

Faculté des Sciences de la Terre

Année 2 011

Département de Géologie

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

RESSOURCES ET ESSAI DE GESTION INTÉGRÉE
DES EAUX DU BASSIN D'EL MALABIOD
W. DE TÉBESSA, NORD-EST ALGÉRIEN

Option

Hydrogéologie

Par

DJEBARI Hacene

(Ingénieur d'État en Hydrogéologie)

DIRECTEUR DE MÉMOIRE : M : ZOUINI Derradji M. C. A, U. B. M. Annaba

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT : M : KHERICI Nacer Professeur, U. B. M. Annaba

EXAMINATEURS : M : SAYAD Mouldi M. C. A, U. B. M. Annaba
M : DJORFI Saadane M. C. A, U. B. M. Annaba

REMERCIEMENTS

Voilà enfin, après de longues années de travail, avec l'aide d'*ALLAH*, le tout puissant, qui mène toujours à bonne fin, j'ai réussi à mettre en forme le manuscrit que vous avez entre les mains.

Il n'aurait jamais vu le jour sans la contribution et le soutien de plusieurs personnes, qu'il m'est bien agréable, en terme de reconnaissance, de leur adresser mes remerciements, sachant pertinemment que quelque soient les termes, si vénérables soient-ils, que je veille à employer, je n'arriverai guère à leur rendre hommage ni leur avouer gratitude.

Je m'adresserai en premier lieu, à Monsieur *D. ZOUINI*, qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail, avec responsabilité et rigueur scientifiques. Je salue en lui compréhension et indulgence.

Malgré son emploi du temps, trop chargé, il a su, et avec dévouement et démesure, me réserver le temps qu'il faut, pour mener à bien cette tâche et me permettre de profiter de son expérience et de ses conseils. Je crois que sans lui, ce mémoire n'aurait jamais connu d'aboutissement.

Je tiens à remercier également Monsieur le professeur *N. KHERICI*, de l'université de Annaba, d'avoir accepté d'honorer par sa présence la présidence du jury et de n'avoir aucunement hésité à me permettre de profiter de ses connaissances et de son savoir.

Je dois témoigner ma gratitude à Monsieur *M. SAYAD*, Monsieur *S. DJORFI*, d'avoir accepter l'examen, l'évaluation et la critique de ce travail, de siéger au jury et prendre part au débat, qu'il me soit ainsi permis de leur exprimer si humblement les meilleurs formules de respect et de ma sincère estime.

Je ne manquerai jamais de remercier autant, Monsieur *AEK. ROUABHIA*, de l'université de Tébessa, qui n'a, et au grand jamais, épargné d'efforts d'appui, d'assistance ; lors de traitements de certaines données, les discussions fructueuses de certains points, qu'il trouve ici toutes les expressions de ma reconnaissance, de mon respect infini et de ma profonde gratitude

Mes sincères remerciements s'adressent également à tous ceux qui nous ont autorisé l'accès à leurs propriétés, leurs puits, forages et exploitations agricoles.

Je ne saurais oublier le personnel de l'*ANRH* de Constantine et de Tébessa, en particulier, Messieurs *D. AGGOUNE*, *T. DJEBASSI*, *A. MESSAADI*, ceux de la *DHW*, de la *DSA*, de la *CF*, de la *DPAT* de Tébessa, et de l'*ABHS* de Ouargla.

Je ne pourrais passer sous silence le concours de tous les amis, notamment durant les compagnes de mesure, d'échantillonnage et lors du traitement de données et d'interprétation des résultats ; Messieurs *L. GHRIEB*, *H. ZERROUKI*, *M. BENDJAZIA*, *AER. HAMAI**DI*, *A. ASSAL*, *Y. ABID* ainsi que toutes les personnes qui ont participé d'un effort, si minime soit-il, de près ou de loin, d'un encouragement ou d'une prière.

Un grand merci pour l'ensemble du personnel du département de géologie et de la faculté des sciences de la terre ; *D. KHADER*, *SONIA*, *L. BOUCHAKER*...

En fin, je voudrai saisir l'occasion pour rendre un hommage particulier à mes parents, qui ont tout le temps imploré, et avec persévérance, toute l'aide et tout le succès pour moi, comme je n'omettrais jamais d'émettre un grand merci à mes frères et sœurs, pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements, ainsi que tous les miens.

Merci à toutes et à tous.

موارد و محاولة تسيير شامل لمياه حوض الماء الأبيض ولاية تبسة - الشمال الشرقي الجزائري-

تلبية إحتياجات في تنام مستمر, بموارد آيلة إلى الندرة, تهيئة ميكانيزمات تسيير و تحكيم مجدية أكثر, إيجاد التسويات الأكثر قابلية للإستمرار بين مستويات إرضاء الطلبات من جهة, حفظ الوسط الطبيعي, وقاية المياه و التحكم فيها من جهة أخرى, تلك هي التحديات التي يواجهها قطاع المياه في المنطقة.

يقع حوض الماء الأبيض بولاية تبسة في مرتفعات السهول الشرقية لحوض شط ملغيغ الكبير. يتربع على مساحة 648 كلم² و يقطنه حوالي 16168 نسمة بكثافة تقدر ب27 ساكن في الكم². بحسب موقعه و شبه جفافية مناخه, سيواجه و في المستقبل القريب, تحديات كبرى في مجال المياه.

لا يحصل فضائه الداخلي إلا على معدل تساقط 234,83 ملم ما يعادل 216 هك³ في السنة, و لكن لسوء الحظ, و لانعدام منشآت التخزين, فجلها يضيع كسيلان إلى الخارج.

الطلب فيه على الماء متزايد و مستمر, مرفوق بمشاكل إقتصادية, خدماتية, تبيير... تعمق تعقيد وضعية شائكة, موسومة بالإضافة إلى مفعول التعرية, التصحر, الرشح المكثف و التلوث المتنوع.

في محاولة لسد كل هذه الثغرات, المقاربة الجديدة التي نتوخاها, و التي توصف بالإنقاذية و هي اعتماد تصورات التسيير الإدماجي الشامل, تفرض نفسها كبديل.

أكثر من هدف, التنمية المستدامة في المنطقة هي حتمية إجبارية بل أكثر فهي تحد, في هاته الفضاءات الهشة, يمكن رفعه, مهما قل وضع المسائل المتعلقة بتسيير الموارد المائية و الحفاظ على التنوع البيئي, في أولى إهتمامات كل الشركاء و الفاعلين في مجال التهيئة و التنمية لهاته المجالات الحساسة و خاصة أصحاب القرار.

الكلمات الجوهرية - حوض الماء الأبيض, الطلب على الماء, التنوع البيئي, مقاربات التسيير الشامل, التنمية المستدامة, التبيير, التلوث, الكمونات المائية.

RESSOURCES ET ESSAI DE GESTION INTÉGRÉE DES EAUX DU BASSIN D'EL MALABIOD, W. de TÉBESSA, Nord-Est Algérien

RÉSUMÉ

Satisfaire des besoins en perpétuelle hausse, avec des ressources appelées à la rareté, élaborer des mécanismes de gestion et d'arbitrage plus performants (rassurants), trouver les compromis les plus viables entre les niveaux de la satisfaction des demandes d'une part, la préservation du milieu naturel, la conservation et la maîtrise de l'eau d'une autre, tels sont les challenges auxquels est confronté le secteur de l'eau dans la région.

Le bassin d'El Malabiod appartient aux hautes plaines orientales de l'Atlas saharien, et fait donc partie du Chott Melhrir, du côté inclus dans le territoire de la wilaya de Tébessa. Il couvre une superficie d'environ 648km^2 , où se répartie, selon l'intérêt et le besoin, une population de $16\ 168$ habitants, avec une densité de $27\text{hab}/\text{km}^2$.

De par sa situation et la semi-aridité du climat qui y règne, il se voit confronter, et dans un avenir proche, à d'énormes défis en matière d'eau. Son impluvium ne reçoit en moyenne que $234,83\text{mm}/\text{an}$, ce qui constitue un apport de $216\text{Hm}^3/\text{an}$, mais malheureusement, et à défaut d'ouvrages de stockage, la quasitotalité se perd en écoulement.

La demande en eau y est en perpétuelle croissance, conjuguée à des problèmes d'économie, de service, de gaspillage..., font compliquer d'avantage une situation fort épineuse, marquée par, outre les effets d'érosion, de désertification, d'évapotranspiration accentuée...etc, et la menace d'une pollution multiformes.

Dans une tentative de parer à ces lacunes, la nouvelle approche qu'on se propose et qui se qualifie de salvatrice, qu'est l'adoption des concepts de la gestion intégrée, s'impose en tant qu'alternative.

Plus qu'un objectif, le développement durable dans la région est une nécessité impérieuse, voire un défi dans ces espaces fragiles. Ce challenge peut être relevé pour peu que les questions relatives à la gestion des ressources en eau et la préservation de la biodiversité soient placées au premier plan des préoccupations de tous les partenaires, les acteurs de l'aménagement et du développement de ces espaces sensibles et en particulier, les décideurs.

Mots clés : *Bassin versant, Besoin en eau, Biodiversité, Concepts de la gestion intégrée, Développement durable, Gaspillage, Pollution, Potentialités hydriques.*

RESOURCES AND ATTEMPT TO AN INTEGRATED MANAGEMENT OF EL MALABIOD BASIN'S WATERS, District of Tebessa North-eastern Algeria

Summary

Meet the needs ever-increasing, with scarcity of resources required to, develop management mechanisms and arbitration more efficient (reassuring), find the most viable compromise between the levels of satisfaction of claims on the one hand, the preservation of the natural environment, conservation and water control another, these are the challenges facing the water sector in the region.

The basin of El Malabiod belongs to the high eastern plains of the Saharian Atlas, and is therefore part of the Melhrir's Chott, the side included in the district of Tébessa's territory. It covers an area of approximately 648km^2 , a population of 16 168 inhabitants which is deployed by interest and need, with a density of $27\text{inhab}/\text{km}^2$.

Because of its location and semi-arid climate that prevails there, it will be confronted, and in the near future, with enormous challenges in water. Its catchment area receives on average $234.83\text{mm}/\text{year}$, which constitutes a contribution of $216\text{Hm}^3/\text{year}$, but unfortunately, in the absence of storage structures, the most is lost in flow.

Water demand is constantly growing, coupled with problems of economy, service, waste ..., are more a complicated situation very difficult, marked by, in addition to the effects of erosion, desertification, to accentuated transudation/transpiration ... etc, and the threat of pollution forms. In an attempt to address these shortcomings, the new approach we are proposing and who qualifies for saving, what the adoption of the concepts of integrated management is needed as an alternative.

More than a goal, sustainable development in the region is an imperative need to see a defy in these fragile areas. This challenge can be met as long as issues relating to the management of water resources and the preservation of biodiversity are put at the forefront of the concerns of all partners, stakeholders in the planning and development of these sensitive areas and in particular, policy-makers.

Keywords: Biodiversity, Integrated Management Concepts, Pollution, Sustainability, Waste, Water Potentials, Water requirement, Watershed.

TABLE DES MATIÈRES

	Préambule.....	01
1.	CHAPITRE I CADRE GÉNÉRAL ET MILIEU PHYSIQUE	
	I – Introduction.....	03
	II – Situation géographique.....	03
	III – Aperçu soci-économique de la région.....	05
	III – 1- Population et démographie.....	05
	III – 2- Tissu agricole.....	05
	III – 3- Contexte industriel.....	06
	III – 4- Habitat et urbanisme.....	07
	III – 5- Organisation administrative.....	08
	IV – Le couvert végétal.....	08
	IV – 1 – Introduction.....	08
	IV – 2 - Le domaine forestier.....	08
	IV – 2 – a- Les forêts.....	08
	IV – 2 - b- Les parcours.....	09
	IV – 2 – c- Les terres incultes et improductives.....	10
	IV – 3- Le domaine agricole.....	10
	V – La topographie.....	11
	VI – Aperçu géomorphologique.....	12
	VI – 1- Les plaines.....	12
	VI – 2- Les collines.....	12
	VI – 3- Le bassin versant.....	12
	VI – 4- La dépression du Miocène.....	12
	VI – 5- Le confinement : bassin versant- cuvette du Miocène.....	13
	VI – 6- Les lits des Oueds.....	13
	VI – 7- Les alluvions du Quaternaires.....	13
	VI – 8- Les sources.....	13
	VI – 9- Les barrières rocheuses.....	13
	VII – Étude physique du bassin versant.....	13
	VII – 1- Caractéristiques de forme.....	13
	VII – 1- a- La surface.....	13
	VII – 1- b- La forme du bassin.....	14
	VII – 1- c- Les dimensions du rectangle équivalent.....	14
	VII – 2- Le relief.....	14
	VII – 2- 1 - La courbe hypsométrique.....	14
	VII – 2- 1- a- Répartition des tranches d’altitudes et élaboration de la courbe.....	15
	VII – 2- 2- Les altitudes caractéristiques.....	16
	VII – 2- 2- 1- Les altitudes maximale et minimale.....	16
	VII – 2- 2- 2- L’altitude moyenne.....	16
	VII – 2- 2- 3- L’altitude médiane.....	16
	VII – 2- 3- Les pentes.....	16
	VII – 2- 3- a- La pente moyenne.....	17
	VII – 2- 3- b- Les indices de pente.....	17
	VII – 2- 3- b ₁ - L’indice global de pente (<i>I_g</i>).....	17
	VII – 2- 3- b ₂ - La dénivelée spécifique (<i>D_s</i>).....	18
	VII – 2- 3- c- L’indice de pente de Roche (<i>I_p</i>).....	18
	VII – 3- Hydrographie.....	19
	VII – 3- 1- Réseau hydrographique.....	19
	VII – 3- 2- Le degré de développement du réseau.....	20
	VII – 3- 2-a- La densité de drainage.....	20
	VII – 3- 3- Le temps de concentration.....	20
	Conclusion.....	22

2.

CHAPITRE II
LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES

I – Introduction.....	23
II – Stratigraphie.....	23
II – 1- Le secondaire.....	23
II – 1- 1- Le Trias.....	23
II – 1- 2 - Le Crétacé.....	24
II – 1- 2- 1- Le Crétacé inférieur.....	24
II – 1- 2- 1- a- L’Aptien.....	24
II – 1- 2- 1- a ₁ - L’Aptien inférieur.....	24
II – 1- 2- 1 – a ₂ - L’Aptien moyen.....	24
II – 1- 2- 1 – a ₃ - L’Aptien supérieur.....	24
II – 1- 2- 1- b- Le Clansaysien (C ¹).....	24
II – 1- 2- 1- c- L’Albien inférieur (C ²).....	24
II – 1- 2- 1- d- Le Vraconien – Albien supérieur (C ³).....	26
II – 1- 2- 2- Le Crétacé supérieur.....	26
II – 1- 2- 2- 1- Le Cénomanién.....	26
II – 1- 2- 2- 1 – a- Le Cénomanién inférieur (C ^{4a}).....	26
II – 1- 2- 2- 1 – b- Le Cénomanién moyen (C ^{5a}).....	26
II – 1- 2- 2- 1 – c- Le Cénomanién supérieur (C ^{5b}).....	28
II – 1- 2- 2- 2- Le Turonien (C ^{6a} , C ^{6b} , C ^{6c}).....	28
II – 1- 2- 2- 2- a- Le Turonien inférieur (C ^{6a}).....	28
II – 1- 2- 2- 2- b- Le Turonien moyen (C ^{6b}).....	28
II – 1- 2- 2- 2- c- Le Turonien supérieur (C ^{6c}).....	28
II – 1- 2- 2- 3- L’Emscherien (C ⁷) (Coniacien et Santonien).....	28
II – 1- 2- 2- 4- Le Campanien (C ⁸).....	28
II – 1- 2- 2- 5- Le Maestrichtien.....	28
II – 1- 2- 2- 5 – a- Le Maestrichtien inférieur (C ^{9a}).....	29
II – 1- 2- 2- 5 – b- Le Maestrichtien moyen (C ^{9b}).....	29
II – 2- Le Tertiaire.....	29
II – 2- 1- Le Paléocène.....	29
II – 2- 1- 1- L’Éocène inférieur et le Crétacé supérieur.....	29
II – 2- 1- 2- Le Paléocène supérieur.....	29
II – 2- 1- 3- L’Éocène inférieur et moyen.....	29
II – 2- 2- Le Miocène.....	29
II – 2- 2- 1- Le Miocène inférieur et moyen (Vindobonien et Burdigalien).....	29
II – 2- 2- 2- Le Miocène supérieur (Pontien).....	31
II – 2- 3- Le Pliocène.....	31
III – Le Quaternaire.....	31
III – 1- Les Conglomérats.....	31
III – 2- La croûte calcaire.....	31
III – 3- Les dépôts de sources.....	31
III – 4- La nappe des cailloux.....	32
III – 5- Les dépôts actuels.....	32
IV – Tectonique de la région.....	32
IV – 1- Style tectonique.....	32
IV – 2- Phases tectoniques.....	32
IV – 3- Les mouvements récents.....	33
V – La paléogéographie.....	34
Conclusion.....	36

CHAPITRE III
LES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES
DU BASSIN D’EL MALABIOD

3.

I – Introduction.....	37
II – Réseau d’observation.....	37

III – Facteurs météorologiques déterminants.....	37
III – 1- Le régime des vents.....	38
III – 2- L’humidité relative de l’air.....	38
III – 3- La neige.....	38
III – 4- La pluviométrie.....	39
III – 4- 1- Les précipitations annuelles et leur variabilité.....	39
III – 4- 2- Estimation de la lame d’eau précipitée.....	41
III – 4- 2- a- Méthode de la moyenne arithmétique.....	41
III – 4- 2- b- Méthode de la moyenne de <i>Thiessen</i>	41
III – 4- 2- c- Méthode des isohyètes.....	42
III – 4- 2- d- Commentaire.....	43
III – 4- 3- Les précipitations mensuelles.....	43
III – 4- 4- Le régime mensuel.....	44
III – 5- Les températures.....	45
III – 5- 1- Modèle de <i>Laplace</i>	46
III – 5- 2- Modèle de <i>BNEDER</i>	46
III – 5- 3- Réciprocité des deux modèles et corrélations.....	47
III – 5- 4- Dépouillement statistique des données de température calculées.....	49
III – 5- 4- a- Examen de la normalité des températures.....	49
III – 5- 5- Variation des températures et régime thermique.....	50
III – 6- Détermination des indices climatiques.....	52
III – 6- 1- L’indice d’aridité de <i>E. DE Martone</i>	52
III – 6- 2- L’indice d’aridité mensuel.....	53
III – 3- Diagramme pluviothermique.....	54
IV – Le bilan hydrique.....	55
IV – 1- Étude de l’Évapotranspiration.....	55
IV – 1- 1- Estimation de l’évapotranspiration réelle (<i>ETR</i>).....	55
IV – 1- 1- a- Formule de <i>L. Turc</i>	55
IV – 1- 1- b- Formule de <i>Coutagne</i>	56
IV – 1- 2- Estimation de l’évapotranspiration potentielle (<i>ETP</i>).....	56
IV – 1- 2- 1- Formule de <i>C.W. Thornthwaite</i>	56
IV – 1- 2- 2- Formule de <i>L. Turc</i>	57
IV – 1- 2- 3- Discussion des résultats.....	57
IV – 2- Estimation de la réserve facilement utilisable.....	58
IV – 3- Indice thermique mensuel.....	58
IV – 4- Indice thermique annuel.....	58
IV – 5- Bilan d’eau par la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i>	58
IV – 6- Répartition des précipitations.....	60
IV – 6- 1- Le ruissellement.....	60
IV – 6- 2- L’infiltration.....	61
Conclusion.....	62

CHAPITRE IV

4. LES CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES DU SYSTÈME AQUIFÈRE DANS LE BASSIN D’EL MALABIOD

CHAPITRE IV- 1

4. 1.

COMPORTEMENT GÉOMETRIQUE DU SYSTEME AQUIFÈRE

I – Introduction.....	63
II – Établissement de quelques profils géoélectriques.....	63
II – 1- Profil transversal I (Nord-Sud).....	64
II – 1- a – Horizon-1.....	64
II – 1- b – Horizon-2.....	64
II – 1- c – Horizon-3.....	64
II – 2- Profil transversal II (Nord-Sud).....	65
II – 2- a – Horizon-1.....	66
II – 2- b – Horizon-2.....	66
II – 2- c – Horizon-3.....	66

II – 3- Profil transversal III (Nord-Sud).....	66
II – 4- Profil longitudinal IV (Sud-Ouest–Nord-Est).....	67
II – 4- a – Horizon-1.....	67
II – 4- b – Horizon-2.....	67
II – 4- c – Horizon-3.....	68
II – 5- Profil longitudinal V (Sud-Ouest Nord-Est).....	69
II – 6- Conclusion.....	69
III – Les cartes isopaches.....	69
III – 1- Délimitation des zones favorables.....	70
III –1-a- Carte d’égale épaisseur des sables.....	70
III –1-b- Carte d’égale épaisseur des grès.....	70
III –1-c- Carte d’égale épaisseur des argiles sableuses.....	71
Conclusion.....	71

4.2.

CHAPITRE IV- 2
LES DIFFÉRENTES NAPPES AQUIFÈRES

I – Introduction.....	72
II – Structure du système.....	72
II – 1- La nappe alluviale.....	72
II – 1- 1- Exploitation de la nappe.....	73
II – 2 – La nappe du Miocène.....	73
II - 2 –1- Extension et alimentation de la nappe.....	73
II – 2 –2- Structure et intérêt des formations calcaires et gréseuses.....	74
III – Inventaire des points d’eau.....	74
IV – Essai de suivi de la piézométrie.....	75
V – Apports du système et conditions aux limites.....	77
VI – Estimation et répartition des paramètres hydrodynamiques.....	78
VI – 1- Carte de perméabilité.....	79
VI – 2- Carte de transmissivité.....	80
VI – 3- Synthèse des deux cartes (transmissivité / perméabilité).....	80
Conclusion.....	80

5.

CHAPITRE V
QUALITÉ DES EAUX DANS LE BASSIN D’EL MALABIOD

I – Introduction.....	81
II – Paramètres physico-chimiques et identification des faciès	81
II – 1- Paramètres physiques.....	81
II – 1- a- La température.....	81
II – 1- b- Le potentiel d’hydrogène.....	81
II – 1- c- La conductivité.....	81
II – 2- Paramètres et faciès chimiques.....	82
II – 2- 1- Les eaux de sources.....	82
II- 2- 2- Les eaux de surface.....	84
II- 2- 3- Les eaux souterraines.....	85
III – Les eaux de la région d’El Malabiody et leur habilitation pour l’irrigation.....	87
III – 1- Introduction.....	87
III – 2- Risque de salinité.....	87
III – 2- a- Salinisation.....	87
III – 2- b- Sodisation.....	88
III – 2- c- Type de sels.....	89
III – 2- d- Facteurs déterminant l’usage agricole d’une eau.....	89
III – 2- e- Calcul des paramètres.....	91
III – 3- Aptitude des eaux à l’irrigation.....	91
III – 3- a- Classification des eaux par la méthode du S.A.R.....	91
IV – Vulnérabilité des eaux du bassin à la pollution.....	93
IV –1- Introduction.....	93
IV –2- Aspects de la vulnérabilité à la pollution.....	93
IV – 3- Types de pollutions menaçant le bassin d’El Malabiody.....	94

IV – 3- a- Pollution urbaine.....	94
IV – 3- b- Pollution industrielle.....	94
IV – 3- c- Pollution agricole.....	95
Conclusion.....	95
CHAPITRE VI	
6.	LES POTENTIALITÉS HYDRIQUES ET DEMANDE EN EAU DANS LE BASSIN D’EL MALABIOD
6. 1.	CHAPITRE VI- 1 LES POTENTIALITÉS HYDRIQUES DANS LE BASSIN
I – Introduction.....	96
II – État de la ressource dans le bassin (l’impluvium).....	96
II – 1- Les apports pluviométriques.....	96
II – Mobilisation de la ressource.....	97
II – 1- Les eaux superficielles.....	97
II – 1- a- Les barrages.....	97
II – 1- b- Les retenues collinaires.....	97
II – 1- c- Les oueds.....	97
II – 2- Les eaux de sources.....	98
II – 3- Les eaux souterraines.....	98
II – 3- a- Les forages étatiques.....	98
II – 3- b- Les forages non étatiques.....	100
II – 3- c- Les puits.....	100
III – Les prélèvements.....	100
III – 1- Les prélèvements d’eau de surface.....	100
III – 2- Les prélèvements d’eau souterraine.....	100
Conclusion.....	101
CHAPITRE VI- 2	
6. 2.	BESOINS, UTILISATIONS ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN D’EL MALABIOD
I – Introduction.....	102
II – Les usagers de l’eau à l’échelle du bassin d’El Malabiod.....	102
II – 1- La population.....	102
II – 1 – 1- Ressources/approvisionnements en eau.....	103
II – 1 – 2- État du service en milieu rural.....	104
II – 2- L’agriculture.....	104
II – 2 – 1- Cultures irriguées.....	104
II – 3- L’industrie.....	105
III – Projection des besoins.....	106
III – 1- Évolution des besoins en eau potable (AEP).....	106
III – 2- Évaluation des besoins en eau d’irrigation.....	107
III – 2 – 1- Besoins futurs pour l’alimentation en eau d’irrigation (AEA).....	108
III – 3- Évolution des besoins en eau industrielle (AEI).....	110
IV – Les besoins globaux en eau dans le bassin d’El Malabiod.....	111
Conclusion.....	111
CHAPITRE VII	
7.	VERS UNE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU
Perspective d’une gestion intégrée, organisation et déroulement de planification.....	112
I – Introduction.....	112
II – Les fondements de Dublin.....	112
III – Le point de vue de l’Islam	112
III – 1- L’islam et la gestion de l’eau : principes généraux	113
III – 1- 1- L’eau, un bien social.....	113
III – 1- 2- L’eau et l’équité.....	113
III – 1- 3- Les droits de l’environnement.....	113
IV – Stratégie de gestion des eaux.....	114
IV – 1- Cadre juridique et politique nationale de l’eau.....	114

IV – 1-1- Protection et préservation des ressources en eau.....	114
IV – 1- 1- a- Protection de l'eau douce.....	114
IV – 1- 2- Régime juridique de l'utilisation de l'eau.....	114
IV – 1- 3- Police des eaux.....	114
IV – 1- 4- Alimentation en eau potable.....	115
IV – 1- 5- Assainissement.....	115
IV – 1- 6- L'eau agricole.....	115
IV – 1- 7- La tarification.....	115
IV – 1- 8- Institution de concertation.....	115
V – Confrontation offre/demande dans le bassin d'El Malabiod.....	115
V – 1- Indice de pénurie.....	116
V – 2- Commentaire.....	116
VI – Que signifie transition-passage de la gestion par l'offre à celle de la demande ? Quelle perspective et quelle en est la portée ?.....	117
VI – 1- Gestion de la demande en eau dans le contexte de l'Islam.....	117
VI – 1- 1- Les instruments non économiques.....	117
VI – 1- 1- a- La conservation de l'eau.....	117
VI – 1- 1- b- La planification familiale.....	118
VI – 1- 2- Les instruments économiques.....	118
VI – 1- 2- a- Les droits et la « propriété » de l'eau en Islam.....	118
VI – 1- 2- b- Les tarifs de l'eau.....	119
VII – La gestion par la demande en eau et les gains économiques convoités.....	119
VII – 1- Estimation des économies possibles.....	119
VII – 2- Perspective d'une politique de lutte contre le gaspillage.....	120
VII – 2- 1- Le système tarifaire.....	120
VII – 2- 2- Sensibilisation à l'économie d'eau.....	121
VII – 2- 3- Éducation scolaire et culture d'une eau partagée et protégée.....	121
VII – 2- 3- a- Finalités.....	121
VII – 2- 3- b- Les moyens.....	121
VII – 3- Les stratégies pour la conservation de l'eau en Islam.....	121
VII – 3- 1- La sensibilisation accrue par le biais des mosquées.....	122
VII – 3- 2- La sensibilisation accrue par l'éducation officielle et non officielle.....	122
VIII – Ressources en eau dans le bassin d'El Malabiod et facteurs limitants.....	122
IX – La <i>GIRE</i> dans le bassin d'El Malabiod, contraintes et défis.....	123
IX – 1- Vérifier une alimentation de qualité, en quantité et au moindre coût.....	123
IX – 2- Préserver le milieu naturel et réhabiliter les écosystèmes.....	123
IX – 3- Actions de lutte contre l'érosion et la désertification.....	123
IX – 4- Gestion de l'information.....	124
Conclusion.....	126
8. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	127
9. BIBLIOGRAPHIE.....	130
10. ANNEXES.....	134

LISTE DES FIGURES

N°		Page
01	Situation géographique et vue satellitaire du bassin d'El Malabiod.....	04
02	Carte des pratiques culturelles.....	10
03	Essai de représentation en 3D du bassin d'El Malabiod.....	11
04	Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques dans le bassin d'El Malabiod...	15
05	Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Malabiod.....	19
06	Carte géologique de la région d'El Malabiod d'après <i>G. Durozoy. 1 948</i>	27
07	Coupes géologiques à travers le bassin d'El Malabiod.....	30
08	Carte de système de failles (<i>UGF-BRNO 1 971</i>).....	34
09	Stations pluviométriques et leurs codes.....	38
10	Distribution des précipitations annuelles aux stations d'observation.....	40
11	Polygones de <i>Thiessen</i> /Bassin d'El Malabiod.....	42
12	Moyennes des précipitations mensuelles (<i>1 974/75 ÷ 2 008/09</i>).....	44
13	Corrélation des modèles de <i>Laplace</i> et de <i>BNEDER</i> , données de température.....	48
14. 1	Ajustement à une loi normale des données de températures aux stations d'observation.....	49
14. 2	Ajustement à une loi normale des données de températures aux stations d'observation.....	50
15	Variations des températures moyennes mensuelles (<i>1 974/74 ÷ 2 008/09</i>).....	51
16	Abaque de l'Indice d'aridité annuel de <i>E. DE Martone PV. 1 923</i>	52
17	Abaque de l'Indice d'aridité mensuel de <i>E. DE. Martone PV 1 923</i>	53
18	Diagrammes pluviothermiques aux stations d'observation (<i>1 974/75 ÷ 2 008/09</i>).....	54
19	Carte des profils géoélectriques.....	63
20	Profil géoélectrique transversal (N/S) n° I traversant les forages ; M_7 , M_5 , M_4 et M_{15}	64
21	Profil géoélectrique transversal (N/S) n° II traversant les forages ; M_{10} , M_9 , et M_6	65
22	Profil géoélectrique transversal (N/S) n° III traversant les forages ; M_1 , M_6 et le puits P_{23}	67
23	Profil géoélectrique (SW/NE) n° IV traversant les forages M_{15} , M_2 , M_{13} et M_{10}	68
24	Profil géoélectrique (SW/NE) n° V traversant les forages M_3 , M_8 , M_5 et le S_{23}	69
25	Carte d'égale épaisseur des sables.....	70
26	Carte d'égale épaisseur des grès.....	70
27	Carte d'égale épaisseur des argiles sableuses.....	71
28	Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère dans le basin d'El Malabiod.....	72
29	Profil hydrogéologique passant par les forages M_3 , M_5 , FC_{1bis} , M_{10} et M_1	74
30	Carte d'implantation des points d'eau.....	75
31	Carte piézométrique <i>Avril 2 009</i>	75
32	Carte piézométrique <i>Septembre 2 009</i>	76
33	Carte piézométrique. <i>Mars 2 003</i>	76
34	Carte piézométrique. <i>Septembre 2 003</i>	77
35	Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El Malabiod.....	78
36	Carte de perméabilité.....	79
37	Carte de transmissivité.....	80
38	Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de <i>Schoeller-Berkaloff</i>	83
39	Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de <i>Piper</i>	84
40	Représentation des analyses chimiques des eaux de surfaces selon le diagramme de <i>Schoeller-Berkaloff</i>	85
41	Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de <i>Piper</i>	86
42	Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de <i>Schoeller-Berkaloff</i>	86
43	Représentation selon le diagramme de <i>Wilcox</i> des analyses des eaux souterraines.....	92
44	Exemple de rejets domestiques dans les principaux oueds/Bassin d'El Malabiod.....	94
45	Exemple de rejets industriels atmosphériques et liquides/Bassin d'El Malabiod.....	95
46	Répartition des prélèvements par secteur d'usager/Bassin d'El Malabiod	101
47	Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable <i>2 008/2 040</i>	107
48	Évolution des surfaces irriguées et des besoins en eau agricoles (<i>2 008/2 034</i>).....	110
49	Projection des besoins en eau industrielle horizon <i>2 040</i>	110
50	Évolution des besoins globaux en eaux des diverses catégories d'usagers (<i>2 010/2 040</i>).....	111
51	Schéma de gestion des ressources en eau/Programme d'action locale.....	125

