10910	0.12823	0.14263	0.19267
S.B. Guebli amont	0.07940	0.09447	0.10910	0.12823	0.14263	0.19267
B.V. de Guebli au débouché en mer	0.07940	0.09447	0.10910	0.12823	0.14263	0.19267

Les valeurs des débits de pointe estimés sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 4.36. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après la formule de Possenti

Dénomination	Q_{\max} (m^3/s) à F=20%	Q_{\max} (m^3/s) à F=10%	Q_{\max} (m^3/s) à F=5%	Q_{\max} (m^3/s) à F=2%	Q_{\max} (m^3/s) à F=1%
S.B. Aflassane	412.7	467.6	530.5	603.3	656.3
S.B. Béni Zid	593.1	716.7	837.6	999.8	1122.7
S.B. Bourekane	532.2	643.2	751.7	897.2	1007.5
S.B. Guenitra	784.3	933.2	1077.7	1266.7	1408.9
S.B. Guebli amont	622.6	740.7	855.5	1005.5	1118.4
B.V. de Guebli au débouché en mer	1168.9	1390.8	1606.2	1887.8	2099.8

Formule de Mallet Gautier

Selon la formule :

$$Q_{\max} = 2 \cdot k \cdot \log.(1+A.P_a).(S / L^{1/2}).(1 + 4 \log T - \log S)^{1/2}$$

Où l'on désigne par

T : période de retour en années.

P_a : hauteur de pluie moyenne annuelle en mètres.

S : superficie du bassin versant en Km².

L : longueur du talweg principal en km.

K : coefficient = 3

A : coefficient = 25

Ces derniers ont été adoptés pour l'Oued Boghni. Il semble que cette formule fournisse des débits de pointe trop élevés pour les grands bassins. Les valeurs retenues des débits de pointe de crues sont montrées dans le tableau ci-après :

Tableau 4.37. Débits de pointe de crues en (m³/s) d'après la formule de Mallet Gautier

Dénomination	Q _{max} (m ³ /s) à F=20%	Q _{max} (m ³ /s) à F=10%	Q _{max} (m ³ /s) à F=5%	Q _{max} (m ³ /s) à F=2%	Q _{max} (m ³ /s) à F=1%
S.B. Aflassane	189.5	238.2	278.6	324.3	355.0
S.B. Béni Zid	213.1	268.5	314.2	366.1	400.8
S.B. Bourekane	283.2	373.3	445.5	526.0	579.5
S.B. Guenitra	490.3	659.3	793.1	941.2	1039.3
S.B. Guebli amont	578.2	885.0	1017.0	1223.5	1359.1
B.V. de Guebli au débouché en mer	1012.5	1603.3	2028.8	2481.7	2775.6

Formule de Coutagne

Selon la formule :

$$Q_{\max} = A \cdot S^b$$

Avec :

A : coefficient constant dépendant des caractéristiques du bassin versant.

b : exposant du bassin versant.

S : superficie du bassin versant.

Etant donné que dans le cadre d'une étude antérieure élaborée en Algérie les paramètres de la formule concernant la région ont été déterminés ; nous avons utilisé les résultats de cette étude. Les formules correspondant aux fréquences de 10%, 1% et 0.1% sont données sur la figure 4.27.

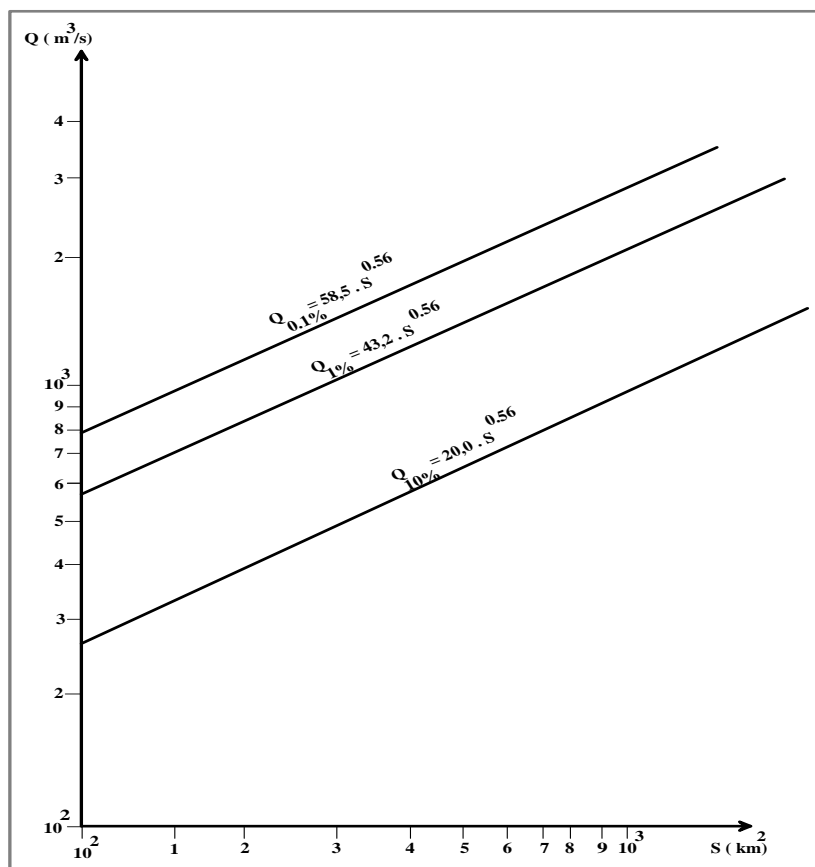


Figure 4.27. Application de la formule de Coutagne (d'après l'A.N.R.H)

Les débits de crues fournis par cette formule sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.38. Débits de pointe de crues en (m³/s) d'après la formule de Coutagne.

Dénomination	Q_{\max} (m ³ /s) à F=10%	Q_{\max} (m ³ /s) à F=1%	Q_{\max} (m ³ /s) à F=0.1%
S.B. Alassane	184.1	397.8	538.7
S.B. Béni Zid	184.1	409.5	554.5
S.B. Bourekane	325.3	702.8	951.7
S.B. Guenitra	391.0	844.7	1143.9
S.B. Guebli amont	606.1	1309.2	1772.9
B.V.de Guebli au débouché en mer	953.6	2059.9	2789.4

6.2.2.4. Abaques établis par l'A.N.R.H

Une étude hydrologique récapitulative a été élaborée par l'A.N.R.H, dans le cadre de laquelle on a recueilli les principaux résultats fournis par les études concernant les importants Oueds algériens. On y donne des tableaux récapitulatifs par bassins versants ainsi que des abaques

fournissant des débits de pointe des crues de fréquences choisies en fonction de la superficie des bassins versants et de la pluviosité. Nous avons utilisé les abaques établis pour le bassin 03 qui comprend les côtières constantinois. Ces abaques nous ont fourni les valeurs estimées des débits de pointe des crues décennales et centennales. Les abaques utilisés sont donnés sur la figure 4.28. Les valeurs choisies à partir de ces abaques sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Tableau 4.39. Débits de pointe de crues en (m^3/s) d'après les abaques établis par l'A.N.R.H.

Dénomination	Q_{max} (m^3/s) à F=10%	Q_{max} (m^3/s) à F=1%	Q_{max} (m^3/s) à F=0.1%
S.B. Aflassane	262	504	709
S.B. Béni Zid	310	553	802
S.B. Bourekane	566	1063	1482
S.B. Guenitra	549	1092	1592
S.B. Guebli amont	701	1480	2102
B.V. de Guebli au débouché en mer	920	1600	2608

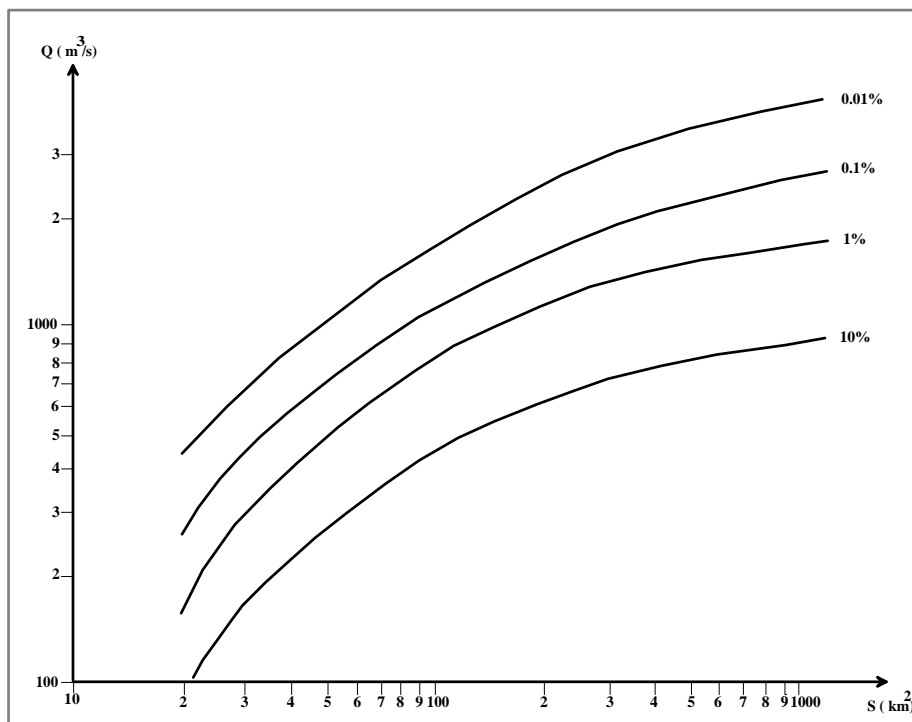


Figure 4.28. Débits de pointe de crues des bassins côtiers constantinois (d'après l'A.N.R.H)

6.2.2.5. Détermination des hydrogrammes de crues de projet

En ce qui concerne les hydrogrammes de crues des barrages, leurs valeurs fournies par les études antérieures ont été vérifiées et adoptées au cours de la présente étude; les valeurs adoptées sont présentées dans le tableau 4.40.

Tableau 4.40. Débits de crues de projet en (m^3/s) d'après les études antérieures.

Dénomination	Q_{\max} (m^3/s) à F=10%	Q_{\max} (m^3/s) à F=2%	Q_{\max} (m^3/s) à F= 1%
Barrage de Guenitra	425 (DEMRH)	680 (ACRES)	800 (ACRES)
Barrage de Béni Zid	216 (UKRUIPRO)	403 (UKRUIPRO)	469 (UKRUIPRO)

Les débits de pointe des crues décennales, cinquantiennes et centennales adoptés sont en général proches de moyennes des valeurs calculées par les différentes méthodes. Les hydrogrammes de crues des différentes fréquences des barrages de Guenitra et de Béni Zid représentés respectivement sur les figures 4.29 et 4.30. Et les valeurs adoptées sont présentées dans le tableau 4.41.

Tableau 4.41. Débits de crues de projet en (m^3/s) d'après les hydrogrammes des crues de projet.

Dénomination	Q_{\max} (m^3/s) à F=10%	Q_{\max} (m^3/s) à F=2%	Q_{\max} (m^3/s) à F= 1%
Barrage de Guenitra	450	700	800
Barrage de Béni Zid	250	400	500

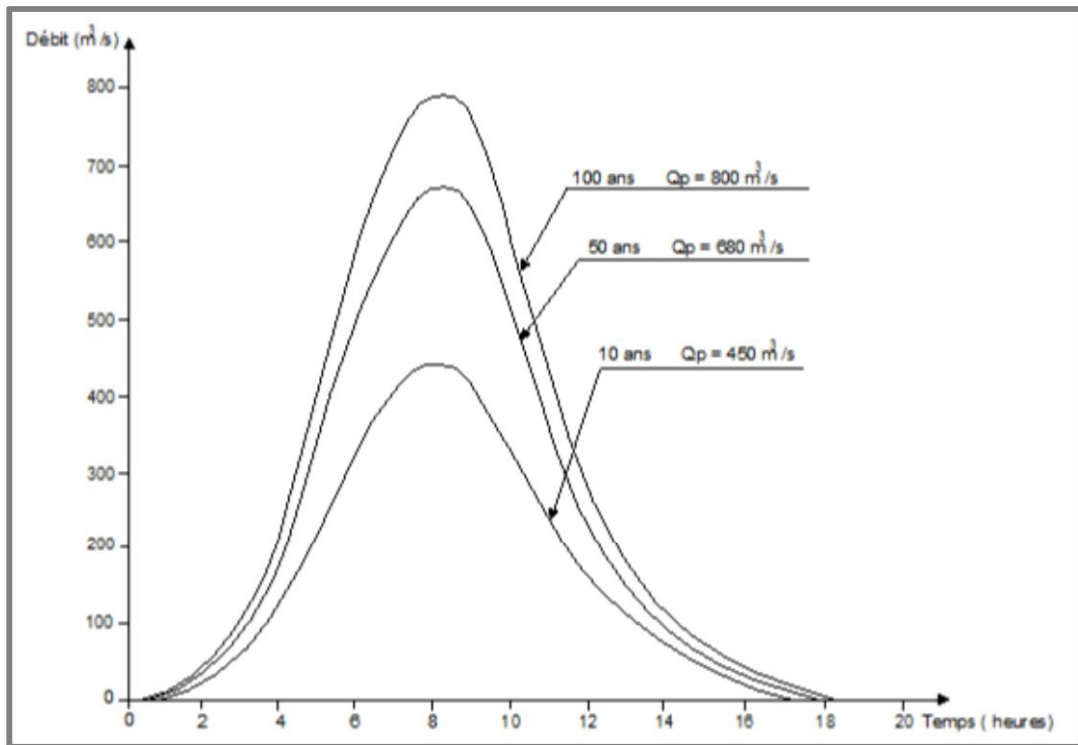


Figure 4.29. Hydrogrammes des crues de projet adoptées d'après les études de Acres -Tractionnel et de DEMRH.

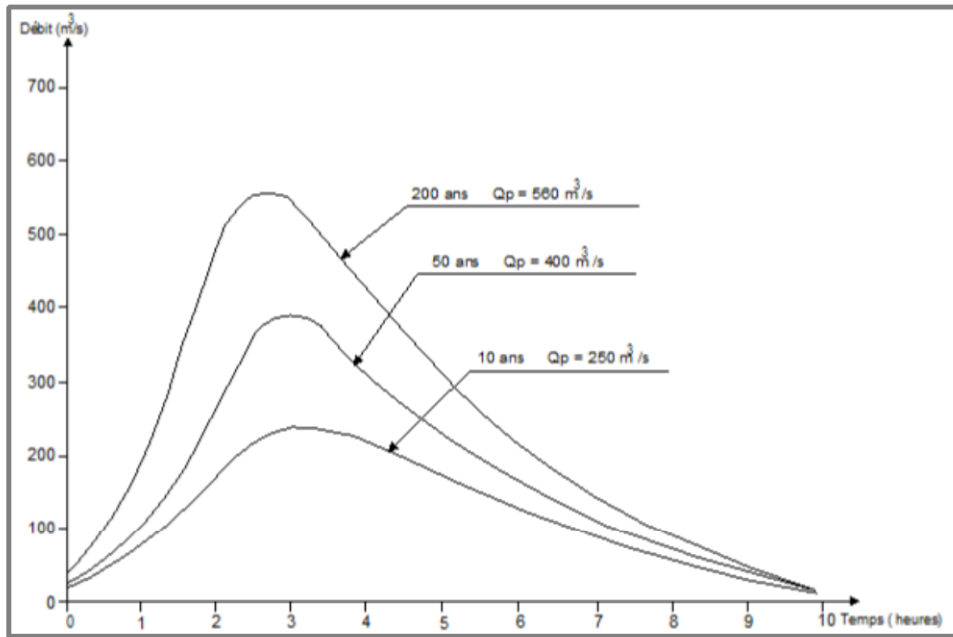


Figure 4.30. Hydrogrammes des crues de projet adoptées d’après les études de Ukrguidrovodkhoz.

6.2.3. Apports liquides

Etant donné que pratiquement on ne dispose pas de série utilisable concernant les crues de l’Oued Guebli, pour estimer l’apport moyen annuel aux différents sous bassins considérés nous avons appliqué quelques formules empiriques fréquemment utilisées en Algérie.

6.2.3.1. Formule de l’A.N.R.H

Loi apport spécifique pluie moyenne annuelle

Sselon la formule :

$$q = 11.8 \cdot P^{2.82}$$

Applicable pour : $386 \text{ mm} \leq P_{\text{moy}} \leq 1400 \text{ mm}$, et $102 \text{ km}^2 \leq S \leq 4000 \text{ km}^2$

q : apport spécifique en l /s /km².

P_{moy} : pluie moyenne annuelle en mètres.

Les valeurs des apports spécifiques calculées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.42. Apport spécifique d’après la loi apport spécifique pluie moyenne annuelle.

Sous bassin	S.B Aflassane	S.B Béni Zid	S.B Bourekane	S.B Guenitra	S.B Guebli amont	S.B Guebli aval	B.V Guebli
Apport Spécifique En l/s/km ²	/	/	7.6	5.3	5.4	/	6.5

Loi apport moyen – pluviométrie - superficie du bassin versant

La formule s'écrit sous la forme.

$$A_{\text{moy}} = 0.915 \cdot P^{2.685} \cdot S^{0.842}$$

Applicable pour : $290 \text{ mm} \leq P_{\text{moy}} \leq 1400 \text{ mm}$, et $50 \text{ km}^2 \leq S \leq 1000 \text{ km}^2$

Avec :

A_{moy} : apport moyen en hm^3 .

P_{moy} : pluie moyenne annuelle en mètres.

S : superficie du bassin versant considéré en Km^2 .

Les valeurs des apports moyens calculés sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 4.43. Apport moyen d'après la loi apport moyen pluviométrie – superficie

Sous bassin	S.B Aflassane	S.B Béni Zid	S.B Bourekane	S.B Guenitra	S.B Guebli amont	S.B Guebli aval	B.V Guebli
Apport moyen En hm^3	37.9	21.3	40.2	37.6	74.2	28.4	175.3

6.2.3.2. Formule de Turc

Cette formule par les possibilités complexe qu'elle offre et par sa non linéarité dans son application en ce qui concerne l'étude des régimes thermique et pluviométrique du bassin versant étudié a connu un certain succès en Algérie, qui s'écrit :

$$L_e = P_{\text{moy}} - \left(P_{\text{moy}} / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}} \right)$$

L_e : lame d'eau écoulée en mm.

P_{moy} : pluie moyenne annuelle en mm.

L : variable thermique.

A noter que la formule de Turc donne généralement de très bonnes estimations pour les bassins versants Algériens. Les valeurs des lames d'eau écoulées et les apports moyens correspondants calculés sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4.44. Apport moyen d'après la formule de Turc

Sous bassin	S.B Aflassane	S.B Béni Zid	S.B Bourekane	S.B Guenitra	S.B Guebli amont	S.B Guebli aval	B.V Guebli
La lame d'eau écoulée en mm	342.9	194.3	165.1	120.7	123.5	164.8	144.2
Coeff. ruissellement	0.30	0.21	0.19	0.16	0.16	0.19	0.17
Apport moyen en hm^3	18.0	10.7	24.0	24.4	54.6	15.6	143.3

6.2.3.3. Formule de Samie

La formule de Samie s'écrit sous la forme suivante :

$$L_e = P_{\text{moy}}^2 \cdot (293 - 2.2 \cdot S^{1/2})$$

Avec :

L_e : lame d'eau écoulée en mm.

P_{moy} : pluie moyenne annuelle en mètres.

S : superficie du bassin versant considéré en Km^2 .

Les valeurs obtenues par les sous bassin sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 4.45. Apport moyen d'après la formule de Samie.

Sous bassin	S.B Aflassane	S.B Béni Zid	S.B Boureken	S.B Guenitra	S.B Guebli amont	S.B Guebli aval	B.V Guebli
La lame d'eau écoulée en mm	369.2	232.8	196.2	149.2	142.9	202.3	147.9
Apport moyen en hm^3	19.4	12.9	28.5	30.1	63.2	19.1	146.9

A partir de ces résultats nous proposons des valeurs proches de celles fournies par la formule de Turc, ainsi que la lame d'eau écoulée et le coefficient d'écoulement annuel correspondant à celles-ci sont présentés dans le tableau 4.45.

6.2.3.3. Apports liquides mensuels

Pour les apports liquides mensuels : vu l'absence des stations hydrométriques sur l'Oued Guebli, on a utilisé les valeurs observées à la station de Zerdezas : dont la répartition mensuelle des apports peut être translatées au niveau de l'Oued Guebli. Le tableau 4.46 nous donne cette répartition des apports liquides mensuels calculés sur la base d'un débit moyen annuel de $143.31 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Ainsi que les débits spécifiques correspondants sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.46. Apports mensuels de l'Oued Guebli

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
$Q_m(\%)$	1.5	1.8	5.7	12.8	22.9	23.6	15.1	9.1	4.3	1.3	0.8	0.9
$Q_m(\text{hm}^3/\text{mois})$	1.8	2.5	8.2	18.4	32.8	33.8	21.6	13.1	6.2	1.9	1.1	1.2

6.2.4. Apports solides

En ce qui concerne le transport solide de l'Oued Guebli, nous n'avons aucune observation sur celui-ci. Ce qui fait que nous ne pouvons donner que des estimations très approximatives. Nous

avons adopté les valeurs spécifiques fournies par l'étude de l'A.N.R.H. Il s'agit des valeurs obtenues par l'observation de l'envasement de la retenue de Zerdezas sur l'Oued Saf-Saf. Sur la base de l'analogie hydrologique, d'après ces observations et en tenant compte que le bassin versant de l'Oued Guebli est beaucoup plus torrentiel on a adopté une dégradation spécifique de $2828.8 \text{ t} / \text{km}^2 / \text{an}$. Et une densité apparente de l'ordre de $1.6 \text{ t} / \text{m}^3$. Les valeurs annuelles calculées à partir de cette dégradation spécifique figurées dans le tableau 4.46. Pour les barrages on a donné l'envasement estimé pendant 25 ans et 50 ans. Il y a lieu de noter que les transports solides connaissent dans cette région de l'Algérie une irrégularité extrême tant au point de vue journalier, mensuel qu'interannuel. Les transports solides sont liés aux crues exceptionnelles. Ce sont des crues responsables du débit solide et plus particulièrement les crues importantes en volumes d'eau écoulé ainsi que celles qui se produisent au début de la saison humide, la turbidité des eaux étant alors très forte. La majorité de l'apport solide total annuel est donc transporté en quelques jours.

Tableau 4.47. Transport solide moyen et l'envasement estimé dans les barrages de l'Oued Guebli.

Barrage	Transport Solide moyen Annuel en Tonne	Envasement Estimé pour 25 ans (84-09) en Tonne	Envasement Estimé pour 25 ans (84-09) en hm^3	Envasement Estimé pour 50ans (09-34) en Tonne	Envasement Estimé pour 50ans (09-34) en hm^3
Barrage de Guenitra	573.10^3	$14.3.10^6$	8.9	$28.6.10^6$	17.8
Barrage de Béni Zid	157.10^3	$3.9.10^6$	2.4	$7.8.10^6$	4.8
Guebli au Débouché en mer	2809.10^3	/	/	/	/

Conclusion

L'étude morphométrique met en évidence l'appartenance du bassin versant du Guebli à un milieu de montagnes typiques du Tell Constantinois. Il est caractérisé par une forme allongée ce qui fait que les eaux précipitées mettent plus de temps pour atteindre l'exutoire ceci est confirmé par les résultats du temps de concentration qui est de 13.88 h. C'est une importante durée pour l'évacuation des crues (problème d'inondation). Ce bassin est encadré donc par un relief accidenté, d'une altitude considérable ($H_{\text{moy}} = 320 \text{ m}$), avec un relief qualifié fort ($D_s = 329 \text{ m}$), et de pentes importantes qui s'élèvent brutalement au dessus de la dépression de Tamalous et Collo. Plus au Nord- Est, la montagne plonge directement dans la mer, c'est le cas du massif d'Aïn Zouit. D'après les cartes des isohyètes réalisées par Chaumot et Paquin (1913-1963) et la carte de L'A.N.R.H (1933-1993) ; le bassin versant de l'Oued Guebli est considéré comme la région la plus arrosée en Afrique du Nord. Avec 1600 mm de précipitation à Zitouna, 900 mm à Tamalous, et des températures de l'ordre de 18.4C° .

PARTIE II : Chapitre 5

**Caractéristiques environnementales des milieux aquatiques
du bassin versant du Guebli**

Introduction

La gestion de la ressource en eau exige des intervenants une bonne connaissance de la qualité de celle-ci et des différentes sources de pollution susceptible de l'affecter. Afin de pouvoir prendre des décisions éclairées, le gestionnaire doit avoir accès à des informations simples, synthétiques et bien ciblées. Les données liées à la qualité de l'eau sont à l'opposé d'une telle définition : elles se rapportent à une multitude de descripteurs (Oxygène, pH, coliformes fécaux, etc.) mesurés à plusieurs reprises et à plusieurs endroits. Un outil de synthèse et de communication facilitant la présentation de l'état de qualité des cours d'eau auprès du public et des gestionnaires devrait donc être indispensable.

Les cours d'eau jouent le rôle de récepteurs et de transporteurs des différents rejets urbains, industriels et agricoles. La charge de pollution est plus ou moins importante quand le phénomène d'auto-épuration ne suffit plus. L'Oued Guebli représente le principal cours d'eau dans le bassin, la qualité de ses eaux varie dans l'espace de l'amont jusqu'à l'aval et dans le temps suivant l'alternance des saisons (hautes et basses eaux). Dans le but de bien appréhender l'évolution de la qualité des eaux de l'Oued Guebli on a pris en considération les résultats des analyses chimiques effectuées en 2009 par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Constantine. Ce chapitre a pour objectif de présenter les caractéristiques environnementales des milieux aquatiques, en insistant sur la qualité des eaux de surface. L'appréciation de la qualité des eaux de surface s'appuie sur des mesures physico-chimiques, biologiques et piscicoles, ainsi que sur les travaux de l'Agence Nationale des Barrages (A.N.B.T) et la direction de pêche et produits halieutiques.

5.1. Chimie des eaux de surface en amont du bassin

Le présent travail est une caractérisation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux de l'Oued Guebli dans sa partie amont qui est dominé par des terres agricoles principalement montagneuses. Il consiste à la réalisation de deux (2) campagnes (une campagne par semestre) de prélèvement d'échantillons d'eau au niveau de la partie amont d'Oued Guebli (1^{ère} campagne : Avril 2014 ; 2^{ème} campagne : Septembre 2014). C'est pendant cette période de l'année que la composition physico-chimique et la qualité bactériologique de l'eau sont le plus susceptibles d'affecter la vie aquatique et les usages associés aux cours d'eau.

A cet effet, l'échantillonnage a été effectué au niveau de deux (03) stations préalablement positionnées. Soit au total 6 échantillons d'eau à analyser au laboratoire au cours des campagnes. Les échantillons d'eau feront l'objet d'analyses en vue de la détermination de leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs teneurs en polluants chimiques et organiques.

5.1.1. Paramètres physiques

Quatre paramètres physico-chimiques (Température, pH, conductivité électrique, et oxygène dissous) ont été mesurés *in situ*, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un appareil multiparamètres. Les figures suivantes récapitulent la variation des différents

paramètres physico-chimiques des eaux de surface en amont du Guebli analysées durant les deux campagnes (Avril et Septembre 2014).

5.1.1.1. Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, le développement des organismes vivant dans l'eau particulièrement les microorganismes et l'évaporation des eaux. Dans le Guebli amont, les températures enregistrées (Fig.5.1) oscillent entre 19,3°C et 19,9°C en période de hautes eaux, et entre 22,2°C et 22,9°C en période de basses eaux. Ces variations de température sont très dépendantes du mode de prélèvement, des conditions climatiques, de l'altitude et de l'heure du prélèvement.

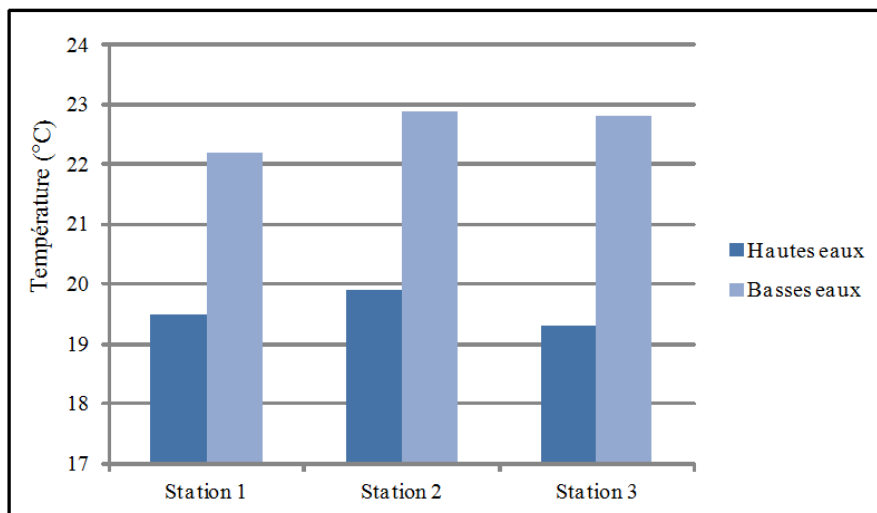


Figure 5.1. Variation de la température dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Une eau de pH égal à 7 est dite neutre. Une eau de pH inférieur à 7 est dite acide, et inversement une eau de pH supérieur à 7 est dite basique. Les eaux analysées montrent des valeurs de pH comprises entre 7,2 et 7,8. Ces valeurs sont ainsi très proches de la neutralité.

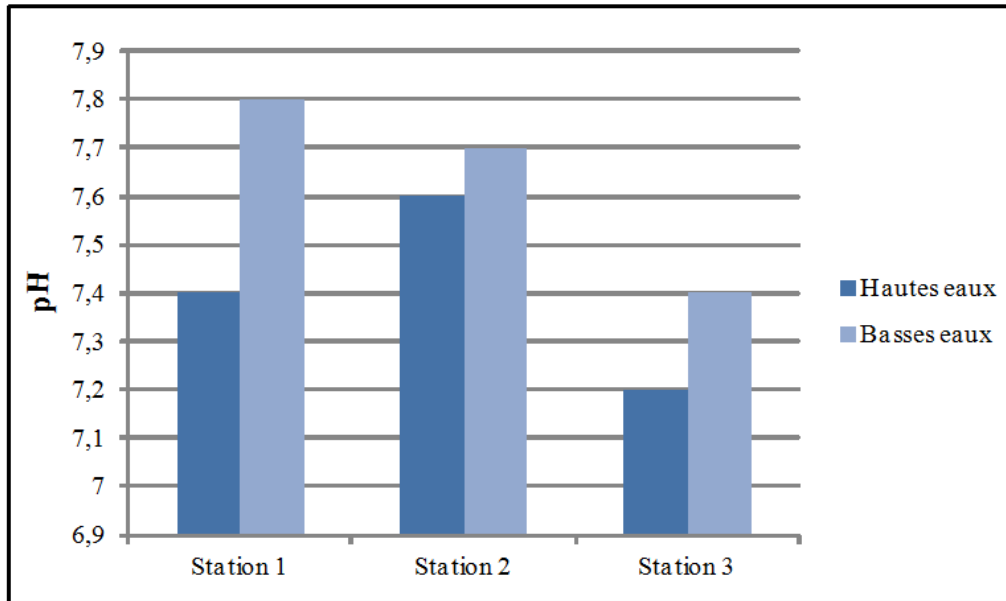


Figure 5.2. Variation du pH dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau représente sa capacité à laisser les charges électriques se déplacer librement. Cette caractéristique dépend de la quantité d'ions présents en solution. La conductivité électrique, ici exprimée en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ est donc une expression de la minéralisation d'une eau. Une conductivité élevée est signe d'une importante minéralisation (également appelée salinité). Parmi les eaux analysées, les conductivités mesurées s'échelonnent entre $811 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (basses eaux) et $605 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (hautes eaux). Cette diminution réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales.

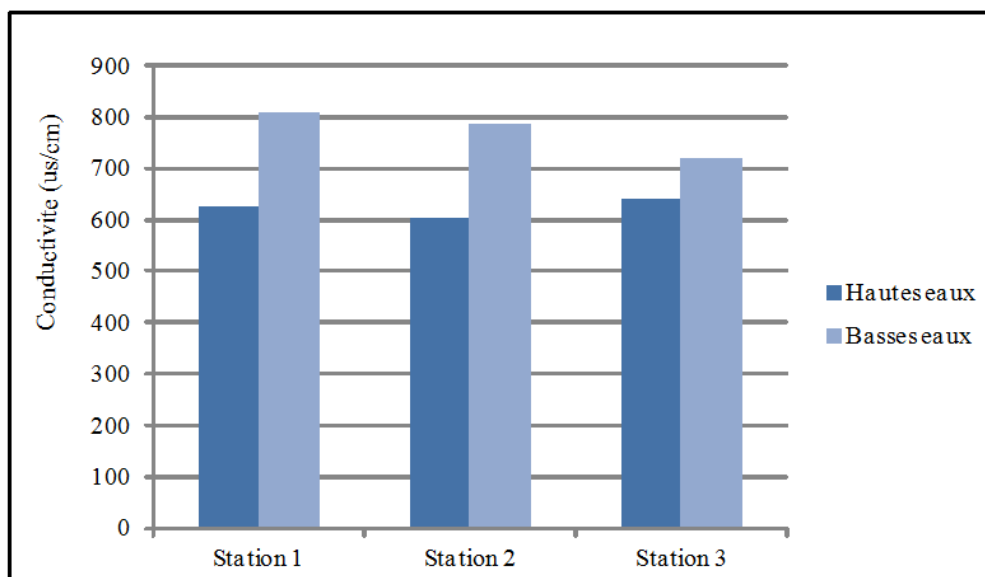


Figure 5.3. Variation de la conductivité dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.1.4. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs du pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. Les valeurs d'oxygène dissous à l'Oued Guebli durant l'année varient de 7,1 à 10,5 mg.l⁻¹.

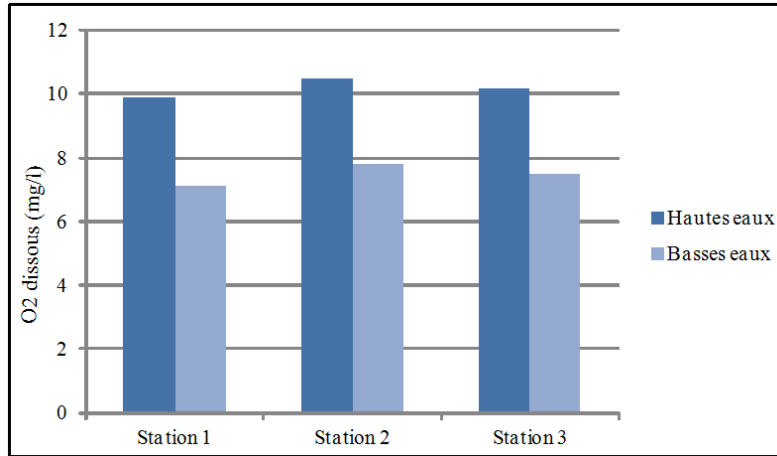


Figure 5.4. Concentrations de l'oxygène dissous dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.2. Analyses aux laboratoires

On a procédé à une analyse complète de tous les éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^-). Les métaux lourds en traces (Fe^{3+} , Mn^{2+}) ont fait l'objet d'analyse pour les deux campagnes. Les polluants résultants des activités agricoles ont été l'objet d'un suivi particulier (NO_3^-) ainsi que les matières en suspension (MES), la turbidité, la demande biologique en oxygène (DBO_5) et la demande chimique en oxygène (DCO). Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de surface en amont de l'Oued Guebli durant les deux campagnes de prélèvement sont présentés ci-dessous.

Tableau 5.1. Synthèse des résultats pour les campagnes d'échantillonnage

Paramètres	Unités	Période de hautes eaux (Avril 2014)			Période de basses eaux (Septembre 2014)		
		Station1	Station 2	Station 3	Station1	Station 2	Station 3
Sodium	mg/l	60,6	96,4	50,4	102,2	106,2	69,8
Potassium	mg/l	3,2	10,2	4,5	10,1	12,7	6,2
Calcium	mg/l	45,9	28,5	26,6	32,5	17,3	22,9
Magnésium	mg/l	35,3	41,1	35,1	30,3	27,8	29,7
Sulfate	mg/l	182,5	220,2	190,2	172,5	180,2	170,1
Chlorure	mg/l	122,1	140,1	132,5	100,1	118,3	92,6
Bicarbonate	mg/l	66,4	50,6	60,2	49,1	60,3	42,2
Turbidité	N.T.U	2,6	5,6	5,5	10,5	11,2	12,3
MES	mg/l	9,8	14,9	10,7	22,8	25,7	16,2
DBO_5	mg/l	4,5	3,9	5,1	5,4	5,3	5,8
DCO	mg/l	40,5	35,2	50,8	51,7	42,9	53,6
COT	mg/l	90,3	100,6	70,6	20,7	22,1	14,1
Nitrate	mg/l	2,4	1,4	2,7	1,09	1,12	1,39
Plomb	ug/l	28,1	22,2	25,8	30,8	26,8	27,7
Manganèse	ug/l	40,7	10,8	80,4	60,8	140,1	140,8
Fer total	mg/l	0,8	0,4	1,1	1,8	1,7	1,9
Chrome total	ug/l	17,8	20,8	30,8	25,7	22,8	40,7

5.1.2.1. Eléments majeurs

Les résultats obtenus sur les calculs des balances ioniques ($1\% < \text{NICB} < 5\%$) ; constituent donc un argument en faveur de la fiabilité des données d'analyses sur les éléments majeurs.

5.1.2.1.1. Teneurs en sodium (Na^+)

Cet élément est plutôt stable pendant l'année avec une légère variation entre les deux périodes, les concentrations en sodium oscillant entre 50 et 106 mg.l^{-1} . Elles restent conformes aux normes de potabilité, que ce soit celles algériennes (JORADP, 2011) ou de l'OMS (2004).

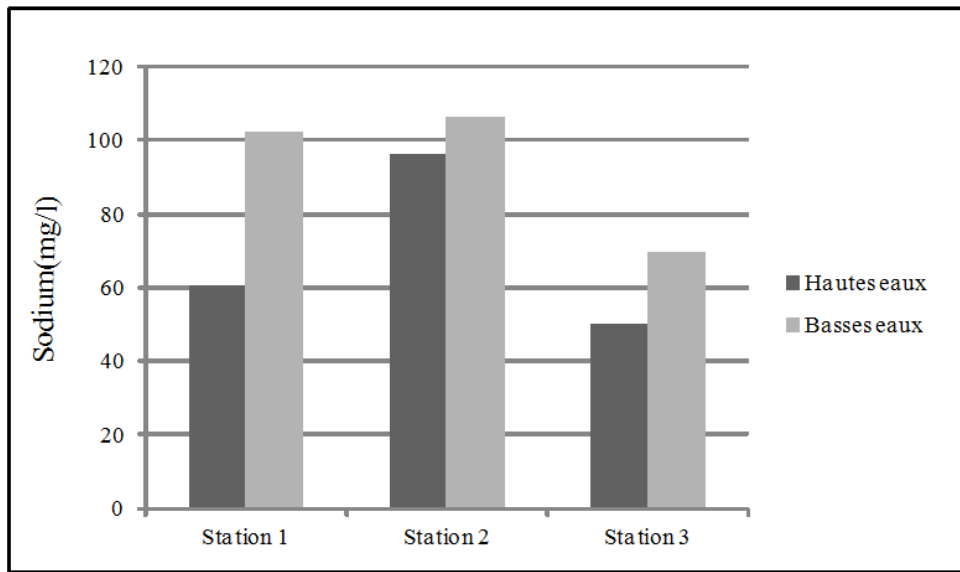


Figure 5.5. Concentrations du sodium dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.1.2. Teneurs en potassium (K^+)

Les valeurs les plus élevées sont observées dans la période de basses eaux avec une moyenne de 8 mg.l^{-1} et un pic qui atteint 12 mg.l^{-1} pendant la période d'obstruction de l'Oued (El Maraya). Mais sans atteint des valeurs très élevées par rapport aux valeurs indicatives relatives à la qualité d'eau potable.

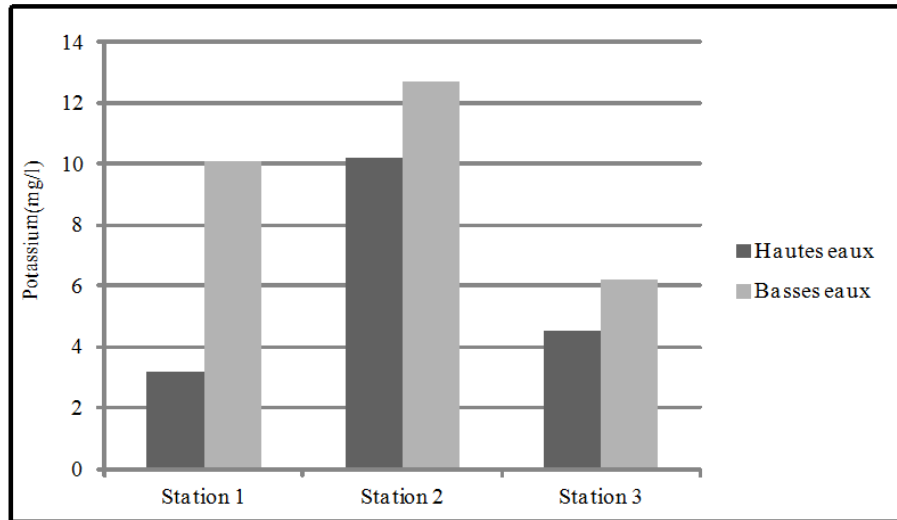


Figure 5.6. Concentrations du potassium dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.1.3. Teneurs en calcium (Ca^{2+})

Les teneurs en Ca^{2+} sont faibles à cause de la forte dilution des ions par les apports de l'Oued, ce qui indique aussi que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses. Les concentrations moyennes dans l'Oued Guebli amont est de 30 mg.l^{-1} .

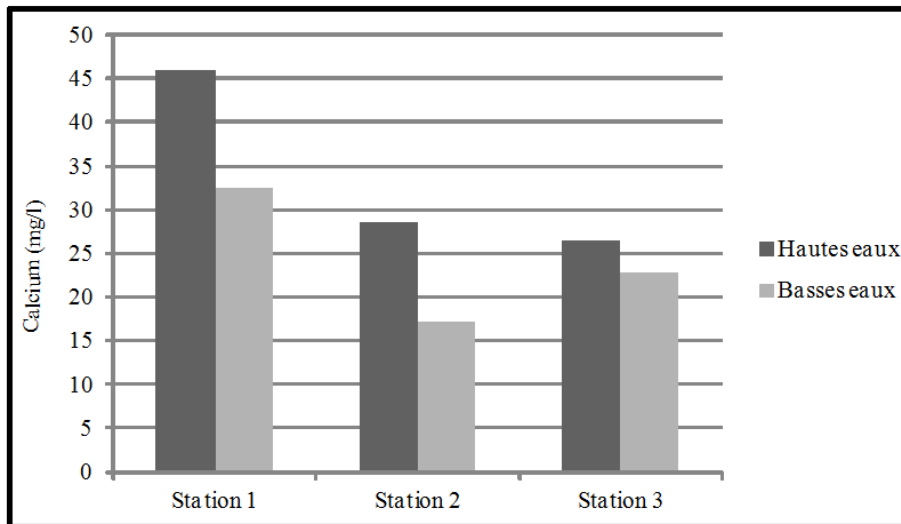


Figure 5.7. Concentrations du calcium dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.2.1.4. Teneurs en magnésium (Mg^{++})

Sa concentration est plutôt stable pendant les deux périodes. Les concentrations en magnésium oscillant entre 28 et 41 mg.l^{-1} . La comparaison des concentrations avec les normes de potabilité montre que tous les points d'eau possèdent des teneurs inférieures à la limite de potabilité 50 mg.l^{-1} (JORADP 2011 ou de l'OMS 2004).

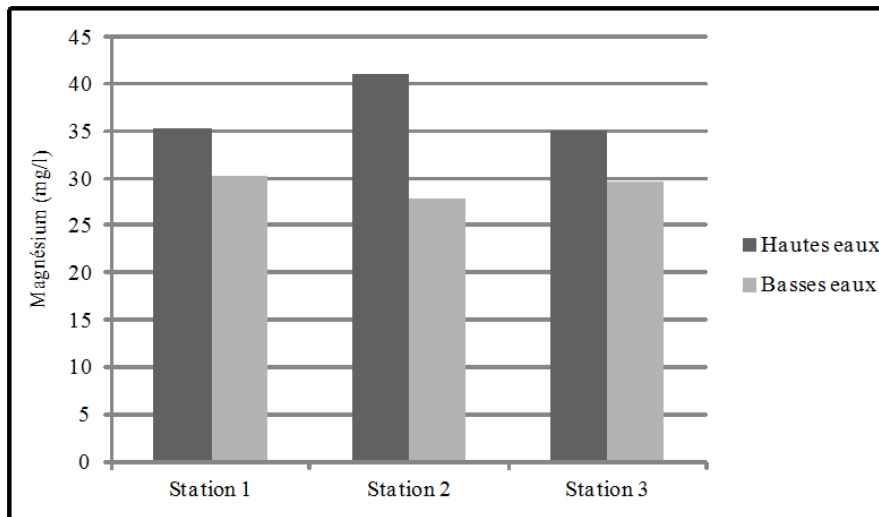


Figure 5.8. Concentrations du magnésium dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.2.1.5. Teneurs en sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont présents dans l'eau de l'Oued Guebli avec des fortes concentrations durant toute l'année, avec des concentrations s'échelonnent entre 170 et 220 mg.l^{-1} ; les moyennes restent toujours inférieures à la limite de potabilité de JORADP 2011, l'évolution des teneurs en sulfates est pratiquement identique à celle des chlorures.

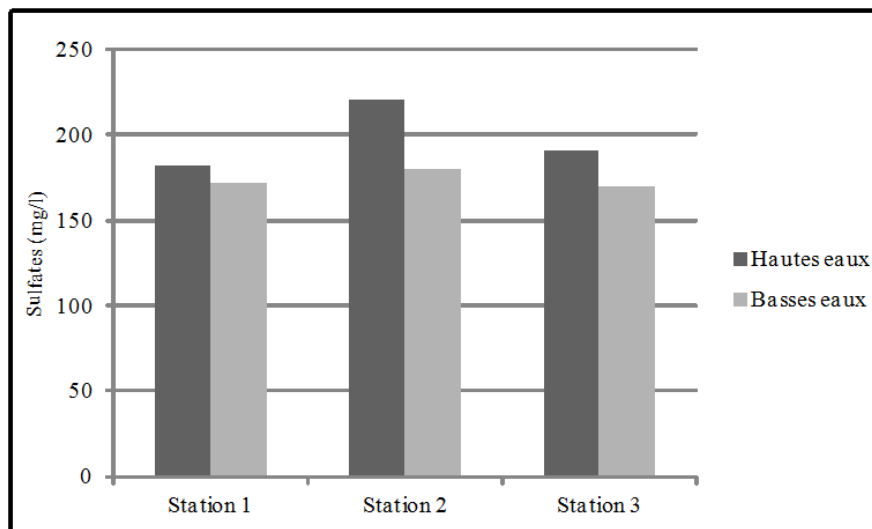


Figure 5.9. Concentrations des sulfates dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.1.6. Teneurs en chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont en général stables toute l'année, les concentrations varient entre 92 et 140 mg.l^{-1} avec une moyenne de 117 mg.l^{-1} (moyenne arithmétique calculée sur la base des données recueillies en deux périodes). Les résultats ne montrent aucune variation saisonnière significative et ne dépassent pas les valeurs indicatives de la qualité d'eau potable de JORADP 2011.

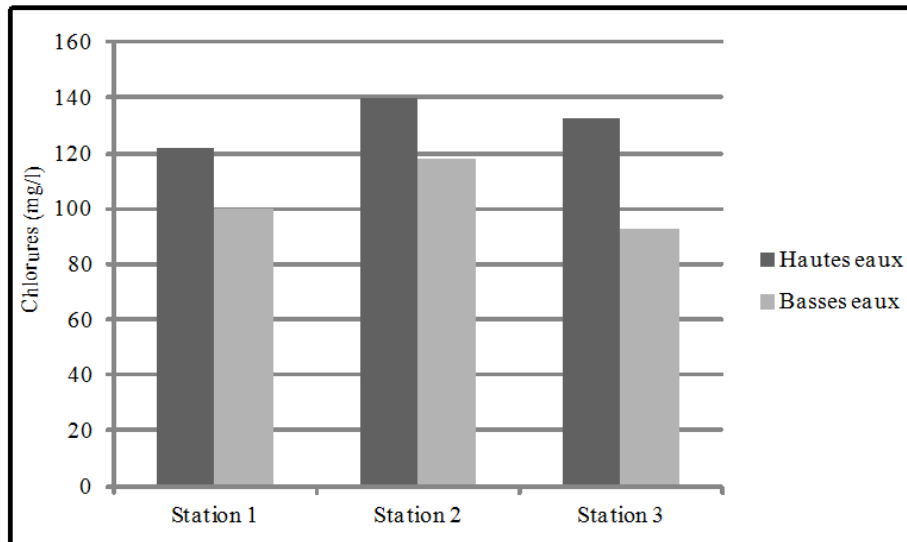


Figure 5.10. Concentrations des chlorures dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.1.7. Teneurs en bicarbonates (HCO_3^{2-})

La concentration des bicarbonates est plus ou moins stable durant l'année, les teneurs comprises entre 42 et 66 mg.l^{-1} et une moyenne de 54 mg.l^{-1} . Il n'existe pas de valeur indicative pour cet élément suivant JORADP 2011.

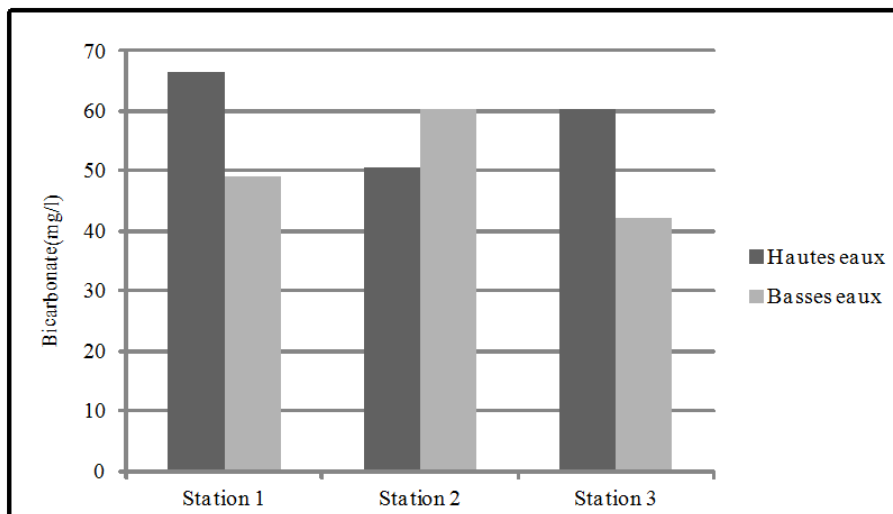


Figure 5.11. Concentrations des bicarbonates dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.2.2. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés

L'interprétation des résultats d'analyses chimiques des éléments majeurs: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^- était nécessaire pour bien identifier les faciès hydrochimiques et avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux du Guebli amont. Pour une bonne visualisation des résultats (Tab.5.2), on a représenté ces derniers sur les diagrammes de Stabler, Schöeller-Berkaloff, Piper et Stiff. La réalisation de ces derniers a été faite grâce au logiciel Diagrammes.

Tableau 5.2. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés des eaux de surface en amont du bassin (2014).

Nom	Formule ionique	Faciès chimique
Avr S ₁	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $rMg^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+}$	Sulfaté-magnésien
Avr S ₂	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Sulfaté-sodique
Avr S ₃	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $rMg^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+}$	Sulfaté-magnésien
Sep S ₁	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Sulfaté-sodique
Sep S ₂	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Sulfaté-sodique
Sep S ₃	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Sulfaté-sodique

- Diagramme de Stabler

Nous avons établi la formule ionique et cela en classant par ordre décroissant de gauche à droite les anions puis les cations. A partir de ces formules ioniques, découle le faciès chimique spécifique pour chaque point de prélèvements. (Tab.5.2). L'interprétation des résultats des analyses chimiques des eaux de surface en amont du l'Oued Guebli révèle un faciès dominant de type sulfaté-Sodique 66,6%, à l'exception des échantillons (Avr S₁ et Avr S₃), on a un faciès sulfaté- magnésien. On constate donc que pour les 6 échantillons analysés, le faciès dominant est de type sulfaté-sodique (Fig. 5.12).

-Diagramme de Schoëller-Berkaloff

L'interprétation des diagrammes de Schoëller-Berkaloff montre que les eaux de surface en amont du bassin sont dominées par le faciès chimiques sulfaté-sodique, qui apparait dans la figure 5.13.

- Diagramme de Piper

A partir du diagramme de Piper des eaux de surface en amont du bassin (Fig. 5.14), les points figuratifs des analyses situent les cations dans le domaine sodique (66%) et accessoirement dans le domaine magnésien (33%). Les anions sont plutôt figurés à (100%) dans le domaine Sulfaté. Ainsi, nous observons un faciès chimiques dominant Sulfaté-sodique

-Diagramme de Stiff

Le diagramme de Stiff donne une interprétation claire sur les faciès chimiques cités dans le tableau 5.2 En plus, cette représentation permet un archivage graphique des analyses chimiques (Fig.5.15)

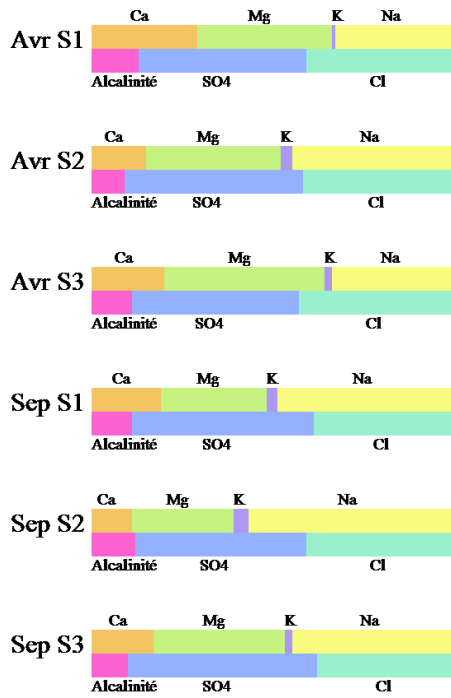


Figure 5.12. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Stabler (2014).

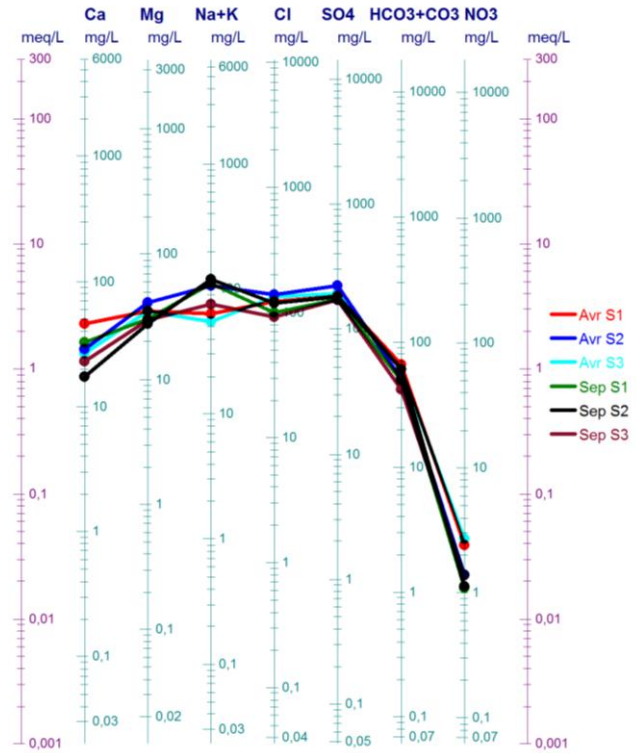


Figure 5.13. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (2014).

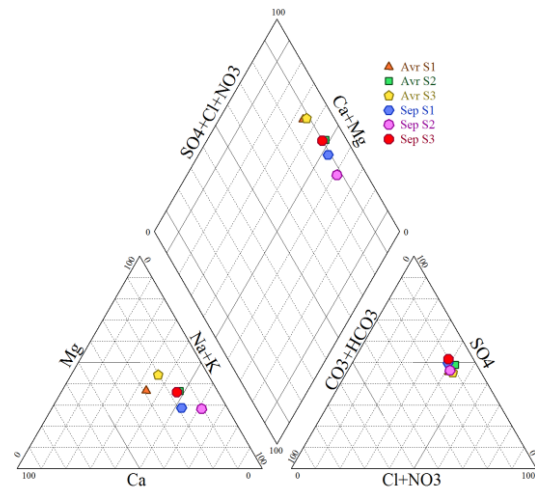


Figure 5.14. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont du sur le diagramme de Piper (2014).

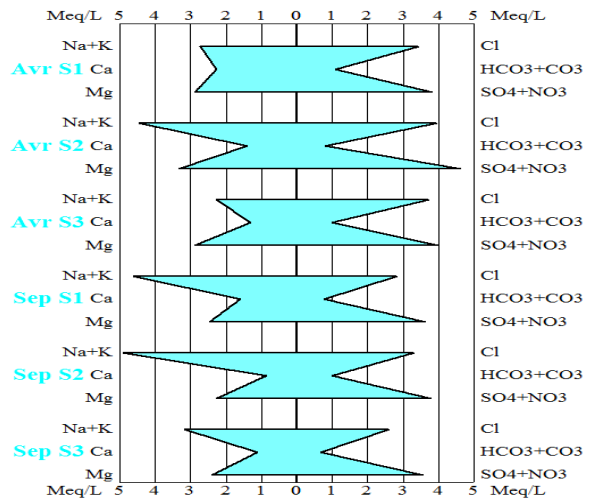


Figure 5.15. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux de Guebli amont sur le diagramme de Stiff (2014).

5.1.2.3. Métaux lourds

Lorsqu'il s'agit d'eau de consommation humaine, la pollution de l'eau par les métaux mis en solution dans l'eau peut avoir des conséquences tantôt désagréables pour le consommateur

(couleur ou saveur altérées), tantôt beaucoup plus graves (intoxications par certains métaux lourds comme le plomb et le cadmium, par exemple).

5.1.2.3.1. Teneurs en plomb (Pb^{2+})

Des teneurs élevées ont été observées au niveau de la station 1 (Guengita) durant les deux périodes où les concentrations peuvent atteindre 30 ug.l^{-1} et dépassent largement la valeur indicative relative à la qualité d'eau potable de JORADP 2011, ce qui présente un danger sur les plantes lors de l'irrigation (Debieche T. 2002). La présence de cet élément est liée à la présence des dépôts de stériles et anciennes exploitations visant l'obtention du plomb et de baryte (Tandjir L. et al 2007).

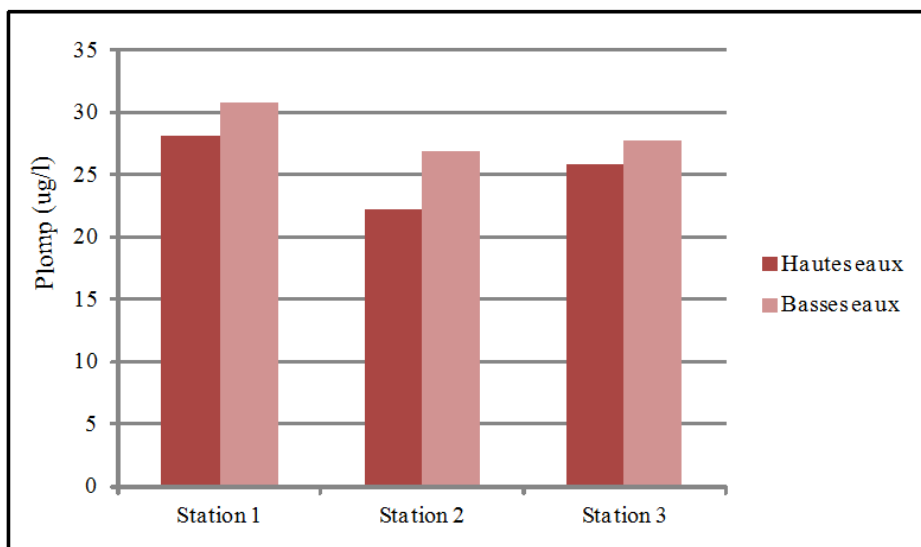


Figure 5.16. Concentrations du plomb dans les eaux de surface en amont du Guebli

5.1.2.3.2. Teneurs en manganèse (Mn^{2+})

La concentration du manganèse dans l'eau de l'Oued du Guebli est aussi variable avec le temps, la plus forte concentration est enregistrée dans la période de basses eaux. Les concentrations de cet élément ont dépassé les valeurs indicatives relatives à la qualité d'eau potable pour presque tous les échantillons, dont les valeurs sont plus couramment comprises entre 10 et 140 ug.l^{-1} .

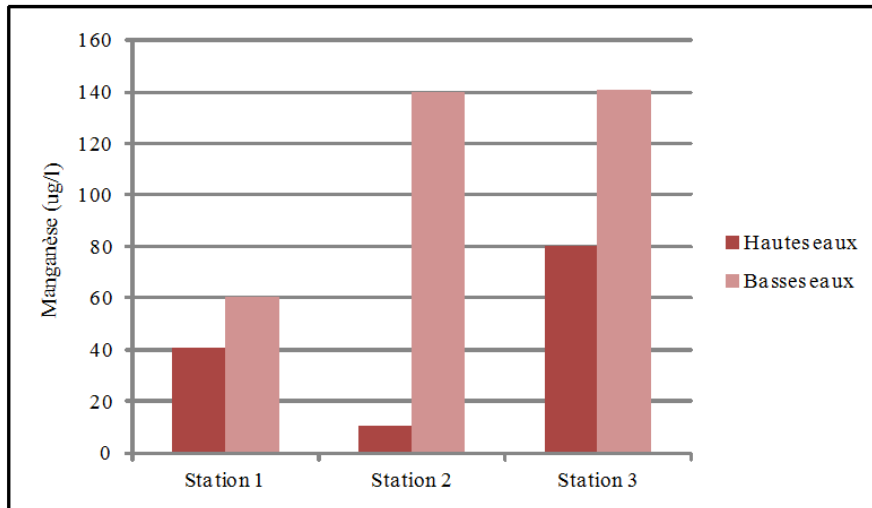


Figure 5.17. Concentrations du manganèse dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.3.3. Teneurs en fer total (Fe^{2+})

Des teneurs élevées ont été observées surtout dans la période de hautes eaux, où les concentrations peuvent atteindre $1,9 \text{ mg.l}^{-1}$. La présence de ces éléments est liée au caractère réduit des eaux qui favorise la libération de ces deux éléments (Debieche *et al.* 2002).

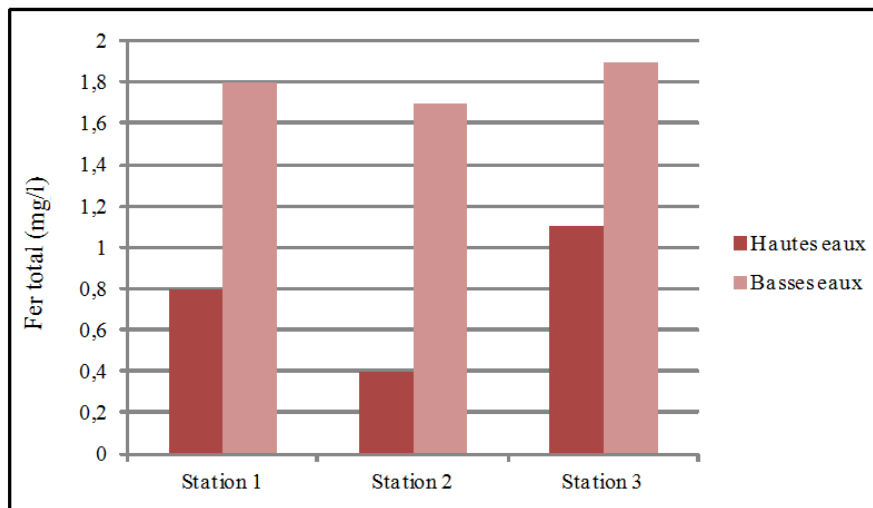


Figure 5.18. Concentrations du fer total dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.3.4. Teneurs en Chrome (Cr)

Dans la nature, le chrome se retrouve dans les roches basiques avec des teneurs plus importantes et sous forme de traces dans les silicates (pyroxène et grenat). Les concentrations observées sont souvent inférieures à 50 ug.l^{-1} (la valeur indicative relative à la qualité d'eau potable de JORADP 2011).

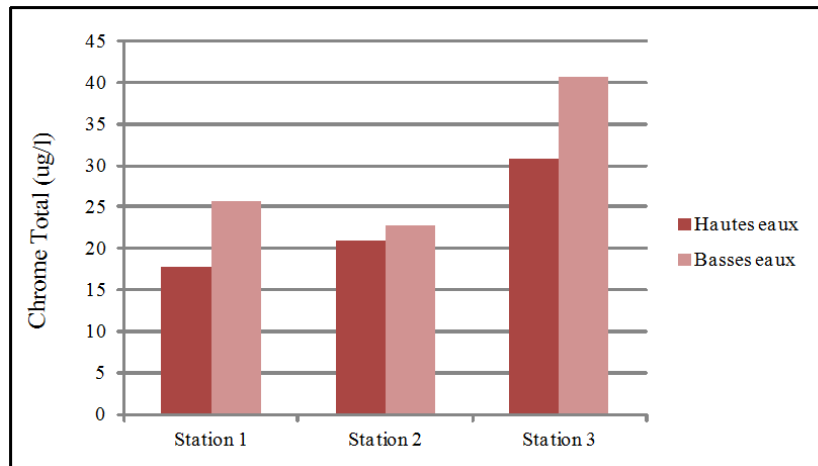


Figure 5.19. Concentrations du Chrome total dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.4. Teneurs en Nitrates (NO_3^-)

Les teneurs en nitrate comprises entre 1,1 et 2,7 mg.l^{-1} pour une moyenne de 1,7 mg.l^{-1} (moyenne arithmétique calculée durant toute l'année 2014), ces concentrations restent très faibles et ne dépassent pas la valeur limite pour les eaux potable de 50 mg.l^{-1} de JORADP 2011. Ces faibles valeurs indiquent que l'eau de l'Oued est bien oxygénée et la dégradation de la matière organique est plus ou moins complète.

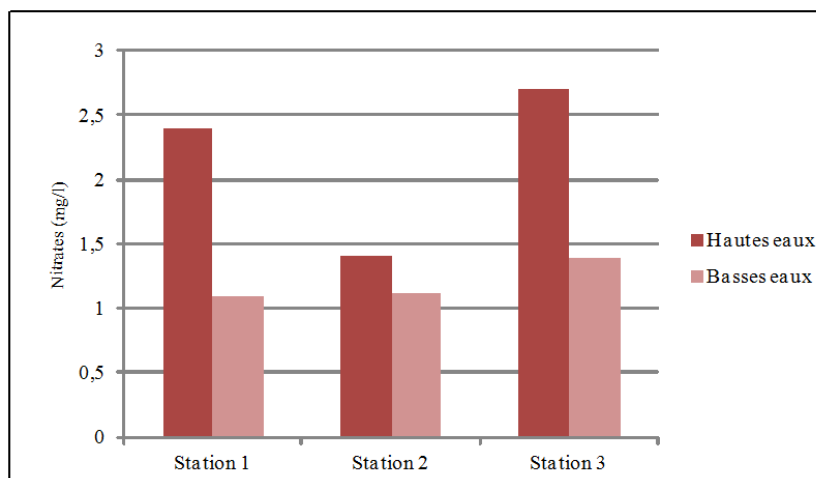


Figure 5.20. Concentrations des Nitrates dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.5. Analyses physico-chimiques

5.1.2.5.1. Turbidité

Les concentrations sont au dessus de la valeur indicative toute l'année surtout en période de basses eaux ou elle atteint des valeurs très élevées (jusqu'à 2 fois sa valeur moyenne pour la période de hautes eaux).

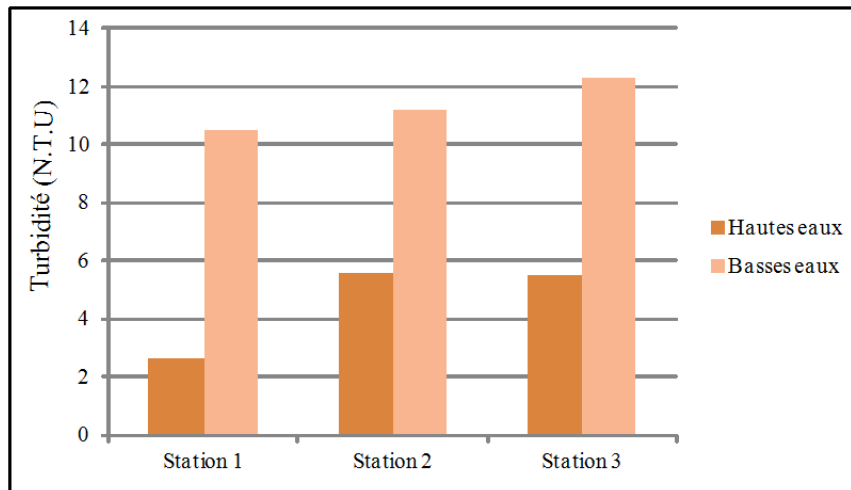


Figure 5.21. Variation de la Turbidité dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.5.2. Demande biologique et chimique en Oxygène (DBO₅ et DCO)

-DBO₅ : Les teneurs extrêmes enregistrées pour ce paramètre sont les suivantes : 3,9 mg.l⁻¹ et 5,8 mg.l⁻¹ pour les valeurs minimale et maximale respectivement. Les fortes concentrations nettement apparues durant la période de basses eaux avec une moyenne de 5,5 mg.l⁻¹ traduisent ainsi une mauvaise qualité au moment où celle-ci dépasse 5 mg.l⁻¹ pour une eau destinée à être potable d'où un traitement approprié devient indispensable.

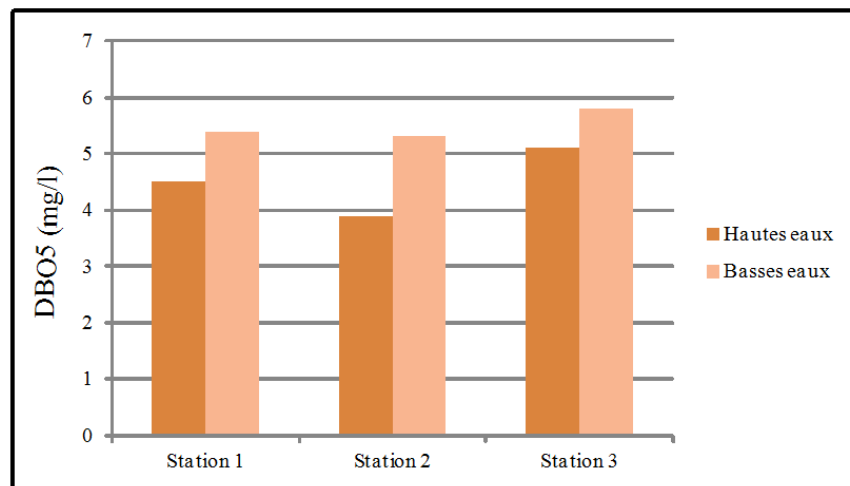


Figure 5.22. Concentrations de la DBO₅ dans les eaux de surface en amont du Guebli.

-DCO : La pollution semble être excessive quand à ce paramètre du moment où la DCO dépasse 80 mg.l⁻¹. La moyenne enregistrée dans les eaux étudiées est de l'ordre de 45 mg.l⁻¹, avec une valeur minimale de 35 mg.l⁻¹ et une maximale de 53 mg.l⁻¹ (dans la période de basses eaux). On retient que les concentrations de la demande biologique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) sont considérées comme moyennes en général avec des pics pendant la période de hautes eaux.

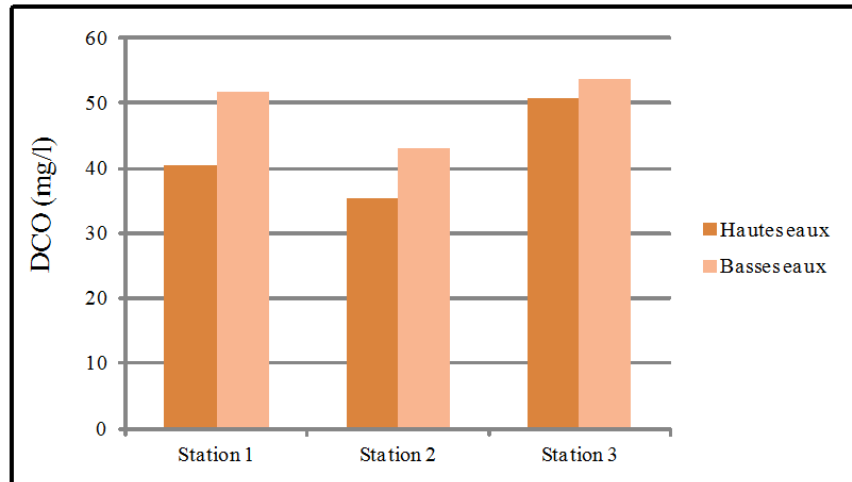


Figure 5.23. Concentrations de la DCO dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.5.3. Matières en suspension (MES)

Les MES qui comportent les matières organiques et minérales, constituent un indicateur important du degré de pollution. Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les concentrations en MES sont très variables, elles oscillent entre 9,8 et 25,7 mg.l⁻¹. Il n'existe pas de valeur indicative pour cet élément suivant JORADP 2011.

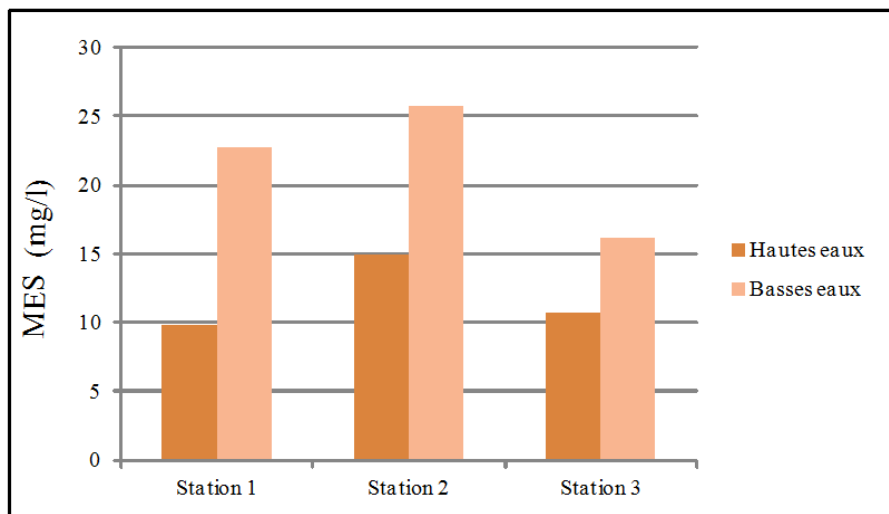


Figure 5.24. Variation de la MES dans les eaux de surface en amont du Guebli.

5.1.2.6. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence une pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes pouvant être présents dans l'eau sont très nombreux et très variés.

Tableau 5.3. Synthèse des résultats bactériologiques pour les quatre campagnes d'échantillonnage

Paramètres	Unités	Période de hautes eaux (Avril 2014)			Période de basses eaux (Septembre 2014)		
		Station1	Station 2	Station 3	Station1	Station 2	Station 3
Escherichia Coli	n/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Germes totaux à 22°C	UFC/ml	0,0	0,0	0,0	20	30	30
Germes totaux à 37°C	UFC/ml	80	50	90	150	150	150
coliformes totaux à 37°C	NPP/100ml	220	200	250	280	240	250
coliformes fécaux à 44°C	NPP/10 ml	40	22	35	50	50	68
Streptocoques Fécaux 37°C	NPP/50 ml	20	30	20	180	200	150

- Germes totaux

Leur présence dans l'eau témoigne de l'existence d'une contamination fécale. Dans notre cas, la présence des germes totaux à 22°C, a été enregistrée durant la période de basses eaux, par contre pour les germes totaux à 37°C, leur présence a été enregistrée durant toute l'année avec un nombre plus élevé durant la période de basses eaux.

- Coliformes totaux

Les coliformes totaux ont été présents durant toute l'année dans l'eau avec un nombre variant entre 220 et 280 NPP/100ml.

-Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux

Le dénombrement des coliformes fécaux et les streptocoques fécaux est un indicateur de contamination fécale, en grande partie d'origine humaine, l'apparition des streptocoques ont été enregistré durant toute l'année surtout en période de basses eaux.

- Escherichia Coli

Les analyses ont montré une absence totale d'Escherichia Coli durant toute l'année.

Les analyses microbiologiques d'autre part ont mis en évidence une contamination bactérienne moyenne qui peut être d'origine humaine, agricole ou animale. Cette contamination peut être due aux rejets des eaux domestiques des villageois ainsi que à digestion des animaux d'élevage installés à proximité de l'Oued Guebli amont. Selon la classification Algérienne des eaux de surfaces, les analyses enregistrées classent ces eaux de

surfaces comme étant de qualité bactériologique médiocre. Cette eau ne peut être destinée à la consommation sans un traitement préalable censé d'éliminer toute pollution bactériologique.

5.1.3. Indice de la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP)

Cet indice devrait permettre d'évaluer la qualité de l'eau en fonction de l'ensemble des usages potentiels (soit la baignade, les activités nautiques, l'approvisionnement en eau à des fins de consommation, la protection de la vie aquatique et la protection du plan d'eau contre l'eutrophisation) et non pas en fonction d'un usage spécifique (P. Béron et al, 1982). Il devait aussi être un outil mathématique simple, sensible et adaptable, mais suffisamment élaboré pour pouvoir véhiculer une information intéressante tant pour les gestionnaires que pour les scientifiques (D.Couillard, et al 1985). Une des principales qualités recherchées dans cet indice était finalement qu'il évite le masquage de l'information la plus importante, soit celle concernant le descripteur limitant le plein usage du cours d'eau. Il requière la mesure d'un certain nombre de descripteurs, la conversion de la concentration mesurée en un sous indice adimensionnel à l'aide d'une courbe d'appréciation de la qualité de l'eau (J.E. Gustafsson, 1992). L'indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau (IQBP), qui est adimensionnel et qui peut varier entre 0 et 100, permet de définir cinq classes de qualité :

- A (80-100) : eau de bonne qualité permettant généralement tous les usages, y compris la baignade ;
- B (60-79) : eau de qualité satisfaisante permettant généralement la plupart des usages ;
- C (40-59) : eau de qualité douteuse, certains usages risquent d'être compromis ;
- D (20-39) : eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis ;
- E (0-19) : eau de très mauvaise qualité, tous les usages risquent d'être compromis ;

Le système de classification proposé est basé sur les critères de qualité de (MENVIQ 1992). Les résultats de calcul et le développement de l'indice de qualité du Guebli amont sont présentés à la figure 5.25 et le tableau 5.4.

Tableau 5.4. Calcul de l'indice bactériologique et physico-chimique (IQBP)

Descripteurs	Valeurs moyennes	Sous indices de qualité
Phosphore (mg.l ⁻¹)	0,089	43
Coliforme fécaux (n/100ml)	1042	59
DBO ₅ (mg.l ⁻¹)	5,0	20
Nitrate et nitrite (mg.l ⁻¹)	1,83	42
pH	7,5	98
Turbidité (UNT)	7,95	47
Matières en suspension (mg.l ⁻¹)	16,6	55

IQBP = 20
 DESCRIPTEUR LIMITANT : DBO₅
 CLASSE D : Eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis

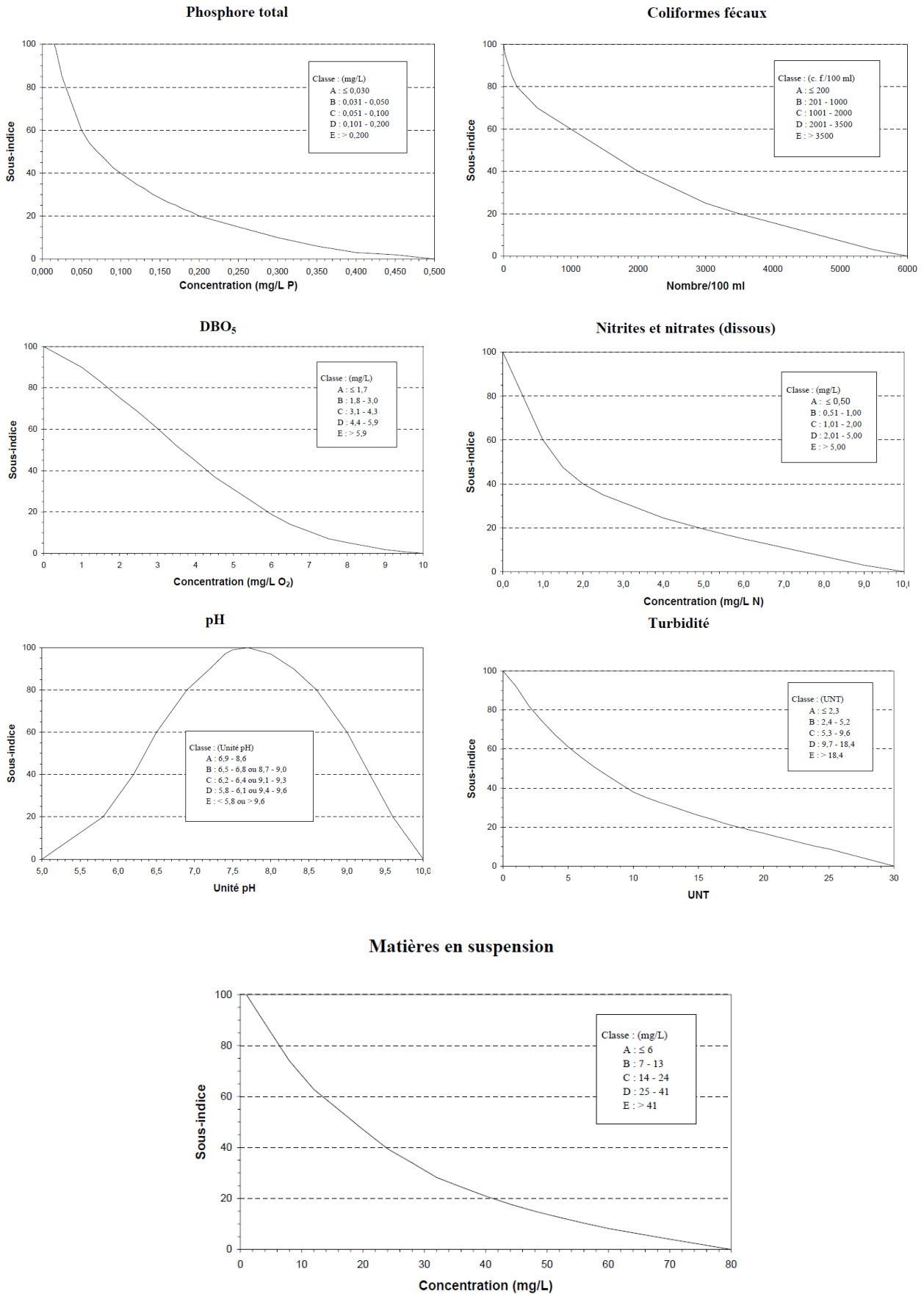


Figure 5.25. Courbe d'appréciation de qualité de l'eau pour les différents descripteurs (Source : MENVIQ.1992)

5.2. Chimie des eaux de surface en aval du Guebli

Cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel de la chimie des eaux, son évolution dans le temps, dans l'espace et en fonction de la variation des paramètres physicochimiques de l'eau. Un plan de travail a été adopté pour atteindre ces buts, il consiste au début à réaliser un suivi mensuel, durant la période de Mai à Septembre 2014 (c'est durant cette période de l'année que la composition physique-chimique et la qualité bactériologique de l'eau sont les plus susceptibles d'affecter la vie aquatique et usages associés aux cours d'eau), avec une analyse complète des paramètres physico-chimiques à déterminer les différents apports anthropiques à caractère polluant en aval du bassin du Guebli, et analyser leur composition physico-chimique, afin d'expliquer l'origine et l'évolution de chaque élément. Les eaux de Guebli aval sont échantillonnées en 15 stations positionnées surtout au niveau des ponts : (Fig.5.26). Les prélèvements sont très serrés dans les zones industrielles, plus distants entre eux dans les zones non aménagées.

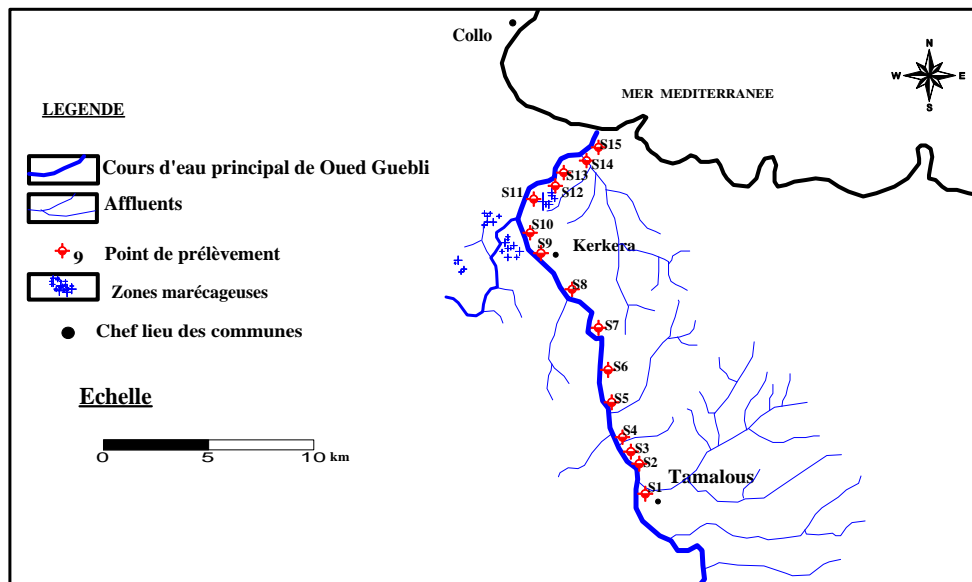


Figure 5.26. Carte d'inventaire des points de prélèvements en aval du Guebli

5.2.1. Chlorures (Cl⁻)

Les teneurs en chlorure mesurées dans les eaux du Guebli aval sont plus élevées. Celles-ci s'échelonnent en effet entre 370 et 1750 mg.l⁻¹. C'est l'élément le plus abondant dans l'Oued Guebli aval. D'une manière générale, les concentrations en chlorures sont plus faibles sur les stations éloignées de la mer. Cependant, les stations situées à proximité de la mer montrent tantôt de fortes concentrations. L'influence du biseau salé est une hypothèse pouvant expliquer cet état de fait. Des apports anthropiques ne peuvent toutefois pas être exclus, le chlorure et sodium ; les ions toxiques les plus communs dans les eaux d'égout (M. Djedel, 2008).

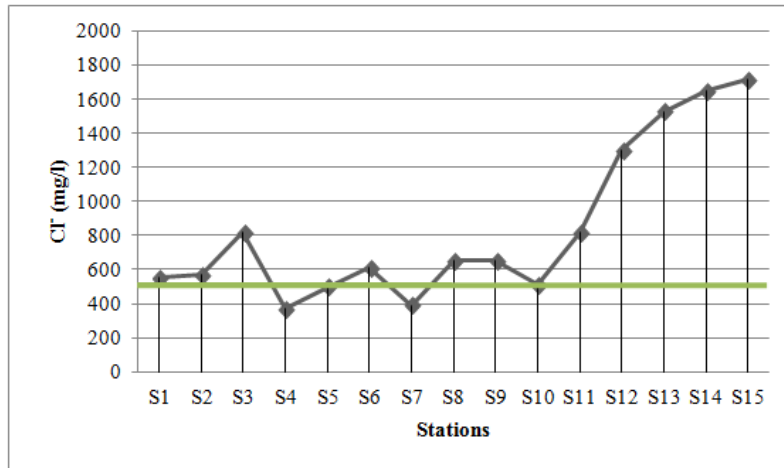


Figure 5.27. Variation des chlorures dans les eaux de surface du Guebli aval.

5.2.2. Sulfates (SO_4^{2-})

D'après la figure 5.28, on remarque que les teneurs en sulfates varient de 210 mg.l^{-1} à 1020 mg.l^{-1} . Les sulfates proviennent de la dissolution de l'anhydrite (CaSO_4), du Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) en contact avec l'eau. Les sulfates donnent un goût amer et un goût médical à l'eau s'il dépasse la concentration de 250 mg.l^{-1} . Cela rend désagréable la consommation de l'eau. Des importantes concentrations en sulfates peuvent être corrosives pour les tuyauteries en particulier les tuyauteries en cuivre. Dans les endroits où l'on retrouve des concentrations importantes en sulfates, il est préférable d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion comme des tuyaux en plastique (A. Zeddouri, 2010). Une origine anthropique des sulfates n'est cependant pas exclue pour les stations présentant les plus fortes concentrations.

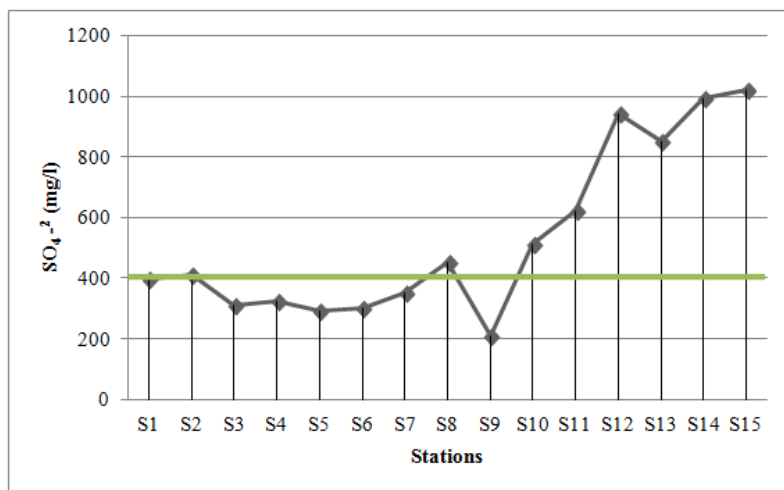


Figure 5.28. Variation des sulfates dans les eaux de surface du Guebli aval.

5.2.3. Bicarbonates (HCO_3^-)

La figure 5.29 montre qu'on a deux types d'eau, le type correspondant aux eaux de type mauvaises représentant la majorité des points analysés où les teneurs en bicarbonates

dépassent les 518 mg.l^{-1} . Mais cela n'empêche pas d'avoir certains points qui ont des concentrations inférieures à la norme.

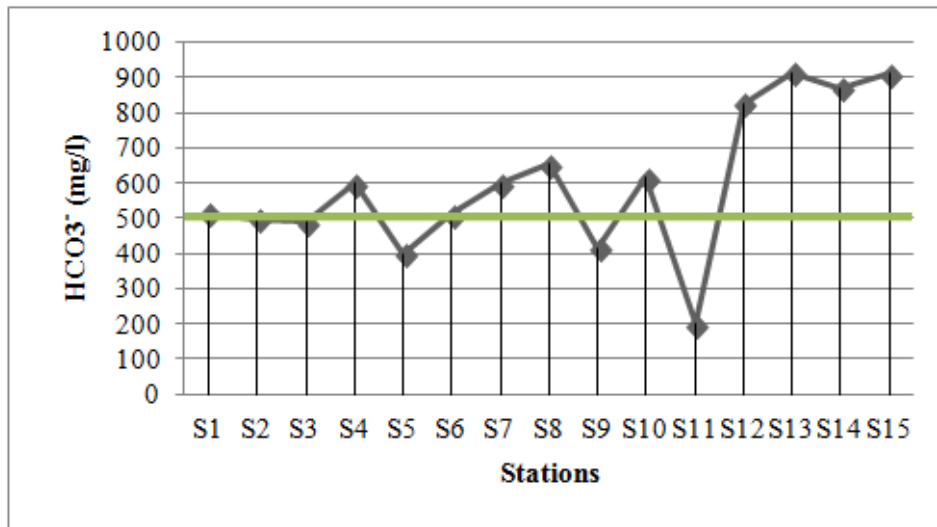


Figure 5.29. Variation des bicarbonates dans les eaux de surface du Guebli aval.

5.2.4. Les cations

Le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium, sont aussi des paramètres utiles, en combinaison avec les anions, pour la détermination de la minéralisation dans l'eau. Les figures montrent que tous les cations ne sont pas dans les normes de potabilité des eaux, surtout le sodium et le potassium dans les stations (S₁₂, S₁₃, S₁₄ et S₁₅).

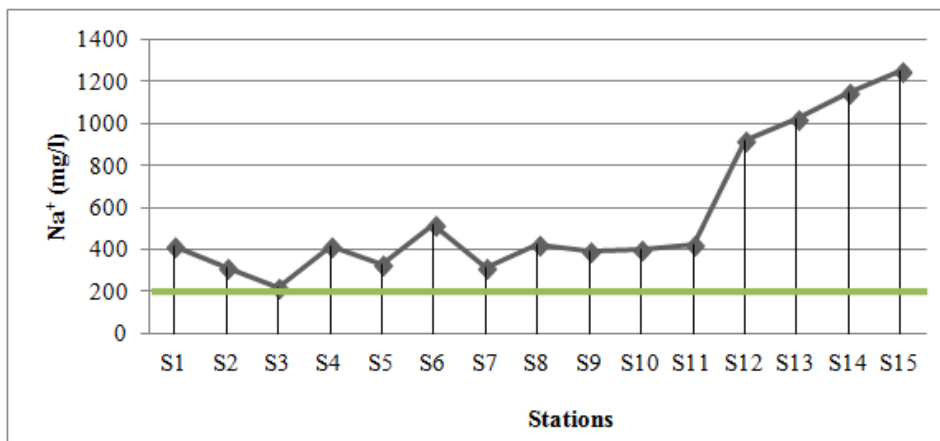


Figure 5.30. Variation de sodium dans les eaux de surface du Guebli aval.

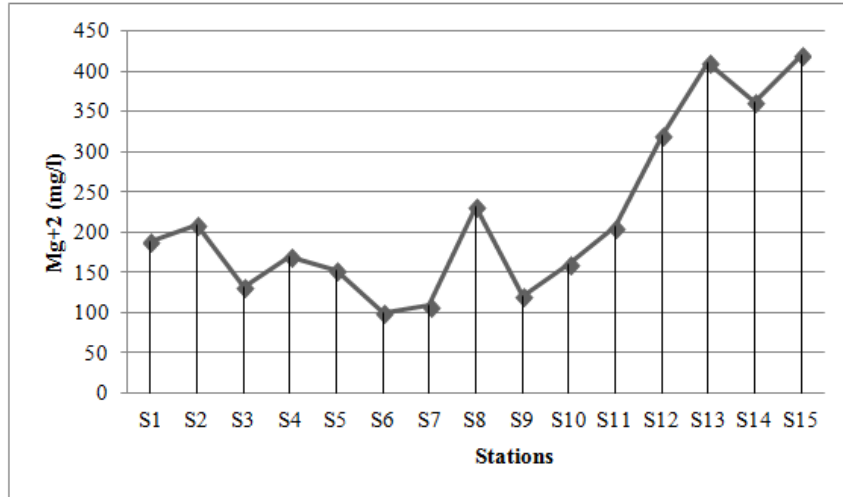


Figure 5.31. Variation du magnésium dans les eaux de surface du Guebli aval.

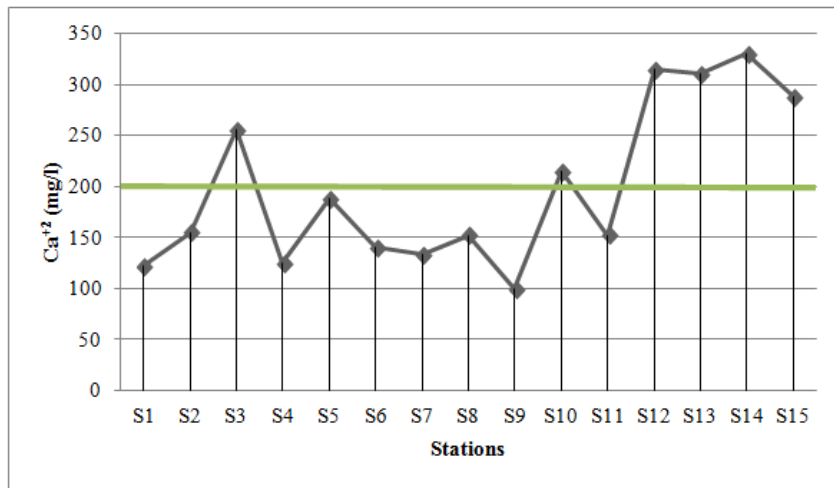


Figure 5.32. Variation du calcium dans les eaux de surface du Guebli aval.

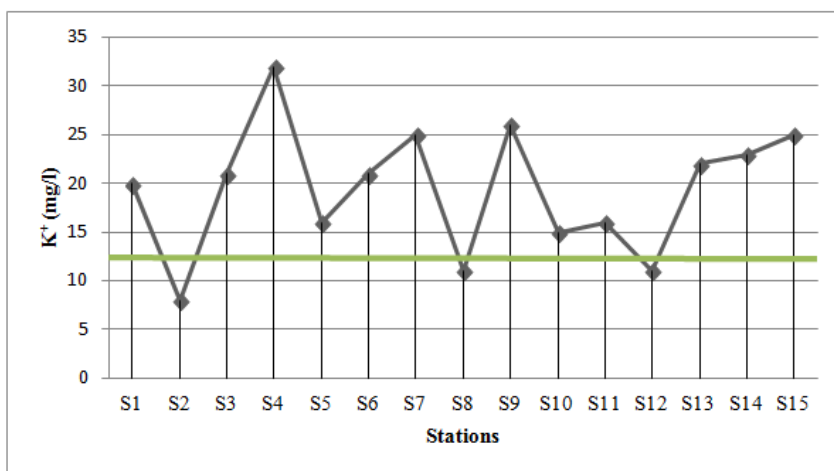


Figure 5.33. Variation du potassium dans les eaux de surface du Guebli aval.

5.2.5. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés

Pour une bonne visualisation des résultats (Tab.5.5), on a représenté ces derniers sur les diagrammes de Schöeller- Berkaloff, Piper et Stiff. La réalisation de ces derniers a été faite grâce au logiciel Diagrammes.

Tableau 5.5. Synthèse des faciès hydrochimiques rencontrés des eaux de surface en aval du Guebli (2014).

Nom	Formule ionique	Faciès chimique
S ₁	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₂	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $rMg^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+}$	Chloruré -magnésien
S ₃	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $rCa^{2+} > rMg^{2+} > r(Na^+ + K^+)$	Chloruré -calcique
S ₄	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₅	$rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-}$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₆	$rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-}$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₇	$rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-}$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₈	$rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-}$ $rMg^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+}$	Chloruré -magnésien
S ₉	$rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{2-}$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₀	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₁	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₂	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₃	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₄	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique
S ₁₅	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^-$ $r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré-sodique

L'interprétation des résultats des analyses chimiques des eaux de surface en amont du l'Oued Guebli révèle un faciès dominant de type Chloruré-sodique, à l'exception des échantillons (S₂ et S₈), on a un faciès Chloruré -magnésien. On constate donc que pour les 15 échantillons analysés, le faciès dominant est de type Chloruré-sodique (Tab. 5.5).

-Diagramme de Schoëller-Berkaloff

La représentation de Schöeller-Berkaloff (Fig.5.34) montre le faciès dominant qui est le chloruré-sodique avec un taux de 80% de la totalité des échantillons analysés.

- Diagramme de Piper

Le report de 15 échantillons prélevés du Guebli aval sur le diagramme de Piper (Fig. 5.35) a fait apparaître un seul groupe chloruré-sodique. Indiquant des apports plus riches en éléments salifères (NaCl)

-Diagramme de Stiff

Nous avons une majorité des eaux qui forment le faciès sulfaté et chloruré-sodique(Fig.5.36). Ce faciès caractérise toutes les eaux du Guebli aval (Excepté les stations S₂ et S₈).

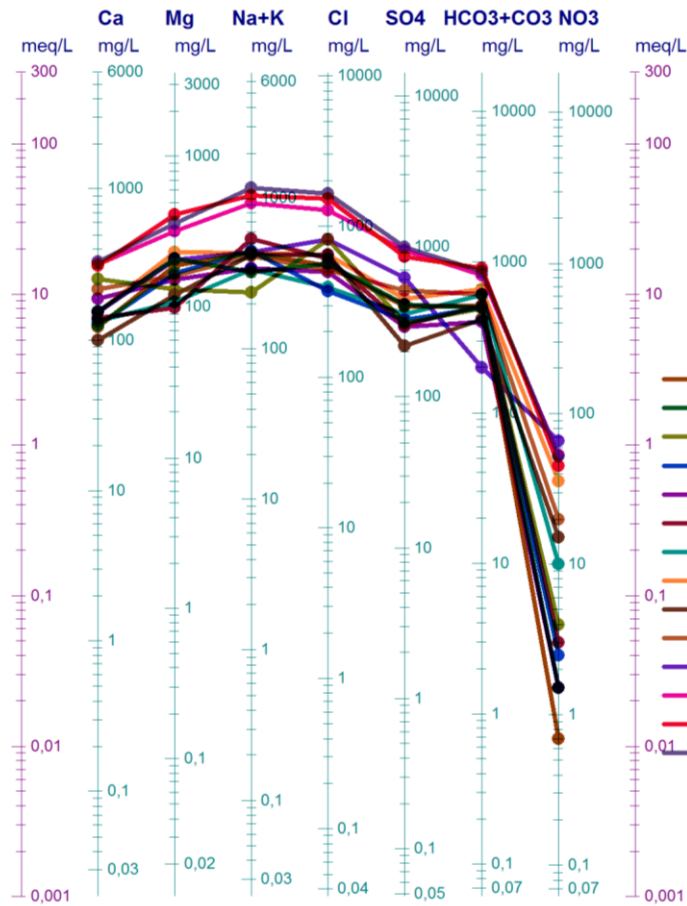


Figure 5.34. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (2014).

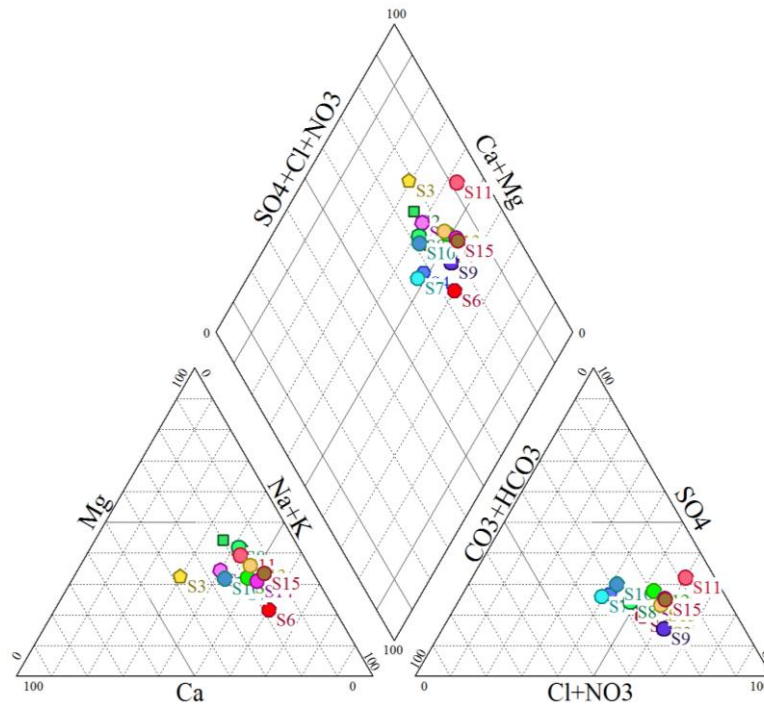


Figure 5.35. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Piper (2014).

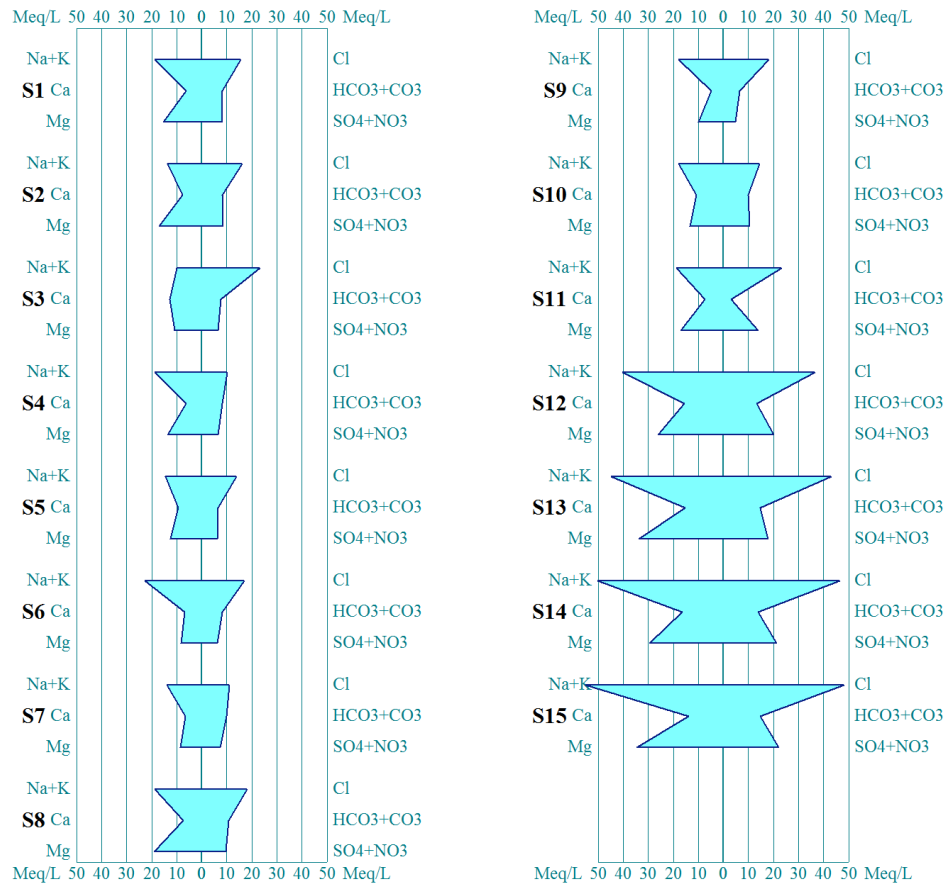


Figure 5.36. Représentation graphique des faciès chimiques des eaux en aval du Guebli sur le diagramme de Stiff (2014).

5.2.6. Qualité des eaux destinées à l'irrigation

L'agriculture représente le plus important consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans certaines régions, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées et les eaux salées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies afin de :

- protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- protéger le matériel d'irrigation ;
- maintenir des rendements acceptables.

5.2.6.1. Les risques du Sodium Adsorption Ratio (SAR)

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace le calcium et le magnésium adsorbés (échange de bases) sur les argiles

de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Tableau.5.6. Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation

Le risque	SAR	Diagnostique
Nul	< 3.0	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
Léger à modéré	3.0 - 9.0	-Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. -Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tout les 1 ou 2 jours pour déterminer s'il y a une augmentation des teneurs en Sodium.
Elevé	> 9.0	Domage sévère.

L'indice utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

La figure 5.37 montre que l'ensemble des points d'eaux présente un risque léger à modéré du SAR pour l'irrigation (plantes et sols), sauf les stations (S₁₂, S₁₃, S₁₄ et S₁₅) situées près de l'embouchure d'Oued Guebli avec la mer où le risque s'avère sévère.

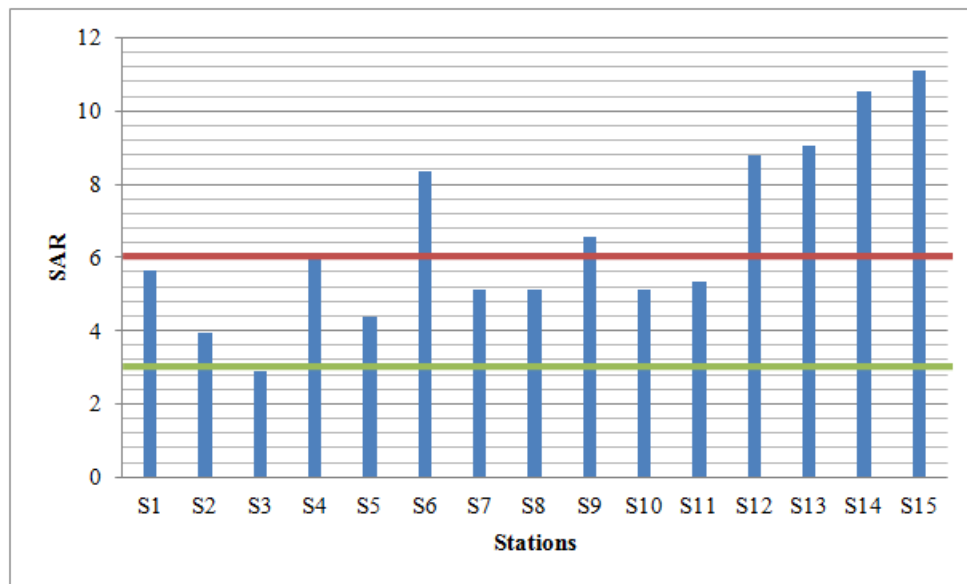


Figure 5.37. Variation de SAR des eaux d'irrigations du Guebli aval

Classification de Richards

Le tableau 5.7 récapitule les résultats obtenus après interprétation de diagramme de Richards.

Tableau 5.7. Résultats obtenus après interprétation du diagramme de Richard

Classes	Classes	% des points d'eau
Admissible	S1 C3 et S2 C3	60%
Médiocre	S2 C4	13.3%
Hors classes	-	26.6%

Deux classes apparaissent (admissibles et médiocre), chaque classe présente ses propres caractéristiques.

-Admissible (S1 C3, S2 C3) : en général, l'eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

-Médiocre (S2 C4) : en général, l'eau est fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre, ...) bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

D'après le diagramme de Richards, le pourcentage dans la classe admissible est beaucoup plus important par rapport à la classe médiocre. Ces résultats nous ont permis de dire que les eaux du Guebli aval sont des eaux bonnes pour l'irrigation.

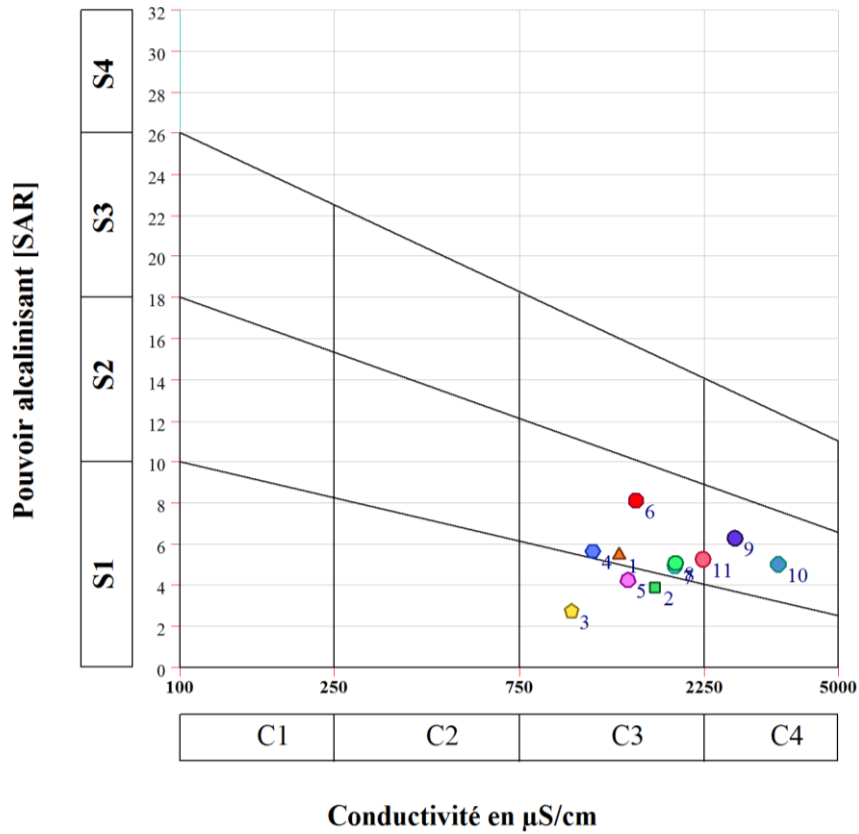


Figure 5.38. Classification de Richards des eaux d’irrigation du Guebli aval

5.2.6.2. Conductivité électrique (CE)

Parmi les eaux analysées, les conductivités mesurées s’échelonnent entre 1014 et 46000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Les stations S₁, S₂, S₃ S₆ et S₇ présentent les conductivités les plus faibles. Les valeurs de conductivité les plus élevées ont été relevées sur les stations situées près de l’embouchure de Guebli avec la mer.

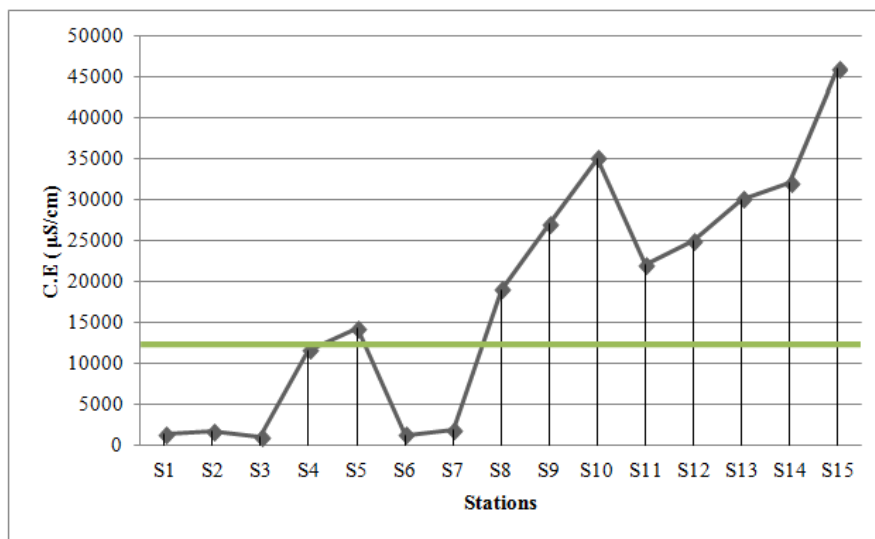


Figure 5.39. Courbe de la qualité des eaux de surface en fonction de la conductivité.

5.2.6.3. Salinité

L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines. En générale, l'eau réutilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité ne dépasse pas 8000 mg.l^{-1} . La figure 5.40 montre que la majeure partie des points analysés dans les eaux de surface du Guebli aval sont des eaux bonnes pour l'irrigation.

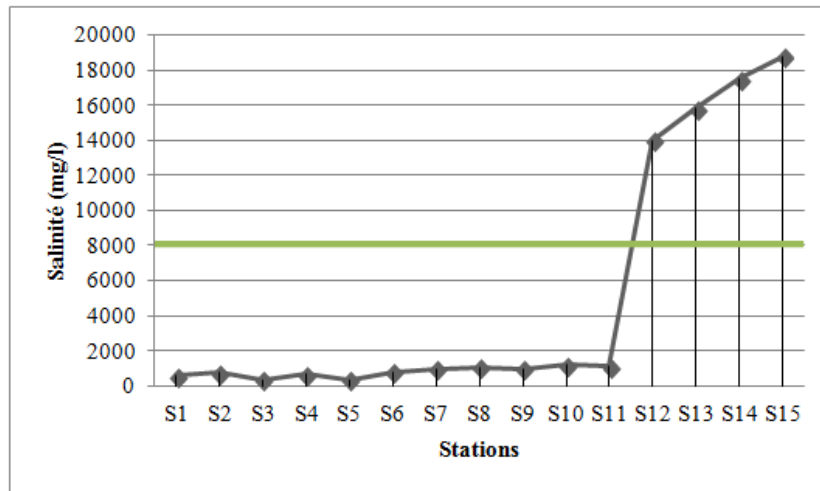


Figure 5.40. Courbe de la qualité des eaux de surface en fonction de la salinité.

5.2.6.4. Potentiel d'Hydrogène des eaux d'irrigations

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans les eaux d'irrigations. La valeur du pH dans ce cas devrait se situer entre 6,9 et 8,8. Avec ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale. La figure 5.41, nous permettent de dire qu'en générale ces eaux sont bonnes pour l'irrigation.

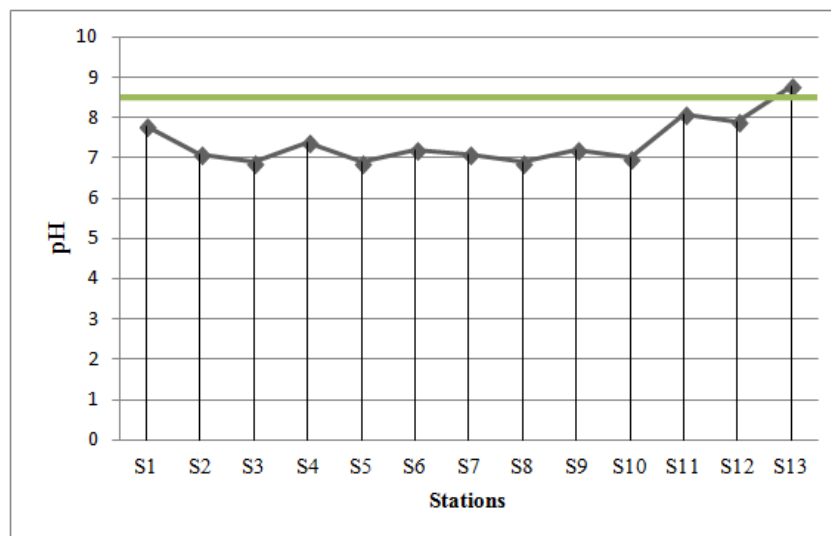


Figure.5.41. Variation de Potentiel d'Hydrogène des eaux d'irrigations du Guebli aval

5.2.7. Les indices de pollution de l'eau du Guebli aval

-Indice de biodégradabilité (IB)

Les l'indices de la biodégradabilité indiquent des classes d'autoépuration (biodégradabilité) décrivant des milieux riches ou pauvres en matière organique. la variation spatiale du rapport DCO/DBO₅ montre un indice de biodégradabilité variant entre 2 et 3. Cette situation (Fig. 5.42) indique que les eaux des rejets sont des effluents domestiques biodégradables avec des souches sélectionnées, nécessitant une épuration combinée (biologique et physico-chimique).

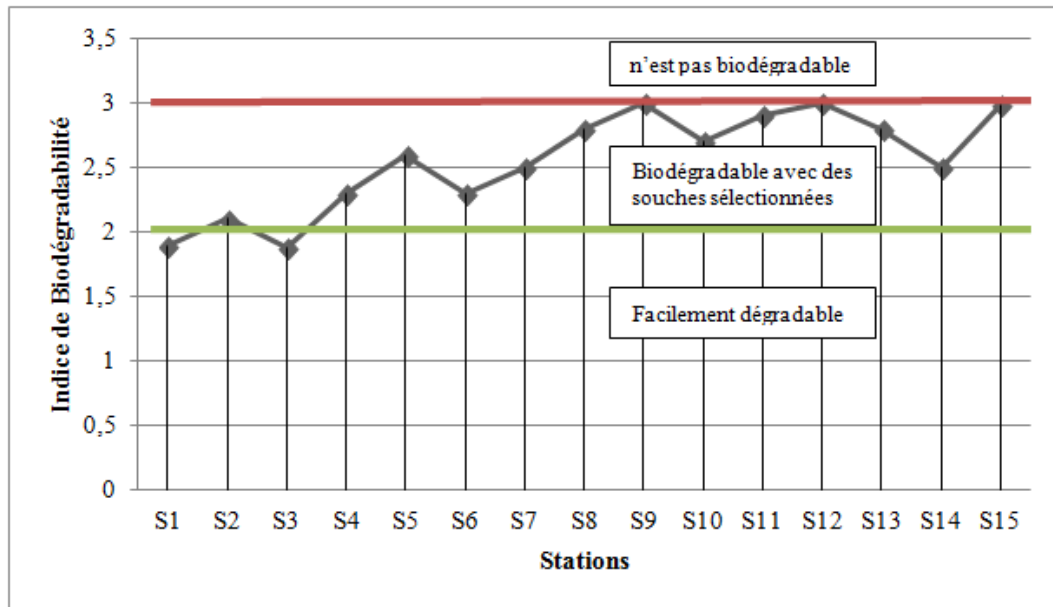


Figure 5.42. Variation de l'indice de biodégradabilité du Guebli aval

-Indice de pollution organique (IOP)

Les valeurs de l'indice de pollution organique indiquent les variations spatiales des classes de pollution par une dégradation ou une autoépuration des eaux. La figure 5.43, révèlent des familles relatives aux :

-les stations (S₁ jusqu'à S₈) présentant des indices variant entre 2,5 à 3,9, montrent une classe de pollution organique modérée qui reflète une faible autoépuration progressive en allant vers l'exutoire d'Oued Guebli.

-les stations (S₉ jusqu'à S₁₅) avec des indices allant de 1,7 à 2,5, montrent une classe de pollution organique fort. L'évolution spatiale reflète une nette autoépuration progressive en allant de l'amont.

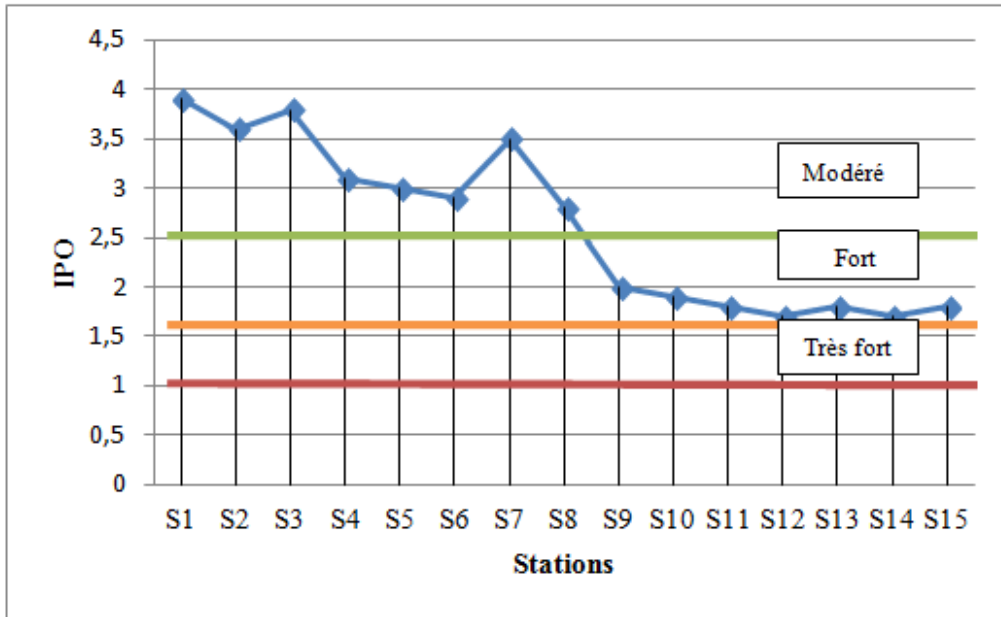


Figure 5.43. Variation de l'indice de pollution organique du Guebli aval

-Indice d'eutrophisation

Nitrates

Les nitrates et les nitrites constituent la forme la plus abondante d'azote dans l'eau. Bien que naturellement présents en faibles quantités dans les eaux de surface, des concentrations trop élevées de nitrites-nitrates peuvent être toxiques pour la faune aquatique et provoquer une maladie infantile (méthémoglobinémie).

Les analyses révèlent des teneurs en nitrates comprises entre 0,7 et 86 mg.l⁻¹. On distingue cependant 5 points dont les valeurs dépassent les 50 mg.l⁻¹. Les sources naturelles principales de nitrate sont les pluies et les interactions du sol avec la végétation. Les sources anthropiques sont par ailleurs nombreuses, le plus souvent liées au lessivage d'engrais, à l'élevage et aux rejets domestiques et industriels. D'une manière générale, une teneur supérieure à 10 mg.l⁻¹ traduit un apport anthropique (concernant les stations S₇ jusqu'à la station S₁₅ situées dans les zones urbanisées).

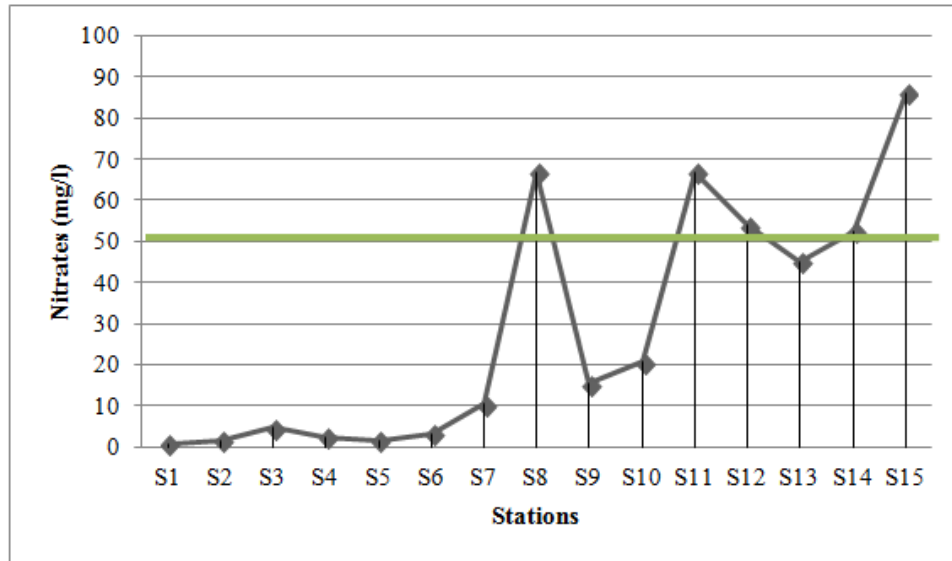


Figure 5.44. Courbe de la qualité des eaux du Guebli aval en fonction des nitrates.

Phosphore

Les points d'eaux du Guebli aval avec des concentrations allant de 0,15 à 0,55 mg.l⁻¹, montrent deux classes de qualité (douteuse et mauvaise). L'évolution spatiale reflète un net enrichissement en phosphore total en allant vers l'exutoire. Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des algues et des plantes aquatiques. Lorsque trop abondant dans un milieu aquatique, le phosphore risque d'accélérer le processus d'eutrophisation (un vieillissement accéléré du cours d'eau occasionné par un excès d'éléments nutritifs et engendrant la prolifération d'algues, l'envasement du littoral et la dégradation des réserves d'oxygène). Les principaux apports en phosphore proviennent de l'érosion, des activités agricoles et industrielles, des engrais et des rejets d'eaux usées municipales.

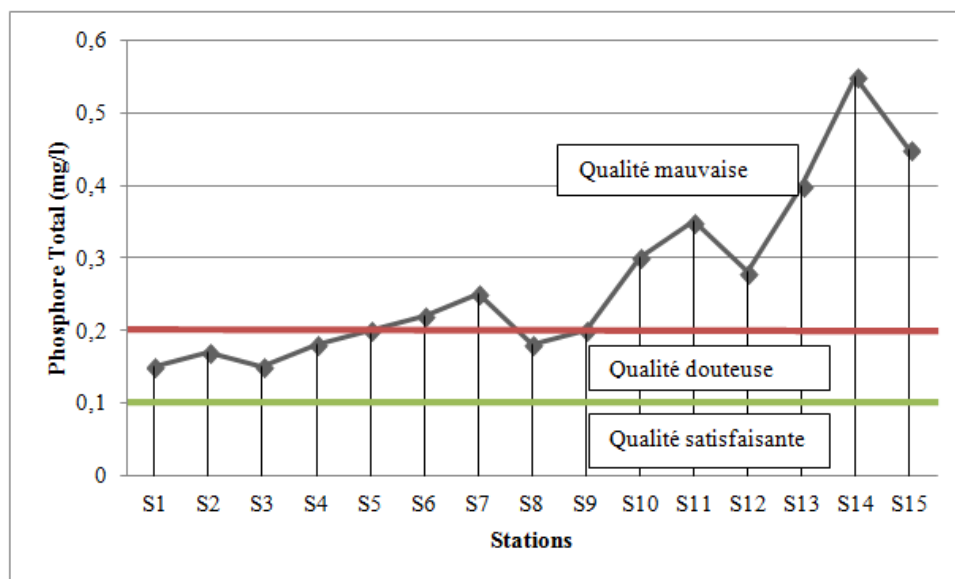


Figure 5.45. Courbe de la qualité des eaux du Guebli aval en fonction de Phosphore total.

5.1.8. Coliforme fécaux (n/100ml)

Les coliformes fécaux sont des indicateurs de pollution bactériologique et fécale de l'eau. Il s'agit d'un indicateur indirect en ce sens que des taux élevés de coliformes fécaux, une bactérie en soi inoffensive, indiquent une forte chance de retrouver d'autres bactéries et virus potentiellement nuisibles et pathogènes, mais dont la présence serait plus difficile à mesurer. Les eaux du Guebli aval présentent des indices de qualité microbiologique montrant une contamination fécale forte pour les stations (S₁ jusqu'à S₁₀), et s'échelonnant entre 1040 et 326 UFC par 100 ml. Elles affichent aussi une contamination fécale relativement moindre pour les stations (S₁₁ jusqu'à S₁₅), cela est dû à une stérilité causée par une très forte salinité (près de l'embouchure de la mer). Les critères de qualité pour ce paramètre sont de 200 UFC par 100 ml d'eau pour la baignade, et de 1000 UFC / 100 ml pour les activités dites de contacts indirects, comme la pêche et le canotage. La présence de coliformes fécaux est surtout due à l'épandage de fumier et aux installations septiques non conformes ou mal entretenues.

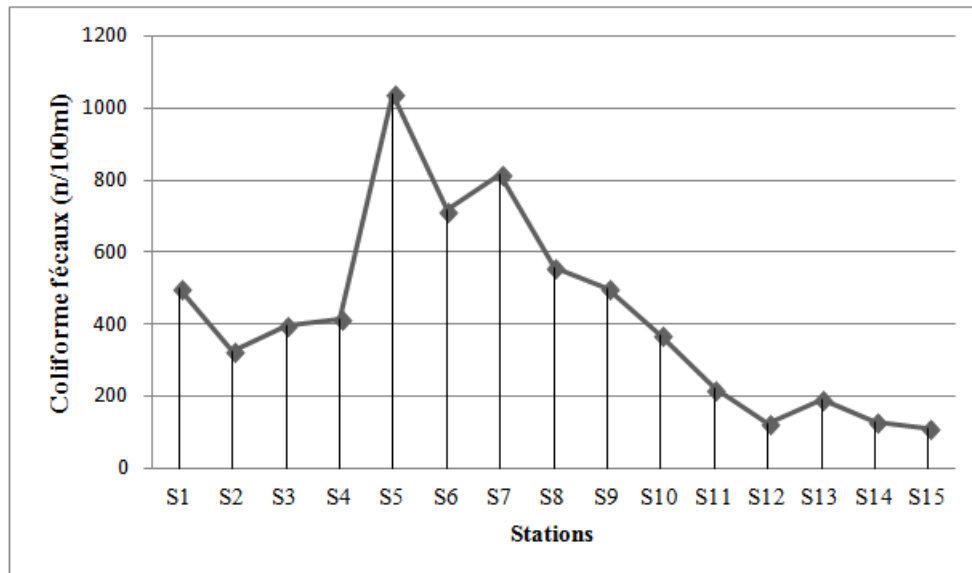


Figure 5.46. Variation des coliformes fécaux du Guebli aval

5.1.9. Qualité des eaux destinées à l'industrie

Dans l'industrie et la construction, la corrosion et l'incrustation ont des conséquences économiques considérables, tant directement, avec les coûts d'intervention et la consommation de produits métallurgiques qu'elles engendrent, qu'indirectement (arrêt des unités industrielles de production pour réparations, dégradation de la qualité des produits manufacturés en contact avec l'eau chargée de métaux dissous, etc.) (M. Djidel, 2008). La qualité des eaux utilisée dans ce domaine se distingue par

- leur agressivité vis-à-vis des calcaires, béton et ciment.
- leur corrosivité vis-à-vis des métaux
- leur caractère incrustant

Dans les deux premiers cas, les ouvrages et équipements concernés sont endommagés et même détruits et l'eau acquiert turbidité et coloration. Dans le dernier cas, les canalisations sont rétrécies, parfois même obstruées et ne transitent plus les débits prévus.

-Indice de Ryznar (indice de stabilité)

Cet indice est défini de la façon suivante : $I_R = 2pH_S - pH$

Ou $pH_S = pH$ théorique de saturation

$pH = Ph$ mesuré à 25°C

La figure 5.47 présente une nette tendance aux eaux légères corrosives et ne reste que les stations S₁₂ jusqu'à S₁₅ présentent un entartrage faible.

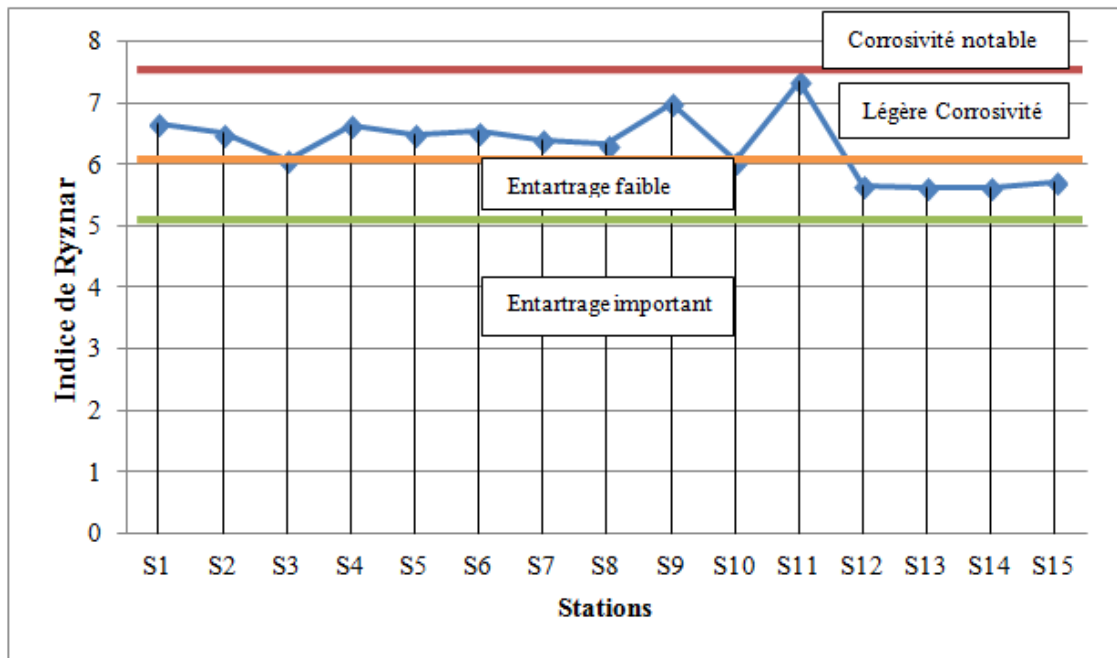


Figure 5.47. Variation de l'indice de stabilité (Ryznar) du Guebli aval

-Indice de Langelier (indice de saturation)

Cet indice est défini de la façon suivante : $I_L = pH - pH_S$

Une eau agressive est caractérisée par un indice de Langelier négatif, ce qui signifie que le pH de l'eau mesuré est inférieur au pH_S de saturation : l'eau sous saturée en $CaCO_3$, dissout le calcaire sous l'action du CO_2 agressif. S'il est positif, il y a formation d'une couche de carbonate de calcium qui protège les tuyauteries. Seulement l'eau de la station S₁₁ est agressive vis-à-vis du calcaire par contre le reste des stations sont caractérisées par des eaux entartrantes (Fig.5.48).

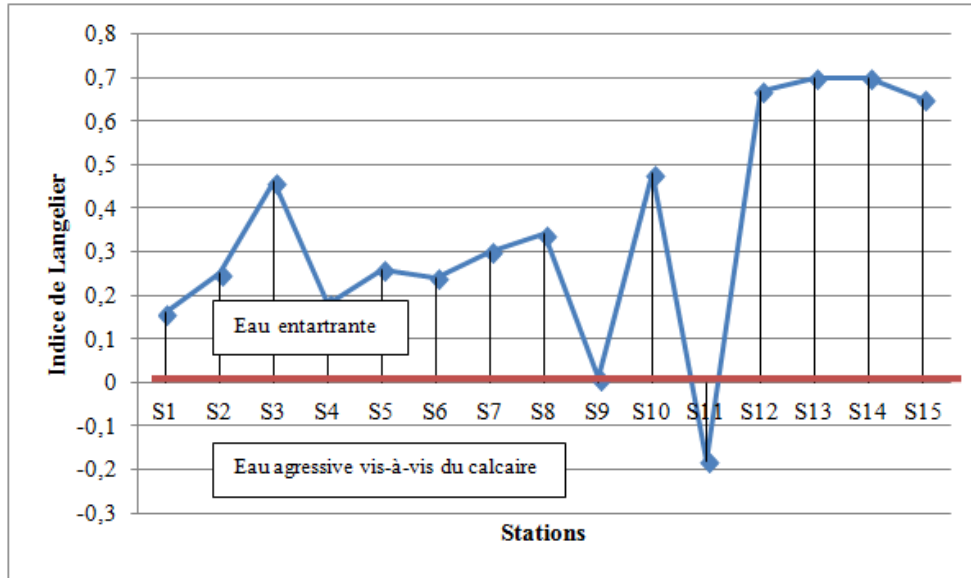


Figure 5.48. Variation de l'indice de saturation (Langelier) du Guebli aval

-Indice de Larson (indice de corrosivité)

Cet indice est défini de la façon suivante : $I_C = ([Cl^-] + 2.[SO_4^{2-}]) / [HCO_3^-]$

Les concentrations sont exprimées en mol .l⁻¹

Cette formule empirique est basée sur de nombreuses expérimentations effectuées par les américains Larson et Skold. Cet indice permet de déterminer la corrosivité d'une eau à partir des concentrations en ions chlorures, sulfates et bicarbonates. Néanmoins il ne tient pas compte des ions de calcium et de magnésium qui ralentissent le phénomène de corrosion. Cet indice (Fig.5.49) montre que les eaux de Guebli aval présente une nette tendance à la corrosion vis-à-vis des métaux, et ce au niveau de quelque endroit soit-il.

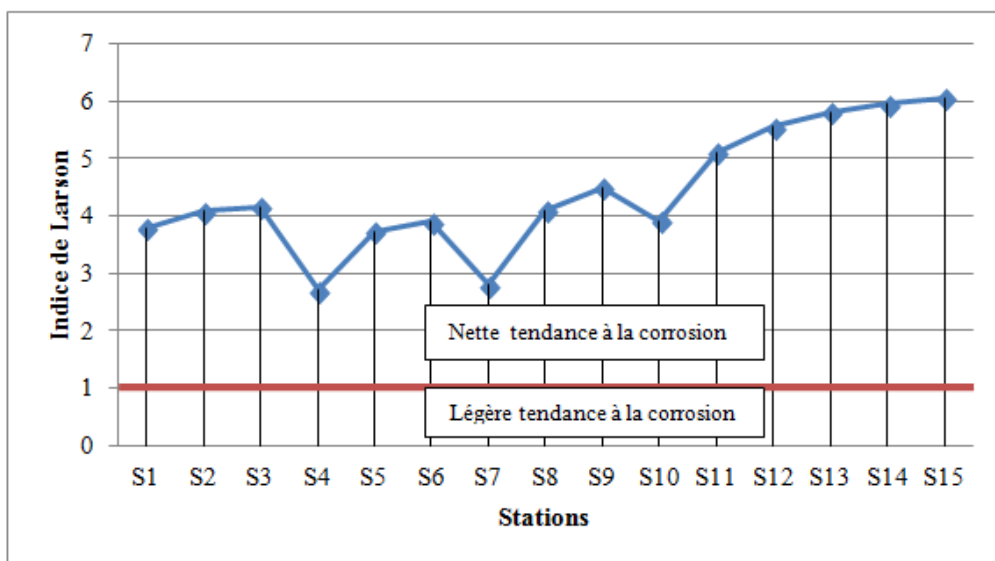


Figure 7.49. Variation de l'indice de corrosion (Larson) du Guebli aval

Conclusion

Depuis 2014, nous avons fait un suivi de la qualité des eaux de surface. Ce suivi a pour objectifs d'améliorer la connaissance de la qualité naturelle des eaux de surface d'Oued Guebli et d'évaluer leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions anthropiques. Le réseau de suivi comprend 18 sites constitués des stations sur l'amont et l'aval d'Oued Guebli. Les analyses sont effectuées deux fois par an, en saison sèche (Mai- Septembre) et en saison de pluies. Les analyses effectuées portent sur plusieurs paramètres physico-chimiques (T° , pH, conductivité, Oxygène dissous, DBO_5 , etc), et sur les teneurs en éléments majeurs, les éléments en traces, et les analyses bactériologiques.

L'état des lieux qualitatif des eaux de surface d'Oued Guebli a été dressé. Une comparaison des résultats avec les campagnes d'analyses antérieures a été effectuée. Ces analyses ont permis de montrer la prédominance des faciès : sulfatés sodiques en amont du Guebli et chlorurés sodiques en aval. Ainsi que des teneurs naturellement, importantes en chlorures, sodium, et magnésium.

Une synthèse statistique a été effectuée afin de récapituler les tendances moyennes d'évolution des teneurs des éléments analysés. Ce travail a permis ainsi de mieux cerner la variabilité naturelle des éléments analysés. Il permettra de caractériser de manière plus efficace les pollutions diffuses. Du point de vue salinité, sulfates et conductivité électrique, les eaux de surface correspondent aux bonnes eaux, tandis que les chlorures, et le sodium les font correspondre aux eaux mauvaises. Alors que d'un point de vue des bicarbonates, le pH et des nitrates, les normes ont montré que les eaux de surface de Guebli sont bonnes pour l'irrigation. Plusieurs substances telles que le plomb, le Manganèse et le fer, elles présentent des concentrations importantes sur l'intégralité du réseau. Ces teneurs naturellement importantes dans les eaux d'Oued Guebli caractérisent le fond géochimique local.

En amont les analyses microbiologiques ont mis en évidence une contamination bactérienne moyenne qui peut être d'origine humaine, agricole ou animale. Selon la classification Algérienne des eaux de surfaces, les analyses enregistrées classent ces eaux de surfaces comme étant de qualité bactériologique médiocre. Cette eau ne pourrait être destinée à la consommation sans traitement préalable opéré pour éliminer toute pollution bactériologique.

En aval, l'Oued Guebli a connu une dégradation dans la qualité de ses eaux, et ce à cause des rejets domestiques des agglomérations de Tamalous, Kerkra, et une partie des rejets de la ville de Collo, qui déverse dans le Guebli. Les eaux du Guebli aval présentent des indices de qualité microbiologique montrant une contamination fécale forte, s'échelonnant entre 1040 et 326 UFC par 100 ml. Les critères de qualité pour ce paramètre sont de 200 UFC par 100 ml d'eau pour la baignade, et de 1000 UFC / 100 ml pour les activités dites de contacts indirects, comme la pêche. La présence de coliformes fécaux est surtout celle associée à l'épandage de fumier et aux installations septiques non conformes ou mal entretenues est démontrée.

***PARTIE III : LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET QUALITE
DES EAUX SOUTERRAINES***

PARTIE III : Chapitre 6

Contexte géologique et hydrogéologique

1. Géologie régionale

Les grands traits géologiques de la région ont été tirés surtout des travaux de P.P. Bouillin, 1977. En effet, notre terrain d'étude se situe dans l'ensemble géologique de l'Atlas tellien oriental. C'est sous l'impulsion de D. Delgua avec la collaboration de J. F. Raoult, et J. M. Vila que la géologie très complexe de la zone a pu être établie, (étude par la suite réactualisée par des chercheurs tels H. Djellit, 1987. et Y. Mahjoub, 1991).

Ainsi la petite Kabylie est formée de plusieurs ensembles géologiques séparés par des contacts anormaux. On y distingue du Nord au Sud (ordre représentatif de la paléogéographie initiale) :

- le socle Kabyle ;
- la chaîne calcaire ;
- les séries des flyschs ;
- les séries telliennes.

Ces séries sont recouvertes localement par les argiles et les grès numidiens, les formations continentales post-nappes et le Pliocène marin. D'autre part le socle Kabyle, la chaîne calcaire, le domaine des flyschs, l'Oligo-Miocène Kabyle et numidien, constituent les zones internes, alors que le domaine tellien et le Miocène post-nappes constituent les zones externes, dans le domaine maghrébin. Et la complexité de cet édifice formé d'un empilement de nappes dont certaines ont été charriées sur une trentaine de kilomètres par des mouvements latéraux dues à plusieurs phases tectoniques. La première étant située au Lutétien, d'où la subdivision des formations en :

- Les unités antérieures au Lutétien ;
- Les unités postérieures au Lutétien ;
- les formations post-nappes.

1.2. Stratigraphie

1.2.1. Unités antérieures au Lutétien

2.2.1.1. Socle Kabylie : série métamorphique

Largement représenté dans la région de Collo, il comporte selon P.P. Bouillin, trois ensembles superposés : deux sont métamorphiques et le dernier sédimentaire.

Ensemble inférieur métamorphique :

Est constitué de Gneiss à biotite et muscovite avec des intercalations de marbre et d'amphibolites ainsi que de leptinites à grenat et disthène, des pyroxénites à grenat ; traduisant un métamorphisme complexe et de toute évidence polyphasé.

Ensemble supérieur métamorphique :

Constitué de phyllades et de schistes datés avec de nombreux quartz d'exsudation à la base, ainsi que de porphyroïdes ocellés blancs ou verdâtres, à litage grossier et à filons de quartz.

Troisième ensemble :

Principalement sédimentaire (ou peu métamorphisé) est constitué à la base de grauwaks, de spilites, d'amphiboles, de schistes et de pélite d'âge Ordovicien-Silurien ; au sommet, des calcaires cristallins et noduleux puis des schistes et pélites gris verdâtres avec des débris de quartz, datés du Dévonien. Par ailleurs le socle Kabyle a été charrié sur les terrains Mésozoïques et Cénozoïques.

1.2.1.2. Chaîne calcaire : série sédimentaire

Étudiée surtout par J.F. Raoult et J.M. Vila, elle comporte trois sous zones et marque par sa physionomie et ces reliefs la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes plus externes au Sud. D'autre par elle est caractérisée surtout par des formations carbonatées ayant un âge allant du Permo-Trias à l'Oligocène. La chaîne calcaire n'affleure pas dans la Kabylie de Collo.

Chaîne calcaire interne

La série est lacuneuse et très souvent condensée, ces calcaires massifs dont la sédimentation ont été interrompus par la phase du Lutétien supérieur. Elle est globalement caractérisée par des formations qui sont :

- des grés au Permo-Trias ;
- des carbonates au Lias inférieur;
- des marno-calcaire du Carixien au Néocomien;
- des calcaires sableux du Paléocène à l'Yprésien;
- des carbonates au Lutétien supérieur.

Chaîne calcaire médiane

Ses formations ont comme caractéristique originale la présence de calcaire à micro faune pélagique du Crétacé supérieur. Au Lutécien. A la différence de la chaîne interne, elle ne présente pas de calcaire massif. Elle est constituée par les formations suivantes :

- des argiles, des pélites et des grés au Permo-Trias;
- des calcaires fin ou graveleux au Muschelkolk;
- des calcaires blancs au Lias inférieur;
- des marno-calcaires rouges et des marnes jaunes du Lias moyen au Barrémien;
- des calcaires fins et des marnes au Crétacé moyen et supérieur on a;
- des marnes argileuses au Nummulitique.

Chaîne calcaire externe

Elle a pour caractère original une forte épaisseur de calcaire massif, et constituée par les formations suivantes :

- des argiles, des pélites et des grés au permo-Trias;

- des dolomies bréchiques au Trias supérieur;
- des calcaires massifs au Lias inférieur;
- des calcaires à silex au Lias moyen;
- des conglomérats à la base et des marnes au sommet au Paléocène.

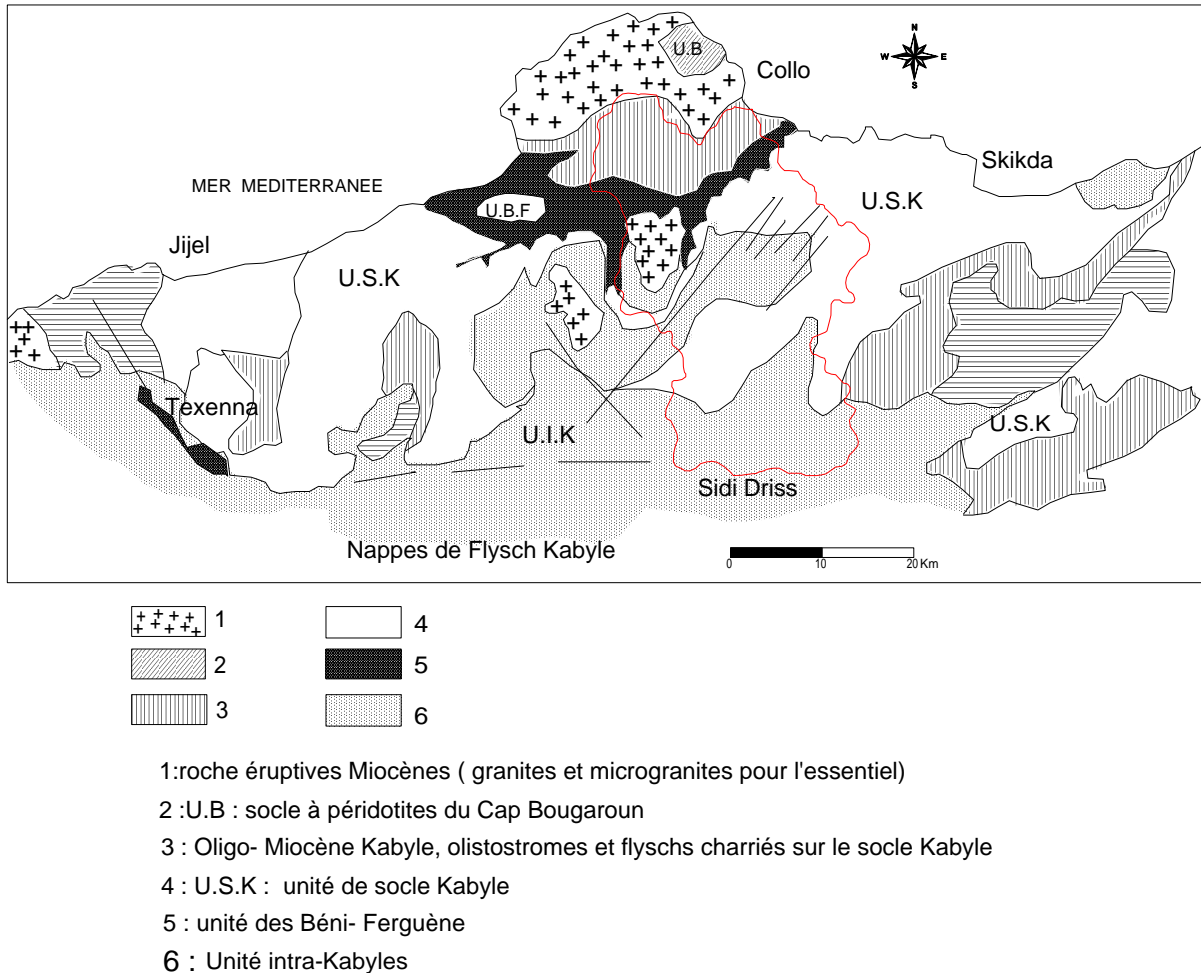


Figure 6.1. Situation du massif de petite Kabylie dans le domaine interne maghrébin
(D'après Y. Mahjoub, 1991).

1.2.1.3. Séries de flyschs Kabyles

Les flyschs sont caractérisés par des formations abyssales mises en place par des courants de turbidités. Ce sont essentiellement des terrains d'âge allant du Crétacé à l'Eocène, et parmi lesquels on reconnaît trois types principaux : flysch Maurétanien, flysch Massylien et flysch numidien.

Flysch Mauritanien

D'âge Néocomien - Lutétien, il existe en continuité avec la chaîne calcaire externe, jusqu'à présent il est difficile d'établir une nette coupure entre ce dernier et la zone externe. Il est

observable sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss, riche de grès Albo -Aptien qui diminue, et laisse la place au bassin de Sidi Mezghiche, creusé essentiellement dans les roches tendres ceci se traduit directement sur le paysage. La série est caractérisée par l'alternance des bancs argileux, calcaires et gréseux. Sur le plan lithostratigraphique, l'élément principal de ces flyschs est la diminution de l'importance des grès Albo-Aptien depuis la série mauritanienne vers la série de Ziane. Il est constitué par les formations suivantes :

- bancs de radiolarites et de calcaires fins au Dogger;
- marnes et des calcaires au Néocomien et Barrémien;
- grès à l'Aptien et l'Albien;
- argiles verdâtres ou des marnes et des calcaires à l'Albien supérieur;
- calcaires bréchiques alternat avec des marnes claires au Cénomaniens;
- calcaires gris à quartz au Sénonien et au Turonien;
- calcaires sableux au Paléocène;
- marnes et des argiles rouges au Lutétien et à l'Yprésien.

Flysch Massilien

La série s'étend essentiellement sur le versant Nord du Djebel Sidi Dris et au col du Kantour, elle présente une part importante de marnes et d'argiles ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissement et de ravinement. Il comporte :

- un flysch Albo-Aptien constitué d'argiles et de grès en bancs minces ;
- un Vraconien-Turonien constitué de niveaux à phtanites ou abréches, à la base ; surmontés par des calcaires fins et jaunâtres puis par des calcaires micros bréchiques et tout au sommet on a des calcaires fins noirâtres ;
- au Turonien supérieur et un Sénonien constitué de flysch à micro brèches.