LISTE DES TABLEAUX

N°		Page
01	Répartition de la population et densité par commune/Bassin d'El Malabiod.....	05
02	Unités industrielles publics/Bassin d'El Malabiod.....	06
03	Répartition du secteur de l'artisanat/Bassin d'El Malabiod.....	06
04	Répartition de la <i>PME</i> par commue/Bassin d'El Malabiod.....	06
05	Parc logement et taux d'occupation (31-12-2 008)/Bassin d'El Malabiod.....	07
06	Répartition des ménages par commune et par taille au <i>RGPH 2 008</i> /Bassin d'El Malabiod.....	07
07	Évolution et organisation administratives/Bassin d'El Malabiod.....	08
08	Caractéristiques et état des forets/Bassin d'El Malabiod et confins.....	09
09	Répartition des superficies forestières et du taux de reboisement/Bassin d'El Malabiod.....	09
10	Répartition du couvert végétal par commune/Bassin d'El Malabiod.....	10
11	Répartition des terres agricoles par spéculation/Bassin d'El Malabiod.....	11
12	Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitudes/Bassin d'El Malabiod.....	15
13	Indice de pente de <i>Roche</i> /Bassin d'El Malabiod.....	18
14	Récapitulation des paramètres morphométriques/Bassin d'El Malabiod	21
15	Permis <i>DJEBEL DOUKKANE : FORAGE PÉTROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2]</i>	25
16	Références des stations pluviométriques/Bassin d'El Malabiod.....	37
17	Moyenne annuelle des précipitations (1 974/75 ÷ 2 007/08)/Bassin d'El Malabiod.....	39
18	Écart à la normale des précipitations annuelles (1 974/75 ÷ 2 007/08)/Bassin d'El Malabiod.....	41
19	Résultats de calcul de la lame d'eau par polygone/Bassin d'El Malabiod	42
20	Résultats de calcul de la lame d'eau par la méthode des isohyètes/Bassin d'El Malabiod.....	43
21	Mois humide et mois sec dans chaque station pluviométrique/Bassin d'El Malabiod.....	43
22	Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières aux stations d'observation.....	44
23	Coefficient pluviométrique relatif mensuel aux stations d'observation (<i>Angot</i>).....	45
24	Coefficient pluviométrique saisonnier aux stations d'observation/Bassin d'El Malabiod.....	45
25	Résultats de calcul de la température (°C), modèle de <i>Laplace</i>	46
26	Résultats de calcul de la température (°C), modèle de <i>BNEDER</i>	47
27	Récapitulation des données de température (°C), et corrélation des deux modèles.....	47
28	Moyennes mensuelles des températures (°C), 1 974/75 ÷ 2 008 /09/Bassin d'El Malabiod.....	51
29	Indice d'aridité de <i>E. DE Martone</i> et type de climat/Bassin d'El Malabiod.....	52
30	Indice d'aridité mensuel/Bassin d'El Malabiod	53
31	<i>ETR</i> selon la méthode de <i>Turc</i> annuelle/Bassin d'El Malabiod	55
32	Applicabilité de la formule de <i>Coutagne</i> /Bassin d'El Malabiod	56
33	Résultats de calcul de l' <i>ETP</i> selon la formule de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station d'El Malabiod.....	56
34	Résultats de calcul de l' <i>ETP</i> selon la formule de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station de Ain Khanga.....	57
35	Résultats de calcul de l' <i>ETP</i> par la méthode de <i>L. Turc</i> /station d'El Malabiod.....	57
36	Valeurs de l' <i>ETP</i> et de l' <i>ETR</i> et méthodes d'estimation/Bassin d'El Malabiod	57
37	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station de Ain Khanga (1 974/75 ÷ 2 008/09).....	59
38	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station d'El Malabiod (1 974/75 ÷ 2 008/09).....	59
39	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station d'E'Zouaïria (1 974/75 ÷ 2 008/09).....	60
40	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station de Ouled M'hamed (1 974/75 ÷ 2 008/09).....	60
41	Estimation du ruissellement selon la méthode de <i>Tixeront-Berkaloff</i>	61
42	Estimation de l'infiltration/Bassin d'El Malabiod	61
43	Corrélation des valeurs de résistivité aux logs de forages/Bassin d'El Malabiod.....	63
44	Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M_4 et M_5	65

LISTE DES TABLEAUX (suite)

N°		Page
45	Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M_6 , M_9 et M_{10}	66
46	Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M_1 , P_{23} et M_6	67
47	Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M_{13} , M_2 , M_{10} et M_{15}	68
48	Données et mesures relatives au profil géoélectrique n° V.....	69
49	Épaisseur des diverses formations dans différents ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.....	73
50	Valeurs de perméabilité et de transmissivité issues de forages/Bassin d'El Malabiod.....	79
51	Normes et classification des eaux selon leurs conductivités (<i>OMS 1 994</i>).....	82
52	Analyses et faciès chimiques des eaux de sources/Bassin d'El Malabiod.....	83
53	Analyse et faciès chimique des eaux de surface/Bassin d'El Malabiod	84
54	Classe de qualité de salure de l'eau d'irrigation.....	87
55	Rendement de quelques cultures en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation.....	88
56	Concentrations maximales en Bore dans l'eau d'irrigation, basée sur l'apparition de symptômes de toxicité lors de culture sur sable.....	89
57	Impact du degré de concentration en <i>Na</i> et <i>Cl</i> sur les cultures irriguées par aspersion.....	89
58	Classification des eaux pour l'irrigation/Bassin d'El Malabiod. <i>Doneen. 1 961</i>	91
59	Paramètres déterminant l'aptitude à l'irrigation d'une eau/Bassin d'El Malabiod.....	91
60	Classification des eaux par la méthode du <i>SAR</i> et leur état d'utilisation.....	92
61	Classification des eaux par la méthode du <i>SAR</i> et leur état d'utilisation/Bassin d'El Malabiod.....	93
62	Apport pluviométrique aux différentes stations/Bassin d'El Malabiod.....	96
63	Valeurs de débits enregistrées de (1 974 ÷ 1 986) « Oued El Malabiod ».....	97
64	Caractéristiques de quelques sources/Bassin d'El Malabiod.....	98
65	Nature et destination des ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.....	99
66	Caractéristiques des ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.....	99
67	Répartition de la population par zone/Bassin d'El Malabiod.....	103
68	Alimentation et dotation en eau/Bassin d'El Malabiod (31-12-2 008).....	103
69	Réseau <i>AEP</i> et assainissement avec taux de couverture/Bassin d'El Malabiod.....	103
70	Superficies agricoles et types d'irrigation/Bassin d'El Malabiod.....	104
71	Superficies des cultures irriguées/Bassin d'El Malabiod.....	104
72	Systèmes d'irrigation pratiqués/Bassin d'El Malabiod.....	105
73	Type d'infrastructures hydrauliques/Bassin d'El Malabiod.....	105
74	Potentialités en eau mobilisées en agriculture/Bassin d'El Malabiod.....	105
75	Évolution de la population et des besoins domestiques en eau/Bassin d'El Malabiod.....	106
76	Déficit agricole aux diverses stations de contrôle/Bassin d'El Malabiod.....	108
77	Extension des superficies irriguées (horizon 2 014)/Bassin d'El Malabiod.....	108
78	Cultures pratiquées en irrigué/Bassin d'El Malabiod.....	109
79	Équipement en systèmes d'irrigation des cultures/Bassin d'El Malabiod.....	109
80	Projection des terres irriguées et évolution des besoins en eau (horizon 2 034).....	109
81	Évolution des besoins en eau industrielle/Bassin d'El Malabiod	110
82	Besoins globaux en eau des diverses catégories d'usagers (horizon 2 040).....	111
83	Seuils d'indice de pénurie (<i>Falkenmark et Widstrand, 1 995</i>).....	116
84	Indice de pénurie d'eau/Bassin d'El Malabiod.....	116
85	Degré d'érosion et stabilité à l'érosion par zones homogènes/Bassin d'El Malabiod.....	123
86	Classification des communes par degré de désertification/Bassin d'El Malabiod.....	124
87	Répartition du programme d'action, par action et par commune/Bassin d'El Malabiod.....	124

Préambule

À chaque grande civilisation est associé un grand fleuve. *Le Tigre* et *l'Euphrate* pour la mésopotamie, le *Nil* pour *l'Égypte*... Cette ressource omniprésente sur le système solaire rare ou abondante, liquide ou solide. Ainsi la terre porte la vie parce qu'elle est recouverte d'eau. Nous en buvons, elle produit l'électricité, elle est indispensable pour nos cultures... pourtant nous gérons mal nos réserves en eau douce.

Aurons-nous assez d'eau pour couvrir les besoins de la terre entière? Le problème serait gravissime : trouver l'eau, la transporter, la conserver, l'économiser et la gérer sont les principaux enjeux. Hélas, 97% de l'eau terrestre est salée et une grande partie des 3% restants est emprisonnée dans les glaces.

La rareté de cet élément se fait sentir depuis très long temps, époque où la vie était dure, et la vigilance quant à sa pureté était un constant souci : des civilisations agricoles tels les sumériens, ont péri, à cause du dépôt de sels et autres poisons dans les sols lors de son évaporation....

Est-elle aujourd'hui insuffisante au point où elle ne pourra pas répondre à la hausse de la demande ; conséquence d'un développement et d'une démographie qui ne font qu'accentuer la pénurie dont souffre la moitié de la population mondiale, dans les pays pauvres surtout, et que les déséquilibres entre besoin en eau et disponibilité de la ressource pousseront peut être certains groupes à la violence, ce qui serait à l'origine de nombreux conflits ayant pour objet l'approvisionnement disputé en eau.

Dans les pays industrialisés, la mise à disposition, très récente, d'une eau abondante et pure, a autant changé la vie des citoyens et leurs règles d'hygiène. La menace peut, doit, sera palliée par les techniques de traitement de l'eau : mais il faudra dépenser plus ! Dessaler l'océan n'est pas au fait laborieux, techniquement parlant, mais en matière de moyens, c'est onéreux, ce qui impose une prise au sérieux du problème et l'intensification des recherches surtout de ressources moins complexes, privilégiant les volets - reconnaissance, exploitation, gestion, économie, consommation...-, ce qui devrait être la préoccupation de tout un chacun.

Il est alors évident, et sans nul doute que ce don du ciel a tout le temps conditionné le passé, le présent voire même le devenir des peuples. Et c'est pourquoi les acteurs, quels qu'ils soient, intensifient, et sans relâche, leurs efforts et déploient tous les moyens à la quête de nouvelles alternatives, pour mieux contrecarrer les retombés d'une quelconque utilisation du dit élément.

À l'heure contemporaine, la nouvelle orientation qu'on se propose et qui se qualifie de salvatrice, fait désormais l'unanimité dans le monde, dans une fin d'assurer une bonne gouvernance de l'eau ; c'est la gestion intégrée des ressources en eau par bassins versants (*GIRE*).

La dite approche se définit comme un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées afin de porter à son maximum, avec équité, le bien être économique et social qui en résulte sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux.

Le terme *GIRE* a vu le jour en raison des besoins critiques de gérer les ressources naturelles et humaines des pays aux prises avec des pénuries de cet élément vital, afin d'aménager et de protéger des sources d'approvisionnement en eau, et non pas seulement « gérer » l'eau.

Le bassin hydrographique est l'unité de planification qui est en général utilisée dans les activités de ce concept très large qu'est la (*GIRE*). Mais le processus peut être adapté à toute unité de planification géographique, notamment des paysages ou frontières écologiques.

L'Algérie n'a pas fait exception, et a adopté cette nouvelle politique, néanmoins, ça a pris des lenteurs qui n'ont profité à personne. Pourquoi ne pas y adhérer alors qu'elle s'est vue salubre, d'autant plus que nous sommes un pays où la dotation est en deçà des normes internationales ($1\ 000\text{m}^3/\text{hab}/\text{an}$), et par conséquent, une pénurie inéluctable d'eau nous menace, or que le Nord du pays, surtout, est relativement mieux arrosé.

La région d'El Malabiod tributaire de Tébessa, se trouve désormais dans une phase de « transition environnementale » concomitante à celle de sa « transition économique ». Les enjeux et défis qui se présentent à son territoire, de même que la nature et l'étendue des problèmes environnementaux rencontrés montrent clairement que la dégradation écologique, même si elle n'a pas atteint son paroxysme, risque de devenir irréversible, notamment en ce qui concerne le patrimoine naturel (dont une partie n'est pas renouvelable).

La fragilité de ce milieu, une fois délaissée, risque d'être à l'origine non seulement d'une compromission pluridisciplinaire de certains acquis, mais aussi de limiter les possibilités de gains de bien-être des générations futures.

Outre les problèmes de désertifications, on note les risques liés aux eaux de ruissellement sur un milieu à substrat et morphogénèse faibles ; ils provoquent d'importantes dégradations largement constatées.

Le bassin versant d'El Malabiod, tel que ses similaires, est affecté par une action conjuguée d'érosion hydrique et éolienne. La faible couverture végétale (d'une moyenne de 6%) indique une importante surface d'ablation.

Plus qu'un objectif, le développement durable dans la région est une nécessité impérieuse voir un défi dans ces espaces fragiles. Ce challenge peut être relevé pour peu que les questions relatives à la gestion des ressources en eau et la préservation de la biodiversité soient placées au premier plan des préoccupations de tous les partenaires et les acteurs de l'aménagement et du développement de ces espaces sensibles.

*Eau, tu n'as ni goût, ni couleur, ni arôme,
on ne peut te définir, on te goûte sans te connaître.
Tu n'es pas nécessaire à la vie, tu es la vie.*

Antoine de Saint EXUPÉRY

Chapitre I

Cadre général et milieu physique

CHAPITRE I

CADRE GÉNÉRAL ET MILIEU PHYSIQUE

I – Introduction

Le secteur que nous essayons de mettre à l'étude appartient au bassin versant de Oued K'soub, qui à son tour, est inclus dans le grand bassin versant de Chott Melhrir. Ce qui en fait une particularité, c'est que naturellement, il comporte trois entités distinctes et en similitude, aussi bien sur le plan topographique que géologique.

Ces dernières se présentent comme des dépressions cernées entre des chaînes de montagnes d'orientation Est-Ouest et Nord-Est – Sud-Ouest, d'altitudes oscillant de $1\ 200 \div 1\ 600m$. Pour des raisons qu'on a estimé commodes et pratiques, on s'est limité à concentrer notre intérêt à la seule première zone qu'est le bassin versant d'El Malabiod.

II – Situation géographique

El Malabiod est une circonscription administrative de Tébessa, dont elle est distante de $28,7km$. Elle est l'une des Dairates que compte la wilaya qui, elle-même, est située au Nord-Est algérien.

Selon le découpage administratif, ses confins sont:

- ✓ La Daïra d'Oum Ali, au Sud.
- ✓ La frontière algéro- tunisienne, à l'Est.
- ✓ La ville de Tébessa, au Nord.
- ✓ La Daïra de Chéria, à l'Ouest.

Le bassin d'El Malabiod, sujet de notre étude, appartient aux hautes plaines orientales de l'Atlas saharien. Il est par conséquent, l'un des constituants du grand bassin du Chott Melhrir. Ses limites naturelles sont :

- ✓ Au Nord, une ligne de crête regroupant les Djebels, Doukkane, El Khenga, Bouroumane...
- ✓ Au Sud, les monts de Boudjellal, El Guelia et Ed'Dalâa.
- ✓ Á l'Ouest, Guebel Er'Rouiss et Draâ Douamiss.
- ✓ Á l'Est, Djebel El Kechrid et Koudiet sidi Salah qui matérialise les confins du coté du territoire tunisien.

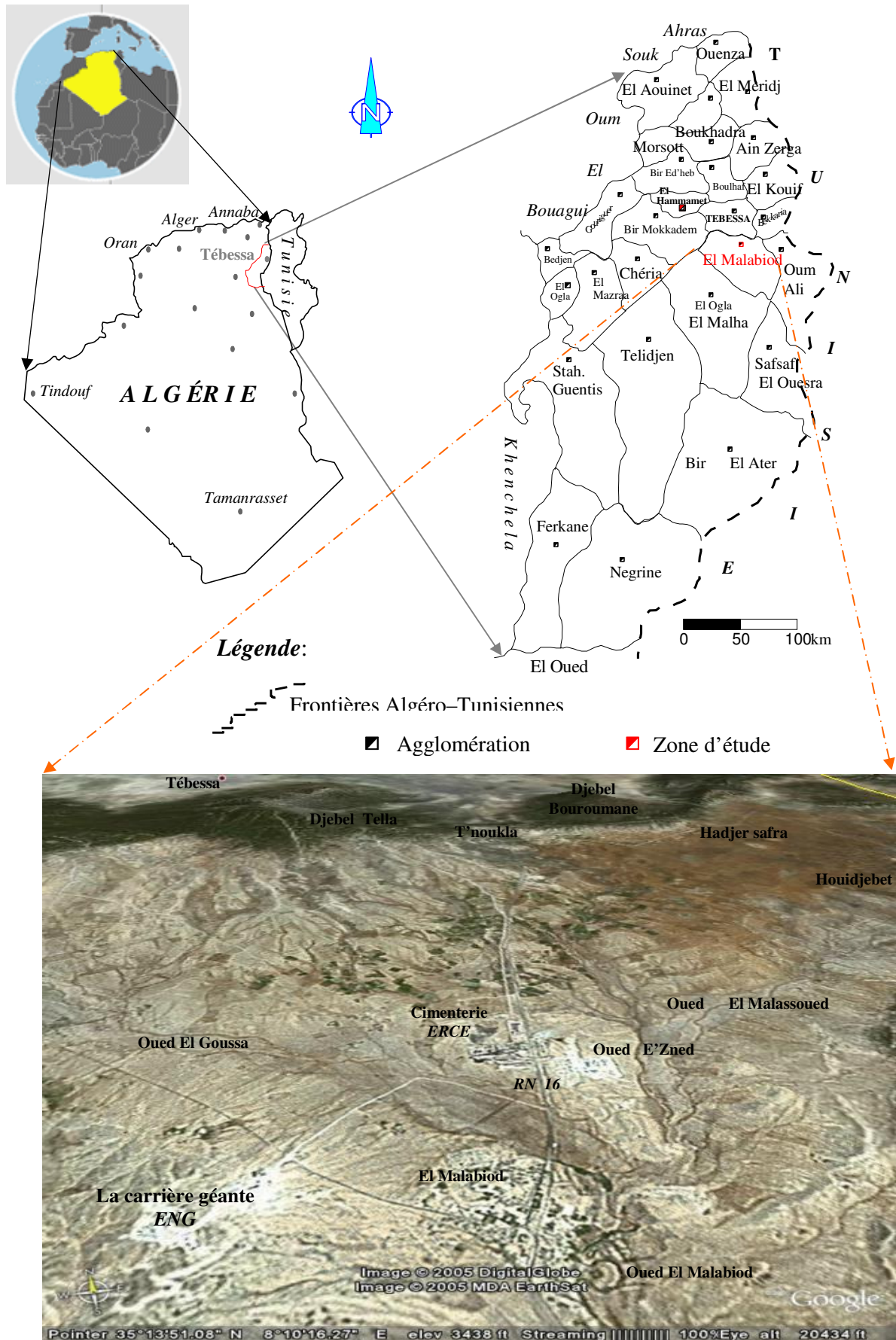


Fig. 1. Situation géographique et vue satellitaire du bassin d'El Malabiod.

III – Aperçu socio-économique de la région

III – 1- Population et démographie

Le problème de zonage, ne se pose heureusement pas pour le cas du bassin que constitue notre région ; du moment que les données nécessaires à l'étude démographique sont collectées d'une même circonscription.

Selon les opérations de recensement effectuées par les services de l'office national de statistique et ses collaborateurs, et arrêtées au 31-12-2008, seize mille cent soixante huit (16 168) habitants se répartissent sur les deux principaux pôles urbains en l'occurrence; El Malabiod et Houdjbet sinon sur quelques hameaux et regroupements irréguliers (zone éparsée). Ceci représente les 2,47% de la population totale de la wilaya.

Daïra	Commune	Population (hab) RGPH (1 998)	Population (hab) RGPH (2 008)	Densité Hab/Km ²
El Malabiod	El Malabiod	9 917	11 397	36
	Houdjbet	4 431	4 771	17
Total. Daïra		14 348	16 168	27

Tab. 1. Répartition de la population et densité par commune/Bassin d'El Malabiod. Source DPAT/Tébessa

III – 2- Tissu agricole

Depuis l'antiquité, la région était d'une grande importance pour les populations autochtones et un point d'attrait pour celles allochtones voire même conquérantes.

En effet, les vestiges archéologiques qui y ont été rencontrés sont le meilleur témoin des diverses conditions biogéographiques du milieu.

Ainsi, les sites néolithiques qui portaient le nom d'escargotières, et ce puisque, des tests d'escargots d'eau douce des lacs de l'époque capsienne, qui témoignent une prétention à paraître plus qu'il n'est, incitaient au développement de ces sites aux bordures de ces derniers.

Des sites romains d'envergure plus importante et plus récentes d'ailleurs, sont aussi à signaler, entre autres les vestiges d'anciennes huileries, notamment celle sise à *Berzguene*, qui laissent deviner la floraison de l'olivaie.

Ce ne sont pas les seuls indices révélateurs de la richesse de la région, puisqu' à un moment donné les romains, eux même, l'appelaient la région du blé.

Une politique planifiée, intuitive et objective pourra remettre en valeur ces sites, et dans une vision touristique, elles constitueront par conséquent, et sans contestation, avec un aménagement et une exploitation sensés de la forêt de *Tagga*, une source qui contribuera d'avantage au développement économique et social, longuement souhaités et attendus par les citoyens.

À l'époque contemporaine, la région était victime d'une négligence, quoi que non voulue, et de ce fait, l'activité des citoyens se limitait aux seuls disciplines d'agriculture traditionnelle (grandes cultures), et de pastoralisme. Elle a alors constitué jusqu'à ces dernières années, et continue à l'être, une zone de parcours et de transhumance des troupeaux de bétail.

L'adoption du programme du fond national du développement agricole (*FNDRA*) a, quand même était une bouffée d'oxygène, et a ravivé le secteur et permis de réintroduire d'autres pratiques culturelles, ce qui a permis la multiplication de la surface agricole, tels que l'arboriculture (surtout fruitière), la culture maraîchère, et d'élevage (aviculture, l'apiculture, la cuniculture...etc.).

III – 3- Contexte industriel

Le réveil, quant à l'activité industrielle, ne s'est fait sentir que très récemment, et ce n'est qu'au début des années 90, du siècle écoulé, que la région voit s'édifier sa première usine ; filiale société de ciment et dérivés de Tébessa (ciment *Portland*), suivie de la fabrique du verre (*ENAVA*) et ensuite l'entreprise nationale des tubes roulés et transformation des produits métalliques (*ANABIB*), qui sont un acquis et un moyen de développement.

Dénomination Unité	REG	Lieu	Capacité de production	PROD 2 008	EFF	Activités
Entreprise nationale de tubes et transform -ation de produits	Public	El Malabiod	9 310,9ML	6 265,1ML	219	Fabrication de tubes galvanisés: rond, carrés, et rectangle
Entreprise nationale des Granulats	Public	El Malabiod	781 000 T/an	647 295 T/an	68	Production : sable, gravier, ballast
Filiale société des ciments de Tébessa Cimenterie d'El Malabiod	Public	El Malabiod	610 010 T/an	610 023 T/an		Production de ciments gris CPG 45

Tab. 2. Unités industrielles publics/Bassin d'El Malabiod. Source DMI/Tébessa

Les amas d'Hématite, résultant de l'oxydation des carbonates (sidérose), au sommet de Djebissa et la mine de Plomb de Khanguet El Mouhad devraient être d'un apport irréfutable sur le même plan.

Activité Commune	Artisanat d'art traditionnel	Artisanat de production de biens	Artisanat de services	Total
El Malabiod	04	06	14	24
Houidjbet	01	01	05	07
Total. Daïra	05	07	19	31

Tab. 3. Répartition du secteur de l'artisanat/Bassin d'El Malabiod. Source DMI/Tébessa

En outre, et pour conserver le style traditionnel de la région, l'activité artisanal est présente par sa diversité et sa distinction, qu'elle soit de biens ou de service, comme le montre le tableau précédent (*Tab. 3*). Ajouter à cela la petite et moyenne entreprise qui contribuent au développement économique et participent d'avantage à créer de l'emploi et faire face au problème du chômage.

Données statistiques		Nombre de PME	Effectif
01	El Malabiod	29	390
02	Houidjbet	06	24
Total		35	414

Tab. 4. Répartition de la PME par commune/Bassin d'El Malabiod. Source DMI/Tébessa

III – 4- Habitat et urbanisme

Les contrastes physiques, les stratégies socio-économiques héritées ont concouru et influencé le mode d'occupation actuel du territoire ainsi que son aménagement. En effet, zone frontalière et de transit entre le Nord et le Sud, elle présente une différence dans son tissu. Peu peuplée, et économiquement moins développée, conséquence de nombreux facteurs ; la concentration des activités au chef lieu de la wilaya, ainsi que des atouts et potentialités dont elle réjouit.

Comme déjà signalé plus haut, seules les chefs lieu de communes à savoir, Houdjbet et El Malabiod, sont les points d'attrait des populations. Pour ce qui est de la répartition, le moindre qu'on puisse dire c'est qu'elle est anarchique et est surtout fonction des activités et occupations des citoyens.

Le système urbain de la région se distingue par la double spécificité du territoire qu'il domine. La première, liée au caractère steppique (plus de 75% de son extension), la seconde, quant à elle, aux attributs frontaliers. Le phénomène d'urbanisation dans les couloirs de la wilaya, principalement le long de l'axe Ouenza- El Aouinet- Tébessa- Bir El Ater n'est pas nouveau. Il a commencé avec l'implantation des premiers centres de colonisation : ancien centre colonial, carrefour de control frontalier

Commune	Population Résultats préliminaires (RGPH 2 008)	Parc Logement (RGPH 2 008)	T.O.L 2 008
El Malabiod	11 397	2 630	4,32
Houdjbet	4 771	1 248	3,50
Total Daïra	16 168	3 878	4,16

Tab. 5. Parc logement et taux d'occupation (31-12-2 008)/Bassin d'El Malabiod. Source DL/Tébessa

Depuis déjà les dernières décades, une expansion non négligeable est à signaler ; notamment avec l'adoption de nouvelles orientations et la traçabilité de programmes quinquennaux. La région a connu par conséquent une certaine affluence et s'est vue répandre son parc logement qui, malheureusement n'obéit pas totalement aux règles modernes de l'urbanisme ni au devenir de ce qu'on appelle villes futures.

Commune	Nom de l'agglomération	Type	Nombre de ménage	Taille
Houdjbet	Houdjbet	Agglomération chef lieu	319	5,9
	Bouchebka	Agglomération secondaire	123	5,9
	Zone éparse	Zone éparse	362	6,0
Total commune			804	5,9
El Malabiod	El Malabiod	Agglomération chef lieu	1 289	5,9
	Zone éparse	Zone éparse	614	6,1
Total commune			1 903	6,0
Total Daïra			2 707	6,0

Tab. 6. Répartition des ménages par commune et par taille au RGPH 2 008/Bassin d'El Malabiod. Source ONS

La prolifération urbaine se pose en termes de mitage dans la principale plaine irrigable marquant ainsi la pression exercée sur les espaces agricoles. La SAU irrigable par habitant est passée de 0,13 à 0,1ha/hab. Ce constat permet d'appréhender, sans risque de se tromper, l'acuité du problème.

III – 5- Organisation administrative

La wilaya de Tébessa compte vingt huit (28) municipalités regroupées dans douze (12) Daïrates dont El Malabiod qui elle, n'a de tutelle que sur le chef lieu et la commune de Houdjbet.

En similitude avec d'autres circonscriptions, El Malabiod est vue en tant que district pouvant être considéré comme ville régionale (mais de niveau II), et par conséquent un centre à promouvoir ; du fait qu'elle est prédisposée à assumer des fonctions de haute importance. En effet, elle se caractérise par un niveau hiérarchique plus conséquent que sa taille.

Commune	Commune	Daïras 1 985	Commune	Daïras 1 991	Commune	Aire km ²
El Malabiod	El Malabiod	/	El Malabiod	El Malabiod	El Malabiod	316
	Houdjbet		Houdjbet		Houdjbet	286
Daïra El Malabiod						602
Tab. 7. Évolution et organisation administratives/Bassin d'El Malabiod.						Source PAW

Cette situation est, en fait, déterminée par l'importance des conditions économiques qui l'entourent (industrie, RN, rail, proximité de chef lieu de wilaya...etc.).

IV – Le couvert végétal

IV – 1 - Introduction

Personne ne peut nier l'intérêt du tapis que constitue une quelconque végétation, quelque elle en soit la nature et surtout l'envergure. Sans aucun doute, ce dernier, outre le rôle protecteur qu'il assure, contre toute forme d'érosion qui guette le patrimoine, son impact est aussi irréfutable quant aux précipitations. En effet, la vitesse, le temps ainsi que les conséquences d'une crue ou d'un ruissellement sont inversement proportionnels à son degré de développement, son abondance et son taux d'occupation du sol.

À ne pas omettre bien sûr son influence sur la reprise des quantités d'eau ruisselées ou partiellement infiltrées ; par une action naturelle communément connue sous l'appellation (Transpiration) qui, conjuguée à celle physique (Évaporation), constituent un continuel souci (Évapotranspiration), même pour les spécialistes, vue les pertes en matière hydrique dont elles en sont responsables.

Dans la région d'El Malabiod, il est question bien sûr de terres agricoles (Domaniales, Ârch et privées), de terrains improductifs (surfaces en friches) et de forêt...etc.

IV – 2 - Le domaine forestier

IV – 2 – a- Les forêts

Les forêts dans la région sont marquées par des conditions naturelles difficiles et subissent un surpâturage lié au surnombre du troupeau de cheptel ovin et caprin. Elles présentent une proportion élevée de peuplements dégradés et ouverts dont le volume sur pied est généralement faible.

Elles constituent néanmoins un capital qu'il convient de protéger en le préservant des dégradations naturelles, humaine et animales. Ces dernières représentent l'un des grands pourcentages du patrimoine, respectivement 20,30% et 27,10% pour El Malabiod et Houdjbet.

Nom de foret	Aire (ha)	Essence principale	Equipements				Etat général	Localisation
			Piste (km)	T.TF (ha)	Point d'eau	Post vigie		
Nemamcha	7 927	Pin d'Alep Chêne vert	10	/	/	01	Vieille futaie état dégradé	El Malabiod Saf Saf El Ouesra, Bir El Ater
Ouled Sidi Abid	26 318	Pin d'Alep Genévrière	200	200	08	02	Vieille futaie dégradée	Bekkaria Houidjbet El Malabiod Bir El Ater
Total	34 245	/	210	200	08	03	/	/

Tab. 8. Caractéristiques et état des forêts/Bassin d'El Malabiod et confins. Source CF/Tébessa

L'association végétale dominante est du type « Pinus halepensis » ; Pin d'Alep. Quoi qu'elle soit en état alarmant, hormis les tentatives de reboisement avec la même espèce. Cette strate arborée est associée à un cortège floristique assez riche ; composé surtout de chêne vert, de genévrière oxycidae, de romarin, d'alfas, d'armoïse...etc.

Cette répartition avoisine un taux d'occupation de l'ordre de 23,59% pour l'ensemble du territoire. La variété des essences confère à la région une richesse naturelle et botanique particulière.

À ce couvert forestier s'ajoute une formation herbacée steppique qu'est du type pastoral ; l'Alfa, qui couvre une étendue considérable (12,69 % El Malabiod) et (20,59% Houidjbet), ce qui équivaut les 16,51% en total de la dite superficie.

Commune	Superficie Totale (ha)	Superficie Forestière (ha)	Taux de reboisement (%)
El Malabiod	39 400	8 000	20,30
Houidjbet	36 900	10 000	27,10
Total Daïra	76 300	18 000	23,59

Tab. 9. Répartition des superficies forestières et du taux de reboisement/Bassin d'El Malabiod. Source CF/Tébessa

IV – 2 - b- Les parcours

Ils se caractérisent par leur répartition désordonnée ainsi que par leur variabilité. En effet, la physionomie se compose de culture en friche/jachère, parsemée irrégulièrement de maquis et introduite par endroit, souvent d'Alfa.

Ces terrains représentent les 8,88%, en superficie, pour le chef lieu de Daïra et 6,77% pour Houidjbet. L'ensemble constitue un taux de 7,86% à l'échelle du bassin.