Flysch numidien

Il existe à Sidi Mezghich où le phénomène de glissement et de ravinement est spectaculaire, nous rencontrons des alternances des roches dures et roches tendres.

1.2.1.4. Séries telliennes

Elles ont été étudiées par plusieurs géologues ; ces derniers ont pu définir plusieurs séries telliennes. Paléo géographiquement, du Nord au Sud, on distingue :

Séries ultra telliennes

Définies en 1969 par D. Delgua, elles se caractérisent par un faciès essentiellement marneux clair avec quelques bancs de calcaire et ayant un âge allant de l'Albien au Lutétien, ce qui donne des reliefs en général mous.

Les séries telliennes (sens strict)

Ces séries vont du Trias au Lutétien et présentent des variations de faciès dans le temps. A un Lias de plate forme succédé un Jurassique plus marneux. Le Crétacé, d'abord détritique devient marneux à argilo-calcaire. L'Eocène se caractérise par des marnes épaisses avec le classique faciès des calcaires l'Yprésien.

Les séries péni- telliennes

Elles sont définies dans le Djebel Zouaoui (A. Marre et al 1977), elles affleurent toujours au sud du Tell oriental Algérien. Leur faciès très carbonaté les a fait confondre pendant longtemps avec les séries néritiques constantinoises.

1.2.2. Unités stratigraphiques postérieures Lutétien

A partir du Priabonien une succession de phases tectoniques modifient la paléogéographie donnant trois types de séries:

Séries antérieures à la phase Miocène

Elles sont caractérisées par :

- les formations priaboniennes à blocs ;
- Les formations de Nummulitique II: étudiées par J.F Raoult, 1977. Constituées par un flysch à dominante grés-micacé avec localement des débris de socle et d'âge allant de la fin du Lutétien à l'Oligocène inférieur ;
- Les formations Oligo-Miocène kabyle : elles constituent la couverture sédimentaire discordante et transgressive du socle kabyle et comporte : des conglomérats à la base, des grès micacés et des argiles à débris du socle kabyle, et des silexites et des argiles à débris de calcaires et de grès d'âge Crétacé ou Eocène au sommet.
- Les séries argilo gréseuses numidiennes : relativement peu étendues dans la Kabylie de Collo, marquées à ses bases par des argiles vari colores et un sommet daté de l'Oligocène supérieur. en grande Kabylie, ensuite viennent des gros bancs de grès et enfin des formations Supra numidiennes (marnes et silexites) atteignant le Burdigalien basal.

Formations poste nappe

Elles sont caractérisées par le Miocène marin post-nappes de la kabyle de Collo, comportent deux cycles :

- le premier cycle est constitué de marnes grises ou bleues du Burdigalien supérieur (affleurant surtout au Nord de la plaine de Collo, d'une épaisseur de 200 à 300m.
- le deuxième cycle est constitué de grès calcaires présentant des traces anciennes de karstification.

Roches éruptives Miocènes

Dans la Kabylie de Collo se développent de larges affleurements des roches éruptives. Les granites sont visibles dans les massifs du cap Bougaroun et Béni Toufout, ces affleurements ont généralement une morphologie particulière, ceux des dômes plus ou moins nets ayant environ 1 km de diamètre. Enfin, on doit signaler la présence de rhyolite qui apparaît soit en filons soit en massifs effusifs, c'est le cas au Kef Chraia (Nord-Ouest de Collo).

1.3. Tectonique et paléogéographie

Les structures complexes observées au niveau de la petite kabyle sont le fait d'une longue histoire géologique ou l'on distingue essentiellement trois étapes :

- une longue période de sédimentation ;
- les phases tectoniques majeures (atlasiques et alpine) ;
- la sédimentation et les mouvements tectoniques post-nappes.

1.3.1. Période de sédimentation du Secondaire au Tertiaire

Durant cette période, plusieurs domaines paléogéographiques ont été établis : ainsi du Nord au Sud ont été distingués : le domaine kabyle ; la chaîne calcaire ; le sillon des flyschs (mauritanien et Massylien) ; et le domaine tellien (constitué des séries ultra-telliennes, épi-telliennes et pénitelliennes).

1.3.2. Phases tectoniques majeures

1.3.2.1. Phase Atlasique

C'est une phase de tectonique tangentielle qui s'est produite à la fin du Lutétien avec un charriage de la chaîne calcaire interne et médiane sur la chaîne calcaire externe ; et la superposition du socle kabyle sur les séries des flyschs et les séries telliennes.

1.3.2.2. Phase alpine

Au Burdigalien, la sédimentation numidienne se développe sur le flysch Massylien, lui-même charrié sur les unités telliennes et le socle kabyle émergé depuis le Priabonien est à nouveau recouvert par la mer où se dépose l'Oligo-Miocène kabyle. Entre ces deux régions, le domaine où s'est sédimenté le Nummulitique II s'est soulevé en bourrelet. A l'Aquitaniens, le flysch Maurétanien est charrié sur le flysch Massylien, la nappe néréitique est charriées vers le Sud ; tandis que les séries numidiennes disloquées ont été charriées vers le Nord en position supra kabyle et vers le Sud sur les séries telliennes. Selon J.M.Villa, cette phase tectonique a fortement déformé les structures atlasiques en créant de nouvelles nappes dont l'ampleur est due à un raccourcissement de 200km.

1.3.3. Mouvements tectoniques post-nappes

Le tectonique tangentielle qui a provoqué l'émersion du bourrelet de la série numidienne, qui va dans la petite Kabylie isolée, au Sud un domaine à sédimentation continentale et au Nord un domaine à sédimentation marine. On assiste ainsi à une tectonique en distension attestée par des coulées de laves et la mise en place de roches éruptives dans la région de Collo. Ces mouvements verticaux continuent de jouer durant le Quaternaire.

1.4. Géologie de la plaine de Collo

D'après les études effectuées par la mission soviétique ; La structure géologique de la plaine de Collo est relativement simple, la vallée (d'origine tectonique datant du Pliocène) est taillée dans un massif de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss du socle kabyle) au pied duquel est bâtie la ville de Collo. Sur ce socle, des sédiments marins presque entièrement argileux se sont déposés, il s'agit du :

-**Miocène** : constitué d'une alternance de marnes et des grés. A cette époque se mettent en place des granites intrusifs tels que le granite de Collo.

-**Pliocène** : Constitué de marnes bleues, affecté par des failles le mettant en contacte directe avec les séries métamorphiques, ainsi que les calcaires à algues visibles au niveau de Koudiet Zraikya. Ces marnes du Miocène et Pliocène formant le substratum imperméable de la plaine alluviale, percées de quelques poitements des roches métamorphiques.

-**Quaternaire** : du Sud au Nord, le remplissage alluvial présente 2 faciès distincts :

Au Sud de Koudiet Telezza (191m) : Alluvions peu épaisse, essentiellement limoneux, peu perméables à l'exception d'une zone peu étendue en rive gauche de l'Oued Guebli ;

Au Nord de Koudiet Telezza : Epaissement du remplissage (15 à 25 m) formé de sables et graviers.

La partie étendue au Sud-Ouest de la plaine à Rhédir Mokhène est constituée par de matériaux fortement argileux, ils sont exempts de calcaires et des roches allochtones mais ne constituent pas un aquifère important du fait de leur perméabilité très faible. Il est à noter que les roches métamorphiques environnant, présentent une fissuration qui peut être d'origine tectonique ou d'altération surtout au niveau de la partie Sud du secteur, où la profondeur d'altération dans les fissures tectoniques remplies de quartz et de calcite est de l'ordre de 5 à 20 m et le coefficient de fissuration est de 2 à 6 % avec un coefficient d'infiltration est égale à 10 m /jour (d'après l'étude Russe 1967). L'altération à faible profondeur se manifeste dans la faible ouverture des fissures et le changement de la couleur des terrains en leur donnant près des parois les nuances grises jaunâtres. La figure 6.2 montre les différentes formations de la plaine alluviale de Collo.

1.5. Géologie du site du barrage du Guenitra

1.5.1. Substratum rocheux

La structure principale est orientée du coté droit du site sensiblement ENE-WSW, et comprend :

-En rive gauche, les Gneiss tectonisés et recristallisés en granulites, ils sont en contact par faille ENE avec des Gneiss très micacés à l'amont immédiat de l'évacuateur de crue, de nombreuses failles découpent cet appui.

-Sur le lit moyen, il y a des schistes et quartzo –phyllades plus ou moins feuilletés.

-En rive droite, sous les colluvions, une succession de terrains d'origine détritiques inclinants des conglomérats, argiles consolidés (marnes) bigarrées et grés.

1.5.2. Terrains de couvertures

Sauf en rive gauche, où à droite du site la couverture des terrains meubles est quasi inexistante, le substratum est dissimulé sous une couche d'épaisseur variable de colluvions sur les versants et d'alluvions dans le fond de la vallée. Plusieurs anciens glissements de terrain ont été observés et partiellement écartés, à savoir :

-En rive gauche, à hauteur du pied amont du batardeau. Ce glissement est situé sur des schistes fortement tectonisés du fait d'un accident majeur orienté NS-NNW-SSE.

-En rive droite, dans la partie en amont de la digue et la sortie de la galerie de dérivation. Ces deux glissements sont pelliculaires se n'affectent que les grés et marnes du complexes Oligo-Miocène.

1.6. Géologie du site du barrage du Béni Zid

Selon les travaux de l'institut de projet et de recherches scientifiques(ukrguiprovodkhoz) de URSS, sur la base de données des prospections réalisées en 1968 et en 1972 ainsi que des prospections supplémentaires effectuées in situ en 1985

Au droit du barrage, l'Oued traverse le massif Gneissique et forme un défilé aux bords rapides ou abrupts. Le lit de l'Oued occupe presque tout le lit majeur. La première terrasse au-dessus du lit majeur n'est visible qu'aux droits des méandres, sous forme de bandes étroites dont la largeur ne dépasse pas 15 m. Plus haut se sont des accumulations limoneuses diluviennes épaisses de quelques mètres. Sur les pentes rapides on voit les affleurements de roches éventées de l'ensemble Gneissique présenté par des Gneiss et des granulites Gneissiques, gris et gris-vert, quartzeux feldspathiques, micacés, amygdaloïdes, ocellés ou liteux, durs à faibles. Les roches Gneissiques sont très fissurées. Les fissures sont d'origine tectonique ou dues à l'éventement. Les fissures tectoniques forment un dense réseau de clivage, de para cluse et de diaclase qui disloquent le massif en dalles de 0.1 à 0.2 m ou, plus rare, à 0.4 m. Les fissures d'altération sont développées, en règle générale, au-dessus des fissures tectoniques. Ce n'est qu'en haut de la coupe, sur une épaisseur de 3 à 6 m, elles représentent les séries indépendantes.

En amont, dans le bord droit de la vallée, on observe une faille qui se manifeste par la zone bréchique et les plans de glissement suivant les fissures, l'épaisseur de la zone bréchiques de la faille atteint 0.5m.

En aval, toujours dans le bord droit, un affleurement révèle une brèche tectonique d'une épaisseur apparente de 30 m aux cotes absolues de 50 m et 5.m au pied de la pente.

La terrasse du lit majeur est formée des terrains graveleux très hétérogènes d'après leur composition et leur état, remplis de sables, de limons sableux ou argileux, renfermant des blocs.

1.7. Séismicité

Les conditions de sismicité dans le bassin versant d'Oued Guebli sont défavorables. En effet une grande partie du bassin est concentrée par les VIII ème et IV ème degrés de sismicité selon l'échelle internationale micro sismique, donc l'intensité de l'accélération du bassin est assez destructive à destructive.

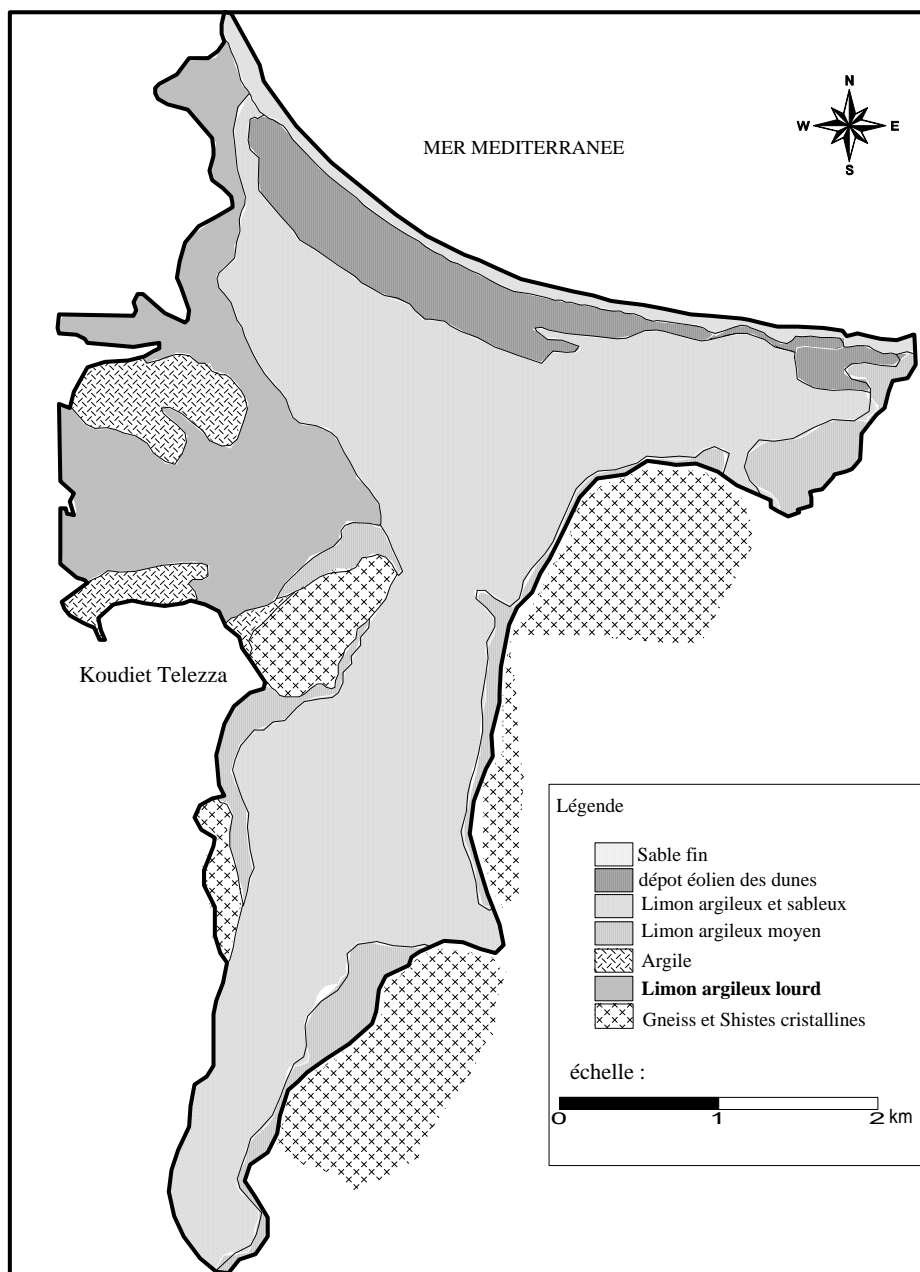


Figure.6.2. Carte géologique de la plaine de Collo (d'après la mission Soviétique 1967)

2. Identification des systèmes aquifères

Pour une meilleure maîtrise de la ressource en eau souterraine dans le bassin versant de l'Oued Guebli, il est nécessaire d'identifier les différents systèmes aquifères rencontrés. Les nappes aquifères présentes sur le bassin sont les suivantes :

- La nappe phréatique de la plaine de Collo.
- La nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous- Bin El Ouiden.

L'importance d'une étude hydrogéologique de ces systèmes aquifères s'impose, afin de nous bien rendre compte des principaux processus, définissant le comportement de l'ensemble du système d'écoulement souterrain dans toutes ses dimensions, et par conséquent parcourir les aquifères, délimiter leurs géométries, leurs modes d'alimentation, évaluer par suite les caractéristiques hydrodynamiques (gradient hydraulique, transmissivité, perméabilité et débits), pour arriver ainsi à tracer les cartes illustrant le réseau d'écoulement propre à chaque nappe.

2.1. Nappe libre de la plaine de Collo

La plaine de Collo, selon l'étude de A. Marre, est un bassin semi-interne où l'Oued Guebli vient se jeter dans la mer méditerranéenne. Elle a une forme quadrilatérale allongée, d'une longueur de 8km et d'une largeur de 5km le long de la mer, avec une superficie voisinant les 18 Km². cette aire est limitée :

- A l'Est par les monts de Tokla
- Au Sud-Est par les villages de Boulgartoum et Kerker
- Au centre Ouest par la zone marécageuse de Loubyer et Ghedir –Boussoufa
- Au Sud par les villages de Sidi Ali Charef
- Au Nord par la mer Méditerranéenne

2.1.2. Etude géomorphologique de la plaine

Se décompose (d'après toujours l'étude de A. Marre) ; en quatre domaines distincts :

2.1.2.1. Bordures

-Au Sud-Est, elle est limitée par un talus rectiligne qui descend en pente régulière et forte depuis la Koudiat Draa Bou Diss, jusqu'à la basse terrasse de l'Oued Guebli et plus au Nord par un escarpement qui se termine au Ras-Frao.

-Au Nord-Ouest, elle est limitée par un autre escarpement de direction Sud-Est ; mais traversé par de petits ruisseaux qui descendent depuis le Cheraia, il se termine sur la basse terrasse, mais se prolonge par une série de buttes ou de glacis qui dominent la basse plaine.

-Au Sud-Ouest, elle se termine par une série de Koudiat plus ou moins importantes qui délimitent bien l'espace dans lequel est installée la plaine de Collo.

En fin, au centre de la plaine, s'élève la Koudiat Telezza, qui domine de tous les côtés la basse plaine de Collo.

2.1.2.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est concentré autour de l'Oued Guebli qui descend depuis le bassin de Tamalous suivant un tracé Sud-Nord pour venir buter contre le Koudiat Telezza, il s'oriente alors vers le Nord-Est après sa confluence avec l'Oued Guergoura ; ce dernier, ainsi que ces affluents les Oued Zadra et Afflassane présentent dans la région des Koudiats un tracé curieux le tour de certains Koudiats en dédaignant des passages plus directes ; ceci s'expliquant par l'existence permanente et le rejet des failles de bordures après le Pliocène.

2.1.2.3. Niveaux Quaternaires

On trouve cinq niveaux Quaternaires dont les plus anciens sont plus dégradés

Haut niveau (niveau V)

Topographiquement, il est représenté des buttes de petites tailles (Koudiat Guendebou et Msalleh) qui dominent les Oueds de 110 mètres environ. Il s'agit d'un matériel colluvial ; l'ensemble repose sur des grés karstifiés et déformés du second cycle marin Miocène post-nappes.

Niveau IV

Il se traduit par une série de replis tout autour de Koudiat Zrikiya et sur le piémont d'Aghbal, ces formes dominent les Oueds de 70 mètres environ.

Niveau III

C'est les restes d'une série de glacis descendant en pente régulière vers le fond de la plaine, ce niveau se trouve au pied des Koudiats El Halia et Zrikiya ; ils dominent les Oueds de 30mètres environ.

Niveau II

On le trouve surtout sur le piémont d'Aghbal à 20mètres environ au dessus de l'Oued Guebli.

Basse terrasse du niveau I

La plaine de Collo proprement dite, de part et d'autre de l'Oued Guebli correspond à la très basse terrasse, au pied des versants de Telezza et Draa Bou Diss, de petits cônes caillouteux viennent se poser sur cette basse terrasse. D'après les analyses granulométriques des dépôts des différents niveaux, on peut conclure que contrairement aux quatre autres niveaux mis en place par l'Oued Guebli, le niveau I a été déposé par la mer.

2.1.2.4. Cordon dunaire du littoral

Il s'étale d'Ouest en Est, incisé par l'Oued Guebli à l'Est ; constitué de sable gris.

2.1.3. Identification des formations hydrogéologiques

Les forages exécutés dans la plaine ont traversés une alternance de sable, de graviers et galets avec passage argileux avant de pénétrer dans les marnes Pliocènes qui constituent le substratum imperméable de la plaine. L'aquifère utile de la plaine de Collo est d'âge Quaternaire de composition hétérogène et d'épaisseur variant entre 5 à 25 m. L'interprétation des données de forages nous a permis de connaître l'épaisseur, et la nature de remplissage alluviale. De part et d'autre du Koudiet Telezza, les alluvions présentent deux faciès distincts :

- Au Sud de Koudiet Telezza, les alluvions sont essentiellement limoneuses (limons, argile sableuse, lacustre, argile marneuse) d'une épaisseur d'environ 18 m, elles s'approfondissent légèrement au pied de Koudiet Telezza.
- Au Nord de Koudiet Telezza, le remplissage est beaucoup plus sableux (sable à grains fins, graviers et galets) et atteint 25 m d'épaisseurs.

2.1.3.1. Interprétation des coupes hydrogéologiques

Coupe hydrogéologique 1-1

Cette coupe est orientée SSW-NNE traversant les deux forages Bénito et Kerkera. Le substratum est surmonté par une couche de graviers et sable ayant une épaisseur variable de 14 à 18 m, cette dernière est recouverte d'une couche limoneuse mince de 4 m aux environs du forage Bénito, qui s'épaissit en allant vers le Sud pour atteindre les 13.5 m. Le niveau piézométrique et proche du sol, il se trouve à une moyenne de 4 m.

A ce niveau la nappe est composée essentiellement de l'argile sableuse, sable et gravier, des limons, et argiles grises. Le sens d'écoulement est de direction SSW-NNE.

Coupe hydrogéologique 2-2

Cette coupe traverse la nappe dans la direction NW-SE recoupe l'Oued Guebli et Cherka et un certains nombres de forages (Ain Aghbel "FB", Collo Safor "Fs", Collo GR1). On constate que l'épaisseur des alluvions, (sable, graviers, et une couche mince de limon) atteint les 23 m au Sud-Est et diminue en allant vers le Nord-Ouest. Le substratum est toujours constitué par les marnes et argile Mio-Pliocène, on remarque bien que le niveau piézométrique dans la nappe du moins dans cette partie est toujours proche du niveau zéro de la mer. A ce niveau la nappe est formée par des limons, sables et graviers, des marnes et des argiles sableuses.

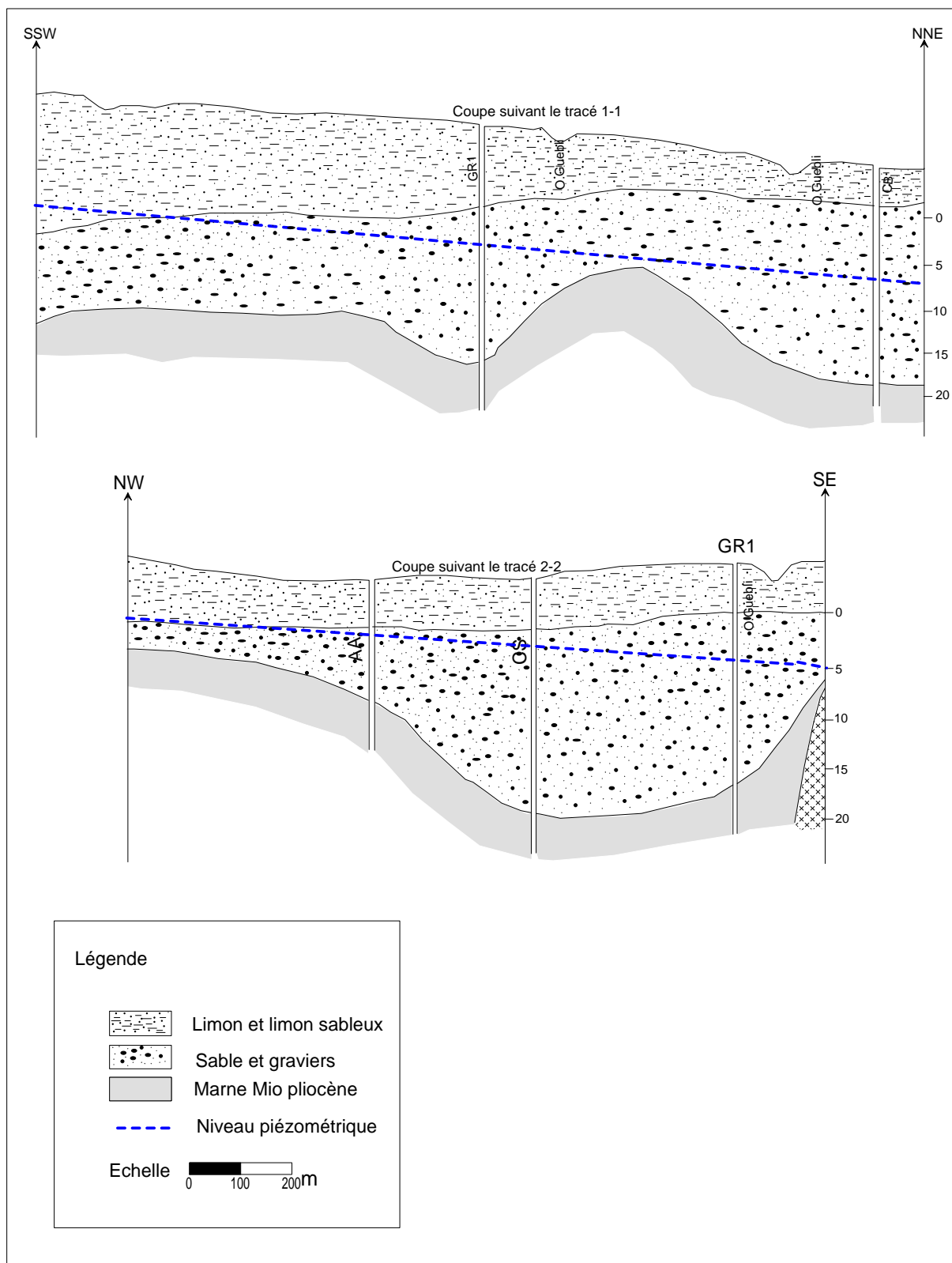


Figure.6.3. Coupe hydrogéologique complétée par la géophysique d'après (C.G.G.1965).

2.1.4. Cartographie de la nappe de Collo

La cartographie de la nappe de Collo a pour but de représenter sa configuration, sa structure et de schématiser les fonctions du réservoir et son comportement hydrodynamique.

La synthèse et l'interpolation spatiale des données sur les paramètres du réservoir, sont présentées par des cartes structurales. Celles des niveaux piézométriques et des conditions aux limites par les cartes piézométriques. Elles schématisent les fonctions capacitatives et conductrices du réservoir et le comportement hydrodynamique de la nappe.

2.1.4.1. Cartes structurales de la nappe de Collo

Les cartes structurales de la nappe de Collo représentent sa configuration et sa structure. Elles sont établies par synthèse des données sur la géologie, les conditions aux limites et les paramètres physiques et hydrodynamiques de la nappe. Ces cartes permettent de déterminer les dimensions et le volume de l'aquifère. L'interpolation spatiale des données ponctuelles est figurée par trois types de cartes en courbes d'isovaleurs :

- Carte en courbes isohypses ou d'égale altitude (Fig.6.4), figurant la morphologie de la surface de la nappe, au même titre que les cartes topographiques en courbes de niveau, représentent la surface du sol ;
- Carte de la surface du substratum établie en courbes isobathes d'après les données ponctuelles de l'étude géophysique de CGG 1970. La carte du substratum (Fig.6.5), base du calcul des courbes isopaches, donne également la profondeur maximum des puits et sondages ;
- Cartes isopaches ou d'égale épaisseur de la couche saturée de la nappe libre de Collo, base du calcul du volume du réservoir.

2.1.4.2. Cartes piézométriques

Inventaire des puits et forages

Les forages existant dans la plaine de Collo totalisent 9 dont cinq forages ont été arrêté surtout le long de l'Oued Guebli, parmi lesquels trois sont abandonnés, le reste est destiné soit à l'exploitation de l'A.E.P soit à l'exploitation industrielle. Et plus d'une soixantaine de puits se trouvent dans la plaine de Collo exploitant la nappe pour l'alimentation en eau potable d'une part et d'autre part pour l'irrigation des terres cultivées. Deux cartes piézométriques ont été réalisées pendant la période des bases eaux (Octobre 2014) et la période des hautes eaux (Avril 2014) permettent de déterminer le sens d'écoulement, les principales zones de circulation des eaux souterraines et l'alimentation de la nappe qui interviendra dans les calculs du bilan de la nappe.

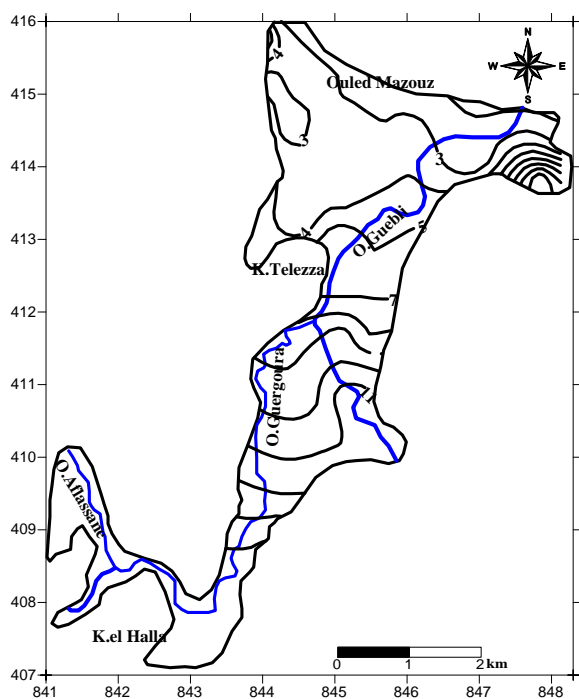


Figure 6.4. Carte en courbes d'égale altitude de la plaine de Collo.

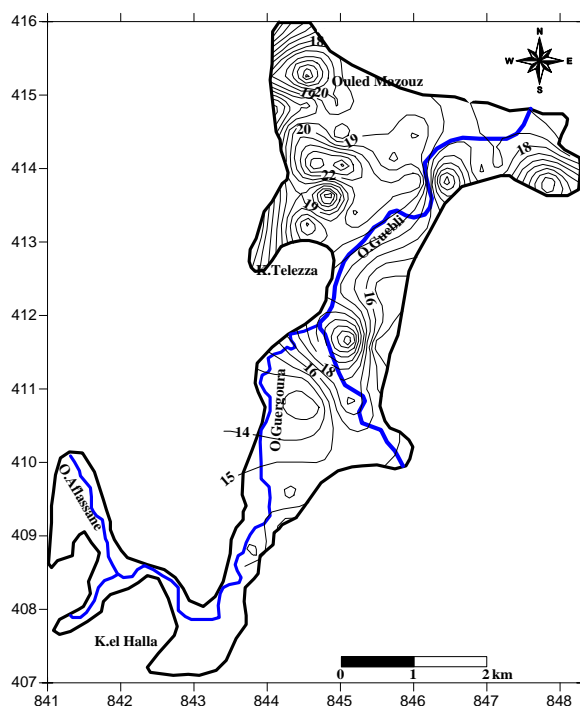


Figure.6.5. Carte en courbes isobathes de substratum de la nappe de Colo.

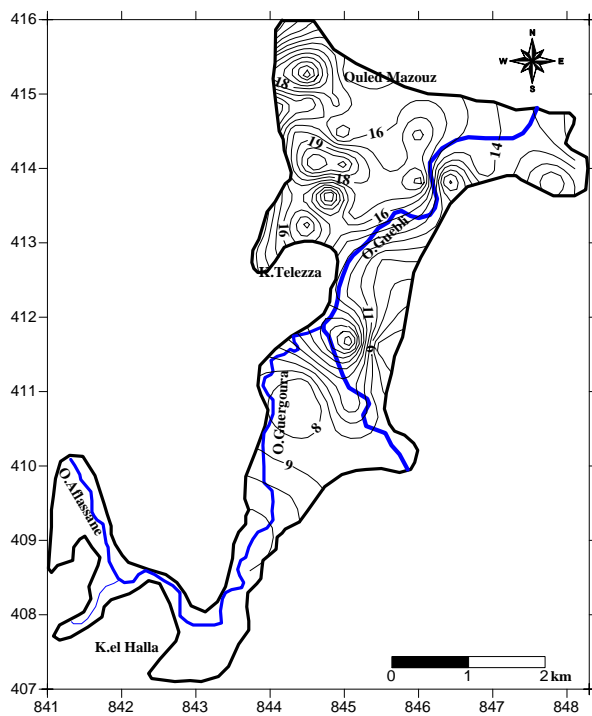


Figure.6.6. Carte isopache ou d'égale épaisseur de la couche saturé de la nappe libre de Collo (Octobre 2014).

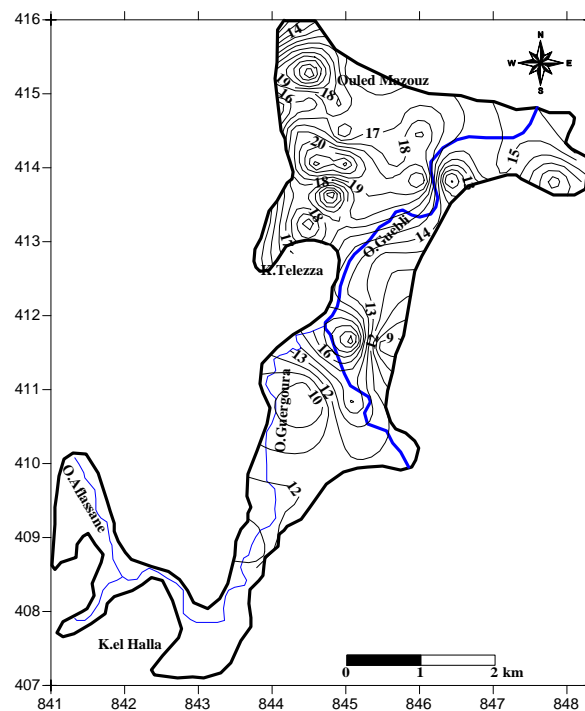


Figure.6.7. Carte isopache ou d'égale épaisseur de la couche saturé de la nappe libre de Collo (Avril 2014).

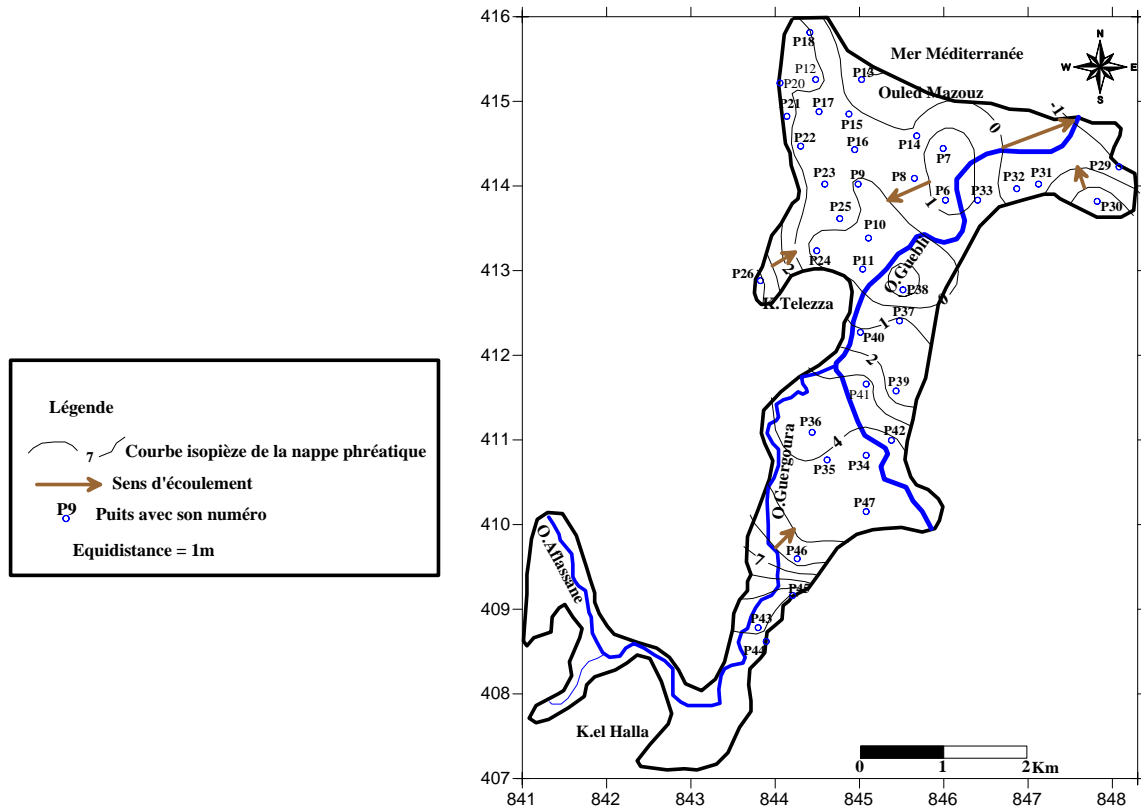


Figure.6.8. Carte piézométrique de la nappe de Collo (Octobre 2014).

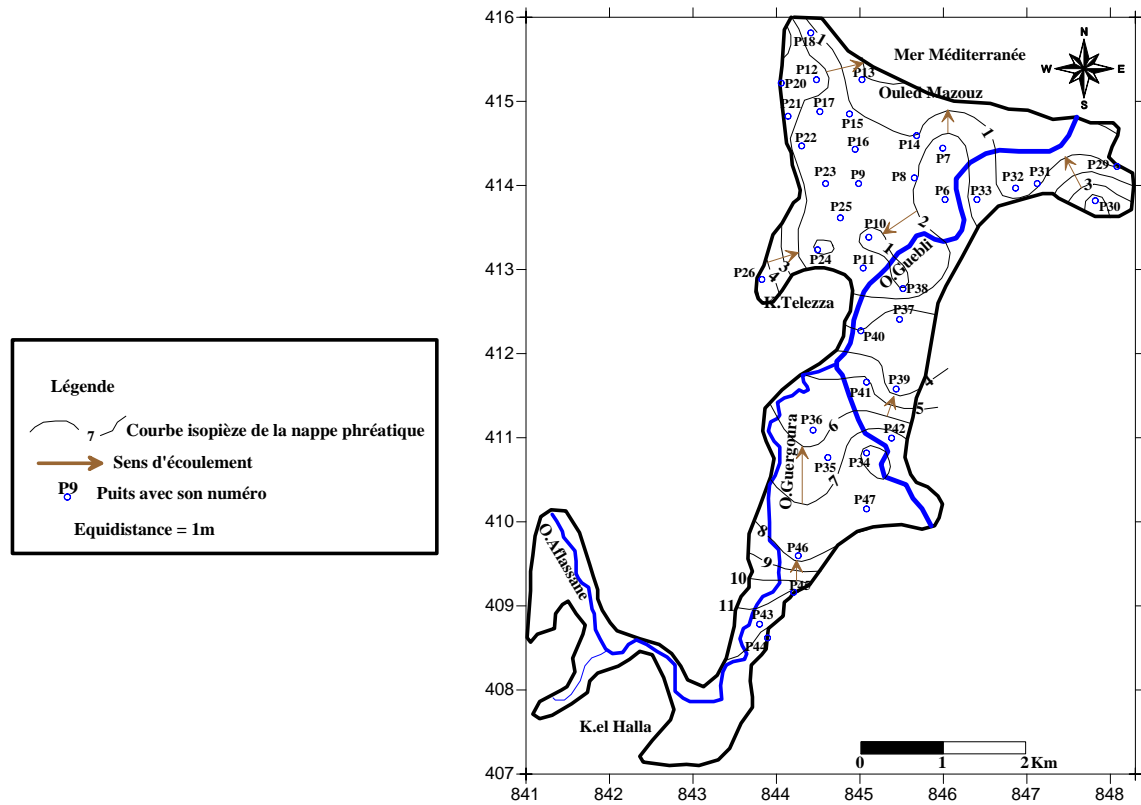


Figure.6.9. Carte piézométriques de la nappe de Collo (Avril 2014).

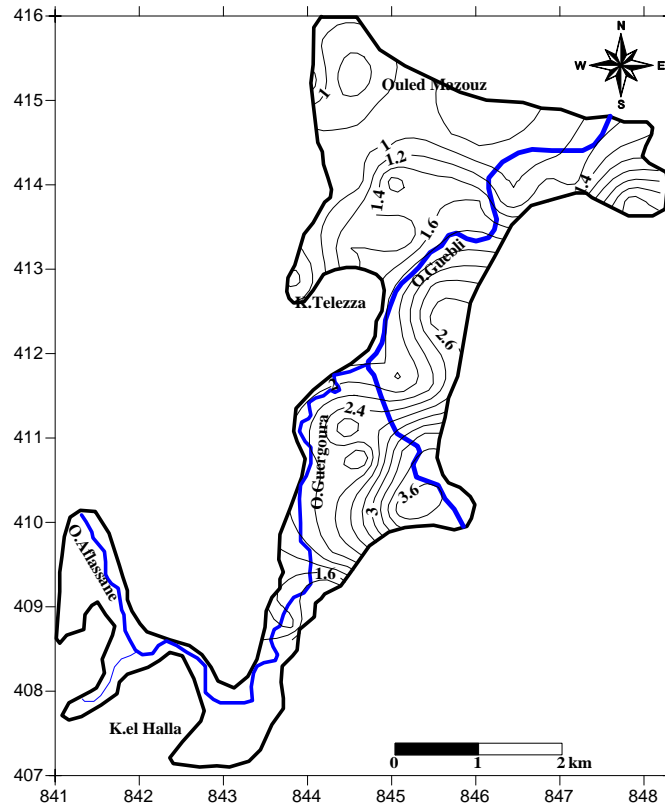


Figure.6.10. Carte en courbes d'égale hauteur de fluctuation annuelle de la surface piézométrique de la nappe libre de Collo

Interprétation de la carte piézométrique

Le secteur Ouest : le sens de l'écoulement est du Nord vers le Sud, les courbes hydro-isohypses sont relativement rapprochées avec une concavité orientée vers l'Est. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 6.10^{-3} .

Le secteur Est : le sens de l'écoulement est de Sud vers le Nord, les courbes hydro-isohypses sont parfois espacées avec une concavité orientée vers le Nord. Le gradient hydraulique est de l'ordre de $1,8.10^{-3}$.

Carte de fluctuation de la surface piézométrique de la nappe libre de Collo

La détermination des paramètres des fluctuations de la surface piézométrique, permet de dresser trois grands types de cartes :

- carte de la surface piézométrique minimale annuelle, relative à l'année hydrologique 2014 ou carte d'étiage de la nappe (Fig.6.8) ;
- carte de la surface piézométrique maximale annuelle portant sur la même année hydrologique (Fig.6.9) ;
- carte en courbes d'égale hauteur de fluctuation annuelle (Fig.6.10). Elle est parfois appelée la carte d'égale recharge car, en régime naturel, elle représente l'alimentation de la nappe ou recharge.

2.1.4.3. Cartographie des paramètres hydrodynamiques

A la lumière des essais de pompage en plus des données des forages anciens et récents effectuées dans la plaine de Collo, on pu tracer la carte de transmissivité et celle de perméabilité.

Répartition spatiale des transmissivité

L'examen de la carte de transmissivité (Fig.6.11) montre l'existence d'une zone de forte transmissivité de valeurs comprises entre ($5,3 \cdot 10^{-2}$ et $10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) se localisant en rive gauche de l'Oued Guebli au Nord-Est de Koudiat Telezza. Il s'agit de la zone reconnue par la géophysique C.G.G. (1965), et comportant la majorité des forages reconnus productifs, ceci coïncide avec la présence de fortes épaisseurs de formations graveleuses et sableuses. En s'éloignant de cette zone, la transmissivité diminue progressivement pour obtenir des valeurs très faibles ($10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$), au Sud correspondant à des formations marécageuses et limoneuses. Les coefficients d'emmagasinement varient entre 4 % et 26 % (N. Chabour 2004).

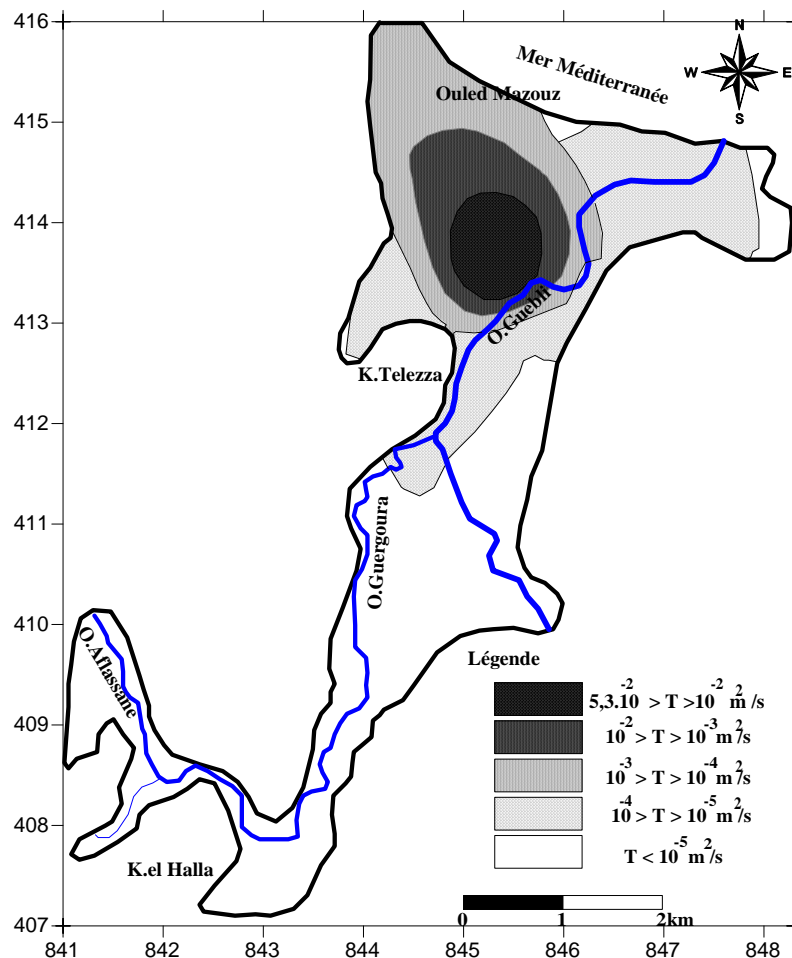


Figure.6.11. Carte des transmissivités de la nappe de Collo.

Répartition spatiale des perméabilités

L'étude de la carte de perméabilité représentée en (Fig.6.12) fait ressortir une zone plus étendue que celle de la carte de transmissivité se manifestant par de fortes valeurs de perméabilité variant de $2,6 \cdot 10^{-3}$ à $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. Les faibles valeurs de perméabilité sont remarquées au Sud de la plaine ($K < 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$). Tenant compte des résultats obtenus, il paraît que cette variation latérale de perméabilité est due au changement de la granulométrie définissant la nappe.

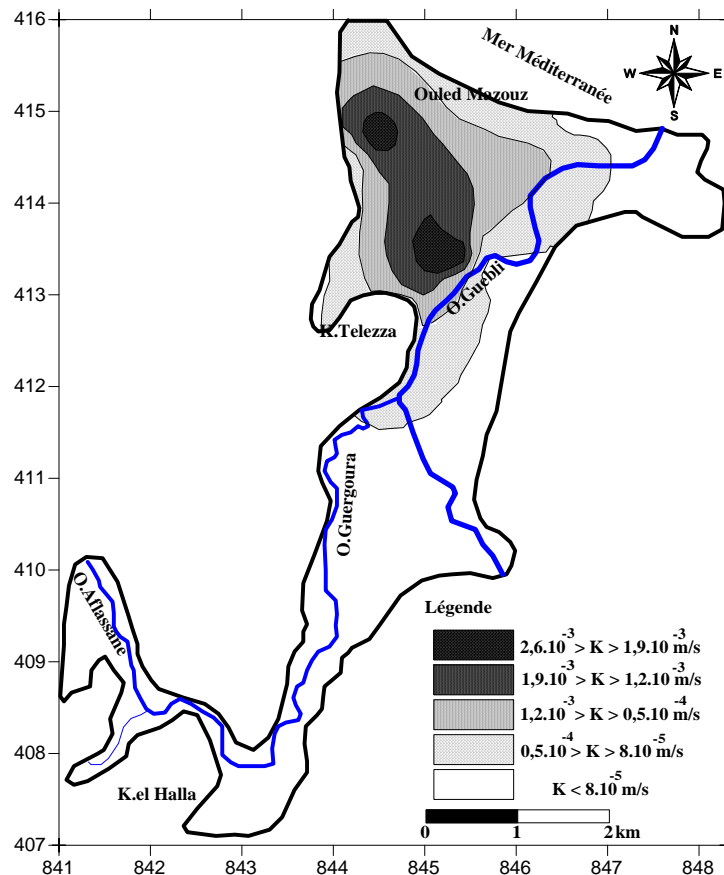


Figure.6.12. Carte des perméabilités de la nappe de Collo.

2.1.4.4. Evaluation de la réserve en eau souterraine de la nappe de Collo

La réserve en eau souterraine, W , est évaluée par le traitement d'un couple de données :

- le volume, V , de la tranche aquifère (réservoir saturé) ;
 - la porosité efficace, n_e , de l'aquifère à nappe libre ($n_e = 20\%$ selon l'étude de CGG 1970). La réserve en eau souterraine est calculer par l'expression : $W = V \cdot n_e$
- Le calcul du volume de la tranche d'aquifère de la nappe de Collo est basé sur l'interprétation par planimétrie des cartes en courbes isopaches par l'expression suivante :

$$V = \sum b_m \cdot A_i$$

La catégorie de réserve en eau souterraine de la nappe de Collo est définie par le volume d'eau gravitaire stocké, pendant l'année hydrologique 2014 dans la tranche d'aquifère délimitée. Trois catégories sont définies : réserve totale, réserve régulatrice et réserve permanente.

Réserve totale de l'aquifère

C'est la quantité d'eau gravitaire, W_T , contenue dans le volume d'aquifère délimité à la base par le substratum et la limite supérieure par la surface piézométrique maximale. La réserve totale de l'aquifère à nappe libre de Collo, obtenue par planimétrie de la carte isopache du réservoir saturé pour Avril 2014 (Fig.6.7). Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau.6.1. Calcul du volume du réservoir saturé de la réserve total de l'aquifère à nappe libre de Collo

Courbes Isopaches en (m)	Puissances moyennes Par tranches en (m)	Surfaces 10^6 m^2	Volumes 10^6 m^3
8-9	8.50	4	34
9-11	10	2	20
11-13	12	1	12
13-15	14	1	14
15-17	16	3	48
17-19	18	2	36
19-21	20	2	40
21-23	22	1	22

La réserve totale, W_T , une porosité efficace moyenne de 20 % est de :

$$W_T = 226.10^6 \text{ m}^3 \cdot 0,2 = 45,2 \text{ hm}^3$$

Réserve régulatrice de l'aquifère

C'est le volume d'eau gravitaire, W_R , contenu dans la zone de fluctuation de la surface piézométrique de l'aquifère .

La réserve régulatrice de l'aquifère à nappe libre de Collo, obtenue par planimétrie de la carte en courbes d'égale hauteur de fluctuation pour l'année hydrologique 2014, (Fig.6.10), est égale à :

$$W_R = 28,68.10^6 \cdot 0.2 = 5,73 \text{ hm}^3$$

Réserve permanente de l'aquifère

C'est la part, W_p , de la réserve totale non renouvelée. Pour l'aquifère à nappe libre elle est limitée, au sommet, par la surface piézométrique minimale.

La réserve permanente de l'aquifère à nappe libre de Collo, obtenue par la même méthode précédente de la carte isopache du réservoir saturé pour Octobre 2014 (Fig.6.6), est égale à :

$$W_p = 197.10^6 \cdot 0,2 = 39,4 \text{ hm}^3$$

2.1.4.5. L'impact des barrages et du pompage sur le fonctionnement de la nappe

Les massifs entourant la plaine participent pleinement à l'alimentation de l'aquifère avec les eaux de ruissellement. La recharge se fait, en grande partie, directement sur la nappe par les précipitations. Ainsi, une très importante alimentation provient des massifs situés à l'Ouest (Fig.6.1) et au Sud-Ouest. Il s'agit ici d'une zone tampon qui restitue toutes les eaux qui ruissellent à partir de tous les massifs situés à l'Ouest de la nappe après leur infiltration sur les bordures de la plaine. Ces bordures Ouest et Sud-Ouest sont formées de terrasses fluviales et de dépôts de cônes de déjection surplombant la plaine (N. Chabour, 2004). La nappe reçoit, en outre, une alimentation latérale à partir de la nappe en gouttière de l'inféro-flux de l'Oued Guebli et son affluent l'Oued Guergoura. En période de crue, ces deux Oueds participent, en outre, pleinement, à l'alimentation de l'aquifère de la plaine de Collo. Le potentiel Annuel moyen est de l'ordre $3 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (A. Haouchine, 2012).

Depuis la réalisation des barrages de Guenitra en 1984 et de Beni Zid en 1993, le manque d'apport dans l'Oued Guebli a provoqué l'abaissement du niveau des eaux souterraines de la nappe de Collo, notamment dans la zone située à l'Est, au pied de Koudiat Telezza. En revanche, la zone située à l'Ouest ne semble pas être influencée et confirme l'importance de l'alimentation par les massifs Ouest. La baisse du niveau d'eau dans les autres zones laisse apparaître un dôme piézométrique quasi permanent dans différentes cartes établies à différentes périodes. A part les grandes périodes de crue, l'Oued Guebli est en équilibre avec la nappe. L'écoulement est très lent en aval et forme une sorte de lac à l'embouchure vers la mer. (N. Chabour 2001)

Le canal de drainage de Cherka prend naissance dans la zone marécageuse de Ghdir Mohkene et se termine par un marigot, ne débouchant sur la mer qu'en période de crue. Dans cette partie, c'est le canal qui draine la nappe. Les bonnes caractéristiques hydrodynamiques confèrent à la nappe une certaine nervosité. Les réponses de la nappe aux entrées sont relativement rapides et régulières. Le suivi du niveau piézométrique en fonction de la pluviométrie, sur un cycle hydrologique et avec un pas de temps de 10 jours, montre une évolution régulière avec les précipitations (UKRGUIPROVODKHOZ, 1966).

Il faut noter cependant que le niveau d'eau dans certains puits peut baisser sous le niveau zéro après la période d'étiage. Ces puits sont généralement situés près des forages d'exploitation et du rivage. Les cônes de dépression piézométriques qui se forment près du rivage provoquent souvent l'inversion du sens d'écoulement des eaux souterraines et sont, pour beaucoup, à l'origine de l'invasion de la nappe par les eaux salées marines. Avant les années 70, la nappe était peu exploitée et donc non influencée.

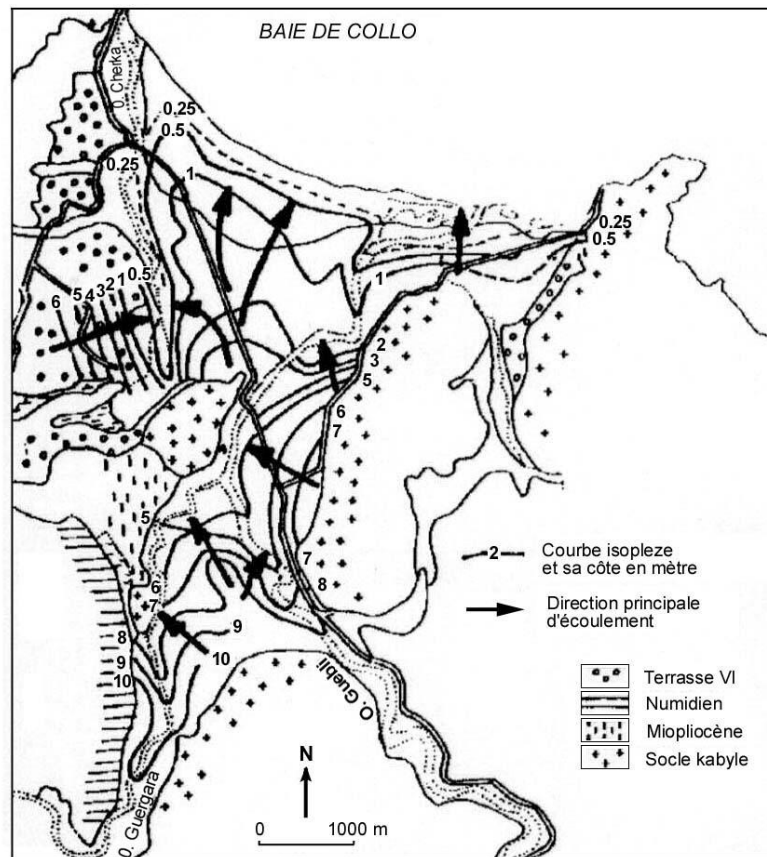


Figure 6.13. Carte piézométrique (Période hautes eaux ; 1965 C.G.G.).

Les cartes piézométriques établies dans les années 60 (Fig.6.13), (cartes établies par la C.G.G. et la mission UKRGUIPROVODKHOZ) montrent un sens d'écoulement orienté vers la mer. Les équipotentiels paraissent, à cette époque, parallèles au rivage avec, cependant, un infléchissement des courbes au niveau du canal de drainage de Cherka.

Les équipotentiels, à cette époque, apparaissent, d'une manière générale, confirmant le drainage de la nappe par ce canal. Les niveaux piézométriques varient de 0.5 m près de la mer à 5 m au niveau de Koudiat Telleza. Avec la multiplication des puits et l'intensification de l'exploitation (cartes récentes 2014), les cartes piézométriques (Fig.6.9) montrent une perturbation dans la répartition piézométrique avec apparition de cônes de dépression et de dômes piézométriques. La dépression située au Sud (Nord-est de Koudiat Telezza) se trouve dans une zone très exploitée (presque la plupart des forages destinés à l'A.E.P. se trouvent dans cette zone). En revanche, au Sud d'Ouled Mazzouz, dans la partie occidentale de la nappe, on observe un dôme piézométrique (niveau atteignant jusqu'à 2 m), avec un écoulement vers le Nord (Ouled Mazzouz) et un autre vers le canal de Cherka. Sur toutes les cartes piézométriques établies dans cette région, que ce soit en période d'étiage ou de crue (H. Hamani 1998), il y a une quasi-persistance d'un dôme piézométrique situé au centre de la plaine, sur la rive droite du canal de Cherka. Ceci confirme bien l'importante alimentation de la nappe à partir des massifs occidentaux.

2.2. Nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.

La plaine de Tamalous -Bin El Ouiden se situe au centre du bassin versant de l'Oued Guebli, d'une superficie d'environ 37 km², elle est limitée au Nord par le village de Demnia, au Sud par le village de Guinguita, à l'Est par l'Oued Guebli et la ville de Tamalous, à l'Ouest par la commune de Ain Kechra. L'examen de la carte du réseau hydrographique montre que la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden est caractérisée par un réseau hydrographique dense. Nous remarquons également l'existence de nombreux cours d'eau temporaire qui prennent naissance au niveau de la plaine de Bin El Ouiden. On note que les affluents de l'Oued Bin El Ouiden, Oued Ouaida, Oued Moroua et Oued Er Kekakeb ont un débit important durant l'hiver.

2.2.1. Identification des formations hydrogéologiques

Les études géologiques, géophysiques et hydrogéologiques effectuées dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden ont montré l'existence des nappes suivantes ; la première nappe se localise dans les formations Quaternaires, la deuxième se trouve dans les formations d'âge Tertiaire et la troisième est représentée par les formations d'âge Secondaire. Pour mieux comprendre la géométrie, le régime d'écoulement et les caractéristiques hydrodynamiques des systèmes aquifères on doit se baser sur les éléments existants c'est-à-dire l'étude géologique et géophysique, les éléments qui nous ont permis d'approfondir les connaissances hydrogéologiques.

6.2.2.1.1. Les horizons aquifères

La nappe de Quaternaire

Elle se localise dans les formations d'âge Quaternaire, elle est constituée par des alluvions, des sables et des graviers, cet ensemble aquifère ne dépasse pas une épaisseur de 50m (Fig.6.14). C'est l'aquifère le plus sollicité du point de vue hydrogéologiques, car la majorité des points d'eau se trouve dans cette nappe. Elle se situe le long et en bordure des Oueds, présente une eau de bonne qualité. On la trouve surtout dans les formations sableuses. On peut remarquer que les points d'eau se situent dans les talwegs et les chaabets à écoulement temporaire à la suite des fortes chutes de pluies. C'est-à-dire que les versants montagneux présentent une limite perméable, qui alimente cette nappe en eaux souterraine.

La nappe de grés numidiens

Elle se trouve dans la zone Nord-Est et Sud-Est de la plaine, elle est limitée au Nord-Est par l'Oued Guebli et au Sud-Est par Ain Tabia. Cet aquifère est constitué essentiellement par des grés numidiens d'une épaisseur de l'ordre de 200 à 300m selon l'étude géophysique. Malgré l'importance de ces formations gréseuses dans l'espace. Son potentielle hydrique reste faible, cette particularité est liée peut être à la nature du ciment de ces grés, de plus, il faut noter que les puits creusés dans ces formations géologiques ont donnés un débit peu important par rapport à la nappe du sables gréseux du Quaternaire, mais la nappe gréseuse montre une eau

de mauvaise qualité qui est destinée seulement à l'alimentation des animaux car elle présente une salinité liée à l'existence des marnes et des argiles salifères d'âge Eocène inférieure.

La nappe d'âge Secondaire

Elle est constituée par des grès quartziques, d'une épaisseur qui varie de 50 à 100 m, cet ensemble aquifère se localise au centre de la plaine. D'après la colonne hydrogéologique (Fig .6.14) cette nappe est probablement captive dans la partie centrale de la plaine.

6.2.2.2. Inventaire des points d'eau

Les forages existant dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden totalisent 7 forages, qui sont répartis le long du lit de l'Oued Guebli, la majorité des forages se situent au niveau de la confluence de l'Oued Ouaida avec l'Oued Guebli. Ces forages sont réalisés dans le but de capter les eaux de la nappe alluviale, ils sont utilisés pour l'alimentation en eau potable.

Les puits sont répartis sur toute la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden, le plus part sont creusés par les habitats, et destinée pour l'alimentation en eau potable. Par contre les puits destinés à l'irrigation se trouvent seulement au niveau des bordures des affluents des Oueds principaux de l'Oued Guebli.

Pofondeur	Etage	coupe lithologique	Nature des terrains	Perméabilité	Importance hydrogéologique
0	Quaternaire		Eboulis, Zone glissés	Perméable	Aquifères très Important
			Alluvions		
75			Sable et graviers		
	Tertiaire		Grés Numidiens	Semi Imperméable	Terrains Non Aquifères
300					
	Secondaire		Argiles	Imperméable	Terrains Non Aquifères
350				Grés Quartzitiques	Semi Imperméable
450	Primaire		Grés micacés	Imperméable	Terrains Non Aquifères
525					

Figure.6.14. Colonne hydrogéologique dans la plaine de Tamalous -Bin el Ouiden
(Source : la société Stroj- export)

6.2.2.3. Carte piézométrique

L'examen de la carte piézométrique, établie en Avril 2014, nous a permis de dégager la configuration zonale suivante :

Zone Nord-Ouest : cette zone se trouve au niveau de Mechtas Zoubia, Louida et Ain Tabia, la cote la plus élevée est de l'ordre de 120 m aux environs de Ain Tabia, tandis que la plus basse est de l'ordre de 87 m à l'Est de Zoubia, le sens d'écoulement des eaux souterraines s'oriente vers la confluence des deux Oueds (Louida et Er Rekakeb). L'allure générale des lignes isopièses au niveau de la rive droite est serrée et se traduit par un gradient hydraulique fort de l'ordre de 0,133. Par contre il devient faible au niveau de la rive gauche de l'ordre de 0,045

Zone Sud-Ouest : dans cette zone l'espacement des courbes piézométriques est rapproché au niveau de Mechtas El Ardja par contre il devient espacé aux environs de Bin El Ouiden, la cote la plus élevée est de l'ordre de 157m.

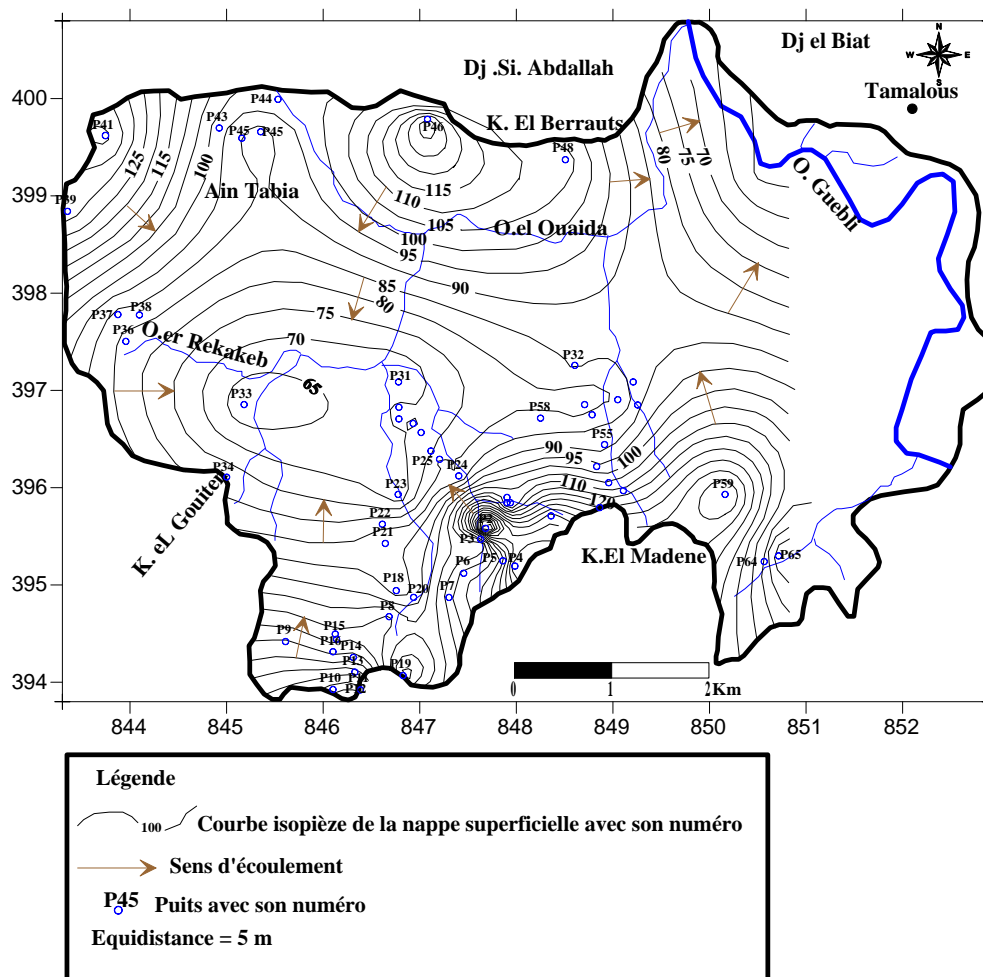


Figure.6.15. Carte piézométrique de la nappe de Tamalous- Bin el Ouiden (avril 2014).

Conclusion

Le bassin versant du Guebli appartient au tell oriental Algérien qui n'est qu'une partie de l'atlas tellien. La géologie de la région est très complexe. En effet, les études menées ont montré que le tell oriental Algérien est constitué par un empilement de nappes ; on a du Nord vers le Sud : le socle Kabyle et la dorsale Kabyle, la série des flyschs (mauritanien, massylien, numidien et ultra tellien), la série des grès numidiens et la nappe néritique du constantinois.

Le bassin du Guebli est limité donc au Sud et Sud- Ouest par des formations purement sédimentaires qui appartiennent au môle néritique Constantinois, et constituées généralement par des formations carbonatées d'âge Crétacé. Quant aux formations cristallophylliennes d'âge Paléozoïque, elles le limitent au Nord et Nord- Est par le socle de péridotite de cap Bougaroun et au Nord-Est par l'unité de socle Kabyle et l'Oligo-Miocène Kabyle. Les formations alluvionnaires côtoient l'Oued du Guebli le long de toute sa trajectoire.

Sur le plan hydrogéologique les nappes aquifères présentées sur le bassin sont les suivantes :

-La nappe phréatique de la plaine de Collo.

Les forages exécutés dans cette plaine ont traversés une alternance de sable, de graviers et galets avec passage argileux avant de pénétrer dans les marnes Pliocènes qui constituent le substratum imperméable de la plaine. L'aquifère utile de la plaine de Collo est d'âge Quaternaire de composition hétérogène et d'épaisseur variant entre 5 à 25 m.

Le sens de l'écoulement dans le secteur Ouest : est de Nord vers le Sud. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 6.10^{-3} . Le secteur Est : le sens de l'écoulement est de Sud vers le Nord, les courbes hydro isohypses sont parfois espacées avec une concavité orienté vers le Nord. Le gradient hydraulique est de l'ordre de $1,8.10^{-3}$. L'étude de la carte de perméabilité fait ressortir une zone plus étendue que celle de la carte de transmissivité se manifestant par de fortes valeurs de perméabilité variant entre de $2,6.10^{-3}$ et $1,9.10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. Les faibles valeurs de perméabilité sont remarquées au Sud de la plaine ($K < 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$). Le potentiel annuel moyen est de l'ordre de $3 \text{ Hm}^3 .\text{an}^{-1}$.

-La nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous- Bin El Ouiden.

Les études effectuées dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden ont montré l'existence des nappes suivantes ; la première nappe se localise dans les formations Quaternaires (alluvions, des sables et des graviers), la deuxième se trouve dans les formations d'âge Tertiaire (grès numidiens avec une épaisseur de l'ordre de 200 à 300m) et la troisième est représentée par les formations d'âge Secondaire (quartziques, avec une épaisseur qui varie entre 50 à 100 m). Les forages existant dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden totalisent 7 forages, ils sont répartis le long du lit de l'Oued Guebli. Ces forages sont réalisés dans le but de capter les eaux de la nappe alluviale, ils sont utilisés pour l'alimentation en eau potable.

Le sens d'écoulement des eaux souterraines s'effectué vers la confluence des deux Oueds (Louida et Er Rekakeb).L'allure générale des lignes isopièses au niveau de la rive droite est serrée qui se traduit par un gradient hydraulique fort de l'ordre de 0,133. Par contre il devient faible au niveau de la rive gauche de l'ordre de 0,045. La zone Sud-Ouest, l'espacement des courbes piézométriques est rapproché.

PARTIE III : Chapitre 7

Qualité des eaux souterraines du bassin versant du Guebli

Introduction

Les systèmes aquifères, notamment ceux à nappes libres, subissent des atteintes graves dans leur qualité. Le phénomène est d'autant plus alarmant pour les systèmes aquifères situés à proximité des centres urbains et vers lesquels affluent naturellement les rejets de ces derniers. Dans le bassin du Guebli, les eaux souterraines ont une composition chimique étroitement liée aux terrains qui les contiennent.

1. Qualité des eaux souterraines de la nappe de Collo

La campagne de prélèvements a été effectuée en saison sèche 2013 (Sep-Oct). Les prélèvements ont concerné aussi bien des puits que des sources et les analyses ont porté sur des paramètres physico-chimiques principaux, des teneurs en éléments majeurs, éléments en traces (métaux lourds) et Les substances indésirables : Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et Ammonium (NH_4^+). Ce suivi a pour objectifs d'améliorer la connaissance de la qualité naturelle des eaux souterraines et d'évaluer leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions anthropiques.

1.1. Localisation des points de prélèvements

L'illustration 7.1 indique les sites prélevés et leur localisation géographique.

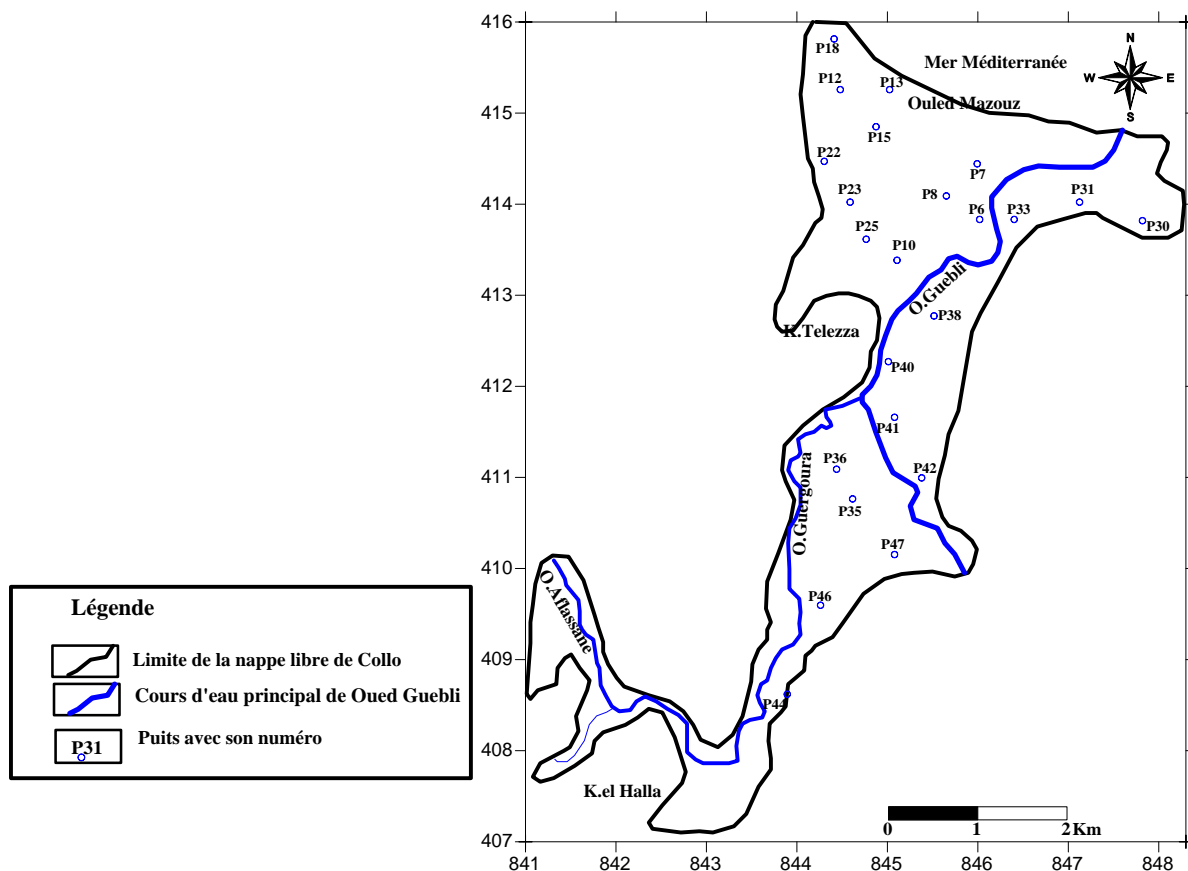


Figure 7.1. Carte de localisation des points d'eau prélevés en saison sèche 2013

1.2. Analyse et interprétation des résultats

La présentation des résultats est ici effectuée dans l'objectif de faciliter leur exploitation ultérieure. L'interprétation ne consiste donc pas en une étude hydrochimique détaillée, mais en une synthèse globale des tendances physico-chimiques qualitatives observées. Des pistes d'interprétation sont fournies afin de guider la détermination de l'origine des éléments retrouvés (origine naturelle ou anthropique). Au total 23 échantillons ont été pris en considération.

1.2.1. Classification des eaux

Afin de voir la fiabilité des analyses chimiques, on a vérifié les résultats obtenus en établissant la balance ionique pour chaque analyse qui n'a pas dépassée 10%. Les plus utilisées sont la classification de Stabler, Stiff et de Piper. Elles permettent une comparaison systématique du chimisme des eaux et classer les eaux analysées selon leur affinité chimique.

Classification de Stabler

Les eaux étudiées ont été classées en cinq (05) faciès chimiques, le chloruré-sodique représentant 56,52%, le chloruré-calcique 13,04%, sulfaté-calcique 13,04%, le chloruré-magnésien 8,69%, et le bicarbonaté-calcique 8,69 %. On note que le faciès chimique dominant est le chloruré-sodique.

Concernant les chlorures, leur provenance géologique peut être due à la dissolution des chlorures de sodium des alluvions salifères rencontrées dans les formations triasiques évaporitiques. La deuxième possibilité, à savoir une provenance des pompages exagérés en bordure de mer n'est pas à exclure. Pour le sodium, sa provenance est argileuse.

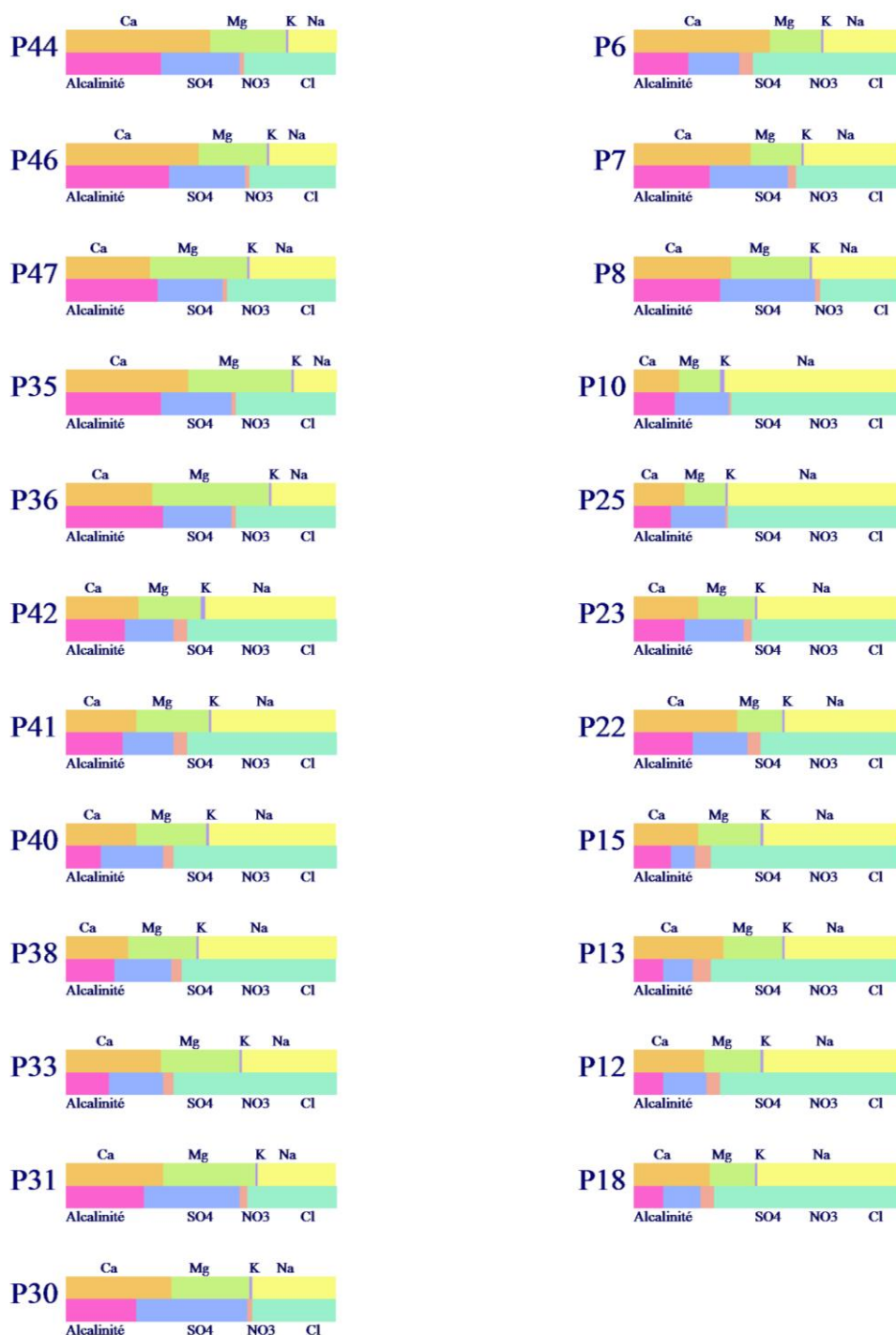


Figure 7.2. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stabler des eaux de la nappe libre de Collo

Diagramme de Stiff

Le diagramme de Stiff donne une interprétation claire sur les faciès chimiques. En plus cette représentation permet un archivage graphique des analyses chimiques. Par ailleurs on aperçoit une forte extension des ions (Cl^-), (SO_4^{2-}) et ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) (Fig.7.3).

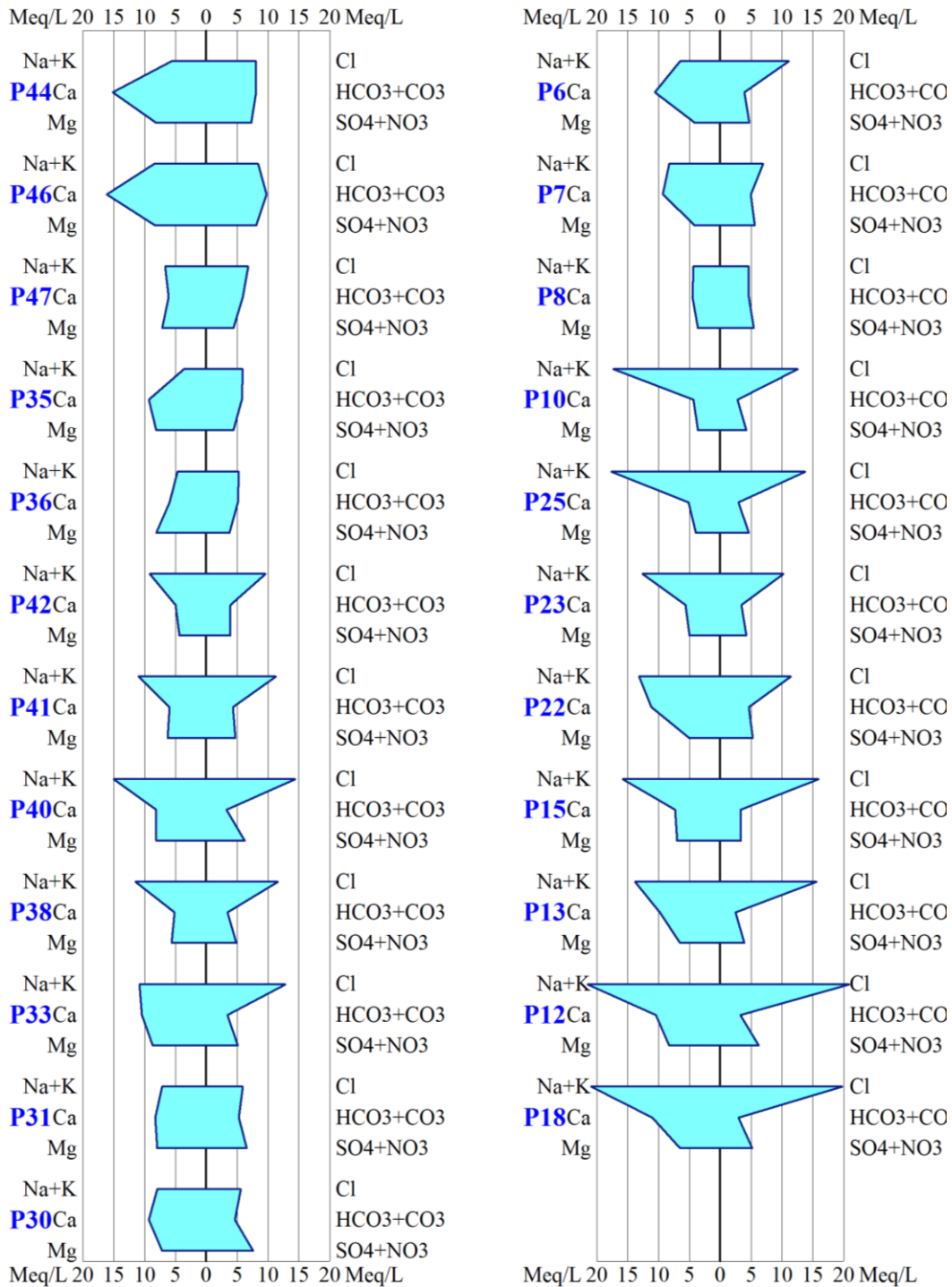


Figure 7.3. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux de la nappe libre de Collo

Diagramme de Piper

La représentation des données physico-chimique sur le diagramme de Piper montre plusieurs faciès chimiques qui dépendent de la nature géologique de la nappe aquifère, des activités agricoles et intrusion marine.

Le diagramme de piper (Fig.7.4) montre que la distribution des points d'eau occupe globalement ; d'une part, au niveau du triangle des cations le pôle sodique et calcique, d'autre part, au niveau du triangle des anions sont réparties entre le pôle chloruré et sulfaté.

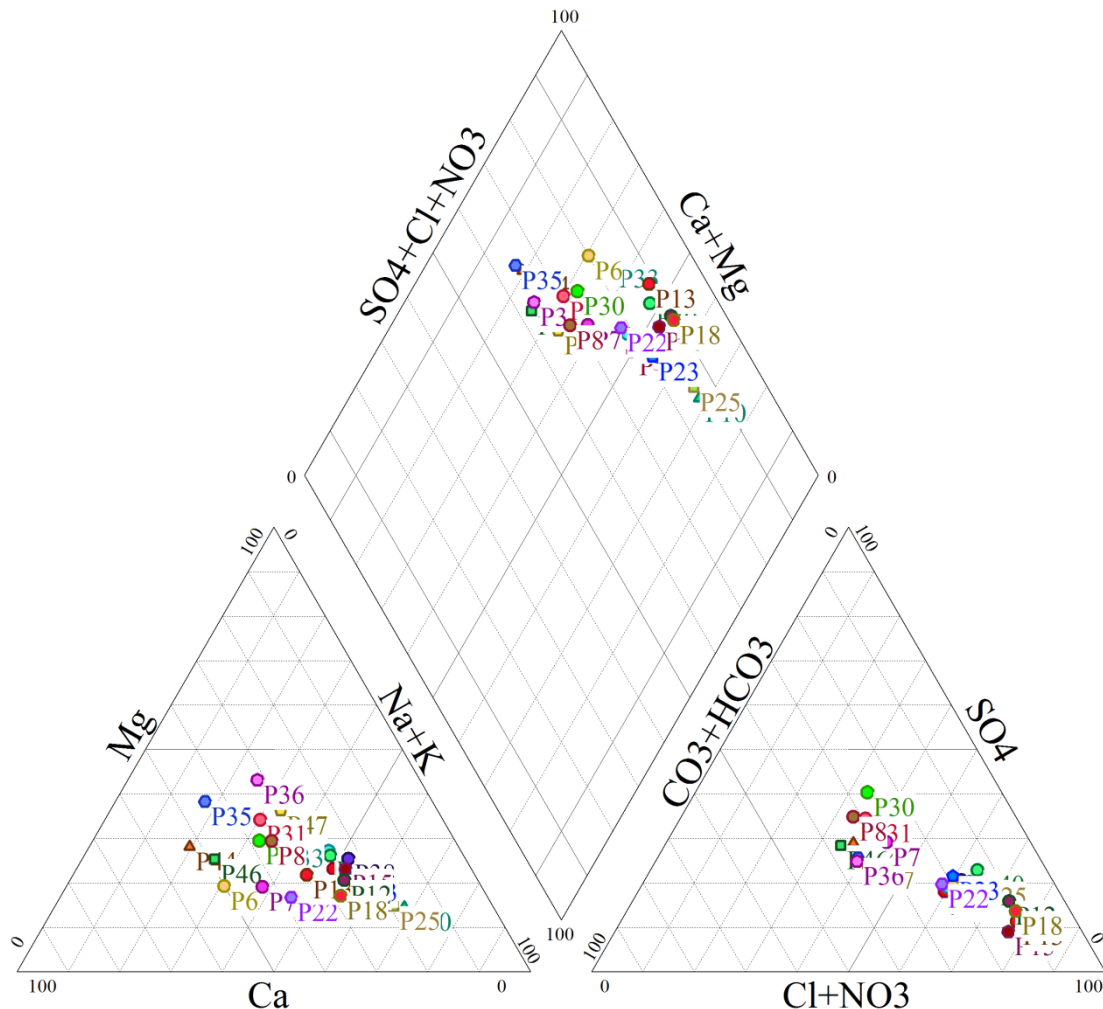


Figure 7.4. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper des eaux de la nappe libre de Collo

1.2.2. Répartition des faciès chimiques

L'ensemble des diagrammes des eaux de la nappe libre de Collo a montré trois familles chimiques (Fig.7.5) :

- une famille chlorurée, la plus dominante représente près de 78% des points d'eau avec une majorité sodique, calcique et magnésienne. Les eaux de cette famille sont des eaux situées au Nord-Est de Koudiat Télézza, la partie sud du canal du drainage de Cherka, ainsi que L'agglomération d'Ouled Mazzouz située près de la mer.
- une famille sulfatée représente près de 13% des eaux de la nappe avec un faciès calcique (P₈, P₃₀, P₃₁).
- une famille bicarbonatée ne représente que 9% des eaux de la nappe de Collo, située dans la partie Sud (P₄₄ et P₄₆)

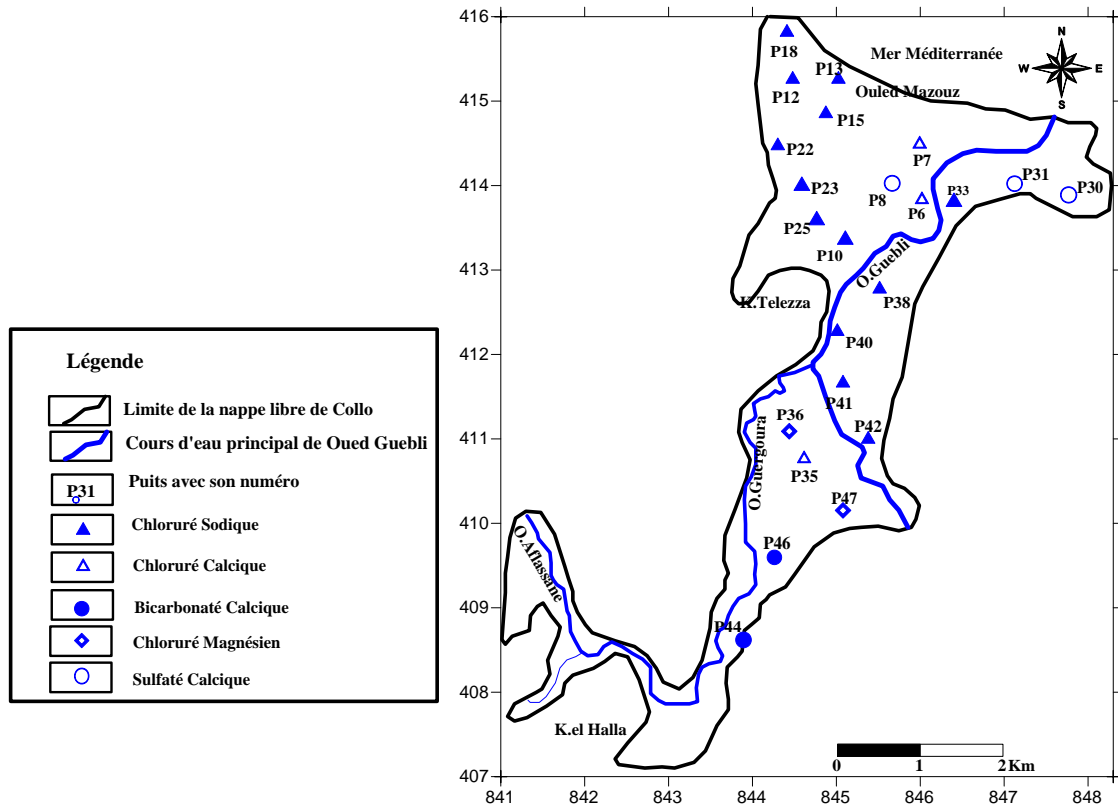


Fig.7.5. Répartition des faciès chimiques dans la plaine de Collo

1.2.3. Normes et qualités des eaux

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses chimiques effectuées, on a procédé les normes OMS (Organisation Mondiale de la Santé) de potabilité pour chacun des paramètres représentés dans les différentes cartes.

Conductivité électrique (CE)

La carte des conductivités électriques établie en 2013 montre des valeurs variant entre 350 et 1395 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Fig 7.6). L'agglomération d'Ouled Mazzouz, ainsi que la partie Sud du canal de drainage de Cherka présente des plages de valeurs comprises entre 700 et 1395 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Ces mêmes valeurs sont rencontrées dans la zone de captage située au Nord-Est de Koudiat Télézza, au niveau de l'Oued Guebli. Dans ce secteur, la minéralisation, relativement importante, provient des eaux souterraines de la nappe de l'inféro-flux de l'Oued Guebli amont. En revanche, dans le secteur d'Ouled Mazzouz, la plage montrant des valeurs excessive, semble être confinée au niveau de l'agglomération urbaine. Le développement des pompages (à proximité du rivage) se traduisant par l'abaissement du niveau piézométrique provoque l'avancée du biseau salé vers l'intérieur des terres. Une couche d'eau salée marine, probablement fossile, provenant d'intrusions dans l'aquifère durant les transgressions marines de la fin du Quaternaire, repose au fond des paléochenaux. Ces intrusions sont mises en évidence par l'étude géophysique réalisée par la C.G.G (N. Chabour 2004), ce qui provoque l'arrêt de pompage dans certains forages destinés à l'A.E.P. Pour le secteur Sud (entre Oued

Guergoura et Oued Guebli) et l'extrême Ouest de la nappe, les teneurs varient entre 350 et 514 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (minéralisation moyenne).

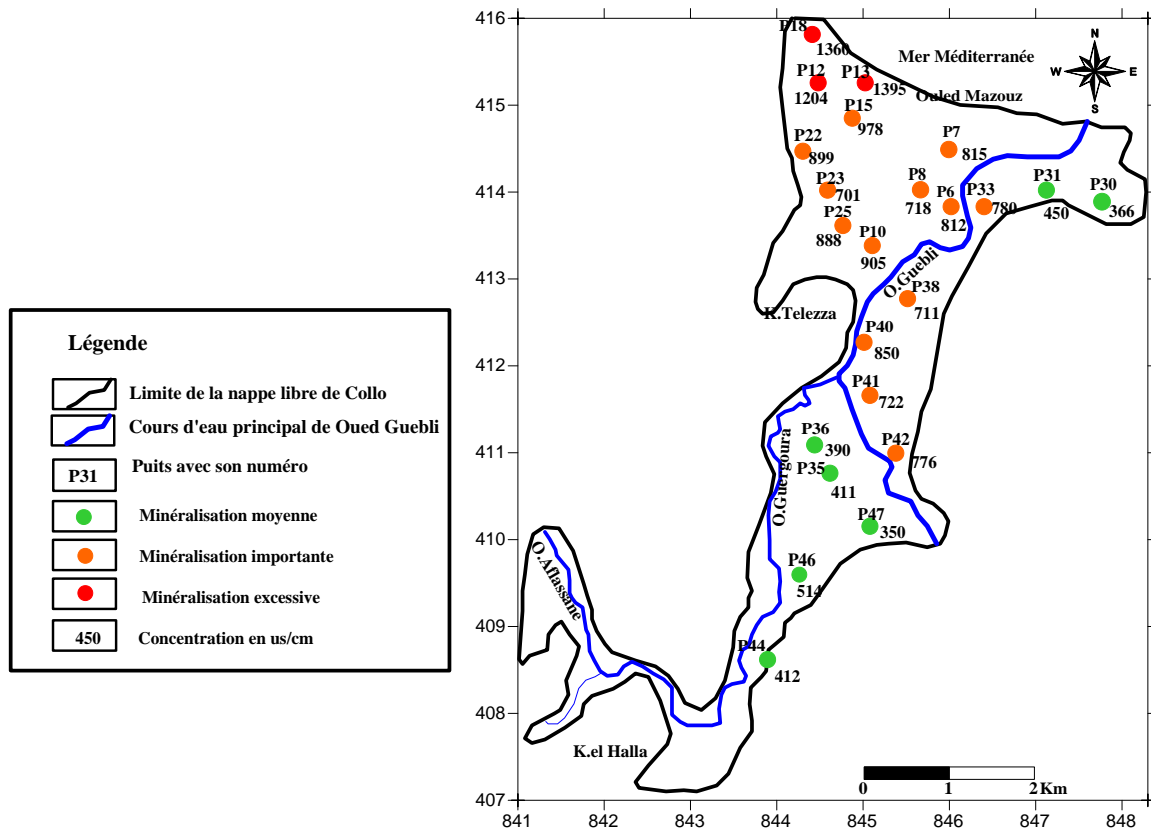


Figure 7.6. Distribution de la qualité des eaux en fonction de la C.E (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Chlorures (Cl)

La carte établie, montre que la majorité des points sont de mauvaises eaux ou la teneur en chlorures est supérieure à 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ et le reste des points (P₈, P₃₀, P₃₆) représentent des eaux bonnes avec des valeurs en chlorures inférieures à 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. La rive droite d'Oued Guebli variant entre 188 à 514 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Dans la rive droite les valeurs dépassent les 640 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Mai 1995), et 360 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Mars 1998). Pour la rive gauche (Ouled Mazzouz, et Nord-Est de Koudiat Télézza), les teneurs varient entre 165 et 745 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. D'une manière générale, les concentrations augmentent du Sud vers le Nord.

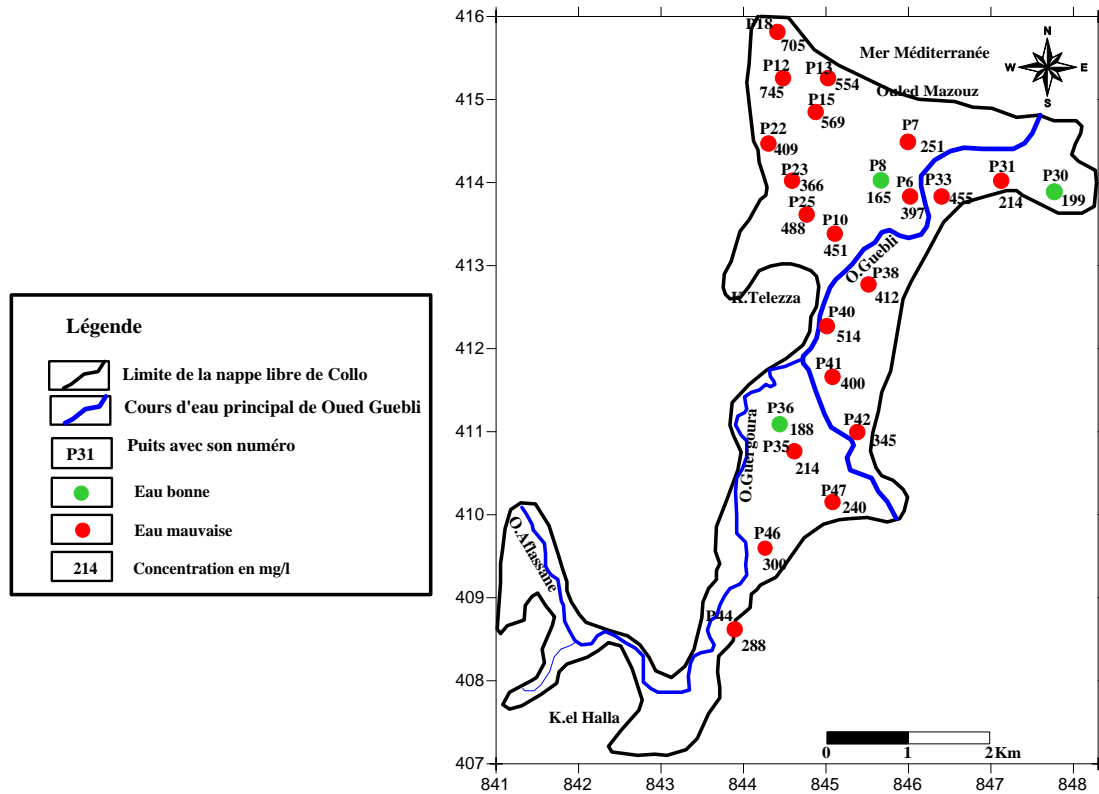


Figure 7.7. Distribution de la qualité des eaux en fonction des chlorures (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Sulfates (SO_4^{2-})

La carte de distribution des Sulfates montre que la majorité des points sont des bonnes eaux où la teneur en sulfate est inférieure à 250 mg.l^{-1} et le reste des points (P7, P8, P30, P31, P40, P46, et P44) représentant des eaux mauvaises avec des valeurs en sulfate supérieures à 250 mg.l^{-1} . Avec des concentrations qui varient entre 122 et 362 mg.l^{-1} . Les concentrations en sulfates mesurées sont donc très variables (Fig.7.6), mais ne présentent pas de problématique au sein des eaux souterraines (avec traitement). Une origine anthropique des sulfates n'est cependant pas exclue pour les puits présentant les plus fortes concentrations. (Influence des eaux des fuites du réseau d'assainissement ainsi que l'irrigation des cultures).

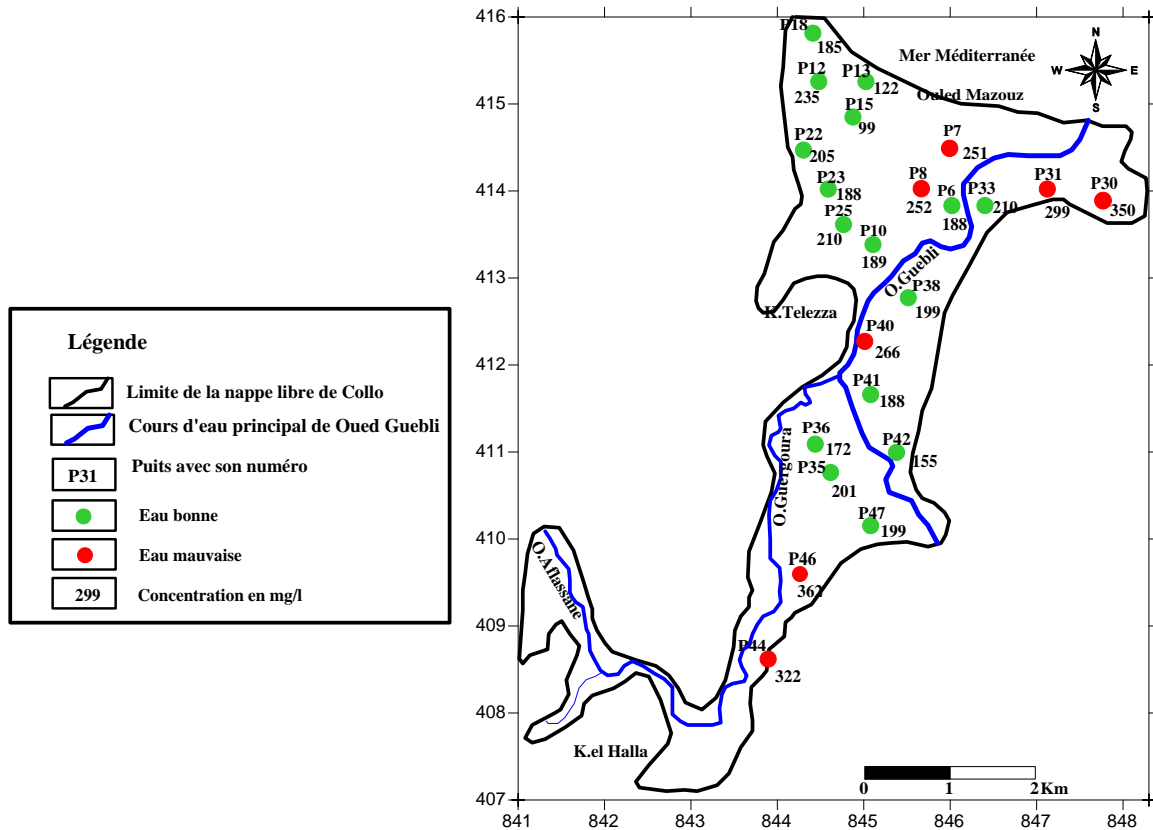


Figure 7.6. Distribution de la qualité des eaux en fonction des Sulfates (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Sodium (Na^+)

La répartition des teneurs en sodium se ressemble beaucoup à celles de chlorure, dont l'évolution se fait du Sud vers le Nord. De se fait la lecture de la carte (Fig. 7.7) fait ressortir trois zones bien distinctes :

- Dans la zone Nord-Ouest, les concentrations sont élevées ($> 450 \text{ mg.l}^{-1}$), les eaux de qualité mauvaises.
- Dans la zone centrale et le Nord-Est de Koudiat Télézza les valeurs oscillent entre 285 et 398 mg.l^{-1} , la qualité des eaux est mauvaise.
- Dans le reste de la nappe les concentrations sont relativement acceptables.

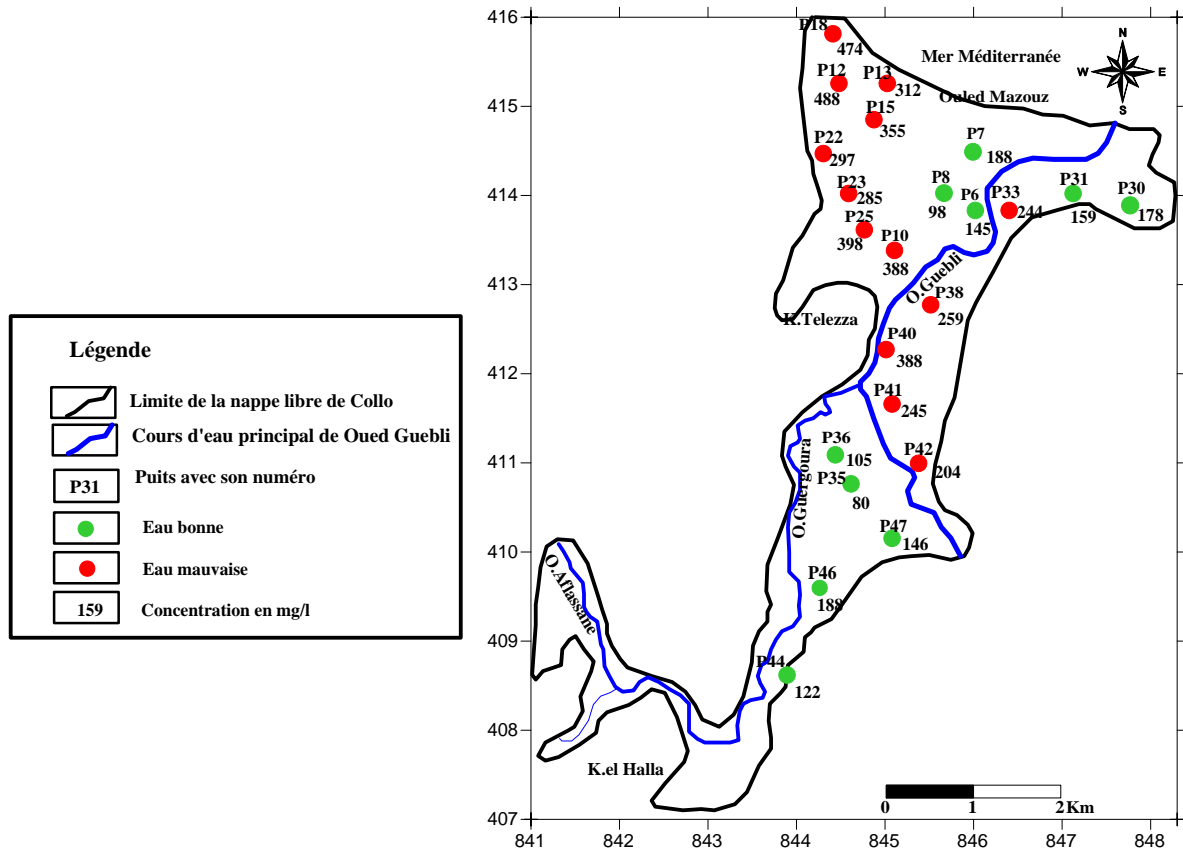


Figure 7.7. Distribution de la qualité des eaux en fonction du sodium (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Magnésium (Mg²⁺)

D'après les cartes (Fig. 7.8), les quatorze (14) points représentent des eaux passables ou la teneur en magnésium est comprise entre 50 et 100 mg.l⁻¹, cinq (5) points correspondant à des eaux bonnes, pour lesquelles la teneur en magnésium est inférieure à 50 mg.l⁻¹, et les eaux mauvaises représentées par quatre (04) points avec une teneur en magnésium supérieure à 100 mg.l⁻¹.

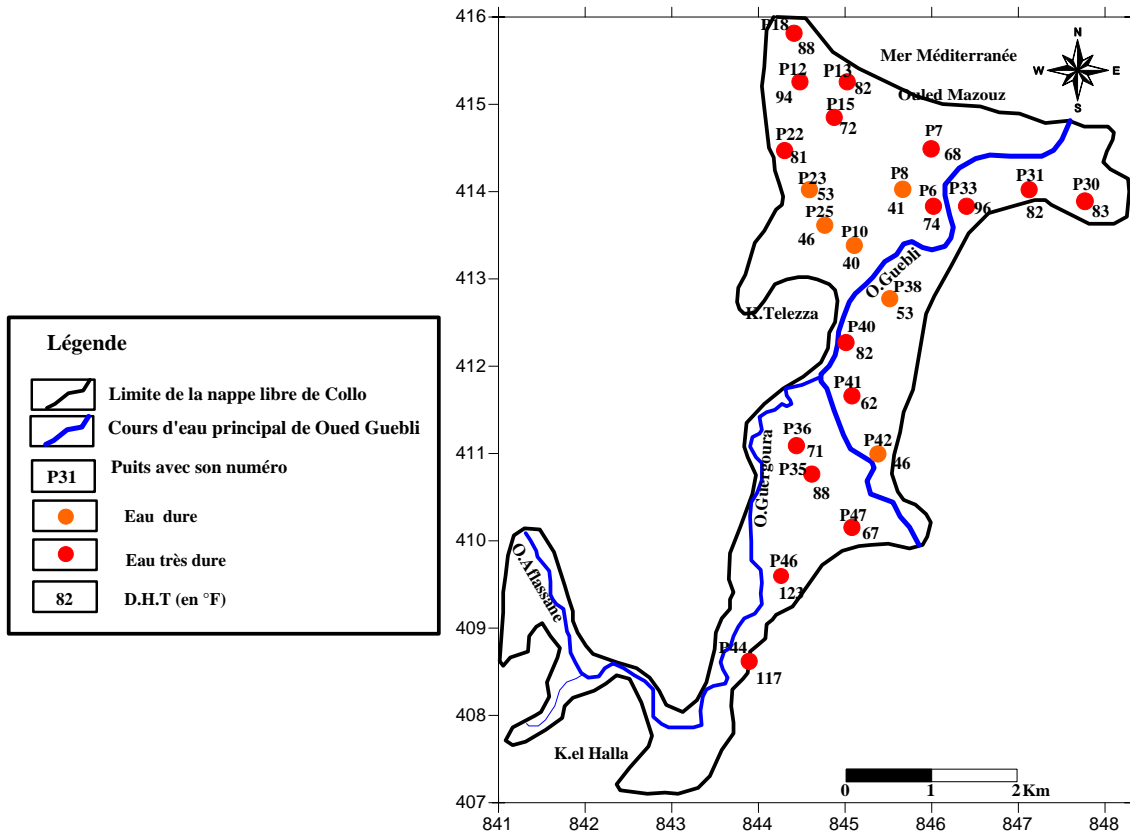


Figure 7.9. Distribution de la qualité des eaux en fonction du D.H.T (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Nitrates (NO_3^-)

Les premiers signes d'alerte ont été donnés avec l'apparition et la prolifération des algues dans les eaux pompées et stockée dans des réservoirs. Il est prouvé que la principale action des nitrates est de favoriser une croissance des populations d'algues dans les zones à faibles circulations ou au niveau des lieux de stockage et, partant, une eutrophisation des eaux. Les sources de nitrates dans les eaux souterraines comprennent des matières animales et végétales en décomposition, des engrais agricoles, des fumiers, les eaux usées domestiques, les nitrates sont très solubles dans l'eau, l'excédent non absorbé par les plantes rejoint la nappe phréatique. La carte montre la présence de plusieurs localités dont les concentrations inférieures à la norme (50 mg.l^{-1}), l'étude a porté sur vingt trois (23) échantillons (Fig.7.10). Parmi ces échantillons :

- treize (13) ont des concentrations inférieures à 50 mg.l^{-1} ; situés au Sud de la nappe et le Nord-Est de Koudiat Télézza, ces eaux sont de bonne qualité
- cinq (5) sont compris entre 50 et 60 mg.l^{-1} situés près d'Oued Guebli, les concentrations dépassent légèrement les normes de potabilité, mais elles ne présentent pas de problématique au sein des eaux souterraines. Pour comparaison, le seuil de potabilité s'élève à 10 mg.l^{-1} , et celui de potabilisation (avec traitement) à 50 mg.l^{-1} .
- cinq (5) supérieurs à 80 mg.l^{-1} dont un à atteignant 100 mg.l^{-1} située dans l'agglomération d'Ouled Mazzouz dans l'extrême Ouest de la nappe. Ces eaux sont de qualité mauvaise. Une origine anthropique des nitrates n'est cependant pas exclue pour les puits présentant les plus

fortes concentrations (l'absence de réseau assainissement et l'utilisation de fosses sceptiques militent en faveur d'une contamination provenant, en grande partie des eaux usées).

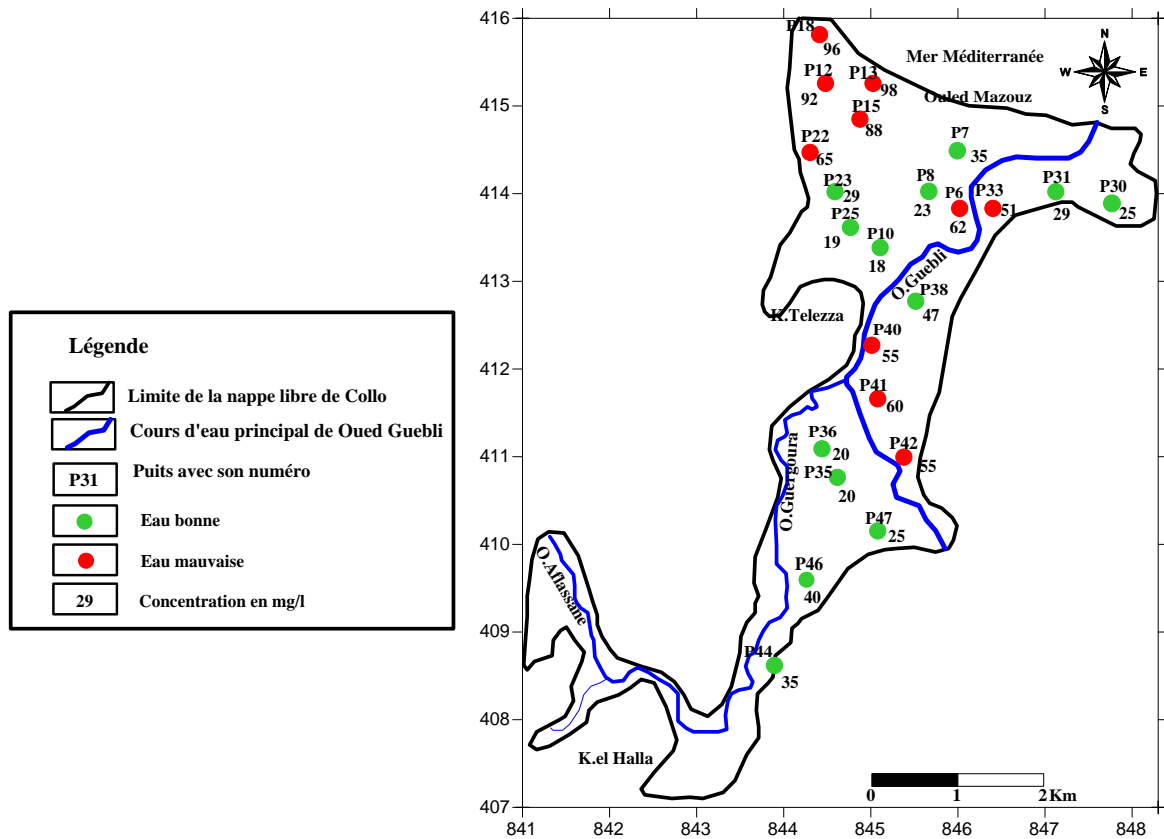


Figure 7.10. Distribution de la qualité des eaux en fonction des nitrates (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Phosphates (PO_4^-)

La distribution du phosphore dans la nappe représentée dans la figure 7.11, montre que la classe excellente est représentée seulement par un seul puits (P₁₀), neuf (9) puits représentant la classe des eaux de qualité bonnes, alors que la classe passable est représentée par treize (13) puits.

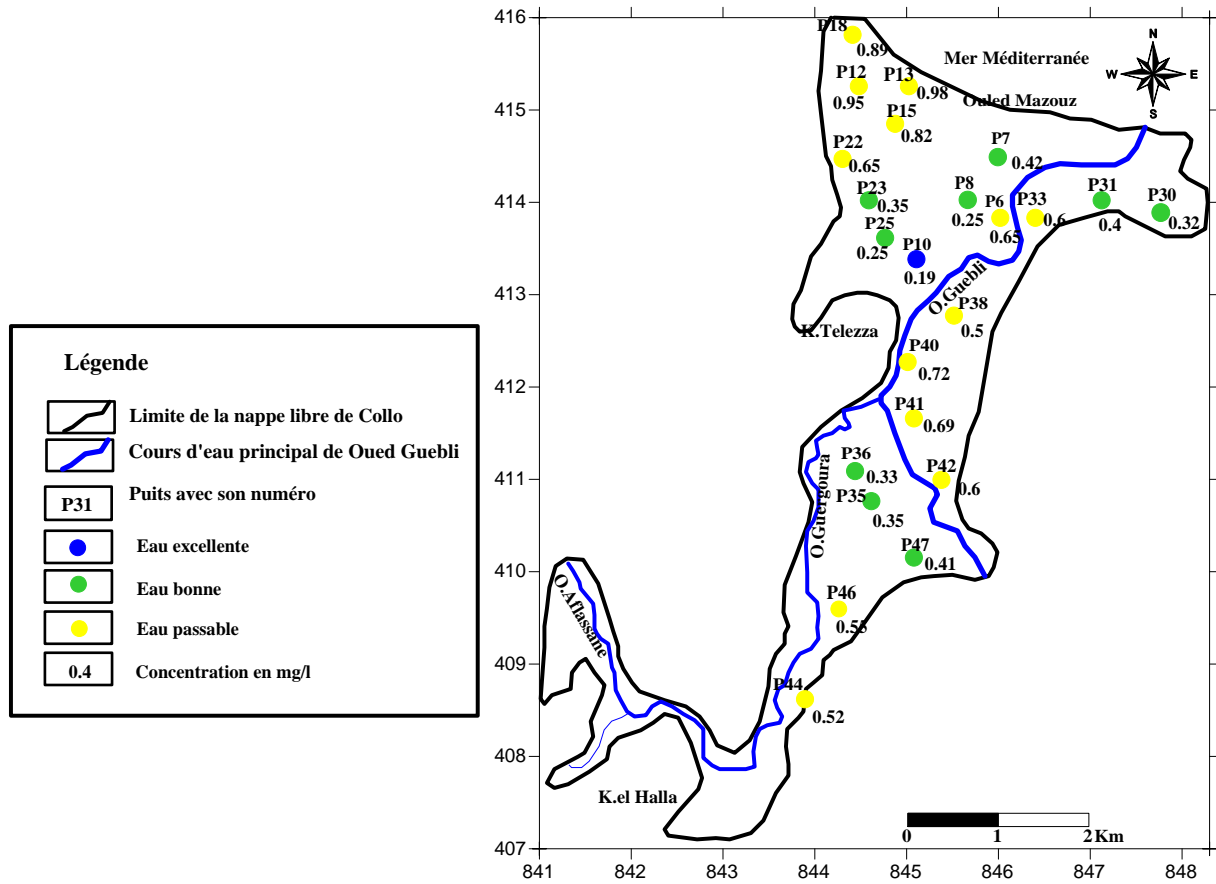


Figure 7.11. Distribution de la qualité des eaux en fonction des phosphates (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Ammonium (NH₄⁺)

La distribution de la qualité des eaux en fonction d'Ammonium, donne les deux classes de la qualité des eaux, la première excellente, caractérisée par des teneurs en ammonium entre 0 à 0.01 mg.l⁻¹ et la deuxième correspondant aux eaux bonnes, concerne le reste des puits avec des teneurs en ammonium comprises entre 0.01 et 0.09 mg.l⁻¹.

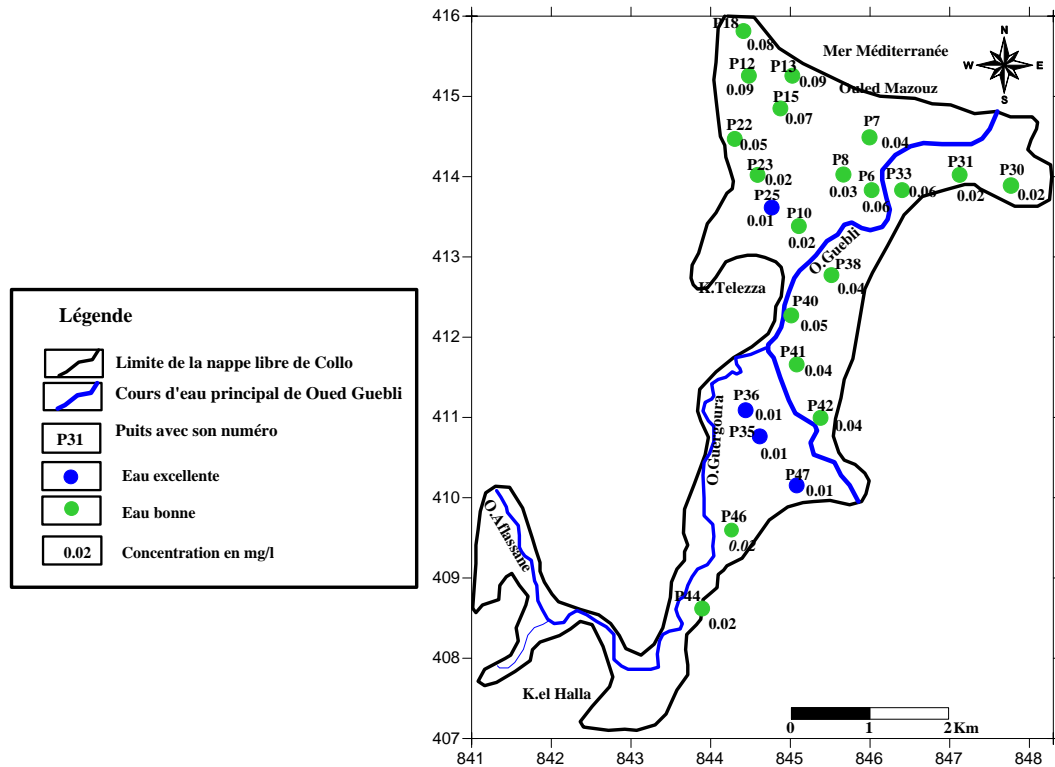


Figure 7.12. Distribution de la qualité des eaux en fonction d'Ammonium (saison sèche 2013) dans la plaine de Collo

Éléments en traces - métaux lourds

Le réseau de suivi comprend huit (8) sites constitués de forages, piézomètres et sources. Les analyses ont été effectuées en 2011 par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) de Constantine.

L'argent, le béryllium et le cadmium n'ont pas été détectés. Ces éléments semblent donc absents du fond géochimique de la nappe de Collo (absents à l'état naturel). Ces trois éléments n'avaient d'ailleurs pas été mis en évidence lors des précédentes campagnes d'analyses (effectuées en 2006 et en 2000). Plusieurs éléments tels que le fer et le manganèse ont été détectés avec des teneurs en trace (ne dépassent pas les normes de potabilité). La présence de ces éléments peut être due au caractère anoxique des eaux souterraines de la nappe de Collo (précipitation du fer et manganèse favorisée dans les milieux réducteurs). Le bore, le cuivre et le strontium n'ont pas été détectés de même que le plomb, le cobalt et le chrome.

1.2.4. Aptitude des eaux à l'irrigation

De par sa qualité bactériologique, l'eau souterraine doit être destinée prioritairement à l'AEP, malheureusement ce n'est pas le cas pour la nappe libre de Collo à cause de sa qualité impropre. Les gens de la région exploitent la nappe anarchiquement pour l'irrigation des cultures. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour cela nous utilisons plusieurs méthodes à fin de les classer.

Eaux peu salées

Les eaux peu salées dont la conductivité électrique est inférieure à $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ont une forte tendance à mobiliser rapidement le calcium du sol ce qui entraîne la dispersion des particules plus (Ayers et Westcot ; 1988) et l'obturation des espaces poreux. La valeur minimale de la conductivité des eaux de la nappe de Collo est supérieure à $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, donc ce problème ne se pose pas.

Classification de Richards

L'abondance de sodium dans l'eau d'irrigation peut provoquer également la dispersion et une destruction de la structure du sol, si la teneur en sodium est au moins trois fois supérieure à celle du calcium (Ayers et Westcot ; 1988), dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture. Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable « Sodium Absorption Ratio » (SAR) pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Sur le diagramme de Richards (Fig.7.13), on peut distinguer les classes des eaux étudiées pour les vingt trois puits, les résultats sont reportés dans le tableau 7.1.

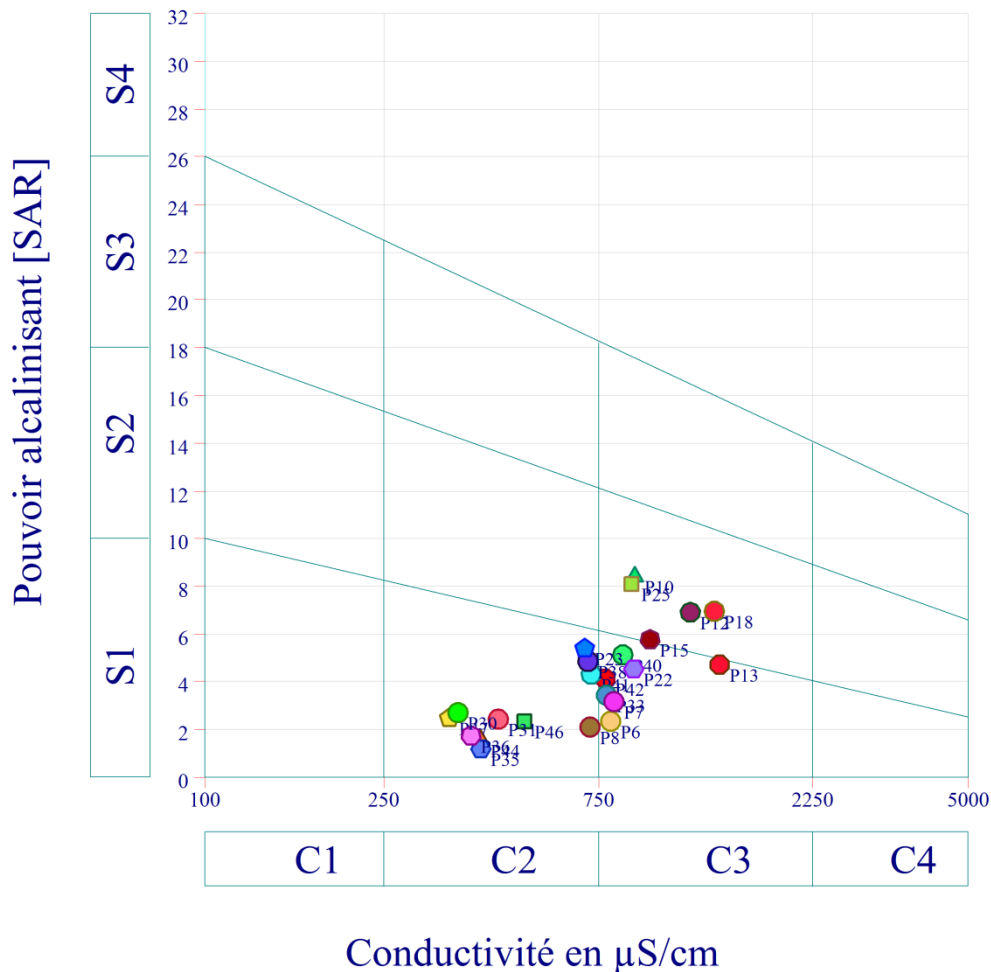


Figure 7.13. Classification de Richards des eaux d'irrigation de la nappe libre de Collo

Les conductivités électriques des puits, ne dépassent pas d'une manière générale la valeur limite de la conductivité $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de la classe C₃, c'est pour cette raison que les eaux des puits figurent dans la classe bonne représentée avec 43,5% de puits de la nappe et dans celle admissible avec 56,5%.

Tableau 7.1. Classe des qualités des eaux pour l'irrigation de la plaine de Collo

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation	% des puits
1 ^{ère}	Excellente	C ₁ -S ₁	Eau à utilisation sans danger pour l'irrigation pour la plupart des sols.	0 %
2 ^{ème}	Bonne	C ₂ -S ₁ C ₂ -S ₂	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes en sels.	43,5 %
3 ^{ème}	Admissible	C ₃ -S ₁ C ₃ -S ₂ C ₃ -S ₃	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes en sel, sur des sols bien drainés l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.	56,5%

1.2. Chimie des eaux souterraines de la nappe de Tamalous -Bin el Ouiden

La campagne de prélèvements de la saison sèche 2013 a été effectuée durant le mois de Novembre sur 22 sites, répartis de façon assez homogène sur la nappe de Tamalous-Bin en Ouiden. Les analyses effectuées ont concerné ; les paramètres physico-chimiques principaux, des teneurs en éléments majeurs, et Les Nitrates (NO_3^-). L'état des lieux qualitatif des eaux souterraines de la nappe a été dressé. Une comparaison des résultats avec les campagnes d'analyses antérieures a été effectuée par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) de Constantine.

1.2.1. Localisation des points de prélèvements

Le nombre de puits échantillonnés est légèrement différent d'une zone à l'autre, ainsi la densité dans la partie Sud est beaucoup plus importante qu'au Nord. La figure 7.14 indique les sites prélevés et leur localisation géographique.

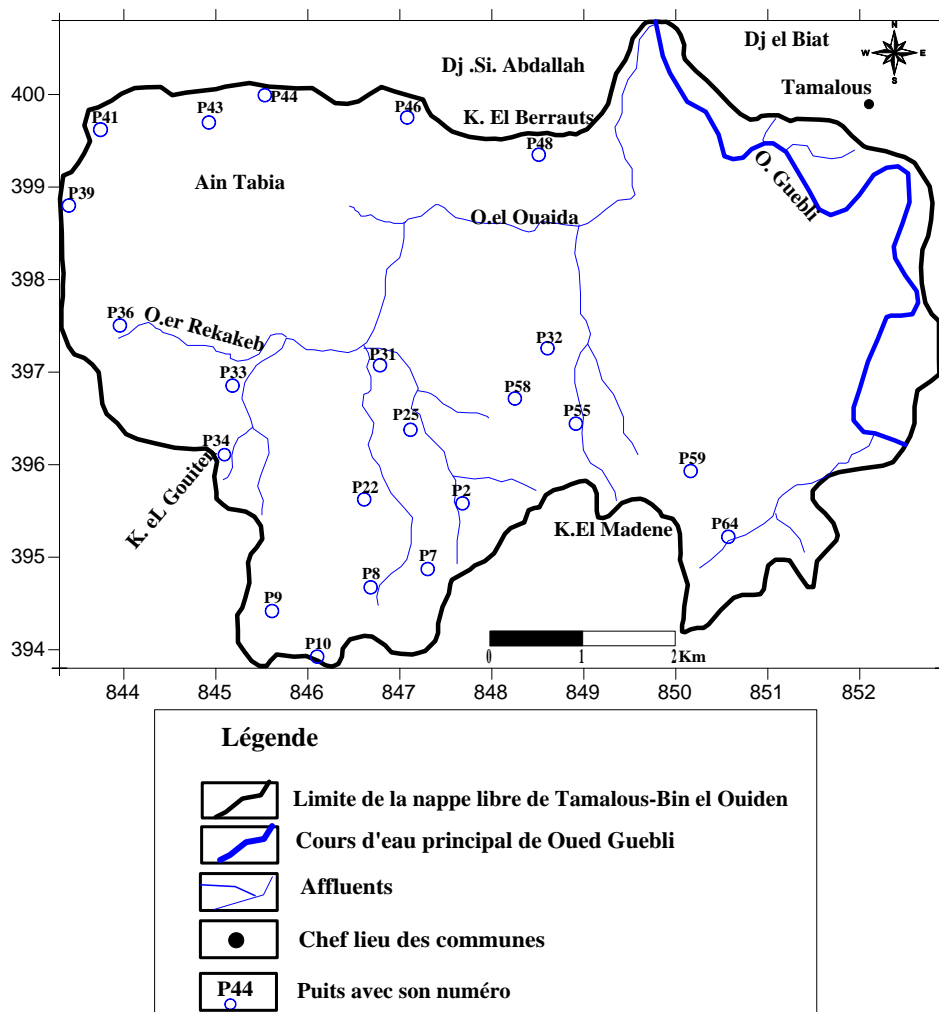


Figure 7.14. Carte de localisation des ouvrages prélevés en saison sèche 2013 de la plaine Tamalous -Bin el Ouiden

1.2.2. Analyse et interprétation des résultats

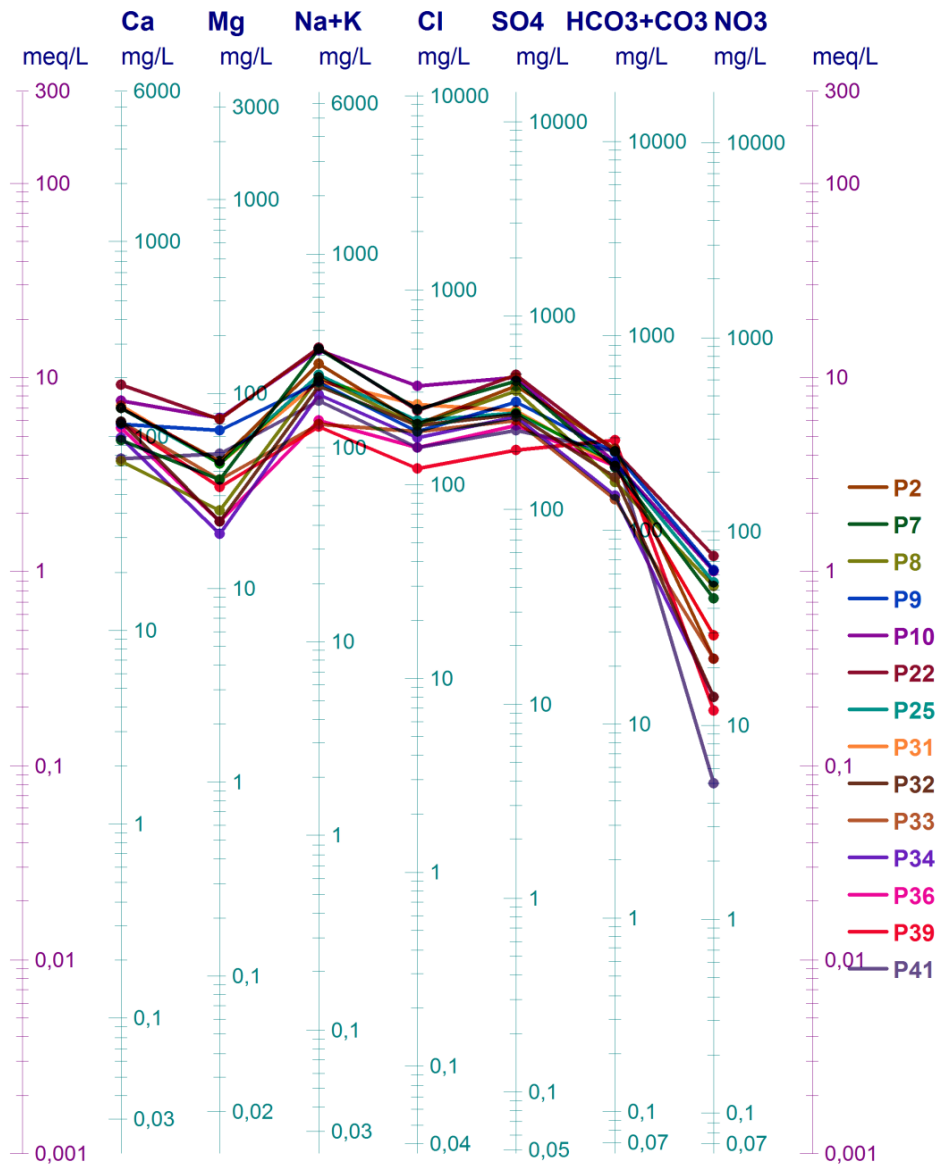
La présentation des résultats effectuée dans l'objectif de faciliter leur exploitation ultérieure. L'interprétation ne consiste donc pas en une étude hydrochimique détaillée, mais en une synthèse globale des tendances physico-chimiques qualitatives observées. Des pistes d'interprétation sont fournies afin de guider la détermination de l'origine des éléments retrouvés (origine naturelle ou anthropique). Au total 22 échantillons ont été pris en considération.

1.2.2.1. Classification des eaux

Afin de voir la fiabilité des analyses chimiques, on a vérifié les résultats obtenus en établissant la balance ionique pour chaque analyse qui n'a pas dépassée 10%. Les plus utilisées sont la classification de Schoeller Berkaloff, Stiff et de Piper. Elles permettent une comparaison systématique du chimisme des eaux et classer les eaux analysées selon leur affinité chimique.

Classification de Schoeller Berkaloff

La représentation de Schöeller-Berkaloff montre le faciès dominant qui est le sulfaté sodique avec un taux de 81,8% de la totalité des échantillons analysés (Fig. 7.15).



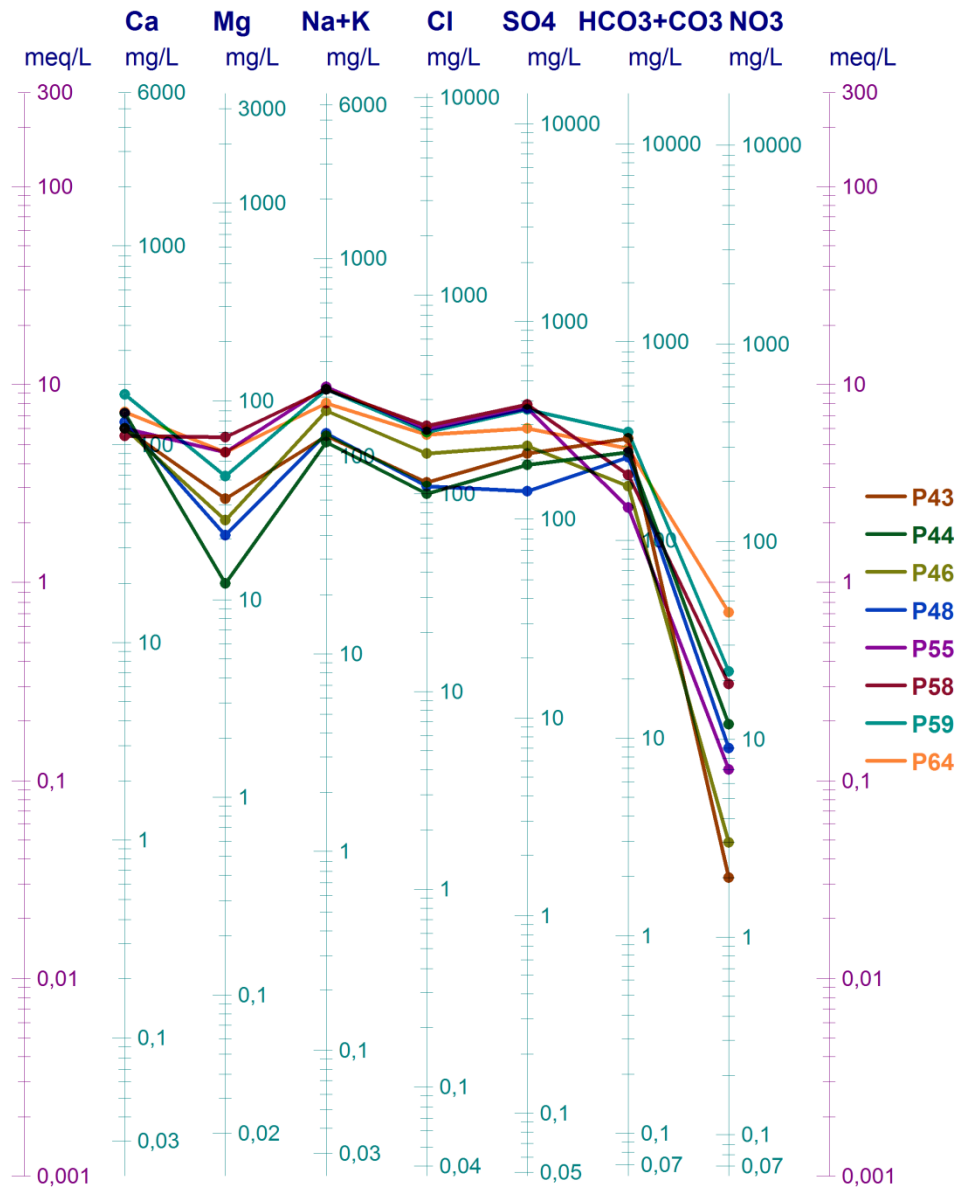


Figure 7.15. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schoeller Berkloff des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Diagramme de Stiff

La représentation des données physico-chimiques des eaux souterraines de la nappe de Tamalous-Bin el Ouiden ont montré l'existence de plusieurs éléments chimiques. Les sulfates représentent l'élément le plus abondant dans la composition anionique des eaux avec des concentrations variant entre 2,9 et 10,3 méq.l⁻¹ (fig.7.16). Ensuite, les bicarbonates constituent le deuxième pôle dominant, leurs concentrations varient de 2,4 à 5,7 méq.l⁻¹. Concernant les cations, le sodium est l'élément le plus important avec des concentrations variant entre 4,7 et 13,7 méq.l⁻¹. Alors que, les teneurs en calcium et en magnésium varient respectivement de 3,7 à 8,9 méq.l⁻¹ et de 1 à 6,1 méq.l⁻¹.

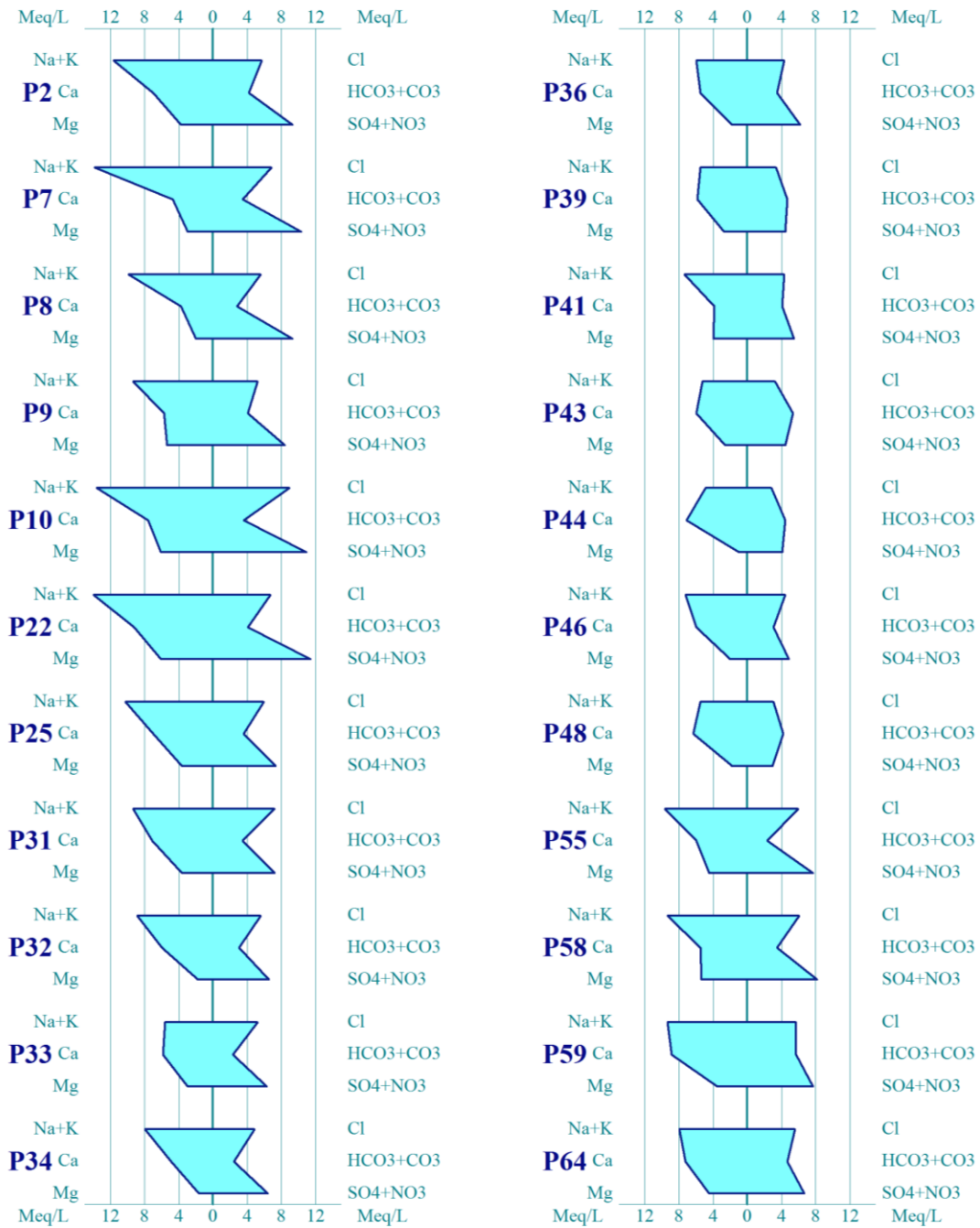


Figure 7.16. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Diagramme de Piper

Le report de 22 puits sur le diagramme de Piper (Fig. 7.17) montre la prédominance des faciès sulfaté sodique et bicarbonatés calciques. Les teneurs en sulfate et sodium sont ainsi généralement élevées dans les eaux de la nappe de Tamalous-Bin el Ouiden.

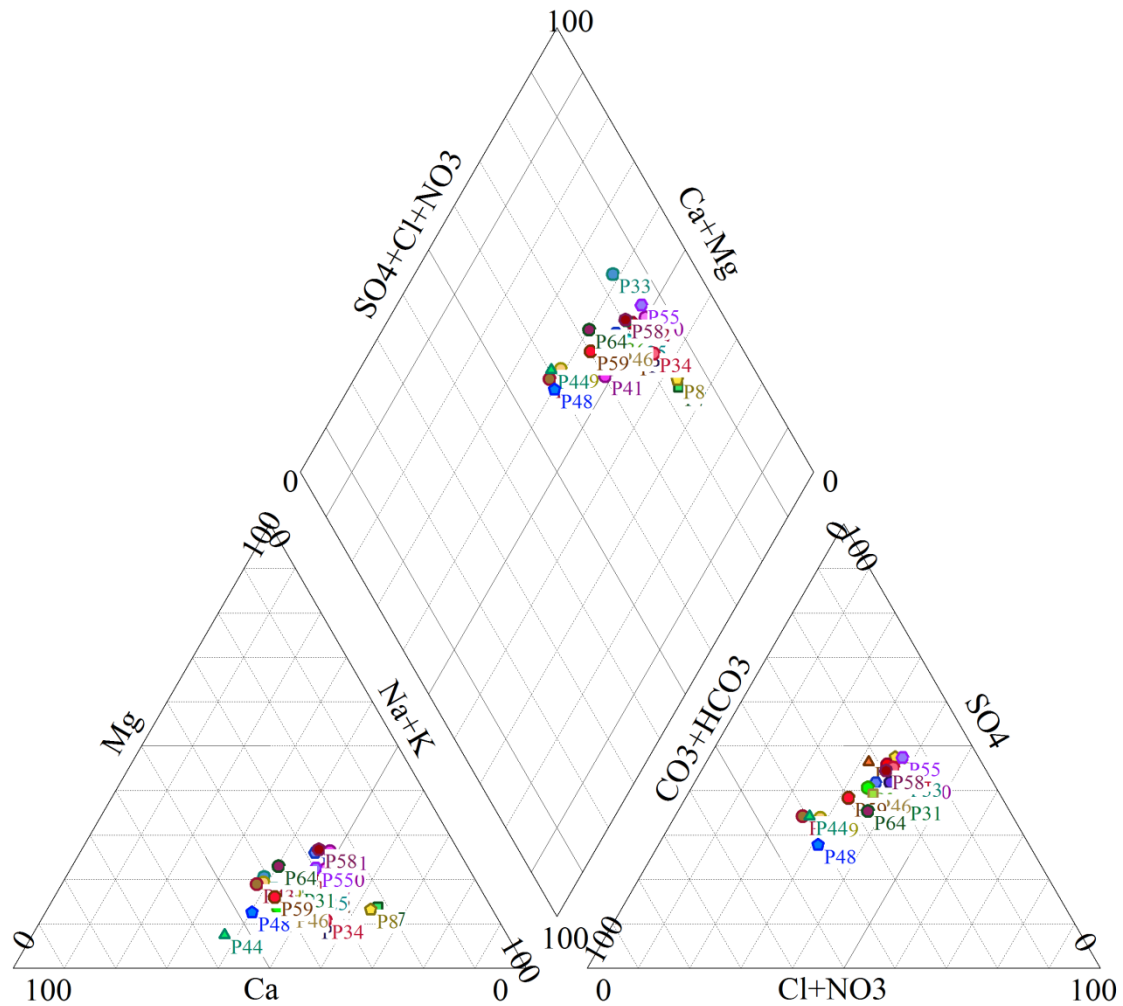


Figure 7.17. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper des eaux de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

1.2.2.2. Répartition des faciès chimiques

L'ensemble des diagrammes des eaux de la nappe Tamalous-Bin el Ouiden a montré deux familles chimiques (Fig.7.18) :

- une famille sulfatée, la plus dominante représente près de 81,8 % des points d'eau avec une majorité sodique. Les eaux de cette famille occupent presque toute la zone de la plaine, ce qui donne un aperçu hydrochimique de ce secteur.
- une famille bicarbonatée calcique ne représente que 18,2 % des eaux de la nappe, située dans la partie Nord d'Ain Tabia (P₃₉, P₄₃, P₄₄ et P₄₈).

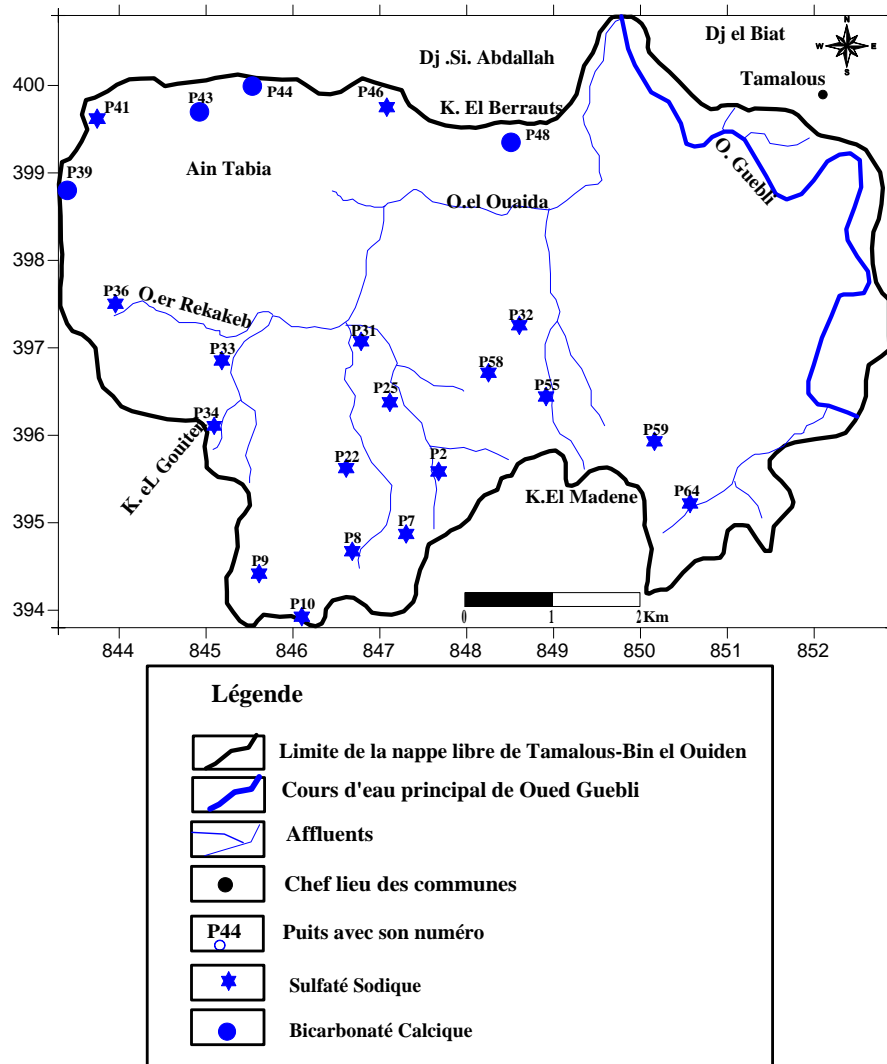


Fig.7.18. Répartition des faciès chimiques dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

1.2.2.3. Normes et qualités des eaux

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses chimiques effectuées, on a procédé les normes OMS (Organisation Mondiale de la Santé) de potabilité pour chacun des paramètres représentés dans les différentes cartes.

Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est comprise entre 411 et 2350 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ avec une moyenne de 1277 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. L'observation de la carte (Fig.7.19) montre la présence de deux secteurs de minéralisation moyenne à importante ($\text{C.E} < 1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Il s'agit de la zone Nord au niveau des puits P₄₄ et P₄₆, et au Nord-Ouest au niveau de Ain Tabia. Par contre, les fortes valeurs ($\text{C.E} > 1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) sont localisées généralement dans la partie Sud où la conductivité atteint son maximum (2350 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) au puits P₂₂. Ces valeurs montrent que tous les points d'eau dépassent largement la norme recommandée pour les eaux d'alimentation en eau potable (400 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). D'une manière générale, les concentrations augmentent du Sud vers le Nord (minéralisation excessive au Sud et importante à moyenne au Nord).