Commune	SAU (ha)	Forêts (ha)	Alfa (ha)	Parcours (ha)	Inculte + Improductive (ha)	Total (ha)
El Malabiod	14 500	8 000	5 000	3 500	8 400	39 400
Houidjbet	12 900	10 000	7 600	2 500	3 900	36 900
Total	27 400	18 000	12 600	6 000	12 300	76 300

Tab. 10. Répartition du couvert végétal par commune/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

IV – 2 - c- Les terres incultes et improductives

On désigne par cette appellation les terres en friche, urbanisées, rocheuses, lits d'oueds...etc. Elles couvrent 8 400ha et 3 900ha, successivement pour El Malabiod et Houdjbet, donc un total de 12 300ha et par conséquent un taux de 16,12% de la surface susmentionnée.

IV – 3- Le domaine agricole

Les terres agricoles dans le bassin d'El Malabiod se caractérisent par une répartition anarchique et ce, selon le caractère de leur appartenance, la culture de la population et la nature du climat. On distingue :

- La céréaliculture qui couvre 5,55% de la SAU pour El Malabiod et 8,37% pour Houdjbet, soit un total de 6,87%.
- La culture maraîchère occupe les 6,41% et 7,72%, successivement pour les deux chefs lieu de commune (El Malabiod et Houdjbet).
- La culture fourragère, quant à elle, se répand sur des superficies plus importantes ; 30,48% et 39,69% et donc un global de 34,81%.

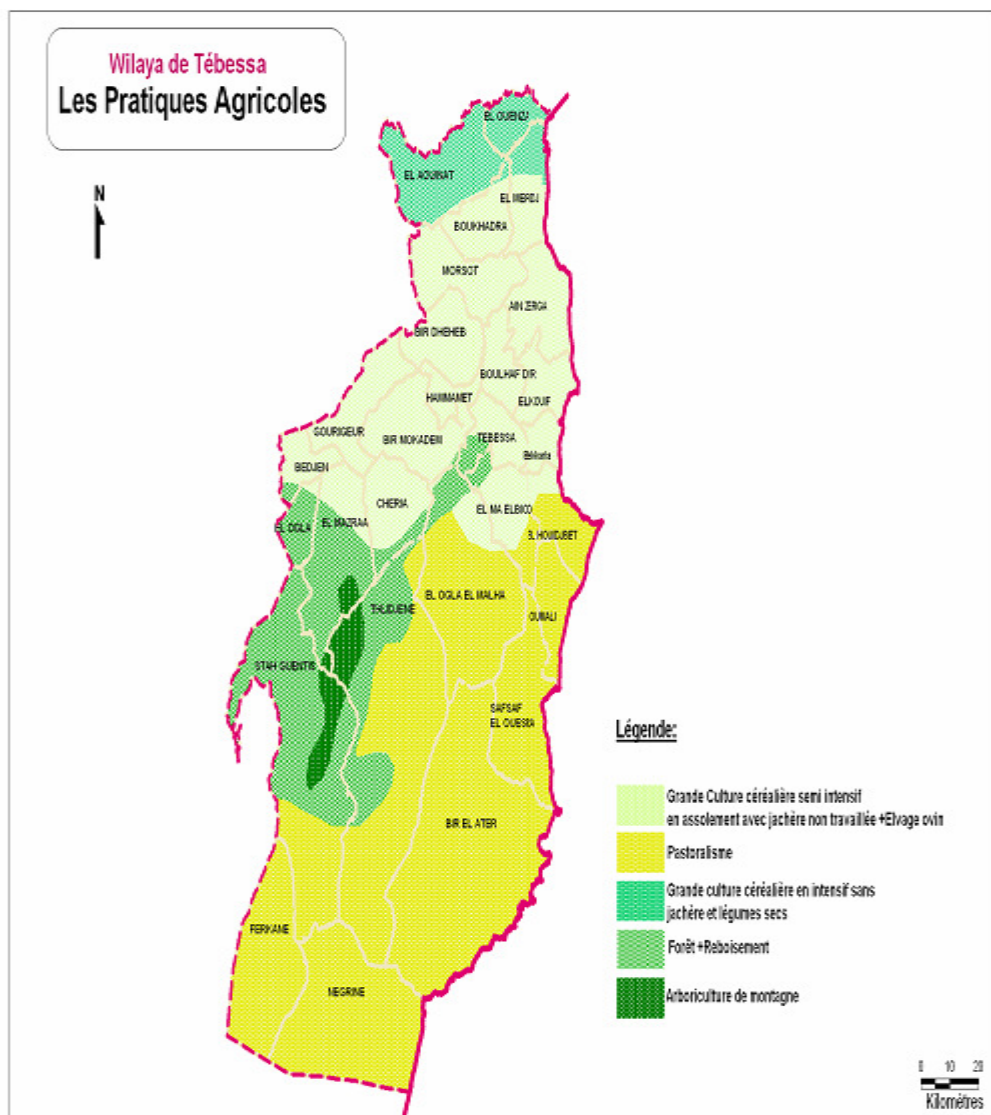


Fig. 2. Carte des pratiques culturelles.

Source PAW

D'autres spéculations commencent à se répandre, mais restent en deçà des moyennes souhaitées. On cite entre autres ; la culture de l'olivaie (olive de conserve, huile de table), arbres à noyaux et à pépins, le figuier...etc.

Commune	Céréales		Maraîchages		Fourrages	
	Superficie Ha	Production Qx	Superficie Ha	Production Qx	Superficie Ha	Production Qx
El Malabiod	805	7 550	930	184 435	4 420	9 500
Houidjbet	1 080	10 250	996	250 230	5 120	9 200
Total. Daïra	1 885	17 800	1 926	434 665	9 540	18 700

Tab. 11. Répartition des terres agricoles par spéculation/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

L'ensemble de ces activités se répartit sur une surface agricole utile (SAU) d'environ 27 400ha, dont 12 900 à Houidjbet et le reste sur le sol du chef lieu de Daïra.

V – La topographie

La région se distingue par une topographie variée ; en effet, une série de monts escarpés, dont l'altitude oscille de 1 432m (Djebel El Gauthra) à 1 556m (Djebel Anoual).

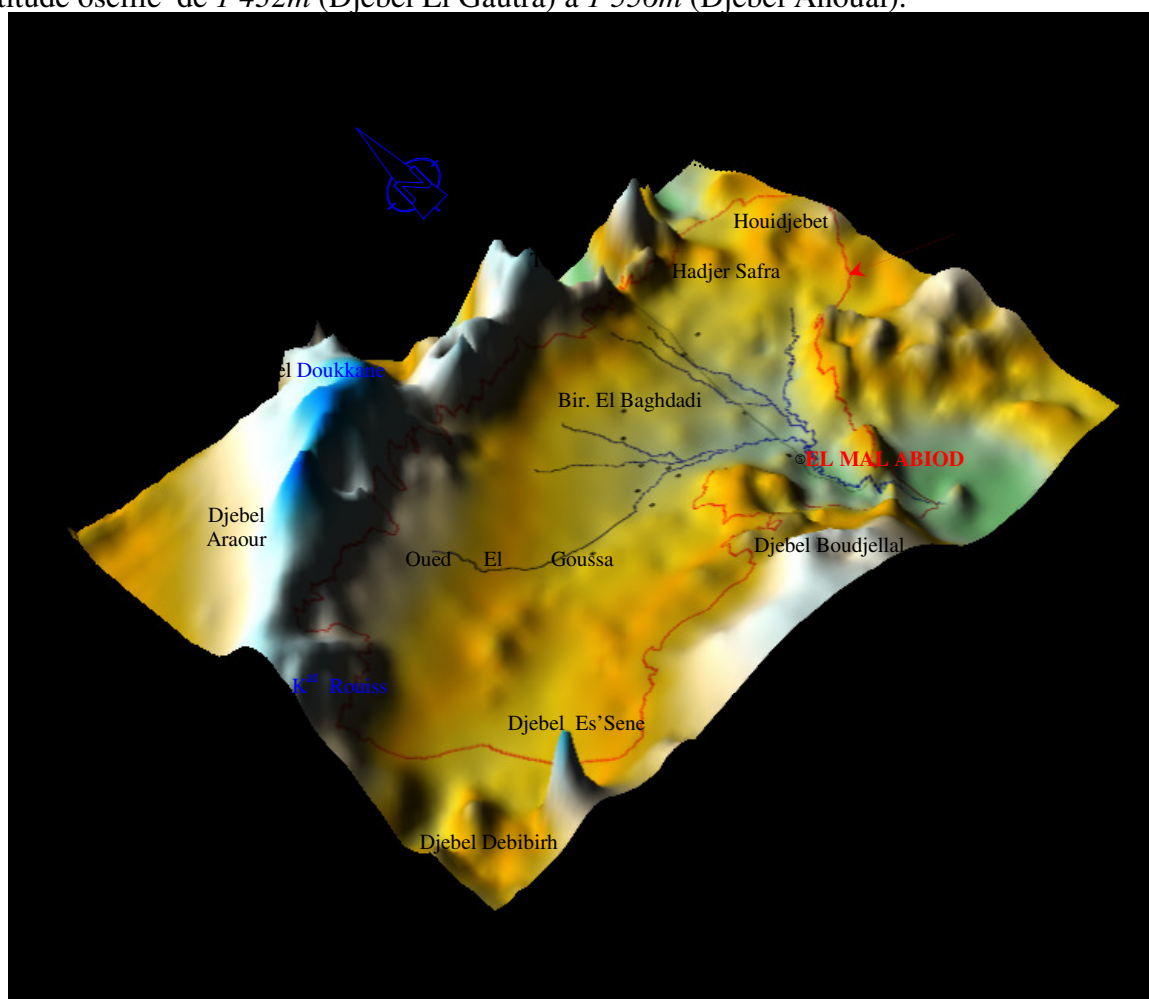


Fig. 3. Essai de représentation en 3D du bassin d'El Malabiod.

Le point culminant est de *1 712m* à Djebel Doukkane. Ce cadre montagneux cerne une plaine ayant une altitude moyenne de *1 020* à *1 200m* (Fig. 3), et occupant la partie centrale de la zone.

Elle présente l'allure d'une dépression épousant la forme d'une cuvette. Il a été signalé l'apparition de quelques coteaux remarquables, d'une hauteur relative de l'ordre de *10* à *20m* par rapport à celle de la plaine. Leur présence est imputée à une ascension probable des couches imperméables, et ce vers l'amont d'oued El Goussa, du côté sud, sur l'axe parallèle à la *RN 16*.

VI – Aperçu géomorphologique

L'apport des résultats de recherches géologiques ainsi que les études géomorphologiques est incontestable ; quant à son exploitation en hydrologie et surtout dans l'investigation des eaux souterraines, la connaissance des différentes formations qui peuvent se comporter comme aquifères, leur modes d'alimentation, et par conséquent la détermination de leur intérêt en la matière.

L'évolution morphologique se rapportant au dit secteur a conduit à un façonnement du relief, d'où diverses formes morphologiques typiques d'un terrain sédimentaire sont décelables dans le bassin d'El Malabiod, on cite entre autres :

VI – 1- Les plaines

Ce sont de vastes étendues planes intermontagneuses, leur envergure est d'une dizaine de kilomètres, alors que leur allongement prend une orientation Nord-est – Sud-Ouest ou encore, Nord-Sud. La dénivellation y est faible relativement, par rapport à l'ensemble du territoire, traduisant une topographie, localement, régulière, si ce n'est l'apparition de quelques roches résiduelles dispersées (d'environ *10m* de dénivellation).

VI – 2- Les collines

Ces formes se présentent, entre les formations du miocène, comme des îles, puisqu'il s'agissait initialement de horsts ou de restes de bassin versant ; ayant subi une activité tectonique très dense. Leur importance se fait beaucoup plus sentir dans l'éventuelle alimentation de l'aquifère du miocène.

Ainsi, et de par leur répartition et leurs caractéristiques hydrogéologiques, elles peuvent avoir une double fin ; indépendamment l'une de l'autre, dans notre terrain :

- ✓ Elle peuvent jouer le rôle de pièges d'eau souterrains ; une fois qu'elles sont constituées de formations imperméables (argiles, marnes, calcaires compacts ...etc.).
- ✓ Comme elles peuvent aussi se comporter comme une source d'alimentation secondaire de la nappe principale, dans le cas contraire, caractère qui peut leur être conféré par leurs aptitudes perméables, s'il pourrait s'agir de calcaires fissurés-karstifiés.

VI – 3- Le bassin versant

Les formations constituantes du bassin versant, entre autres les marnes, les marno-calcaire..., remontent à l'âge Crétacé ; elles sont très marquées par les divers mouvements tectoniques (failles, plissements...) dont la région était sujette. Elles représentent la base ancienne, sur laquelle viennent se déposer les matériaux du Miocène. L'intérêt hydrogéologique dont il pourrait être question, réside dans l'expansion du phénomène de karstification des calcaires d'entre ces derniers.

VI – 4- La dépression du Miocène

Ce sont surtout des grés, des sables et des argiles rouges, recouverts de colluvions et d'alluvions bordant les rivières, qui forment les matériaux du remplissage miocène. Connus par leur bonne perméabilité, ils forment ainsi une nappe dont l'intérêt ne cesse de se révéler.

Les nombreux puits et forages qui y sont implantés le témoignent, notamment par leurs débits.

VI – 5- Le confinement : bassin versant- cuvette du Miocène

Le contact entre les formations du Crétacé et celles qui lui sont confins ; du Miocène, est surtout matérialisé par des éboulis, qu'on trouve bien représentés au Nord. Ils constituent des points d'intérêt, et ce, grâce à leurs propriétés hydrodynamiques appréciables, et se comportent de ce fait comme opportunités d'infiltration, d'emmagasinement et d'alimentation.

VI – 6- Les lits des oueds

Les écoulements torrentiels et les crues sont à l'origine d'une érosion inquiétante, d'où résultent les formes des lits d'oueds. Ces derniers sont tributaires des précipitations irrégulières, et sont par conséquent asséchés. On y distingue les terrasses et les formations du Miocène supérieur.

VI – 7- Les alluvions du Quaternaires

Les formations alluvionnaires sont de faible puissance, donc aucune importance hydrogéologique ne leur est accordée, et il n'est pas aussi évident d'ailleurs, de différencier basse, moyenne et haute terrasse, l'une de l'autre.

VI – 8- Les sources

Le contact formations crétacé- remplissage miocène favorise l'apparition de sources dans le secteur, elles y sont pratiquement toutes localisées, quoi qu'actuellement, elles sont, malheureusement toutes tarées, exceptées celles localisées dans la commune de Houdjbet (Ain Taga et Ain Mansoura). Auparavant, elles contribuaient à la satisfaction des divers besoins des citoyens qui lui sont proches (abreuvement de cheptel, *AEP...*).

VI – 9- Les barrières rocheuses

Barrière du Nord ; constituée par des séries de massifs montagneuses imposantes, dans une direction Nord-Est – Sud-Ouest, sur presque *60km* sans discontinuités, dont les djebels Arrour, Doukkane (culminant à *1 712m*), Tella, Anoual et Bouroumane. Elle forme, comme signalée plus haut, une ligne de partage des eaux entre les deux grands bassins versants ; Mellègue et Melhrir.

Barrière du Sud ; en similitude avec la précédente ; sur le plan orientation et comportement hydrologique (ligne de partage des eaux), elle se voit jouer le rôle d'un cordon, du côté sud, par la série de monts de Fouwa, Botna et Saf Saf.

Les massifs montagneux de Boudjellal, El Outed et Ed'Dalaâ font partager le secteur en épousant l'allure d'une troisième cordelière, au milieu, culminant à *1 496m*. D'où la plaine de Boudjellal, au Sud et celle d'El Malabiod, au Nord.

VII – Étude physique du bassin versant

VII – 1- Caractéristiques de forme

VII – 1- a- La surface

Dans une fin de déterminer ses caractéristiques, il a été d'abord question de délimiter le bassin versant et de lui choisir un exutoire (Oued El Malabiod).

Sur une carte topographique, *1/ 200 000*, il a été procédé à la détermination de la surface ; qui peut être mesurée, soit par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, soit par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation. Le périmètre, quant à lui, est déterminé à l'aide d'un curvimètre.

Alors, sur un périmètre de l'ordre de $111,8\text{km}$, ce bassin couvre une superficie de 648 km^2 .

VII – 1- b- La forme du bassin

Cette caractéristique peut être exprimée par la détermination d'un paramètre communément appelé indice de compacité de *Gravlius* (K_c).

Sachant pertinemment que la forme du bassin a une influence certaine sur l'écoulement superficiel global, et surtout l'allure de l'hydrogramme d'une pluie quelconque. Plus cet indice est proche de l'unité, plus le bassin versant est de forme quasiment circulaire (ramassée), et par conséquent, le temps de concentration (t_c) des eaux de ruissellement sera court. Dans le cas contraire, un bassin de forme allongée ne réagira pas de la même manière.

Ce paramètre se définit comme le périmètre du bassin rapporté à celui d'un cercle ayant même surface, il peut être aisément calculé selon l'expression suivante :

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad \text{Donc} \quad K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Avec :}$$

A : aire du bassin (Km^2), P : son périmètre (Km)

$A N : P = 111,8\text{km}$ et $A = 648\text{km}^2$ d'où $K_c = 1,229$ on prendra $K_c = 1,23$.

La valeur ainsi obtenue ($K_c = 1,23$) traduit une forme allongée, du bassin étudié.

VII – 1- c- Les dimensions du rectangle équivalent

Le rectangle équivalent ou de *Gravelius*, notion introduite par L. Roche (1963), permet une facile comparaison entre bassins versants, pour ce qui est influence, surtout, de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

Par une transformation géométrique, le bassin réel devient rectangulaire. Dans cette dernière, on maintient périmètre, surface inchangés (et donc le même indice de compacité) et par conséquent la même répartition hypsométrique. Les courbes de niveau deviennent des parallèles aux petits côtés du rectangle.

Posons, L et l respectivement, la longueur et la largeur du rectangle équivalent ; son périmètre et son aire s'expriment respectivement par les relations ;

$$P = 2.(L + l) \quad \text{et} \quad A = L.l, \quad \text{L'indice de compacité étant} \quad K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}},$$

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1,12}{K_c} \right]^2} \right] \quad \text{si } K_c \geq 1,12$$

La combinaison de ces trois lois donne : $A N : L = 39,67\text{Km}$ et $l = 16,33\text{Km}$.

Ces deux valeurs confirment bien la forme, plutôt non ramassée, du bassin d'El Malabiod.

VII – 2- Le relief

Il est aisé de concevoir l'impact du relief sur l'écoulement, puisque, nombreux sont les paramètres hydrométéorologiques (précipitations, températures...etc.), qui varient avec l'altitude et la morphologie du bassin. La vitesse d'écoulement est, en outre, influencée par la pente. Le relief est souvent décrit, sur les cartes topographiques, par une représentation sous forme de courbes de niveau et se détermine lui aussi au moyen des caractéristiques suivantes :

VII – 2- 1 - La courbe hypsométrique

Elle fournit une vue de synthèse de la pente du bassin, donc du relief. C'est une représentation graphique de la répartition de la surface (ou le pourcentage de surface, en abscisse) du dit bassin en

fonction de son altitude (en ordonnée). Une telle analyse met donc en évidence le profil type du bassin et les pentes ; facteur déterminant de l'écoulement.

VII – 2- 1- a- Répartition des tranches d'altitudes et élaboration de la courbe

L'évaluation des surfaces par tranche d'altitude (planimètrage de l'aire comprise entre deux courbes maîtresses voisines) nous a permis de retenir les valeurs récapitulées dans le tableau ci-après (Tab. 12).

Tranche d'altitude (m)	Surface partielle S_i (km ²)	Surface partielle S_i / S_t (%)	Surface cumulée S_i (km ²)	Surface cumulée S_i / S_t (%)
1 650 ÷ 1 600	4,2	0,64	4,2	0,64
1 600 ÷ 1 550	4,4	0,67	8,6	1,31
1 550 ÷ 1500	8,7	1,34	17,3	2,65
1 500 ÷ 1 450	12,7	1,95	30,0	4,60
1 450 ÷ 1 400	9,8	1,51	39,8	6,11
1 400 ÷ 1 350	14,3	2,20	54,1	8,31
1 350 ÷ 1 300	40,7	6,28	94,8	14,59
1 300 ÷ 1 250	50,4	7,77	145,2	22,36
1 250 ÷ 1 200	53,4	8,24	198,6	30,60
1 200 ÷ 1 150	135,1	20,84	333,7	51,44
1 150 – 1 100	180,5	27,85	514,2	79,29
1 100 ÷ 1 050	113,3	17,48	627,5	96,77
1 050 ÷ 1 010	20,5	3,16	648.0	99,93
Total	648	99,93		

Tab. 12. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitudes/Bassin d'El Malabiod.

En fonction des données ainsi obtenues, le tracé de la courbe hypsométrique représentative sera aisé.

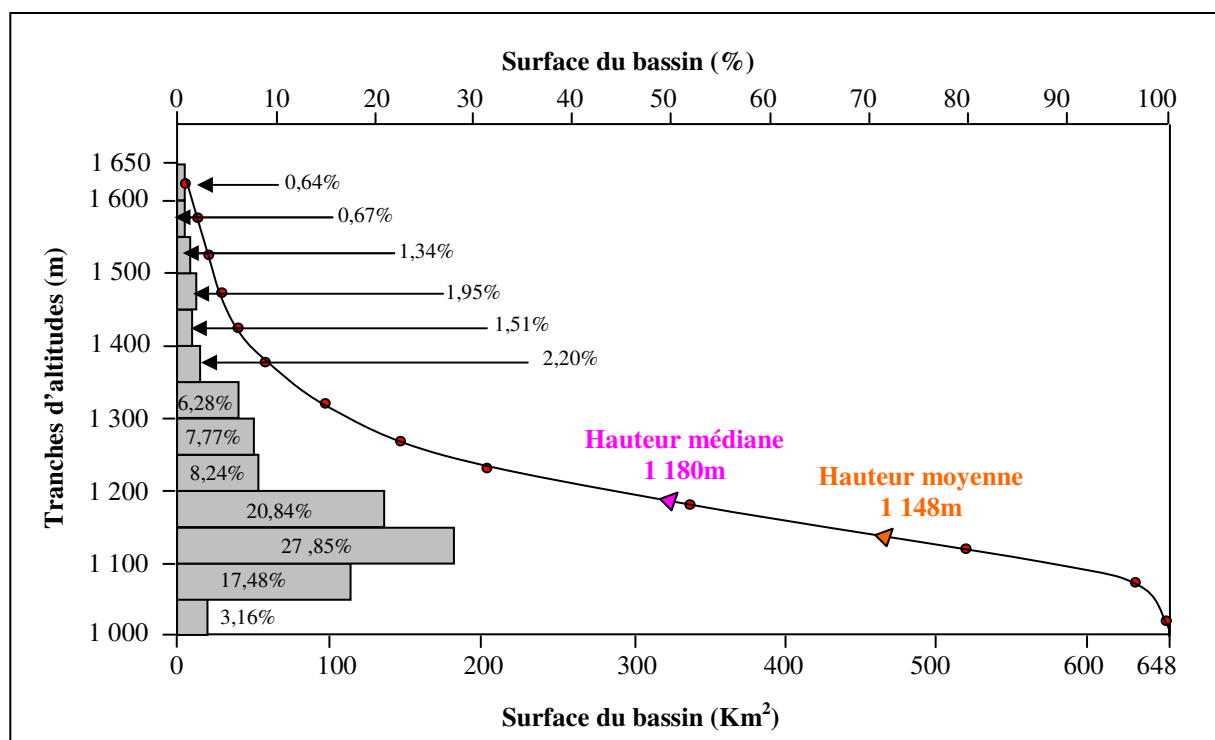


Fig. 4. Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques à travers le bassin d'El Malabiod.

L'examen de cette représentation graphique montre que l'aire comprise entre l'altitude 1 020 et 1 200m est une plaine qui constitue les 69,33% de la surface totale.

La tranche d'altitude allant de 1 200 à 1 500m, traduit les 26% en superficie, ce sont des montagnes qui cernent la plaine du Sud (Djebel Boudjellel, Djebel Es'Sen, Djebel Debibirh).

Les 5% restant c'est le secteur d'altitude dépassant les 1 500m, matérialisé par les monts qui bordent la plaine du côté nord (Djebel Anoual, Djebel Bouroumane, djebel Doukkane).

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour la comparaison de bassins versants entre eux ou des diverses sections d'un même bassin. Elles donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

VII – 2- 2- Les altitudes caractéristiques

VII – 2- 2- 1- Les altitudes maximale et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de la carte topographique. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que celle minimale, considère l'endroit le plus bas ; généralement à l'exutoire. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant, et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

Ces deux données varient, dans le bassin d'El Malabiod, de l'ordre de 1 650m (supérieure voire égale) à 1 020m (inférieure ou égale), d'où une différence, de l'ordre de 630m, entre le point culminant et l'exutoire.

VII – 2- 2- 2- L'altitude moyenne

Elle peut être déduite directement de la courbe hypsométrique (Fig. 4) ou, tout simplement, lue sur une carte topographique. On l'exprime par la relation suivante :

$$H_{moy} = \sum_1^n \frac{A_i h_i}{A} \equiv m \quad \text{Avec :}$$

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin (m), A_i : Aire comprise entre deux courbes de niveau (Km^2)

h_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m), A : Surface totale du bassin versant (Km^2)

$$A N : H_{moy} = 1 148m$$

Cette valeur renseigne sur l'importance de l'altitude, qui n'est pas pour autant négligeable, quoi que ça donne l'air d'apparaître modérée, par rapport à l'ensemble du bassin versant.

VII – 2- 2- 3- L'altitude médiane

Elle correspond à la valeur lue, au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin ($H_{50\%}$), sur la courbe hypsométrique. Si la dite courbe, du bassin en question, présente une pente régulière, cette grandeur sera semblable à la valeur de l'altitude moyenne.

Sur la courbe représentative du bassin d'El Malabiod, la valeur qui lui est correspondante est de l'ordre de $H_m = 1 180m$. Elle n'est pas loin, en effet, de l'altitude moyenne.

VII – 2- 3- Les pentes

De point de vue hydrologique, le rôle du relief est irréfutable, puisque l'un des éléments déterminants de la topographie, sont les pentes qui, en outre, renseignent sur le ruissellement. La caractérisation du relief peut être faite à l'aide, d'au moins, deux indices.

VII – 2- 3- a- La pente moyenne

Considérée comme une variable indépendante, elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct, et donc sur le temps de concentration (t_c), et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

Par le calcul de la moyenne pondérée des pentes, (Carlier et Leclerc 1964), de toutes les surfaces élémentaires délimitées entre deux altitudes données.

La relation suivante donne une valeur approchée de la caractéristique :

$$I_m = \frac{DL}{St} \equiv \% \quad \text{Avec :}$$

I_m : Pente moyenne (m/Km), L : Longueur totale des courbes de niveau (Km)

D : Équidistance entre deux courbes de niveau (m), St : surface du bassin versant (Km²)

Le développement de cette formule donne :

$$I_m = \frac{DL}{St} \text{ d'où } I_m = \frac{DL}{Ll} \text{ donc } I_m = \frac{D}{l}$$

Or $D = H_{5\%} - H_{95\%}$ et l = largeur du rectangle équivalent

$$AN: I_m = \frac{1460 - 1087}{16,33} \text{ d'où } I_m = 22,84\%$$

VII – 2- 3- b- Les Indices de pente

VII – 2- 3- b₁- L'indice global de pente (I_g)

Les points pris, sur la courbe hypsométrique, sont tels que l'aire, supérieure ou inférieure, soit égale à 5% de la surface totale. On en déduit les altitudes $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$, entre lesquelles s'inscrivent les 90% de la superficie du bassin, et la dénivelée utile (D).

Il est alors défini par l'expression de, la dénivelée utile (D) rapportée à la longueur du rectangle équivalent (L), et dont la relation s'écrit :

$$I_g = \frac{D}{L} m / km \quad \text{Avec :}$$

L : Longueur du rectangle équivalent (Km), D : Dénivelée utile (m), donnée par : $D = H_{5\%} - H_{95\%}$

AN : $H_{5\%} = 1460m$ et $H_{95\%} = 1087$ d'où $D = 373m$ et $L = 39,67Km$.

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{373}{39,67}, \text{ donc } I_g = 9,40m / km, \text{ autrement dit } I_g = 0,94\% .$$

Cette valeur permet de qualifier, le relief du bassin d'El Malabiod, d'assez faible ($I_g < 10$) et ce, selon la classification établie par les services de l'institut de recherches en développement (IRD), ex-office de recherches scientifiques et technologiques d'Outre Mer (ORSTOM).

Il est à noter que cet indice peut servir d'outil de comparaison entre bassins versants, et de moyen de leur classification, mais ne peut être significatif que s'il s'agit de ceux ayant des surfaces d'environ 25Km². Comme il présente, aussi, l'inconvénient de décroître, lorsque la surface augmente ; (lui est inversement proportionnel).

Il paraît, à cet effet, plus judicieux de faire appel à une grandeur qui l'exprime d'une manière plus manifeste :

VII – 2- 3- b₂- La dénivelée spécifique (D_s)

Elle présente l’avantage de dériver de l’expression de (l’indice global de pente) ou la pente globale (I_g) ; admis étant inversement proportionnelle à la racine carrée de la surface, corrigée bien sûr de l’effet de celle-ci.

$$D_s = I_g \sqrt{A} \quad \text{D'où } D_s = \frac{D}{L\sqrt{LI}} \quad \text{on obtient } D_s = D\sqrt{\frac{l}{L}} \equiv m$$

D’après cette expression, la dénivelée spécifique ne dépend que de l’hypsométrie ($D= H_{5\%} - H_{95\%}$) et de la forme du bassin (l/L) et donne ainsi lieu à une seconde classification (du même service *IRD*), mais indépendamment de la surface.

$$D_s = 373\sqrt{\frac{16.33}{39.67}} \quad \text{D'où } D_s = 239,31m.$$

Cette valeur permet de conférer au relief du bassin d’El Malabiod l’attribut de fort ($D_s > 105$). Celui-ci est en effet un élément conditionnant la réaction du bassin envers les pluies.

VII – 2- 3- c- L’indice de pente de Roche (I_p)

Il caractérise, au fait, la pente globale du bassin et s’exprime par la relation suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_1^n \sqrt{a_i d_i} \quad \text{Avec :}$$

L : Longueur de rectangle équivalent, a_i : Représente la fraction en % de l’aire comprise entre deux courbes de niveau voisines, distantes de $d_i \cdot \sqrt{a_i \cdot d_i}$

Tranche d’altitude H_i (m)	Surface partielle a_i (%)	Différence de côte d_i	$a_i \cdot d_i$	$\sqrt{a_i \cdot d_i}$
1 650 ÷ 1 600	0,64	50,0	32,0	5,65
1 600 ÷ 1 550	0,67	50,0	33,5	5,78
1 550 ÷ 1 500	1,34	50,0	67,0	8,18
1 500 ÷ 1 450	1,95	50,0	97,5	9,87
1 450 ÷ 1 400	1,51	50,0	75,5	8,68
1 400 ÷ 1 350	2,20	50,0	110,0	10,48
1 350 ÷ 1 300	6,28	50,0	314,0	17,72
1 300 ÷ 1 250	7,77	50,0	388,5	19,71
1 250 ÷ 1 200	8,24	50,0	412,0	20,29
1 200 ÷ 1 150	20,84	50,0	1042,0	32,28
1 150 ÷ 1 100	27,87	50,0	1393,5	37,33
1 100 ÷ 1 050	17,48	50,0	874,0	29,56
1 050 ÷ 1 010	3,16	40,0	1580,0	39,75
Total	99,95	/	6 419,5	245,28

Tab. 13. Indice de pente de Roche/Bassin d’El Malabiod.

$$AN : L = 39,67Km \quad \text{et} \quad \sum \sqrt{a_i d_i} = 245.28 \quad \text{D'où } I_p = 38,94.$$

La valeur de cet indice s’avère assez importante et laisse conclure l’importante discontinuité qui marque le relief du bassin.

VII – 3- Hydrographie

VII – 3- 1- Réseau hydrographique

C'est un ensemble de cours d'eau, naturels (ou artificiels), pérennes (ou temporaires), qui drainent les eaux de ruissellement ou de restitution des nappes ; sous formes de sources ou tout au long des lits d'oueds.

Il est différencié selon quatre facteurs principaux ; la géologie (sensibilité à l'érosion, présence de structures conditionnant le sens du courant...), le climat (réseau dense en région montagneuses et humides...), la pente du terrain (réseau en phase érosive ou sédimentaire...) et la présence humaine (modification du tracé originel du réseau par le drainage, l'endiguement, construction de barrages...).

Il est souvent caractérisé par sa hiérarchisation, son profil en long et son développement (nombre de cours d'eau et leurs longueurs).

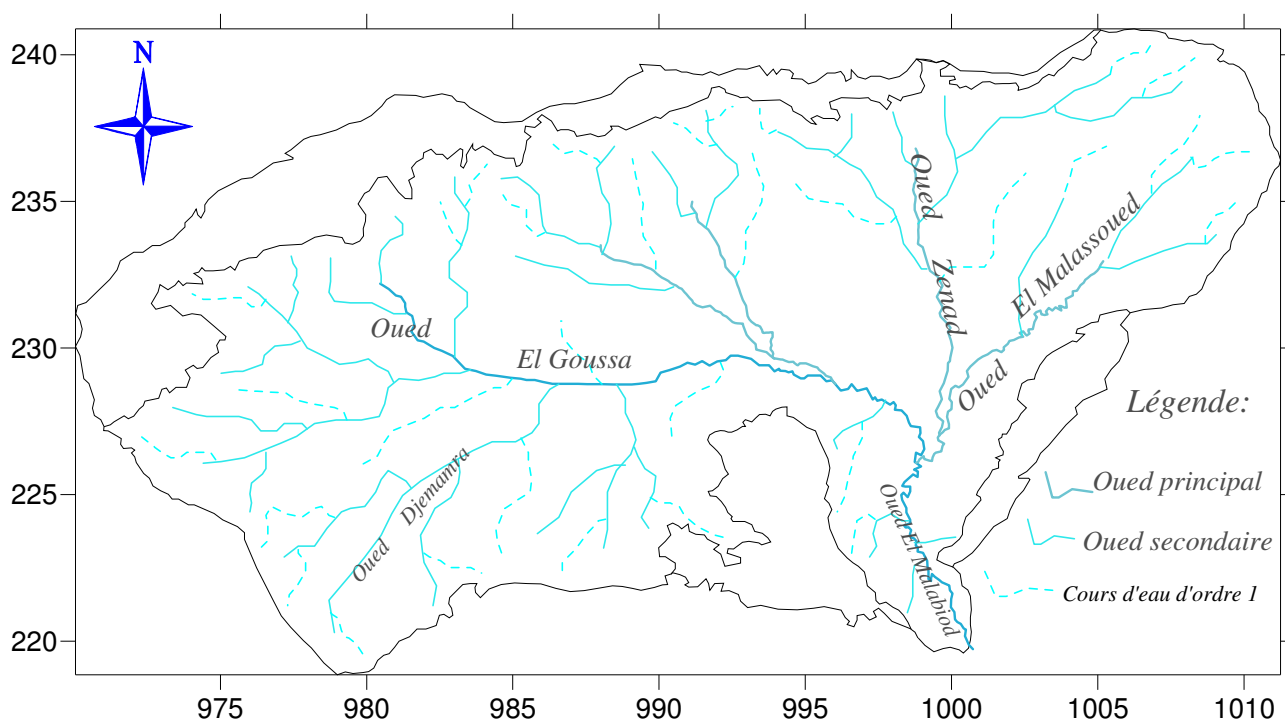


Fig. 5. Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Malabiod.

La projection, de ce qui a été avancé plus haut, sur le bassin étudié permet de dire que :

De par sa situation (région semi-aride), le nombre de cours d'eau y est limité, cela n'empêche que le réseau est quand même dense, marqué de nombreux ravins formants des affluents secondaires, sinueux, intermittents et à pentes raides. Les quelques Oueds importants qui collectent les eaux d'orages et les drainent à l'exutoire à savoir ;

- ✓ **Oued El Goussa**, qui prend son origine à l'Ouest et tend sa vallée selon une direction Ouest-Est sur une longueur d'environ 28,2Km. C'est le thalweg principal. Il draine cette partie avec comme affluent, Oued Es-Sagui et celui du Koriz, qui commence à couler après fonte des neiges sur Djebel Doukkane, néanmoins, il finira par se perdre un peu en aval, dans les alluvions quaternaires.

- ✓ **Oued El Malassoued** qui lui, trouve sa source au Nord-Est (Djebel Taga) et reçoit, après un parcours de 12Km, Oued Ez'Zenad et longe ensuite la plaine. Il est considéré comme le collecteur des eaux de ruissellement du Nord et du Nord-Est du secteur.
- ✓ **Oued Ez'Zned**, prend naissance au Nord, il reçoit l'Oued de T'noukla (issu de Kef T'noukla) et s'écoule, comme ses prédécesseurs, vers le Sud.
- ✓ **Oued El Malabiod**, la confluence de ces cours, donne naissance au conduit principal du bassin, un peu en amont de la ville d'où il tire l'appellation, Oued El Malabiod.

Il est à rappeler qu'un peu plus au Sud, l'Oued Berzguène et celui de Saf Saf, y prennent naissance. Ces derniers reçoivent à leur tour Oued Gh'routa, Guelb Es'sfa et El Ouesra, ce qui est à l'origine du cours qui draine les eaux vers chott Melrhir au Sud.

L'écoulement de l'entrelacement (du système) se fait du Nord au Sud, caractéristique typique des cours d'eau de l'Atlas saharien, néanmoins il n'est pas toujours continu.

Les crues ne font jamais référence à une saison quelconque (humide), mais sont fonction particulièrement des orages qui se manifestent à la fin du printemps et au début de l'automne.

VII – 3- 2- Le degré de développement du réseau

✓ La densité de drainage

Elle dépend de la géologie (structure et lithologie), des caractéristiques topographiques du bassin versant et, à un degré moindre, des conditions climatiques et anthropiques.

Physiquement, elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire (section du réseau).

Elle peut être exprimée par son expression inverse ; $C = 1/D_d$ (selon Schumm), appelée constante de stabilité du cours d'eau.

La densité de drainage, introduite par Horton, est définie par la longueur totale des cours d'eau rapportée à la surface du bassin. C'est un paramètre qui renseigne sur le degré de densité ou de lâcheté du chevelu hydrographique.

L'expression suivante aide à lui donner une grandeur :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \equiv km / km^2 \quad \text{Avec :}$$

D_d : Densité de drainage, L_i : Longueur de cours d'eau (Km), A : Aire du bassin (Km^2)
AN : $A = 648 Km^2$, $\sum L_i = 1 473 km$ D'où $D_d = 2,27 km/km^2$

L'absence de drains permanents constitue un handicap majeur néanmoins, le réseau hydrographique du bassin s'est comme même hiérarchisé et développé par rapport à une lithologie moins perméable. Cette densité est favorisée par une pente à degré variable.

VII – 3- 3- Le temps de concentration

C'est le temps que met une eau (ou une goutte d'eau), depuis l'élément (le point) hydrologiquement le plus éloigné en amont du bassin, pour parvenir à l'exutoire considéré.

Il est régi par de nombreux facteurs, dont l'intensité de pluie, la pente, la lithologie et le couvert végétal, qui peuvent agir ensemble ou séparément, pour entraver ou favoriser l'écoulement.

Ce paramètre peut être estimé par plusieurs formules, entre autres, celle de *Giandotti*, dont l'expression est la suivante :

$$t_c = \frac{4\sqrt{A + 1,5.L_p}}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \equiv h \quad \text{Avec :}$$

t_c : Temps de concentration (h), A : Surface du bassin (Km^2), H_{moy} : Altitude moyenne (m)
 L ou L_p : Longueur du thalweg principal (Km), H_{min} : Altitude minimale (m).
 AN : $t_c = 11,61h$. D'où $t_c = 11$ heures, 36 min et 36 secondes.

Le chevelu hydrographique est généré suite à l'interaction de tant de facteurs dont le climat, le relief, la lithologie..., malgré qu'il ne soit pas si dense ni le réseau, non plus, n'est pas ramifié, cette valeur paraît relativement élevée, vu la surface que constitue le bassin. Cela résulte probablement des caractères physiques de ce dernier.

Paramètre (symbole)	Unité	Formule / moyen de détermination	Résultat
Altitude maximale (H_{max})	m	Lue sur carte topographique	1 650
Altitude médiane (H_m ou $H_{50\%}$)	m	Déduite de la courbe hypsométrique	1 180
Altitude minimale (H_{min})	m	Lue sur carte topographique	1 020
Altitude moyenne (H_{moy})	m	$H_{moy} = \frac{\sum_1^n A_i h_i}{A} \equiv m$	1 148
Classe de relief (R)	m/km	Déduit de la D_s	Fort
Dénivelée spécifique (D_s)	m	$D_s = D \sqrt{\frac{l}{L}}$	239,31
Densité de drainage (D_d)	km/km^2	$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$	2,27
Indice de compacité (K_c)	/	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1,39
Indice de pente moyenne (I_m)	%	$I_m = \frac{D}{l}$	22,84
Indice de pente global (I_g)	m/km	$I_g = \frac{D}{L}$	9,40
Indice de pente de Roche (I_p)	%	$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_1^n \sqrt{a_i d_i}$	38,94
Largeur du rectangle équivalent (l)	km	$l = \frac{P - 2L}{2}$	16,33
Longueur du rectangle équivalent (L)	km	$L = \frac{P - 2l}{2}$	39,67
Périmètre (P)	km	Curvimétrée sur carte topographique	111,8
Surface (A ou St)	km^2	Planimétrée sur carte topographique	648,00
Temps de concentration (t_c)	h	$t_c = \frac{4\sqrt{A + 1,5LP}}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$	11h 36'

Tab. 14. Récapitulation des paramètres morphométriques/Bassin d'El Malabiod.

Conclusion

Le bassin objet de cette étude fait partie du grand bassin versant du Melhrir et donc des hautes plaines orientales de l'Atlas saharien.

Comptant une Daïra et deux communes, il s'étend sur une aire de 648km^2 , non surpeuplé ($27\text{hab}/\text{km}^2$). Connu par sa vocation agricole avec une SAU d'environ $27\,400\text{ha}$, mais l'épanouissement des autres activités commence à se faire sentir.

Le domaine forestier y occupe les 23,7%, l'Alfa et l'association végétale (Pin d'Alep, chêne vert, genévière) occupent les 23,59% et les parcours les 7,86%.

La topographie du bassin est variée, où une plaine, d'altitude moyenne oscillant entre 1 020 et 1 200m, est cernée par une série de monts qui atteignent les 1 400 voire les 1 600m d'altitude.

Selon l'indice de compacité ($k_c = 1,23$) et les dimensions du rectangle équivalent, le bassin d'El Malabiod a une forme allongée, le relief y est qualifié de fort ($D_s = 239,31\text{m}$).

Les montagnes se répartissent sur 26% de la superficie et la plaine sur 69,33%.

Toutes ces caractéristiques morphométriques influencent l'écoulement des eaux que l'impluvium est susceptible de recevoir, qui doivent mettre alors un temps de 11h et 36mn (temps de concentration) pour arriver à l'exutoire, avec une densité de drainage de $2,27\text{km}/\text{km}^2$.

Tout cela conjugué à la nature lithologique du terrain, rendent difficile le phénomène d'infiltration ; principale source d'alimentation des systèmes aquifères, et initient en contre partie une action érosive, ainsi qu'ils favorisent la perte d'énormes masses d'eau qui s'écoulent vers les entités naturelles limitrophes.

Chapitre II

Les caractéristiques géologiques dans le bassin d'El Malabiod

CHAPITRE II

LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DU BASSIN D'EL MALABIOD

I – Introduction

Située au Nord-Est du pays, aux confins algero-tunisiens et faisant partie de l'Atlas saharien, la zone soumise à l'étude est connue par son relief contrasté ; dont des plis d'axes Sud-Ouest – Nord-Est limitant, du Nord comme du Sud, une plaine à pente douce.

La limite nord que constitue l'axe Djebel Doukkane- Djebel Anoual- djebel Bouroumane..., se comporte comme ligne de partage des eaux entre le grand bassin de la Medjerdah ; à écoulement vers le Nord (vers la mer) et celui de Melhrir ; qui lui, draine au Sud.

Les monts sont, en grande partie, des massifs calcaires tandis que la couverture sédimentaire est composée de :

- ✓ Trias du type germanique en diapirs.
- ✓ Grés et Argiles bariolés de la base miocène.
- ✓ Dépôts, du type épicontinental avec variations de faciès et d'épaisseur, orientés selon une direction Sud-Ouest – Nord-Est (allant de l'Aptien au Mæstrichtien).

Les assises crétacées, ont été affectées à leur tour, par des plissements de direction similaire. Les deux phases tectoniques, dont les jeux ont affectés la région, sont à l'origine de la structure qu'elle a épousée.

II – Stratigraphie

La région d'El Malabiod, n'a pas au fait été sujette à beaucoup de travaux précis en la matière, cependant, on l'a incorporé dans un ensemble géologique mieux connu.

Dans une perspective structurale, il a été montré donc, via les études dont elle a fait l'objet, qu'elle se manifeste comme un bassin subsident, encadré au Nord par des massifs calcaires (Djebel Anoual, Djebel T'noukla, Djebel El Khorza...), à relief important, allongés selon une direction générale Ouest – Est.

La lithostratigraphie et la répartition de la série se décrivent comme suit:

- ✓ *TRIAS* ; plastique et diapirique
- ✓ *CRÉTACÉ* et *ÉOCÈNE* Néritique ; calcaireux et marneux
- ✓ *MIOCÈNE* Littoral, Deltaïque et continental d'un faciès sableux argileux
- ✓ *PLIO-QUATERNAIRE* Continental

La dite série s'est établie de sorte que, allant de l'ancien au récent, on rencontre :

II – 1- Le secondaire

II – 1- 1- Le Trias

Qualifié comme la plus ancienne formation dans la région, il est matérialisé par des calcaires dolomitiques et dolomies rouges et noires, des argiles rouges et vertes, des gypses gris et roses à quartz bipyramidés.

Son affleurement a été remarqué en de nombreux endroits, en époinçements diapiriques, tel qu'à Djebel Draâ M'taa El Malabiod (Djebel Dalaâ Er-Rouaïl) ainsi qu'au Nord-Est ; sur la majeure partie de Djebel Djebissa, où il a été d'ailleurs signalé l'existence de gisements métallifères entre autres ; Limonite, Hématite....

II – 1- 2 - Le Crétacé

II – 1- 2- 1- Le Crétacé inférieur

II – 1- 2- 1- a- L'Aptien

Rencontré à la partie nord de la région d'étude où il a été noté l'affleurement, au flanc Est de Djebel Bouroumane, d'un ensemble de calcaires dolomitiques durs et massifs, avec la présence locale d'Oolites ferrugineuses, d'Ammonites et de Foraminifères.

Au Nord et au Sud du dit anticlinal, la série s'étend de 7 à 175m, sur une épaisseur de 400m en moyenne. La partie inférieure est presque entièrement dolomitique. Il a été aussi signalé une abondance d'Orbitolines ainsi que la présence de quelques Rudistes dans les intercalations des calcaires rogneux. Des Echinides et quelques Lamellibranches se trouvent au sommet, dans des calcaires en petits bancs massifs.

Plus au Sud, à une profondeur de 2 040m, la série suscitée a une puissance de 850m (BDJ-2), tandis qu'au Sud-Est, elle est relativement faible ; 116m.

II – 1- 2- 1- a₁- L'Aptien inférieur

Son apparition était confirmée lors de l'exécution du forage pétrolier (BDJ-2), à Koudiet Adeïla, à la cote de 2 786m. Il se caractérise par des alternances de calcaires gris foncés, compacts, cryptocristallins, parfois argileux et des marnes gris foncées, compactes silteuses, finement pyriteuses, argiles grises à gris foncées, feuilletées, carbonatées.

II – 1- 2 – 1 – a₂- L'Aptien moyen

Le rapport du même forage (BDJ-2) confirme sa présence, à 2 531m, sous forme de calcaires gris clairs à brunâtres, durs, compacts, bioclastiques, pseudo Oolitiques légèrement dolomitiques avec fines passes d'argiles vertes et grises légèrement carbonatées, souvent feuilletées.

II – 1- 2 – 1 – a₃- L'Aptien supérieur

Il a été décrit comme des calcaires massifs gris ou roux, bien au Nord (à Djebel Bouroumane), avec quelques mètres, d'intercalations de marnes et de marno-calcaires. Il est marqué par une présence très fréquente d'Orbitolines. Il est signalé à 2 316m, au cours de la réalisation du forage (BDJ-2), au Sud. Il s'agit de calcaires gris clairs, gris foncés, Oolitiques, bioclastiques parfois cryptocristallins, rarement argileux avec intercalations d'argiles grises, noirâtres, indurées, feuilletées, rarement silteuses et pyriteuses.

II – 1- 2 – 1- b- Le Clansaysien C¹

Une série de bancs de calcaires massifs, gris à débris d'Huîtres ou d'Oolites avec des zones tendres, renfermant une faune du groupe Parahoplites sp, avec des cardiums indéterminés. Celle-ci prend place au versant Ouest de Djebel Bouroumane.

Les assises calcaires contiennent des Rudistes mais au sommet, les bancs deviennent Lumachelliques avec des intercalations gréseuses.

II – 1- 2 – 1- c- L'Albien inférieur C²

Au Nord de la région d'étude, à Djebel Doukkane et Bouroumane, il est plutôt question d'une alternance de bancs calcaires bruns, épais à Ostréa Latissima, avec un banc de calcaires à Rudistes. Au sommet, c'est surtout des marnes jaunes à Ammonites pyriteuses.

Tandis qu'au Sud, conformément aux données du forage pétrolier (BDJ-2), cette série est rencontrée à un enfoncement de 1 750m, il a été relevé la succession, qui décrite de bas en haut, fait révéler :

- ✓ Des calcaires Oolitiques gris clairs, blanchâtres, compacts, souvent crayeux bioclastiques ou graveleux, avec traces de Foraminifères et intercalation d'argiles grises.

Cote	Coupe	Description lithologique	Étage
138		Calcaire blanc, compact Biomcrite argileuse à faune pélagique	Maestrichtien, Campanien supérieur
		Marne gris verdâtre et argile brun rougeâtre Argile gris foncé, calcareuse avec de rares bancs calcaires gris clair Argile grise avec quelques bancs de calcaire gris clair fossilifères Calcaire gris compact, marneux à foraminifères Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun-rouge, souvent marneux	Campanien inférieur Emschérien
576		Calcaire gris clair, argileux, graveleux, partiellement lumachellic, compact avec fractures remplies de calcite, intercalation d'argile marneuse, gris foncé, trace de calcite et de pyrite Calcaire brun, multicolore, moyen dur, crayeux légèrement dolomitique, partiellement lumachellic bitumeux, trace de calcite blanche, translucide, avec bande d'argile verte, à gris verdâtre, glauconieuse	Turonien
917		Argile gris verdâtre, calcareuse, pyriteuse, fossilifère devenant marneuse à partir de 873m avec fines passées de calcaire gris blanchâtre, lumachellic Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux, pyriteux Alternance de calcaire blanc lithographique, cryptocristallin, crayeux moucheté, lumachellic d'argile gris à gris verdâtre, feuilletée marneuse Argile grise, gris verdâtre, feuilletée, calcareuse, finement pyriteuse, parfois légèrement glauconieuse et lumachellic avec intercalation de calcaire blanc, grisâtre lithographique, cryptocristallin, crayeux avec traces de calcite Alternance d'argile gris foncé, feuilletée, marneuse légèrement silteuse et de calcaire gris à gris clair, microcristallin, lumachellic Calcaire gris à gris clair induré cryptocristallin, parfois blanchâtre crayeux avec débris de fossiles, avec intercalation d'argile grise	Cénomaniens
1 010		Alternance de calcaires gris, gris foncés parfois noirâtres, argileux.	Albien supérieur
2 050		Alternance de calcaire gris clair, beige, crayeux cristallin.	
2 093		Dolomie blanche à gris brunâtre, microcristallin bitumineuse, compacte. Alternance de calcaire, gris clair blanchâtre souvent bioclastique. Calcaire gris clair blanchâtre, brunâtre, compact, souvent crayeux, rarement bioclastique ou graveleux, oolithique, traces de foraminifères. Calcaire gris clair, gris foncé, oolithique, bioclastique, parfois cryptocristallin. Calcaire gris clair, légèrement dolomitique avec fines passées d'argiles vertes. Alternance de marnes gris foncée compactes, argiles grises à gris foncé, feuilleté, carbonaté.	Albo-Aptien
2 058		Grès blanc à gris, fins à très fin, bien consolidé, quartzitique, ciment silico-dolomitique glauconieux avec passées d'argiles grise à gris noirâtre, compact, silteuse, carbonaté. Intercalations de grès quartzitique, de siltes, d'argiles dolomitiques et de dolomies.	Barrémien
3 560		Dolomies, grises, brunes et beiges, cryptocristallin à microcristalline, fines passées d'argiles grises et grises noirâtres. Dolomies moyennes à fantôme de débris. Alternance de dolomies oolithiques, de calcaires dolomitiques de grès quartzitiques et d'argiles dolomitiques silteuses à 3760m. dolomies fines à huitres.	Néocomien

Tab. 15 Permis DJEBEL DOUKKANE : FORAGE PÉTROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2]

Coordonnées

Géographiques	Lambert (km)	
X = 8°07'35" E	X = 993.533,5	
Y = 35°13'12" N	Y = 227.121,2	Z/sol = 1 120m

- ✓ Une alternance de calcaires gris clairs, blanchâtres, brunâtres souvent bioclastiques et rarement graveleux, argileux et d'argiles grises à gris foncées, noirâtres feuilletées.
- ✓ Des dolomies blanches à grises brunâtres, microcristallins compacts.

II – 1- 2 – 1- d- Le Vraconien – Albien supérieur C³

À Bouroumane, au Nord, un ensemble de calcaires et de marno-calcaires gris en plaquettes et en petits bancs, dont l'homogénéité est interrompue par de rares couches de marnes brunes.

En petits affleurements, il apparaît au contact du Trias de Draâ M'taa El Malabiod (Djebel Dalaâ Er'Rouaïl). Les empreintes d'Ammonites et de Bléménites font preuve de l'existence de la faune. Alors qu'à Adeïla, au sud, il a été noté, suite aux travaux du forage (BDJ-2), de bas en haut, l'ordre suivant, en alternance :

- ✓ Des calcaires gris-clairs, beiges, argileux avec des argiles grises à gris foncées, feuilletées, plus au moins dolomitiques, sur une grosseur de 116m.
- ✓ Des calcaires gris, gris foncés, argileux avec des marnes grises noirâtres, compactes, dures, silteuses, sur une puissance de 129m.

II – 1- 2- 2- Le Crétacé supérieur

II – 1- 2- 2– 1- Le Cénomanién

À la partie Sud-Est et à l'Est de Djebel Djebissa, en contact tectonique avec le Trias, il apparaît en affleurement assez large.

À Adeïla, où la série du Cénomanién est la plus complète selon le forage Boudjellal- 2, on observe de haut en bas :

- ✓ Sur une épaisseur de 72m, des argiles gris-verdâtres calcareuses, fossilifères qui deviennent marneuses, les tout deniers mètres (16m environ), avec fines passes de calcaires gris blanchâtres, lumachelliques.
- ✓ Des calcaires, d'une puissance de 39m, blancs à crèmes parfois gris cryptocristallins à crayeux.
- ✓ Des calcaires blancs lithographiques s'alternant, à environ 204,5m, avec des argiles grises à gris-verdâtres, feuilletées.
- ✓ Des argiles grises, gris-verdâtres avec des intercalations de calcaires blancs, crayeux, de l'ordre des 209,5m.
- ✓ Des alternances avoisinant les 73m de calcaires gris à gris clairs lumachelliques et d'argiles gris-foncées.
- ✓ Des calcaires gris à gris-clairs cryptocristallins, épaisses de 76m, avec intercalations d'argiles grises à gris-verdâtres feuilletées.
- ✓ Une alternance de 130m de calcaires gris-clairs et d'argiles grises à gris- verdâtres feuilletées.
- ✓ Des argiles grises à gris-foncées carbonatées, puissantes de 238m.

À Djebel Draâ M'taa El Malabiod, la série comprend des marnes et des Lumachelles d'Huîtres (G. Durozoy 1 949).

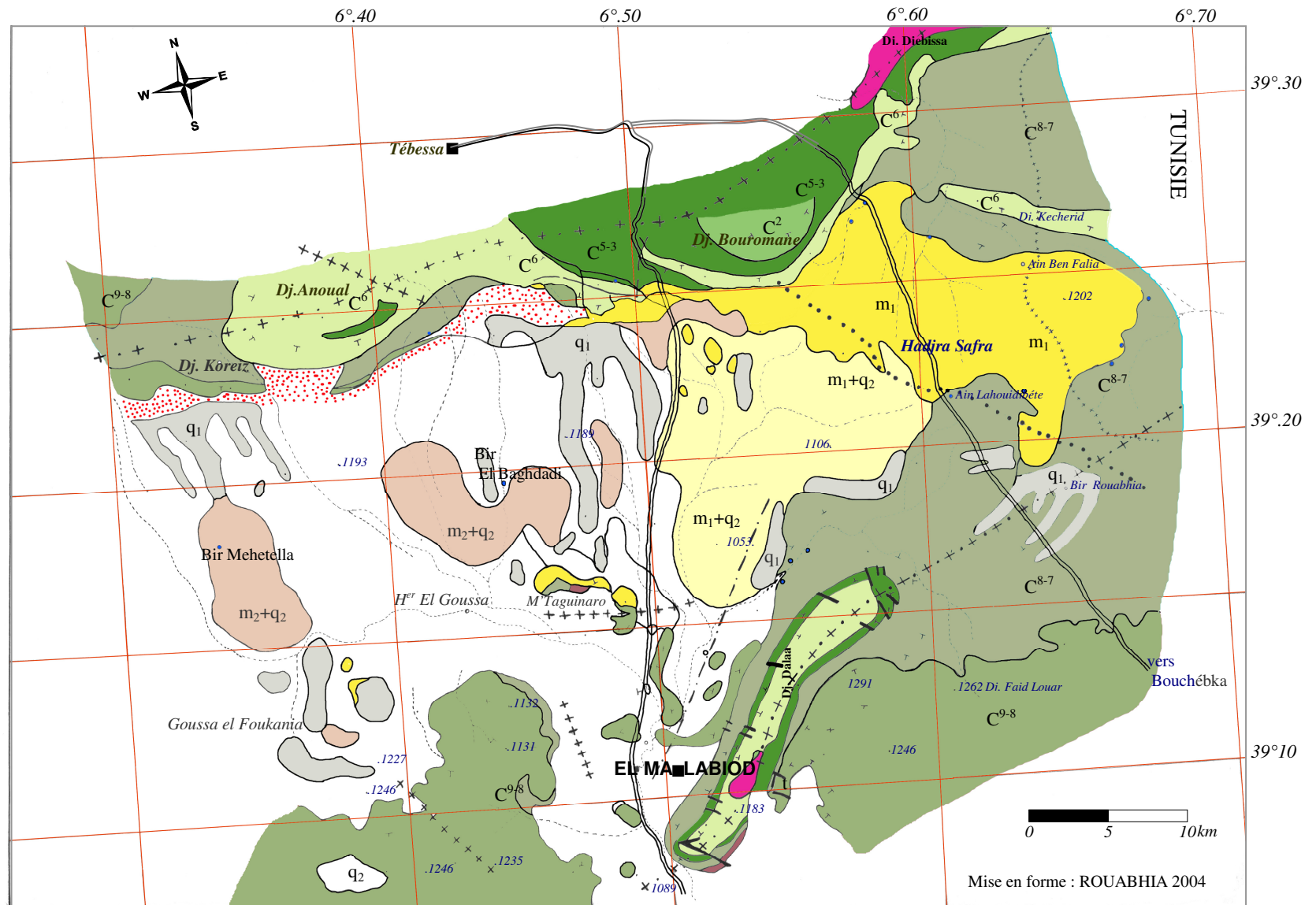
II – 1 – 2- 2 – 1 – a- Le Cénomanién inférieur (C^{4a})

De haut en bas, il apparaît sous forme d'une série de marnes jaunes à gypses avec quelques minces bancs de calcaires lumachelliques et de marnes noires épaisses.

II – 1- 2- 2 – 1 – b- Le Cénomanién moyen (C^{5a})

Il s'agit là aussi d'une série très épaisse de marnes grises azoïques avec quelques bancs lumachelliques à la base.

Fig...- Carte géologique provisoire : région d'El Malabiod d'après G. DUROZOY. 1948



Légende

- a** **b** : QUATERNAIRE [a - alluvions b- éboulis].
- q₁** : Quaternaire ancien (surface structurale et croûte calcaire).
- m₂+q₂** : VONDOBONIEN (Argile sous faible couverture alluviale, argiles rouges, argiles bariolées)
- m₁+q₂** **m₁** : BURDIGALIEN (Grès sous faible couverture alluviale, poudings siliceux, grès blancs, brun ferrugineux).
- C⁹⁻⁸** : MAESTRICHTIEN et CAMPANIEN Sup. (Calcaire blanc et marno-calcaire).
- C⁸⁻⁷** : CAMPANIEN INF. EMSCHERIEN (Marnes et intercalation de bancs calcaires).
- C⁶** : TURONIEN et CÉNOMANIEN (au Nord), TURONIEN (Calcaires et marnes) au Sud.
- C⁵⁻³** : CÉNOMANIEN (Marnes et bancs calcaires).
- C²** : ALBIEN Sup. (Calcaires schisteux, au contact du trias du Draa M'ta El Ma El Abiod).
- t** : TRIAS (Argiles à gypse, calcaires et cargneules)

Mise en forme : ROUABHIA 2004

II -1- 2- 2 – 1 – c- Le Cénomanién supérieur (C^{5b})

On parle ici de marnes jaunes avec quatre ou cinq bancs de calcaires durs intercalés. Il a été noté une abondance de faune, à l'image d'Ostrea, Exogyra et de Cardita.

II -1- 2 – 2- 2- Le Turonien (C^{6a}, C^{6b}, C^{6c})

Du côté de Djebel Boudjellal, il fait une puissance de l'ordre de 200m et se rencontre à 550m de profondeur. Il est décrit selon le sens ascendant comme, des marnes brunes, des calcaires noirs, des marnes grises, argiles blanchâtres, calcaires marneux roux, des calcaires gris et des calcaires crayeux blancs.

Cette série devient moins puissante (16m) au Sud-Est et se rencontre à 116m seulement, à djebel Ed'Dalaâ, ce sont des calcaires gris épais de 30m.

II -1- 2 – 2- 2- a- Le Turonien inférieur (C^{6a})

Il est question d'assises très constantes de marno-calcaires grises en petits bancs, de marnes et de marno-calcaires en plaquettes. Á la base, de petits Inocérames à test noirs, ont été fréquemment rencontrés.

II -1- 2 – 2- 2- b- Le Turonien moyen (C^{6b})

Il s'agit d'une assise massive de calcaires beiges ou roses et de dolomies ou de calcaires dolomitiques. Á la partie supérieure, on parle surtout de rognons de silex, tandis qu'à sa base, c'est des calcaires marneux.

Les Radiolaires, recueillis comme fossiles, témoignent que ces calcaires massifs ont un caractère récifal.

II -1- 2 – 2- 2- c- Le Turonien supérieur (C^{6c})

Á proximité du col de T'noukla, cet étage comprend, de haut en bas, des marnes noires gypsifères, des marno-calcaires, vers la base, un banc de calcaire à Lumachelles fossilifères. Au Sud, á Djebel Ed'Dalaâ, des calcaires des marnes et des bancs calcaires sont signalés.

II -1- 2- 2 – 3- L'Emscherien (C⁷) (Coniacien et Santonien)

C'est une série épaisse et monotone qui affleure largement à Djebel Doukkane ; au Nord Ouest (sur une puissance de 120 ÷ 500m), et à Djebel Ed'Dalaâ et qui est constituée de marnes noires ou vertes admettant à la partie supérieure des niveaux plus calcaireux, alors que la base est riche en fossiles.

Un peu plus au Sud, à T'noukla, au centre de la plaine (M'taguinaro), et au Sud-Sud-Oeust du chef lieu (à Adeïla), on note quelques affleurements mais de dimensions plus réduites.

Au Sud-Est l'épaisseur n'est que de 69m alors qu'à Boudjellal elle fait les 116m.

II -1- 2- 2 – 4- Le Campanien (C⁸)

On parle de calcaires marneux blancs, crayeux. La microfaune est bien campanienne. Les marno-calcaires, qui sont au fait très feuilletées, contiennent des empreintes de poissons.

II -1- 2- 2 – 5- Le Maestrichtien

Il apparaît au centre de la plaine, à M'taguinaro, aux confins de la ville ainsi qu'au Nord-Ouest, à Djebel Koreiz.

II -1- 2- 2 – 5 – a- Le Maestrichtien inférieur (C^{9a})

Constitué de marnes grises souvent masquées par des éboulis au pied des reliefs que forme l'assise précédente.

On note l'existence, à la base des marnes de, un et parfois deux gros bancs de calcaire.

II -1- 2- 2 – 5 – b- Le Maestrichtien moyen (C^{9b})

Il est formé, d'assises très constantes et homogènes dans toute la région, qui comprennent environ 80m de calcaires blancs, massifs, bien lités, à nombreuses empreintes d'Inocérames. Les masses calcaires sont détachées des grands reliefs.

Du côté de Adeïla, il a été remarqué, du calcaire blanc compact et de la biomicrite argileuse à faune pélagique, comme faciès.