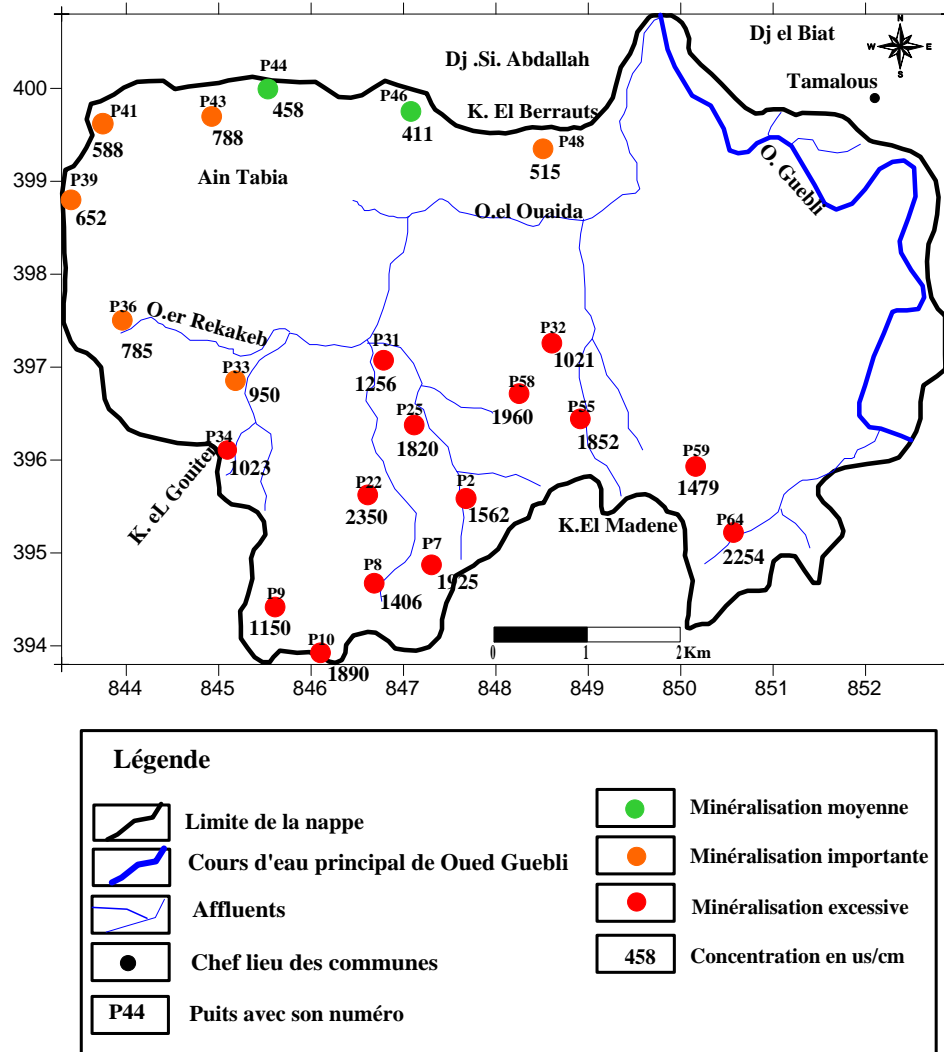


Figure 7.19. Distribution de la qualité des eaux en fonction de la C.E (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Sulfates (SO_4^{2-})

La répartition des teneurs en sulfate se ressemble beaucoup à celles en sodium, dont l'évolution se fait du Sud vers le Nord. De ce fait la lecture de la carte (Fig. 7.20) fait ressortir deux zones bien distinctes :

- Dans la zone Sud, les concentrations sont élevées ($> 250 \text{ mg.l}^{-1}$), de qualité mauvaise. L'ion sulfate SO_4^{2-} est la forme prédominante des sulfates dans les eaux souterraines. Sa présence peut avoir plusieurs origines (tels l'oxydation des minéraux riches en soufre pyrite FeS_2 , et Le lessivage de formations évaporitiques Le gypse $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, les sulfates de magnésium $MgSO_4$, et les sulfates de sodium Na_2SO_4)
- Dans la zone Nord les concentrations sont relativement faibles 138 à 214 mg.l^{-1} .

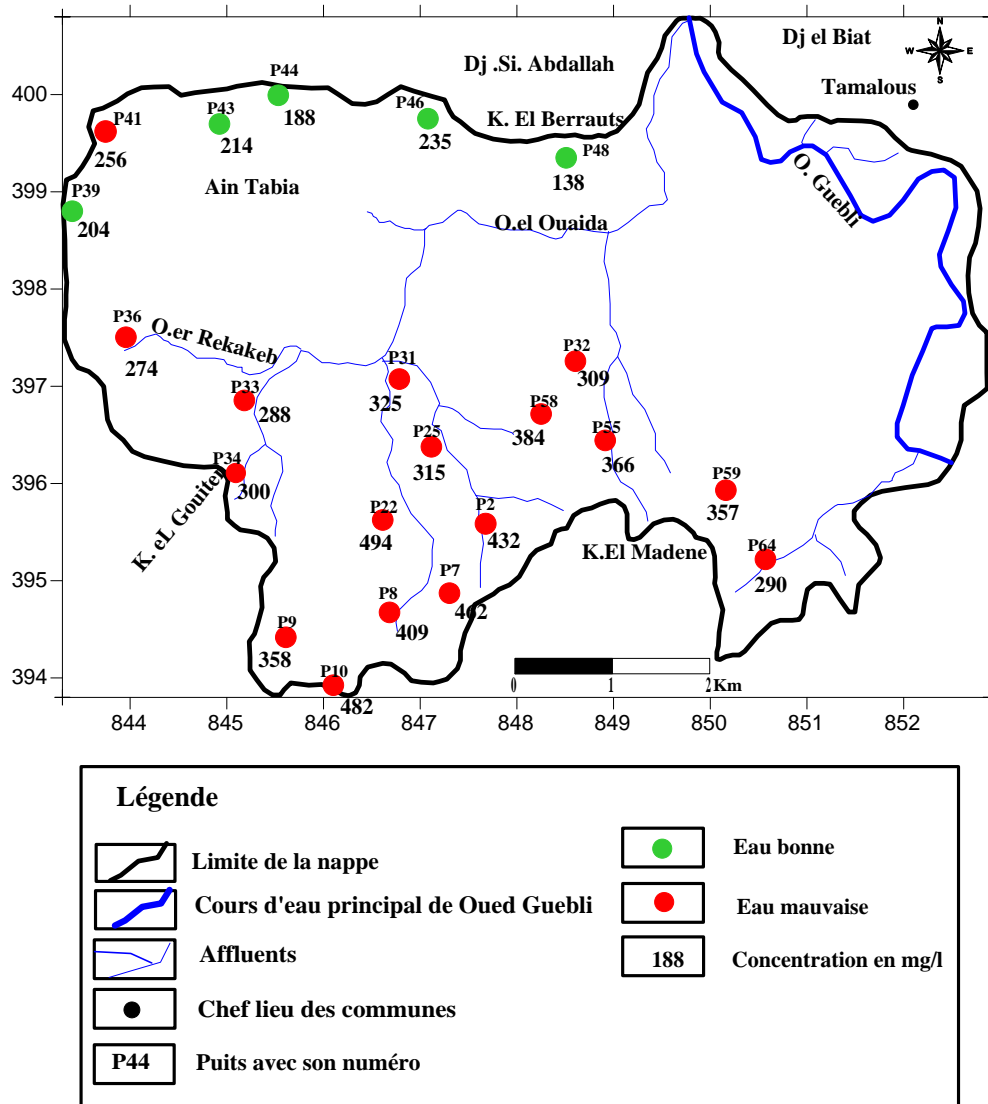


Figure 7.20. Distribution de la qualité des eaux en fonction des Sulfates (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Sodium (Na⁺)

Les concentrations en sodium varient entre 109 et 315 mg.l⁻¹ avec une moyenne de 195 mg.l⁻¹. Les teneurs les plus élevées (209 à 315 mg.l⁻¹) de qualité mauvaise sont observées dans la majorité des puits situés dans la partie Sud de la plaine, avec un pic de 315 mg.l⁻¹ enregistré au niveau du puits P₂₂ (Fig.7.21). Les faibles teneurs (< 200 mg.l⁻¹) de qualité bonne, apparaissent dans quelques échantillons surtout sur la partie Nord au niveau d'Ain Tabia.

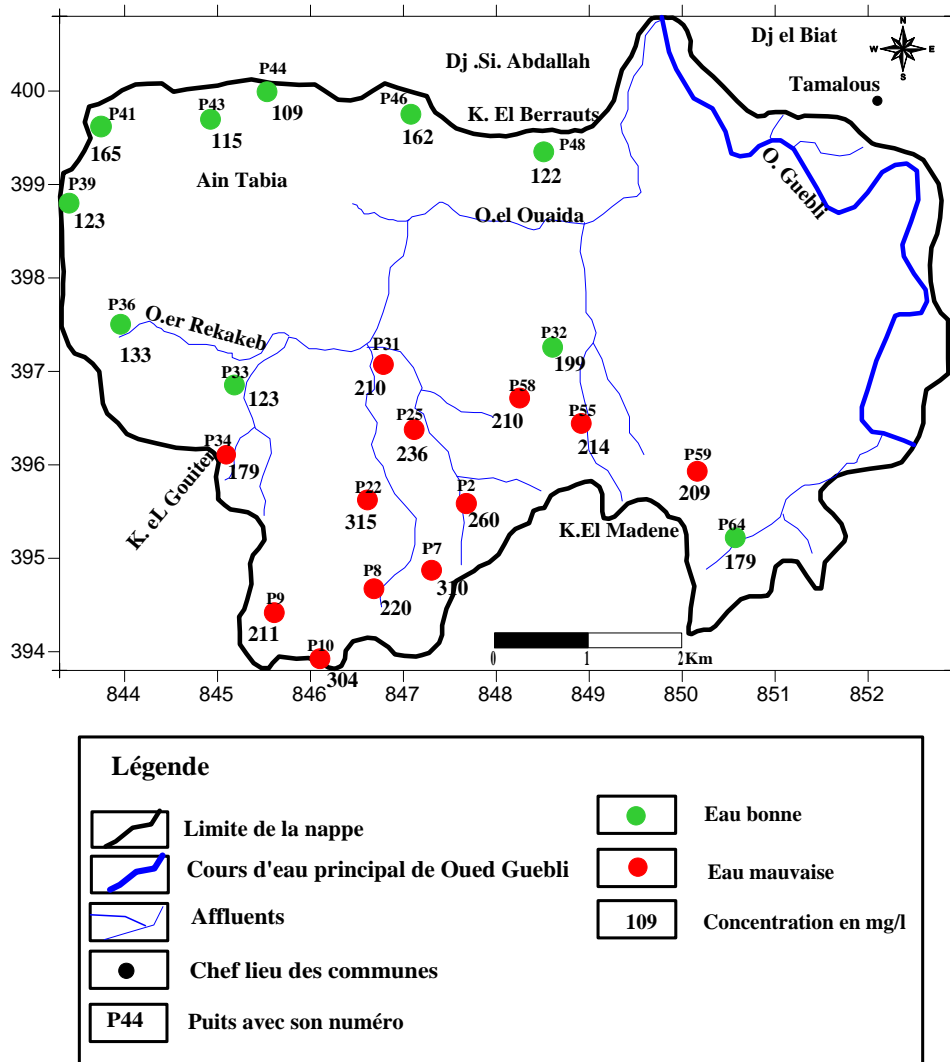


Figure 7.21. Distribution de la qualité des eaux en fonction du sodium (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Degré hydrométrique total (DHT)

La figure 7.22 montre que la plus part des eaux analysées (91%) sont des eaux dure à très dures, dont le DTH est supérieur à 54 °F, et (9 %) sont des eaux assez douces. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes.

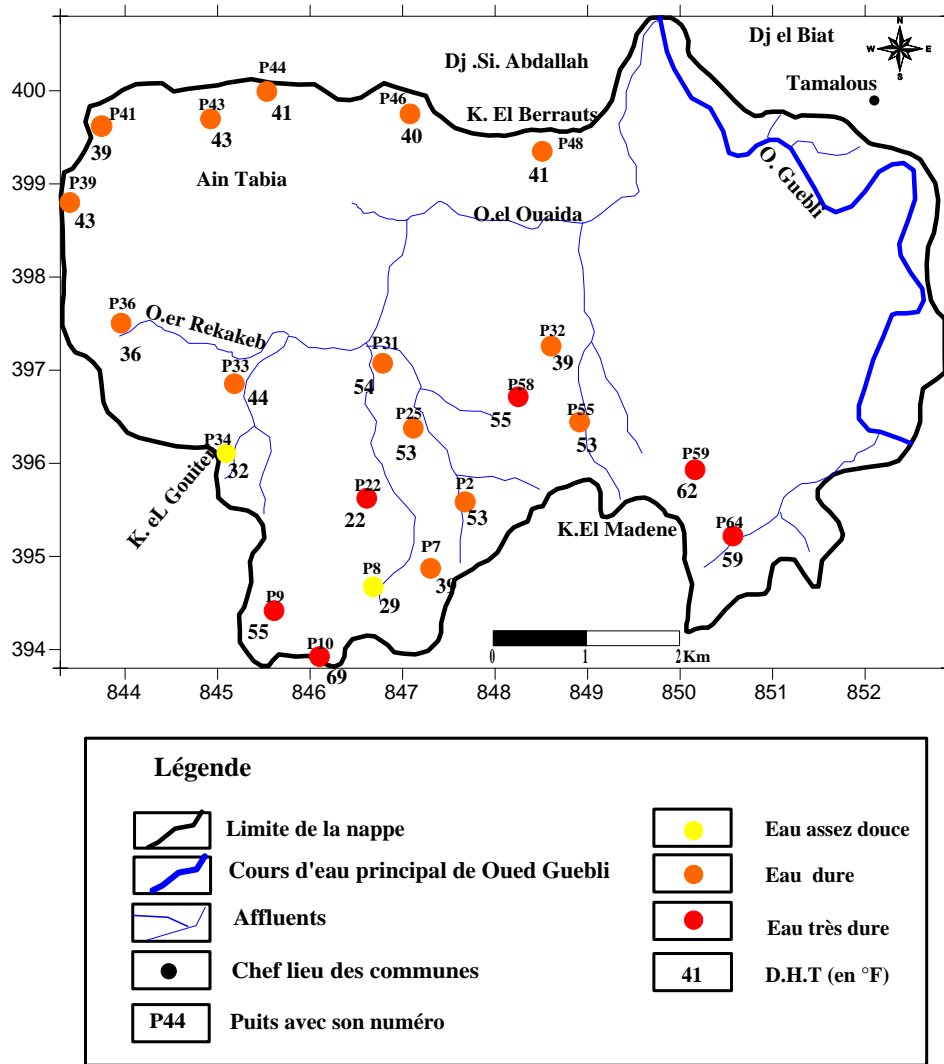


Figure 7.22. Distribution de la qualité des eaux en fonction du D.H.T (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Nitrates (NO_3^-)

D’après la carte (Fig. 7.23), les dix sept (17) points, soit 77% représentent des eaux bonnes ou la teneur en nitrate est comprise entre 2 et 45 mg.l⁻¹, et les eaux mauvaises représentées par cinq (05) points avec une teneur en nitrate supérieure à 50 mg.l⁻¹, est sont situées au Sud-Ouest de la nappe (P₈, P₉, P₁₀, P₂₂, P₂₅).

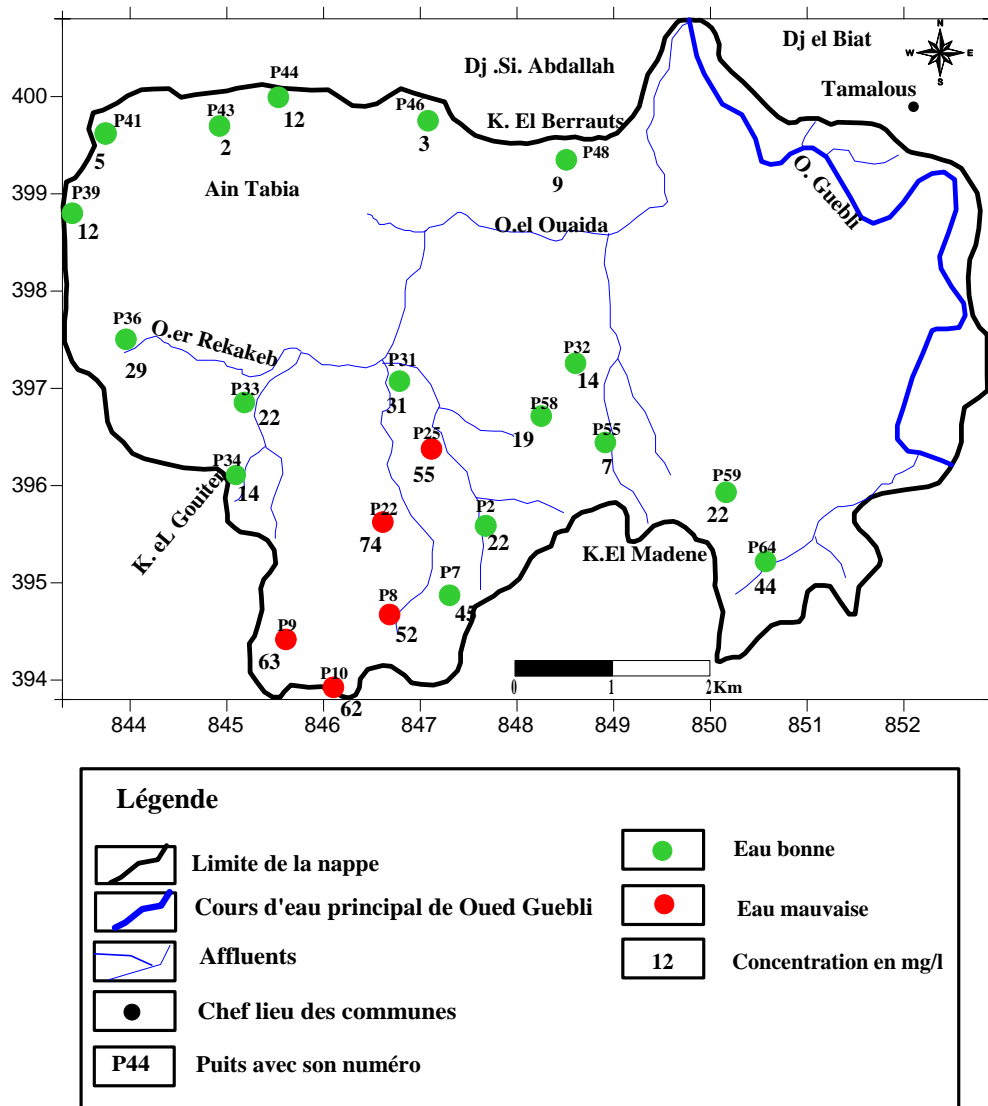


Figure 7.23. Distribution de la qualité des eaux en fonction des nitrates (saison sèche 2013) dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

7.2.2.4. Aptitude des eaux à l'irrigation

Classification de Richards

Les conductivités électriques des puits, ne dépassent pas d'une manière générale la valeur limite de la conductivité $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de la classe C₃, sauf les deux puits (P₂₂ et P₆₄), c'est pour cette raison que les eaux des puits figurent dans la classe bonne représentée avec 22,7%, admissible avec 68,1% et médiocre 9,2%.

Tableau 7.2. Classe des qualités des eaux pour l’irrigation dans la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Degré	Qualité	Classe	Etat d’utilisation	% des puits
1 ^{ère}	Excellente	C ₁ -S ₁	Eau à utilisation sans danger pour l’irrigation pour la plupart des sols.	0 %
2 ^{ème}	Bonne	C ₂ -S ₁ C ₂ -S ₂	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l’irrigation de plantes moyennement tolérantes en sels.	22,7 %
3 ^{ème}	Admissible	C ₃ -S ₁ C ₃ -S ₂ C ₃ -S ₃	En général, eau convenant à l’irrigation des cultures tolérantes en sel, sur des sols bien drainés l’évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.	68,1%
4 ^{ème}	Médiocre	C ₄ -S ₁ C ₄ -S ₂ C ₄ -S ₃	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l’irrigation de certaines espèces bien tolérantes en sel sur des sols bien drainés et lessivés.	9,2%

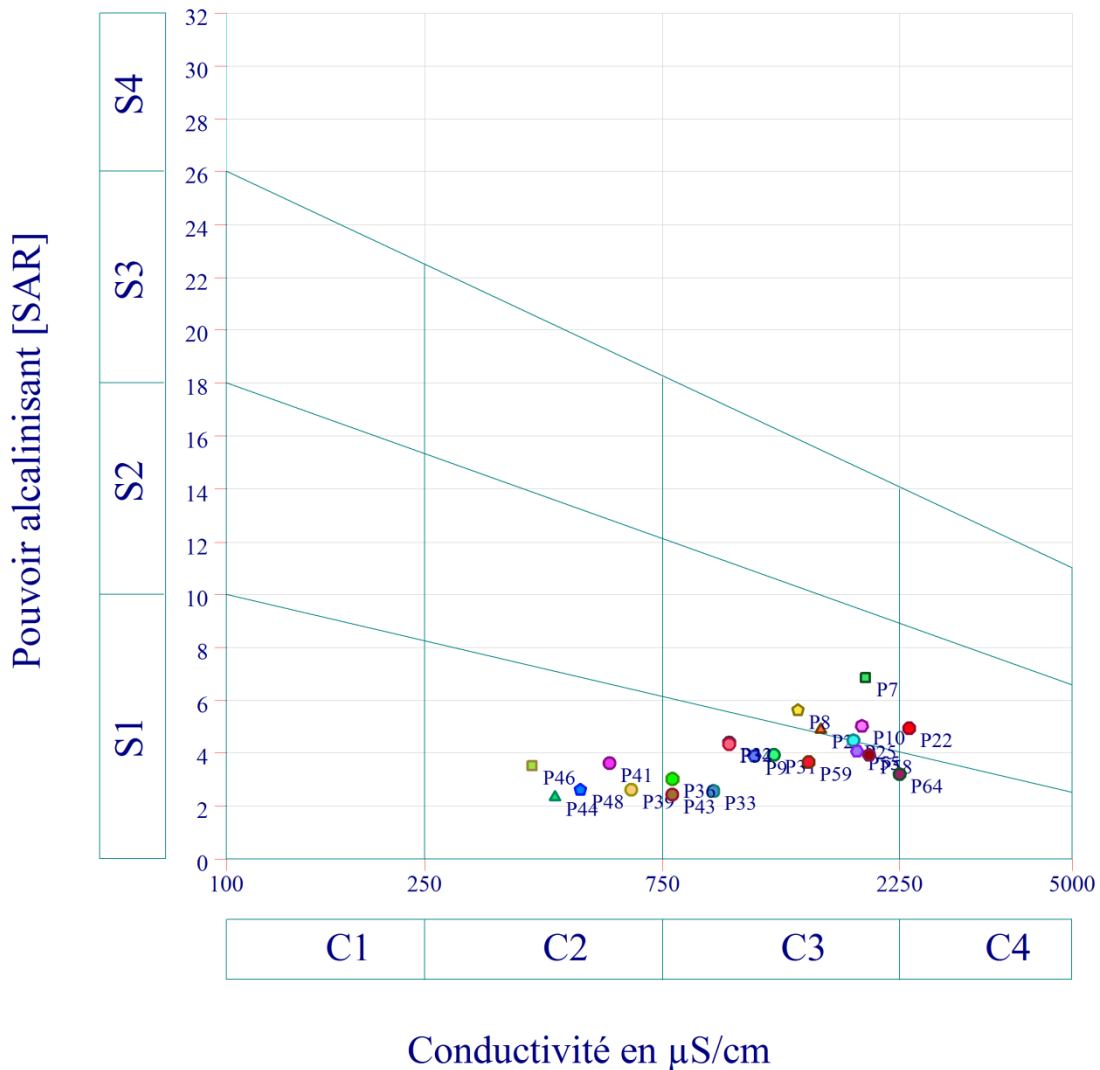


Figure 7.24. Classification de Richards des eaux d’irrigation de la plaine Tamalous-Bin el Ouiden

Conclusion

Le suivi hydrochimiques des eaux souterraines consiste à donner une contribution sur la qualité des eaux des deux nappes aquifères (Collo et Tamalous -Bin el Ouiden), ainsi que leurs potabilités, leurs degrés de pollution et les critères physico-chimiques de la qualité des eaux souterraines destinées pour l'irrigation. La campagne de prélèvements a été effectuée en saison sèche 2013 (Sep-Oct). Les prélèvements ont concerné aussi bien des puits que des sources et les analyses ont porté sur des paramètres physico-chimiques principaux, des teneurs en éléments majeurs, en éléments traces (métaux lourds) et en substances indésirables : Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et Ammonium (NH_4^+).

-la nappe libre de Collo

Les trois représentations graphiques montrent la prédominance des faciès chlorurés sodiques et chlorurés calciques. Les teneurs en chlorures et en sodium sont ainsi généralement élevées. Concernant les chlorures, leur provenance géologique peut être due à la dissolution des chlorures de sodium des alluvions salifères rencontrées dans les formations triasiques évaporitiques. La deuxième possibilité, concernant une provenance des pompages exagérés en bordure de mer n'est pas à exclure. Pour le sodium, sa provenance est argileuse. La carte des conductivités électriques montre des valeurs variant entre 350 et 1395 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

La plupart des eaux analysées (73%) sont très dures, dont le DTH est supérieur à 54 °F. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes telle que la consommation excessive du savon la mauvaise cuisson des légumes secs et le goût inacceptable, ce qui oblige les citoyens alimentés par la nappe de Collo à acheter de l'eau.

Quelques métaux lourds tels que le Fer, le Manganèse et le Bore présentent des teneurs importantes (mais ne dépassant pas les normes de potabilité). Aucune pollution aux métaux lourds n'est cependant à signaler.

Les recherches des nitrates effectuées ont montré une importante contamination de la nappe avec l'apparition et la prolifération des algues dans les eaux pompées et stockée dans des réservoirs, cinq puits sont compris entre 50 et 60 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ et situés près d'Oued Guebli, les concentrations dépassent légèrement les normes de potabilité, cinq puits sont supérieurs à 80 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dont un atteignant 100 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ et situé dans l'agglomération d'Ouled Mazzouz dans l'extrême Ouest de la nappe. Ces eaux sont de qualité mauvaise. Une origine anthropique des nitrates n'est cependant pas à exclure.

Les conductivités électriques des puits ne dépassent pas d'une manière générale, la valeur limite de la conductivité de la classe C_3 , c'est pour cette raison que les eaux des puits figurent dans la classe bonne représentée avec 43,5% de puits de la nappe et admissible avec 56,5%.

-la nappe de Tamalous Bin el Ouiden

Les trois représentations graphiques montrent la prédominance des faciès sulfatés sodiques et bicarbonatés calciques. Les teneurs en sulfate et sodium sont ainsi généralement élevées dans les eaux de cette nappe. Sa présence peut avoir plusieurs origines (L'oxydation des minéraux riches en soufre pyrite FeS_2 et Le lessivage de formations évaporitiques Le gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, les sulfates de magnésium MgSO_4 , les sulfates de sodium Na_2SO_4).

La conductivité électrique est comprise entre 411 et 2350 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ avec une moyenne de 1277 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

La plupart des eaux analysées (91%) se révèlent comme des eaux dure à très dures, dont le DTH est supérieur à 54 °F, et (9 %) se sont des eaux assez douces. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes.

D'après la carte des nitrates, les dix sept (17) points, soit 77% représentent des eaux bonnes ou la teneur en nitrate est comprise entre 2 et 45 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, les eaux mauvaises représentées par cinq (05) points avec une teneur en nitrate supérieure à 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, situées au Sud-Ouest de la nappe.

Les conductivités électriques des puits ne dépassent pas d'une manière générale la valeur limite de la conductivité 2250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de la classe C_3 , sauf les deux puits (P_{22} et P_{64}), c'est pour cette raison que les eaux des puits figurent dans la classe bonne représentée à 22,7%, admissible avec 68,1% et médiocre 9,2%.

***PARTIE IV: ÉVALUATION DES INTERACTIONS ENTRE LES PARAMÈTRES
DU SYSTÈME DE GESTION DE L'EAU***

PARTIE IV : Chapitre 8

Les usages de l'eau caractéristiques du bassin versant du Guebli

Introduction

Ce chapitre vise à présenter les différents usages des ressources en eau caractéristiques de l'économie de la région et leurs principaux impacts. Le bassin versant du Guebli présente l'avantage de concentrer l'ensemble des usages caractéristiques d'un territoire de montagne : tourisme, agro-pastoralisme, l'élevage, agriculture de montage (arbres fruitiers).

8.1. Contexte démographique du bassin du Guebli

Seize (16) communes couvrent le bassin versant du Guebli. Deux (2) sont riveraines du Guebli (Tamalous et Kerkeria), treize (13) riveraines de ses affluents, et la commune de Collo non riveraine mais dont plus de 20% de son territoire est compris dans le bassin versant. Certaines communes limitrophes sont cependant peu concernées par la gestion de l'eau du bassin versant du Guebli avec un habitat extérieur au bassin versant comme Bouchtata, O.Boubalout, El Harrouch. Au total, les 13 communes (Fig.8.1) représentent une population sédentaire d'environ 183703 habitants (recensement 2008).

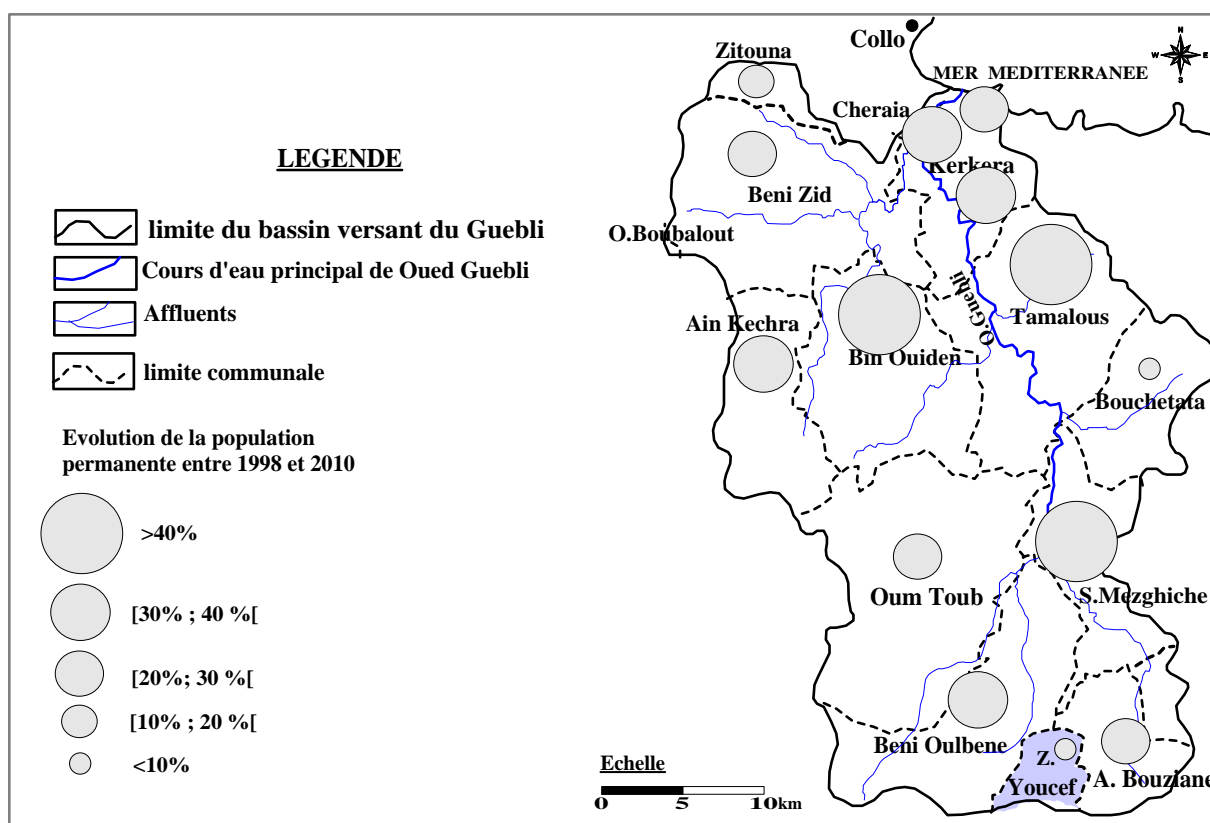


Figure 8.1. Composition et évolution de la population du bassin versant du Guebli (1998 à 2010).

Les statistiques sur la population proviennent de la direction hydraulique de la wilaya de Skikda (D.H.W), pour la population permanente. Elles sont détaillées pour chaque commune dans le tableau 8.1. L'étude démographique dans un bassin hydrographique pose un problème

de zonage, car les données sont collectées dans la plupart des cas selon les limites administratives.

Tableau 8.1. Données des populations des communes du bassin du Guebli.

commune	Agglomération Pop >1000 hab	Population Recens 1987	Population Recens 1998	Population Recens 2008	Evolution de la population 1987 et 1998	Evolution de la population 1998 et 2008
Collo	O. Maazouz	1434	2287	2755	59,4	20,5
Zitouna	Chef Lieu	2897	3922	4438	35,3	13,1
Beni Zid	Chef Lieu	5151	8569	10363	66,3	20,9
	Ali Cherf					
	Agna					
	el ghirene lembatel					
Cheraia	Chef Lieu	5354	9338	12592	74,4	34,8
	Ain Aghbel					
Tamalous	Chef Lieu	11216	17810	26387	58,7	48,1
	AinTabia-demni					
Kerkera	Chef Lieu	12531	18797	23533	50,0	25,1
	Hajria					
	A.Salem					
	Boulgartoum					
B.Ouidene	Chef Lieu	3113	4433	6332	42,4	42,8
	Tahoua					
Ain Kechra	Chef Lieu	9015	14612	20218	62,0	38,3
	Boudoukha					
	H.Mefrouch					
OumToub	Chef Lieu	9046	15431	19000	70,5	23,1
S.Mezghich	Chef Lieu	7532	12445	17483	44,8	40,4
	S.Telata					
Beni Oulbène	Chef Lieu	8462	13253	17329	56,6	30,7
	gourmata					
Ain Bouziane	Chef Lieu	2648	3556	4433	34,2	24,6
	Zibouch					
Z.Youcef	Ain Sferjela	175	188	200	7,4	6,3

Les agglomérations des daïra de Tamalous, Kerkera, Ain Kechra, Oum Toub, S.Mezghich et Beni Oulbène qui regroupent à elles seules 75 % de toute la population du bassin du Guebli, constituent les principaux pôles urbains dans le bassin.

L'évolution générale de la population montre un dynamisme général du bassin versant, malgré un ralentissement ressenti sur les 10 dernières années 1998-2008 (28,3%) comparativement avec la période de 1987-1998 (50,9%). Des évolutions contrastées de la population apparaissent à l'intérieur du bassin versant (Tab. 8.1). Les communes de Tamalous, Bin el Ouiden et Sidi Mezghich ne connaissent pas de ralentissement de leur croissance démographique. En revanche, les communes de montagneuses (Zitouna, Beni Zid, Ain Kechra et Oum Toub) connaissent une croissance démographique limitée à cause de la situation sécuritaire.

8.2. Constructions et logements

Les répartitions des populations dans le bassin versant de Guebli sont présentées dans le tableau 8.2.

Tab.8.2. Répartition spatiale des logements dans le B.V de l'Oued Guebli.

Recensement	1998		2014	
	Logements	Ménages	Logements	Ménages
Chef-lieu	14651	12982	25123	19521
Agglomérations Secondaires	6399	5505	15268	11425
Agglomérations éparses	13446	11229	16214	12154
Total	34496	29716	56605	43100

Source : ONS 2008

L'évolution générale des logements montre un dynamisme général sur le bassin du Guebli, sur les 16 dernières années 1998-2014, un taux d'évolution de 64%. On remarque aussi que près de 54.7 % des logements totales du bassin versant de l'Oued Guebli, sont répartissent dans les zones éparses et l'agglomération secondaire. Des permis de construire sur les dernières années (à partir de l'année 2005) ont donc été délivré par les services de l'état sur ces territoires (pour un logement rural). L'Aide de l'Etat au logement rural s'inscrit dans le cadre d'une nouvelle politique de développement rural, ayant comme principal objectif le développement des espaces ruraux et la fixation des populations locales (l'arrêté interministériel du 09 avril 2002). Donc une organisation en Mechtas localisées le plus souvent au tour des points d'eau et pratiquant des cultures vivrières.

8.3. Équipements

En fait, la typologie des équipements, comme d'ailleurs la typologie de l'habitat (cellules et assemblages), sont bien le reflet de l'idéologie dominante d'une époque et d'un contexte historique déterminé, car le système d'idées et de pouvoir, exerçant sa suprématie au sein d'une société à travers la dimension politique, sociale et économique, à vouloir traduire un langage architectural, à matérialiser et donc fixer et communiquer par les objets et les lieux construits, ses valeurs et ses significations symboliques, morales, esthétiques.

Dans le cas des agglomérations du bassin versant de Guebli on peut dire que les équipements sont implantés généralement sur l'espace central principal de chaque agglomération (aire d'attraction et d'animation principale). De ce fait on constate que la majorité des équipements commerciaux et administratifs sont situés sur l'axe principal des agglomérations (Ex : C.W.6 qui relie Skikda et Collo via Sidi Mezghich). En allant au delà de l'espace central on observe

que le niveau et la nature des équipements diminuent en importance (peu attractif), notons bien que le rayon optimale de desserte des équipements principaux est mal desservie.

8.2. Occupation du sol

La plupart des territoires traversés par le bassin versant du Guebli ont un caractère encore rural. Il est composé à 95% de territoires naturels, dominés par les forêts et les végétations arbustives sur les $\frac{3}{4}$ du bassin versant (Figure 8.2).

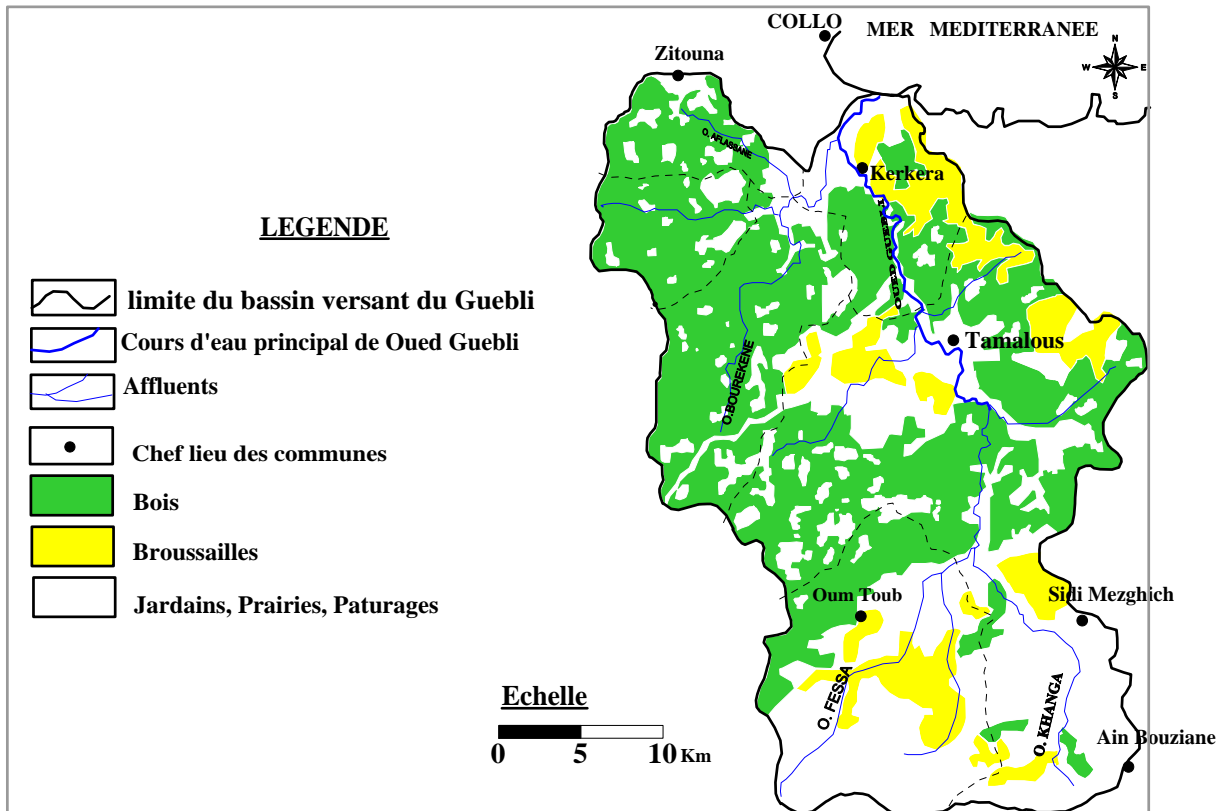


Figure 8.2. Carte d'occupation du sol du bassin versant du Guebli.

L'occupation du sol aux échelles communales diffère selon les communes. Aïn Kechra est la commune la plus rurale du bassin versant avec plus de 99% de son territoire recouvert de forêts et milieux naturels. A l'opposé, Tamalous est la commune la plus urbanisée qui a artificialisé 7% de son territoire. L'occupation du sol de l'ensemble des communes du bassin versant est en annexe 3.1.

L'occupation du sol a des impacts quantitatifs et qualitatifs sur les ressources en eau. Par exemple le boisement des versants se traduit par une accentuation de l'évapotranspiration en période de végétation ainsi que par une plus forte régulation des écoulements superficiels. L'occupation du sol a également des conséquences sur les écoulements via le coefficient de ruissellement des surfaces. Les liens entre l'occupation du sol, le taux d'imperméabilisation et les ressources en eau sont développés dans la partie relative à la méthodologie d'une gestion intégrée.

Tableau 8.3. Répartition générale des terres dans le bassin versant de Guebli.

Domaines	Espèces	Superficie (ha)	Taux (%)
Domaine forestier	Bois	17949	18.07
	Maquis	19205	19.33
	Broussaille	9477	9.54
Domaine agricole	Surface agricole utilisée	23633	23.79
	Parcours et pacages y compris les terres non défrichent	7656	7.70
	Terre improductive	4568	4.59
Terre improductifs non affectés à l'agriculture	y compris le domaine public et le domaine maritime	12359	12.44
Terre bâtis	Terrains urbains	4483	4.51

Source : direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de Skikda

8.2.1. Domaine forestier

Il regroupe tous les terrains occupés par les forêts, les Bois, les maquis, les broussailles, et représente 46.9% de la superficie totale du Guebli. Avec 38.4% de la superficie des forêts sont des Bois. La plus grande concentration des massifs forestiers est rencontrée dans la partie Nord du bassin (massif forestier d'Arb El Goufi, Medjeja, Demnia, Beni Zid, Arb Staiha...). Les strates sylvicoles rencontrées sont essentiellement à la base de chêne liège maquis ; et des broussailles. Ces dernières occupent surtout la partie Sud et Nord-Est du Guebli. Les superficies des forêts par type figurent dans le tableau 8.4.

Tableau 8.4. Répartition des superficies des forêts par type dans le bassin versant de Guebli

type des forêts	Bois (ha)						Maquis (ha)	Broussaille (ha)
	C. liège	Pin.M	C.Zèen	C.L.P.M	CL.CZ	Eucaly		
Bassin versant du Guebli	15945	257	357	979	251	160	19205	9477

Source : Administration des Forêts de Skikda

Chêne liège

Se développe d'une façon considérable sur les sols acides du socle Kabyle avec des conditions écologiques favorables (sols siliceux, précipitations abondantes et températures moyennes et leurs plasticités écologiques leur permettent une bonne adaptation à ce type de milieu .il présente en forme, chêne liège en massif avec 16.05% de la superficie totale du Guebli.

Chêne Zèen

Il s'étend essentiellement sur les versants Sud –Ouest, représente 0.35% de la superficie du bassin.

Eucalyptus

Il s'étend essentiellement dans les communes de Kerquera, Tamalous, Ain Bouzine, avec 0.16% de la superficie du bassin.

8.2.2. Domaine agricole

Ce domaine comporte tous les terrains à vocation agricole cultivés ou laissés en jachère. Il occupe 36.09% de la superficie du bassin de Guebli. La plus grande concentration des domaines agricole est rencontrée dans la partie Sud et centre du Guebli (la plaine de Tamalous, la plaine de Zerga ou Beni Oulbène et la plaine de Collo). Les principales composantes du domaine agricole se présentent dans le bassin de la manière suivante :

8.2.2.1. Superficie agricole utile (SAU)

La superficie agricole utile s'accapare plus que la moitié de la surface agricole, (soit 65.90% de la S.A) ; et environ 23.79% de la superficie totale du bassin versant. L'examen des résultats statistiques de la S.A.U du bassin versant de Guebli, consignés au tableau 8.5 :

Tableau 8.5. Répartition de la S.A.U. dans le bassin versant d'Oued Guebli

Nature des terres	Nature des cultures		Bassin versant de Guebli		Wilaya de Skikda	
			Superficie (ha)	Taux (%)	Superficie (ha)	Taux (%)
Terre labourable	Cultures herbacées	En sec	10862.65	45.96	65571	49.72
		En irrigué	1726	7.30	6843	5.19
	Terre au Repos	En sec	5698.34	24.11	39141.33	29.67
Production permanente	Arboriculture	En sec	5063.41	21.42	16512.3	12.52
		En irrigué	199	0.84	1752	1.33
	Vignoble	En sec	83.6	0.35	1073.50	0.81
		En irrigué	0.00	0.00	2	0.00
	Culture industrielle	En sec	0.00	0.00	0.00	0.00
		En irrigué	0.00	0.00	983.87	0.76
TOTAL		En sec	21708	91.84	122298.13	92.72
		En irrigué	1925	8.16	950.87	7.28

Source : direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques

Terrains labourables

Ce sont des terrains occupés par des cultures en sec ou en irrigué, ils couvrent 18.40% de la superficie total du bassin. Les cultures en sec représentent la majorité (90.56%) de la superficie des terrains labourables. Les cultures en irrigué (maraîchères), occupent seulement

1726 ha soit 9.44% des terres labourables, cette surface réduite se localise uniquement à quelques endroits près des Oueds et limitées aux jardins familiaux.

Terrains de production permanente

Ce sont des terrains occupés par des arboricultures et des vignobles, ils couvrent 5.39 % de la superficie total du Guebli. Parmi les arboricultures les plus répons dans notre bassin versant, les oliviers.

8.2.2.2. Terres agricoles non productives

Ce sont des terres de parcours des pacages y compris les terres non défrichent. Ils couvrent 12.30 % de la superficie du bassin.

8.2.3. Domaine improductif non affecté, a l'agriculture

Ces terrains occupent 16842ha soit 16.95% de la superficie totale du bassin versant du Guebli, ils englobent les terrains suivants :

Terrains y compris le domaine public et le domaine maritime

Ce sont les terrains non occupés par une végétation naturelle ou artificielle, ils correspondent en général aux terrains perdus à l'agriculture au difficile à mettre en valeur compte tenu de certaines contraintes topographiques, lithologiques... ; ils s'étendent sur 12.44% de la superficie totale du bassin.

Terrains bâtis ou les agglomérations

Ces terrains occupent 4.51% de la superficie totale du Guebli, ce dernier regroupe sur son territoire 9 agglomération des communes et plus de 102 de mechtas ; situées soit a l'Ouest du Guebli (Béni Zid, Ain Kechra) ; soit aux alentours de la RN 85 et la RN 43, et le long de l'Oued Guebli et ces affluents.

Conclusion

La première constatation, on peut dire que le bassin versant de Guebli est l'image de la wilaya de Skikda se sont les cultures herbacées qui sont les plus dominantes. En outre les cultures en irrigué sont insignifiantes dans le bassin, ceci explique la faiblesse des moyens hydrauliques et la mauvaise gestion de ces ressources hydrauliques. Il s'agit surtout d'aires d'irrigation dispersées à travers l'ensemble du bassin. Ces pratiques se font soit par puits et sur prise des eaux des Oueds. Le domaine forestier et le domaine agricole occupent la majorité de la superficie totale. Cette prédominance affirme la vocation et la tradition rurale du Guebli.

8.3. Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans le bassin du Guebli

Bien gérer la problématique de l'eau, implique une connaissance aussi parfaite que possible de la disponibilité de la ressource et de sa variabilité dans le temps et dans l'espace, et autant que faire ce peut proposer des scénarios prospectifs pour l'analyse du risque et la gestion des crises, dans un avenir où les effets anthropiques sont mal maîtrisés. Le bassin du Guebli ne fait pas exception, les ressources hydriques dont on dispose sont plus ou moins limitées, cette limitation est d'abord naturelle, mais elle est accentuée par les besoins toujours croissants du développement démographique et socio-économique, par le gaspillage, ainsi par les différents types de pollutions menaçant le bassin. Cette situation, paraît angoissante, nécessite une planification basée sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le bassin, pour faire face à toute situation de crise probable.

Avec une pluviométrie moyenne annuelle de 813 mm sur l'ensemble du bassin, traduisant un apport pluviométrique total de l'ordre de $808 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Ce potentiel hydrique considérable, est malheureusement, se trouve confronté à d'importants problèmes de gestion de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant le volume total reconnu à près de l'ordre $56,6 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, dont un potentiel de $13,7 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ est mobilisé dans le bassin du Guebli. Le reste du volume s'écoule tout simplement vers la mer.

8.3.1. Ressources en eau de surface

Oueds

Les ressources en eau de surface proviennent en quasi-totalité de l'Oued Guebli et ses principaux affluents, qui sont alimentés principalement par les eaux pluviales. Dans le sous bassin de Beni Zid, les Oueds Zadra et Beni Zid fournissent un apport moyen annuel de l'ordre de $10,7 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, le sous bassin de Guebli amont avec un apport moyen de $54,6 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Sur l'ensemble du bassin, les apports en eau de surface de l'Oued Guebli et ses affluents traduisent un volume calculé par la formule de Turc qui donne généralement de très bonnes estimations pour les bassins versants Algériens, basée sur les valeurs des lames d'eau écoulées et les apports moyens correspondants, de l'ordre de $143,3 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, qui reste très peu exploité vu le volume total mobilisé par les différents ouvrages hydrauliques dans le bassin.

Barrages

Le bassin versant de l'Oued Guebli compte deux barrages en exploitation, d'une capacité totale de 160 hm^3 avec un volume régularisable total de l'ordre $50 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Outre, il existe un autre barrage en projet au sein du bassin du Cap Bougaroun au voisinage du Guebli. Le barrage de l'Oued Zhour, doté d'un double objectif, il est destiné à servir comme un moyen de protection de la plaine de Oued Zhour exclusivement contre les inondations, et par la même occasion alimenter en eau potable des communes de Ouled Atia et ses environs, ainsi qu'à l'irrigation de sa plaine qui s'étend sur une superficie de 400 ha, ce barrage, dont la capacité de stockage est 22 hm^3 , peut rendre d'énormes services au bassin du Guebli surtout sur la

partie Nord-Ouest. Il est actuellement en phase d'étude au niveau de l'Agence Nationale des Barrages et de Transfert (ANBT).

Le barrage de Guenitra est construit sur le lit de Oued Fessa, dans un point de cote 110 m et avec un sous bassin versant d'environ 202 km². L'altitude maximum de ce bassin est de 1364 m ; et caractérisé par ; un réseau hydrographique important (4.04 km/km²) caractérisé par l'Oued Fessa, principal cours d'eau alimentant le barrage et ses différents affluents (Fig.8.3).

- Oued Charfa qui longe au pied d'un relief escarpé la limite Est du sous bassin versant.
- Oued Mégramène et Oued Mellouh, entre lesquels est situés le village d'Oum Toub.
- Oued Essouk, parcourant la zone minière de Sidi kamber dont la pente est la plus élevée.

Le couvert végétal est faible dans l'ensemble, les arbres sont constitués principalement d'oliviers dans la partie Sud du sous bassin et de quelques arbres fruitiers au niveau du village d'Oum Toub. Le transport solide moyen charrié de l'Oued Guenitra est de l'ordre 573.10³ T.an⁻¹ soit 8.23 hm³ de vase occupent le fond de ce barrage actuellement, et avec un taux d'envasement annuel de l'ordre de 0.35 hm³.an⁻¹. Le volume total de l'apport moyen de l'ensemble des cours d'eau du sous bassin est estimé à 37 hm³.an⁻¹.

Le barrage sur l'Oued Beni Zid est destiné à l'irrigation des terres et l'alimentation en eau de la ville de Collo. Le projet établi en 1968 est actualisé sous l'emprise d'une impérieuse nécessité d'augmenter le rendement et, respectivement, la hauteur du barrage. Le projet est actualisé en URSS par l'institut Ukrguiprovdokhoz sur la base des données des prospections réalisées en 1968 et en 1972 ainsi que des prospections supplémentaires effectuées in situ en 1985. Le projet du barrage de Beni Zid était élaboré en 1968 par l'institut Ukrguiprovdokhoz conformément au programme- commande de l'Administration Algérienne dans le cadre du contrat n^o 9386. Le barrage était destiné à irriguer 1,5 à 1,8 mille ha dans la plaine de Collo. En 1966, un groupe de spécialistes Soviétiques avait procédé aux reconnaissances et aux études de faisabilité visant au choix du site d'un barrage qui pourrait assurer la capacité voulue. A cette fin, ils ont prospecté les Oueds Guergoura, Alassane, Bourekane et Beni Zid. Les travaux effectués avaient en pour résultat un rapport technico-économique envisageant 6 variantes du site dont celui sur l'Oued Beni Zid fut recommandé à étudier comme le plus convenable d'après ses caractéristiques techniques et économiques. Après avoir étudié le rapport remis, l'administration Algérienne avait retenu le site sur l'Oued Beni Zid. Dans la même période, les deux parties avaient réglé les solutions techniques de principe mises à la base du projet. En 1967, les travaux de reconnaissance ont pris leur fin. Les travaux de laboratoire étaient accomplis en Algérie (caractéristiques physico -mécaniques et géotechniques des terrains, chimismes de l'eau) et en URSS (contrôle des caractéristiques géotechniques du sol de fondation et du corps du barrage, études pétrographiques, étude de l'évacuateur sur modèle réduit etc.).

Le projet était établi en URSS en 1968. Après l'approbation du projet par l'administration Algérienne, pendant la période de 1969 à 1971, conformément au contrat n^o 9386/10, un groupe de spécialistes Soviétiques avait réalisé les travaux de reconnaissance et de projet au stade des plans d'exécution. Ils ont entamé même les travaux de chantier, mais le projet du barrage de Beni Zid était laissé en plan. Or, le développement intense de l'industrie, l'accroissement de la population de la ville de Skikda et les besoins en eau d'irrigation dans la

zone adhérent au barrage de Guenitra, avait imposé de destiner cette dernière à combler les déficits et satisfaire les consommateurs.

Pendant les années 1968 jusqu'à 1984, la population de la ville de Collo avait doublé, son industrie se développe intensément. Les ressources en eaux souterraines de la plaine de Collo ne pouvant plus combler les déficits, la construction d'un barrage s'impose comme un problème primordial. Les ressources de l'Oued Beni Zid permettent d'augmenter sa capacité par la projection d'une digue de colle grâce à laquelle la capacité maximale est passée de 12 à 40 hm³. Compte tenu des raisons précitées, l'administration Algérienne avait proposé de porter le rendement utile du barrage à 20 hm³.

L'Oued Beni Zid est un affluent secondaire de l'Oued Guebli qui se jette dans la Méditerranée dans la plaine de Collo. Du au confluent des Oueds Beni Zid et Zadra qui prennent leur source sur le versant de l'Atlas Tellien, l'Oued Beni Zid se jette dans l'Oued Bourekane du coté gauche à 8 km de son embouchure.

- Le site du barrage est construit sur le lit de l'Oued Beni Zid à 22km de la ville de Collo. La superficie du sous bassin versant est de 55,5 km. La configuration de sous bassin ressemble à un rectangle étendu en sens de latitude. La variation de sa largeur le long de l'Oued est insignifiante.
- Le réseau hydrographique est bien développé, la densité de drainage est 6,24 km/km².
- Le relief du sous bassin versant est montagneux. Les cotes absolues de ligne de partage des eaux au Nord varient de 200 à 950 m, au Sud de 250 à 750 m et à l'Est de 40 à 250 m.
- Le sous bassin versant est boisé à 80%. C'est le chêne liège ou, parfois, les oliviers. Le sol est gazonné, couvert de broussailles. L'érosion est faible à moyen, le ravinement n'a pas lieu.
- Le lit majeur de l'Oued ne se manifeste que dans le cours inférieur. Le lit majeur, large de 100 à 250m, est formé de terrains meubles, boisés, couverts de broussailles.
- Le transport solide moyen charrié de l'Oued Beni Zid est de l'ordre 157.10³ T/an soit 2.25 hm³ de vase occupent le fond de ce barrage actuellement, et avec un taux d'envasement annuel de l'ordre de 0,097 hm³.an⁻¹.
- Le volume total de l'apport moyen de l'ensemble des cours d'eau du sous bassin est estimé à 27 hm³.an⁻¹ soit à 0,85m³/s.

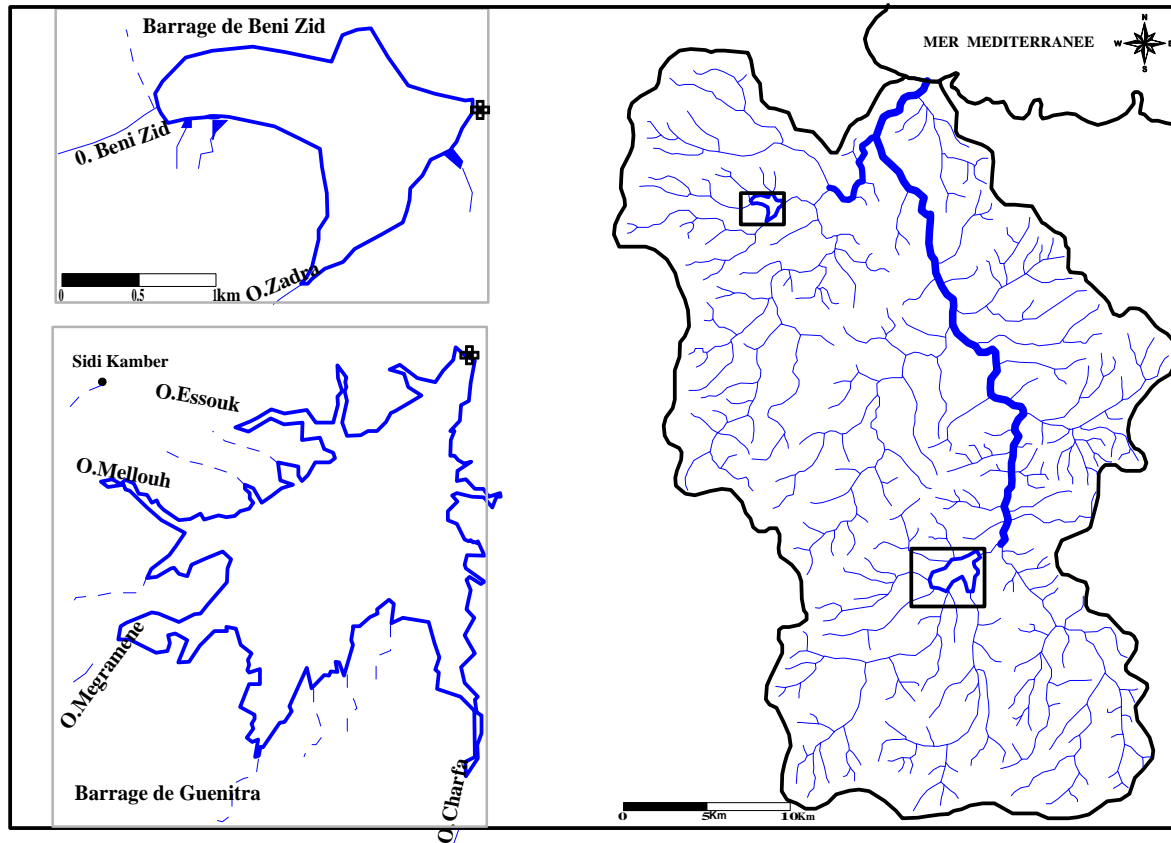


Figure 8.3. Carte d'inventaire des barrages dans le bassin versant de l'Oued Guebli

Retenues collinaires

Quatre (4) retenues collinaires avec une capacité totale de l'ordre $0,31 \text{ hm}^3$, ces retenues sont essentiellement destinées à l'agriculture.

8.3.2. Ressources en eau souterraines

Les eaux souterraines constituent une part très limitée du patrimoine hydraulique du bassin, elles représentent près de 11,6 % de son potentiel hydrique reconnu. Les réserves souterraines constituées par les différentes nappes existantes dans le bassin du Guebli sont alimentées par les précipitations efficaces. Les investigations réalisées dans le bassin permettent d'estimer son potentiel en eaux souterraines à près de $6,6 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (DHW Skikda 2012).

Tableau.8.6. Production annuelle et inventaire des forages en exploitation dans le bassin versant de l'Oued Guebli (bilan 2012)

Commune	Exploitation Gestionnaire	Nom du forage	Caractéristique des forages					Volume Annuel Prélevé (m ³)	Durée annuelle de pompage (h)
			Diamètre (mm)	Profondeur (m)	Débit max (l.S ⁻¹)	Débit Exploité (l.S ⁻¹)	Cote calage Pompage (m)		
Collo	EPE	Safor	340	35	15	13	24	316368	6760
Collo	EPE	Benito	600	24	10	8	25	13276	461
Collo	EPE	Telazza ₁	450	35	18	15	25	365040	6760
Collo	EPE	Telazza ₂	244	35	10	8	25	13276	461
Beni Zid	APC	A.charaf	340	45	10	8	14	75168	2610
Beni Zid	APC	Lembatal	340	60	10	7	24	4549	180
Cheraia	APC	Aghbel	340	25	10	8	16	75168	2610
Tamalous	APC	Tamalous ₁	300	20	15	12	16	72997	1689
Tamalous	APC	Tamalous ₂	340	25	10	8	18	170467	5919
Tamalous	APC	Meraya	305	25	8	8	19	174952	6074
Tamalous	APC	Ain Tabia	300	20	15	11	16	115949	2928
Kerkera	APC	Rebahia	305	30	10	8	20	140889	4892
B.Ouiden	APC	B.Ouiden	340	30	12	9	26	94478	2916

Source :D.H.W de Skikda.

Forages

Selon le dernier bilan de la DHW de Skikda, 7 forages sont actuellement en exploitation dans le bassin versant de Guebli (Tab.8.6), mobilisant un potentiel de 1.3 hm³.an⁻¹. Les eaux de ces forages sont destinées essentiellement à l'alimentation en eau potable (A.E.P). Dont 6 forages sont abandonnés pour des raisons de colmatage ou du rendement très faible.

Sources

A travers la surface du bassin versant de Guebli il existe un nombre considérable des sources, aux totale 150 sources mobilisant un potentiel de 111 l.S⁻¹ soit 3.50 hm³.an⁻¹. La majorité des sources inventoriées sont mal captées ou partiellement aménagées, avec des débits qui ne dépassent parfois les 0.5 l.S⁻¹ (Tamalous, et Kerkra). Certaines d'entre elles ayant un débit intéressant plus de 2 l.S⁻¹ (Zitouna, Ain Kechra). Assurant l'alimentation en eau potable des mêmes communes montagneuses où elles se trouvent

Puits

A travers la superficie du bassin du Guebli, il existe un nombre considérable de puits qui captent les eaux de la nappe superficielle, dont le rôle est limité uniquement à satisfaire les besoins domestiques (AEP) et l'irrigation de quelques surfaces agricoles. Les débits d'exploitation sont peu significatifs.

Tableau.8.7. Répartition par Commune des Infrastructures Hydrauliques (situation 2012).

Commune	Barrages			Retenues Collinaires		Sources		Forages		Château d'eau et Réservoirs	
	nombre	capacité (hm ³)	Volume Régularisable (hm ³ .an ⁻¹)	nombre	capacité (hm ³)	nombre	Débit (l.S ⁻¹)	nombre	Débit (l.S ⁻¹)	nombre	Capacité (m ³)
Collo	00	00	00	00	00	01	0.5	04	44	02	400
Zitouna	00	00	00	01	0.05	09	37.0	00	00	06	1050
Beni-Zid	01	40	20	00	00	03	6.0	02	15	11	3600
Cheraia	00	00	00	00	00	06	8.5	01	08	02	500
Tamalous	00	00	00	00	00	45	19.0	04	39	11	5500
Kerkera	00	00	00	00	00	03	2.6	01	08	09	3800
B. Ouiden	00	00	00	00	00	04	3.0	01	09	02	200
Ain kechra	00	00	00	00	00	14	5.5	00	00	08	2600
boubalout	00	00	00	00	00	06	1.0	00	00	01	50
Oum Toub	01	120	30	00	00	12	3.6	00	00	08	2975
S.Mezghic	00	00	00	02	0.163	15	5.0	00	00	07	2950
B.oulbene	00	00	00	00	00	11	11.0	00	00	06	1950
A. bouzian	00	00	00	01	0.1	13	2.5	00	00	02	1000
Bouchtata	00	00	00	00	00	02	1.5	00	00	01	50
E.Harrouc	00	00	00	00	00	03	1.8	00	00	01	50
Z. Youcef	00	00	00	00	00	03	2.5	00	00	01	100
B.V.Guebli	02	160	50	04	0.313	150	111	13	123	78	26775

Source : DHW de Skikda.

8.3.3. Mobilisation des ressources en eau

Les ressources en eau de surface mobilisables dans le bassin du Guebli sont estimées à près de 7,9 Hm³.an⁻¹, mais seulement un volume de 3,2 Hm³.an⁻¹ qui est mobilisé par les différentes infrastructures mises en place, traduisant un taux de 40 % de la totalité des ressources mobilisables. Malgré sa pauvreté en ressources en eau souterraines, le volume mobilisable est estimé à 5,8 Hm³.an⁻¹, mais plus de 3,8 Hm³.an⁻¹ sont mobilisées. La situation actuelle de la mobilisation des ressources en eau de surface et souterraine se résume dans le tableau 8.8.

Tableau.8.8. Répartition par Commune la mobilisation des ressources (situation 2012).

Commune	Potentialités Total reconnues		Ressources Mobilisables		Ressources mobilisées	
	Total ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Dont Souterraine ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Total ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Dont Souterraine ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Total ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Dont Souterraine ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)
Collo	0,743	0,743	0,728	0,728	0,728	0,728
Zitouna	1,122	1,072	1,122	1,072	1,122	1,072
Beni Zid	20,819	0,819	2,92	0,819	0,860	0,473
Cheraia	0,268	0,268	0,268	0,268	0,055	0,055
Tamalous	1,766	1,766	1,513	1,513	0,448	0,448
Kerkera	0,208	0,208	1,934	0,208	0,888	0,077
Bin el Ouiden	0,378	0,378	0,378	0,378	0,094	0,094
Ain kechera	0,173	0,173	0,157	0,157	0,157	0,157
O.boulballout	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
Oum Toub	30,113	0,113	1,736	0,009	0,972	0,009
S. Mezghiche	0,320	0,157	2,206	0,157	1,0696	0,157
Beni Oulbène	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346
Ain Bouziane	0,178	0,078	0,356	0,078	0,285	0,078
Bouchtata	0,047	0,047	0,012	0,012	0,012	0,012
El Harrouch	0,056	0,056	0,011	0,011	0,011	0,011
Z. Youcef	0,078	0,078	0,068	0,068	0,068	0,068
B.V.de Guebli	56,6	6,3	13,7	5,8	7,0	3,8

Source : DHW de Skikda.

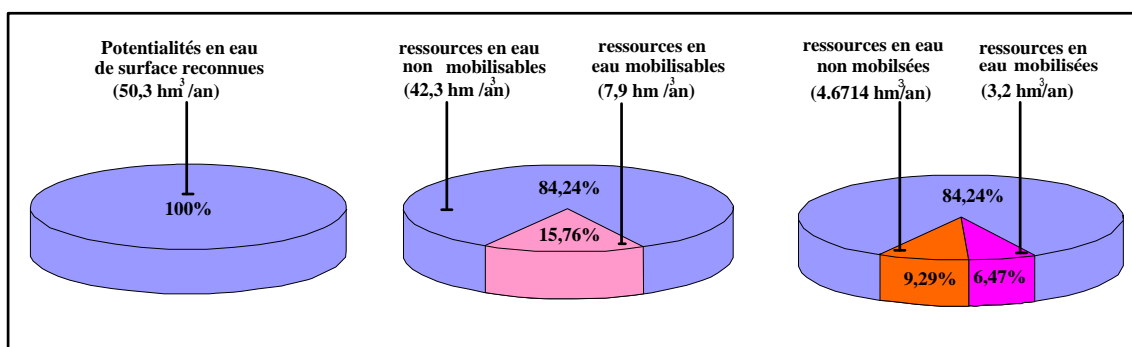


Figure.8.4. les eaux de surfaces : potentialités reconnues ; ressources mobilisées et exploitées

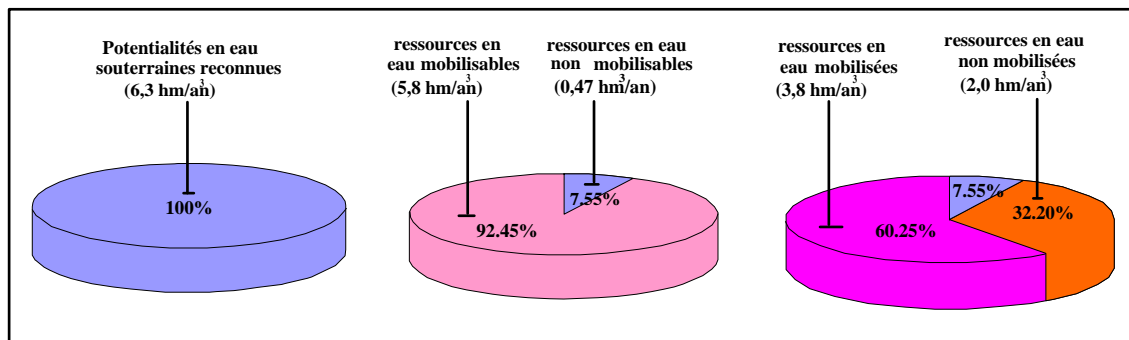


Figure.8.5. les eaux souterraines du bassin versant du Guebli

Globalement, les ressources en eau mobilisées dans le bassin du Guebli sont évaluées à près de $7 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit 12 % des ressources totale reconnue. Les eaux de surface, dont le volume reconnu est estimé à $50,3 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, sont mobilisées à hauteur de 6 %. Cependant, le volume reconnu pour les eaux souterraines est de l'ordre de $6,3 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit un taux de 60 % qui est réellement mobilisé. Nous notons que les gestionnaire du bassin du Guebli étaient intéressés par la mobilisation des eaux souterraines (par l'implantation des forages et la réhabilitation de ceux qui sont en mauvais état) malgré ces ressources sont très limitées et négligent les ressources de surface abondantes.

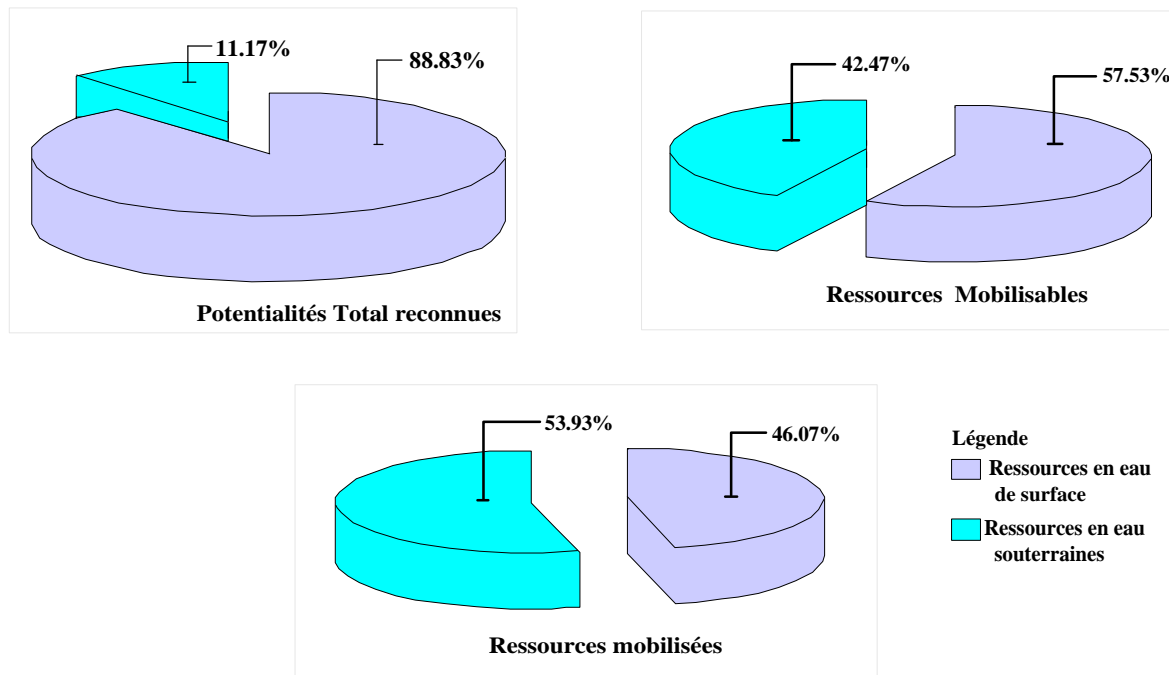


Fig.8.6. Ressources en eau du bassin versant du Guebli.

Les eaux transférées du Guebli vers les bassins versants avoisinants

-Les eaux transférées vers le bassin versant de Saf Saf, subissent un transfert très important à partir du barrage de Guenitra vers le chef lieu de Skikda et ces agglomérations ($7.3 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$), elles traversent la partie Sud de la commune de Sidi Mezghiche qui a priori n'en bénéficie pas.

-Les eaux transférées à l'irrigation dans la plaine d'Emjez Edchich, El Harrouch et Salah Bouchaour ($10.5 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$).

-Les eaux transférées vers le bassin versant de Bougaroun à partir du barrage de Beni Zid vers le chef lieu de Collo et ces agglomérations ($9330 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ soit $3.4 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$).

-Les eaux transférées vers l'extérieur du bassin versant de Guebli à partir des sources captées et aménagés par l'usine des eaux minérales de Sidi Dris, néanmoins le volume transféré est moins important.

-Au total le volume transféré vers l'extérieur du bassin versant de Guebli est estimé avec le taux de $21.2 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit 42.42 % des ressources en eau de surface du Guebli.

8.3.4. Une disponibilité inégale des ressources en eau pour les communes.

8.3.4.1. D'un point de vue quantitatif

Le potentiel hydrique est inégalement réparti dans le bassin, le volume le plus important se trouve en amont du bassin (Oum Toub avec un taux de 53 %) et dans la partie Nord-Ouest à la commune de Beni Zid avec 37%. La partie centrale du bassin totalise un volume de 2,5 $\text{Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. L'aval ne contient que 6 % de la totalité des ressources reconnues. Ce constat explique la taille limitée des aquifères du bassin du Guebli et le volume important mobilisable dans les deux barrages. En matière de mobilisation, le volume total mobilisé (exploité) est de l'ordre de 7 Hm^3 (pour l'année 2012), soit 51 % de la ressource totale mobilisable. Le volume mobilisé le plus important est concentré dans les communes de Zitouna, Beni Zid, Kerker, Sidi Mezghiche et Oum Toub, avec un taux de 66 %. Les communes du centre et l'aval du Guebli s'approvisionnent en eau seulement par la mobilisation des ressources souterraines. Le tableau 8.8 et la figure 8.7 synthétisent à l'échelle du bassin du Guebli les principales ressources en eau communales.

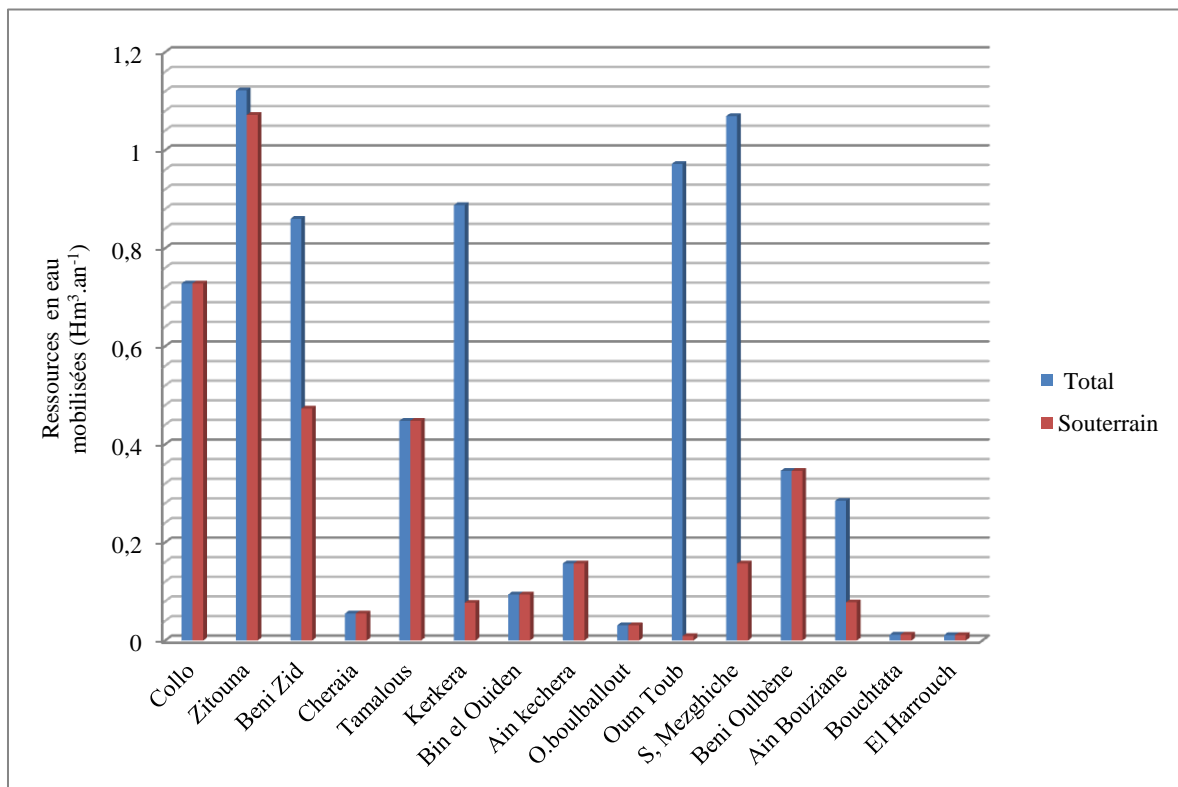


Figure 8.7. Répartition des ressources en eau mobilisées dans le bassin du Guebli.