II -2- Le Tertiaire

II -2- 1- Le Paléocène

II - 2- 1- 1- L'Éocène inférieur et le Crétacé supérieur

C'est une série puissante de 300m de marnes noires à jaunâtres, quelques fois gypseuses ou pyriteuses, à rares petits bancs marno-calcaires.

II - 2- 1- 2- Le Paléocène supérieur

Ce sont surtout des marnes et des calcaires marneux à silex renfermant plusieurs couches phosphatées. On note la présence de dents de Squale.

II - 2- 1- 3- L'Éocène inférieur et moyen

Décrits comme étant des calcaires massifs à silex en bancs épais (50 à 60m) renfermant de la micro-faune.

II -2- 2- Le Miocène

Le bassin d'El Malabiod est dominé dans sa quasi-totalité par les formations d'âge Miocène (*G. Durozoy*).

À l'Est de la route nationale (*RN16*), il a été constaté un large affleurement des formations d'âge Miocène moyen et inférieur, tandis qu'à l'Ouest, c'est le Miocène supérieur qui occupe le reste du terrain, sous faible couverture alluviale.

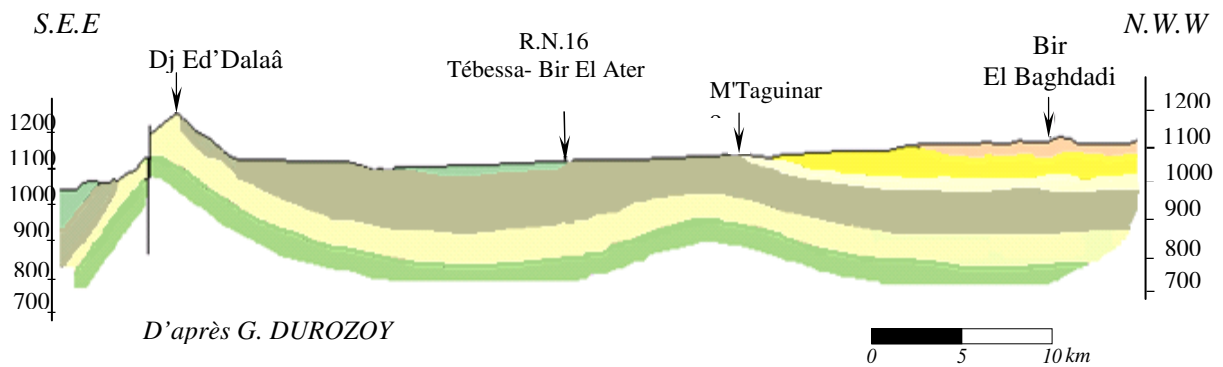
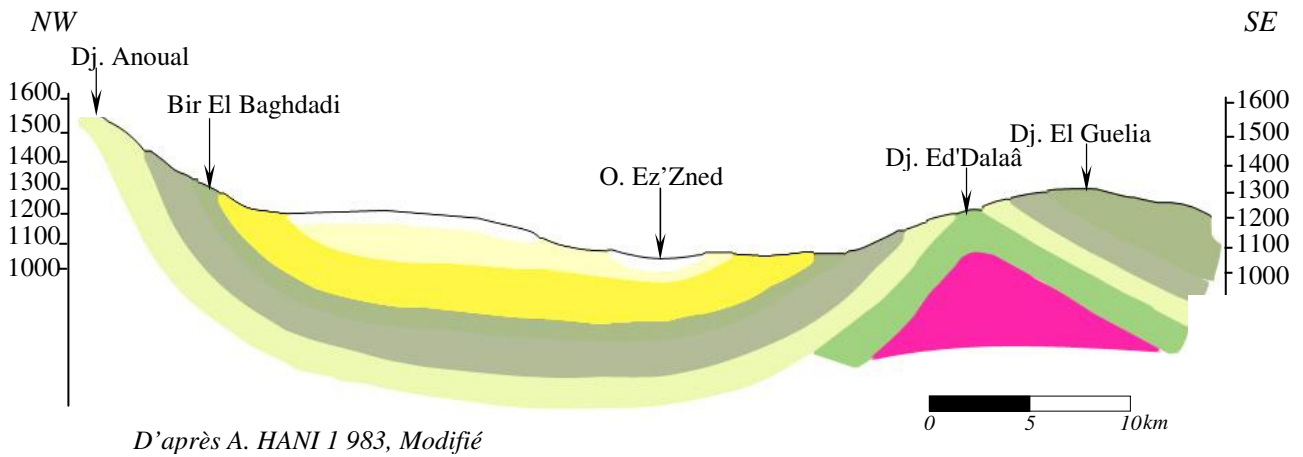
II -2- 2- 1- Le Miocène inférieur et moyen (Vindobonien et Burdigalien)

En se référant au rapport de J. L. Bles et J. J. Fleury (*1970*), il y a été noté qu'il s'agit d'une série qui débute par des conglomérats ; de l'Aquitano-Burdigalien (à l'Est d'El Kouif et à Houdjbet).

Ces derniers sont siliceux, extrêmement durs, à gros rognons de silex plus ou moins arrondis. Outre les conglomérats, on note l'existence de petits cailloux très arrondis, siliceux, blancs en générale.

G. Durozoy (1949), dans son rapport lui aussi, confirme le large affleurement des dits conglomérats, dont il dit qu'ils deviennent masqués, au centre de la plaine, par le Quaternaire. Au centre (Oglat chaâcha), les éléments siliceux de la roche ont une taille plus réduite.

À l'Est et au Sud de M'taguinaro, les conglomérats en question, renferment des silex de taille plus importante.



- m₂+q₂ : **VONDOBONIEN** (Argiles sous faible couverture alluviale, Argiles rouges, Argiles bariolées)
- m₁+q₂ m₁ : **BURDIGALIEN** (Grès sous faible couverture alluviale, Poudings siliceux, Grés blancs, brun ferrugineux).
- C⁹⁻⁸ : **MAESTRICHTIEN - CAMPANIEN SUPÉRIEUR.** (Calcaires blancs et Marno-calcaires blanc à Inocérames).
- C⁸⁻⁷ : **CAMPANIEN INFÉRIEUR - EMSCHERIEN** (Marnes et intercalation de bancs calcaires à Lumachelles).
- C⁶ : **TURONIEN** (Calcaires, Marnes et bancs calcaires).
- C⁵⁻³ : **CÉNOMANIEN** (Marnes et bancs calcaires à Lumachelles).
- t : **TRIAS** (Argiles à Gypse, Calcaires et Cargneules).

Fig. 7. Coupes géologiques à travers le bassin d'El Malabiod.

II -2- 2- Le Miocène supérieur (Pontien)

Les formations datant de cet étage ont été signalées du côté de T'noukla, ce sont beaucoup plus des sables fins à grossiers et des grés directement en transgression sur les calcaires Maestrichtiens ou les marnes Emschériennes ainsi que des marnes rouges continentales, quelquefois bariolées. Leur épaisseur atteint, parfois même, les *120m*.

II -2- 3- Le Pliocène

On note l'existence d'argiles rouges conglomératiques compactes et de sables quartzeux, et ce dans la partie Est de la plaine (Bekkaria). Elles contiennent du bois fossile, peu silicifié, dans la région de Djebel Senoubra.

III – Le Quaternaire

La plaine d'El Malabiod est presque recouverte, dans sa quasi-totalité, de formations quaternaires, dont l'épaisseur est inférieure à *30m*.

Le quaternaire ancien (conglomérats, croûte calcaire) matérialisé par de longues terrasses alluvionnaires subhorizontales, qui se raccordent le plus souvent aux éboulis de piémonts des massifs calcaires et sont recouverts d'une épaisse couche calcaire.

Le récent, quant à lui, est représenté par les sédiments de surface (alluvions, limons, cailloutis, éboulis, sables et silts). Il est observé dans les vallées des Oueds (près de Henchir El Goussa), ainsi qu'au Sud de Bordj El Malabiod.

Il est à noter que la distinction, n'est pas aussi évidente à faire, entre les alluvions récentes et les marnes abondent ou les grés burdigaliens recouverts d'une mince couche alluviale, ou simplement remaniés en surface par l'action de l'érosion.

Les plaines sont essentiellement recouvertes de formations caillouteuses, dans l'ensemble, des matériaux épais de dimensions éphémères de nature surtout calcaire. À l'Est se répandent les sables tandis qu'à l'Ouest, règne un matériel marneux.

III -1- Les Conglomérats

On parle surtout des conglomérats issus de la cimentation d'anciens éboulis ou matériaux d'épandages divers. Une série, dont l'épaisseur est variable mais relativement faible, s'est faite révélée, via le forage *M₆* (*X= 999,100 - Y= 228,175*), au Nord du chef lieu d'El Malabiod.

C'est une alternance de graviers calcaires, de gros galets à la base ou de sables grossiers et de galets calcaires, dont la disparition se fait sentir tout à fait vers l'Est.

III -2- La croûte calcaire

Cette croûte, qui se développe plus particulièrement au Nord du bassin, est d'épaisseur variable et de couleur blanchâtre. Elle est constituée d'éléments fins.

À l'Ouest de Oglat Chaâchaa, au niveau du ravin, elle repose directement sur les sables miocènes. Son épaisseur est d'environ *30m*, contenant des rognons de silex et des coquilles d'escargots bien conservées.

À l'Ouest de la *RN 16*, elle est développée surtout sur les alluvions caillouteuses. Cette croûte calcaire n'est en fait qu'un dépôt superficiel du à l'évaporation d'eau chargée de calcaire.

III -3- Les dépôts de sources

Au niveau de la source de T'noukla qui malheureusement, s'est tarie, des tufs et des travertins ont été rencontrés ; ils sont probablement le fait de dépôts de carbonates de chaux.

Les tufs ont été signalés aussi lors de la réalisation du sondage S_1 ($X= 988.350 - Y= 230.750$), mais seulement à une épaisseur de $4,5m$.

III –4- La nappe des cailloux

Ce sont des matériaux de faibles dimensions, du côté du relief et des coteaux. Ils deviennent remarquablement épais, surtout à l'Ouest de la *RN 16*, là où la nappe couvre un vaste domaine, mais ne constituent au fait aucune accumulation notable.

III –5- Les dépôts actuels

Les couches limoneuses sont considérées comme le dépôt le plus actuel. Elle recouvre la majeure partie du bas fond de la cuvette et se chargent ainsi de plus en plus en sel ; qui devient perceptible au niveau des petits marais temporaires du côté de Oglat Chaâchaa, ou encore en saison estivale. Le sel atteint la surface même, en formant des cristaux.

IV – Tectonique de la région

IV - 1– Style tectonique

Deux directions structurales dominantes, Sud-Ouest Nord-Est et Est-Ouest, sont reconnues dans la région. Elles se manifestent dans les accidents tectoniques, tels que les plissements, les flexures, l'allongement des bassins et les cassures. Elles sont perceptibles dans la morphologie topographique et partiellement dans l'hydrographie.

Les plis sont du type isopaques ; leur provenance est alors du niveau structural moyen. Ils sont souvent serrés, dressés en plans verticaux. Ils sont typiques des structures reconnues généralement dans l'Atlas saharien

Ce genre de plissements traduit un fort raccourcissement de la couverture sédimentaire, épargnant, par contre, le socle qui, d'autant plus, était plus rigide. Ce qui est avancé précédemment, laisse supposer plutôt une tectonique de couverture.

IV – 2- Phases tectoniques

Une succession de mouvements compressifs et distensifs et bien d'autres, représente la structure tectonique de la région, qui a dû être édifiée suite à la manifestation de deux phases orogéniques.

L'impulsion distensive du Crétacé- Éocène a favorisé la formation d'un milieu subsident, où les dépôts néritiques ont pris place. Alors que celui compressif, de l'Éocène terminal (phase finilutétienne et priabonienne), d'une contrainte maximale orientée Nord-Ouest Sud-Est, est responsable des plissements de couverture de direction Sud-Ouest Nord-Est, et appartenant à la phase atlasique.

La faille de T'noukla et celles d'orientation Sud-Est Nord-Ouest ; orthogonales à ces plissements, remontent à cette époque.

La distension miocène a eu lieu après la dénudation oligocène, elle est à l'origine de la formation du bassin subsident d'El Malabiod. La phase accroissante de la subsidence miocène a généré une ingression marine au Langhien-Serravalien suivie d'une sédimentation deltaïque. Celle décroissante, quant à elle, a manifesté par un ralentissement de la subsidence, jusqu'à son arrêt total, et l'apparition de la croûte ferrugineuse à la fin du Langhien-Serravalien.

La réactivation de la phase distensive a provoqué l'apparition de nouveaux bassins subsidents, à l'Ouest de Hadjer Sefra, comblés par une sédimentation tortonienne présumable.

Dans les limites de la feuille de Tébessa (*G. Durozoy. 1 956*), la phase fini-lutétienne se manifeste par une structure synclinale (Djebel Dyr-Gastel-Kef Rebiga), suivi vers le Sud-Est par l'anticlinal de la forêt Rbaia-Gouraya et le synclinal d'El Kouif, qui sont mieux visibles sur la feuille de Morsott (*J. L. Bles, J. F. Fleury. 1 970*).

La phase tectonique du Pliocène inférieur (*Philp et al. 1 986*), correspond dans la région à la tectonique tellienne attardée (au Nord de Souk Ahras), elle est à l'origine des plis d'orientation Ouest-Est, et est plus développée à Tébessa (*G. Durozoy. 1 956*), (*A. Zerdazi. 1 990*).

Elle a transformé les directions atlasiques, en créant de nouvelles structures, entre autres, le synclinal de Draâ Es Snouber l'anticlinal de Djebel Tebega, et ceux de Djebel Kechrid, Djebel Sif-Bouroumane, Djebel Khorza, Djebel Anoual, qui ont conservé certaines directions structurales de la phase atlasique.

Visible dans la structure compliquée de Djebel Bouroumane, elle est considérée comme flexure (*J. M. Vila. 1 996*), alors que d'autres la prennent pour une structure polyphasée (*W. M. Kowalski et al. 1 996*).

Le plissement du Pliocène inférieur de Djebel Kechrid a facilité l'apparition des séries basales du Miocène aux limites du bassin d'El Malabiod, près de Mechta Ben Falia et Aioun El Ksob.

Le stade distensif de cette phase a provoqué l'effondrement, partiel de l'anticlinal de Djebel Kechrid, et total du fossé de Foussana, qui était probablement contemporain à celui du fossé de Morsott et précédait l'enfoncement du fossé de Tébessa.

La phase distensive du Pliocène a favorisé le diapirisme à Djebel Djebissa. L'action du Trias était déjà ressentie à l'Albo-Aptien, par la diminution locale de l'épaisseur des séries albo-aptiennes, qui sont venues se déposer sur le Trias sans percement diapirique aucun.

L'affaiblissement des poussées diapiriques a généré une sédimentation marneuse au Cénomaniens et au Turonien. La présence de galets des roches carbonatées autour du diapir, témoigne que la première manifestation diapirique à la surface, remonte (peut être) au Pliocène-Plio-Quaternaire.

La seconde qui elle, est compressive locale, du Plio-quaternaire a manifesté par des plis de direction Nord Nord Ouest - Sud Sud Est et parallèles au fossé de Morsott ; anticlinal de Djebel Belkif et synclinal de Oued Faid El Obbiz (*F. Morel. 1 957, J. L. Bles. 1 969, A. Zerdazi. 1 990, K. Boufaa et al. 1 996*).

La phase distensive a donné naissance au fossé de Tébessa avec l'effondrement et le basculement de certaines structures antérieures, d'autre part, elle a renouvelé la montée du diapir de Djebissa, dont la continuité occidentale est probablement responsable de la verticalité des séries miocènes du Nord de la région avec le Turonien en dessous.

IV – 3- Les mouvements récents

L'organisation des plissements plus anciens n'a, en aucun cas, été perturbée par la tectonique récente ; responsable de la genèse du fossé d'El Malabiod et qui est qualifiée de typique des formations autochtones de la Tunisie et de l'Algérie orientale (*G. Castany. 1 954, Dubourdiou. 1965*).

On distingue l'intensité de la tectonique, plicatrice affectant le Miocène (plissement des grès miocènes du col de T'noukla) de celle cassante, affectant les formations du Crétacé (dislocation de l'anticlinal cénomaniens-turonien de Draâ M'taa El Malabiod, fractures brisant la falaise turonienne

de T'noukla). Comme signalé plus haut, c'est sans doute la phase atlasique qui en est responsable, suite à un phénomène compressif à contrainte principale d'orientation Nord-Ouest Sud-Est.

Ces structures résultent d'importants coulissements ayant touché le socle au Plio-Quaternaire. La distension dans la couverture a généré des déchirures qui sont à l'origine des fossés, en partie entraînés par les déplacements méditerranéens dans la région d'El Malabiod.

De nombreuses déchirures de direction dominante Nord-Est Sud-Ouest, dont des failles d'une longueur d'environ 30Km, illustrent bien ce mouvement, on cite ;

- ✓ La faille F_1 ; localisée à l'Est du chef lieu d'El Malabiod, elle s'étend sur 6Km de long
- ✓ La faille F_2 ; ayant un rejet autour des 30Km et un décrochement très important, elle longe le milieu de la plaine. Sa direction initiale s'est modifiée du Nord-Est Sud-Ouest vers l'Ouest-Est, du coté de Houdjbet (à l'Est).
- ✓ La faille F_3 ; repérée un peu au Nord de la plaine, son rejet est de l'ordre de 22Km. Elle est orientée du Nord-Est vers le Sud- Ouest.

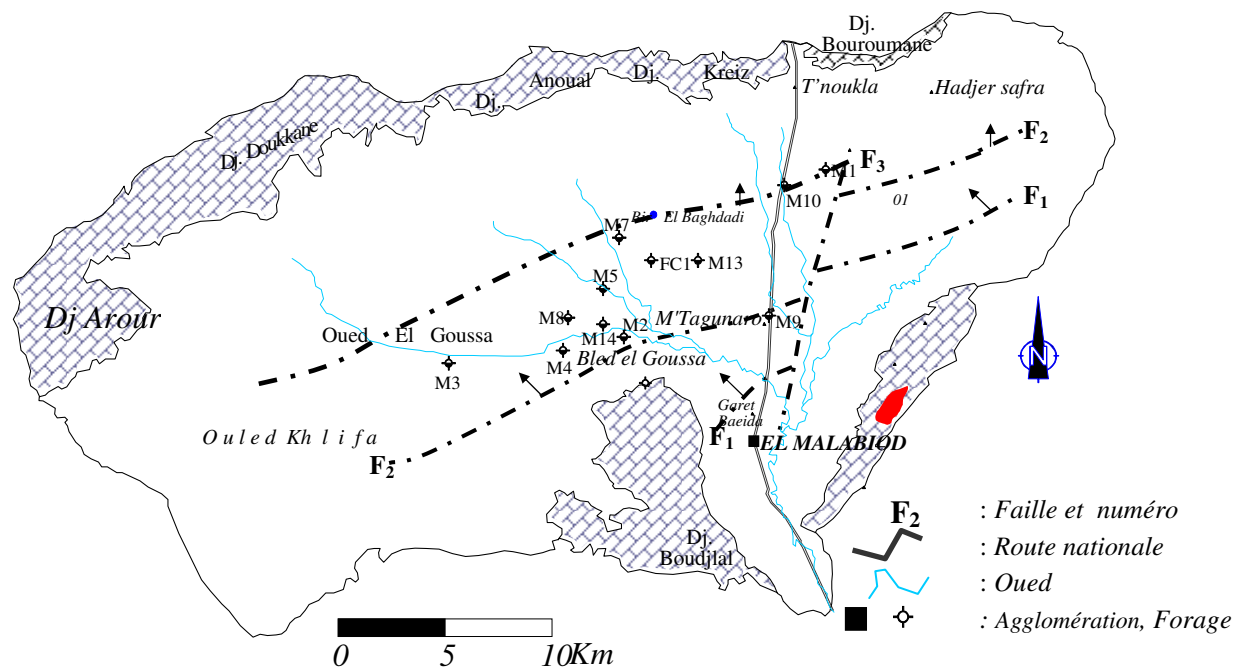


Fig. 8 Carte de système de failles (UGF-BRNO 1 971)

V – La paléogéographie

L'Aptien est connu comme étant la plus ancienne formation autochtone qui affleure dans la région d'El Malabiod, matérialisé par l'anticlinal de Bouroumane

Le Crétacé inférieur, représenté par le Barrémien, qui se situe, selon le log stratigraphique du sondage BDJ-2, à une profondeur d'au moins 2 890m, et le Néocomien à environ 3 368m, suivant la coupe du même sondage.

Le Néocomien se distingue par une sédimentation néritique avec essentiellement des dolomies fines à huîtres, au dessous, les dépôts alternes grès, argiles, dolomies et dolomies calcaires. Ces derniers sont typiques d'une mer pourvue d'une influence continentale.

Au Jurassique, *R. F. Burollet* a indiqué un apport terrigène près de Tataouine (Tunisie) suite à un mouvement d'émergence au Sud. Cet apport atteint son paroxysme au Barrémien où les dépôts gréseux dépassent les 400m d'épaisseur (*BDJ-2*), mais ne se fait plus sentir au Néocomien inférieur, et la sédimentation redevient typique d'une mer peu profonde.

On signale le début d'une régression à l'Hauterivien, et un envahissement progressif par les dépôts continentaux.

Il a été signalé que l'ensemble de la Tunisie centrale a été recouvert de sable sur une épaisseur variable (*R. F. Burollet. 1 956, A. Jouzein. 1 962*). Il s'agit au fait d'un passage terrigène venant du Sud, synonyme d'une reprise de l'orogénèse qui s'étale du Néocomien inférieur à l'Aptien inférieur, où les continents émergés ont subis une action érosive dégradante, ce qui a constitué une source d'alimentation en sable, des régions septentrionales.

Cette régression régionale, après avoir accompagner le Barrémien, prend sa fin à l'Aptien inférieur, où une transgression marine commence à se faire sentir, caractérisée par des dépôts d'une mer peu profonde. Une sédimentation carbonatée de type plate forme, marque cette époque, avec une subsidence qui prend plus d'envergure au Nord qu'au Sud.

Une réduction dans l'espace des dépôts carbonatés illustre le début de l'Albien. La région d'El Malabiod semble connaître alors, de manière générale, des dépôts terrigènes essentiellement calcaro-argileux, de caractère plus profond que leurs prédécesseurs carbonatés.

Des matériaux calcaro-argileux suivis d'autres ; carbonatés, prennent place au fil de la continuation de la période. La région de Morsott, du Nord, n'était pas sujette à l'extension du faciès de plate forme, alors qu'à l'Ouenza, se sont développés des faciès terrigènes marneux.

Des mouvements orogéniques importants étaient à l'origine d'une réduction de la sédimentation albienne, qui passe de 700m au Nord à 100m en surface, et à 250m en sondage, dans la zone d'étude.

Dès l'Aptien supérieur, s'est ébauchée une zone de haut fond. Plus au Sud-Est (en Tunisie), l'île de Kasserine commence à s'individualiser (*A. Jouzein. 1 962*). La réduction, signalée plus haut, est placée au début de la migration du Trias (*J. M. Vila. 1 980*).

L'enfoncement de la plate forme et la réapparition des faciès terrigènes, calcaro-argileuses, marquent la fin de l'Albien et le début du Cénomaniens.

R. F. Burollet. 1 957, signale l'arrivée de la transgression sur de vastes surfaces.

La description du paysage, lors du Crétacé, par *R. Laffite* en 1 949, était comparable aux côtes basses et les estuaires actuels des contrées sénégalaises.

Lors de la suite du Cénomaniens, la sédimentation reste homogène avec des dépôts de mer épinéritique. Le début du Turonien s'illustre par des dépôts carbonatés, qui vont envahir l'ensemble de la région étudiée.

Les dépôts d'une mer agitée et renouvelée sont caractérisés par une sédimentation carbonatée turonienne, de type récifale plutôt que de plate forme.

Une réduction sédimentaire importante (environ 30m) marque cette série.

R. F. Burollet. 1 975, décrit ce même phénomène du côté de Kasserine (Tunisie), où il est la conséquence de la mise en place des formations deltaïques. L'île de Bouroumane s'est probablement arrangée durant le Turonien.

Conclusion

Après consultation des quelques documents, auxquels on a eu accès, et lors de cette étude géologique, quelques remarques, se rapportant à ce contexte, ont pu comme même être retenues.

Suite à de multiples phénomènes, et lors de deux phases orogéniques, la structure de la région a du être édifié.

Il s'agit d'un haut plateau appartenant à l'Atlas saharien, où des plis, d'orientation Nord-Est Sud-Ouest, cernent un bassin subsident.

Le bassin étudié présente deux grands ensembles ; les affleurements d'âge crétacé sur les bordures, les formations du Miocène et du Quaternaire disséminent la quasi-totalité de la plaine.

La plaine a l'air d'une dépression ayant épousé la forme d'une cuvette avec un substratum calcaireux et marneux. Ce dernier remonte au Crétacé, et il est séparé du Miocène par des éboulis très perméables.

Les formations de bordures (environ *100m* de calcaire), constituent une source d'alimentation du système aquifère.

Celles de la plaine (plus de *50m* de grés et de *40* à *250m* de sable) se comportent comme réservoir principal, et ce grâce à leurs propriétés hydrodynamiques et leur potentiel hydraulique intéressant.

Le matériau alluvial qui leur vient au dessus, constitue un aquifère, lui aussi, mais de moindre importance, vue sa puissance relativement réduite et son extension limitée.

Chapitre III

*Caractéristiques hydroclimatiques
et hydrologiques
du bassin d'El Malabiod*

CHAPITRE III**CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES
DU BASSIN D’EL MALABIOD****I - Introduction**

Pour toute étude hydrogéologique fiable, il est impératif de connaître l’évolution spatio-temporelle du climat ainsi que les caractéristiques hydroclimatologiques, relatives au milieu naturel objet d’intérêt.

Pour ce faire, et pour une meilleure connaissance ; conduisant à une maîtrise (souhaitée) des ressources en eau, il est indispensable de ne pas pour autant omettre, entre autres, précipitations, températures, vents...etc. Phénomènes dont le rôle est capital dans le régime des cours d’eau, et qui régissent écoulements superficiel et souterrain, et par conséquent, la variation des réserves en eau souterraine et révèlent de ce fait la qualité chimique du potentiel ainsi recueilli en eau.

En outre, ces facteurs permettent l’estimation d’autres paramètres tel que, évapotranspiration, ruissellement, infiltration...etc, nécessaires à toute tentative d’établissement de bilan d’eau et son impact sur le comportement des aquifères qui en sont tributaires, ainsi que du fonctionnement hydrologique du système naturel y faisant objet.

Aujourd’hui, on commence à se poser diverses questions quant à l’avenir de la planète terre vis-à-vis du changement des caractéristiques climatiques. L’Afrique demeure le continent le plus exposé aux soubresauts du climat.

II – Réseau d’observation

Quatre stations pluviométriques constituent le réseau qui contrôle le bassin d’El Malabiod. Ces dernières sont implantées à l’intérieur de la plaine, pour des raisons qu’on a vu plus commodes ; afin de réussir une meilleure couverture possible du bassin, de différentes altitudes, et permettre la récolte de données fiables, utiles aux diverses études et dont le rôle est déterminant pour toute estimation des potentialités hydriques de la région en question.

Station	Code ANRH	Altitude (m)	Coordonnées		Appareil de mesure utilisé	Date de mise en service
			X (km)	Y (km)		
Ain Khenga	06-28-06	1 330	985,250	236,850	Pluviomètre	02-11-1 973
El Malabiod	06-28-02	1 030	997,620	225,150	Pluviomètre pluviographe	01-01-1 974
Mechtet Zouaïria	06-28-07	1 058	997,750	230,00	pluviomètre	01-03-1 974
Ouled M’hamed	06-28-04	1 335	980,850	235,00	pluviomètre	01-09-1 973

Ta. 16. Références des stations pluviométriques/Bassin d’El Malabiod. Source ANRH

Leurs références sont données au tableau précédent (*Tab. 16*) et sont réparties comme le montre la figure suivante (*Fig. 9*).

III – Facteurs météorologiques déterminants

Les données, qu’on a estimées nécessaires à l’élaboration de cette étude, ont été récoltées au sein des services de l’Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH de Constantine, de Tébessa) et de ceux de la station aéroportuaire de Tébessa.

Les travaux de *C. Paquin, M. Chaumont (1 913-1 963)* et ceux de *P. Seltzer (1 913-1 938)*, qui sont respectivement, carte pluviométrique et climat d’Algérie, nous étaient d’une grande utilité.

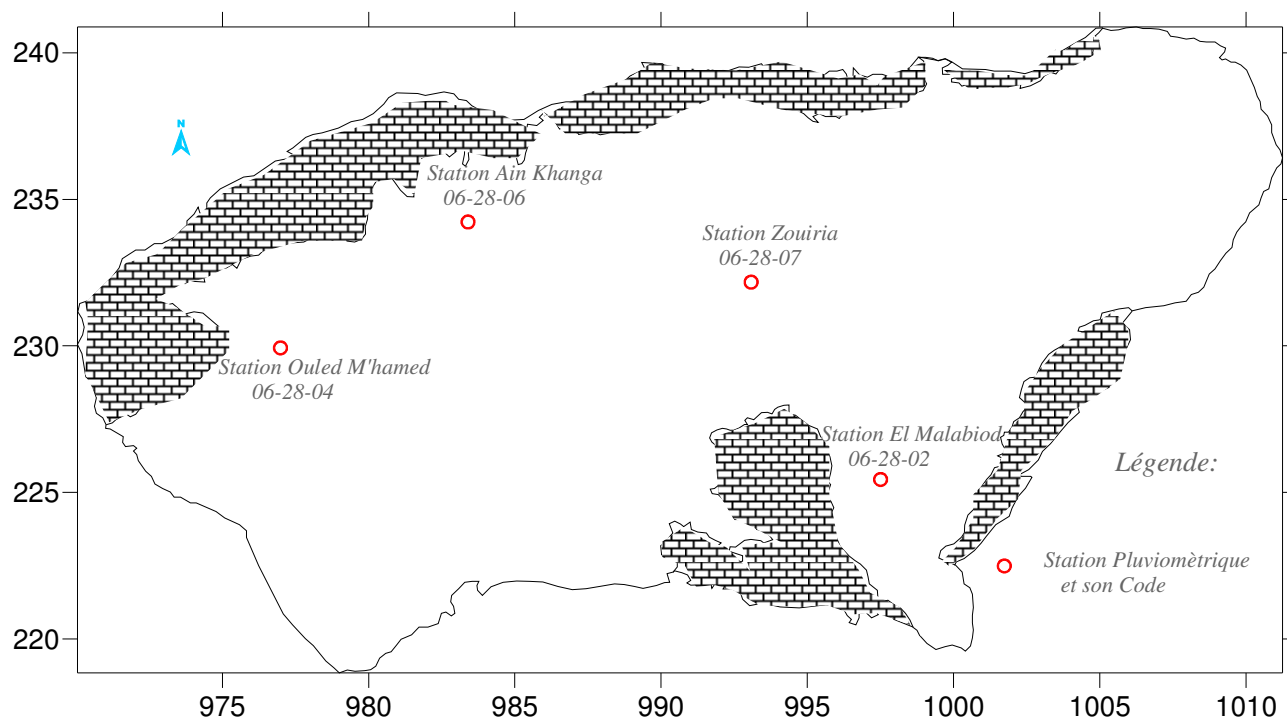


Fig. 9. Stations pluviométriques et leurs codes/Bassin d'El Malabiod.

III – 1- Le régime des vents

C'est un paramètre dont l'influence sur certains phénomènes est tant ressentie, on cite entre autres, l'évapotranspiration, les précipitations, et à un degré moindre, la températures. D'après les services météorologiques de la station de Tébesa, les direction NW et SW sont les plus dominantes, avec une vélocité qui peut dépasser les 60km/h (un max de 70km/h et min de 34km/h).

Les effets du sirocco sont possibles en toute époque, mais c'est en saisons estivales qu'ils sont plus fréquents, où ils peuvent provoquer des hausses brusques de températures ; ce qui initie une accentuation des assèchements (pouvoir évaporant et érosion éolienne, avec 40km/h de vitesse).

La région est aussi sujette à un passage régulier de vents de sables, de quelques kilomètres d'envergures, de direction prépondérante WNW-ESE, et ceux qui leur sont similaires au Sud, peuvent durer jusqu'à environ une vingtaine de jours durant l'année.

III – 2- L'humidité relative de l'air

Ce paramètre correspond à la tension de vapeur réelle observée, rapportée à la tension de vapeur saturante, à la même température.

Faute d'absence d'équipement de mesure, la station de Tébesa nous sert, encore une fois, de référence, dont les chiffres qui y sont enregistrées donnent une moyenne mensuelle de 62%.

Toutefois, cette valeur va être revue à la baisse, à l'échelle du bassin d'El Malabiod, suite à l'écran que forment la chaîne montagneuse séparant le bassin versant de Mellègue et celui de Melhrir, et ce tout en allant vers le Sud.

III – 3- La neige

Selon P. Seltzer, notre région se trouve incluse dans la zone d'enneigement moyen au sol ; de cinq à dix jours par an. En effet tous les massifs cernant et surplombant le bassin, en particulier le versant nord des reliefs et notamment les monts de Djebel Doukkane, connaissent des quantités considérables de neige.

Des relevés fragmentaires témoignent qu’il a neigé pendant sept jours (saison 83/84), ce qui a représenté un apport d’environ 60mm. En 2 001, début Février, les bordures nord du bassin étaient recouvertes de neige presque une semaine entière.

La contribution de cette frange de précipitation, qui fond lentement, est palpable par les apports sous forme d’infiltration efficace, considérant, l’envergure des monts qui bordent le bassin.

III – 4- La pluviométrie

L’importance des précipitations est irréfutable dans les mécanismes et le comportement de tout système naturel qu’est le bassin hydrographique. En outre, leur contrôle et leur enregistrement est indispensable pour toute tentative d’estimation de lames d’eau encaissées, à l’échelle de l’impluvium, et en déduire par la suite les diverses franges ; écoulement superficiel et souterrain, infiltrations...etc.

Sur notre bassin, ces dernières sont caractérisées par une irrégularité et une variabilité saisonnières et annuelles, typiques des régions semi arides.

III – 4- 1- Les précipitations annuelles et leur variabilité

Pour une période de trente quatre(34) ans d’observation ; de 1 974/75 à 2 007/08, l’examen des valeurs de précipitations, enregistrées au niveau des quatre stations contrôlant le bassin, a révélé que leur variation en fonction du temps est marquée par un écart considérable entre l’année la plus arrosée (411.9mm/an pour la station d’El Malabiod, en 1 975/76, 472.63mm/an à Ouled M’hamed en 1 989/90, 483.71mm/an à E’Zouaïria en 1 981/82 et 582.60mm/an à Ain Khanga en 2 003/04) et celle la plus sèche (68.0mm/an à El Malabiod durant 1 996/97, 79.71mm/an à Ouled M’hamed durant 1 987/88 et 60.1mm/an en 2 000/01 à E’Zouaïria et Ain Khanga).

Station	Code	Moyenne annuelle des précipitations (mm)
Ain Khanga	06-28-06	245,73
El Malabiod	06-28-02	237,87
E’Zouaïria	06-28-07	227,07
Ouled M’hamed	06-28-04	216,92

Tab. 17. Moyenne annuelle des précipitations (1 974/75 ÷ 2 007/2 008)/Bassin d’El Malabiod.

L’irrégularité pluviométrique d’une année sur l’autre, peut être traduite par plusieurs facteurs, dont les écarts à la normale, relatifs surtout aux cycles le plus arrosé et le plus sec.

Ils sont donnés par l’expression ci-après :

$$e_i = \frac{P_i - P_n}{P_n} .100 \quad \text{Avec :}$$

e_i : Écart à la normale de l’année considérée, P_i : Total de l’année, humide ou sèche, considérée (mm), P_n : Moyenne interannuelle des précipitations de la série d’observation -34ans- (mm).

L’écart à la moyenne indique le déficit ou l’excédent des précipitations de l’année considérée par rapport à la moyenne (de trente quatre ans dans notre cas).

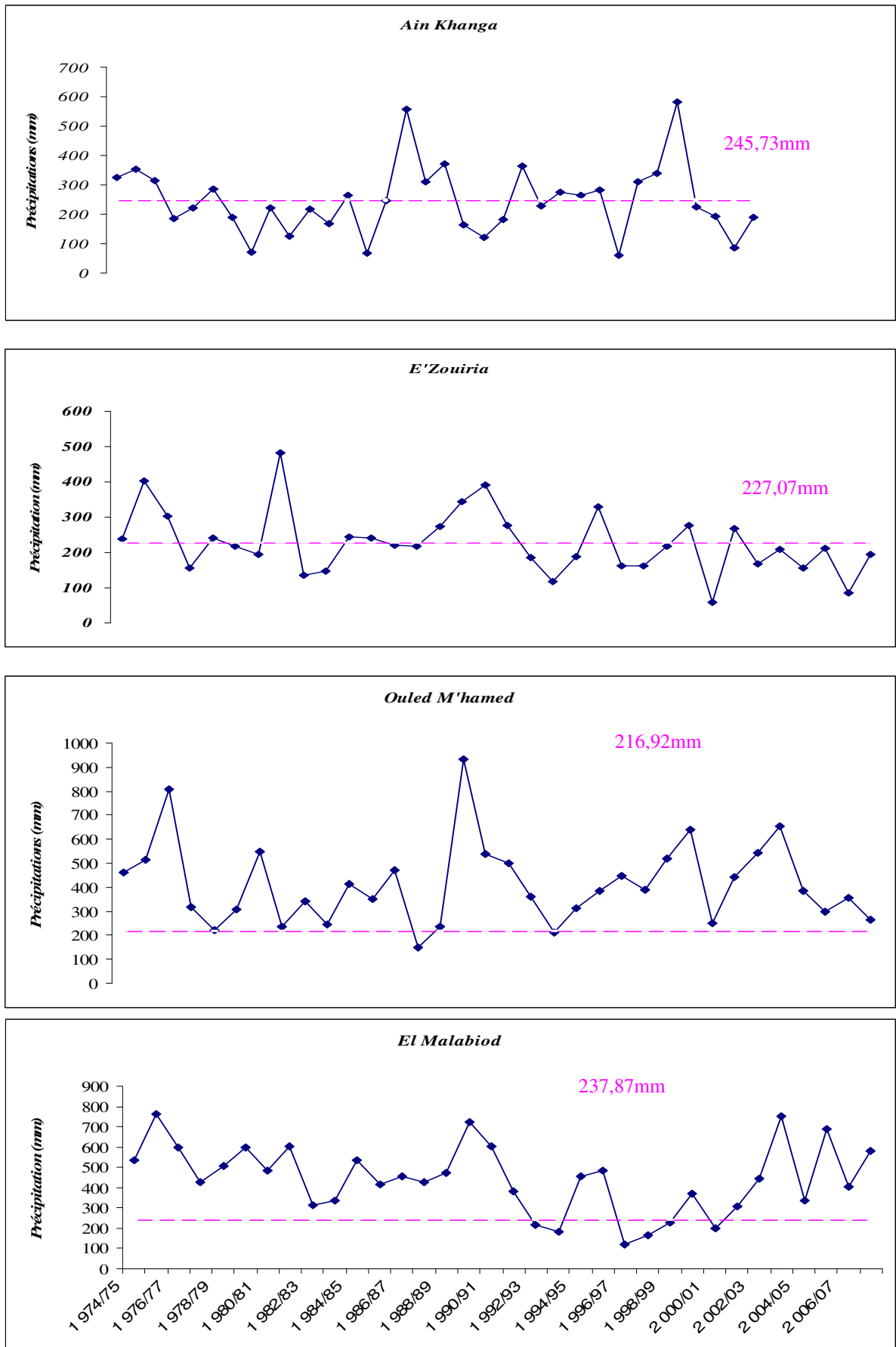


Fig. 10. Distribution des précipitations annuelles aux stations d'observation/Bassin d'El Malabiod.

Station \ paramètre	Pi (mm) total année extrême				Écart à la normale	
	Sèche	Période	Humide	Période	Année sèche	Année humide
Ain Khanga	60,1	2 000/01	582,60	2 003/04	-75,54	137,09
El Malabiod	68,0	1 996/97	411,9	1 975/76	-71,41	73,16
E'Zouaïria	60,1	2 000/01	483,71	1 981/82	-73,53	113,02
Ouled M'hamed	79,7	1 987/88	472,63	1 989/90	-63,25	117,88

Tab. 18. Écart à la normale des précipitations annuelles (1 974/75 ÷ 2 007/08)/Bassin d'El Malabiod.

III – 4- 2- Estimation de la lame d'eau précipitée

Comme ses similaire, la hauteur pluviométrique moyenne ne reflète pas la réalité climatique, cependant, sa détermination est indispensable pour l'étude de l'intensité fluviale et aide à déceler la variabilité des précipitations, sur des séries d'observation aussi étendues que possible. Pour ce faire, on a retenu trois méthodes :

III – 4- 2- a- Méthode de la moyenne arithmétique

C'est une méthode qui a donnée preuve d'efficacité pour les petits bassins hydrographiques, où l'impact de l'exposition, de l'altitude et de la latitude, sur les précipitations est identique, à l'échelle de cette entité naturelle.

Qualifiée de plus rapide, elle accorde, en outre, un intérêt particulier aux valeurs extrêmes, et consiste à déterminer la moyenne arithmétique des valeurs de précipitations constatées au niveau de chaque station, par le biais de l'expression :

$$\bar{H} = \frac{\sum Pi}{n} \equiv mm \quad \text{Ou bien} \quad \bar{P} = \frac{\sum Pi}{n} \equiv mm \quad \text{Où :}$$

\bar{P} ou \bar{H} : lame d'eau moyenne précipitée sur l'ensemble du bassin versant (mm).

P_i : Est la précipitation annuelle moyenne de chaque poste pluviométrique (mm).

n : Nombre de postes pluviométriques.

À l'échelle du bassin d'El Malabiod, et pour une période d'observation de trente quatre (34) ans, la lame d'eau tombée est de l'ordre de :

$$\bar{P} = \bar{H} = 231,89mm/an$$

Si on veut vérifier l'adéquation de la méthode, on fait intervenir l'expression suivante :

$$Er = \frac{Cv}{\sqrt{N}} \equiv \% \quad \text{Où :}$$

Cv : Coefficient de variation, $Cv = 100 \cdot \frac{\sigma}{\bar{x}}$, σ : Écart type : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Pi - \bar{P})^2}{n}}$.

\bar{x} : Moyenne des valeurs, N : Nombre de station, Er : Incertitude en %.

III – 4- 2- b- Méthode de la moyenne de Thiessen

C'est une méthode géométrique ; elle consiste à attribuer à chaque pluviomètre (station), une aire d'influence (polygone : réseau de médiatrice des segments joignant les postes deux à deux). Chaque surface partielle lui sera affectée la hauteur moyenne annuelle correspondante.

La lame d'eau ainsi précipitée est obtenue par la sommation des valeurs de volumes d'eau recueillis, à l'échelle de chaque polygone, rapportée à la surface totale du bassin versant.

La hauteur d'eau recherchée sur l'ensemble du bassin est donnée par :

$$\bar{H} = \frac{\sum(P_i.A_i)}{A} \equiv mm \quad \text{Avec :}$$

\bar{H} : Lamme moyenne annuelle d'eau précipitée (mm). A : Surface totale du bassin (km^2).

P_i : Précipitation moyenne annuelle observée à la station représentative du polygone de *Thiessen*.

A_i : Aire partielle (du polygone) considérée (km^2).

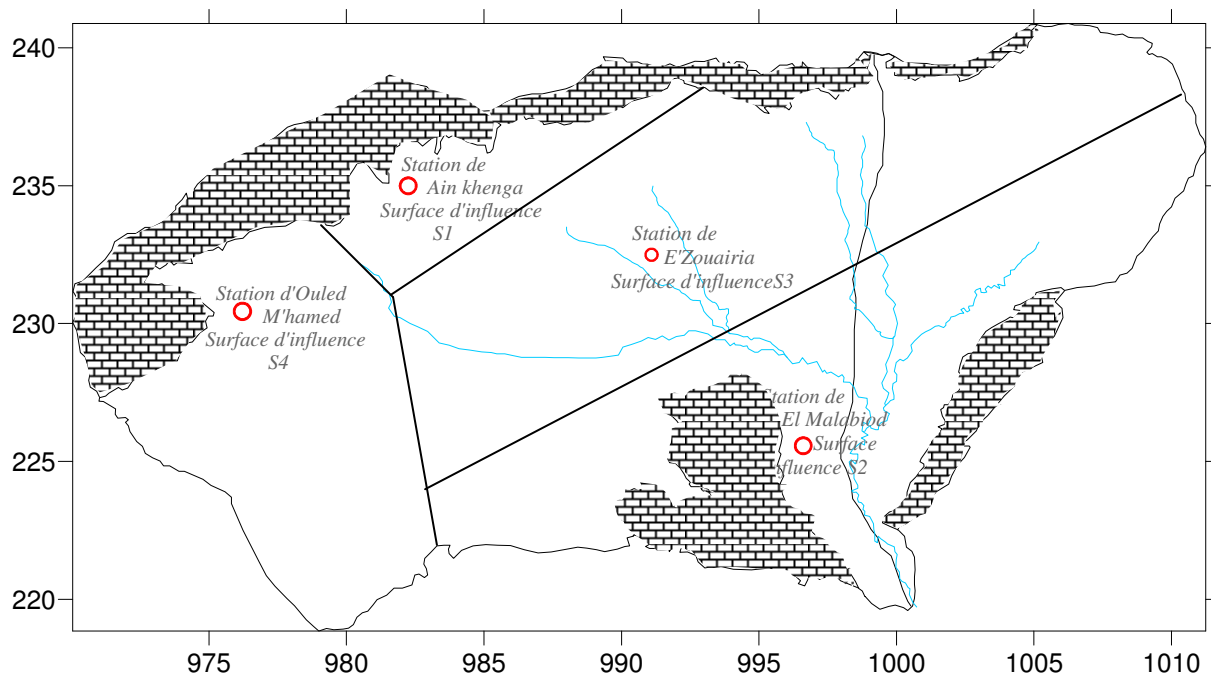


Fig. 11. Polygones de *Thiessen*/Bassin d'El Malabiod.

Les données relatives au bassin d'El Malabiod, nécessaires au calcul de la lamme d'eau précipitée, par l'application de cette méthode, sont regroupées au tableau suivant (Tab. 19).

Station/polygone	Code	Pluie au poste P_i (mm)	Surface partielle A_i (km^2)	$P_i.A_i$ (mm/km^2)
Ain Khanga/1	06-28-06	245,73	100,5	24 695,86
El Malabiod/2	06-28-02	237,87	199,5	47 455,06
E'Zouaïria/3	06-28-07	227,07	213,3	48 434,03
Ouled M'hamed/4	06-28-04	216,92	134,7	29 219,12
Total/Bassin			648,00	149 804,07

Tab. 19. Résultats de calcul de la lamme d'eau par polygone /Bassin d'El Malabiod.

Par une simple application numérique, on obtient : $\bar{H} = \frac{149804,07}{648} = 231,18mm/an.$

III – 4- 2- c- Méthode des isohyètes

Elle est la moins rapide mais la plus précise que les deux précédentes. Cette méthode consiste à déterminer les surfaces partielles comprises entre les diverses isohyètes, dont chacune est affectée

de la moyenne arithmétique des valeurs des isohyètes consécutives. La somme des masses d’eau tombées, pour chaque zone, sera rapportée à la surface totale du bassin versant, pour ainsi obtenir la lame d’eau précipitée.

Zone inter-isohitale	Précipitation (mm)	Surface S_i (km ²)	Pi.Si (mm/km ²)
210 ÷ 220	215	47,04	10 113,60
220 ÷ 230	225	66,24	14 904,00
230 ÷ 240	235	133,44	31 358,40
240 ÷ 250	245	226,24	55 428,80
250 ÷ 260	255	175,04	44 635,20
Total/Bassin		648,00	156 440,00

Tab. 20. Résultats de calcul de la lame d’eau par la méthode des isohyètes /Bassin d’El Malabiod.

$$P = \frac{P_i \cdot S_i}{S} \equiv mm \quad \text{Alors } P = 241,42mm/an.$$

III – 4- 2- d- Commentaire

La détermination de la lame d’eau, par les trois formules adoptées, a conduit pratiquement à la même valeur, pour la méthode arithmétique et de *Thiessen*, avec une incertitude insignifiante, alors que celle des isohyètes est un peu élevée. C’est d’ailleurs la valeur la plus proche de la réalité, car c’est le procédé le plus rationnel et le plus précis.

Ces valeurs comparées à celles observées aux différentes stations, apparaissent légèrement différentes ; ce qui est imputable à l’effet d’altitude des divers postes, ce qui n’est pas représentatif des fréquences altimétriques du bassin, et par conséquent, de la répartition de la pluviométrie.

Pour les diverses opérations et estimations de bilans, il est judicieux d’adopter une moyenne des valeurs ; obtenues par les trois méthodes (arithmétique, des isohyètes et de *Thiessen*), qui est de 234,83 mm/an.

III – 4- 3- Les précipitations mensuelles

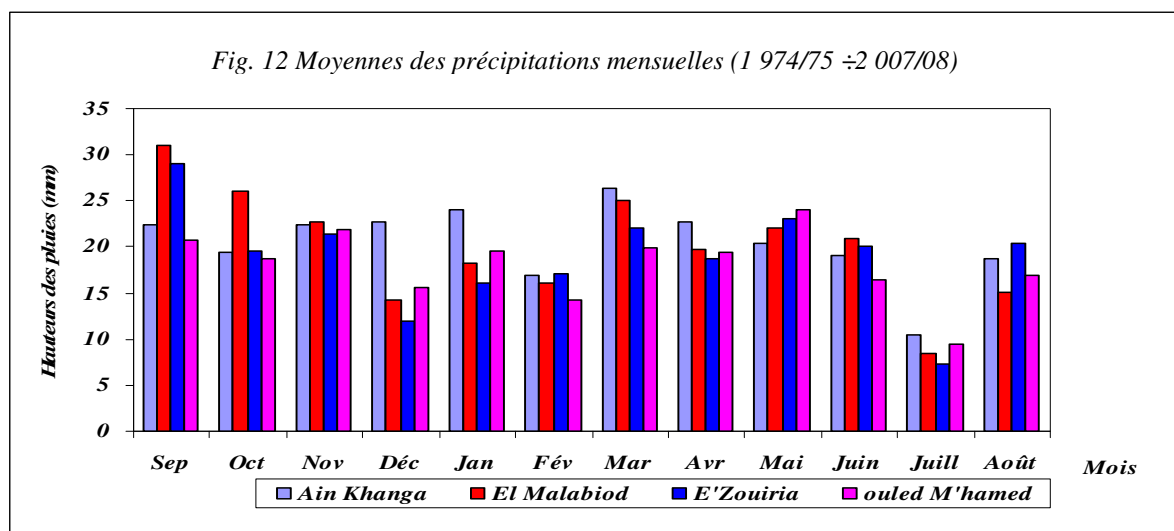
Comme déjà signalé à maintes reprises, la répartition des précipitations (annuelles) a son impact direct sur les régimes hydrologiques (écoulements, infiltrations...etc.) et surtout les réserves. Leur suivi devient alors inéluctable et leur estimation renseigne sur l’état des lieux en la matière.

Station	Code	Mois humide	Mois sec
Ain Khanga	06-28-06	Mars : 26,45mm	Juillet : 10,38mm
El Malabiod	06-28-02	Septembre : 31,01mm	Juillet : 8,39mm
E’Zouaïria	06-28-07	Septembre : 28,98mm	Juillet : 7,36mm
Ouled M’hamed	06-28-04	Mai : 20,09mm	Juillet : 9,48mm

Tab. 21. Mois humide et mois sec dans chaque station pluviométrique/Bassin d’El Malabiod.

Le dépouillement des données de trente quatre années d’observation (1 974/75 ÷ 2 007/08) permet de retenir les valeurs extrêmes, récapitulées au tableau précédent (Tab. 21), au niveau de chacune des stations couvrant le bassin.

Leur variation est traduite par la représentation en histogramme, ci-dessous (Fig. 12).



Dans le tableau ci-après (Tab. 22) sont reportées les valeurs des moyennes mensuelles et saisonnières, des hauteurs de précipitations observées, dans les quatre stations.

Mois Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
Ain Khanga	22,34	19,42	22,37	22,67	24,01	16,99	26,45	22,70	20,46	19,10	10,38	18,78
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	64,13			63,67			69,61			48,26		
El Malabiod	31,01	25,96	22,79	14,30	18,25	16,05	25,08	17,94	22,08	20,94	8,39	15,03
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	79,76			48,60			65,10			44,36		
E'Zouaïria	28,98	19,60	21,47	11,92	16,09	17,16	22,05	18,73	23,04	20,14	7,36	20,48
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	70,05			45,17			63,82			47,98		
Ouled M'hamed	20,66	18,74	21,84	15,59	19,53	14,29	19,87	19,43	24,09	16,34	9,48	16,99
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	61,24			49,41			63,39			42,81		

Tab. 22. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières aux stations d'observation/Bassin d'El Malabiod.

II – 4- 4- Le régime mensuel

Le régime pluvial mensuel peut être décelé par une simple estimation d'un coefficient dit pluviométrique relatif, à travers lequel, l'étude qui s'y rapporte devient ainsi pratique. Ce facteur s'exprime selon une formule dite D'Angot (1 895), par la relation suivante :

$$i = 365 \cdot \frac{\left(\frac{P_i}{n_i}\right)}{P} \quad \text{Avec :}$$

i : Coefficient pluviométrique mensuel, P_i : Précipitation du mois considéré (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle (mm), n_i : Nombre de jours du mois considéré.

Par application numérique, des valeurs enregistrées au niveau de chaque station, de cette formule, les résultats ainsi obtenus sont reportés au tableau suivant (Tab. 23).

Selon les valeurs du coefficient pluviométrique relatif mensuel, on peut se prononcer quant à la nature du mois ; il est pluvieux ($si\ i \geq 1$), dans le cas contraire ($i \leq 1$), il est sec.

Station \ Mois	Saison humide						Saison sèche					
	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août	Sep	Oct
Ain Khanga	1,10	1,07	1,15	0,90	1,26	1,12	0,98	0,94	0,49	0,9	1,10	0,93
El Malabiod	1,16	0,70	0,90	0,88	1,24	0,91	1,09	1,07	0,41	0,74	1,58	1,28
E’Zouaïria	1,15	0,61	0,83	0,98	1,14	1,00	1,19	1,08	0,38	1,06	1,55	1,01
Ouled M’hamed	1,22	0,84	1,06	0,85	1,07	1,09	1,30	0,91	0,51	0,92	1,15	1,01

Tab. 23. Coefficient pluviométrique relatif mensuel aux stations d’observation (*Angot*) /Bassin d’El Malabiod.

L’année se composera en conséquence, en saison sèche et humide.

Pour le cas du bassin d’El Malabiod, la continuité des saisons est à chaque fois interrompue, ce qui témoigne ce que nous avons déjà avancé pour ce qui est de l’irrégularité de la répartition des précipitations.

Toutefois, les valeurs de ce facteur confirment bien qu’à la station de Ain Khanga, le mois de Mars est le plus pluvieux, à celle d’El Malabiod et de Mechtet Zouaïria c’est le mois de Septembre, alors qu’à Ouled M’hamed, c’est le mois de Mai.

Autrement dit, selon les valeurs de R qui est égal au coefficient pluviométrique de la saison sèche (i_{ss}) rapporté à celui de la saison humide (i_{sh}), on peut déterminer la nature du climat :

Si $1 < R < 1,75$ le climat est semi- aride (ce qui est le cas pour El Malabiod et E’Zouaïria).

Si $R < 1$ alors il est aride (et c’est le cas de Ain Khanga et Ouled M’hamed).

Station \ Saison	Saison humide	Saison sèche	$R = \frac{i_{ss}}{i_{sh}}$
	Ain Khanga	6,6	
El Malabiod	5,79	6,17	1,06
E’Zouaïria	5,71	6,27	1,1
Ouled M’hamed	6,13	5,8	0,95

Tab. 24. Coefficient pluviométrique saisonnier aux stations d’observation /Bassin d’El Malabiod.

III – 5- Les températures

La température demeure le paramètre le plus déterminant dans la caractérisation du climat. Elle trouve son importance dans les essais d’évaluation du taux d’évaporation, d’évapotranspiration, de déficit d’écoulement...etc, nécessaires pour l’estimation du bilan hydrologique.

À défaut de réseau d’observation et d’archive, relatifs au bassin d’El Malabiod, nous étions contraint d’utiliser les données, du dit paramètre, enregistrées à la station la plus proche, en l’occurrence celle de Tébessa, afin de pouvoir définir les variations de la température sur la région d’El Malabiod.

Pour une fiabilité souhaitée, il est judicieux de faire apparaître une adéquation meilleure, entre la station de référence et celle projetée. Pour ce faire, on a vu commode d’avoir recours à deux modèles ; de *Laplace* et de *BNEDER* (bureau national d’étude pour le développement rural).

III – 5- 1- Modèle de *Laplace*

Il part du principe que la variation verticale de la température virtuelle de l’air est proportionnelle au gradient vertical de pression et que l’accélération de la pesanteur ($g = 9,81m/s^2$) est constante.

Il est évident de définir au préalable la notion de température virtuelle ; qu’est celle qu’aurait l’air sec, dont la masse spécifique et la pression seraient semblables à celles de l’air humide. Il est indispensable de procéder à la correction des pressions barométriques, observées dans divers postes, situés à différentes altitudes, pour rendre leurs comparaisons possibles.

Selon la norme utilisée, toutes les pressions doivent être ramenées au niveau de la mer, par une réduction faisant intervenir la loi de *Laplace*, dont l’auteur utilisa le même processus pour les températures, adoptant un gradient thermique vertical constant, égal à $-0,65°C/100m$ d’altitude.

L’expression du modèle de *Laplace* est donnée par :

$$T_{vm} = \frac{2T_{vl} - 0,0065(Z_2 - Z_1)}{2} \equiv °C \quad \text{Avec :}$$

T_{vm} : Température virtuelle moyenne recherchée entre la station de référence (Z_1) et celle considérée (Z_2), en °C, T_{vl} : Température virtuelle à la station de référence, en °C.

Z_1 et Z_2 : Altitudes de la station considérée (1) et celle de référence (2), en m.

Station \ Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
Ain Khanga	21,47	17,00	10,84	7,45	6,21	7,48	10,03	13,12	18,15	23,13	26,18	25,41
El Malabiod	21,70	17,40	11,25	7,85	6,62	7,88	10,44	13,53	18,56	23,53	26,59	25,82
E’Zouaïria	21,71	17,24	11,08	7,69	6,45	7,72	10,27	13,36	18,39	23,37	26,42	25,65
Ouled M’hamed	21,65	17,18	11,02	7,63	6,39	7,66	10,21	13,30	18,33	23,31	26,36	25,59

Tab. 25. Résultats de calcul de la température (°C), modèle de *Laplace* /Bassin d’El Malabiod.

III – 5- 2- Modèle de *BNEDER*

Les services de ce bureau d’étude ont adopté des formules empiriques, conduisant à l’estimation de la température, suite à une série d’applications et de recherches expérimentales se rapportant aux divers types de climats à l’échelle du territoire national, résumées en l’expression suivante :

$$T = T_m \pm \left[\frac{h - h_m}{100} \right] \times (-0,73) \equiv °C \quad \text{Où :}$$

T : Température recherchée à la station se trouvant à l’altitude h (°C).

T_m : Température à la station référentielle, se trouvant à l’altitude h_m (°C).

$-0,73$: Gradient de correction thermique, attribué par le *BNEDER* au climat semi-aride.

La théorie de ce modèle part du principe que la température varie en fonction de l’altitude, le signe \pm signifie une hausse/baisse de température en fonction de l’altitude.

Station \ Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
Ain Khanga	17,9	13,42	7,80	3,87	2,63	3,90	6,45	9,54	14,57	19,55	22,6	21,83
El Malabiod	20,08	15,61	9,45	6,06	4,82	6,09	8,64	11,73	16,76	21,74	24,79	24,02
E’Zouaïria	19,88	15,41	9,25	5,86	4,62	5,89	8,44	11,53	16,56	21,54	24,59	23,82
Ouled M’hamed	17,86	13,39	7,29	3,84	2,60	3,87	6,42	9,51	14,54	19,52	22,57	21,80

Tab. 26. Résultats de calcul de la température (°C), modèle de *BNEDER*/Bassin d’El Malabiod.

III – 5- 3- Réciprocité des deux modèles et corrélations

L’utilisation des modèles sus-évoqués était à l’origine de la détermination des valeurs de température sur l’étendue du bassin d’El Malabiod, à travers ses quatre stations de contrôle, que nous avons récapitulées au tableau suivant (*Tab. 27*).

Station \ Mois	Ain Khanga			El Malabiod			E’Zouaïria			Ouled M’hamed		
	Modèle		Moy	Modèle		Moy	Modèle		Moy	Modèle		Moy
	LAPLACE	BNEDER		LAPLACE	BNEDER		LAPLACE	BNEDER		LAPLACE	BNEDER	
SEP	21,47	17,9	19,68	21,70	20,08	20,89	21,71	19,88	20,79	21,65	17,86	19,75
OCT	17,00	13,42	15,21	17,40	15,61	16,50	17,24	15,41	16,32	17,18	13,39	15,28
NOV	10,84	7,80	9,32	11,25	9,45	10,35	11,08	9,25	10,16	11,02	7,29	9,15
DÉC	7,45	3,87	5,66	7,85	6,06	6,95	7,69	5,86	6,77	7,63	3,84	5,73
JAN	6,21	2,63	4,42	6,62	4,82	5,72	6,45	4,62	5,53	6,39	2,60	4,49
FÉV	7,48	3,90	5,69	7,88	6,09	6,98	7,72	5,89	6,80	7,66	3,87	5,76
MAR	10,03	6,45	8,24	10,44	8,64	9,54	10,27	8,44	9,35	10,21	6,42	8,31
AVR	13,12	9,54	11,33	13,53	11,73	12,63	13,36	11,53	12,44	13,30	9,51	11,40
MAI	18,15	14,57	16,36	18,56	16,76	17,66	18,39	16,56	17,47	18,33	14,54	16,43
JUIN	23,13	19,55	21,34	23,53	21,74	22,63	23,37	21,54	22,45	23,31	19,52	21,41
JUIL	26,18	22,6	24,39	26,59	24,79	25,69	26,42	24,59	25,50	26,36	22,57	24,36
AOUT	25,41	21,83	23,62	25,82	24,02	24,92	25,65	23,82	24,73	25,59	21,80	23,69

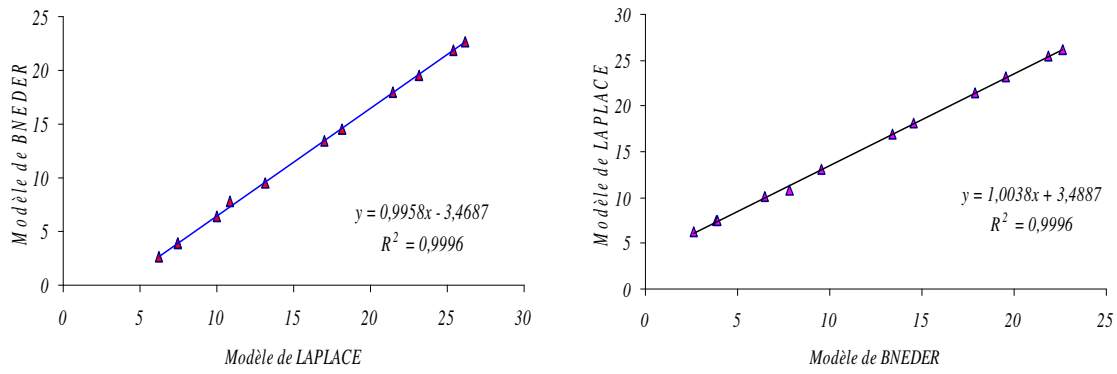
Tab. 27. Récapitulation des données de température (°C), et corrélation des deux modèles/Bassin d’El Malabiod.

Dans une tentative de déceler une éventuelle affinité entre ces dernières, nous étions amenés à étudier la réciprocité de ces méthodes afin de percevoir leur vraisemblance. Pour ce faire, la station de Tébessa est prise comme référence, pour la comparaison des différentes valeurs obtenues, et corrélées par la suite, entre elles conformément aux représentations graphiques suivantes (*Fig. 13*).

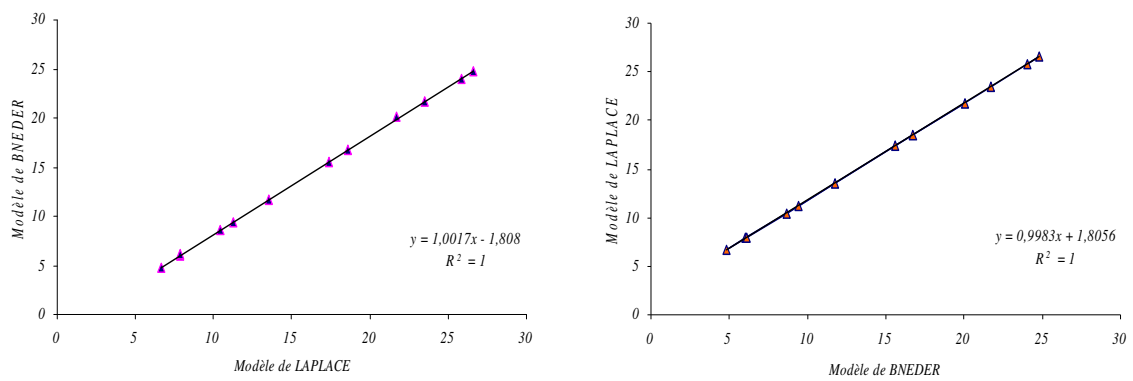
Nous remarquons, suite à ce traitement, que les valeurs du coefficient de corrélation, ainsi obtenues, pour les diverses stations, sont au voisinage de l’unité ($0,9997 < R < 1,00$), et ce à fortiori, les expressions des deux modèles, en l’occurrence celui de *Laplace* ou de *BNEDER*, sont des équations de premier degré ; de forme ($y = ax + b$).