8.3.4.2. D'un point de vue qualitatif

8.3.4.2.1. Faciès chimiques

La représentation des données physico-chimiques sur le diagramme de Piper montre plusieurs faciès chimiques qui dépendent de la nature géologique, et anthropique (Fig.8.8).

Le report de 6 échantillons des forages du bassin versant du Guebli sur le diagramme de Piper a fait apparaître deux groupes ;

Les forages de la partie centrale du Guebli représentés par deux faciès chimiques, l'un sulfaté sodique de la zone de Tamalous, et l'autre au niveau de la région Bin El Ouiden, avec un faciès chloruré magnésien.

Les forages de la partie aval du Guebli sont caractérisés par un faciès chloruré sodique dû à l'effet de la salinité marine.

Le report de 13 échantillons prélevés dans le barrage de Guenitra sur le diagramme de Piper révèle un seul faciès dominant sulfaté-calcique durant la période de 2000-2013. Ce faciès indique une dissolution évaporitique riche en sels et en gypse.

Le report de 13 échantillons prélevés dans le barrage de Beni Zid sur le diagramme de Piper révèle deux faciès dominants : le premier de type bicarbonaté-calcique, le second de type chloruré-calcique.

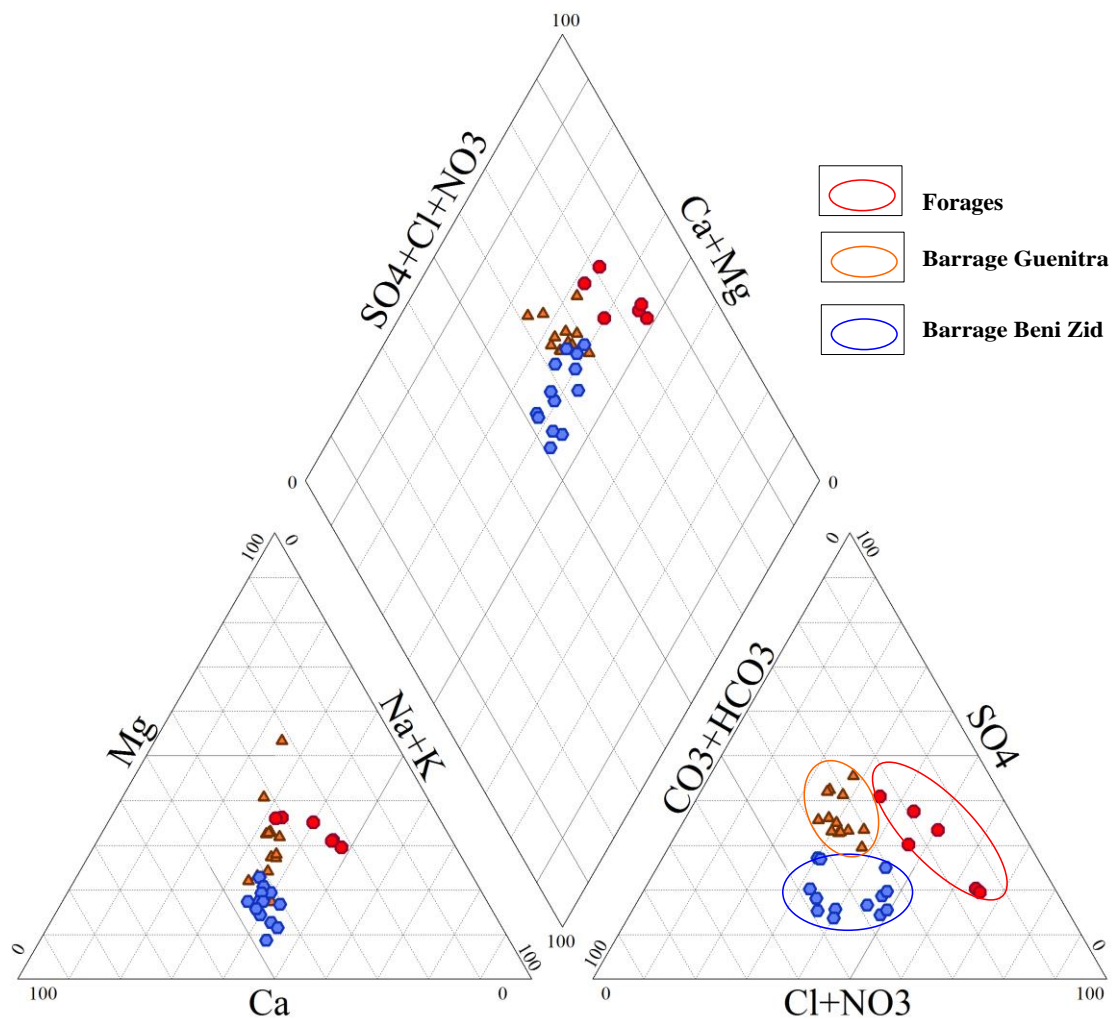


Figure 8.8. Faciès chimiques des eaux pour les forages et barrages du Guebli.

8.3.4.2.2. Aptitude des eaux pou l'irrigation

La représentation graphique du S.A.R en fonction de la conductivité (Fig.8.9), permet de déduire la classe $C_3 S_1$ et $C_3 S_2$. Les eaux des forages de qualité admissible, en général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes en sel sur les sols bien drainés l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

Le barrage de Guenitra est destiné à l'irrigation des périmètres agricoles de la plaine de Medjez-edchiche comme deuxième objectif, c'est pour cela nous sommes obligés de classer la qualité des eaux du barrage en utilisant le diagramme de Richards (Fig. 8.9). La représentation graphique du S.A.R en fonction de la conductivité, permet de déduire généralement la classe $C_2 S_1$. Donc on peut dire que les eaux du barrage de Guenitra peuvent être utilisées en général, sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes, moyennement tolérantes au sel, sur sol ayant une bonne perméabilité.

La représentation graphique du S.A.R en fonction de la conductivité (Fig.8.8), permet de déduire la classe $C_1 S_1$. En tenant compte de ces considérations chimiques on peut dire que l'eau du barrage de Beni Zid est de très bonne qualité pour l'irrigation.

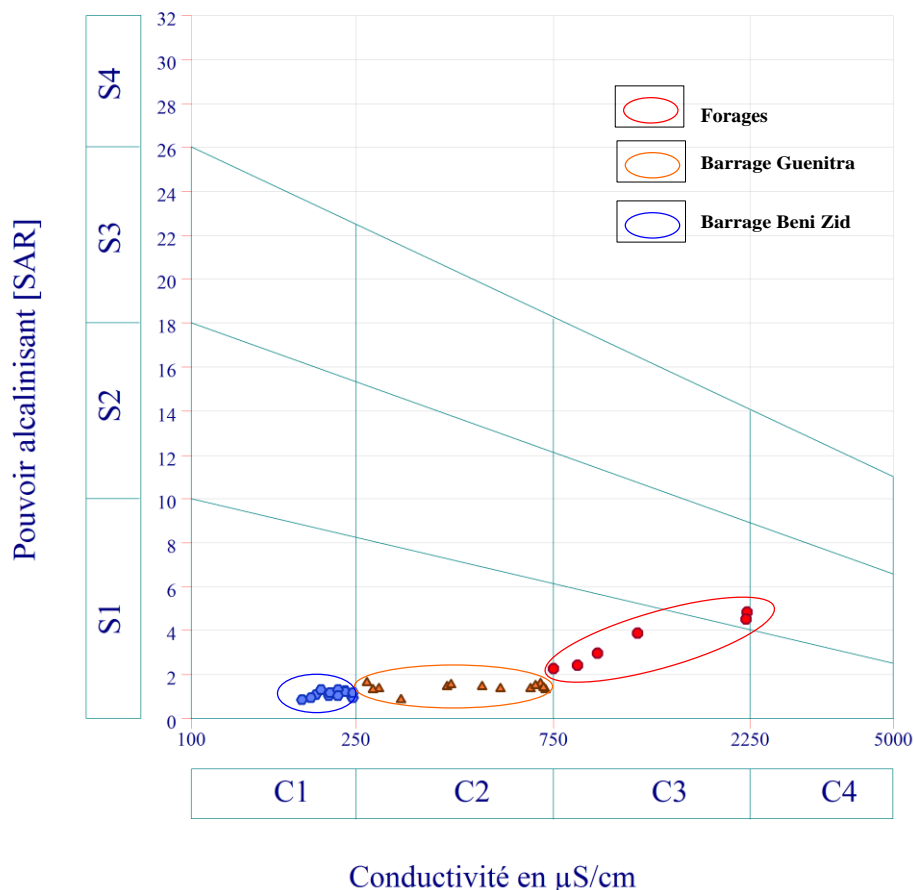


Figure.8.9. Classification des eaux des forages et des barrages du Guebli d'après le diagramme de Richards.

8.3.4.2.3. Normes de potabilité des forages

Des analyses chimiques effectuées par l'Agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) de Constantine, la concentration annuelle dans notre étude, représente la moyenne des valeurs enregistrées durant une année (quatre prélèvements par année). Les données ont porté sur une période de 7 années (2006-2013). On a choisi les forages d'eau exploités où il ya les ressources mobilisées. Le bassin versant de Guebli comporte 6 points de mesure des eaux souterraines : trois forages dans la nappe de Collo et autres trois forages dans la nappe de Tamalous -Bin el Ouiden (Fig. 8.10).

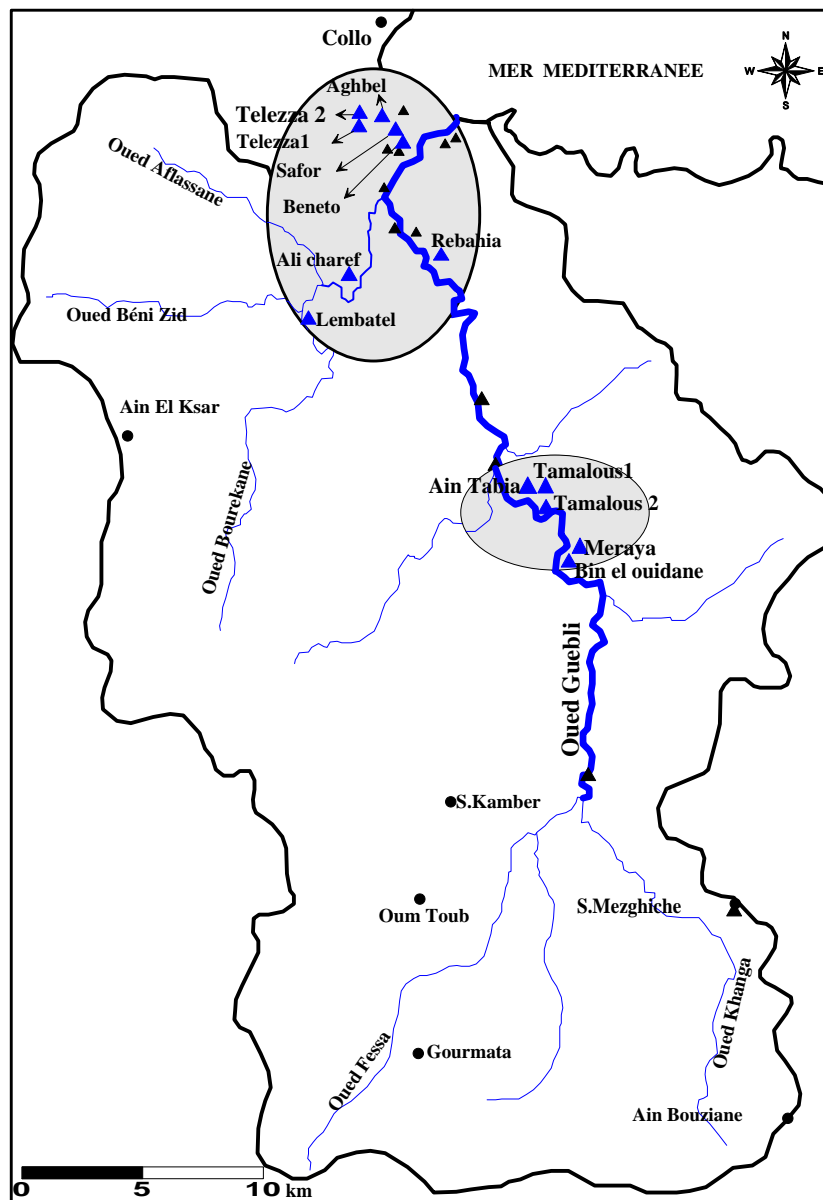


Figure 8.10. Inventaire ces forages d'eau exploités du Guebli

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses chimiques effectuées, on a procédé les normes OMS de potabilité pour chacun des paramètres représentés dans la figure 8.11. Toutes ces altérations, à l'exception du phosphore, ont une influence sur la production d'eau potable. La qualité par altération : est déterminée par le paramètre déclassant, c'est-à-dire celui qui définit la classe de la qualité la moins bonne.

Qualité		Signification			
Excellente		Eau de qualité optimale pour être consommée			
Bonne		Eau de qualité acceptable pour être consommée mais le cas échéant faire l'objet d'un traitement de désinfection.			
Passable		Eau non potable, nécessitant un traitement de potabilisation			
Mauvaise		Eau inapte à la production d'eau potable en regard de la réglementation			

Particules en suspension					
Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Turbidité	NTM	0.4	2	3750	> 3750

Minéralisation					
Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	> 180 et 400	400 et 2500	2500 et 4000	> 4000
Cl^-	mg/l	25	250		> 250
SO_4^{3-}	mg/l	25	250		> 250

Nitrates					
Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
NO_3^-	mg/l	10	20	40	>40

Matières azotées					
Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
NH_4^+	mg/l	0.05	0.5	4	> 4
NO_2^-		0.01	0.1	3	>3

Phosphates					
Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
PO_4^{3-}	mg/l	0.01	0.1	3	>3

Figure 8.11. Classes de qualité pour chaque altération d'après (recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 2004).

Dans le but de bien appréhender l'évolution de la qualité des eaux, les analyses chimiques englobent les paramètres suivants :

Particules en suspension

Les matières en suspension sont constituées de micro particules (argiles,...), l'altération est définie par la turbidité. Elle traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau qui éveillent toujours la méfiance du consommateur. Et elle peut aussi donner des goûts et des odeurs désagréables. La figure 8.12 montre que les forages du bassin versant du Guebli représentent des eaux bonnes ou la teneur de la turbidité est variée entre 0,4 et 2 NTM.

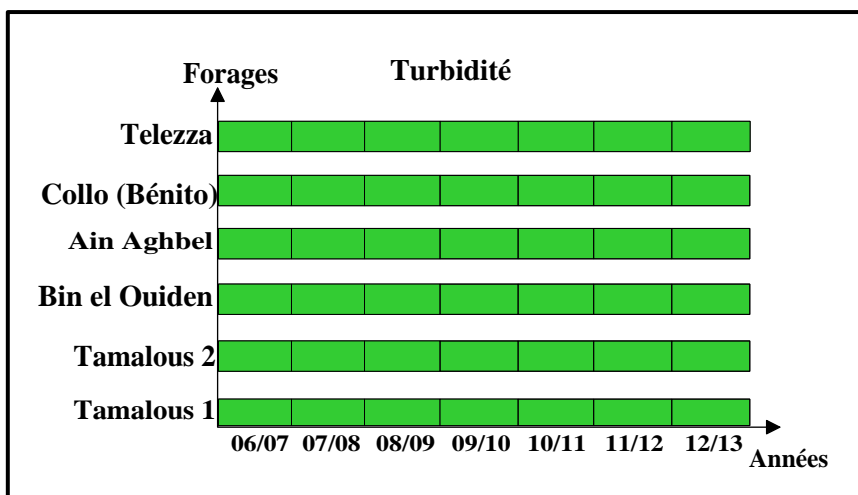


Figure 8.12. Qualité des eaux des forages en fonction de la turbidité

Minéralisation

La minéralisation correspond à la quantité des sels contenus dans l'eau. Elle est évaluée à partir des paramètres conductivité ou SO_4^{2-} , Cl^- ,... Leur présence est souvent d'origine naturelle. Les teneurs en chlorures et sulfates des eaux sont liées principalement à la nature des terrains traversés. La conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau ; un excès peut provoquer des inconvénients (altération gustative, laxative) et des maladies (maladies rénales,...). L'évolution de la conductivité dans les eaux des forages représenté dans la figure 8.13, montre que les quatre forages (Tamalous 1, Tamalous 2, Bin el Ouiden, et Ain Aghbel) sont des eaux de qualité bonnes, les deux forages (Collo et Telleza) représentent la classe des eaux de qualité passable, dont les teneurs dépassent 2100 us.cm^{-1} .

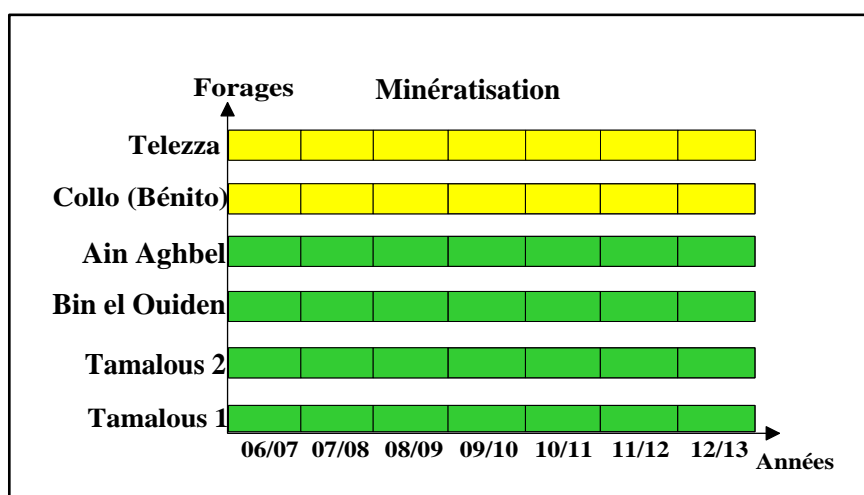


Figure 8.13. Qualité des eaux des forages en fonction de la minéralisation

Nitrates

Leur origine est principalement agricole (engrais azotés), et leur présence dans l'eau de consommation provoque : la méthémoglobinémie qui est une grave intoxication des nouveau nés par asphyxie et le cancer par formation de nitrosamines. Les teneurs en nitrates sont importantes au niveau de la majorité des forages du Guebli, une concentration élevée en nitrate a été observée au niveau du forage (Ain Aghbel) 66 mg.l^{-1} . Les valeurs minimales concernant les chlorures sont observées au niveau de deux forages (Tamalous 1 et 2) ou les teneurs ne dépassent pas les 20 mg.l^{-1} . La figure 8.11, montre que les eaux des forages de la nappe de Collo du point de vue nitrates sont des eaux de qualité passable à mauvaise, par contre les eaux des forages de la nappe de Tamalous du point de vue nitrates sont des eaux de qualité excellente à bonne (Fig.8.14).

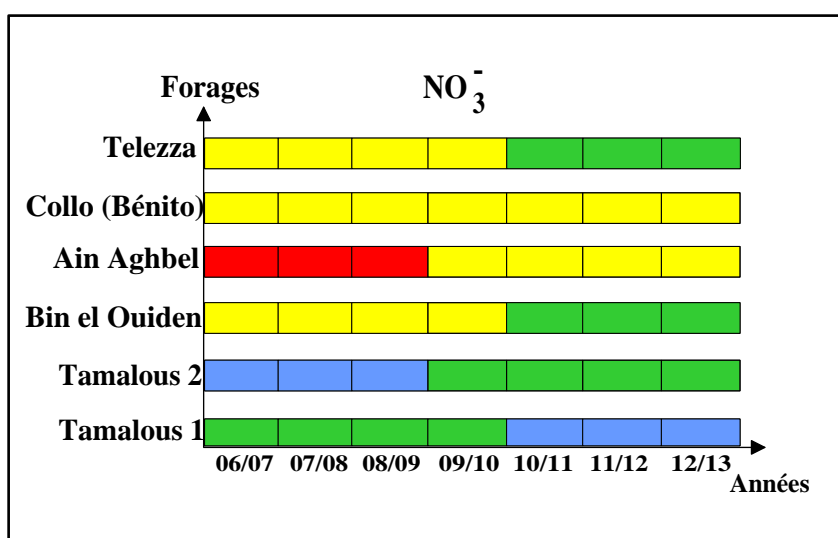


Figure 8.14. Qualité des eaux des forages en fonction des nitrates

Les matières azotées

Les paramètres principaux sont NH_4^+ , NO_2^- . La présence de NH_4^+ dans les eaux souterraines provient : des rejets d'effluents domestiques et industriels, de la réduction des NO_3^- par les bactéries ou par les ions ferreux, et de la dégradation incomplète de la matière organique. Leur présence dans l'eau de consommation provoque la prolifération des bactéries nitrifiantes et peut modifier le goût de l'eau. Les NO_2^- proviennent d'une transformation de NH_4^+ par les bactéries et peut provoquent le cancer par la formation des nitrosamines. La figure 8.15, donne les deux classes de la qualité des eaux sont dressées en fonction des matières azotées, la première excellente, et caractérisée par des teneurs en NH_4^+ entre $0,01$ à $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ et la deuxième correspondant aux eaux bonnes, avec des teneurs en NH_4^+ comprises entre $0,4$ et $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$.

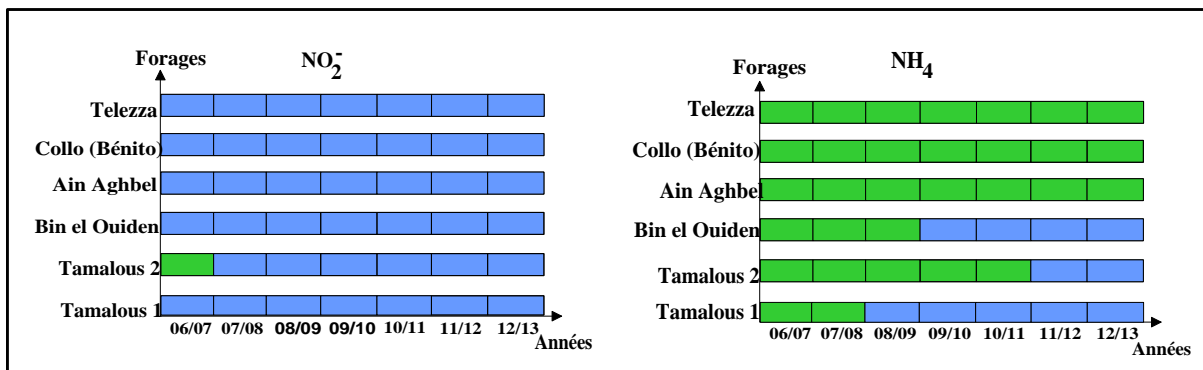


Figure 8.15. Qualité des eaux des forages en fonction des matières azotées

Phosphates

Le phosphore n'est pas considéré comme problématique par le traiteur d'eau même si des normes ont été établies pour la consommation d'eau potable. La qualité de l'eau est définie pour chaque altération dans 4 classes de qualité. La qualité des eaux des forages en fonction des phosphates est globalement bonne à passable (Fig.8.16).

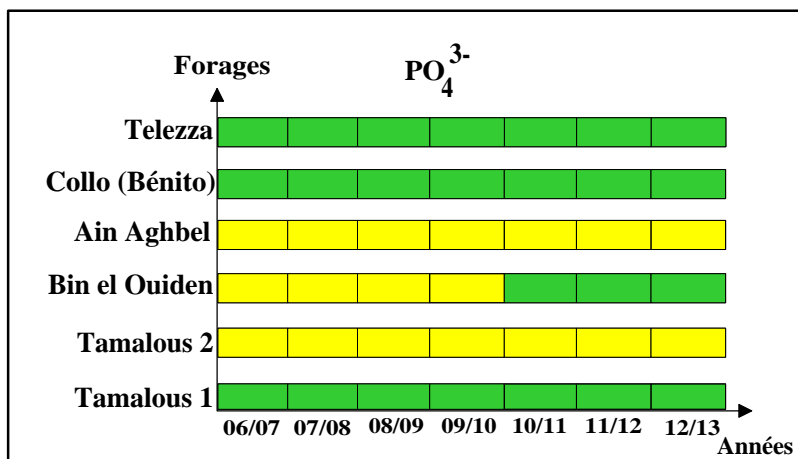


Figure 8.16. Qualité des eaux des forages en fonction des phosphates

Chlorures

La figure 8.17 montre que la majorité des forages fournissent des bonnes eaux, où la teneur en chlorure est inférieure à 250 mg.l⁻¹ et le reste des Forages (Collo et Telezza) offrent des eaux mauvaises avec des valeurs en sulfate supérieures à 420 mg.l⁻¹, provoquant ainsi une dégradation des équipements par effet de corrosion.

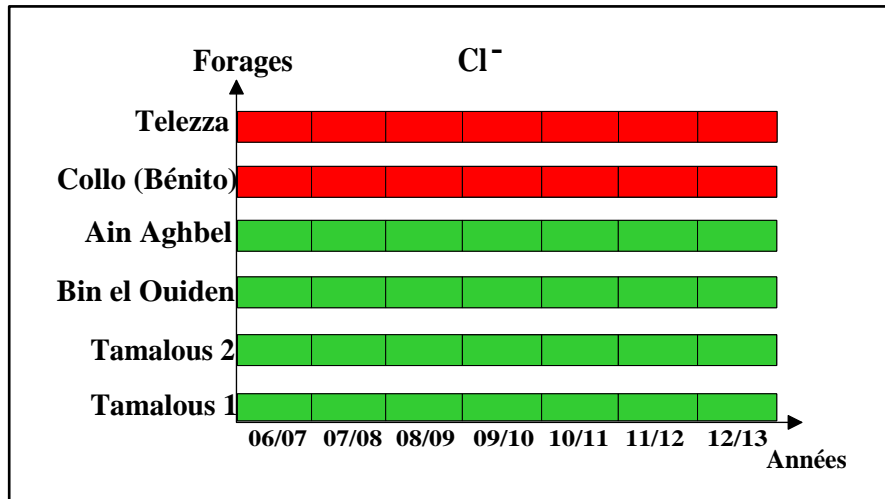


Figure 8.17. Qualité des eaux des forages en fonction des chlorures

Sulfates

La figure 8.18 montre que la majorité des forages offrent des bonnes eaux à passables, où la teneur en sulfate est inférieure à 250 mg.l⁻¹ et le reste des forages (Collo et Telezza) offrent des eaux mauvaises avec des valeurs en sulfate supérieures à 300 mg.l⁻¹.

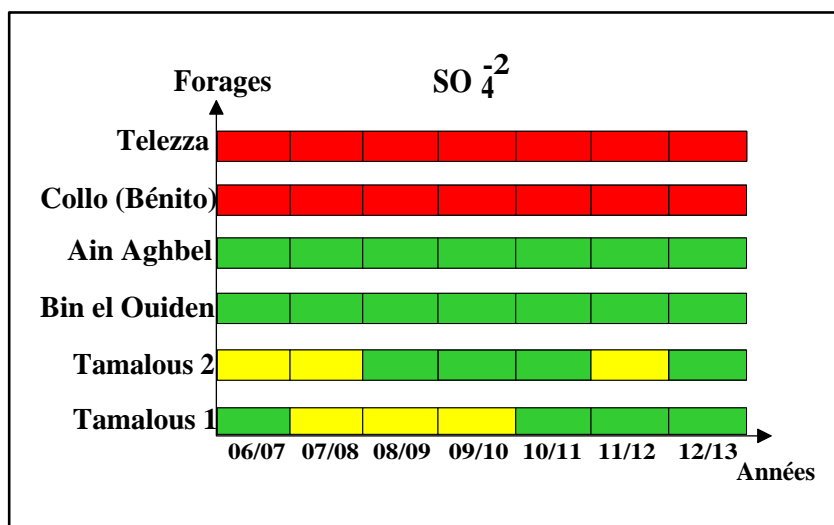


Figure 8.18. Qualité des eaux des forages en fonction des sulfates

Tableau 8.9.récapitulatif sur la qualité des eaux des forages du Guebli

Forages	Altération	Evolution de La qualité	Qualité globale	Sources de pollution	Commentaire
Tamalous 1	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	Instable Stable Stable Stable	Bonne Bonne Excellente Bonne	Nature géologique	Nécessitant contrôle
Tamalous 2	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	dégradation dégradation Stable Stable	Bonne Bonne Bonne Passable	- Agricole - Nature du sol	Nécessitant contrôle
Binel Ouiden	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	dégradation Stable Stable Instable	Passable Bonne Excellente Passable	Agricole	Nécessitant contrôle
Ain Aghbel	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	Instable Stable Stable Stable	Mauvaise Bonne Bonne Passable	Agricole	Dilution avec des eaux de très faible concentration en Nitrates.
Collo Bénito	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	Instable Stable Stable Stable	Passable Mauvaise Bonne Bonne	- agricole - infiltration de l'eau de mer	Dilution avec eau de faible concentration en chlorures et en nitrates
Telezza 1	Nitrates Minéralisation Matières azotées Phosphate	Instable Stable Stable Stable	Passable Mauvaise Bonne Bonne	- agricole - infiltration de l'eau de mer	Dilution avec eau de faible concentration en chlorures et en nitrates

8.3.4.2.4. Normes de potabilité des sources

Concernant la qualité des eaux des sources du Guebli, on a deux types d'eau : les eaux de qualité excellente en fonction de (conductivité, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , O_2 dis, DCO, PO_4^{-3}), et les eaux des sources de qualité bonnes en fonction de la turbidité et de matières organiques oxydables (Fig.8.19).

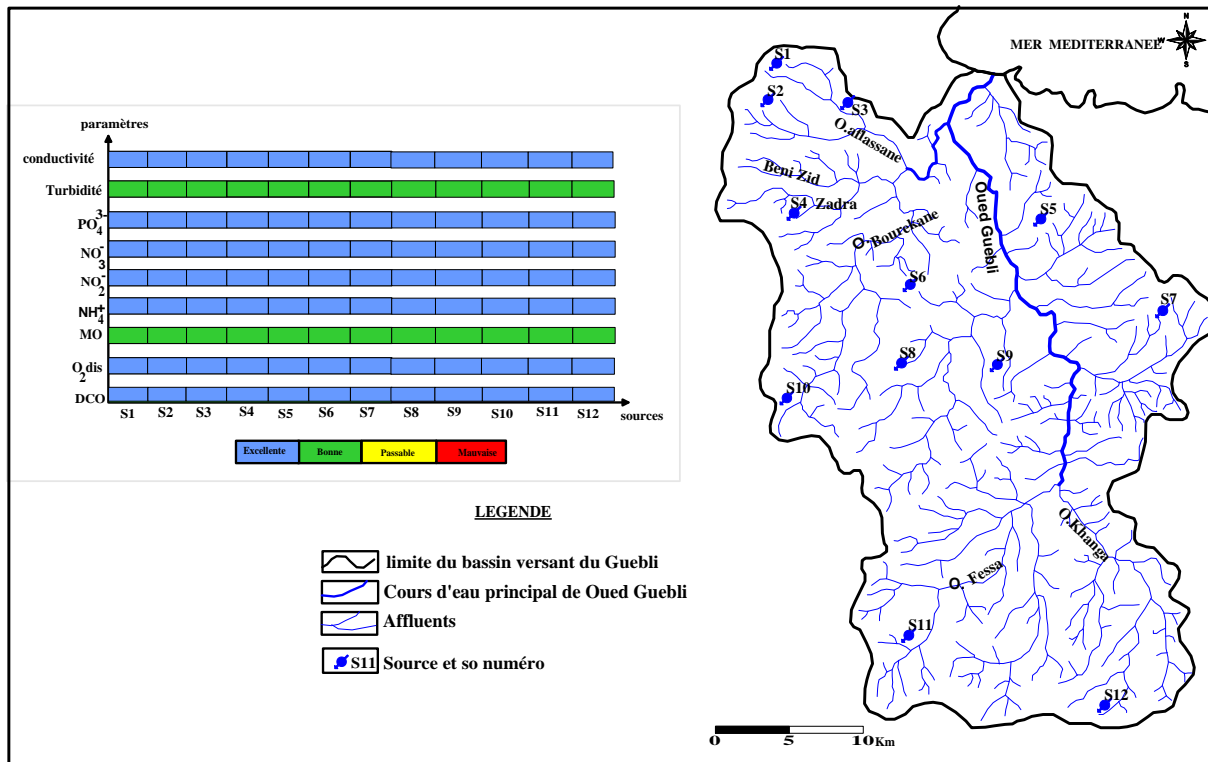


Figure 8.19. Qualité des eaux des sources du bassin du Guebli

8.3.4.2.5. Normes de potabilité des barrages

Dans le but de bien appréhender l'évolution de la qualité des eaux des barrages, on a pris en considération les résultats des analyses chimiques effectuées par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) de Constantine. Les données sont portées sur une période de 23 ans (1990-2013) pour le barrage de Guenitra et 7 années (2000-2013) pour le barrage de Beni Zid. La concentration annuelle dans notre étude, représente la moyenne des valeurs enregistrées durant une année hydrologique (quatre prélèvements par année). L'interprétation des résultats d'analyses chimiques a pour but d'effectuer des comparaisons spatiotemporelles des différents paramètres de potabilité des eaux des barrages.

Normes de potabilité des éléments majeurs

• Calcium

Le calcium n'a pas d'effet nocif sur la santé de l'individu, car la quantité susceptible d'être ingérée quotidiennement sous forme des besoins est inférieure à celle nécessaire pour l'organisme. En effet l'O.M.S impose 140 mg.l^{-1} comme teneur maximale. Les eaux dépassant les 200 mg.l^{-1} présentent un sérieux problème pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

• Magnésium

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance de l'organisme, au-delà d'une certaine concentration il offre un goût désagréable et provoque des troubles chez les enfants, l'O.M.S donne 50 mg.l^{-1} comme concentration maximale admissible.

- *Sodium*

Le sodium ne présente aucun danger pour la santé, à l'exception de certaines maladies telles que l'hypertension et les maladies du cœur qui nécessitent des teneurs faibles. Les teneurs élevées offrent à l'eau un goût désagréable.

- *Potassium*

Présent dans l'eau naturelle, ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg.l⁻¹, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

- *Chlorures*

Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion et aussi pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M.S est de 250 mg.l⁻¹.

- *Sulfates*

Les sulfates provoquent des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 250 mg.l⁻¹ la teneur maximale admissible.

- *Bicarbonates*

La présence des bicarbonates dans l'eau de boisson ne provoque aucun effet nocif sur la santé. La recommandation pour la quantité de l'eau potable ne comporte pas de norme relative (l'O.M.S fixe le TAC à 500 mg.l⁻¹).

Les résultats des analyses chimiques des éléments majeurs sont énumérés dans le tableau 8.10.

Tableau 8.10. Résultats des analyses chimiques des éléments majeurs pour les barrages

Éléments chimiques		Ca ²⁺ (mg.l ⁻¹)	Mg ⁺² (mg.l ⁻¹)	Cl ⁻ (mg.l ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg.l ⁻¹)	Potabilité des eaux
Barrages	Valeurs extrêmes (O.M.S)	140	150	250	250	
Guenitra	2000/2001	56.00	17.00	34.50	125.46	Potable
	2001/2002	27.00	40.25	35.75	99.54	
	2002/2003	36.00	21.00	33.75	99.47	
	2003/2004	49.25	22.75	31.25	110.52	
	2004/2005	48.50	12.00	50.00	86.50	
	2005/2006	44.50	20.25	52.50	74.48	
	2006/2007	51.80	19.24	53.75	95.51	
	2007/2008	54.32	30.24	41.2	105.3	
	2008/2009	40.22	19.62	33.6	106.63	
	2009/2010	60.33	20.62	50.25	90.36	
	2010/2011	54.62	42.32	40.42	90.21	
	2011/2012	55.23	32.25	39.29	93.87	
	2013/2013	49.24	28.32	44.25	98.26	
Beni Zid	2000/2001	21.50	6.25	30.05	38.10	Potable
	2001/2002	24.09	8.23	42.50	22.12	
	2002/2003	20.75	6.05	32.06	24.03	
	2003/2004	22.22	6.25	31.25	38.51	
	2004/2005	23.51	4.03	40.09	17.05	
	2005/2006	26.75	5.50	41.25	18.06	
	2006/2007	21.40	5.25	23.75	22.98	
	2007/2008	25.21	4.12	39.14	22.36	
	2008/2009	24.36	6.21	40.12	19.26	
	2009/2010	27.15	3.26	32.80	20.25	
	2010/2011	22.36	5.32	41.85	23.14	
	2011/2012	29.94	7.21	45.21	36.21	
	2012/2013	24.23	5.26	49.69	28.18	

Les résultats ont révélé des eaux de bonne potabilité et ne sont pas de danger pour les habitants.

Normes de potabilité des paramètres physicochimiques et métaux lourds

Les teneurs des nitrates sont importantes au niveau du barrage de Guenitra. Car les eaux y reçoivent tous les rejets des eaux usées de la commune d'Oum Toub. La concentration élevée des nitrates observée en 2012 est de 49 mg.l⁻¹. Les valeurs minimales concernant les nitrates ont été observées durant de l'année 2008 où les teneurs n'ont pas dépassé les 35 mg.l⁻¹.

Les eaux du barrage de Beni Zid sont d'une qualité excellente (Fig.8.20) on n'enregistre pour elles aucune source de pollution externe bien qu'elles présentent un niveau de contamination urbaine et en métaux lourds dans le barrage de Guenitra, et dont les éléments Pb et Cu dépassent les seuils maximum admis pour les eaux potables (Fig.8.21). L'origine de cette contamination apparaît nettement au niveau de la zone minière de Sidi Kamber, où il y a des dépôts de stériles et anciennes exploitations mises en place pour l'obtention du plomb et de baryte (L. Tandjir 2007). Les teneurs en plomb mesurées dans le barrage de Guenitra sont plus élevées (dépassent les normes de potabilité 10µg.l⁻¹). Celles-ci s'échelonnent en effet

entre 15 et 60 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour une moyenne de 42 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (moyenne arithmétique calculée sur la base des données recueillies en saison durant la période de 2000-2013).

Le plomb absorbé par l'organisme est distribué par le sang sur les différents organes : la rate, le foie, les reins, les moelles osseuses et surtout les os, peut être responsable d'atteintes neurologiques entraînant des troubles neuro-comportementaux et d'une détérioration intellectuelle, comme il peut aussi présenter un danger même pour les plantes lors de l'irrigation.

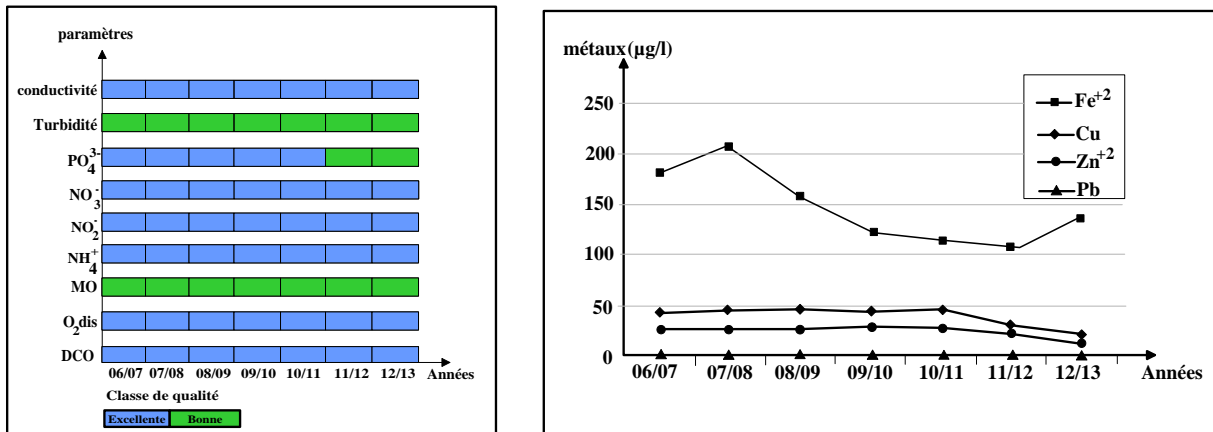


Figure .8.20. Qualité des eaux du barrage de Beni-Zid.

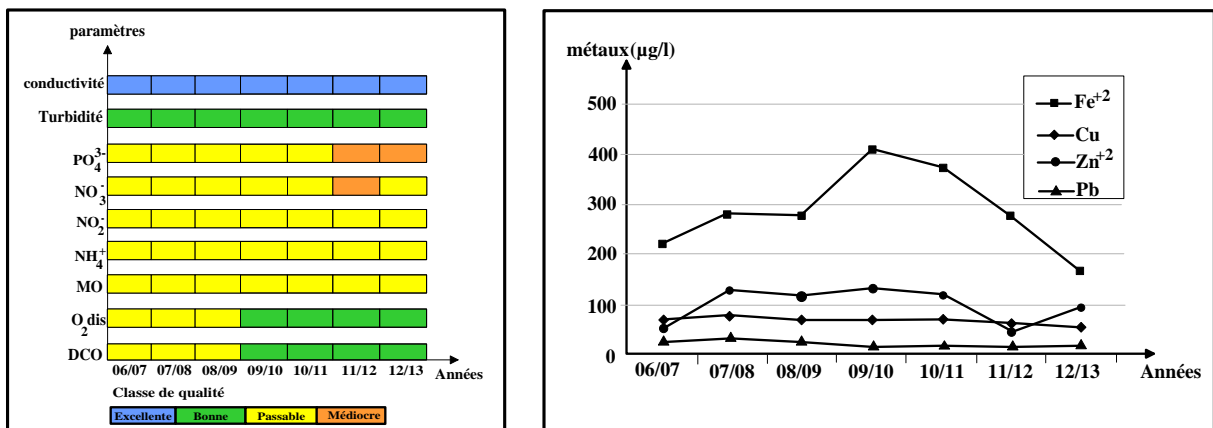


Figure 8.21. Qualité des eaux du barrage de Guenitra.

Tableau 8.11.récapitulatif sur la qualité des eaux des barrages de bassin versant du Guebli

Barrages	Polluants	Pollution	Qualité globale	Sources de pollution	Commentaire
Guenitra	Organiques et oxydables Azotées Phosphorées Nitrates	importante	Passable	Urbaine	- Nécessitant contrôle - faible capacité épuration du milieu car faible oxygénation
Beni Zid	Organiques et oxydables Azotées Phosphorées Nitrates	Aucune	Bonne	Aucune	- mise en service en 1998 - bonne capacité épuratrice du milieu car bonne oxygénation

Conclusion

La potentialité des ressources totale reconnue dans le bassin versant de Guebli est de l'ordre $56.6 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, dont un potentiel de $13.7 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ est mobilisé au niveau des communes et ce avec un volume exploitable de $7.0 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ répartis comme suit :

- Les ressources en eau de surface avec une potentialité reconnue de $50.3 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, mobilisé avec un potentiel de $7.9 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et exploité avec un volume de $3.2 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.
- Les ressources en eau souterraines avec une potentialité reconnue de $6.3 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, mobilisé avec un potentiel de $5.8 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et exploité avec un volume de $3.8 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

Le volume transféré vers l'extérieur du bassin versant de Guebli est estimé à un volume de l'ordre $21.2 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ soit 42.42 % des ressources en eau de surface du bassin.

Les eaux du barrage de Beni Zid, sont d'une qualité excellente On n'enregistre quant à elles aucune source de pollution externe, bien qu'elles présentent un niveau de contamination urbain et en métaux lourds dans le barrage de Guenitra. Dans l'ensemble les eaux des forages, sont d'une qualité mauvaise surtout de point de vue de nitrates et de la salinité (nécessitant contrôle, dilution avec eau de faible concentration en chlorures et en nitrates). Les communes interconnectées par ces eaux d'une qualité non conforme dans l'alimentation en eau potable (Oum Toub, Sidi Mezghiche, Tamalous et Bin el Ouiden).

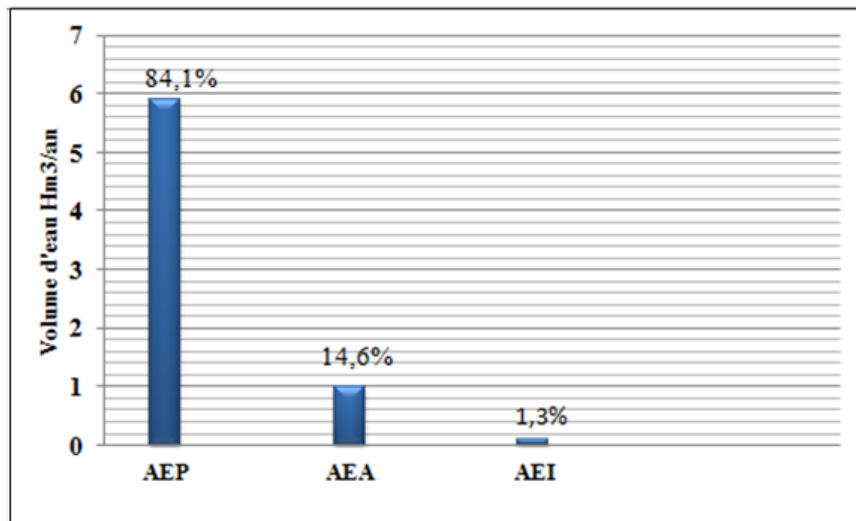
En tenant compte des considérations du S.A.R d'un point de vue de conductivité, les eaux des barrages ont une bonne qualité pour l'irrigation. Par contre, les eaux des forages sont d'une qualité admissible. En général, l'eau convenant à l'irrigation des cultures est tolérante en sel sur les sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit être cependant sans cesse contrôlée.

8.4. Les usages de l'eau du bassin versant du Guebli

L'eau est un important atout pour l'aménagement rural ou urbain. L'actuelle étude sera établie sur une masse importante de données, ayant pour but principal l'évaluation des ressources exploitables en eaux destinées pour les usages domestique, agricole et industriel. Les données sur les prélèvements d'eau proviennent essentiellement de l'étude sur la gestion quantitative des ressources en eau réalisée par l'agence des bassins hydrographiques de Constantine (A.B.H) des bassins des côtières constantinois.

Concernant l'affectation des ressources en eau dans le bassin du Guebli, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins domestiques (alimentation en eau potable), avec un volume de $5,9 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, soit un taux de 84,1 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins des populations qui ne cessent de croître. L'irrigation tient une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans le bassin, un volume de $1,0 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, soit 14,6 % de la totalité des ressources mobilisées, est destiné aux usages agricoles.

Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à $0,1 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, soit 1,3 % des ressources mobilisées.



8.22. Les usages de l'eau du bassin versant du Guebli

Le bassin du Guebli ne fait pas exception, ses besoins en eau sont en augmentation continue. Globalement, on estime les besoins en eau dans le bassin à près de $23,63 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ (situation 2013), dont la consommation domestique (AEP) est considérée comme le grand consommateur d'eau avec un volume de $12,91 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, soit un taux de 55 % de la totalité des besoins en eau du bassin. Toutefois cette dominance est due au développement démographique considérable dans le bassin. Les besoins en eau d'irrigation sont estimés à $10,5 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ (irrigation de la plaine de Collo), soit un taux de 44 %. Quant aux besoins en eau industriels, ils ne représentent que 1 % de l'ensemble des besoins en eau du bassin du Guebli. Cette distinction aux besoins en eau pour chaque usage fait ressortir la vocation agricole du bassin du Guebli, concentrée surtout dans sa partie centrale et aval.

8.4.1. Alimentation en eau potable (AEP)

Le bassin versant de Guebli compte 40 agglomérations de plus de 1000 habitants pour chacune, regroupant une population de 183703 habitants suivant le recensement de 2008, et de 205734 habitants suivant l'estimation de 2013. Ces agglomérations ont un linéaire total de réseaux de distribution de plus de 121km, et disposent d'un potentiel de stockage de 26825 m³.

Tableau 8.12. Les Origines des ressources pour l'A.E.P des agglomérations

Communes	Agglomérations	Populations		Origine de ressource	Moyen de Stockage	
		Recen.1998	Recen 2008		Nb	Capacité (m ³)
Collo	O. Maazouz	2287	2755	4 F (38 l/s)	01	500
Zitouna	Chef Lieu	3922	4438	S	2	550
Beni Zid	Chef Lieu	5433	6626	B (Beni Zid) + S	03	2200
	Ali Cherf	1621	1976	2F(9 l/s)+B(B.Zid)	02	350
	Agna	1518	1851	B (Beni.Zid)	02	600
	Chaaba	1384	1687	S	01	300
	Lembatel	1292	1575	S	01	100
Cheraia	Ain Aghbel	9338	12592	F (6 l/s) + S	01	1000
Tamalous	Chef Lieu	15794	19262	2F (18 l/s)	04	3600
	Ain Tabia	3439	4194	F (11 l/s)	01	50
	Demnia	3593	4382	S + P	02	550
	Ain Cheraia	1159	1413	S	00	00
	L. Bouyaghil	882	1075	F (8 l/s)	01	1000
Kerkera	Chef Lieu	11972	14601	B (Béni Zid) 50 l/s	05	2150
	Hajria- B.Zuit	4152	5063	B (Béni Zid) 26 l/s	02	950
	Ahmed Salem	3165	3860	S	01	250
	Boulgartoum	2297	2801	F (4 l/s) + B (4 l/s)	01	600
Bin el Ouiden	Chef Lieu	2448	2985	F (9 l/s)	01	100
	Tahoua	1920	2341	S + P	00	00
	Zoubia	1393	1698	S + P	00	00
	Laktichmet	1122	1368	S + P	00	00
Ain Kechra	Chef Lieu	10202	12442	S	02	1200
	Boudoukha	4525	5518	S	03	1150
	H.Mefrouch	1240	1512	S	01	50
	Safsafa	1206	1470	S	01	200
OumToub	Chef Lieu	15431	19000	B(Guenitra)20l/s+S	04	1725
	Oued Lebiar	1353	1650	S	00	00
	Chaaba	1298	1583	B(Guenitra)6 l/s+ S	01	1000
	Sidi Kambar	954	1163	B(Guenitra)3 l/s+ S	03	250
Sidi Mezghiche	Chef Lieu	11931	14551	B (Guenitra) 36 l/s	02	3000
	El Hamri	888	1083	S + P	01	100
	Souk Telata	855	1042	S + P	01	300
	Errabaine	834	1017	S + P	01	50
	El Khanga	920	1122	B (Guenitra) 3 l/s	01	50
Beni Oulbène	Chef Lieu	12399	15121	S	02	1500
	Djnan Annab	835	1018	S	01	50
	Boulahjar	832	1014	S	00	00
Ain Bouziane	Chef Lieu	2812	3429	B (Zerdezas)	02	1000
	Zibouch	1005	1225	B (Zerdezas)	01	250
Z.Youcef	Ain Sferjela	180	200	S	01	100
Total		149831	183703	/	59	26825

Source : DHW de Skikda

N.B : (F) Forage, (B) Barrage, (S) Sources, (P) puits individuels

Dans le bassin versant de Guebli, la dotation en eau des agglomérations est très hétérogène, elle dépend du nombre d'habitants et de la source d'alimentation de chaque agglomération. Toute fois, la mauvaise gestion des stations de pompage, des adductions et des réseaux de distribution provoquent des distorsions importantes et des pénuries (Tab.8.13).

Tableau 8.13. Caractéristique des réseaux d'A.E.P des agglomérations (Pop> 1000 hab)

Communes	Agglomérations	Adduction (ml)	Réseaux de distribution		Fréquence de Distribution (heures/jour)	Gestion
			Long (ml)	Perte (%)		
Collo	O. Maazouz	1100	2900	45	04	ADE
Zitouna	Chef Lieu	4900	7313	45	06	APC
Beni Zid	Chef Lieu	1800	3400	60	08	APC
	Ali Cherf	4800	3900	50	04	APC
	Agna	3300	3800	40	04	APC
	Chaaba	1100	2200	40	06	APC
	Lembatel	580	1800	40	02	APC
Chéraia	Ain Aghbel	2000	1436	50	06	APC
Tamalous	Chef Lieu	2615	15600	45	02	APC
	AinTabia	1800	Néant	/	Alime. par BF	APC
	Demnia	3600	2400	/	Alime. par BF	APC
	Ain Cheraia	Néant	Néant	/	Citernes	APC
	L.Bouyaghil	3600	5500	40	01	APC
Kerkera	Chef Lieu	14876	11400	40	08	APC
	Hajria- B.Zuit		4440	40	03	APC
	Ahmed Salem		2760	/	Alime. par BF	APC
	Boulgartoum		2400	30	04	APC
Bin el Ouidan	Chef Lieu	8000	4800	60	03	APC
	Tahouna	Néant	Néant	/	Citernes	APC
	Zoubia	Néant	Néant	/	Citernes	APC
	Laktichmet	Néant	Néant	/	Citernes	APC
Ain Kechra	Chef Lieu	7412	10600	30	01	APC
	Boudoukha	8800	4500	40	01	APC
	H.Mefrouch	1100	2500	40	01	APC
	Safsafa	40	1380	/	Alime. par BF	APC
OumToub	Chef Lieu	15800	9590	50	06	APC
	Oued Lebiar		Néant	/	Alime. par BF	APC
	Chaaba		1350	55	05	APC
	Sidi Kambar	4900	1060	/	Alime. par BF	APC
Sidi Mezghich	Chef Lieu	28000	2177	65	13	ADE
	El Khanga		1300	/	Alime. par BF	APC
	Souk Telata	360	Néant	/	04	APC
	Errabaine	240	Néant	/	Alime. par BF	APC
	El Hamri	300	Néant	/	Alime. par BF	APC
Beni Oulbène	Chef Lieu	1050	7800	50	04	APC
	Djnan Annab	100	1200	50	02	APC
	Boulahjar	Néant	Néant	/	Citernes	APC
Ain Bouzian	Chef Lieu	24000	2300	65	03	APC
	Zibouch	Néant	Néant	/	03	APC
Z.Youcef	Ain Sferjela	1560	Néant	/	Citernes	APC

Source : DHW de Skikda

La situation actuelle (2013) et l'état général des équipements hydrauliques se résument dans le Tableau 8.12. Pour la totalité de ces agglomérations, le volume produit annuellement est de $5,9 \text{ hm}^3$, mais le volume délivré réellement est de l'ordre de $2,15 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (les calculs ont été effectués selon les renseignements recueillis auprès des entreprises de distribution d'eau Tableau.8.14). Ce qui correspond à une dotation unitaire moyenne très faible de $19 \text{ l} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{Jour}^{-1}$. Par contre les besoins actuels de ces populations sont estimés par $12,9 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ avec un déficit de l'ordre de $10,7 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Cette situation explique les fuites importantes, la faiblesse de la capacité de stockage, et le mauvais état des réseaux de distribution.

Tab.8.14. situation de l'alimentation en eau potable dans agglomérations

Commune	Agglomération Pop > 1000 ha	Volume Réel Délivré $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$	Pops Est.2013	Dotation Réel $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$	Dotation Théorique $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$	Besoin En eau Potable $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$	Déficit $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$
Collo	O. Maazouz	84	3085	27	160	493,6	409,6
Zitouna	Chef Lieu	498	4970	100	180	894,6	396,6
Beni Zid	Chef Lieu	976	7421	131	180	1335,7	359,7
	Ali Cherf	74	2213	33	160	354,0	280,0
	Agna	84	2073	40	160	331,6	247,6
	Chaaba	75	1889	39	160	302,2	227,2
	Lembatel	09	1764	5	160	282,2	273,2
Chéraia	Ain Aghbel	250	14103	17	180	2538,5	2288,5
Tamalous	Chef Lieu	130	21573	6	180	3883,1	3753,1
	Ain Tabia	6	4697	1,2	160	751,5	745,5
	Demnia	6	4907	1,2	160	737,1	731,1
	Ain Cheraia	5	1582	3,1	160	253,1	248,1
	L.Bouyaghil	5	1204	4,1	160	192,6	187,6
Kerkera	Chef Lieu	716	16353	43	180	2943,5	2227,5
	Hajria- B.Zuit	62	5670	11	160	907,2	845,2
	Ahmed Salem	6	4323	1,4	160	691,6	685,6
	Boulgartoum	44	3137	14	160	501,9	457,9
Bin el Ouidan	Chef Lieu	3	3343	0,9	180	601,7	598,7
	Tahouna	3	2621	1,1	160	419,3	416,3
	Zoubia	2	1901	1,0	160	304,1	302,1
	Laktichmet	2	1532	1,3	160	245,1	243,1
Ain Kechra	Chef Lieu	12	13935	0,9	160	2229,6	2217,6
	Boudoukha	02	6180	0,3	160	988,8	986,8
	H.Mefrouch	03	1693	1,8	160	270,8	267,8
	Safsafa	2,5	1646	1,5	160	263,3	260,8
OumToub	Chef Lieu	807	21280	38	180	3830,4	3023,4
	Oued Lebiar	3	1848	1,6	160	295,6	292,6
	Chaaba	10	1772	5,6	160	283,5	273,5
	Sidi Kambar	3	1302	2,3	160	208,3	205,3
Sidi Mezghiche	Chef Lieu	1 748	16297	107	180	2933,4	1185,4
	El Khanga	10	1212	8,2	160	193,9	183,9
	Souk Telata	35	1167	30	160	186,7	151,7
	Errabaine	3	1139	2,6	160	182,2	179,2
	El Hamri	3	1256	2,3	160	200,9	197,9
Beni Oulbène	Chef Lieu	82	16935	4,8	180	3048,3	2966,3
	Djnan Annab	47	1140	42	160	182,4	135,4
	Boulahjar	3	1135	2,6	160	181,6	178,6
Ain Bouzian	Chef Lieu	40	3840	10,4	180	691,2	651,2
	Zibouch	36	1372	26	160	219,5	183,5
Z.Youcef	Ain Sferjela	2	224	8,9	160	35,8	33,8
Total		5891,5	205734	Dmoy=19	/	35390,4	29498,9

Source : DHW de Skikda

8.4.1.1. Ressources et approvisionnement en eau potable

Les dotations en eau présentées par habitant dans le bassin du Guebli sont globalement bien inférieures à la moyenne nationale ($150 \text{ l.j}^{-1} \cdot \text{hab}^{-1}$), elles seraient en moyenne de l'ordre de ($19 \text{ l.j}^{-1} \cdot \text{hab}^{-1}$), mais elles sont très inégales suivant les régions dans le bassin.

Concernant le niveau de service, le taux de raccordement varie entre 95% pour les chefs lieux des communes et 55% aux agglomérations secondaires. Il est à signaler que les réseaux d'adduction et de distribution d'eau potable continuent de poser des problèmes au niveau de leur entretien avec des pertes importantes des eaux. Les fuites enregistrées dans les réseaux du bassin sont estimées en moyenne à 45%. Elles peuvent parfois franchir les 65% (Beni Zid et Bin el Ouiden).

Eau potable des agglomérations chef lieu

Actuellement seule les agglomérations de chef lieu du bassin sont les mieux dotées, le reste des agglomérations secondaires et populations rurales dispersées, s'alimentent de manière traditionnelle. Mais ceci n'empêche pas que pour certains centres de vie, les plus importants le problème d'approvisionnement sera dans un avenir proche résolue, soit par des forages qui ne sont pas actuellement exploités pour des raisons d'énergie ou bien à partir des transferts des réseaux d'A.E.P (Tamalous, Ain Kechra, et Bin el Ouiden), projets en cours de réalisation. En matière d'approvisionnement en eau potable, la dotation théorique pour les chefs lieux des communes est fixée par la DHW de Skikda à $180 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$, les besoins en eau vont s'augmenter donc à $8,02 \text{ Hm}^3$ pour l'année 2013. Cependant, le volume délivré réellement pour les chefs lieux des communes est de $1,66 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ soit 77% du volume délivré dans le bassin du Guebli (Fig.8.23) Les meilleures dotations enregistrées à la commune de Beni Zid ($131 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$), Sidi Mezghiche ($107 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) et Zitouna ($100 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$), les faibles dotations enregistrées dans la partie centrale à Ain Kechra ($0,9 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) et Tamalous ($1,2 \text{ l.hab}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$).

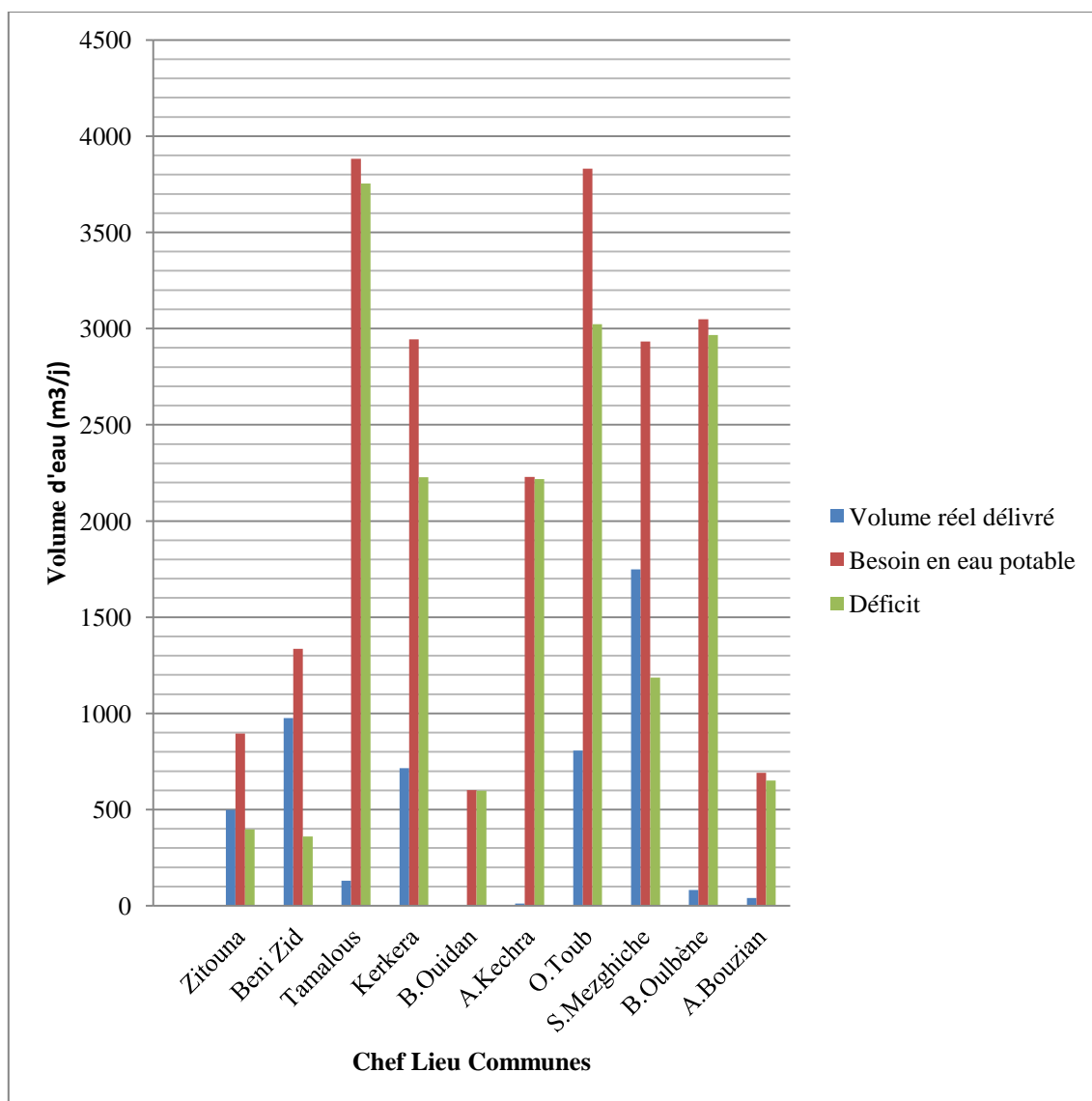


Figure 8.23. Situation en eau potable des agglomérations chef lieu (2013)

Eau potable des agglomérations secondaires

Les agglomérations secondaires et populations rurales dispersées, s'alimentent de manière traditionnelle. Mais ceci n'empêche pas que pour certains centres de vie, les plus importants le problème d'approvisionnement sera dans un avenir proche résolue, soit par des forages qui ne sont pas actuellement exploités pour des raisons d'énergie ou bien à partir des transferts des réseaux d'A.E.P des agglomérations de chef lieu le cas de Ahmed Salem, Tahoua, (Projets en cours de réalisation). Globalement les dotations enregistrées ne dépassent pas $30 \text{ l.hab}^{-1}.\text{j}^{-1}$. Les agglomérations secondaires et des zones éparses relèvent un déficit énorme de $4,42 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ ($0,32 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ délivré réellement à plus de 30 agglomérations secondaires). Cependant dont la priorité en matière d'aménagement devra être accordée à ces agglomérations (Fig.8.24). En outre pour le plus part des populations des zones éparses dont leur alimentation se fait à partir des puits ou des sources, des citernes et des méthodes

traditionnelles. Concernant la capacité de stockage du bassin versant de Guebli. Les agglomérations secondaires s'accapare 28,5% et les zones éparses 3.46 % de la capacité totale du bassin du Guebli. Le reste est reparti entre les chefs lieux des communs.

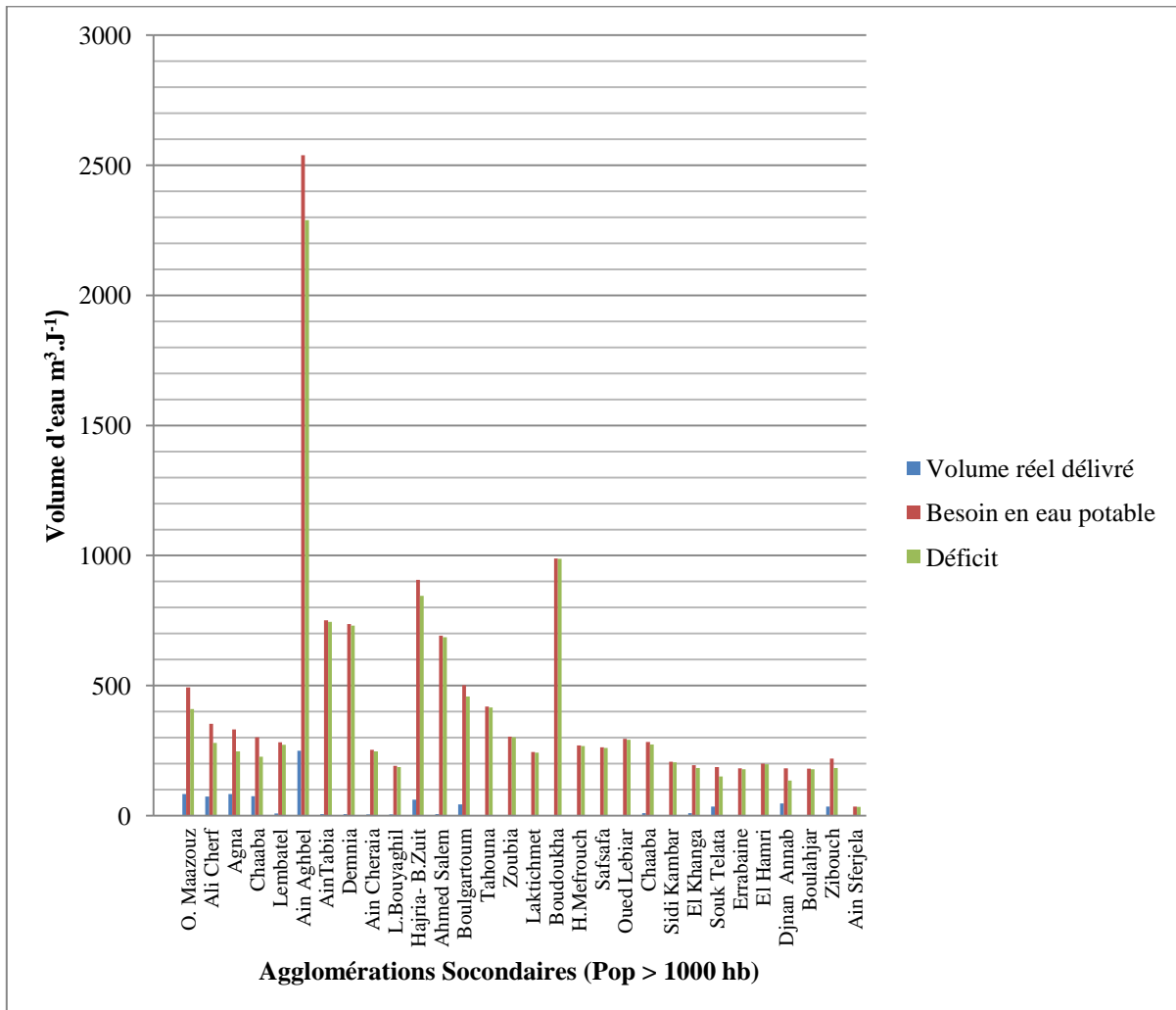


Figure 8.24. Situation en eau potable des agglomérations secondaires (2013)

8.4.2. Alimentation en eau agricole

La variété des sources d'approvisionnement et le calcul théorique des besoins en eau pour l'agriculture rendent difficile l'évaluation du taux de satisfaction de cet usage par rapport aux ressources disponibles en eau. Actuellement la superficie irriguée dans le bassin de Guebli est insignifiante (1925 ha) par rapport à la superficie agricole utile qui s'accapare de plus de 23% de la superficie totale du bassin versant. Ceci explique la faiblesse des moyens hydrauliques. Il s'agit ici surtout des aires d'irrigation concentrées dans la plaine de Collo, Tamalous- Bin el Ouiden et Sidi Mezghiche (Tab.8.15), dont les pratiques se font soit par puits soit par prise d'eaux d'Oueds.

Tableau 8.15. Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans le bassin versant de l'Oued Guebli.

Commune	Superficie Irriguée (ha)	culture	Ressources en eau	Volume Alloué ($\text{hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	Mode d'irrigation
Collo	1200	maraîchages	200 prises au fil d'eau et 80 puits	0.7	Seguia
Tamalous	220	maraîchages	50 prises au Fil d'eau et 180 puits	0.4	Seguia
Bin. Ouidan	180	maraîchages	14 puits	/	Seguia
Beni Oulbèn	66	maraîchages	08 puits	/	Seguia
S.Mezghich	259	maraîchages	R. Collinaire	0.16	Seguia

8.4.3. Alimentation en eau industrielle

Le bassin versant de Guebli ne dispose pratiquement d'aucune unité industrielle importante, les seules petites unités privées existantes sont alimentées à partir du réseau communal. La consommation annuelle est de l'ordre de $0.09 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Les renseignements recueillis sont récapitulés dans le tableau 8.16.

Tableau.8.16. Situation actuelle de l'alimentation en eau industrielle dans le bassin du Guebli.

Lieu d'implantation	Caractéristiques		A.E. Industrielle		
	Nom	Nature/type	Besoin ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$)	Vol.alloué ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$)	V.Recyclé ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$)
Telazza	E.N.M.G.P	Menuiserie bois et aluminium	200	200	Néant
Yazer	E.N.L	Transformation du liège	36	36	Néant
5 limonaderies			15	15	Néant

8.4.4. Tourisme

Cet usage était autrefois important sur ce cours d'eau. Le secteur du tourisme est mis en valeur par les différentes communes qui aménagent des chemins d'accès et des points de vie en bordure des cours d'eau et des barrages. Il est actuellement négligeable mais l'abandon d'anciens refuges et seuils ajouté à leur érosion génèrent une dynamique de rééquilibrage entraînant des problèmes d'érosion des berges. L'embouchure d'Oued Guebli et la mer Méditerranée constitue un espace unique de détente pour les habitants de l'agglomération locale.

8.5.Évaluation de la satisfaction des usages de l'eau

La satisfaction des usagers des services publics et des administrations devient un indicateur de choix de la performance publique. Ceci constitue une nouveauté pour le secteur public alors que mesurer la satisfaction du client fait partie depuis longtemps des pratiques du secteur privé (R. Myers, 1996). C'est un des objectifs explicites des programmes de réforme du secteur public (P.Warin, 1999). L'indicateur sur la satisfaction des usages par rapport aux ressources en eau est fonction de chacun des usages et de leurs exigences. Cet indicateur qualifie deux types de relations ; d'une part la relation entre les usages et les ressources en eau pour les usages en lien direct (loisirs), d'autre part la relation entre les usages et l'aménagement pour les usages nécessitant des infrastructures de mobilisation des ressources en eau pour répondre à leur besoin (eau potable et activités économiques B. Charnay, 2010). Les décideurs ont besoin de méthodes pour évaluer si les besoins futurs en eau pourront être satisfaits et pour définir les stratégies d'adaptation les plus appropriées pour satisfaire les demandes et prévenir des tensions d'usages. Des approches de modélisation sont nécessaires pour évaluer et comparer les ressources en eau aux évolutions de leurs usages et ainsi définir la capacité actuelle et future des ressources à satisfaire les demandes, ce type d'approche encourage une gestion intégrée des ressources en eau (M. Milano, 2013).

8.5.1. L'alimentation en eau potable

L'usage de l'eau le mieux suivi est l'alimentation en eau potable à partir d'un réseau communal, aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif (T. Dai et al, 2001). (Les calculs ont été exécutés en utilisant le logiciel WEAP). Dans cette optique, il a été jugé utile d'élaborer une analyse exhaustive pour mieux appréhender les différentes facettes de ce secteur vital.

D'un point de vue quantitatif

La méthode d'évaluation de la satisfaction quantitative des usagers consiste à comparer les consommations moyennes pendant le mois de consommation maximale à partir des données fournies par les exploitants aux débits d'étiages des sources d'eau potable. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 8.17. L'intérêt de cette méthode consiste à confronter les bilans actuels avec les prévisions établies au niveau de chaque commune (à l'horizon 2030). La prospective sur les valeurs de consommations journalières maximales a été faite sur la base des données de l'extrapolation des évolutions démographiques est calculée à partir de l'évolution moyenne départementale de la population. Le bilan prévisionnel permet d'apprécier les tendances et de prévenir des situations critiques à terme. Ce calcul prospectif présente deux limites : d'une part les prélèvements se basent sur le taux de prélèvement actuel ($m^3.hab^{-1}.jour^{-1}$), et d'autre part, les données sur les débits d'étiage des sources ne prennent pas en compte le changement climatique. L'analyse globale fait apparaître des situations critiques actuelles au niveau de cinq communes. La commune de Tamalous connaît le déficit le plus fort du bassin versant avec plus de $4000 m^3.j^{-1}$. Les communes de Kerker ; Ain Kechra ; Beni Oulbène ; B.Ouidene et Zitouna sont également confrontées à un bilan critique sur certains sous réseaux. A terme, des situations critiques seront connues à l'occasion de la

réalisation de projets d'aménagements du territoire ou à une absence de diversification de l'alimentation en eau. Notons que la commune de Tamalous améliore son bilan avec ses projets de renforcement à partir du barrage de Guenitra et d'interconnexion qui permettront de satisfaire les besoins à venir. Il est intéressant de remarquer que les bilans critiques touchent les communes alimentées par les ressources souterraines et qui n'ont pas encore engagé des projets de recherche sur de nouvelles sources ou d'interconnexion. Ainsi, par cette méthode de bilan, il est possible de calculer le taux de satisfaction de la consommation actuelle et prévisionnelle à l'échelle du bassin versant, en prenant en compte les volumes de consommation non couverts par les débits d'étiage des sources au profit des communes en bilan critique pour les rapporter au volume consommé total. Actuellement, près de 8500 m³ de consommation ne sont pas couverts par les débits d'étiage. Ce volume représente 30% des prélèvements en période de pointe, équivalents à la consommation de 53000 abonnés (pour une consommation moyenne de 150 l hab⁻¹ jour⁻¹). L'exercice prospectif (2030) prévoit une augmentation de +45% de besoins. Cette réflexion prospective permet d'alerter les collectivités et de les inciter à réfléchir dès maintenant sur les aménagements à réaliser pour répondre aux futurs besoins en eau ainsi que sur les moyens d'une future amélioration des rendements des réseaux. Ces pénuries vont à l'encontre de la réglementation relative à la continuité du service public et qui oblige les collectivités à assurer, sans interruption, la distribution d'eau pour tout foyer raccordé. L'indicateur sur la satisfaction prend en compte les fréquences et les durées des pénuries. Les pénuries recensées sur le Guebli se sont produites l'été de chaque année durant les hivers 2011 ; 2012 et 2013. Compte tenu du caractère fréquent des pénuries, la note sur la satisfaction des usagers d'eau potable est mauvaise.