C’est, au fait, cette linéarité des fonctions en question, qui a conduit à en déduire de telles valeurs (du coefficient de corrélation), et qui de ce fait, laisse augmenter l’intervalle de confiance, et permet, avec d’avantage d’assurance, une quelconque utilisation ultérieure des valeurs de températures qui en découlent.

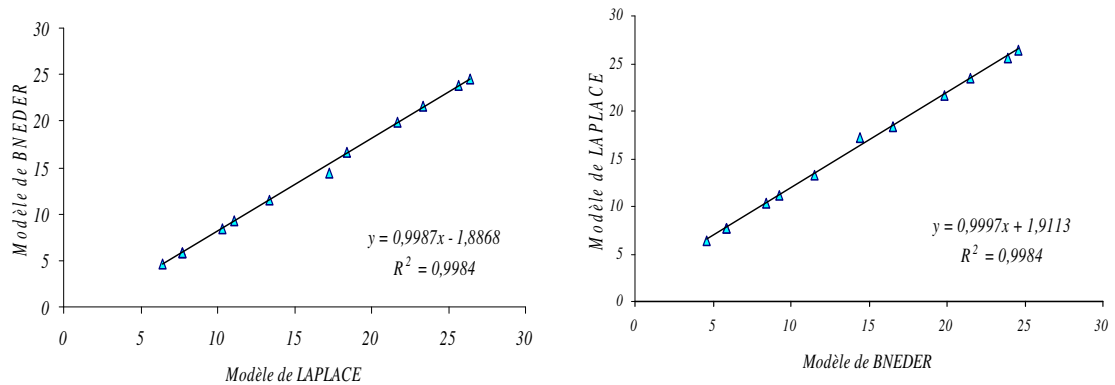
Corrélation des deux modèles/Station de Ain Khenga



Corrélation des deux modèles/Station d’El Malabiod



Corrélation des deux modèles/Station E’Zouaïria



Corrélation des deux modèles/Station Ouled M’hamed

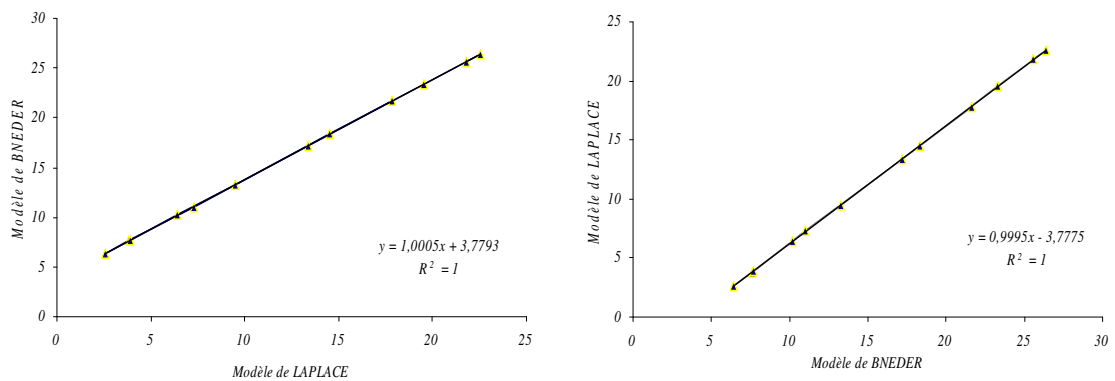


Fig. 13. Corrélation des modèles de *Laplace* et de *BNEDER*, données de température/Bassin d’El Malabiod.

III – 5- 4- Dépouillement statistique des données de température calculées

Pour une utilisation effective souhaitée des valeurs de ce paramètre, l’analyse primaire de ces séries semble primordiale. Elle permet de contrôler la vraisemblance de l’information, l’homogénéité spatiotemporelle des données ainsi que la représentativité des mesures (*Musy et Laglaine, 1 992*).

III – 5- 4- a- Examen de la normalité des températures

Avant tout emploi ou exploitation des données relatives à la température, à l’échelle du bassin d’El Malabiod, un ajustement préalable à une loi dite normale ou gaussienne s’avère tout de même judicieux.

Sur une période de trente quatre (34) ans (1 974/75 ÷ 2 008/09), on a procédé à un examen visuel des dites valeurs, à l’échelle annuelle des diverses stations contrôlant le bassin versant, afin de savoir si cet échantillon de trente quatre (34) valeurs peut obéir à une loi normale. Ensuite :

- ✓ Classer les valeurs selon un ordre croissant (décroissant), attribuant à chaque valeur un rang r .
- ✓ Faire correspondre à chaque fréquence empirique une variable normale centrée ou réduite, selon la formule de *Hazen* : $F = \frac{r-0,5}{n}$, où (r) est le rang de chaque valeur et (n) est la taille de l’échantillon.
- ✓ Tracer le graphique représentatif des variations de valeurs de température en fonction de la variable réduite (U) de *Gauss*, sachant que $U = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma}$.

L’examen visuel des représentations graphiques, illustrées dans la figure suivante (*Fig. 14*), laisse constater que les valeurs de température des différentes stations s’ajustent à une loi de *Gauss*, avec un intervalle de confiance de 80%. Elles peuvent alors être utilisées ultérieurement sans risque.

Néanmoins, nous nous sommes précautionnés quant au choix de ce paramètre, en estimant que c’est plutôt judicieux d’opter pour une valeur moyenne de température ; issue des calculations par l’emploi des deux méthodes avancées plus haut, dans la suite du chapitre.

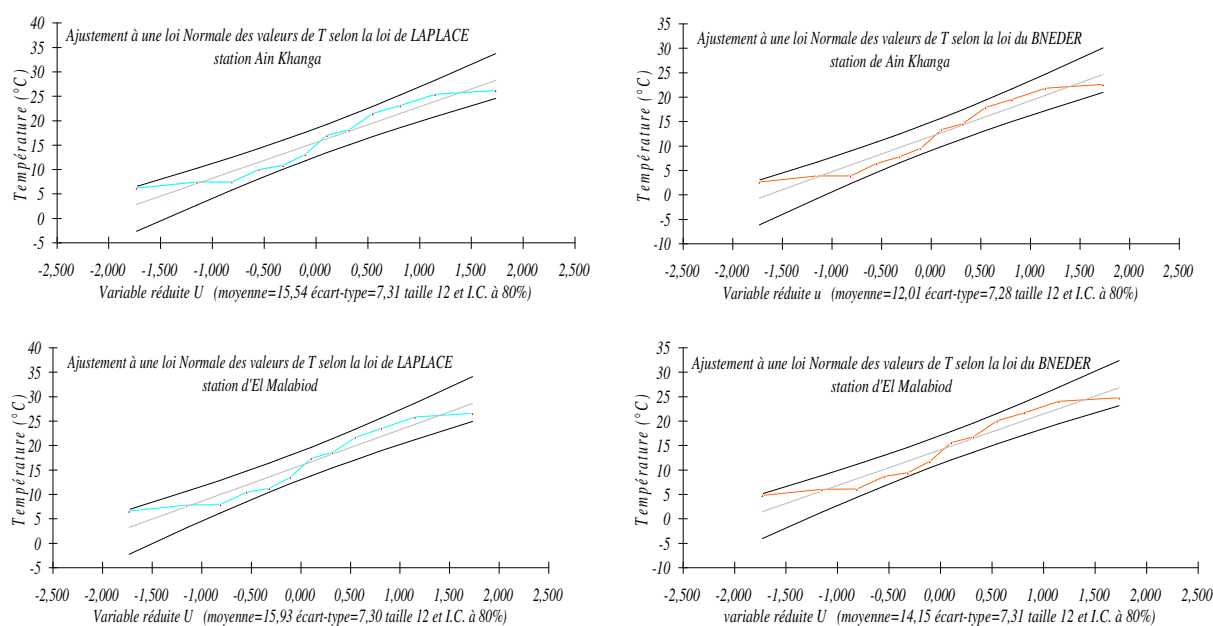


Fig. 14. 1. Ajustement à une loi normale des données de températures aux stations d’observation/Bassin d’El Malabiod.

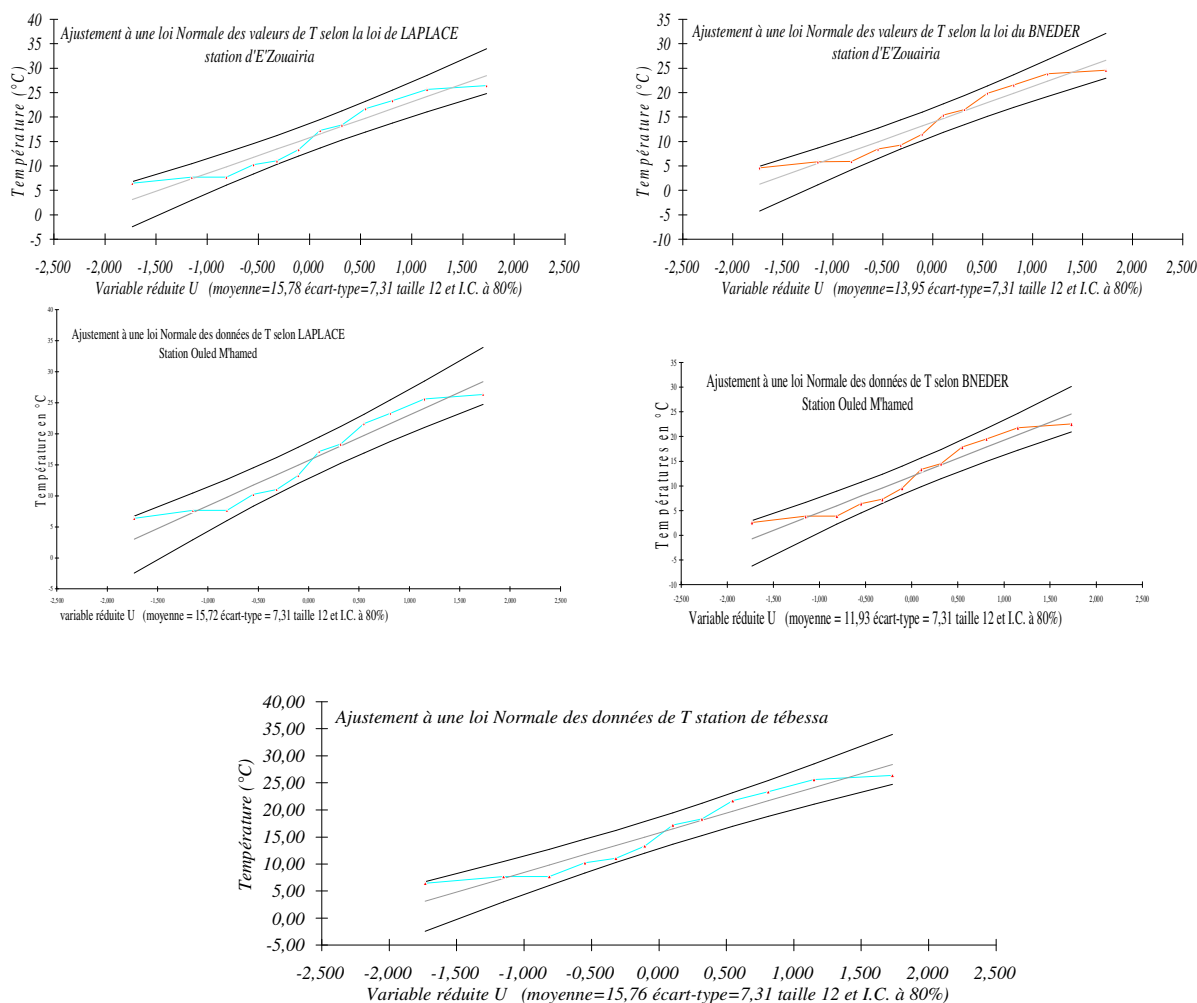


Fig. 14. 2. Ajustement à une loi normale des données de températures aux stations d’observation/Bassin d’El Malabiod.

III – 5- 5- Variation des températures et régime thermique

Comme déjà signalé, la région d’étude est malheureusement dépourvue de stations thermométriques, sachant pertinemment l’importance du facteur température ; dans la compréhension de certains processus et son rôle primordial dans divers activités et phénomènes naturels, entre autres, cycle de l’eau, photosynthèse...etc.

On était contraint d’avoir recours aux données d’une station référentielle qu’est celle de Tébéssa, pour l’estimation du dit paramètre à l’échelle du bassin objet d’intérêt.

L’examen des séries de valeurs correspondant au facteur température montre que Janvier est le mois le plus froid avec respectivement 4.42, 5.72, 5.53 et 4.49°C pour Ain Khanga, El Malabiod, E’Zouaïria et Ouled M’hamed. Et Juillet est le mois le plus chaud, avec (Ain Khanga : 24.39°C, El Malabiod : 25.69°C, E’Zouaïria : 25.50°C et Ouled M’hamed : 24.36°C).

Il y a lieu de signaler qu’effectivement en hiver il fait plus frais du côté d’El Malabiod qu’à Tébéssa, et ce puisque cette dernière se localise à une altitude inférieure (810m).

En été c’est pratiquement la même ambiance qui règne, toutefois le thermomètre se voit à la hausse à l’échelle de notre région d’étude, lors du passage du vent du Sud.

Station Mois	Tébessa	Ain Khanga	El Malabiod	E'Zouaïria	Ouled M'hamed
SEP	21,69	19,68	20,89	20,79	19,75
OCT	17,22	15,21	16,50	16,32	15,28
NOV	11,06	9,32	10,35	10,16	9,15
DÉC	7,67	5,66	6,95	6,77	5,73
JAN	6,43	4,42	5,72	5,53	4,49
FÉV	7,70	5,69	6,98	6,80	5,76
MAR	10,25	8,24	9,54	9,35	8,31
AVR	13,34	11,33	12,63	12,44	11,40
MAI	18,37	16,36	17,66	17,47	16,43
JUIN	23,35	21,34	22,63	22,45	21,41
JUIL	26,40	24,39	25,69	25,50	24,36
AOUT	25,63	23,62	24,92	24,73	23,69

Tab. 28. Moyennes mensuelles des températures (°C), 1 974/75 ÷ 2 008 /09/Bassin d'El Malabiod.

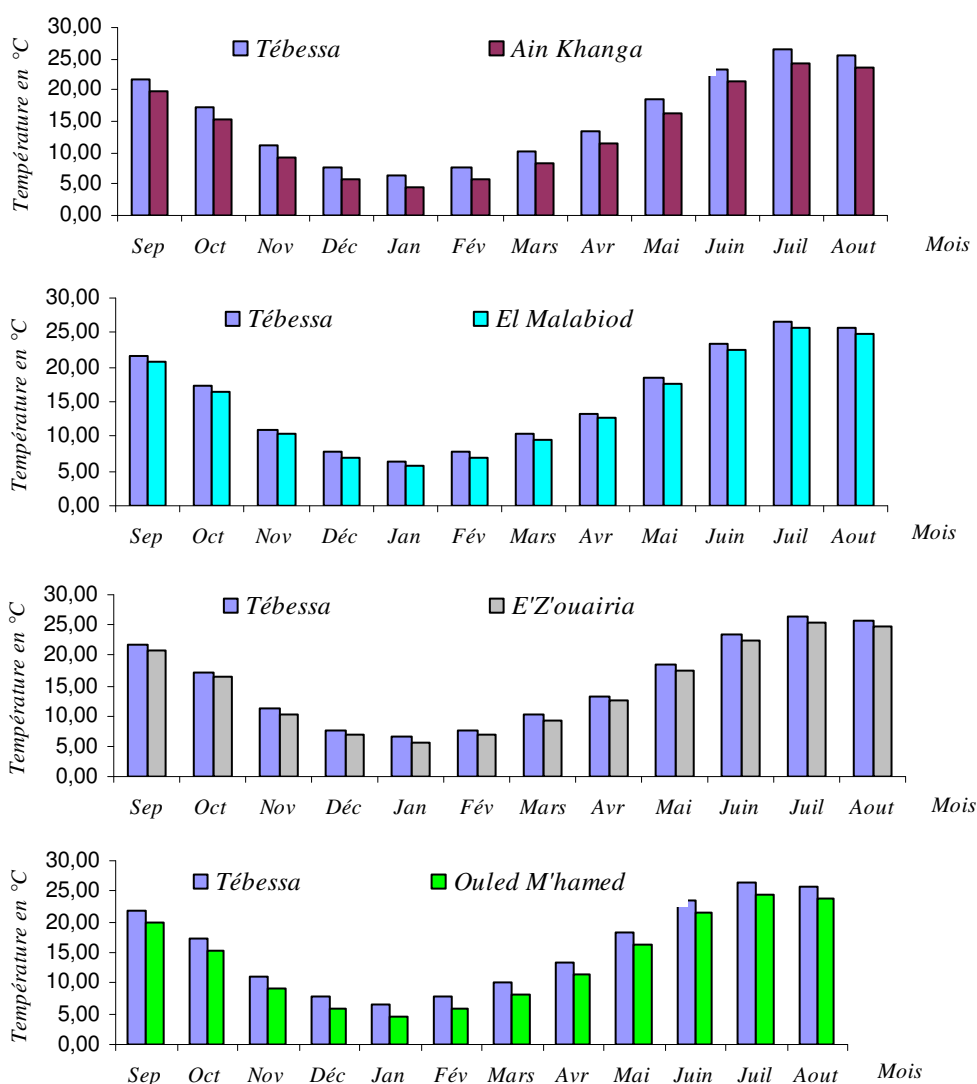


Fig. 15. Variations des températures moyennes mensuelles (74/75 ÷ 08/09)/Bassin d'El Malabiod.

III – 6- Détermination des indices climatiques

III – 6- 1- L’indice d’aridité de E. DE Martone

DE Martone avait, depuis 1923, établi une relation qu’on appela désormais l’indice d’aridité, qui est fonction des précipitations et des températures, et dont l’expression est :

$$I = \frac{P}{T + 10} \text{ Avec :}$$

P : Précipitation annuelle moyenne (mm), T : Température annuelle moyenne (°C).

Il a mis en place une classification selon les valeurs de cet indice, obtenues par l’application de la formule précédente.

- $I < 5$ Le climat est hyperaride.
- $5 < I < 7,5$ Il est désertique.
- $7,5 < I < 10$ On parle de climat steppique.
- $10 < I < 20$ Il est semi-aride.
- $20 < I < 30$ Le climat est tempéré.

Station	Précipitation (mm)	Température (°C)	Indice d’aridité	Observation
Ain Khanga	245,73	13,77	10,33	Climat semi-aride
El Malabiod	237,87	15,04	9,50	Climat steppique
E’Zouaïria	227,07	14,86	9,13	Climat steppique
Ouled M’hamed	216,92	13,81	9,11	Climat steppique

Tab. 29. Indice d’aridité de E. DE Martone et type de climat/Bassin d’El Malabiod.

La lecture du tableau (Tab. 29) et l’observation de l’abaque (Fig. 16), laissent dire que le climat qui règne sur la région est semi-aride à steppique.

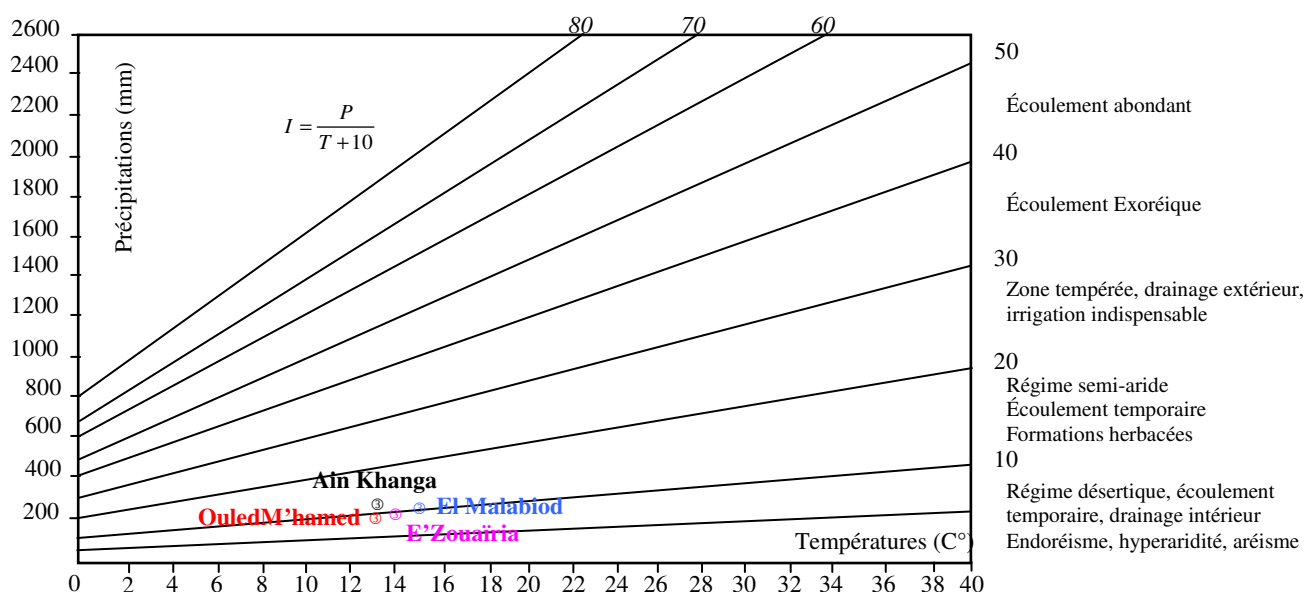


Fig. 16. Abaque de l’Indice d’aridité annuel de E. DE Martone PV. 1923/Bassin d’El Malabiod.

III – 6- 2- L'indice d'aridité mensuel

L'expression permettant la détermination de cet indice est établie en fonction des températures et des précipitations, seulement ces dernières sont prises comme des moyennes mensuelles.

$$I = \frac{12P}{T + 10} \quad \text{Avec :}$$

P : Moyenne mensuelle des précipitations (mm), T : Moyenne mensuelle des températures (°C).

Station Mois	Ain Khanga			El Malabiod			E'Zouaïria			Ouled M'hamed		
	T°C	P (mm)	I	T°C	P (mm)	I	T°C	P (mm)	I	T°C	P (mm)	I
SEP	19,68	22,34	9,03	20,89	31,10	12,08	20,79	28,98	8,96	19,75	20,66	8,33
OCT	15,21	19,42	9,24	16,50	25,96	11,75	16,32	19,60	8,93	15,28	18,74	8,89
NOV	9,32	22,37	13,89	10,35	22,79	13,43	10,16	21,47	12,78	9,15	21,84	13,68
DÉC	5,66	22,67	17,37	6,95	14,30	10,12	6,77	11,92	8,53	5,73	15,59	11,89
JAN	4,42	24,01	19,98	5,72	18,25	13,93	5,53	16,09	12,43	4,49	19,53	16,17
FÉV	5,69	16,99	12,99	6,98	16,05	11,34	6,80	17,16	12,25	5,76	14,29	10,88
MAR	8,24	26,45	17,40	9,54	25,08	15,40	9,35	22,05	13,67	8,31	19,87	13,02
AVR	11,33	22,70	12,77	12,63	17,94	9,51	12,44	18,73	10,01	11,40	19,43	10,89
MAI	16,36	20,46	9,31	17,66	22,08	9,58	17,47	23,04	10,06	16,43	24,09	10,93
JUIN	21,34	19,10	7,31	22,63	20,94	7,70	22,45	20,14	7,44	21,41	16,34	6,24
JUIL	24,39	10,38	3,62	25,69	8,39	2,82	25,50	7,36	2,48	24,36	9,48	3,31
AOÛT	23,62	18,78	6,70	24,92	15,03	5,16	24,73	20,48	7,07	23,69	16,96	6,04

Tab. 30. Indice d'aridité mensuel/Bassin d'El Malabiod.

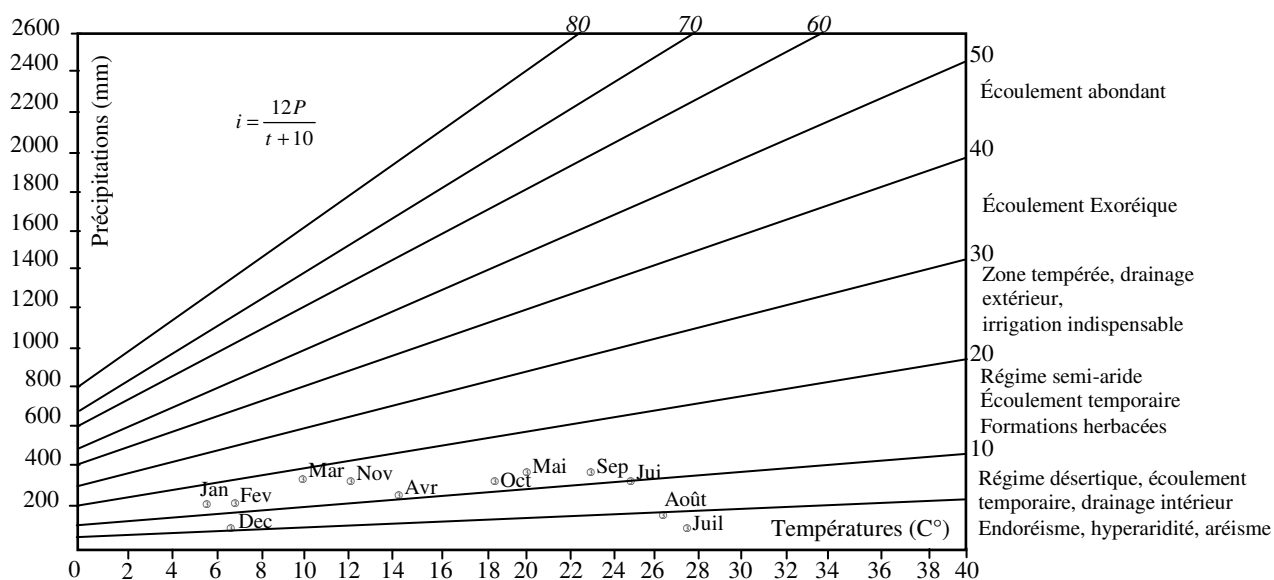


Fig. 17. Abaque de l'Indice d'aridité Mensuel de E. DE. Martone PV 1 923/Bassin d'El Malabiod.

Juillet se reconnaît comme mois hyperaride, alors que Décembre et Août sont steppiques, le reste est semi-aride.

III – 6- 3- Diagramme pluviothermique

Selon *F. Bagnouls* et *Goussen*, un mois sec est celui dont le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \leq 2T$).

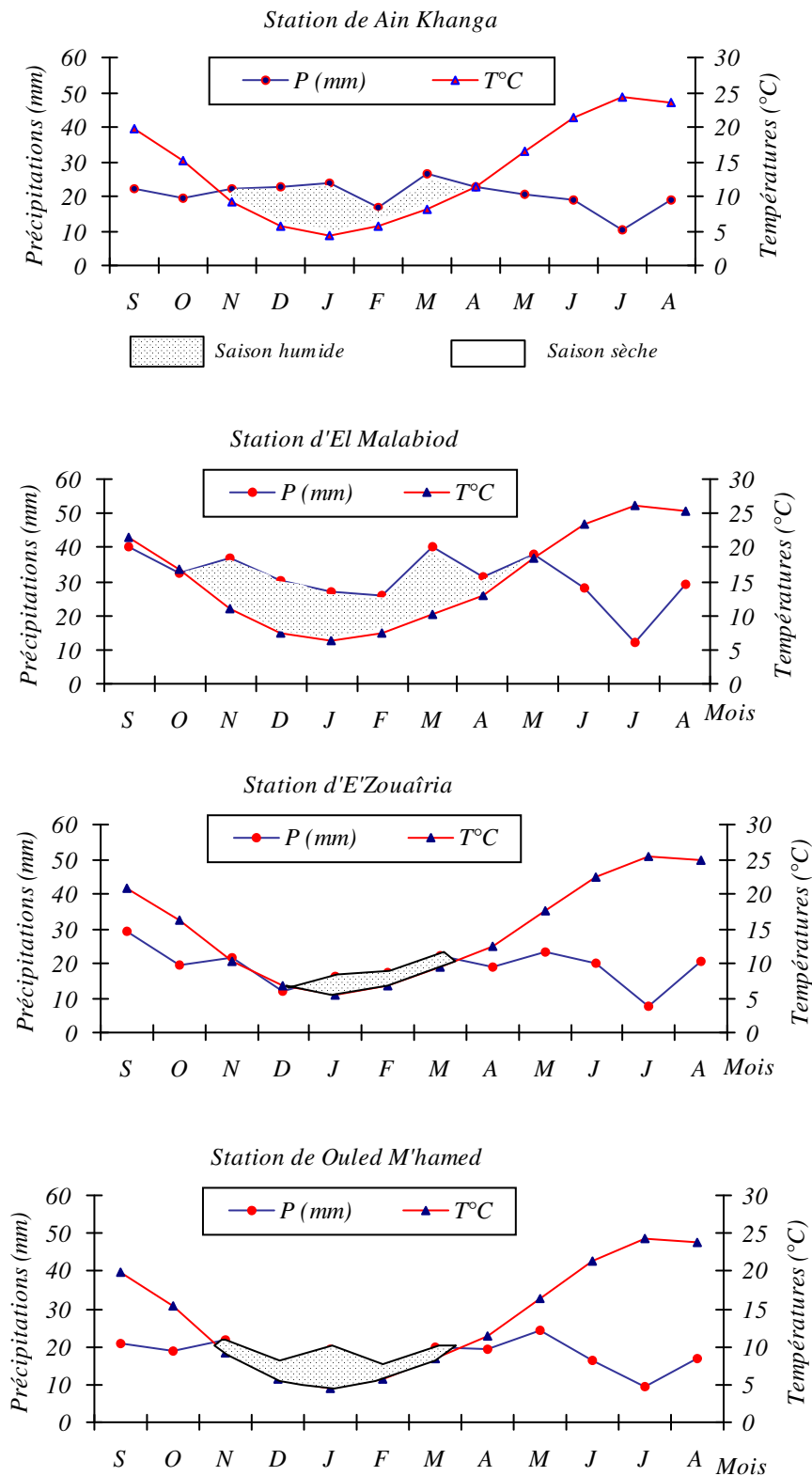


Fig. 18. Diagrammes pluviothermiques aux stations d'observation (1 974/75 ÷ 2 008/09)/Bassin d'El Malabiod.

L'établissement du diagramme se fait en portant en ordonnées, les températures à une échelle double de celles des précipitations, et en abscisse les mois de l'année agricole.

Si sur la représentation graphique ainsi obtenue, la courbe des précipitations passe au dessus de celles des températures, la saison est dite humide. Elle est sèche dans le cas contraire.

Les dits diagrammes (*Fig. 18*), relatifs aux stations d’observation du bassin d’El Malabiod, laissent dire que la saison de sécheresse débute au mois d’Avril et continue jusqu’au mois d’Octobre.

IV – Le bilan hydrique

Il traduit la suite des différentes phases du phénomène météorique aqueux (pluie, neige, grêle) atteignant le sol, avant de rebrousser chemin vers l’atmosphère.

L’estimation du bilan hydrologique naturel peut se faire par l’application de la formule suivante (*G. Castany 1 982*) :

$$P = ETR + R + I \equiv mm \quad \text{Où :}$$

P : Précipitations annuelles (*mm*), *ETR* : Évapotranspiration réelle annuelle (*mm*).

R : Ruissellement (*mm*), *I* : Infiltration (*mm*).

IV – 1- Étude de l’Évapotranspiration

Considérée comme l’un des paramètres déterminant du cycle hydrique, elle est définie comme étant la somme de quantités d’eau (*mm*) reprises de la surface du sol suite à la conjugaison de deux phénomènes ; l’un biologique ; l’évaporation et l’autre physique qu’est la transpiration.

L’interdépendance des facteurs dont elle est fonction (l’humidité, la température, l’insolation et le couvert végétale) rend son estimation laborieuse.

IV – 1- 1- Estimation de l’évapotranspiration réelle (*ETR*)

C’est une fraction de l’*ETP* qui dépend de l’état du stock en eau du sol. Les pertes d’eau d’un sol atteignent l’évapotranspiration potentielle, si elles sont supérieures ou égales au stock d’eau de la réserve facilement utilisable.