Tableau 8.17. Consommations maximales actuelles et futures comparées au débit d'étiage

COMMUNE		nombre et origine des ressources exploitées	Débit d'étiage des ressources Exploitées (m ³ /jour)	Consommation actuelle (m ³ /j) (2014) Jour moyen du mois maxi	Besoins à terme en m ³ /j □ 2030
		3barrage 14forage 18 sources	20286	28632	40657
Collo	O. Maazouz	4F	84	441	678
Zitouna	Chef Lieu	2S+2F	498	799	1093
Beni Zid	Chef Lieu	B (Beni Zid) + S	2930	1188	1626
	Ali Cherf	2F +B(Beni Zid)	440	272	418
	Agna	B (Beni.Zid)	500	132	213
	el ghirene	S	75	88	134
	lembatel	F	09	104	160
Cheraia	Chef Lieu	B (Beni Zid) + S	1346	1203	1646
	Ain Aghbel	B (Beni Zid)	1000	946	1455
Tamalous	Chef Lieu	2F	130	4193	5738
	Ain Tabia	P. individuels	06	123	763
Kerker	Chef Lieu	B (Béni Zid)	2150	2351	3217
	Hajria	B (Béni Zid) + F	490	729	1121
	A.Salem	S+P	18	537	825
	Boulgartoum	B (Béni Zid)	260	412	633
B.Ouidene	Chef Lieu	F	100	627	857
	Tahoua	P. individuels	50	456	702
Ain Kechra	Chef Lieu	3S	277	2522	3452
	Boudoukha	2S	52	779	1199
	H.Mefrouch	S	18	215	330
OumToub	Chef Lieu	B(Guenitra) + 2S	3226	3420	4681
S.Mezghic	Chef Lieu	B (Guenitra)	3226	3024	4139
	S.Telata	F	259	110	168
Beni Oulbène	Chef Lieu	2S	490	2898	3967
	gourmata	S	185	197	302
Ain Bouziane	Chef Lieu	B (Zerdezas)	2160	612	837
Z.Youcef	Zibouch	B (Zerdezas)	288	166	254
	Ain Sferjela	S	19	20	49

	Bilan excédentaire
	Bilan limite
	Bilan critique

Tableau 8.18. Grille d'évaluation de l'indicateur sur la satisfaction des usages en eau potable d'un point de vue quantitatif

Classe de qualité	Besoins satisfaits	Fréquence des pénuries
Bonne	100% satisfait	pas de pénurie
Moyenne	<100% satisfait	pénurie occasionnelle (<10% des consommations en hiver)
Mauvaise	<100% satisfait	pénurie fréquente (>10% des consommations en hiver)

D'un point de vue qualitatif

Au niveau qualitatif, le bilan de l'Algérienne des eaux sur la qualité des eaux consommées permet d'évaluer le taux de satisfaction des abonnés. A l'échelle de la commune, trois appréciations peuvent être établies à partir du bilan et codifiées de la façon suivante :

- qualité satisfaisante = 100%
- qualité variable d'un réseau à l'autre, satisfaisant sur le réseau principal = 75%
- qualité pas satisfaisante = 0%

Le calcul rapporté du nombre d'abonnés donne à l'échelle du bassin versant, un taux de satisfaction de 79% d'abonnés. L'eau consommée de qualité dite insatisfaisante correspond en réalité à des eaux brutes non traitées. Une corrélation apparaît entre le traitement des eaux et la part de satisfaction des abonnés (Fig.8.26).

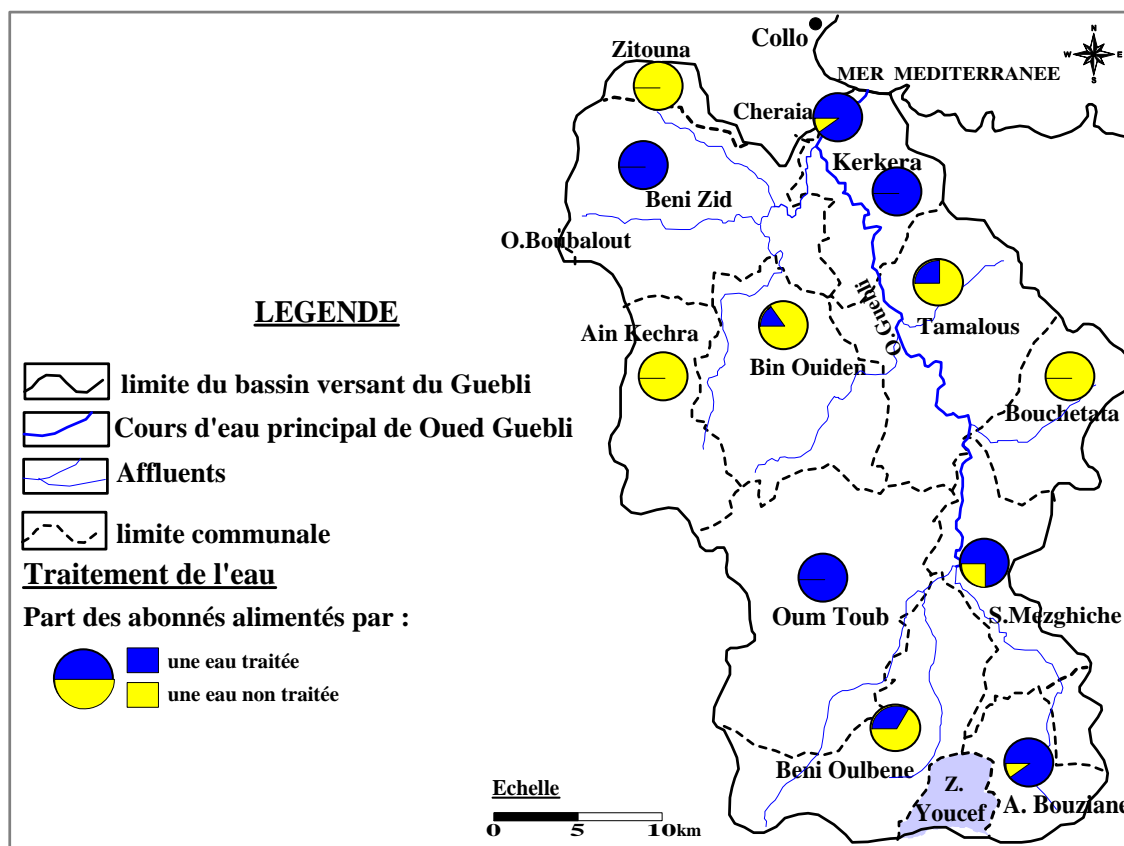


Figure 8.26. Carte d'évaluation de la qualité des eaux consommées du bassin versant de Guebli

Conclusion

Dans le bassin versant de Guebli, la dotation en eau des agglomérations est très hétérogène, elle dépend du nombre d'habitants et de la source d'alimentation de chaque agglomération. Pour la totalité de ces agglomérations, le volume produit annuellement est de 5.9 hm^3 , mais le volume délivré réellement est de l'ordre de $2,1 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, ce qui correspond à une dotation unitaire moyenne très faible de $19 \text{ l.hab}^{-1}.\text{Jour}^{-1}$. Cette situation explique les fuites importantes, la faiblesse de la capacité de stockage, et l'état mauvaise des réseaux de distribution.

PARTIE IV : Chapitre 9

**Les activités polluantes et les principaux acteurs de l'eau
dans le bassin versant du Guebli**

9.1. Les activités polluantes sur le bassin versant du Guebli

L'étude des pollutions des usages se focalise dans un premier temps sur les têtes de bassin versant, avant de prendre en compte les usages de l'eau situés dans les fonds de vallée. Ce découpage géographique est lié aux caractéristiques des territoires eux-mêmes, du point de vue de l'occupation du sol et des ressources en eau. Les pollutions sont généralement mesurées en Equivalent Habitant par jour (EH/j) pour comparer les usages entre eux. Cette unité de mesure a été définie à l'origine pour dimensionner les stations d'épuration. Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un habitant. Chacun est sensé utiliser 150 à 250l d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables, 90 g de matières en suspension, 15 g de matières azotées, et 4 g de matières phosphorées. Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml. Des calculs prennent la base qu'un ruisseau avec un débit de 1 l/s peut accueillir 32 EH, en station, 2000 habitants représentent environ 2500 EH (B. Gondard 2003).

9.1.1. Les activités polluantes de l'eau dans l'amont du bassin versant du Guebli

La concentration d'usages sur ces territoires d'altitude correspondant aux zones d'infiltration des eaux engendre des risques de pollutions qui sont généralement difficilement mesurables. En fonction de la disponibilité des données, des méthodes sont proposées pour appréhender les risques de pollution des deux principales activités économiques localisées sur les têtes de bassin versant du Guebli : l'élevage et pastoralisme, et l'exploitation forestière. Le diagnostic met l'accent sur l'élevage et pastoralisme, pour ses importants rejets et contaminations des eaux.

9.1.1.1. L'élevage et pastoralisme

L'élevage et pastoralisme est une activité encore très présente sur le bassin versant du Guebli. D'après la direction de l'agriculture de Skikda, les surfaces pastorales représentent près de 60% de la surface totale du bassin versant. Elles se situent sur des territoires vulnérables, dans le sens où ils concentrent près des sources d'eau potable. L'activité pastorale est une activité également contrainte par d'autres occupations du sol. Elle est la principale activité contrainte par la protection des captages d'eau potable dans les périmètres de protection rapprochés.

Du point de vue des risques de pollution, l'activité agricole génère différents types d'effluents. La pollution engendrée est de deux types, l'une ponctuelle ; il s'agit des fuites directes dans le milieu (une fosse qui fuit), l'autre diffuse il s'agit des rejets sur toute la surface d'un territoire et transmis de façon indirecte, par ou à travers le sol (un épandage sur sol). Les polluants émis sont variables (matières organiques, azote, phosphore, produits phytosanitaires, bactéries...) et leur transfert vers le milieu dépend de la nature des apports au sol, pratiques d'épandage, capacité de stockage des effluents, pentes des parcelles, pluviométrie, nature des sols...

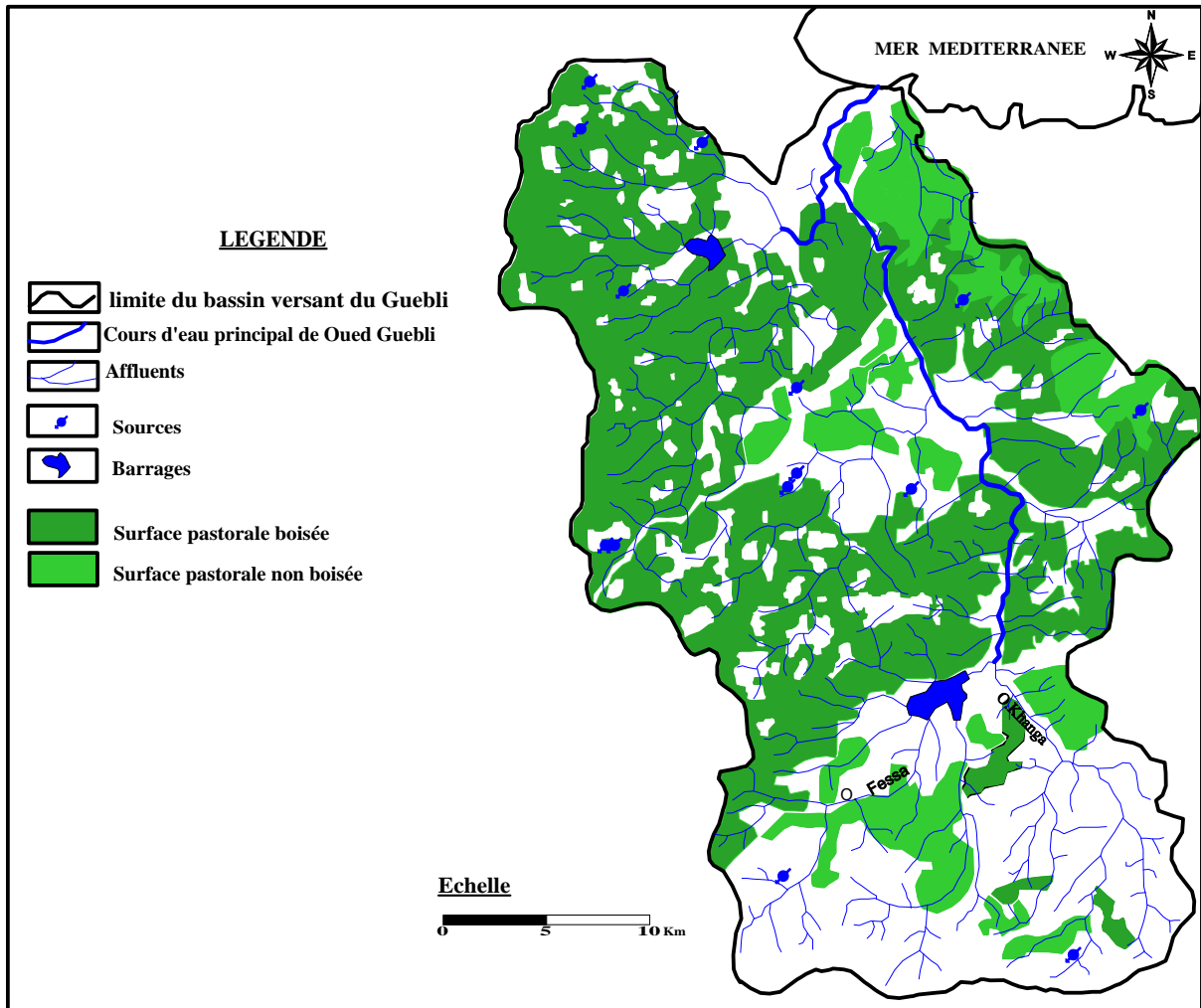


Figure 9.1. Surfaces pastorales, hydrographie et occupation du sol du bassin versant du Guebli.

La problématique des rejets fécaux des troupeaux inalpés est fortement présente sur le bassin versant du Guebli. Les analyses d'eau effectuées sur les eaux du Guebli amont révèlent une pollution bactériologique sur la plus part des stations (abordée dans le chapitre 5). En raison du nombre croissant consacré aux unités d'élevage (Surtout l'engraissement et la production de lait). En raison de l'amélioration de la situation sécuritaire et le retour des populations dans les zones montagneuses. D'après l'étude socio-économique effectuée par l'administration des forêts de la wilaya de Skikda, les communes du bassin versant de l'oued Guebli comptent un effectif total de 198265 têtes, cet effectif regroupe ovins, bovins, et caprins. (Dont 26358 vaches laitières)

Le petit élevage a connu à son tour une progression importante, ainsi on note trois types d'élevages pratiqués (poulet, dinde, équin), le bassin versant du Guebli dispose 52 fermes des poulets d'engraissement.

Nous avons évalué la pollution brute sur l'activité de l'élevage (purin, fumier, lisier) à partir des ratios, les résultats dans le Tableau 9.1.

Tableau 9.1. Ratios de rejets en EH/j des vache laitières et génisse

purin, fumier, lisier	rejet (EH/j)	Nombre sur le bassin du Guebli	rejet (EH/j)
vache laitière	30	26358	790740
génisse	20	41261	825220

9.1.1.2. L'exploitation forestière

Sur un bassin versant naturel où la forêt et les végétations arbustives couvrent le quasi totalité du Guebli, la problématique forêt - eau est forte. 90% des sources d'eau se situent en forêt. L'exploitation forestière a conservé également un rôle important dans l'économie locale du bassin versant du Guebli ; plusieurs exploitants forestiers et sylviculteurs, un usine de menuiserie et fabrication du bois. La fonction production de la forêt du Guebli reste encore très présente malgré le contexte économique défavorable. Compte tenu de la localisation des sources d'eau potable, et il paraît pertinent de s'interroger sur les pratiques de ces gestionnaires et des relations avec les ressources en eau.

L'exploitation forestière, à proximité de sources ou de cours d'eau, est considérée comme la source de pollution de l'eau émanant de la forêt la plus importante (Cadoux, 2007). Elle peut modifier la qualité des eaux à travers d'effets directs et indirects de son activité. L'utilisation de pistes forestières (et par extension leur construction) entraîne un tassement du sol qui peut conduire le sol forestier à perdre ses caractéristiques en matière d'infiltration et donc augmenter le ruissellement provoquant de l'érosion et de la turbidité dans les eaux d'infiltration. Le débardage du bois jusqu'à la piste présente ce même risque de pollution qui se traduit par des matières en suspension dans les eaux. La modification du couvert forestier peut également être une source de pollution, en particulier la coupe rase (Pour le chauffage ou pour l'aménagement des jardins), activité la plus préjudiciable à la qualité de l'eau. En plus de l'érosion causée, elle augmente les exportations de nitrates qui ne sont plus filtrés. Coupes rases et création de dessertes forestières sont interdites dans les périmètres rapprochés de protection des sources d'eau potables. Des informations sur la déforestation ont été récoltées auprès de l'administration des forêts de Skikda, environ 5000 hectares de forêts ont été détruits annuellement. Elles confirment une gestion non raisonnée par rapport au risque d'érosion. Cependant, la dernière activité économique caractéristique des territoires d'altitude semble présenter un risque de pollution des ressources en eau limité à l'échelle du bassin versant du Guebli. La problématique sur les têtes de bassin versant reste l'activité de l'élevage et pastoralisme pour ses rejets et difficultés de maîtriser le risque de pollution diffuse. Cette pollution est à relativiser avec les autres sources de pollutions dans des milieux plus anthropisés situés à l'aval, et en particulier la pollution urbaine.

9.1.2. Les autres sources de pollutions à l'aval

Un état des lieux sur les activités anthropiques situées à l'aval du Guebli met en avant trois principales sources de pollution : l'urbanisation via le déficit de l'assainissement des eaux domestiques.

9.1.2.1. Les rejets urbains : première source de pollution

La principale source responsable de la pollution de l'eau est le déficit de l'assainissement des eaux domestiques, et en particulier de l'assainissement collectif. A l'instar du réseau d'A.E.P, celui-ci ne couvre que les agglomérations de chef lieu et quelque agglomération secondaire. Pour le reste du bassin versant de Guebli les rejets des eaux usées se font par des fosses septiques. Ces réseaux de type unitaire et par fois séparatif, ont été réalisés en deux périodes celui de l'ancien noyau daté de l'époque coloniale. Son état est dégradé et nécessite une reflation. Par contre son extension récente est dans un état satisfaisant nécessitant des entretiens et des curages périodiques choses inexistantes actuellement. D'après la direction de l'hydraulique de la wilaya de Skikda, le taux de raccordement en 2013 de la population à un assainissement collectif est de 63% (Tab.9.2). A ce déficit de raccordement s'ajoute la question du sous-dimensionnement des réseaux surtout que ces réseaux par fois fonctionnent unitairement avec les eaux pluviales.

Quant à l'assainissement non collectif, caractéristique de l'habitat diffus en milieu rural, son efficience relève des mises aux normes des installations de chaque foyer. Ces installations non contrôlées par les services publics, d'après une étude effectuée par la direction de l'environnement de Skikda, la plus part de ces équipements doit être changé présentant un fonctionnement défaillant ou non adapté à la capacité d'infiltration du sol.

D'autres rejets urbains posent des problèmes de gestion. Les eaux pluviales, en ruisselant sur les surfaces imperméabilisées des zones urbanisées, peuvent être à l'origine d'apports de charges polluantes jusqu'aux cours d'eau. Les rejets des eaux domestiques et pluviales se déversant directement dans le Guebli ont été analysés par la direction de l'environnement de Skikda, cherchant à expliquer les causes de perturbation du peuplement piscicole du Guebli.

Tableau 9.2. Caractéristiques des réseaux d'assainissement des agglomérations.

Commune	Agglomération Pop > 1000 ha	Longueur du réseau (ml)	Taux de raccordement %	Volume eaux usées (hm ³ .an ⁻¹)	Milieu récepteur
Collo	O. Maazouz	8300	71	0,733	Oued Cherka
Zitouna	Chef Lieu	12300	85	0,950	Chaabat
Beni Zid	Chef Lieu	11400	83	0,980	Oued + Chaabat
	Ali Cherf	2700	72	0,180	Chaabat
	Agna	5500	78	0,140	Chaabat
Cheraia	Ain Aghbel	4135	88	0,100	Oued Cherka
Tamalous	Chef Lieu	26620	63	0,402	Oued Guebli
	Ain Tabia	3015	52	0,110	Oued Guebli
	Demnia	4215	62	0,190	Oued Guebli
	Ain Cheraia	2700	82	0,182	Chaabat
	L.Bouyaghil	3100	49	0,109	Chaabat
Kerkera	Chef Lieu	23800	69	1,92	Oued Guebli
	Hajria- B.Zuit	5500	59	0,366	Oued
	Ahmed Salem	5400	87	0,180	Oued Guebli
	Boulgartoum	3830	70	0,320	Oued Guebli
Bin el Ouiden	Chef Lieu	16100	69	0,168	Oued bin Ouiden
	Tahouna	3340	50	0,110	Chaabat
	Zoubia	2690	60	0,090	Chaabat
	Laktichmet	2150	50	0,095	Chaabat
Ain Kechra	Chef Lieu	17030	80	0,210	Oued + Chaabat
	Boudoukha	3300	88	0,106	Oued + Chaabat
	H.Mefrouch	3020	78	0,092	Chaabat
	Safsafa	1330	75	0,102	Chaabat
OumToub	Chef Lieu	21080	70	0,855	Oued + Chaabat
	Chaaba	2100	70	0,210	Chaabat
	Sidi Kambar	1400	80	0,130	Chaabat
Sidi Mezghich	Chef Lieu	12500	78	0,741	Chaabat
	El Khanga	2300	83	0,050	Oued
	Souk Telata	2400	80	0,045	Oued
	Errabaine	2300	80	0,042	Oued
	El Hamri	1800	72	0,044	Chaabat
Beni Oulbène	Chef Lieu	10000	77	0,330	Oued
	Boulahjar	2200	53	0,030	Oued
Ain Bouziane	Chef Lieu	12020	82	0,510	Oued
	Zibouch	2010	70	0,055	Oued
Z.Youcef	Ain Sferjela	1200	40	0,050	Chaabat
Total		244785	63	8,264	Mer

Source : DHW de Skikda

Sur les 40 agglomérations de plus de 1000 habitants 36 sont dotées de réseaux d'assainissement qui représentent un linéaire de plus de 244km avec un volume des eaux usées rejetées de 8,264 hm³.an⁻¹. Trois agglomérations possèdent de station de relevage, deux stations en cour de construction. Et aucune agglomération du bassin versant du Guebli possède une station d'épuration des eaux usées. Pour le reste des agglomérations du bassin versant du Guebli le seul type d'équipement des réseaux d'assainissement est les bassins de décantations. Les différents points de rejets urbains du bassin versant du Guebli présentés dans la figure 9.2.

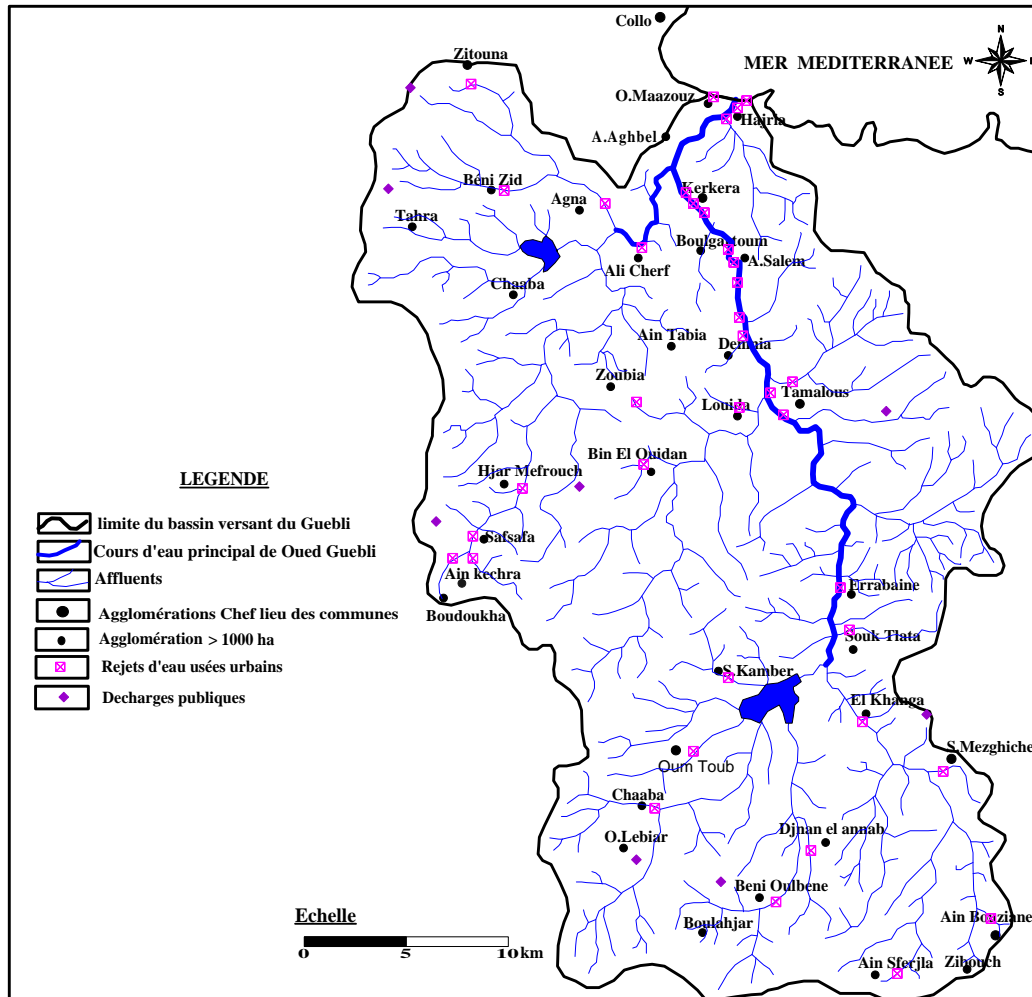


Figure 9.2. Différents points de rejets urbains du bassin versant du Guebli

9.2. Les principaux acteurs de l'eau dans le bassin versant du Guebli

Ce chapitre expose les nombreux acteurs de l'eau et précise leurs compétences. Il fait un éclairage sur les acteurs régulateurs de la politique de l'eau avant d'étudier précisément les acteurs intervenant dans la gestion des ressources en eau ou des usages du bassin versant du Guebli.

9.2.1. Les acteurs de l'eau potable et de l'assainissement

Les principaux acteurs de l'eau potable et de l'assainissement sont les communes qui assurent elles-mêmes les responsabilités de l'organisation de l'adduction de l'eau potable, de la collecte et du traitement des eaux usées et pluviales. Elles sont responsables de la production et la distribution d'eau potable, depuis la Révolution Algérienne, elles assument, à la fois, la responsabilité technique pour faire couler l'eau, et la responsabilité juridique en faisant respecter l'utilité publique des ressources en eau. Les communes de montagne assurent plus constamment ces tâches que les communes urbaines qui cèdent souvent leur service public d'eau aux sociétés privées pour des raisons sanitaires.

Dans le bassin versant du Guebli, la particularité des communes est de conserver la gestion du service d'eau potable et de l'assainissement, la délégation ne représente que 11% pour l'alimentation de l'eau potable et 28% pour l'assainissement, contrairement aux bassins versants voisins (Remel et Saf-Saf). La nature du gestionnaire et de l'exploitant d'un service d'eau potable ou d'assainissement, est exprimée à pourcentage de la population concernée du bassin versant du Guebli (Tab.9.3).

Tableau 9.3. Nature du gestionnaire et de l'exploitant bassin versant du Guebli.

Gestion	Commune	Délégataire
Eau potable	89%	11%
Assainissement	72%	28%

Au niveau du bassin versant du Guebli, les communes ont gardé la gestion de 89% des services d'eau potable. O.Maazouz et Sidi Mezghiche délèguent cete gestion à un opérateur privé (ADE).

L'organisation actuelle des acteurs autour de la gestion d'un service d'eau potable peut être inscrite dans un système de gestion intégrée pour deux raisons. D'une part, le maintien de la compétence de la gestion à une échelle aussi réduite que celle de la commune est un obstacle à une, gestion optimale des ressources en eau et à une solidarité entre les communes. En effet, sur un territoire de montagne, la disponibilité des ressources en eau est fortement conditionnée par des limites naturelles (bassins versants),

9.2.2. Les acteurs du milieu aquatique

Une seule catégorie d'acteurs du milieu aquatique a actuellement la compétence et les moyens financiers pour porter de tels projets : ce sont notamment, la direction de l'hydraulique et les associations agréées. Ces deux acteurs ont des compétences techniques reconnues pour réaliser des études et des travaux d'Oued Guebli en vue d'aménagement de zones de reproduction ou de réhabilitation d'un tronçon (le projet de régularisation d'Oued Guebli).

9.2.3. La contribution des acteurs à la mise en place d'une gestion intégrée de l'eau

La démarche que nous avons adoptée consiste à évaluer la contribution de chacun des acteurs intervenant dans la gestion de l'eau à la mise en place d'un système de gestion intégrée. La méthode et les critères retenus ont été exposés dans la partie sur le cadre théorique (partie I, chapitre 3). Une quinzaine d'indicateurs ont été retenus. Chaque indicateur peut prendre une valeur de 1 à 5 ; 5 étant la note qui permet d'atteindre une gestion intégrée de l'eau. Le système de notation et le questionnaire sont reportés en annexe 1. Cette grille d'indicateurs a

été le fil conducteur des entretiens réalisés auprès de chaque catégorie d'acteurs. Les acteurs qui ont été contactés et/ou rencontrés sont :

- l'Algérienne des eaux.
- les collectivités responsables de la gestion de l'eau potable et de l'assainissement (communes de montagnes).
- plusieurs bureaux d'études du secteur privé qui réalisent des études et des travaux pour le compte d'une commune.
- l'administration des forêts.

Les résultats de l'enquête sont synthétisés dans le tableau 9.4. Nous avons également construit des graphiques (radar) permettant de mettre en avant les points forts et les points faibles des systèmes de décision de chaque catégorie d'acteurs. Les axes du radar sont construits à partir des indicateurs identifiés à chaque étape d'intégration du processus : connaissance, intégration spatiale et temporelle (échelle), intégration des usages, intégration des acteurs, intégration des moyens financiers, juridiques, techniques et la structure d'action. A titre d'exemple, nous présentons le radar d'évaluation du système de gestion d'une commune de montagne (Fig.9.3). Celui-ci fait ressortir comme une note assez moyenne, ses rapports privilégiés avec les moyens financiers de mise en œuvre de la gestion et moyens juridiques et institutionnels ; c'est l'usage de l'eau prioritaire qui doit rester accessible à tous. En contre partie de ce fort enjeu, la sensibilisation et l'intégration des acteurs sont récentes et encore insuffisantes. Les faiblesses du système de gestion d'une commune de montagne sont principalement ; les manques de connaissances sur les débits naturels des sources et la faible intégration des usages de l'eau dans les instances de communication et de concertation locales.

L'attribution des notes permet également de comparer les acteurs entre eux. La note globale est la somme des moyennes de notes se référant aux étapes d'intégration du processus. Il en ressort une forte variabilité des niveaux de contribution à la mise en place d'un système de gestion intégrée.

Aucun acteur ne répond à l'ensemble des exigences d'une gestion intégrée. Plusieurs acteurs s'en rapprochent. Le bureau d'étude est l'acteur le plus apte à faire de la gestion intégrée sur l'ensemble du bassin versant du Guebli avec 65 points sur 90 et une note moyenne de 3,61/5. Il a les compétences pour être un lieu de concertation exemplaire et pour avoir une vision globale de tous les usages sur l'ensemble d'un bassin versant.

Le deuxième acteur est l'Algérienne des eaux qui totalise 55 points et une note moyenne de 3,05/5. Cette structure n'est pas adaptée pour mener une gestion intégrée à cause de sa faible représentativité locale. Le troisième acteur, avec un nombre de points de 49 et une note moyenne de 2,72/5 est la commune. Souffre également d'un manque de reconnaissance en tant qu'acteur d'un bassin versant.

Tableau 9.4. Récapitulatif des notes des systèmes de gestion de l'eau de chaque catégorie d'acteurs

Etape du processus de gestion	Acteurs	l'Algérienne des eaux	Communes de montagnes	Bureaux d'études	Administration des forêts
Connaissances	Connaissances	3	2	4	2
	Evaluation	4	3	4	2
Echelle de gestion	Echelle de gestion	3	3	3	3
intégration des usages	Gestion multifonctionnelle	3	1	3	2
Intégration des acteurs	Rapports entre acteurs et usage/ressource	4	4	4	3
	Implication communes	3	3	4	2
	Implication acteurs de l'eau et usagers	2	2	4	2
Communication, concertation	Concertation	2	1	4	1
	sensibilisation	2	3	3	2
Economie et moyens financiers de mise en œuvre de la gestion	Financement	4	4	3	2
	Enjeux socioéconomiques	3	3	4	5
Moyens juridiques et institutionnels	Réglementation	4	4	4	2
	Droit de propriété/droit d'usage	2	4	5	4
	Planification	4	2	4	2
Techniques	Techniques	3	3	2	2
Structure d'actions	Structure gestionnaire (compétence)	4	3	4	3
	Représentation territoire	2	2	3	5
	Pratiques intégrées et évolution	3	2	3	3
Total des notes		55	49	65	47
Moyenne (/5)		3,05	2,72	3,61	2,61

Le dernier est l'administration des forêts, elle est l'acteur qui n'est pas identifié en tant qu'acteur direct de l'eau. Il souffre ainsi d'un manque de reconnaissance par les autres acteurs. Les systèmes institutionnels et financiers mis en place par la politique de l'eau l'exclut également, ils ne reconnaissent pas, par exemple, l'impact de la forêt sur la qualité des ressources en eau.

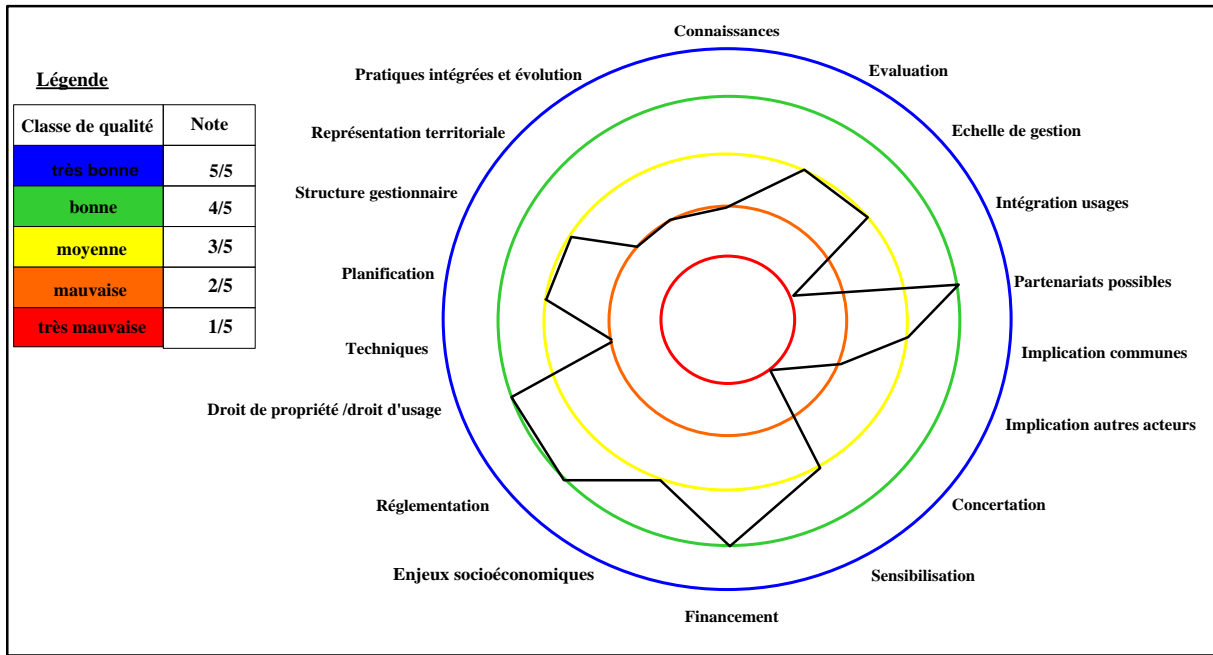


Figure 9.3. Radar d'évaluation du système de gestion d'une commune de montagne pour atteindre une gestion intégrée de l'eau.

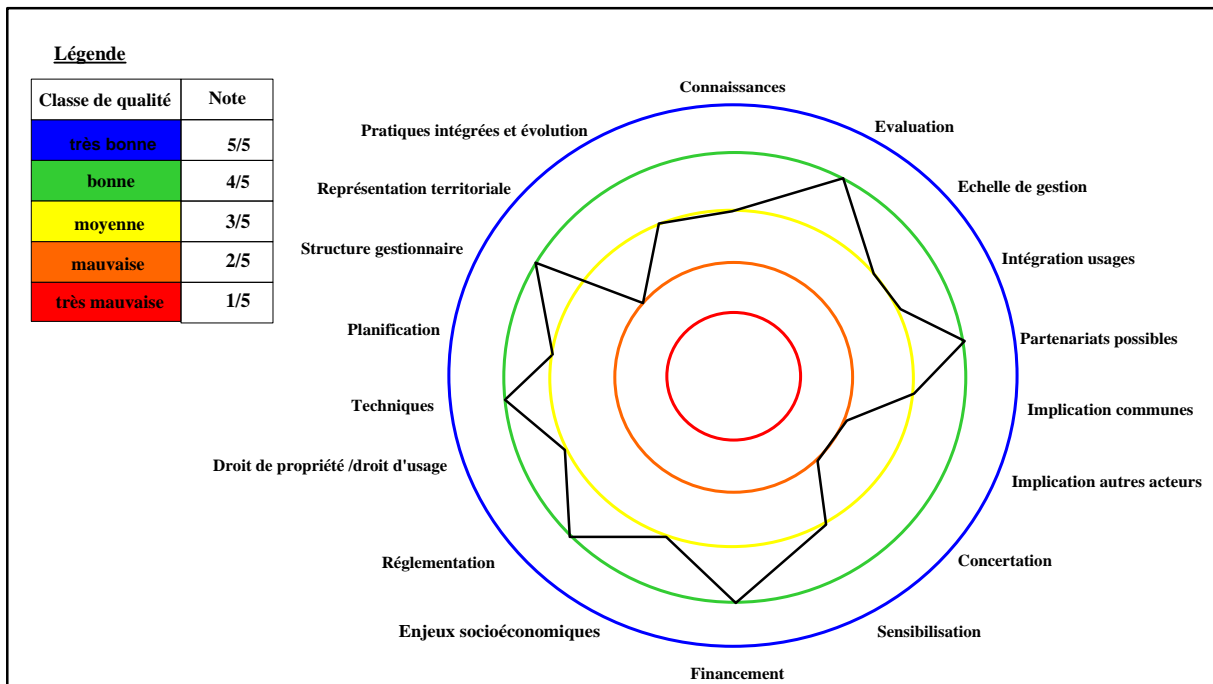


Figure 9.4. Radar d'évaluation du système de gestion de l'Algérienne des eaux pour atteindre une gestion intégrée de l'eau.

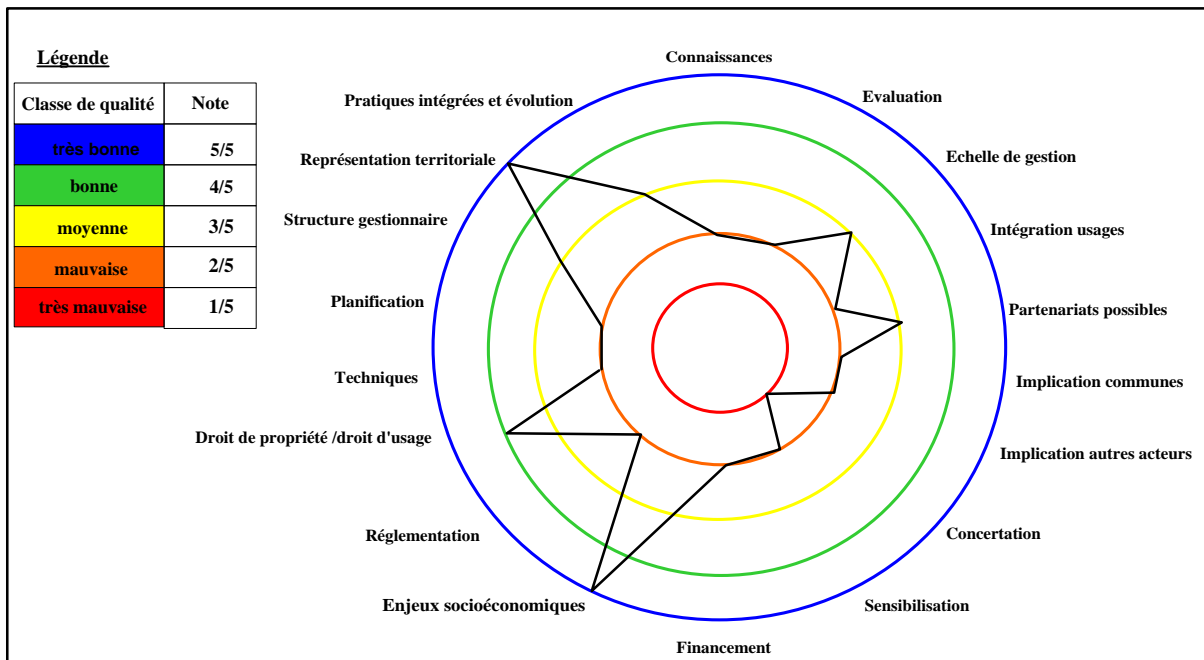


Figure 9.5. Radar d'évaluation du système de gestion de l'administration des forêts publique pour atteindre une gestion intégrée.

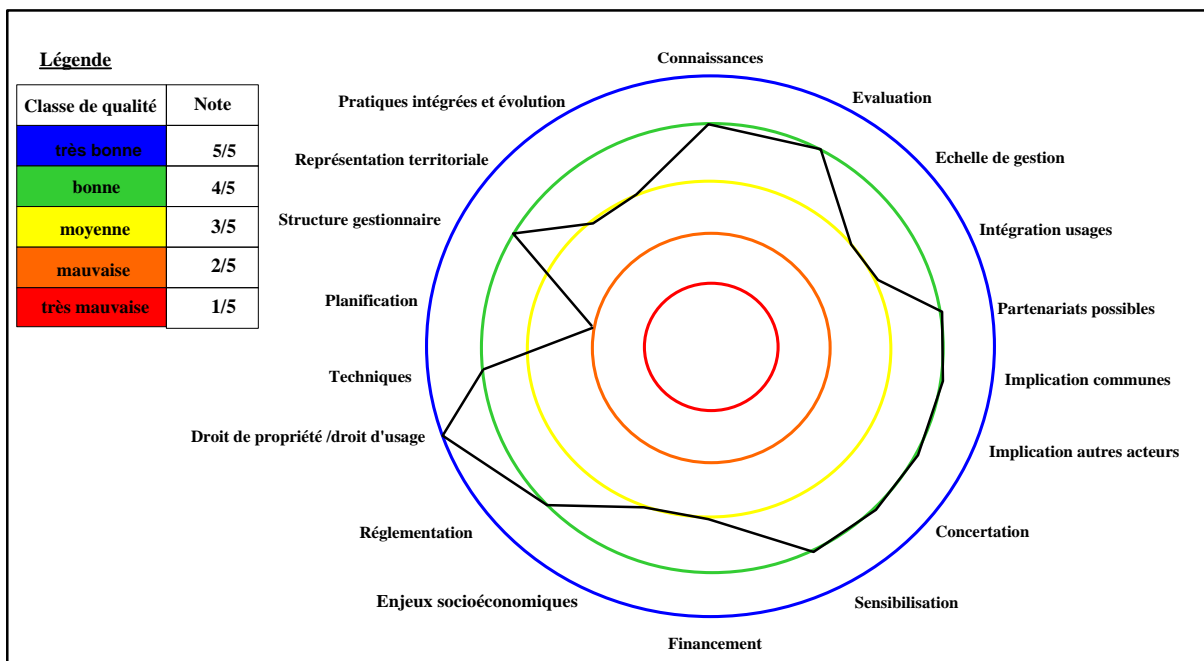


Figure 9.6. Radar d'évaluation du système de gestion des bureaux d'étude pour atteindre une gestion intégrée de l'eau.

Conclusion

Le bassin versant du Guebli se caractérise par plusieurs activités concentrées dans les zones d'infiltration des eaux. Cela est un facteur de risques de pollution qui sont généralement difficilement mesurables. Deux activités économiques présentant des risques de pollution ont

été identifiées néanmoins sur les têtes de bassin versant : l'élevage pastoralisme, et l'exploitation forestière. Elles sont localisées sur des territoires qui couvrent 90% des sources d'eau potable. L'activité la plus polluante est l'élevage pastoralisme, elle engendre d'importants rejets polluants, la première source étant les rejets fécaux.

Dans la partie aval du Guebli, la principale source de pollution des ressources en eau est le déficit de l'assainissement des eaux domestiques. Le taux de raccordement en 2013 de la population à un assainissement collectif est de 63%. A ce déficit de raccordement s'ajoute la question du sous dimensionnement des conduites.

Ces pollutions ou risques de pollution mis en avant renvoient au temps de fonctionnement du système gestion de l'eau et à sa première boucle de rétroaction présentée dans la partie I. Ces effets non désirés peuvent menacer le patrimoine naturel du Guebli qui constitue un important support d'activités touristiques (baignade, pêche).

Les résultats de l'enquête effectuée au niveau des gestionnaires du bassin versant du Guebli montre :

La particularité des communes est de conserver la gestion du service d'eau potable et de l'assainissement, la délégation ne représente que 11% pour l'alimentation de l'eau potable et 28% pour l'assainissement. Les faiblesses du système de gestion d'une commune de montagne sont principalement ; les manques de connaissances sur les débits naturels des sources et la faible intégration des usages de l'eau dans les instances de communication et de concertation locales.

Aucun acteur ne répond à l'ensemble des exigences d'une gestion intégrée. Le bureau d'étude est l'acteur le plus apte à faire de la gestion intégrée sur l'ensemble du bassin versant du Guebli. Il a les compétences pour être un lieu de concertation exemplaire et pour avoir une vision globale de tous les usages sur l'ensemble d'un bassin versant.

Le deuxième acteur est l'Algérienne des eaux elle n'est pas adaptée pour mener une gestion intégrée à cause de sa faible représentativité locale. Le dernier est l'administration des forêts, elle est l'acteur qui n'est pas identifié en tant qu'acteur direct de l'eau. Il souffre ainsi d'un manque de reconnaissance par les autres acteurs.

PARTIE IV : Chapitre 10

Evaluation de la demande socio-économique en eau

Introduction

L'objectif principal de l'évaluation de la demande socio-économique en eau est de suivre l'évolution des besoins en eau à long terme (2013 – 2035) des différents secteurs usagers qui sont : L'alimentation en eau potable, l'alimentation en eau agricole et l'alimentation en eau industrielle; puis les confronter avec le potentiel hydrique actuellement disponible. Ceci nous permettra de faire ressortir les écarts prévisibles entre les offres et les besoins en fonction du temps. Les besoins attendus aux échéances de l'étude (court, moyen et long terme) sont basés sur l'objectif d'une satisfaction à 100 % des besoins en eau potable et ce en relation avec le modèle de développement du réseau urbain et des espaces ruraux préconisés lors de l'élaboration du plan d'aménagement de Wilaya de Skikda. L'amélioration de l'alimentation en eau des populations sur le plan quantitatif est un des objectifs recherchés.

1. Création et analyse des scénarios

Après avoir présenté et discuté des équilibres ressources-demandes, des scénarios d'adéquation ressources-besoins à différents horizons se définissent par des hypothèses d'évolution de la demande et des politiques d'intervention mises en œuvre dans le secteur de l'eau concernant la mobilisation, les principes d'allocation, les conditions d'exploitation et de gestion des ressources. Trois scénarii ont été ainsi plus particulièrement étudiés et se distinguent essentiellement par les différentes politiques d'intervention susceptibles d'être conduites par les institutions œuvrant dans le secteur de l'eau (scénario de référence, scénario de fort accroissement de la population, et scénario d'augmentation des superficies irriguées) Trois hypothèses principales sont créées.

- L'utilisation d'eau domestique (dépend de l'accroissement de la population),
- Les besoins en eau pour l'irrigation (dépend de l'augmentation des superficies irriguées).
- les besoins en eau pour l'industrie (dépend de l'accroissement d'emploi)

1.1. Analyse du scénario de référence

Le scénario de référence est le scénario de base, à travers lequel les autres scénarios seront comparés. Il traduit simplement une projection des tendances courantes sans changements majeurs, et sert comme point de comparaison pour les autres scénarios dans lesquels des changements des données du système peuvent être réalisés. Dans notre scénario de référence 2013-2035 utilisé, on fait varier seulement la taille de la population, y compris la taille du secteur industriel, ainsi que la taille des superficies irriguées en maintenant tous les autres paramètres. Cela a pour effet : de faire croître le besoin en AEP des ménages et des collectivités au sein du bassin du Guebli au taux de croissance de la population entre 2013 et 2035 (soit 2,8%), de faire croître les besoins en eau d'irrigation au taux de croissance de la superficie du périmètre irrigué (soit 1,5%). La présente étude de prospection démographique 2013-2035 repose sur :

- une exploitation et un traitement des informations et données des populations, publiées par l'Office National des Statistiques (ONS).
- une intégration des principaux facteurs d'évolution démographique liés à la politique d'aménagement du territoire (SNAT) dans chaque commune et des grands projets de

développement socio économiques programmés à court, moyen et long terme (politique de création d'emploi, logements, développement de l'agriculture) sur l'ensemble du territoire concerné.

1.1.1. Projection d'accroissement de la population

La démarche adoptée consiste à utiliser le même taux de croissance entre 1998 et 2008, dont le taux d'accroissement démographique global moyen est de l'ordre de 2,8 % selon les données de la DPAT.

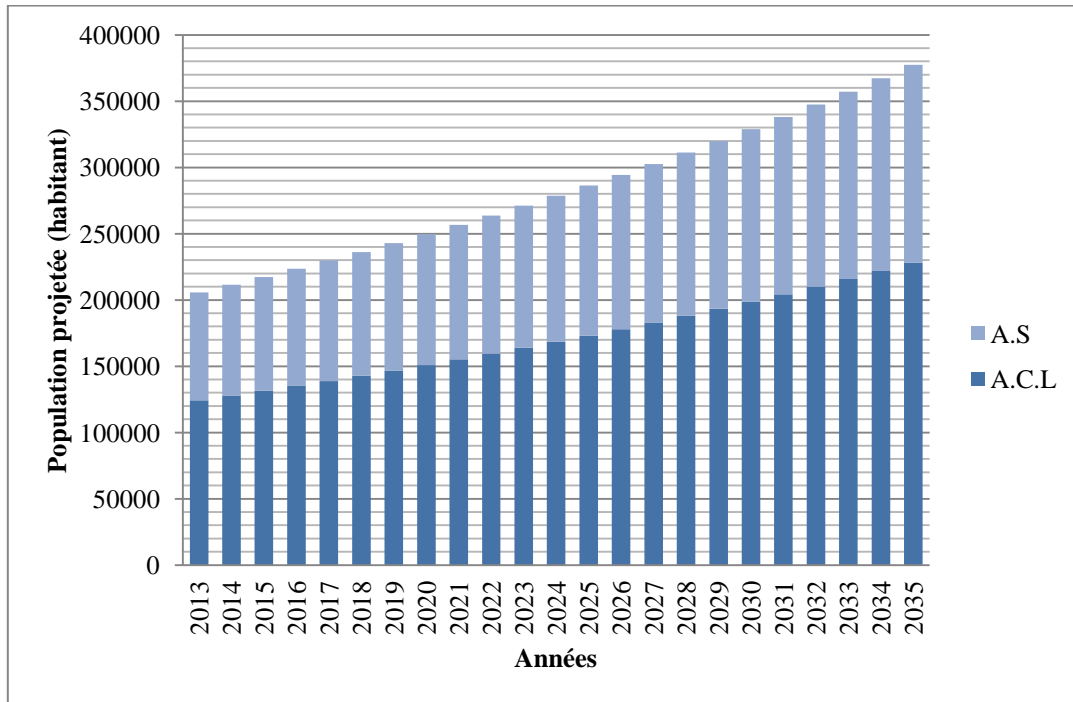


Figure 10.1. Evolution de la population dans le bassin du Guebli
Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035)-

1.1.2. Projection d'augmentation des superficies irriguées

On maintient constant tous les paramètres (les même espèces, taux d'infiltration, etc.) sauf la superficie du secteur irrigué. On suppose que la surface irriguée croit au taux de 1,5% entre 2013 et 2035, ce qui est le taux retenu par les services de la DPAT et l'ONID. Par cela, la superficie irriguée passera de 1925 ha en 2013 à 2633 ha en 2035. Avec cette hypothèse, les tensions sur les ressources vont être plus fortes car les prélèvements vont croître alors que les ressources restent à un même niveau. Cela peut se voir dans la progression des prélèvements qui seront effectués au cours de la période.

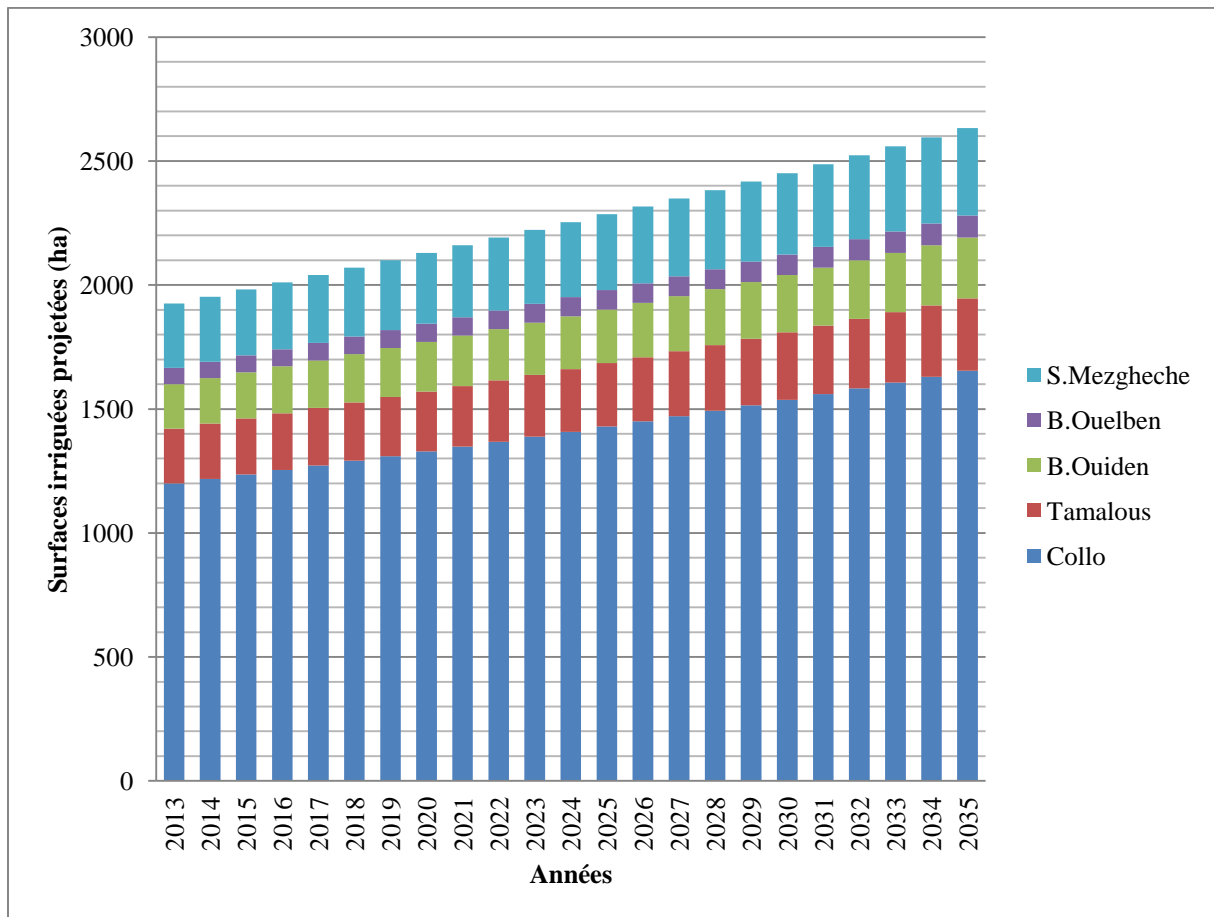


Figure 10.2. Projection des superficies irriguées dans le bassin du Guebli.
- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035)-

1.1.3. Demande en eau

S'agissant du futur et des projections de demande en eau avec les évaluations des consommations individuelles, on est dans un domaine qui est beaucoup plus clair et la formulation des enjeux est assez simple. Les dotations doivent traduire un besoin élémentaire du citoyen en eau quotidiennement. La détermination de la demande en eau potable repose sur un ensemble d'hypothèses d'estimation et d'évolution des facteurs liés:

- à la démographie et aux projections de populations à différents horizons,
- aux dotations unitaires domestiques et à leurs évolutions aux différents horizons,
- aux facteurs de majorations associés pour la prise en compte des «autres usages » (administrations, commerces, artisanat et petites industries) et l'activité touristique,
- aux rendements des infrastructures et à leurs évolutions dans le temps.

De plus, en liaison avec le volet besoins en eau industrielle, il convient d'intégrer dans la présente étude demande en eau potable, les incidences spécifiques de la demande en eau industrielle qui est fonction de son type d'approvisionnement.

1.1.3.1. Demande de la population (domestique)

La demande en eau potable intègre les résultats des besoins en eau des agglomérations (besoins nets AEP). Face à la croissance de la population du bassin du Guebli, la demande en eau potable augmente régulièrement entre 2013 et 2035, elle a augmenté de 12,92 Hm³.an⁻¹ en 2013, pour atteindre en 2020 environ de 15,67 Hm³.an⁻¹ et elle s'élèvera au total en 2030 à environ 23,70 Hm³.an⁻¹. Selon une dotation moyenne de 180 l.j⁻¹.hab⁻¹ pour les agglomérations de chef lieu et 160 l.j⁻¹.hab⁻¹ pour les agglomérations secondaires du Guebli. les dotations fixent par la direction de l'hydraulique de Skikda dans les circulaires ministérielles (y compris les fuites).

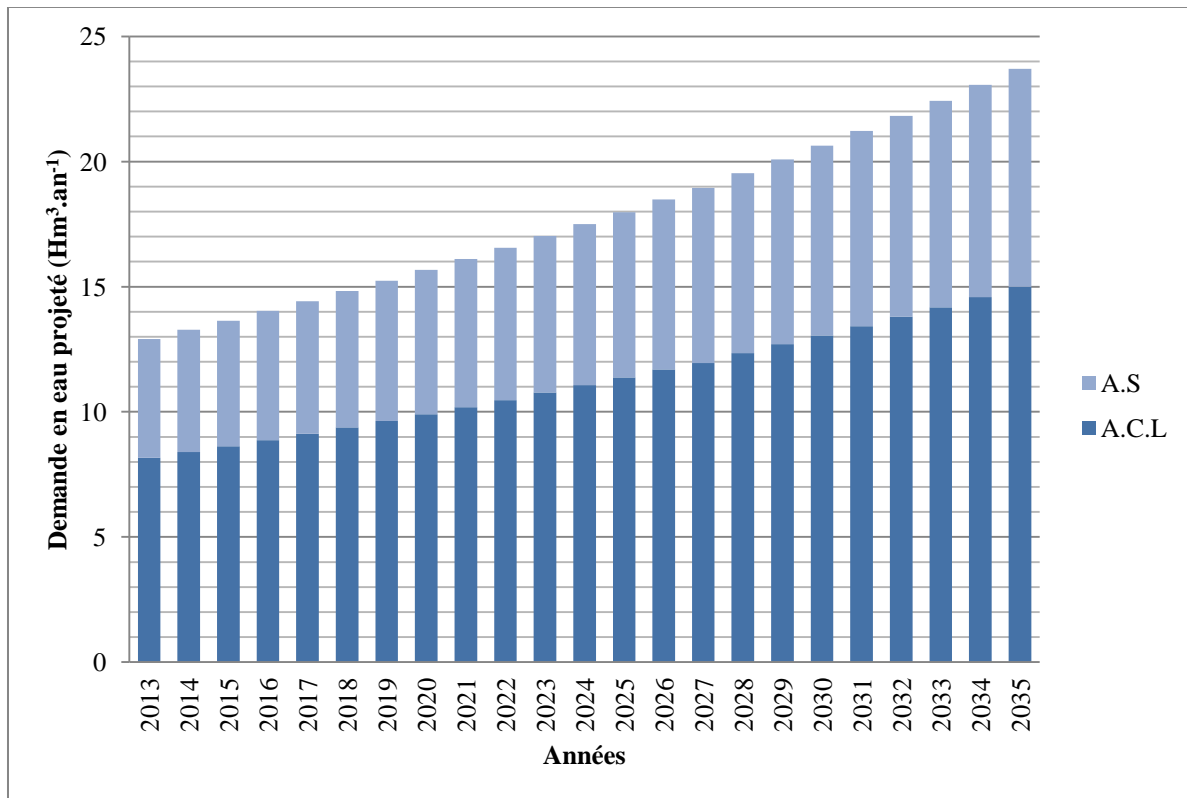


Figure 10.3. Evolution de la demande en eau domestique dans le bassin versant du Guebli.
- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035)-

1.1.3.2. Demande de l'irrigation

La demande en eau à usage agricole est classiquement estimée à partir de données des superficies irriguées, de la nature des cultures et de développement des superficies (intensité culturale), des techniques d'irrigation ainsi que d'autres données (exploitations individuelles ou collectives, etc.). Toute fois s'agissant de la demande en eau agricole, il faut prendre en compte que cette demande est tributaire de l'offre.

Calcul des besoins en eau des cultures dans le périmètre de Collo

Le calcul des besoins en eau des cultures dans le périmètre de Collo (1200 ha soit 62.33% du périmètre total irrigué du bassin versant du Guebli), est basé sur l'étude effectuée par l'Entreprise Nationale de Projet Hydraulique de l'Est dans le cadre de l'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de la plaine de Collo. Les besoins de toutes les cultures pratiquées dans le périmètre irrigué nous donnent les besoins totaux en eau. Sans doute ces besoins variables avec les cultures et le climat, ils sont aussi en fonction du sol (nature, pente, situation topographique etc.) et selon la méthode d'arrosage pratiquée. Ramenés à la totalité de la superficie, ils servent à calculer les besoins en eau nécessaires et à déterminer si les ressources hydriques disponibles sont suffisantes pour l'irrigation du futur périmètre. Les besoins calculés ne sont malheureusement pas ceux l'on reçoit au niveau des parcelles, pour cela on prévoit généralement une certaine marge en raison des pertes parfois inévitable, à savoir les infiltrations en profondeur, le ruissellement superficiel et autres erreurs de gestion (fuites dans les réseaux, adductions et même au niveau des différents ouvrages). Les caractéristiques des consommations en eau des cultures sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 10.1. Caractéristiques des consommations en eau des cultures dans le périmètre de Collo

Cultures	S	O	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel (m ³ /ha/an)
Pomme de terre	460	140							600	1200
Maraîchère A/H	490	220							480	1190
Maraîchère P/E	890				70	730	1400	1560	1520	6170
Oignon/Ail					390	310				700
Légume/sec					530	830	970			2330
Mais Grain					190	930	1420	1300		3840
Mais Fourrager						520	1410	1600		3530
Vesce Avoine					210					210
Arboriculture	1270	290			110	590	1330	1810	1860	7260
Haricot a rame			13	338	588					938
Piment/ Poivron			13	338	800	1125	1213			3488
Tomate			13	338	800	1188	1438			3775
Concombre			13	338	800	1125	1213			3488

Source : A.G.I.D.

L'analyse du tableau ci-dessus nous montre qu'il y a deux cultures à consommation maximale ; l'arboriculture avec 7260 m³/ha/an, et les cultures maraîchère avec 6170 m³/ha/an. *Remarque* : les cultures maraîchères occupent 40 à 70 % de la surface totale du périmètre tandis que l'arboriculture occupe environ 16 % de notre périmètre sur la base de la consommation de ces deux cultures nous allons opter pour le calcul du débit caractéristique ou bien le coefficient caractéristique d'arrosage (appelé parfois débit fictif continue de pointe). Les besoins du périmètre du Collo sont calculés par les logiciels CROPWATS FAO1. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 10.2. Calcul des besoins en eau pour le périmètre de la plaine de Collo.

Cultures	%	Sept	Octob	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Année (m ³ /an)
Maraichère	63	672480	18480	52920	551880	1058400	1179360	1149120	4682640
Mais grain	03			6840	33488	51120	46800		138248
Mais fourrage	04				24960	67680	76800		169440
Légume sec	03				29800	34920			64720
Pomme de terre	11	60720						79200	139920
L'arboriculture	16	243840		21120	113280	255360	347520	357120	1338240
Total	100	977040	18480	80880	753408	1467480	1650480	1585440	6533208

Source : A.G.I.D.

L'analyse du tableau ci-dessus nous montre que le mois de pointe pour le périmètre de la plaine de Collo est le mois de juillet avec une consommation de 1650480 m³ ce qui correspond à une consommation de 1375,4 m³.ha⁻¹ qui sera utiliser comme base pour le calcul du débit caractéristique de notre périmètre, cependant la consommation annuelle au niveau de la plaine est de l'ordre de 6,53 hm³. On supposant que les même cultures sont pratiquées dans le périmètre total du bassin versant du Guebli (1925 ha), et par interpolation ; ont obtiens une consommation annuelle au niveau des plantes de l'ordre de 10,45 hm³.an⁻¹ en 2013, la demande en eau pour l'irrigation projetée en 2035 de l'ordre 14,33 hm³.an⁻¹

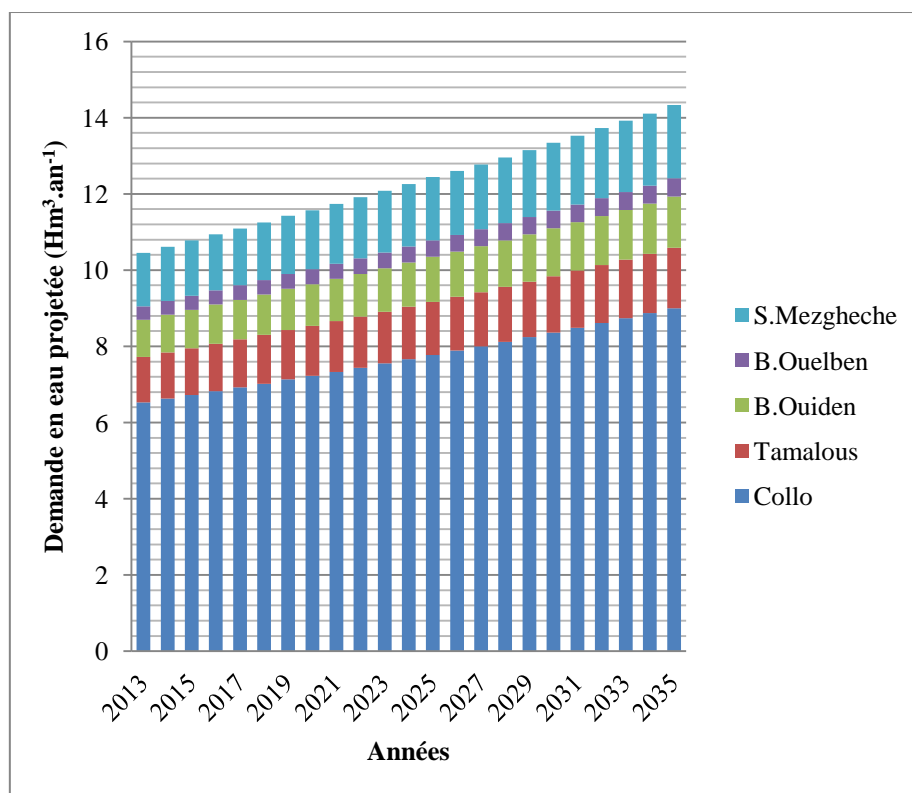


Figure 10.4. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin versant du Guebli.

- Scénario 1: Scénario de référence (2013-2035)-

1.1.3.3. Demande en eau pour l'industrie

Compte tenu des orientations préconisées dans le schéma industriel envisagé à court, moyen et long terme, les activités industrielles à injecter au niveau du bassin versant de Guebli doivent être localisées, de préférence, au niveau des usines de menuiserie bois et aluminium (E.N.M.G.P), transformation du liège (E.N.L) et les limonaderies. Celle-ci exige une réserve d'eau supplémentaire, par rapport aux disponibilités actuelles. L'évaluation de ce volume est basée sur des rations moyennes exprimées à $140 \text{ m}^3/\text{an}/\text{emplois}$, selon les branches d'activité et les processus de fabrications prospectifs en admettant un taux d'accroissement annuel moyen de 2 %. Les besoins en eau industrielles sont négligeables, s'élèveront à $0,22 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ en 2013 à $0,34 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$ en 2030.

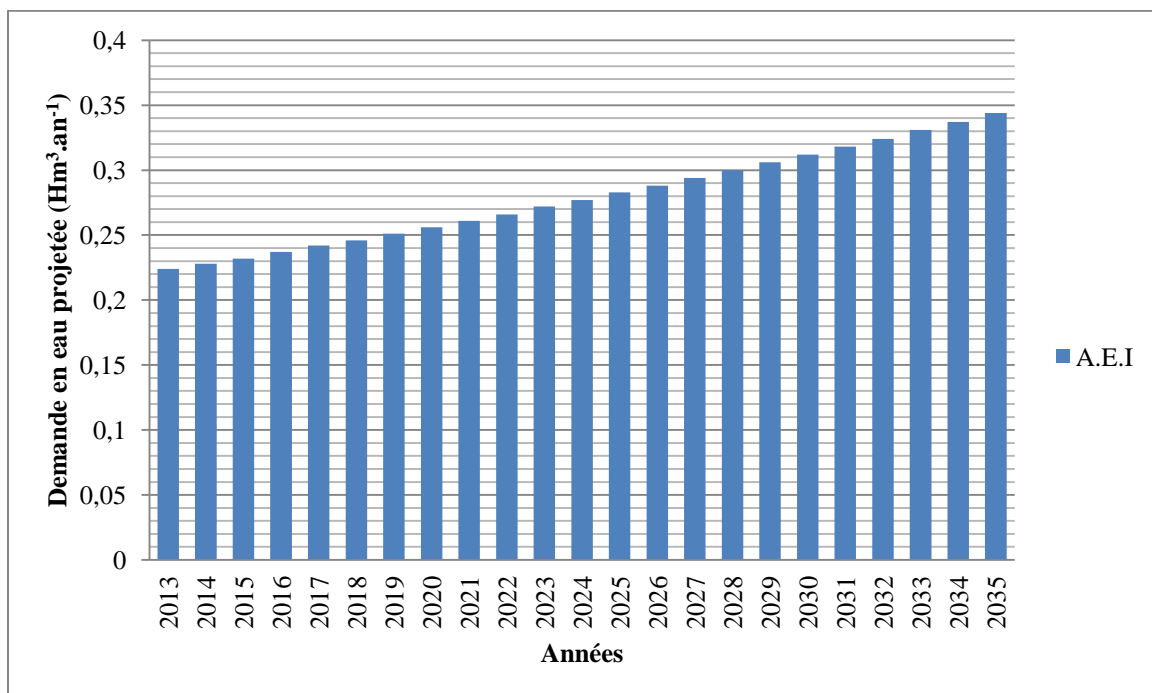


Figure 10.5. Evolution de la demande en eau pour l'industrie dans le bassin versant du Guebli - Scénario 1: Scénario de référence (2013-2035)-

1.1.3.4. Demande en eau globale

La demande en eau globale pour les différents secteurs dans le bassin du Guebli s'élève en 2013 à près de $23,59 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, dont 50 % sont des besoins domestiques. Selon les projections, les besoins en eau globaux s'élèveront à moyen terme (2025) à plus de $30,70 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$. Ces besoins atteindront à l'horizon 2035 les $38,37 \text{ Hm}^3.\text{an}^{-1}$, dont plus de 61 % sont toujours des besoins en eau domestiques. Ceci est expliqué par la nature montagneuse du Guebli (la surface irriguée est très limitée).

Tableau 10.3. L'évolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli.
- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035)-

Demande en eau dans le Guebli (Hm ³)	Années					
	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Eau domestique	12,92	13,64	15,67	17,98	20,64	23,70
Eau d'irrigation	10,45	10,75	11,57	12,44	13,34	14,33
Eau industrielle	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34
Demande en eau globale	23,59	24,62	27,49	30,70	34,29	38,37

La figure ci-dessous présente l'accroissement de la demande en eau dans le bassin du Guebli pur le scénario de référence.

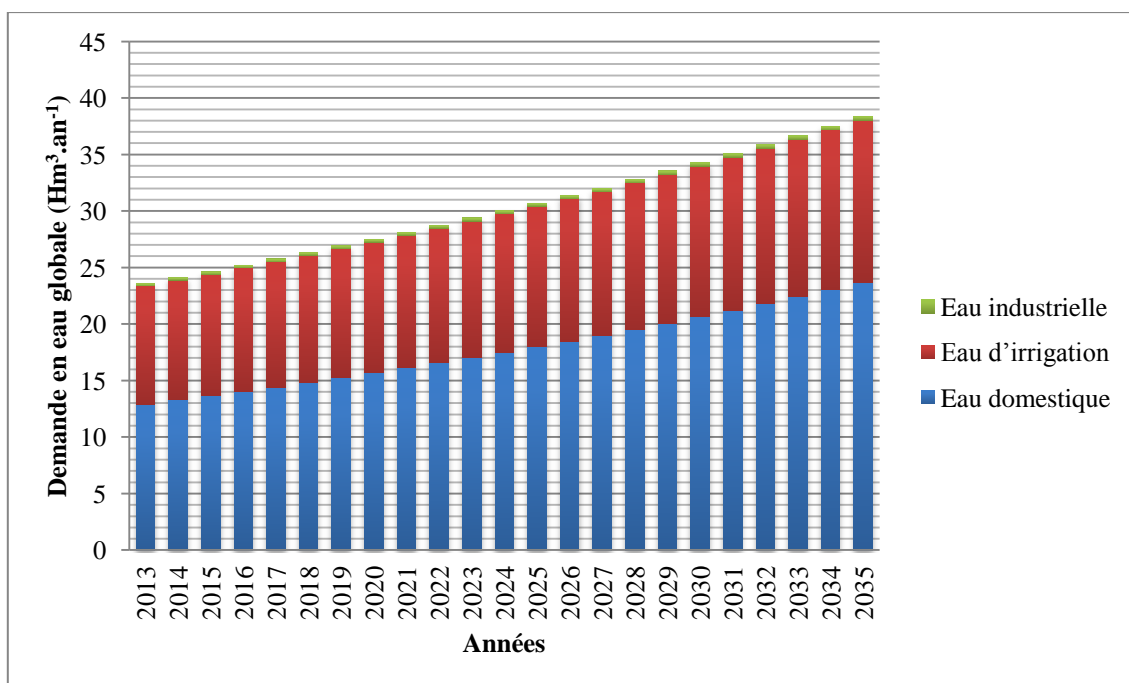


Figure 10.6. Evolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli.
- Scénario 1 : Scénario de référence (2013-2035)-

1.2. Scénario 2 : Simulation d'un fort accroissement de la population

La démographie et particulièrement, l'urbanisation sont les premiers éléments qui déterminent la demande en eau potable et industrielle. On étudie un premier scénario progressif, où les besoins unitaires à la fois des ménages, des collectivités et du secteur de l'industrie vont se modifier sous l'effet de plusieurs facteurs entre 2013 et 2035 (la croissance rapide des petites agglomérations, et la stabilisation des populations de ces agglomérations causée par l'amélioration de la situation sécuritaire, le développement des activités industrielles (PME), le développement des infrastructures socio-économiques comme les logements ruraux et l'activité touristique). Dans le scénario de fort accroissement de la population on va évaluer et comparer la demande en eau si le taux de croissance augmente de 2,8 % à 3,6%.

1.2.1. Evolution de la demande en eau

Ce nouveau scénario a été créé pour évaluer l'impact d'un taux de croissance plus élevé que 2,8% adopté au scénario de référence pour la période 2013-2035. Dans le scénario de fort accroissement de la population, on va évaluer et comparer la demande en eau si le taux de croissance augmente de 2,8% à 3,6%. Pour ce scénario, les dotations unitaires moyennes utilisées sont de 180 l. hab⁻¹.j⁻¹ pour les agglomérations des chefs lieu et 160 l. hab⁻¹.j⁻¹ pour les agglomérations secondaires. Sur la base de ces hypothèses, les demandes en eau domestique seront de 12,92 Hm³.an⁻¹ et 18,50 Hm³.an⁻¹ en 2025. Elles s'élèveront au total en 2035, à environ 25,86 Hm³.an⁻¹.

L'allure du résultat de l'effet d'un fort accroissement de la population sur la demande en eau, est bien visible, où on observe une demande en eau domestique de l'ordre de 25,86 Hm³.an⁻¹ avec un taux d'accroissement de 3,6%, cependant elle ne dépasse pas les 23,60 Hm³.an⁻¹ pour un taux de 2,8%, soit un taux d'augmentation des demandes de 8,73%. Contrairement à la demande en eau totale (y compris l'irrigation), où on a une demande en eau de l'ordre de 38,37 Hm³.an⁻¹ pour un taux d'accroissement de 2,8% et elle serait de 40,53 Hm³.an⁻¹ pour un taux de 3,6%, soit une augmentation de 5,32% seulement.

Tableau 10.4. Evolution de la demande en eau dans le bassin du Guebli.
- Scénario 2 : Fort accroissement de la populaion (2013-2035)-

Demande en eau dans le Guebli (Hm ³)	Années					
	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Eau domestique	12,92	13,66	15,81	18,50	21,86	25,86
Eau d'irrigation	10,45	10,75	11,57	12,44	13,34	14,33
Eau industrielle	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34
Demande en eau globale	23,59	24,64	27,63	31,22	35,51	40,53

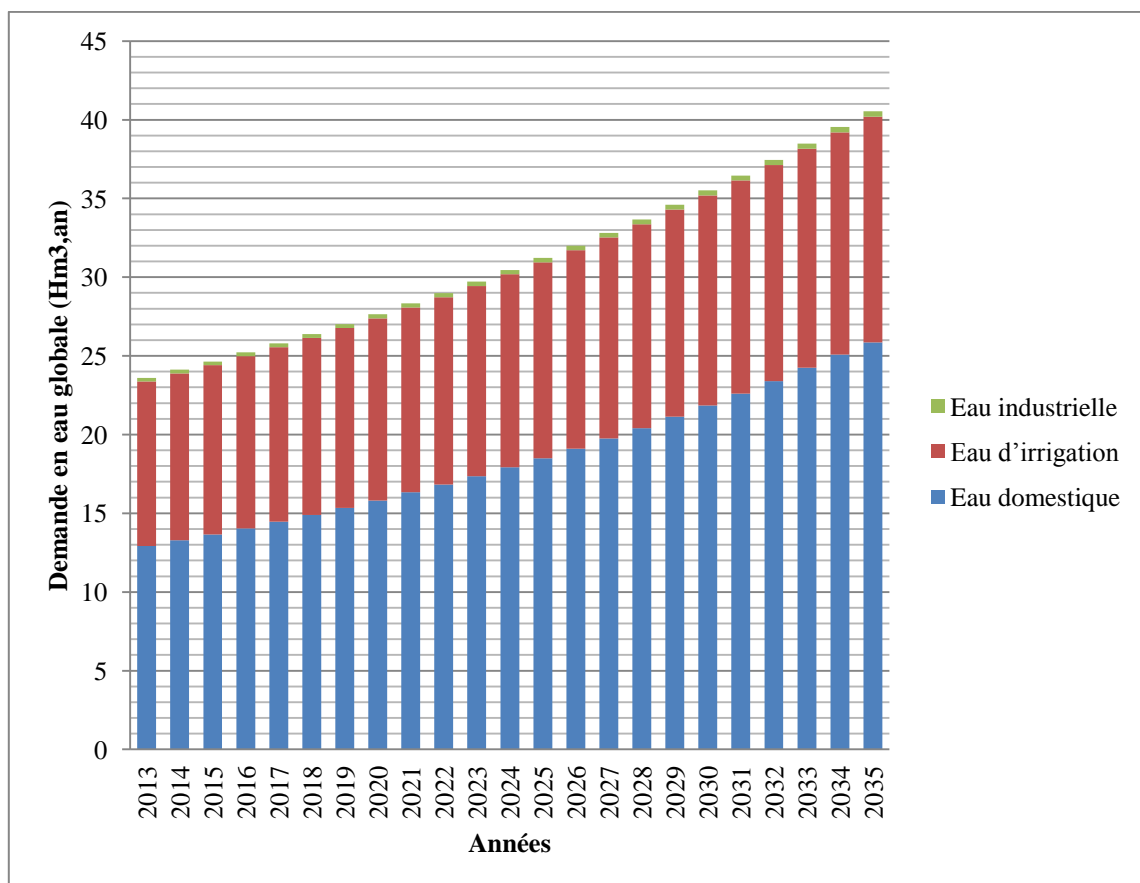


Figure 10.7. Evolution de la demande en eau dans le bassin du Guebli.
- Scénario 2 : Fort accroissement de la population (2013-2035)-

1.3. Analyse du scénario 3 : Simulation d'augmentation des superficies irriguées

L'irrigation dans le bassin du Guebli est devenue donc une condition nécessaire à la modernisation et à la sécurité des exploitations agricoles. Ce scénario a été créé pour évaluer l'impact de l'augmentation des superficies irriguées de 3,5% sur la demande en eau globale dans le bassin du Guebli. Avec cette hypothèse, les tensions sur les ressources vont être plus fortes car les prélèvements vont croître alors que les ressources délivrées restent au même niveau (ce qui pousse généralement à une surexploitation des petites nappes souterraines). Cela peut se vérifier dans la progression des prélèvements qui seront effectués au cours de la période projetée.

1.3.1. Projection d'augmentation des superficies irriguées

Pour établir le scénario d'augmentation des superficies irriguées pour l'horizon 2013-2035, on maintient constants tous les paramètres (taux d'infiltration, la nature des cultures etc...) sauf la superficie du secteur irrigué. On suppose que la surface irriguée croît au taux de 3,5%. Pour cela, la superficie irriguée passera de 1925 ha en 2013 à 4030 ha en 2035.

Tableau 10.5. Projection des superficies irriguées dans le bassin du Guebli.
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

Superficies irriguées (ha)	Années					
	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Périmètre de Collo	1200	1285	1523	1808	2145	2546
Périmètre de Tamalous	220	234	276	326	385	455
Périmètre de Bin Ouidan	180	192	225	264	317	366
Périmètre de Beni Oulbène	66	70	80	93	108	126
Périmètre de Sidi Mezghiche	259	277	327	387	457	541
Périmètre de Guebli	1925	2058	2427	2874	3402	4030

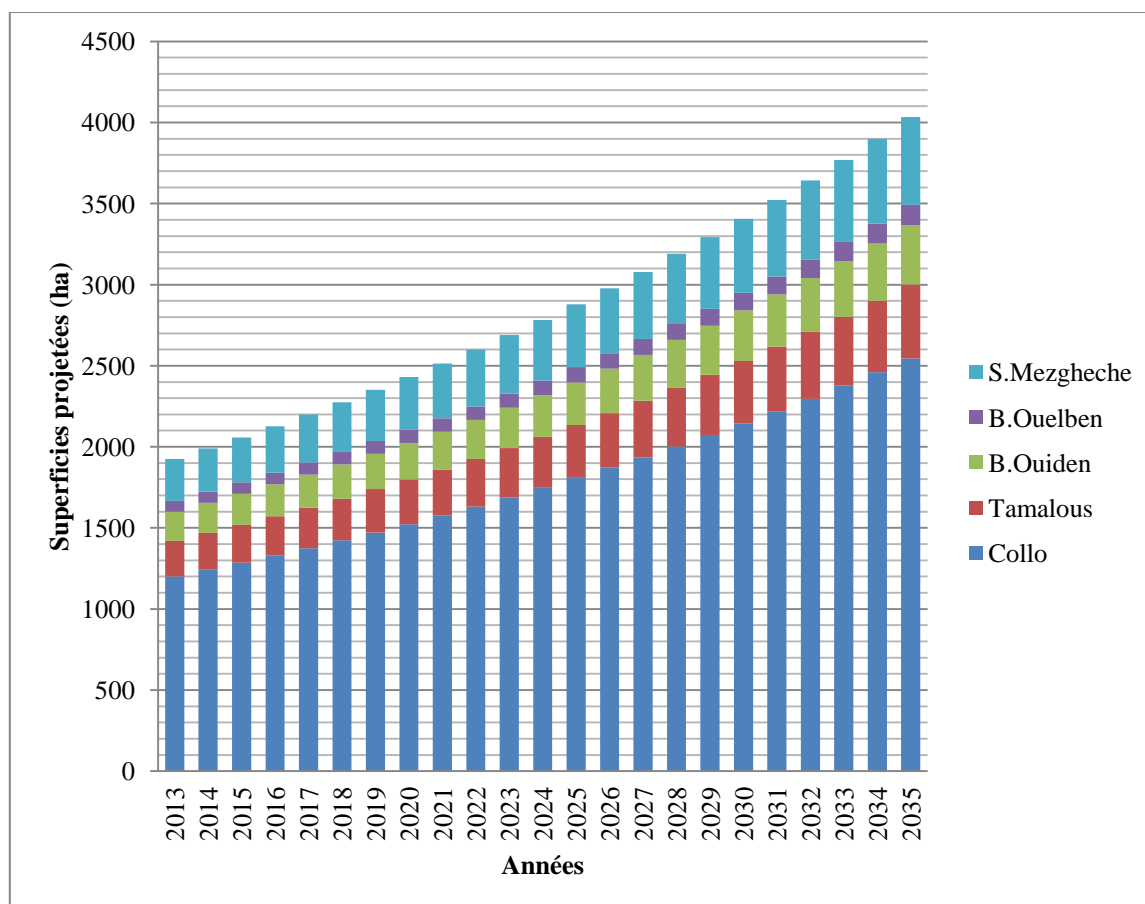


Figure 10.8. Evolution des superficies irriguées le bassin du Guebli
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

1.3.2. Evolution de la demande en eau d'irrigation

L'étude de l'évolution de la consommation en eau pour l'agriculture vise à chercher une relation entre l'évolution des superficies irriguées et l'évolution des prélèvements d'eau. Donc, l'évolution des besoins en eau d'irrigation est liée directement à l'augmentation des terres irrigables. Avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de $5444 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Les besoins en eau d'irrigation s'élèveront donc de $10,45 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 2013 à $15,64 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 2025, pour atteindre un volume de $21,94 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 2035.

Tableau 10.6. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin du Guebli.
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

Demande en eau d'irrigation (Hm ³)	Années					
	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Périmètre de Collo	6,53	6,99	8,29	9,84	11,67	13,86
Périmètre de Tamalous	1,19	1,27	1,50	1,77	2,09	2,47
Périmètre de Bin Ouidan	0,98	1,04	1,22	1,43	1,69	1,99
Périmètre de Beni Oulbène	0,35	0,38	0,43	0,50	0,59	0,68
Périmètre de Sidi Mezghiche	1,40	1,50	1,78	2,10	2,48	2,94
Périmètre de Guebli	10,45	11,18	13,22	15,64	18,52	21,94

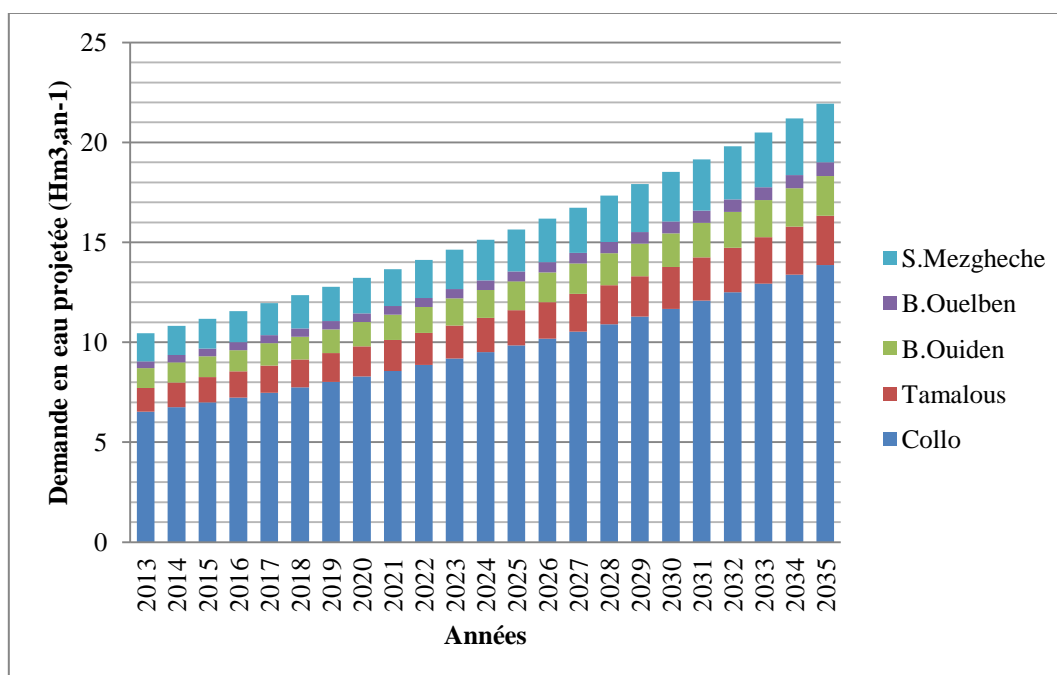


Figure 10.9. Evolution de la demande en eau d'irrigation dans le bassin versant du Guebli
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

1.3.3. Demande en eau globale dans le bassin du Guebli

La demande en eau globale pour les différents secteurs dans le bassin du Guebli pour le scénario d'augmentation des superficies irriguées en 2013 prés de 23,59 Hm³.an⁻¹, dont 54,7 % sont des besoins domestiques. Et selon les projections, les besoins en eau globaux s'élèveront à moyen terme (2025) à plus de 33,90 Hm³.an⁻¹. Ces besoins dépasseront à l'horizon 2035 les 45,98, dont plus 47,7 % seront proprement des besoins en eau d'irrigation.

Tableau 10.7. L'évolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli.
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

Demande en eau dans le Guebli (Hm ³)	Années					
	2013	2015	2020	2025	2030	2035
Eau domestique	12,92	13,64	15,67	17,98	20,64	23,70
Eau d'irrigation	10,45	11,18	13,22	15,64	18,52	21,94
Eau industrielle	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34
Demande en eau globale	23,59	25,05	29,14	33,90	39,43	45,98

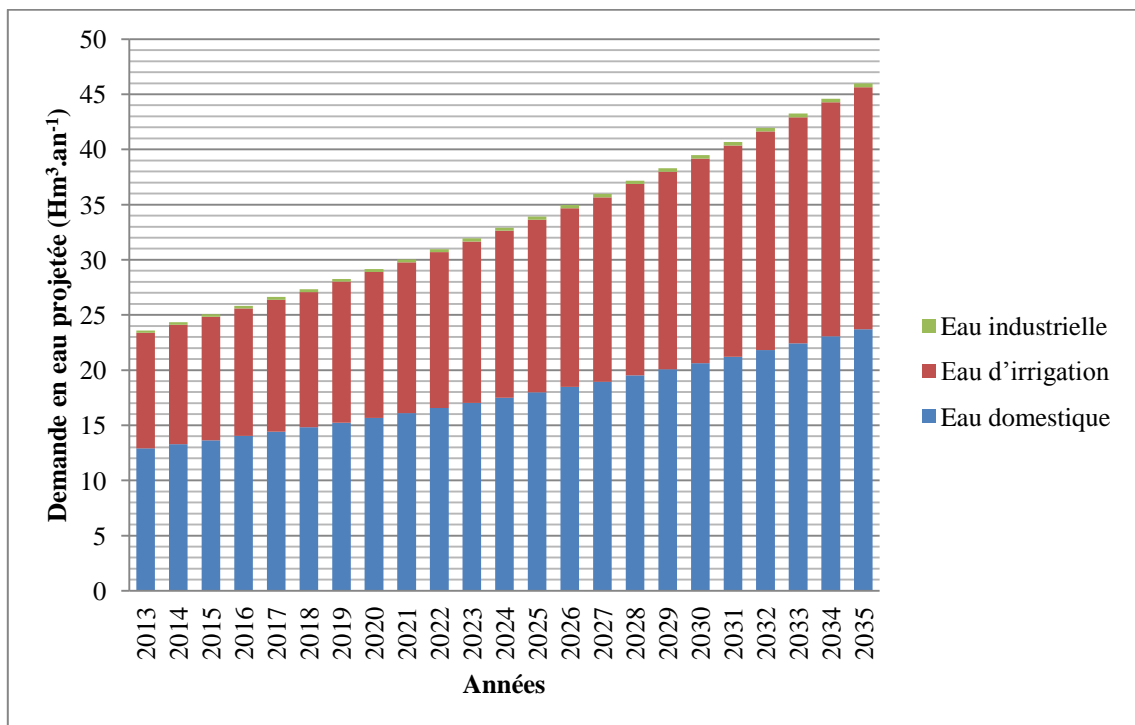


Figure 10.10. L'évolution de la demande en eau globale dans le bassin versant du Guebli.
-Scénario 3 : Augmentation des superficies irriguées (2013-2035)-

2. Sources de production de l'eau

D'après le schéma hydraulique de la wilaya de Skikda précisé dans le programme de résolution les priorités d'affectation des ressources en eau se base sur les préférences d'approvisionnement : lorsqu'un site de demande peut être alimenté par plusieurs sources (transferts ou autres sites), la priorité d'approvisionnement doit être précisée. Ils ont imposé un approvisionnement en priorité issu des forages exploitant la nappe des alluvions de la nappe de Collo et Tamalous, puis celui issu des transferts des barrages. Néanmoins les ressources souterraines étant limitées (sources, puits et forages à faible débit) du Guebli ne satisfont pas la demande globale des usages. La réalisation de grands transferts aux barrages du Guebli est indispensable même à l'état actuel, et ce avec une estimation étudiée du diamètre des conduites de transferts (les conduites d'adduction et distribution).

3. Confrontation offre-demande en eau dans le bassin du Guebli

D'après les résultats précédemment escomptés pour la période 2013-2035, après la mise en œuvre de toutes les réalisations physiques projetées dans la même période ainsi que les opérations d'amélioration de l'efficacité de la distribution et de l'irrigation qu'on a préconisé, et compte tenu de l'évolution des besoins des différents usagers de l'eau dans le bassin du Guebli (ménages, services collectifs, industrie et les périmètres irrigués) et de leur croissance, l'agriculture peut être considérée comme le grand futur consommateur d'eau dans le bassin, l'allure des résultats de l'effet d'augmentation des superficies irriguées est bien visible, la courbe d'évolution des demandes est bien supérieure par rapport aux autres scénarii, où elles dépasseront les 45,98 Hm³ à l'horizon 2030, cependant elles n'atteindront pas les 40,53 Hm³ pour le scénario du fort accroissement de la population (Fig.10.11). Pour le scénario de référence, les résultats sont identiques, parcequ'on a gardé les mêmes hypothèses d'évolution de la population et de superficies irriguées retenues.

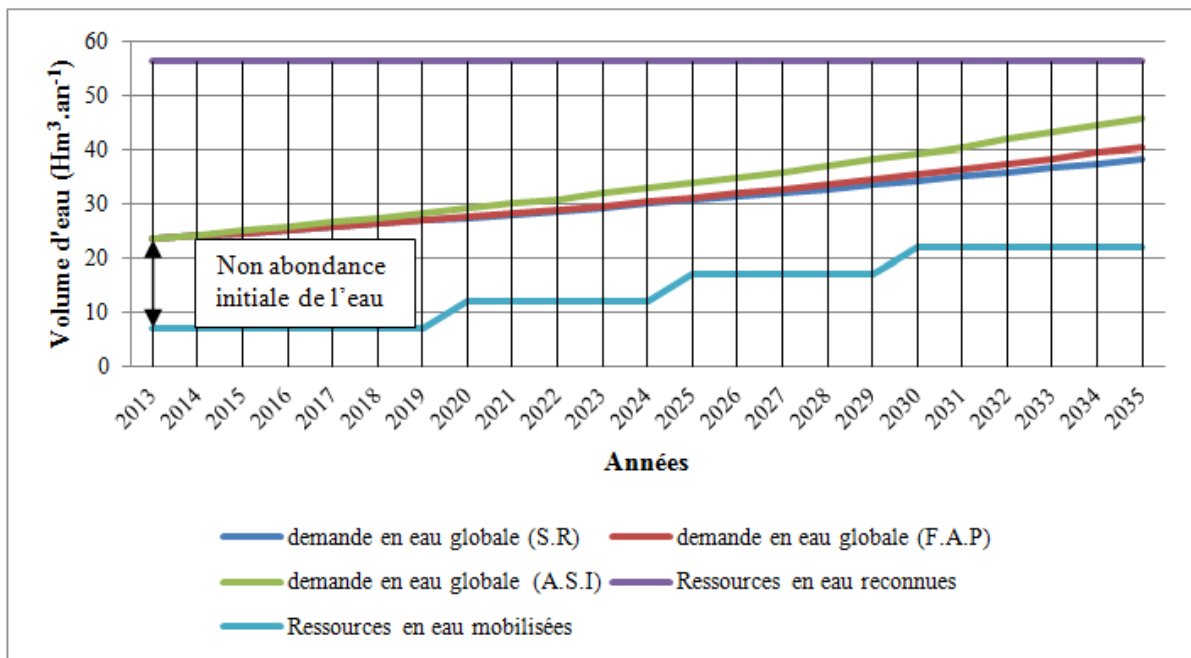


Figure 10.11. Courbe de confrontation de l'offre et la demande en eau dans le bassin du Guebli (2013-2035).

Actuellement les ressources en eaux mobilisées du bassin du Guebli sont insuffisantes comparativement avec la demande globale même du scénario de référence, il est admis que l'offre ne présente pas un potentiel de croissance parallèle à celui de la demande, les situations de rareté de l'eau dans le bassin du Guebli vont se multiplier dans les années à venir, surtout avec une population qui ne cesse de croître. Les ressources en eau actuellement mobilisées, sont de l'ordre de 7 Hm.an⁻¹, par contre, la demande globale est de près de 38,37 Hm.an⁻¹, cette situation n'a pas changé depuis les années quatre vingt dix. À la fois le volume transféré vers le bassin du Saf-Saf pour l'irrigation de la plaine d'Emjez Edchich, El Harrouch et Salah Bouchaour est de 10,5 Hm³.an⁻¹ et près de 20,20 Hm³.an⁻¹ transféré vers l'extérieur du Guebli. Sachant que les priorités d'affectation des ressources précisées dans le programme de

résolution du schéma hydraulique de la wilaya prévoient que les priorités de demande : en indiquant l'ordre dans lequel les besoins des sites sont satisfaits. On impose que les localités sont prioritaires dans la satisfaction de leur besoin d'eau par rapport à l'agriculture et vient après l'industrie. À moyen et long terme les coûts liés à leur mobilisation se feront sentir de plus en plus lourds et les offices en place sont incapables de gérer rationnellement cette ressource.

Conclusion

Le bilan de la gestion des ressources en eau dans le bassin du Guebli est globalement négatif, le secteur de l'eau potable des agglomérations secondaires et éparses n'ya pas connu un développement aussi important que celui en milieu urbain (agglomérations chef lieu), l'agriculture y'souffre également des problèmes de manque d'eau, plus que la moitié du périmètre reste encore non opérationnel (secteur de Tamalous et Ben El Ouiden). En plus, les responsables de la gestion de l'eau plaçant la disponibilité de l'eau pour les besoins d'alimentation en première priorité (même vers l'extérieur du bassin du Guebli), n'ont pas donné suffisamment d'importance à la préservation des écosystèmes dans leurs actions de développement des ressources en eau. En revanche, la stratégie de gestion des ressources en eau basée essentiellement sur la gestion de l'offre, ne peut pas à elle seule, assurer la satisfaction des besoins des différents usagers de l'eau dans le bassin à moyen et à long terme d'une manière durable. Dans cette optique, une nouvelle stratégie, consistant à intégrer la gestion de l'eau dans une politique économique et environnementale susceptible de prévenir les impacts négatifs éventuels devient indispensable. Cette gestion intégrée des ressources en eau devrait être appréhendée en terme de maîtrise des instruments de régulation (tarification et financement), d'amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, de réduction des pertes en eau dans les réseaux de distribution, de développement de la recherche scientifique dans le domaine de la maîtrise des ressources en eau et d'établissement de vastes programmes d'informations et de sensibilisation des citoyens.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Conclusion générale et recommandations

La gestion intégrée s'impose aujourd'hui comme une approche incontournable pour une gestion durable des ressources en eau et aussi comme une base nécessaire à toute politique raisonnée de l'eau. Notre recherche doctorale s'est inscrite dans le cadre d'une étude prospective de la gestion des ressources en eau dans un territoire de montagne le cas du bassin versant d'Oued Guebli (Skikda, Nord-Est Algérien). Ce cas échantillon a permis via l'analyse, d'aborder plusieurs questions importantes.

L'approche systémique qui constitue la base de notre travail répond à la complexité du système de « gestion de l'eau » et aux interrogations posées à l'occasion de l'application d'une gestion intégrée sur un territoire de montagne. La présentation des paramètres du système « gestion de l'eau » et de ses quatre sous-systèmes donne au lecteur une première lecture problématisée des enjeux et intérêts d'une gestion intégrée. La spécificité montagnaise des ressources en eau et de ses usages accentue les difficultés de la mise en place d'une gestion intégrée et justifie le choix du terrain d'étude.

L'étude morphométrique met en évidence l'appartenance du bassin versant du Guebli à un milieu de montagnes typiques du Tell Constantinois. Ce bassin est encadré donc par un relief accidenté et de pentes importantes qui s'élèvent brutalement au dessus de la dépression de Tamalous et Collo. Plus au Nord- Est, la montagne plonge directement dans la mer, c'est le cas du massif d'Aïn Zouit. D'après les cartes des isohyètes réalisées par Chaumot et Paquin (1913-1963) et la carte de L'A.N.R.H (1933-1993) ; le bassin versant de l'Oued Guebli est considéré comme la région la plus arrosée en Afrique du Nord. Avec 1600 mm de précipitation à Zitouna, 900 mm à Tamalous, et des températures de l'ordre de 18.4C°. Depuis 2014, nous avons fait un suivi de la qualité des eaux de surface. Ces analyses ont permis de montrer la prédominance des faciès : sulfatés sodiques en amont du Guebli et chlorurés sodiques en aval, ainsi que des teneurs naturellement importantes en chlorures, sodium, et magnésium. Du point de vue de salinité, sulfates et de conductivité électrique, les eaux de surface correspondent aux bonnes eaux, tandis que les chlorures et le sodium rendent ces eaux correspondantes aux eaux mauvaises. Alors que du cote des bicarbonates, de pH et des nitrates, les normes ont montré que les eaux de surface de Guebli sont bonnes pour l'irrigation. Plusieurs substances telles que le plomb, le manganèse et le fer y présentent des concentrations importantes. En amont les analyses microbiologiques ont mis en évidence une contamination bactérienne moyenne qui peut être d'origine humaine, agricole ou animale. Selon la classification Algérienne des eaux de surfaces, les analyses enregistrées classent ces eaux de surfaces parmi celles de qualité bactériologique médiocre. Cette eau ne pourrait être destinée à la consommation sans traitement préalable, et ce pour éliminer toute éventualité d'une pollution bactériologique. En aval, l'Oued Guebli a subi une dégradation dans la qualité de ses eaux à cause des rejets domestiques des agglomérations de Tamalous, Kerkra, et une partie des rejets de la ville de Collo, qui déverse dans le Guebli. Les eaux du Guebli en aval, présentent des indices de qualité microbiologique montrant une contamination fécale forte et s'échelonnant entre 1040 et 326 UFC par 100 ml. Les critères de qualité pour ce paramètre sont de 200 UFC par 100 ml d'eau pour la baignade, et de 1000 UFC / 100 ml pour les

activités dites de contacts indirects comme la pêche. La présence de coliformes fécaux est surtout associées à l'épandage de fumier et aux installations septiques non conformes ou mal entretenues y'est nettement effective et attestée.

Sur le plan géologique et hydrogéologique, le bassin versant du Guebli appartient au Tell oriental Algérien qui n'est qu'une partie de l'atlas tellien. La géologie de la région est très complexe. Les forages exécutés dans la plaine ont traversés une alternance de sable, de graviers et de galets avec passage argileux avant de pénétrer dans les marnes Pliocènes qui constituent le substratum imperméable de la plaine. L'aquifère utile de la plaine de Collo est d'âge Quaternaire, de composition hétérogène et d'épaisseur variant entre 5 à 25 m. Les études effectuées dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden ont montré l'existence des nappes suivantes ; la première nappe se localise dans les formations Quaternaires (alluvions, des sables et des graviers), la deuxième se trouve dans les formations d'âge Tertiaire (grès numidiens d'une épaisseur de l'ordre de 200 à 300m) et la troisième est représentée par les formations d'âge Secondaire (quartziques, d'une épaisseur qui varie entre 50 à 100 m). Les eaux souterraines ont une composition chimique liée étroitement aux terrains qui les contiennent, elles offrent des eaux chlorurées sodiques et chlorurés calciques dans la plaine de Collo. Les teneurs en chlorures et en sodium sont ainsi généralement élevées. Ces eaux d'une mauvaise qualité. Une origine anthropique des nitrates n'est cependant pas exclue. Cependant la plaine de Tamalous Bin el Ouiden est caractérisée principalement par des eaux sulfatés sodiques et bicarbonatés calciques. Les teneurs en sulfate et en sodium sont ainsi généralement élevées dans les eaux de cette nappe.

D'un point de vue quantitatif, les ressources en eau mobilisées dans le bassin du Guebli sont évaluées à près de $7 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit 12 % des ressources totales reconnues. Les eaux de surface, dont le volume reconnu est estimé à $50,3 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, sont mobilisées à hauteur de 6 %. Cependant, le volume reconnu pour les eaux souterraines est de l'ordre de $6,3 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit un taux de 60 %, qui est réellement mobilisé. Nous notons que les gestionnaires du bassin du Guebli étaient intéressés par la mobilisation des eaux souterraines (par l'implantation des forages et la réhabilitation de ceux qui sont en mauvais état). Malgré que ces ressources sont très limitées ils négligent les ressources abondantes de surface. Dans le bassin versant de Guebli, la dotation en eau des agglomérations est très hétérogène, elle dépend du nombre d'habitants et de la source d'alimentation de chaque agglomération. Toutefois, la mauvaise gestion des stations de pompage, des adductions et des réseaux de distribution provoquent des distorsions importantes et des pénuries. Pour la totalité de ces agglomérations, le volume produit annuellement est de $5,9 \text{ hm}^3$, mais le volume délivré réellement est de l'ordre de $2,1 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, ce qui correspond à une dotation unitaire moyenne très faible de $19 \text{ l} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{Jour}^{-1}$. Par contre les besoins actuels de ces populations sont estimés par $12,9 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ avec un déficit de l'ordre de $10,7 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Cette situation explique les fuites importantes, la faiblesse de la capacité de stockage, et l'état mauvaise des réseaux de distribution.

D'un point de vue qualitatif, les eaux du barrage de Beni Zid sont d'une qualité excellente On n'y enregistre aucune source de pollution externe, bien qu'elles présentent un niveau plus ou moins élevé de contamination urbain et en métaux lourds dans le barrage de Guenitra. Dans

l'ensemble, les eaux des forages sont d'une qualité mauvaise surtout en fonction de nitrates et de salinité.

Le bassin versant du Guebli se caractérise par la présence de plusieurs activités concentrées dans les zones d'infiltration des eaux. L'élevage pastoralisme et l'exploitation forestière en amont et dans la partie aval du Guebli sont la principale source de pollution des ressources en eau, on y'ajoute le déficit en matière d'assainissement des eaux domestiques. Ces pollutions ou risques de pollution mis en avant, renvoient au temps de fonctionnement du système gestion de l'eau. Ces effets non désirés peuvent menacer le patrimoine naturel du Guebli qui constitue un important support d'activités touristiques (baignade, pêche). Les résultats de l'enquête effectuée au niveau des gestionnaires du bassin versant du Guebli montre qu'aucun acteur ne répond à l'ensemble des exigences d'une gestion intégrée. Plusieurs acteurs s'en rapprochent. Le bureau d'étude est l'acteur le plus apte à faire de la gestion intégrée sur l'ensemble du bassin versant du Guebli avec 65 points sur 90 et une note moyenne de 3,61/5.

des scénarii d'adéquation ressources-besoins à différents horizons se définissent par des hypothèses d'évolution de la demande et des politiques d'intervention mises en œuvre dans le secteur de l'eau concernant la mobilisation, les principes d'allocation, les conditions d'exploitation et de gestion des ressources. Trois scénarii ont été ainsi plus particulièrement étudiés et se distinguent essentiellement par les différentes politiques d'intervention susceptibles d'être conduites par les institutions œuvrant dans le secteur de l'eau (scénario de référence, scénario de fort accroissement de la population, et scénario d'augmentation des superficies irriguées). Trois hypothèses principales sont ainsi proposées. L'utilisation de l'eau domestique dépend de l'accroissement de la population. Les besoins en eau pour l'irrigation dépendent de l'augmentation des superficies irriguées. Pour les besoins en eau pour l'industrie, ils dépendent de l'accroissement d'emploi. Les besoins attendus aux échéances de l'étude (court, moyen et long terme) sont basés sur l'objectif d'une satisfaction de 100 % des besoins et sont mis en relation avec le modèle de développement du réseau urbain et des espaces ruraux préconisés lors de l'élaboration du plan d'aménagement de Wilaya de Skikda.

Pour le scénario de référence, la demande globale en eau pour les différents secteurs dans le bassin du Guebli (scénario de référence) s'élève en 2013 à près de $23,59 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, dont 50 % sont des besoins domestiques. Et selon les projections, les besoins globaux en eau s'élèveront à moyen terme (2025) à plus de $30,70 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Ces besoins atteindront à l'horizon 2035 les $38,37 \text{ Hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, dont plus 61 % qui seront toujours des besoins domestiques en eau. Ceci est expliqué par la nature montagneuse du Guebli (la surface irriguée y'est très limitée). Nous remarquons aussi une forte augmentation de la demande en eau globale pour les deux scénarios (scénario de fort accroissement de population, et scénario d'augmentation de superficies irriguées). Le bilan de la gestion des ressources en eau dans le bassin du Guebli est globalement négatif, le secteur de l'eau potable des agglomérations secondaires et éparses n'y a connu un développement aussi important que celui en milieu urbain (agglomérations chef lieux). L'agriculture souffre également des problèmes de manque d'eau, plus que la moitié du périmètre demeure encore non opérationnel (secteur de Tamalous et Ben El Ouiden). En plus, les responsables de la gestion de l'eau, plaçant la disponibilité de l'eau pour les besoins

d'alimentation en première priorité (même vers l'extérieur du bassin du Guebli), n'avaient pas donné suffisamment d'importance à la préservation des écosystèmes dans leurs actions de développement des ressources en eau. Il est intéressant de faire remarquer que les bilans critiques touchent plus précisément les communes montagneuses alimentées par les ressources souterraines et qui n'ont pas encore engagé de projets de recherche sur de nouvelles sources ou d'interconnexion.

Pour cela, des moyens scientifiques, techniques et financiers sont indispensables. Les capacités d'approvisionnement doivent augmenter actuellement et à long terme, et ce vu la croissance des besoins. Les sites pour des réservoirs devraient être étudiés dans un souci d'efficacité et d'économie. Le problème de stockage local doit trouver une solution immédiate. Le réseau de distribution devrait faire l'objet d'un plan de rénovation en relation avec son futur développement dans les nouvelles cités. Des moyens de financement sont à rechercher pour réparer et parachever les stations de traitement et d'épuration des eaux usées (la station d'épuration des eaux usées d'Oum-Toub et Tamalous). Il est souhaitable de créer des agences de gestion des bassins versants, soit pour chaque bassin à part soit pour un groupe de bassins voisins. Cela impose des structures technico-administratives d'approche intégrée englobant tous les aspects: qualité et quantité.

Cette thèse est un premier pas dans les recherches interdisciplinaires menées sur la gestion des ressources en eau sur un territoire de montagne. Elle a abouti à une méthodologie permettant d'aborder la complexité d'un système de gestion de l'eau et identifier des leviers pour appliquer une gestion intégrée de l'eau à une échelle locale. Ce travail a également pu dégager des pistes de recherche particulièrement intéressantes à poursuivre pour étudier plus précisément la sensibilité du système de gestion de l'eau et l'évolution prévisible de ses paramètres socio-économiques et environnementaux, et ce afin de concilier durablement le développement économique des territoires de montagne avec la préservation des ressources en eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. Ait Amara H., 1999. La question agraire aujourd'hui. *Insaniyat*. 7 : 34-37.
2. Barreteau O., Richard A., Garin P., 2008. Des outils et méthodes en appui à la gestion de l'eau par bassin versant. *La Houille Blanche*. 16 : 48-55.
3. Bateson G., 1979. Mind and Nature: A Necessary Unity (Advances in Systems Theory, Complexity, and the Human Sciences). *Hampton Press*. New Jersey
4. Beniston M., 1994. Mountain environments in changing climates, Routledge . London.174p.
5. Béron P., Valiquette L., Party G., et al. 1982. Indice de qualité des eaux. *Tribune du Cebedeau*, 467 (35) :385-391.
6. Bethemont J., 1977. De l'eau et des hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales, Paris, Bordas.
7. Billet J., 1982. L'eau dans la région grenobloise et son utilisation. Bilan et problèmes de conservation d'un patrimoine, *Rev. Géogr. Alpine*. 70 :1-2, 181-194.
8. Bisaz A., Escher F., Grosjean M., et al. 1997. Mountains of the world: challenges for the twenty-first century. A contribution to Chapter 13, Agenda 21. *Mountain Agenda*. Paul Haupt, Berne.
9. Bouillin J.P., 1979. Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et El Milia *Thèse de doctorat* . Université de Paris. France.511p.
10. Cadoux M., 2007. La gestion de l'eau potable en milieu forestier, étude comparée de bassins versants servant à l'AEP dans les Alpes du Nord françaises. *Master 1*, Université de Savoie, Le Bourget du Lac, 203 p.
11. Camps G., 2012. Babor, in *Encyclopédie berbère* .9:1295-1296
12. Camps G., 2011. Edough, in *Encyclopédie berbère*. 17:2586-2588
13. Chabour N., 2001. Etude du bilan de la nappe de Collo à partir d'un modèle numérique", *Séminaire sur la Géologie du Grand Constantinois*, Univ. Constantine.
14. Chabour N., 2004. La surexploitation des eaux souterraines dans les plaines littorales : la nappe de télezza dans la plaine de Collo (nord-est algérien). *Sciences et technologie*. 22 :127-132p.
15. Charnay B., 2010. Pour une gestion intégrée des ressources en eau sur un territoire de montagne. Le cas du bassin versant du giffre (haute-savoie). *Thèse de Doctorat* .Université de Savoie, France. 504p.
16. Collin J.J., 1991. L'eau souterraine, un patrimoine à gérer en commun. Compte-rendu et synthèse du colloque organisé par le BRGM .Paris, *Hydrogéologie*, 1991 :2, 125-131.
17. Couillard D., Lefebvre Y., 1985. Analysis of water quality indices. *Journal Environment and Management* ,21:161-179.
18. Crozier M., Friedberg E., 1977. L'acteur et le système, Paris, Seuil.
19. Dai T., Labadie J., 2001.River Basin Network Model for Integrated Water Quantity/Quality Management. *Journal of Environmental Management*. 127(5), 295-305.
20. Demangeot J., 1992. Les milieux naturels du globe, Paris, Masson, 4e édition. 276 p
21. De Montgolfier J., Natali J.M., 1987. Le patrimoine du futur. Approches pour une gestion patrimoniale des ressources naturelles. Economica, collection Economie agricole et agroalimentaires . Paris, 253 p.
22. De Montgolfier J., Natali J.M., 1987. Le patrimoine du futur. Approches pour une gestion patrimoniale des ressources naturelles, Paris, Economica
23. De Rosnay J., 1975. Le microscope. Vers une vision globale. Editions du Seuil, Paris, 295p.
24. Djidel M., 2008. Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie).*thèse de doctorat*, univ. Annaba. 575p
25. Donnadieu G., Karsky M., 2002. La systémique, penser et agir dans la complexité. Paris :

- Editions de liaisons. 272 pp.
26. Durand M.G.,1997. Un système montagne réinventé : le développement durable dans les Alpes françaises ou la nouvelle gestion globale des territoires. *Revue de Géographie Alpine*. 85 . 2 :157-172.
 27. Durand D., 1979. *La Systémique, "Que sais-je?" no 1795*, PUF
 28. Edouard J.L., Vivian H., 1984. Une hydrologie naturelle dans les Alpes du Nord. Les nouveaux paramètres de l'hydrologie alpine : les aménagements hydro-électriques. *Revue de la Géographie Alpine*, 72. 2 :4, 165-188.
 29. Edytem, 2008. Karsts de montagne. Géomorphologie, patrimoine et ressources. *Collection EDYTEM*, n° 7. 168 p.
 30. Erhard C., Margat J., 1982. Introduction à l'économie générale de l'eau, Paris, Masson.
 31. Fabre J., Ruelland D., Dezetter A., 2015. Simulating past changes in the balance between water demand and availability and assessing their main drivers at the river basin scale. *Hydrology and Earth System Science*. 19: 1263-1285.
 32. Forrester J. W., 1968. Printed in U.S.A. industrial dynamics-after the first decade. *management science* . 14: 7, 398- 415.
 33. Fougou A., 2015. The development of mountain agriculture in the wilaya of Skikda (eastern Algeria) facing new legal framework, Program evaluation in action and future prospects, *International Journal of Advanced Research*, 3 (5), 824-834.
 34. Gaston B., 1988. Le Tell Oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne (Etude géomorphologique), *Méditerranée* ,63 (1) ,78-70.
 35. Ghiotti S., 2007. Les territoires de l'eau. Gestion et développement en France. *CNRS Editions*. Paris. Espaces et Milieux. 246 p.
 36. Guerin J.P., 1984. L'aménagement de la montagne en France, Gap, Ophrys.468p.
 37. Gustafsson J.E., 1992. Ambient water quality classification and water management I Sweden, *Europien Water Science and Technical* .19: 9,145-154.
 38. Hotelling H., 1931. The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39p.
 39. Humboldt A., 1811. Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799 et 1800 fait par A. De Humboldt et A. Bonpland. Réédition en 1961. *Club des Libraires*. France, 475p
 40. Humboldt A., 1807. Essai sur la géographie des plantes, réédition en 1990. *Erasme*.155p
 41. Joerin F., 1998. Décider sur le territoire. Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère, *Thèse de doctorat*. 252p
 42. Juif L., 1991. Hydrogéologie de la Haute Montagne. Approche du fonctionnement hydrodynamique des aquifères de Vanoise. *Thèse de doctorat*. Université de Franche Comté, Besançon, 258 p.
 43. Khalfaoui F., Zouini D., Tandjir L., 2014.Quantitative and qualitative diagnosis of water resources in the Saf-Saf river basin (north east of Algeria). *Desalination and water Treatment*. 52 (10), 2017-2021.
 44. Knafou R., 1978. Les stations intégrées de sports d'hiver, Paris, Masson.319p.
 45. Knoepfel P., 1995. Enjeux et perspectives pour la politique de l'environnement, Bâle/Francfortsur le Main, Helbing et Lichtenhahn, *Collection Ecologie et Société*. 11, 335-369.
 46. Lacoste Y., 1976. La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre, Paris, Maspero.187p.
 47. Le Bras H., 1994. Les limites de la planète : mythes de la nature et de la population. Paris, Flammarion, 350 p.
 48. Le Gallou F., Bouchon B., 1992. Systémique. Théorie et applications. Technologie et Documentation. *GESTA*, Paris.

49. Le Guellec G., 2007. Caractérisation des hydrosystèmes Alpes internes et Préalpes du Sud. In Outils de gestion de l'eau en territoire de montagne, ONEMA, PNR du Queyras. pp 84-92.
50. Leroy E., 2015. Proposition d'interface Science-Société pour la gestion intégrée de la ressource en eau dans un contexte de changements climatiques. *Thèse de doctorat*. Université Grenoble Alpes, 213 p
51. Lévy J., Lussault M., 2003. Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. Belin, Paris, 1034 p.
52. Liniger H.P., Weingartner R., Grosjean M., et al. 1998. Mountains of the world: water towers for the twenty-first century. A contribution to global freshwater management. Mountain Agenda. Paul Haupt, Berne.
53. Magnier E., 2016. Les impacts hydrologiques de la production de neige dans un domaine de moyenne montagne. *Électronique en sciences de l'environnement*, 16 :1.DOI:10.4000/vertigo.16912.
54. Margat J., 1992a. Quel est le concept de surexploitation utile à la gestion des eaux souterraines, *Hydrogéologie*, 4 :145-152.
55. Margat J., 1992b. L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et prospective, Paris, Economica, *Les Fascicules du Plan Bleu*, No 6.
56. Mather A., Chapman K., 1995. Environmental Resources. Harlow: Longman.288p.
57. Maystre L., Pictet J., Simos J., 1994. Méthode multicritère ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.217-235
58. MENVIQ. 1992. Critères de qualité de l'eau, ministère de l'environnement du québec direction de la qualité des cours d'eau, Québec, 432p.
59. Mermet L., 1992. Stratégies pour la gestion de l'environnement. La nature comme jeu de société Paris: *L'Harmattan*. ISBN : 2:7384-1232. 205p
60. Messerli B., Ives J.D., 1997. Mountains of the world: a global priority. Parthenon Publishing Group, New York, Etats-Unis et Carnforth, Royaume-Uni et Université des Nations Unies, Tokyo.
61. Milano M., Ruelland D., Dezetter A., 2013. Assessing the capacity of water resources to meet current and future water demands over the Ebro catchment, Spain, *Considering Hydrological Change in Reservoir Planning and Management*, 362:199-206.
62. Milano M., Ruelland D., Fernandez S., 2013. Current state of Mediterranean water resources and future trends under climatic and anthropogenic changes. *Hydrological Sciences Journal*. 58 (3), 1-21.
63. Milano M., Reynard E., Koplín N & Weingartner R., 2015. Climatic and anthropogenic changes in Western Switzerland: Impacts on Water stress. *Science of the Total Environment*, 536:12-24
64. Milano M. 2012. Changements globaux en méditerranée : impacts sur le stress hydrique et la capacité à satisfaire les demandes en eau. *Thèse de doctorat*. université montpellier 2.france.257p
65. Moigne J.L., 1990. *La modélisation des systèmes complexes*, Bordas (Dunod). 192 pages EAN13 : 9782100043828
66. Moor P., 1994. Définir l'intérêt public : une mission impossible?, in : Ruegg J., Decoutere S., Mettan N. (ed.) : Le partenariat public-privé. Un atout pour l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement, Lausanne.
67. Myers R., Lacey R., 1996. Satisfaction du consommateur ; performance et responsabilité au sein du secteur public, *Internationale des Sciences Administratives*, 3 : 395- 419.
68. Parriaux A., Mandia Y., Dubois J.D. 1990. The concept of protection zones in karstic mountains, Mémoires of the 22nd Congress of IAH, Lausanne, 1136-1143.
69. Pearce, D., Warford J.J., 1993. World without end. Economics, environment and sustainable

- development. *World Bank and Oxford University Press*, 440 p.
70. Pech P., Regnauld H., 1992. Géographie physique, Paris, PUF.432p.
 71. Pillet G., 1993. Economie écologique. Introduction à l'économie de l'environnement et des ressources naturelles. Genève: Georg.
 72. Pluymaekers J., 1989. Familles, institution et approche systémique Pluymaekers . *PARIS : ESF, bibliogr.* ISBN : 2 :7102-0757. 207 p
 73. Raoult J.F., 1966. Nouvelles données sur les flyschs du Nord du Kef Sidi Dris et dans la zone du Col des Oliviers (Nord du Constantinois, Algérie), *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7 :516-543.
 74. Reynard E., 2000. Cadre institutionnel et gestion des ressources en eau dans les Alpes: deux études de cas dans des stations touristiques valaisannes, *Swiss Political Science Review* 1: 53-85.
 75. Reynard E., 2000. Gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne. *thèse de doctorat* .Institut de Géographie Lausanne.371p
 76. Reynard E., 2001. Aménagement du territoire et gestion de l'eau dans les stations touristiques alpines. Le cas de Crans-Montana-Aminona . *Revue de Géographie Alpine*. 89. 3 :7-19.
 77. Sabri H., 2016. L'évolution des Systèmes de Gouvernance Locale de l'Eau d'Irrigation dans la Vallée de la Vésubie (Arrière- Pays niçois-Sud Est France) : De l'eau source de vie ou/et de mort à l'eau source de loisir .Etude Université Nice Sophia Antipolis, 270 p.
 78. Sacareau I., 1997. Porteurs de l'Himalaya, Paris, Belin.271p
 79. Sakaa B., Chaffai H., Hani A., 2012. The use of Artificial Neural Networks in the modeling of socioeconomic category of Integrated Water Resources Management (Case study: Saf-Saf River Basin, North East of Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*.10: 6:3969-3978
 80. Sakaa B., Chaffai H., Aoun Sebait B., Hani A., 2013. The modeling of response indicators of integrated water resources management with artificial neural networks in the Saf-Saf river basin. *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 26: 75 – 85.
 81. Sauquet E., 2015. Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050. *Rapport de fin de contrat*. 245 p.
 82. Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Alger. Carbonel. 1946 ; 219p
 83. Tandjir L., Djebbar A.B., 2007. Heavy metals in stopping Guenitra (Skikda, Algeria) and its tributary wadi Sedjane Medwell. *Environmental Research Journal*, 1: 12-17.
 84. Taylor R.A., 2008. Origin of System Dynamics: Jay W. Forrester and the History of System Dynamics. US Department of Energy's Introduction to System Dynamics.
 85. Tesco Viziterv, 1983. Etude de régularisation de l'oued Guebli 2ème phase avant projet détaille, note explicative .Ingénieurs Conseils Budapest.67p.
 86. Thierry R., Marie J.V., 2007. Les contradictions de la gestion intégrée des ressources en eau dans l'agriculture irriguée méditerranéenne. *Cahiers Agricultures* vol. 16, n°4. doi: 10.1684/agr.2007.0120.
 87. Tietenberg T., 1992. Environmental and Natural Resource Economics. New York: Harper Colins.
 88. Tricart J., 1965. Principes et méthodes de la géomorphologie, Paris, Masson.496p.
 89. Valiron F., 1995. L'eau : un bien économique, Lyon, La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie. *Le grand livre de l'eau*. 289-292.
 90. Vivian H., 1986 .Le Rhône supérieur franco-suisse : fluctuations naturelles et artificielles du régime fluvial, *Rev. de Géogr. Alpine*, 74 :1-2. 157-165.
 91. Walliser B., 1977. Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse des systèmes. Editions du Seuil, Paris, 245 p.
 92. Weinberg G.M., 1975. An Introduction to General Systems Thinking, Wiley-Interscience .DOI: 10.1002/bs.3830210409. 279p.

93. Warin P., 1999. La performance publique : attente des usagers et réponses des ministères, *Politiques et Management Public*, 17 (2), 147-163.
94. Zeddouri A., 2010. Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des nappes du complexe terminal de la région de Ouargla. *Thèse de doctorat*, univ. Annaba, 168p.
95. Zouini D., 2010. Mobilisation, gestion des eaux de surface et analyse critique du projet de drainage du complexe de zones humides de l'extrême Nord- Est Algérien. *Colloque Eau, Déchets et Développement Durable*, Alexandrie, Egypte.

ANNEXES

Annexes 1

Question 1 : les connaissances

Quel est l'état de connaissances de l'acteur sur la ressource utilisée? Recensez les données sur (i) les débits ou la qualité de l'eau utilisée, (ii) et également sur l'impact de son usage sur le milieu

- Des données en continu sur la ressource qui permettent d'évaluer l'impact de l'usage sur le milieu
- Des données sur une partie de la ressource qui donnent une évaluation approximative de l'usage sur le milieu
- Des données (non obligatoires), qui donnent l'état de la ressource à un instant mais pas assez en continu pour évaluer l'impact
- Quelques données peu fiables pour évaluer l'impact
- Pas de donnée, aucune connaissance sur la ressource et l'impact de son usage

Question 2 : évaluation

Comment évaluez-vous vos actions et votre plan de gestion? Avez-vous des outils d'évaluation spécifiques?

- Des indicateurs de gestion intégrée renseignés sur un temps long permettant d'améliorer la gestion
- Des indicateurs de gestion intégrée mis en place trop récemment, pour faire évoluer la gestion
- Des indicateurs incomplets au sens d'une gestion intégrée (exemple économiques), mais engendrant des améliorations
- Peu d'indicateurs et pas ou peu d'amélioration de la gestion
- Pas de suivi

Question 3 : échelle de gestion et de réflexion

Quel est votre territoire d'action et de réflexion (solidarité)? Est-il pertinent pour une gestion intégrée?

- Réflexion et action à l'échelle du bassin versant
- Réflexion à l'échelle du bassin versant et un territoire d'action plus limité (administratif, bassin de vie)
- Réflexion et action à l'échelle administrative mais élargie à une intercommunalité "cohérente"
- Réflexion et action à l'échelle d'un territoire strictement administratif (1 commune)
- Réflexion et action à une échelle non légitime, ni d'un point de vue politique, ni d'un point de vue hydrographique

Question 4 : intégration des usages

Prise en compte des autres usages impactés dans la gestion

- Une vision globale des autres usages impactés qui sont pris en compte dans la gestion
- Une prise en compte d'un nombre plus limité d'usages dans la gestion
- Une vision globale des autres usages mais peu intégrés dans la gestion (ou en cours d'intégration)
- Connaissances d'un ou deux usages mais une intégration difficile (des efforts en cours)
- Aucune connaissance des autres usages, une gestion sectorielle

Question 5 : rapport gestionnaire/usages/ressource et autres acteurs en fonction des perceptions de l'acteur

Type de rapports pour mesurer la faisabilité d'un travail en partenariat avec les autres acteurs

- [70,100]% de rapports avec les autres acteurs de l'eau débouchent sur un partenariat
- [50,70[% de rapports avec les autres acteurs de l'eau débouchent sur un partenariat
- [30,50[% de rapports avec les autres acteurs de l'eau débouchent sur un partenariat
quelques partenariats possibles :
- [1,30[% de rapports avec les autres acteurs de l'eau débouchent sur un partenariat
- Aucun partenariat possible

Question 6 : implication des politiques dans la gestion de l'usage

Connaissances de l'usage et implication des communes

- De par sa responsabilité, la commune est gestionnaire ou étroitement impliquée dans la gestion de l'usage
- La commune a délégué la gestion de l'usage mais reste très impliquée
- La commune a connaissance de l'usage, mais elle est seulement concertée
- La commune n'a pas de connaissance ou reste peu ou pas concertée
- Des conflits d'usage entre la commune et le gestionnaire

Question 7 : implication des autres acteurs de l'eau et usagers

Nombre de conventions ou de partenariats avec d'autres acteurs de l'eau et les usagers

- Plusieurs partenariats avec des acteurs locaux dans la gestion de l'usage
- Des partenariats en nombre plus limité mais des relations informelles
- Implication des autres acteurs de l'eau et usagers dans la gestion sans partenariat formalisé
- Faible implication des acteurs
- Pas de partenariat, aucun lien avec les acteurs

Question 8 : concertation

Le gestionnaire participe-t-il ou a-t-il mis en place un processus de concertation ?

- Forte participation à des groupes de pilotage, réunion de travail avec un grand nombre d'acteurs
- Participation à des réunions avec un nombre d'acteurs plus limité
- Une participation plus occasionnelle à des groupes de pilotage, quelques rencontres avec d'autres acteurs de l'eau
- Peu de liens avec d'autres acteurs
- Aucune concertation avec d'autres acteurs de l'eau

Question 9 : sensibilisation, communication

Nombre d'actions de sensibilisation engagées par l'acteur?

- Un grand nombre d'actions de sensibilisation auprès du grand public et de tous les usagers avec des retours positifs
- Quelques actions de sensibilisation grand public, sans recul suffisant pour l'évaluation
- Des actions de sensibilisation très ciblées
- Peu d'actions de sensibilisation, quelle que soit la catégorie d'acteurs visée
- Pas d'action de sensibilisation

Question 10 : financements

Quels sont les financements mobilisés : type de contrat, durée, financeur, prise en compte d'autres usages?

- Financements stables de longue durée intégrant d'autres usages et la préservation du milieu
- Financements de plus courte durée, plusieurs financeurs, prise en compte du milieu et/ou usage
- Des financements plus sectoriels qui évoluent vers plus d'intégration
- Des financements sectoriels qui ne fera pas évoluer la pratique du gestionnaire vers plus d'intégration
- Des financements instables et limités qui réduisent la satisfaction d'autres usages

Question 11 : évaluation économique

Enjeux socioéconomiques de l'usage, son importance et son intégration dans le système socioéconomique.

- Forte importance, l'usage est intégré dans un système socioéconomique durable
- Forte importance, mais l'usage est intégré dans un système socioéconomique moins durable
(changement climatique par exemple)
- Usage moins important (de plus faibles retombés socioéconomiques),
- L'usage est intégré dans un système socioéconomique non durable (par manque de rentabilité par ex)
- L'usage n'est pas intégré dans un système socioéconomique (marginal)

Question 12 : degré d'intégration de la réglementation, sa complexité et son contrôle

Quelles réglementations s'appliquent à l'usage? Comment elles couvrent l'usage? Son application et son contrôle?

- Des réglementations qui couvrent bien l'usage, bien appliquées et contrôlées
- Des réglementations qui couvrent bien l'usage, mais toutes ne trouvent pas leur application
- Des réglementations qui couvrent relativement bien l'usage, mais une application insuffisante par manque de communication ou contrôle
- Des réglementations qui couvrent mal l'usage et une application insuffisante
- pas de réglementation appliquée

Question 13 : droit de propriété et droit d'eau

L'acteur maîtrise-t-il le foncier pour gérer son usage? Quelle est la part de la maîtrise foncière pour une gestion efficace?

- L'acteur maîtrise suffisamment le foncier pour gérer son usage (une correspondance entre droit de propriété et droit d'eau)
- L'acteur ne maîtrise pas le foncier, mais le droit d'eau est suffisant
- L'acteur ne maîtrise pas le foncier, des négociations pour appliquer le droit d'eau (par exemple : pour des travaux d'aménagement)
- L'acteur ne maîtrise pas le foncier, des difficultés pour appliquer son droit d'eau (négociations difficiles)
- Le foncier empêche l'application du droit d'eau ou une gestion efficace

Question 14 : moyens techniques du gestionnaire

Quelles techniques sont utilisées par le gestionnaire? Lui permettent-elles de mettre en place une gestion intégrée?

- Des techniques adaptées à une gestion intégrée et applicables
- Des techniques adaptées mais plus difficilement applicables en zone de montagne par exemple
- Peu de techniques adaptées mais applicables
- Peu de techniques adaptées et difficilement applicables
- Pas de technique adaptée

Question 15 : planification

Durée du plan de gestion ou échelle de temps du gestionnaire

- Une planification à moyen ou long terme (+ de 10 ans) prenant en compte les évolutions des paramètres
- Une planification à moyen terme (entre 5 et 10 ans) avec une anticipation sur le futur
- Une planification à moyen ou long terme sans anticipation sur le futur
- Une planification très limitée (1 année)
- Une gestion au jour le jour

Question 16 : structure du gestionnaire

Rôle institutionnel de la structure : responsabilité, légitimité, compétences élargies

- Une structure adaptée pour une gestion intégrée : intérêt général, légitimité d'intervention, compétences élargies (aménagement du territoire)
- Forte légitimité et reconnaissance, mais des compétences plus limitées
- Plus faible légitimité et reconnaissance, une responsabilité limitée (intérêt purement économique)
- Peu de légitimité et de reconnaissance
- Pas de légitimité et reconnaissance : l'acteur n'est pas identifié comme un acteur de l'eau

Question 17 : représentation du gestionnaire sur le territoire

Le gestionnaire décideur est-il implanté localement ou s'appuie-t-il sur des relais locaux pour mener les actions de gestion?

- Forte représentation locale du gestionnaire décideur
- Faible représentation locale mais un ancrage territorial via la maîtrise du foncier et/ou par des acteurs locaux
- Faible représentation locale et peu de relais locaux
- Pas de représentation locale et peu de relais locaux
- Pas de représentation locale et ni de relais locaux

Question 18 : pratiques du gestionnaire et aptitude à les modifier

Qualifier son mode de gestion et son aptitude à modifier ses pratiques pour tendre vers une gestion intégrée

- Mode de gestion intégrée et un comportement qui vise cet état
- Mode de gestion de plus en plus intégrée
- Mode de gestion peu intégrée et un projet d'évoluer vers ce sens (lancement d'une démarche qualité, diagnostic)
- Mode de gestion pas intégrée et pas de projet d'évolution
- Mode de gestion pas intégrée et réticences à évoluer

Annexes 2

Annexe 2.1. Notation du système de gestion des bureaux d'études.

Champ de l'indicateur	valeurs	Explications
Connaissances	4	Le prestataire privé peut mener des études ponctuelles, pour compléter les données existantes détenues par les communes et les services de l'Etat. Toutes les données sont communiquées aux financeurs : communes, Wilya. Certains bureaux d'études ont des partenariats avec des universités.
Evaluation	4	Le suivi est intégré dans le marché. Par exemple, dans le cas d'un projet d'assainissement, le bureau d'étude et le réalisateur sont responsables du bon fonctionnement, 1 an après la fin des travaux (assistance aux opérations de réception pour les travaux). Le suivi est limité par des impératifs économiques (rémunération du temps passé). En interne, les indicateurs de suivi des projets sont essentiellement économiques.
Echelle de gestion	3	L'échelle de réflexion correspond à celle du maître d'ouvrage, souvent intercommunale ou communale
Intégration usages	3	Les études prennent en compte le contexte (inventaire des autres usages dans un périmètre restreint). Le nombre d'usages pris en compte est limité par l'échelle de réflexion.
Partenariats possibles	4	Le souci d'un bureau d'étude est de répondre aux exigences du client (collectivité, communauté de communes). Son approche est souvent économique.
Implication communes	4	La commune est le maître d'ouvrage et décideur, elle est donc consultée régulièrement par le bureau d'études.
Implication autres acteurs	4	Ils ont des contacts réguliers avec les services de l'Etat et quelques usagers dans le cadre de travaux qui impactent leur usage. En revanche, ils n'ont pas assez de contact avec l'Agence de l'Eau qui leur impose des méthodes d'évaluation et contraintes de travail.
Concertation	4	Dans l'avancement d'un projet, le bureau d'études est amené à mettre en place plusieurs réunions avec les acteurs concernés et décideurs.
Sensibilisation	3	Il organise des réunions publiques d'information dans le cas d'un projet à forts enjeux ou entraînant des nuisances pour les riverains. Il peut organiser des visites de chantier. En interne, des fiches projets sont communiquées aux communes dans le cadre d'appel d'offres.
Financement	3	Les financements proviennent des communes ou de la communauté de communes en fonction du projet : travaux à l'échelle communale des études plus globales à l'échelle de la communauté de communes. Les communes perçoivent des subventions de la Wilaya, le coût des travaux n'étant pas complètement répercuté sur le prix de l'eau (non application du principe l'eau paye l'eau).
Enjeux socioéconomiques	4	Usage AEP, assainissement ou travaux en rivière à des fins de protection (intérêts des communes)
Réglementation	4	Les bureaux d'études appliquent de nombreuses réglementations lorsqu'ils suivent des travaux (lois sur l'eau, code de l'urbanisme, ...). C'est la catégorie d'acteurs qui consulte le plus régulièrement. Les bureaux d'études doivent également appliquer les méthodes d'évaluation de la qualité des eaux.
Droit de propriété /droit d'usage	5	Il n'est pas concerné directement, c'est le maître d'ouvrage qui doit utiliser les outils existants pour acquérir la maîtrise foncière ou un droit de passage en fonction des travaux : convention pour passer une canalisation, enrochement, berge, achat de terrain pour les captages (procédure d'expropriation des propriétaires), Déclaration d'intérêt général, ...
Techniques	4	Le développement de la télégestion permet d'optimiser la gestion d'un réseau et de recueillir des données en continu tous les jours. Des procédés d'assainissement sont également adaptés en fonction des contraintes du milieu, pour une intégration paysagère.
Planification	2	Dans le cadre de schéma directeur, la commune doit programmer des travaux sur une dizaine d'années pour obtenir des subventions. La planification est théorique et elle n'est pas toujours respectée dans la mise en œuvre des travaux.
Structure gestionnaire	4	Dans le domaine de l'eau, il existe deux types de bureaux d'études : des bureaux d'études implantés localement à effectif réduit et des groupes nationaux qui ont des antennes locales. Les compétences sont plus larges dans les grands groupes.
Représentation territoriale	3	En dehors de quelques antennes locales, les bureaux d'études sont généralement basés dans les grandes agglomérations avec un rayonnement territorial. Les relais locaux sont souvent les communes.
Pratiques intégrées et évolution	3	Les bureaux d'études intègrent de plus en plus de connaissances par leur expérience et des programmes scientifiques. Les projets sont également plus complexes au niveau de la technicité et les territoires d'action des maîtres d'ouvrage s'élargissent (communautés de communes).

Annexe .2.2 . Notation du système de gestion de la l'administration des forets.

Champ de l'indicateur	valeurs	Explications
Connaissances	2	L'administration des forets ne développe pas un Système d'Information Géographique (SIG) qui intègre les périmètres de protection des sources. Au niveau des connaissances sur les relations entre la forêt et la ressource, les projets expérimentaux sont insuffisants pour connaître précisément ces interactions. Les échanges d'expériences ne sont pas assez développés, les pratiques forestières dépendent plus du principe de précaution que de connaissances scientifiques. les domaines sont insuffisamment étudiés par la littérature scientifique : 1/ l'identification des facteurs clés d'une gestion forestière et l'importance du rôle de protection dans la gestion forestière, 2/ l'évaluation de la quantité d'eau d'infiltration en fonction du type de peuplement.
Evaluation	2	L'évaluation des pratiques forestières par rapport à la ressource est inexistante.
Echelle de gestion	3	Le territoire de réflexion s'élargit via les orientations régionales forestières. Une approche par grand massif forestier est en cours. Sur le bassin du Guebli, les forestiers déplorent l'absence d'une charte de territoire. Plus localement, au niveau du territoire d'action, l'échelle de la parcelle reste incompatible avec celle du bassin versant et limite l'intégration de la composante eau dans la gestion forestière.
Intégration usages	2	Les plans de gestion prennent en compte principalement l'impact paysager et la demande socio-économique, et peu la ressource en eau. Sur le Guebli, d'après le technicien de l'Administration des forets, la gestion prend en compte la conservation des paysages en évitant les coupes rases de grande surface, le maintien des sols en place pour minimiser les effets des eaux de ruissellements sur l'érosion et la protection des biens et personnes, et dans certaines zones fréquentées l'accueil du public.
Partenariats possibles	3	Le manque de connaissance sur la ressource rend difficile les rapports avec les acteurs de l'eau. Le technicien de l'administration des forets du Guebli confirme qu'à son niveau, il a très peu de contact avec les gestionnaires d'eau potable. la problématique de l'eau aurait toute sa place et des partenariats seraient possibles.
Implication communes	2	Le manque d'implication des élus dans la gestion des forêts communales. explique le nombre insuffisant de site pilote de gestion de la forêt à des fins de préservation de la ressource eau. La sensibilisation des élus se limite à l'état des forêts communales au travers du plan de gestion.
Implication autres acteurs	2	Les forestiers ont généralement peu de rapports avec les acteurs de l'eau. Une des préoccupations de l'administration des forets est de rencontrer davantage les t les gestionnaires de l'AEP.
Concertation	1	Des groupes de travail sont mis en place dans le cadre de la révision des plans d'aménagement forestier, mais intègrent peu les acteurs de l'eau. Les forestiers ne sont pas présents dans les instances de concertation à l'échelle du bassin hydrographique.
Sensibilisation	2	Des lacunes en communication sont soulevées, aussi bien en interne qu'en externe. Des efforts sont à faire en externe, par exemple, sur la sensibilisation auprès des propriétaires privés, des élus et du public. En interne, les échanges d'expériences entre les conservations des forets sont également limités
Financement	2	Les financements sont encore sectoriels et valorisent peu les fonctions non marchandes de la forêt. Les forestiers déplorent un manque de finances publiques
Enjeux socioéconomiques	5	Malgré une baisse de la rentabilité des bois, la forêt, productrice de matière première renouvelable, conserve un rôle non négligeable dans l'économie locale (bûcherons, débardeurs, ouvriers sylviculteurs).
Réglementation	2	La réglementation des périmètres de protection des captages est trop générale sur les pratiques forestières. Elle n'est pas adaptée au territoire, par manque de connaissances et de consultation entre acteurs de l'eau et de forêt.
Droit de propriété /droit d'usage	4	L'administration des forets intervient partout en forêt publique ou privée (domaniale, départementale, communale et privée).
Techniques	2	Les forestiers n'ont pas assez de compétences techniques hydrauliques pour négocier la réglementation des périmètres de protection des captages. Il n'existe pas de guide de gestion standard pour adapter la gestion forestière dans un périmètre de protection. L'eau n'y est abordé uniquement sur l'aspect risque.
Planification	2	Des plans de gestion de durée de 10 à 30 ans sont mises en œuvre. Mais ces outils au niveau local ne sont pas adaptés pour une co-gestion eau/forêt : l'eau est absente des manuels d'aménagement forestier.
Structure gestionnaire	3	L'administration des forets est un organisme public qui tend vers un fonctionnement d'entreprise. Ses compétences sont limitées sur la ressource en eau.
Représentation		L'administration des forets a un fort ancrage territorial avec ses unités territoriales, des

territoriale	5	techniciens sur le terrain et des ouvriers forestiers en lien direct avec le terrain
Pratiques intégrées et évolution	3	Evolution des pratiques : l'administration des forêts se spécialise pour répondre à la demande sociale et valorise les fonctions non marchandes qui à ce jour restent difficilement quantifiables. L'administration des forêts a embauché un technicien chargé de l'eau pour mieux intégrer l'eau dans la gestion de la forêt. L'eau trouverait toute sa place dans la gestion forestière des fonctions non marchandes.

Annexe 2.3. Notation du système de gestion de L'Algérienne des eaux

Champ de l'indicateur	valeurs	Explications
Connaissances	3	L'ADE est impliquée dans de nombreux programmes de recherche et d'études pour orienter sa politique en matière d'aides et de redevances. Elle reconnaît également avoir des connaissances insuffisantes sur la qualité des eaux distribuées.
Evaluation	4	L'ADE est en charge du suivi du réseau d'adduction et de distribution
Echelle de gestion	3	Son échelle d'action et de réflexion est la commune et n'est pas le bassin hydrographique. Cette échelle d'action peut entraîner des incohérences à un niveau plus local.
Intégration usages	3	Elle a une vision globale des usages, mais n'intègre pas tous les usages de la même façon dans la politique de l'eau.
Partenariats possibles	4	En tant que financeur de la politique de l'eau, l'Agence est en rapport avec un grand nombre d'acteurs via le système des redevances et des aides.
Implication communes	3	Elle accompagne les communes sur le plan technique, sur le plan des procédures et de l'analyse économique et financière.
Implication autres acteurs	2	Peu d'acteurs sont impliqués du fait d'une déficience de gestion sur le Guebli. aucun plan de gestion n'a été mis en place jusqu'à présent
Concertation	2	L'ADE anime rencontres et des groupes de travail sur la définition des programmes de mesures. Elle apporte des méthodologies et des données. Les échanges techniques mais restent insuffisantes
Sensibilisation	2	Des efforts de communication s'affichent avec la diffusion d'une lettre d'information et la mise en ligne de documents sur leur nouveau site internet. n'est pas applicable jusqu'à présent
Financement	4	Les systèmes "préleveur-payeur" et "pollueur/payeur" conçus sur le principe de solidarité, ne sont pas équitables. elle est subventionnée essentiellement par l'état
Enjeux socioéconomiques	3	L'atteint du bon état devient un fort enjeu, il est prévu de consacrer un budget pour répondre aux objectifs
Réglementation	4	Elle fait évoluer la réglementation algérienne et fait appliquer de nombreuses réglementations come l'eau c'est un droit pour toutes les populations
Droit de propriété /droit d'usage	2	acteur non concerné directement, le droit de propriété du sol prévaut sur le droit de propriété de l'eau et ainsi devient un obstacle pour une gestion
Techniques	4	Une évolution des techniques qui permet de mesurer des paramètres de façon de plus en plus fiable (même remarque que pour les autres acteurs de la politique de l'eau).
Planification	3	Un bail sur de longues années permet de pérenniser la gestion.
Structure gestionnaire	4	L'ADE joue un rôle central dans l'élaboration et l'application des documents de planifications de la politique de l'eau. Elles conduisent également ou favorisent diverses actions de préservation, de restauration, d'entretien et d'amélioration des conduites. Elles interviennent dans 3 domaines particuliers : lutte contre la pollution restauration et préservation de la ressource, et des interventions de soutien pour améliorer les connaissances et le suivi
Représentation territoriale	2	Elle s'appuie sur des relais locaux comme les associations pour mener les phases de consultation du public.
Pratiques intégrées et évolution	3	L'ADE évolue vers plus d'intégration

Annexe 2.4. Notation du système de gestion de d'une commune de montagne

Champ de l'indicateur	valeurs	Explications
Connaissances	2	Les connaissances détenues par la commune sur les ressources en eau et les usages sont fonction de la taille de la commune (nombre d'habitants) et de ses moyens humains et financiers. Les communes ne suivent pas généralement la qualité des eaux distribuées (via les rapports de la santé publique), mais l'apparition de problèmes quantitatifs dans les hauts bassins versant les incitent à acquérir des connaissances sur les ressources pour optimiser la gestion.
Evaluation	3	Les indicateurs de gestion patrimoniale deviennent obligatoires dans le cadre de la gestion de l'eau potable, mais pas le suivi des milieux naturels.
Echelle de gestion	3	L'échelle est communale ou intercommunale, avec une tendance au regroupement incitée par les services de la commune. Le renforcement de leurs compétences en matière d'eau et d'assainissement vont les pousser à se regrouper pour se doter de véritables moyens techniques.
Intégration usages	1	La commune n'a pas de vision globale des usages de l'eau.
Partenariats possibles	4	Les élus sont au cœur du jeu d'acteur. Ceci leur permet d'être en relation avec l'ensemble des usagers et gestionnaires, la maîtrise du foncier ou les relations financières.
Implication communes	3	La commune bénéficie de soutien technique de la part d'un grand nombre d'acteurs de l'eau : l'ADE, services techniques de la Daira, la Wilaya), scientifiques (hydrogéologue dans les procédures de protection de captage). Elle a également des relations avec plusieurs acteurs locaux. un manque de concertation et de dialogue entre l'Etat et les collectivités territoriales dans la mise en oeuvre des obligations communautaires.
Implication autres acteurs	2	Notons aussi que les élus peuvent faire part d'une certaine méfiance par rapport aux nouveaux outils de gestion intégrée et du volet "consultation des usagers" qui remet en cause leur légitimité, les élus locaux étant normalement les représentants des usagers
Concertation	1	La commune est n'implique pas dans les instances de concertation à l'échelle du bassin hydrographique. Elle est absente dans réunions à l'échelle régionale
Sensibilisation	3	Les élus locaux ont un devoir d'information vis à vis de leur administrés : porter à connaissance du public sur l'eau potable.Des efforts restent à réaliser pour une transparence du service de l'eau et de la facture.
Financement	4	Les aides sont plus importantes en faveur des communes rurales dans les domaines de l'assainissement et de l'alimentation en eau potable pour notamment répondre aux exigences. Mais les transferts de compétences (comme l'assainissement non collectif) ne s'accompagnent pas toujours de moyens de la part de l'Etat, le financement reste une contrainte dans les projets.
Enjeux socioéconomiques	3	Priorité de l'usage AEP sur tous les autres usages de l'eau.
Réglementation	4	Le maire est responsable de la production et distribution de l'eau potable depuis la révolution Algérienne. L'assainissement est devenu un service public obligatoire des collectivités locales. La commune est responsable de la mise en place du système d'assainissement, de son fonctionnement, de l'élimination des boues produites et des raccordements effectués sur le réseau public. Elle assure aussi le contrôle des dispositifs d'assainissement.
Droit de propriété /droit d'usage	4	En tant que maître d'ouvrage, il doit utiliser les outils existants pour acquérir la maîtrise foncière ou un droit de passage en fonction des travaux : convention pour passer une canalisation, enrochement, berge, ou achat de terrain pour les captages.
Techniques	2	Aujourd'hui les petites communes n'ont ni les moyens ni les compétences sans équipe technique de gérer ou d'établir un contrat avec les entreprises de réalisation dans l'intérêt de la collectivité et des usagers. Elles s'appuient essentiellement sur le Daira pour répondre à leurs obligations en matière d'eau potable et d'assainissement.
Planification	3	Mandat électoral de 5 ans.
Structure gestionnaire	3	la première préoccupation d'un maire étant d'assurer un service de bonne qualité d'AEP. Un autre problème apparaît, c'est la question des compétences des regroupements de communes en syndicat. Les compétences des syndicats sont souvent partielles. Les moyens humains des petites communes sont également insuffisants pour suivre les différentes commissions et traiter l'ensemble des problématiques liées à l'eau. Ce n'est donc pas une structure adaptée pour agir dans l'intérêt du milieu aquatique
Représentation territoriale	2	La représentation est très faible
Pratiques intégrées et évolution	2	On constate encore une solidarité absente ou difficile à mettre en place entre l'amont et l'aval dans la gestion des ressources en eau et d'un manque d'intérêt porté sur la préservation des milieux aquatiques