En cas d’insuffisance, elles sont limitées à une quantité plus faible, cette limite est appelée l’évapotranspiration réelle (*G. Castany*). Son évaluation se fera par l’application de l’une des formules, soit de *L. Turc* ou celle de *Coutagne*.

IV – 1- 1- a- Formule de *L. Turc*

Cette expression permet de déterminer directement l’*ETR* annuelle d’un bassin versant à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \equiv mm \quad \text{Avec :}$$

P : Précipitation moyenne annuelle (*m*), *T* : Température moyenne annuelle (°C).

L : Facteur qui tient compte des échanges de chaleur ($L = 0,05T^3 + 25T + 300$).

Station	Paramètre Précipitation (<i>mm</i>)	Température (°C)	<i>L</i>	<i>ETR</i>
Ain Khanga	245,73	13,77	774,8	245,65
El Malabiod	237,87	15,04	846,1	240,40
E’Zouaïria	227,07	14,86	835,57	230,09
Ouled M’hamed	216,92	13,81	776,94	219,35

Tab. 31. *ETR* selon la méthode de *L. Turc* annuelle/Bassin d’El Malabiod.

IV – 1- 1- b- Formule de Coutagne

Le déficit d’écoulement calculé à partir de cette expression, qui fait aussi intervenir température et précipitation, peut être rapproché de l’ETR.

$$D = P - \lambda P^2 \Leftrightarrow ETR = P - \lambda P^2$$

Et qui n’est applicable que lorsque $0,125\lambda < P < 0,5\lambda$ et $\lambda = \frac{1}{0,4T + 0,8}$ Où :

D : Déficit d’écoulement (m/an), P : Précipitation annuelle (m), T : Température moyenne annuelle (°C).

Station	λ	$\lambda/8$	$\lambda/2$	P	$\lambda/8 < P < \lambda/2$	Observation
Ain Khanga	0,158	0,0197	0,079	245,73	Non comprise	Méthode non applicable
El Malabiod	0,146	0,0182	0,073	237,87	Non comprise	Méthode non applicable
E’Zouaïria	0,148	0,0185	0,074	227,07	Non comprise	Méthode non applicable
Ouled M’hamed	0,158	0,0197	0,079	216,92	Non comprise	Méthode non applicable

Tab. 32. Applicabilité de la formule de *Coutagne*/Bassin d’El Malabiod.

Cette formule n’est donc pas applicable car la condition $0,125\lambda < P < 0,5\lambda$ n’est pas satisfaite.

IV – 1- 2- Estimation de l’évapotranspiration potentielle (ETP)

IV – 1- 2- 1- Formule de C.W. Thornthwaite

Le calcul de l’évapotranspiration potentielle non corrigée, est rendu possible par l’application de la formule dite de *Thornthwaite* qui a pour expression :

$$ETP = 16 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a \equiv mm \text{ Où } I = \sum_{i=1}^{12} i \text{ et } i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

, l’exposant (a) est donné par l’expression

de *Serra*, après simplification de la longue formule de *Thornthwaite* : $a = \frac{1,6}{100} \cdot I + 0,5$.

ETP : Évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm), i : Indice thermique mensuel.

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré (°C), I : Indice thermique annuel.

Elle tient compte des températures moyennes mensuelles et de l’indice thermique.

L’évapotranspiration potentielle corrigée peut être déterminée en faisant intervenir un coefficient correctif (k) qui dépend de la latitude, selon l’expression :

$$ETP = 16 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a \cdot k \equiv mm \text{ Avec :}$$

K : Coefficient de correction (ou d’ajustement mensuel)

Les résultats de calcul pour deux stations (choisies comme exemple) ; El Malabiod et Ain Khanga, sont récapitulés dans les tableaux suivants (*Tab 33* et *Tab 34*).

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
i	8,71	6,09	3,00	1,64	1,22	1,65	2,66	4,06	6,75	9,83	11,91	11,38
$ETP.nc$	94,37	64,7	30,68	16,22	11,87	16,33	26,93	42,2	72,13	107,3	131,4	125,15
k	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16
$ETP.c$	97,2	62,8	26,4	13,13	10,32	13,9	27,73	46,42	87,3	130,9	162,9	145,17

Tab. 33. Résultats de calcul de l’ETP selon la formule de *C. W. Thornthwaite*/Station d’El Malabiod.

On obtient une valeur totale de l'*ETP* de l'ordre de 824.17mm/an , pour El Malabiod, et

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
<i>i</i>	7,96	5,39	2,56	1,2	0,83	1,21	2,13	3,45	6,02	8,99	11,01	10,5
<i>ETP.nc</i>	72,36	61,48	29,78	14,23	9,87	14,34	24,82	39,76	68,48	101,5	123,7	117,9
<i>k</i>	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16
<i>ETP.c</i>	74,53	59,63	25,61	11,52	8,59	12,19	25,56	43,73	82,86	123,83	170,74	136,76

Tab. 34. Résultats de calcul de l'*ETP* selon la formule de *C. W. Thornthwaite*/Station de Ain Khanga.

Un total d'environ 775.55mm/an , pour la station de Ain Khanga.

IV – 1- 2- 2- Formule de *L. Turc*

Cette expression permet l'estimation du paramètre évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle, considérant la durée réelle d'insolation ainsi que l'humidité relative de l'air, par :

$$ETP_{\text{mois}} = 0,40 \frac{T}{T + 15} (I_g + 50) \equiv \text{mm} \quad \text{Avec :}$$

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré ($^{\circ}\text{C}$) à l'abri.

I_g : Radiation globale moyenne du mois considéré ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{j}$).

Si l'humidité de l'air durant le mois considéré est inférieure à 50%, on fait appel à un terme correctif (*k*) qui sera ensuite multiplié par l'*ETP* du mois. Ce terme est défini par :

$$K = 1 \frac{(50 - h_r)}{70} \quad \text{Où } h_r \text{ est l'humidité relative de l'air.}$$

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
<i>T</i>	20,89	16,5	10,35	6,95	5,72	6,98	9,54	12,63	17,66	22,63	25,69	24,92
<i>I_g</i>	437,5	333,1	243,6	192,3	209,1	285	372,6	459,2	537,1	593,3	625,3	554,7
<i>h_r%</i>	57,04	62,98	69,72	72,62	72,33	68,36	66,38	61,93	56,20	49,17	41,52	45,12
<i>ETP</i>	113,50	79,85	47,95	30,69	28,61	42,55	65,72	93,1	126,98	154,74	170,54	160
<i>ETP totale</i>	1 114,23											

Tab. 35. Résultats de calcul de l'*ETP* par la méthode de *L. Turc*/Station d'El Malabiod.

IV – 1- 2- 3- Discussion des résultats

Comme nous l'avons signalé plus haut, les valeurs de températures étaient déduites en prenant la station météorologique la plus proche comme référence, en l'occurrence celle de Tébéssa. En effet cette dernière appartient au grand bassin versant du Mélégue, alors que notre région fait partie d'un autre bassin qu'est celui du Chott Melhrir.

Paramètre	Méthode de détermination	El Malabiod	Ain Khanga
<i>ETP</i>	<i>L. Turc</i>	1 114,23	/
	<i>C. W. Thornthwaite</i>	824,17	775,55
<i>ETR</i>	<i>L. Turc</i>	240,40	245,65
	<i>Coutagne</i>	Non applicable	Non applicable

Tab. 36. Valeurs de l'*ETP* et de l'*ETR* et méthodes d'estimation/Bassin d'El Malabiod.

Il est probable que la surestimation de ce facteur a fait que les valeurs, obtenues lors du calcul de l'*ETP* et de l'*ETR*, paraissent un peu exagérées, et ce puisqu'il est un paramètre déterminant dans les diverses formules utilisées.

En outre, il y'a l'impact de l'altitude (une marge de 240 à 400m entre les deux régions), conjugué à l'effet d'écran-barrière (*effet de Foehn*), que constitue la série des monts qui les sépare.

IV – 2- Estimation de la réserve facilement utilisable

Définie comme étant la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, dont le degré de saturation est fonction de plus d'un facteur :

- ✓ La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle.
- ✓ La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- ✓ Le couvert végétal.
- ✓ Le climat de la région.

Tenant compte de tous ces paramètres, *J. Richard* a estimé la *RFU*, lors d'une étude se rapportant à la plaine de Tébessa, entre 25 et 26mm, alors que le cabinet le *Petit*, suite à une étude agropédologique en 1966/67, sur la région, considère que $23mm < RFU < 35mm$.

IV – 3- Indice thermique mensuel

Il peut être déterminé en appliquant la formule faisant intervenir la température moyenne mensuelle (*T*) du mois considéré dont l'expression est de la forme :

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,5}$$

IV – 4- Indice thermique annuel

C'est la sommation des valeurs des indices mensuels des douze (12) mois de l'année.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

IV– 5- Bilan d'eau par la méthode de *G. W. Thornthwaite*

Lors de l'établissement du bilan mensuel, on fait intervenir l'évapotranspiration moyenne, réelle et potentielle, par la méthode de *C.W. Thornthwaite*. Il s'articule sur l'hypothèse suivant :

- ✓ La satisfaction de l'*ETR* est prioritaire sur l'écoulement.
- ✓ Le calcul de l'*ETR* peut se faire selon deux cas :
 - Si $P > ETP$, alors $ETR = ETP$, il y a donc un excédent.
 - Si $P < ETP$, alors $ETR = P + RFU$.

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	i	K	ETP_C	Pr	BE	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
SEP	19,68	8,0	1,03	92,7	22,34	-70,4	-0,8	0,0	0,0	22,3	70,4	0,0
OCT	15,21	5,4	0,97	59,6	19,42	-40,2	-0,7	0,0	0,0	19,4	40,2	0,0
NOV	9,32	2,6	0,86	25,6	22,37	-3,2	-0,1	0,0	0,0	22,4	3,2	0,0
DÉC	5,66	1,2	0,81	11,5	22,67	11,1	1,0	11,1	11,1	11,5	0,0	0,0
JAN	4,42	0,8	0,87	8,6	24,01	15,4	1,8	15,4	26,6	8,6	0,0	0,0
FÉV	5,69	1,2	0,85	12,2	16,99	4,8	0,4	2,4	29,0	12,2	0,0	2,4
MAR	8,24	2,1	1,03	25,6	26,45	0,9	0,0	0,0	29,0	25,6	0,0	0,9
AVR	11,33	3,5	1,10	43,7	22,7	-21,0	-0,5	-21,0	8,0	43,7	0,0	0,0
MAI	16,36	6,0	1,21	82,9	20,46	-62,4	-0,8	-8,0	0,0	28,4	54,4	0,0
JUIN	21,34	9,0	1,22	123,8	19,1	-104,7	-0,8	0,0	0,0	19,1	104,7	0,0
JUIL	24,39	11,0	1,24	153,3	10,38	-143,0	-0,9	0,0	0,0	10,4	143,0	0,0
AOUT	23,62	10,5	1,16	136,8	18,78	-118,0	-0,9	0,0	0,0	18,8	118,0	0,0
Annuel	13,8	61,3		776,3	245,7	-530,6				242,4	533,9	3,3

Tab. 37. Bilan d'eau selon la méthode de C. W. Thornthwaite/Station de Ain Khanga (1 974/75 ÷ 2 008/09).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	i	K	ETP_C	Pr	BE	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
SEP	20,89	8,7	1,03	97,4	31,01	-66,4	-0,7	0,0	0,0	31,0	66,4	0,0
OCT	16,5	6,1	0,97	62,9	25,96	-36,9	-0,6	0,0	0,0	26,0	36,9	0,0
NOV	10,35	3,0	0,86	26,4	22,79	-3,6	-0,1	0,0	0,0	22,8	3,6	0,0
DÉC	6,95	1,6	0,81	13,1	14,3	1,2	0,1	1,2	1,2	13,1	0,0	0,0
JAN	5,72	1,2	0,87	10,3	18,25	7,9	0,8	7,9	9,1	10,3	0,0	0,0
FÉV	6,98	1,7	0,85	13,9	16,05	2,2	0,2	2,2	11,3	13,9	0,0	0,0
MAR	9,54	2,7	1,03	27,7	25,08	-2,7	-0,1	-2,7	8,6	27,7	0,0	0,0
AVR	12,63	4,1	1,10	46,4	19,74	-26,7	-0,6	-8,6	0,0	28,4	18,1	0,0
MAI	17,66	6,8	1,21	87,4	22,08	-65,4	-0,7	0,0	0,0	22,1	65,4	0,0
JUIN	22,63	9,8	1,22	131,2	20,94	-110,3	-0,8	0,0	0,0	20,9	110,3	0,0
JUIL	25,69	11,9	1,24	163,4	8,39	-155,0	-0,9	0,0	0,0	8,4	155,0	0,0
AOUT	24,92	11,4	1,16	145,6	15,03	-130,6	-0,9	0,0	0,0	15,0	130,6	0,0
Annuel	15,0	69,0		825,8	239,6	-586,2				239,6	586,2	0,0

Tab. 38. Bilan d'eau selon la méthode de C. W. Thornthwaite/Station d'El Malabiod (1 974/75 ÷ 2 008/09).

- ✓ T° : Température mensuelle ($^{\circ}C$), Pr : Précipitation mensuelle (mm), i : Indice thermique.
- ✓ RFU : Réserve facilement utilisable (mm), ETR : Évapotranspiration réelle (mm).
- ✓ K : Coefficient de latitude, ETP : Évapotranspiration potentielle (mm), Def : Déficit agricole (mm)
- ✓ BE : Bilan d'eau, EXC : Excédent (mm).

Formules de vérification: $P = \sum ETR + \sum Exc \equiv mm$ A.N : $P = 239,6 + 0 = 239,6mm$.

$ETP = \sum ETR + \sum Def \equiv mm$ A.N : $ETP = 239,6 + 586,2 = 825,8mm$.

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	i	K	ETP_C	Pr	BE	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
SEP	20,79	8,6	1,03	97,3	28,98	-68,3	-0,7	0,0	0,0	29,0	68,3	0,0
OCT	16,32	6,0	0,97	62,4	19,6	-42,8	-0,7	0,0	0,0	19,6	42,8	0,0
NOV	10,16	2,9	0,86	26,1	21,47	-4,6	-0,2	0,0	0,0	21,5	4,6	0,0
DÉC	6,77	1,6	0,81	12,9	11,92	-1,0	-0,1	0,0	0,0	11,9	1,0	0,0
JAN	5,53	1,2	0,87	10,1	16,09	6,0	0,6	6,0	6,0	10,1	0,0	0,0
FÉV	6,8	1,6	0,85	13,6	17,16	3,5	0,3	3,5	9,5	13,6	0,0	0,0
MAR	9,35	2,6	1,03	27,4	22,05	-5,3	-0,2	-5,3	4,2	27,4	0,0	0,0
AVR	12,44	4,0	1,10	46,0	18,73	-27,3	-0,6	-4,2	0,0	22,9	23,1	0,0
MAI	17,47	6,6	1,21	86,7	23,04	-63,7	-0,7	0,0	0,0	23,0	63,7	0,0
JUIN	22,45	9,7	1,22	130,2	20,14	-110,0	-0,8	0,0	0,0	20,1	110,0	0,0
JUIL	25,5	11,8	1,24	161,9	7,36	-154,5	-1,0	0,0	0,0	7,4	154,5	0,0
AOUT	24,73	11,2	1,16	144,3	20,48	-123,8	-0,9	0,0	0,0	20,5	123,8	0,0
Annuel	14,9	67,9		818,8	227,0	-591,8				227,0	591,8	0,0

Tab. 39. Bilan d'eau selon la méthode de C. W. Thornthwaite/Station d'E'Zouäiria (1 974/75 ÷ 2 008/09).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	i	K	ETP_C	Pr	BE	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
SEP	19,75	8,0	1,03	93,1	20,66	-72,4	-0,8	0,0	0,0	20,7	72,4	0,0
OCT	15,28	5,4	0,97	59,9	18,74	-41,2	-0,7	0,0	0,0	18,7	41,2	0,0
NOV	9,15	2,5	0,86	24,8	21,84	-3,0	-0,1	0,0	0,0	21,8	3,0	0,0
DÉC	5,73	1,2	0,81	11,7	15,59	3,9	0,3	3,9	3,9	11,7	0,0	0,0
JAN	4,49	0,8	0,87	8,7	19,53	10,8	1,2	10,8	14,7	8,7	0,0	0,0
FÉV	5,76	1,2	0,85	12,3	14,29	2,0	0,2	2,0	16,7	12,3	0,0	0,0
MAR	8,31	2,2	1,03	25,8	19,87	-5,9	-0,2	-5,9	10,8	25,8	0,0	0,0
AVR	11,4	3,5	1,10	44,0	19,43	-24,5	-0,6	-10,8	0,0	30,2	13,7	0,0
MAI	16,43	6,1	1,21	83,2	24,09	-59,1	-0,7	0,0	0,0	24,1	59,1	0,0
JUIN	21,41	9,0	1,22	124,3	16,34	-107,9	-0,9	0,0	0,0	16,3	107,9	0,0
JUIL	24,36	11,0	1,24	153,0	9,48	-143,5	-0,9	0,0	0,0	9,5	143,5	0,0
AOUT	23,69	10,5	1,16	137,3	16,99	-120,3	-0,9	0,0	0,0	17,0	120,3	0,0
Annuel	13,8	61,5		778,0	216,9	-561,1				216,9	561,1	0,0

Tab. 40. Bilan d'eau selon la méthode de C. W. Thornthwaite/Station de Ouled M'hamed (1 974/75 ÷ 2 008/09).

IV – 6- Répartition des précipitations

IV – 6- 1- Le ruissellement

La formule empirique de *Tixeront-Berkaloff*, ci-après, qui s'appliquerait le plus souvent aux bassins hydrologiques en climat semi-aride à aride, s'appuyant sur la théorie suivante :

- ✓ Si les précipitations sont vues à la hausse, le ruissellement lui, tend à une grandeur qui leur soit analogue (déduction faite de l'*ETR* plafonnée à la valeur de l'*ETP*).
- ✓ Si les précipitations tendent à s'anéantir, le ruissellement se réduit à néant et le rapport ruissellement/pluviométrie tend par conséquent vers zéro.

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \equiv m \quad \text{Si } P < 600\text{mm}$$

Cette expression est modifiée par *Romantchok* (1974).

$$R = \frac{P^3}{3} \equiv m \quad \text{Si } P > 600\text{mm} \quad \text{Avec :}$$

R : Ruissellement (m), P : Précipitation moyenne mensuelle (m), ETP : Évaporation potentielle (m).

Station \ Paramètre	Précipitation (mm)	ETP (mm)	R (mm)	R moyen (mm)
Ain Khanga	245,73	776,3	8,2	6,55
El Malabiod	237,87	825,8	6,57	
E’Zouaïria	227,07	818,8	5,82	
Ouled M’hamed	216,92	778,0	5,62	

Tab. 41. Estimation du ruissellement selon la méthode de *Tixeront-Berkaloff*/Bassin d’El Malabiod.

Il est à noter qu’on reproche à la formule de ne pas avoir considéré ni la nature lithologique des formations traversées ni celle du sol.

IV – 6- 2- L’infiltration

On est appelé d’avoir recours à l’équation générale du bilan qui permettrait d’avoir d’admissibles approches du paramètre, puisque tous les composants de l’équation sont connus.

$$P = ETR + R + I \quad \text{D’où } I = P - ETR - R \quad \text{Avec :}$$

I : Infiltration efficace moyenne annuelle (mm), P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle (mm), R : Ruissellement annuel (mm).

Station \ Paramètre	Précipitation (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Ain Khanga	245,73	242,4	8,2	Négative
El Malabiod	237,87	239,6	6,57	
E’Zouaïria	227,07	227,0	5,82	
Ouled M’hamed	216,92	216,9	5,62	

Tab. 42. Estimation de l’infiltration/Bassin d’El Malabiod.

Si on se réfère aux résultats, on doit dire que l’infiltration est quasi-nulle dans la région, et donc les quantités d’eau précipitées sont reprises ou presque par le phénomène d’évapotranspiration, ce qui ne reflète guère la réalité.

Les chiffres restent donc constamment conservatifs et ne doivent pas toujours être pris pour témoins ou références, mais doivent être traités en tant que des ordres de grandeurs.

Il est préférable de procéder à des prises de mesures, in situ même, tenant compte des divers faciès répartis à l’échelle du bassin versant, cependant et à défaut de moyens (tel un Lysimètre), toute tentative d’estimation de ce paramètre s’avère difficile.

Toutefois, une étude menée sur le territoire du bassin, dans le but d'y déceler l'aptitude à l'infiltration, en vue d'une assistance relative à des programmes d'irrigation et de drainage, en utilisant le système infiltromètre, dans 12 sites jugés représentatifs.

Il a été conclu que l'infiltrabilité varie de 0,4 à 6cm/h. Elle est maximale au nord, où les sables et grès viennent en contact des bancs calcaires qui les alimentent, surtout lors des fontes de neiges.

Elle se voit à la baisse, en allant au centre où, elle devient faible à cause de la croûte calcaire constituant la surface du sol, qui est connue par une nudité préoccupante et une pente raide.

On a adopté une valeur moyenne, pour l'ensemble du bassin, égale à 10,4mm.

Conclusion

Un cadre bioclimatique contraignant

La latitude méridionale, ou l'écran montagneux du Tell, font de la région un domaine semi-aride par excellence ; caractérisé par une saison bioclimatique sèche, d'une durée de plus de cinq (05) mois, d'Avril à Octobre.

L'amplitude thermique annuelle dépasse largement les vingt cinq degrés Celsius (25°C). Les hautes plaines sont, en général, le fief des étés chauds et des hivers très froids. Les effets du sirocco sont possibles en toute saison, mais très fréquents en périodes estivales, où ils peuvent être à l'origine d'une montée de dix degrés Celsius (10°C) en vingt quatre heures (24h) ; ce qui initie une accentuation des assèchements.

L'impact du gel est plus grave encore. Les valeurs de la moyenne des minima du mois le plus froids oscillent de zéro (0°C) à trois (03°C) degrés Celsius. Cette ambiance provoque ainsi un état de dormance de la végétation.

La pluviométrie, quant à elle, d'une répartition spatio-temporelle non uniforme, est très souvent marquée par sa violence, causant une hydromorphie accentuée des sols.

Les moyennes annuelles des précipitations oscillent de 216 à 245mm/an et celles des températures sont d'environ 15°C.

Le bilan d'eau dans son ensemble est déficitaire ; avec une lame d'eau moyenne de l'ordre de 234,83mm/an, une ETR moyenne de 231,5mm/an ce qui équivaut presque la totalité des précipitations, un ruissellement faible et une infiltration insignifiante.

Les productions agricoles, notamment les légumes, sont réputés pour leur absence de maladies. La semi aridité marque durement la végétation et les écoulements. C'est précisément dans ce dit milieu que la nécessité de mettre en œuvre le développement durable apparaît incontournable. Il s'agit en fait de concilier les besoins présents et ceux des générations futures.

Donc c'est à ce contexte que se trouve incluse notre région, avec toutes les variabilités, les risques et les aléas dont elle est marquée.

Dans cet essai, nous avons tenté de donner un aperçu, de faire ressortir les caractères généraux et d'analyser les facteurs conditionnant le climat de la dite région ainsi que les irrégularités et les nuances, qui lui sont typiques, dans l'espace et dans le temps, et ce en fonction des données auxquelles nous avons eu accès.

Chapitre IV

Les caractéristiques hydrogéologiques du système aquifère dans le bassin d'El Malabiod

CHAPITRE IV

**LES CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES DU SYSTÈME AQUIFÈRE
DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD**

1 – COMPORTEMENT GÉOMÉTRIQUE DU SYSTÈME AQUIFÈRE

I – Introduction

Les services de la direction de l'hydraulique étaient à la quête d'informations se rapportant au système aquifère, entre autres, les variations du matériau du remplissage Miocène, son extension, les zones à intérêt hydrogéologique et à meilleures caractéristiques hydrodynamiques, la profondeur du substratum...etc.

Pour ce faire, une mission d'étude géophysique, par prospection électrique, en partenariat avec les services de la société *Transakta-Géometal*, a été lancée en 1970, au cours de laquelle on a entrepris 315 mesures de sondage électrique en $AB = 2\ 000m$, pour un rayon d'investigation de 700m, et 120 mesures de sondage électrique en $AB = 6\ 000m$, pour un autre allant jusqu'à 2 000m, et ce, sur une superficie de $420Km^2$.

Les données de mesures paramétriques ainsi recueillies, ont été comparées avec les coupes stratigraphiques des forages déjà implantés dans le périmètre en question, ce qui a permis de retenir les constatations récapitulées dans le tableau suivant (Tab.43) :

Plage de résistivité ($\Omega. m$)	Formation correspondante
02 ÷ 15	Argile
20 ÷ 60	Argiles sableuses
20 ÷ 150	Alluvions et formations quaternaires
50 ÷ 250	Sables et graviers
> 220	Calcaires ou grès

Tab. 43. Corrélation des valeurs de résistivité aux logs de forages/Bassin d'El Malabiod.

Les calcaires fissurés reflètent des valeurs semblables à celles des grès, item pour les sables et les graviers qui ont des valeurs de résistivité similaires. Il est alors évident que ces mesures ne soient pas toujours vraies, pour ne pas dire qu'elles sont erronées.

Pour éviter tout équivoque, il a été question d'avoir recours aux profils géoélectriques.

II –Établissement de quelques profils géoélectriques

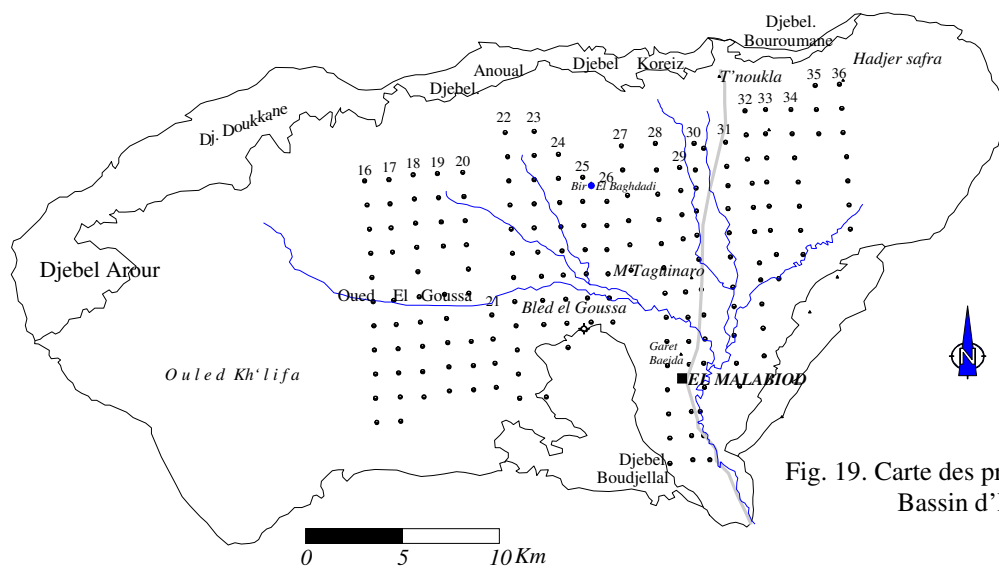


Fig. 19. Carte des profils géoélectriques. Bassin d'El Malabiod.

C'est selon la disposition des profils géophysiques et un alignement meilleur des forages existants, qu'il était possible de réaliser d'avantage de coupes.

II – 1- Profil transversal I (Nord-Sud) (Fig. 20)

Sur ce profil et selon sa trajectoire reliant les forages M_7 , M_5 , M_4 et M_{15} , figurent quatre horizons pratiquement homogènes et de résistivités variables. Excepté le dernier qui, de par sa faible résistivité ($3\div 7\Omega.m$), se comporte comme substratum conducteur, ceux restant, sont résistants.

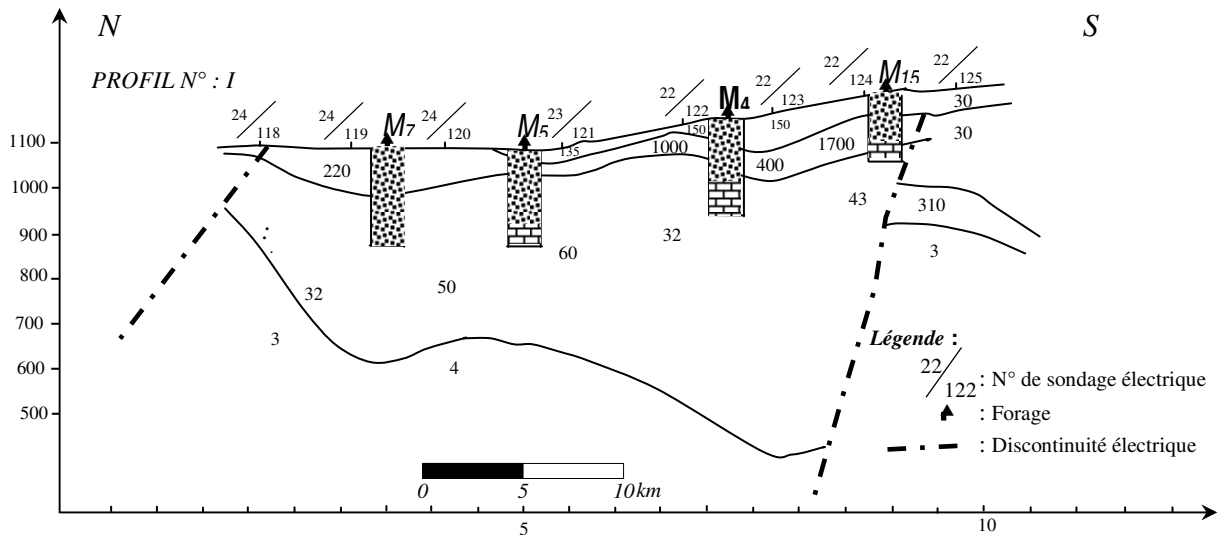


Fig. 20. Profil géoélectrique transversal (N/S) n° I traversant les forages M_7 , M_5 , M_4 et M_{15} . (source ANRH).

a – Horizon-1

Son épaisseur atteint les 85m, or que sa continuité n'est pas ressentie tout au long du profil. Une variation perceptible dans les valeurs de résistivité, qui vont de 90 à 150 $\Omega.m$, qu'on interprète par une hétérogénéité dans la composante de la strate géologique.

Cette variation s'est confirmée lors de la consultation des logs stratigraphiques, qui montrent différents faciès géologiques, traduits par une alternance de couches argileuses, sables grossiers à fins, graviers et argiles sableuses.

Les valeurs de résistivité sont fonction des variations d'épaisseur des couches constituant cet horizon, ce qui est analogue aux résultats des prospections électriques.

b – Horizon-2

Il longe tout le profil, et se reconnaît par une large plage de valeurs de résistivité, allant de 220 à 1 700 $\Omega.m$, sur une puissance oscillant entre 35 et 120m, que forme une couche de grès consolidés.

Les résultats enregistrés sont en harmonie avec les valeurs de résistivité corrélées à la stratigraphie des forages.

c – Horizon-3

La nette diminution et les faibles valeurs de la résistivité renseignent qu'il est question d'horizon résistant qu'explique aussi sa lithologie, puisqu'il s'agit d'argiles sableuses du Miocène et de calcaires marneux du Mæstrichtien (cf. forage M_4 , M_5).

Au moyen, toujours, de la même procédure ; confrontation-corrélation, des logs aux valeurs de résistivité, obtenues par diagraphie et prospection électrique, on observe une grande concordance entre les valeurs recueillies.

Forage	Profondeur (m)	Lithologie	Résistivité ($\Omega.m$)	
			Diagraphie Longue normale	Prospection électrique
M_4	0 ÷ 87	argile et argile sableuse sable argileux avec passées argileuses	0 ÷ 82m, $\rho = 15 \div 100$	0 ÷ 50m, $\rho = 150$ 50 ÷ 100m, $\rho = 400$
	87 ÷ 150		82 ÷ 132m, $\rho = 70 \div 120$	
	150 ÷ 164	sable moyen	130 ÷ 137m, $\rho = 150$ 137 ÷ 161m, $\rho = 110$	> 100m, $\rho = 32$
	164 ÷ 179	marne et marno-calcaire	161 ÷ 176m, $\rho = 40 \div 150$	
M_5	0 ÷ 29	alternance d'argile et de grès	33 ÷ 38,5m, $\rho = 20$	0 ÷ 25m, $\rho = 135$
	29 ÷ 61	sable argileux et grès	38,5 ÷ 60m, $\rho = 90$	
	61 ÷ 156	alternance d'argile et de sable	60 ÷ 73m, $\rho = 150$	25 ÷ 65m, $\rho = 330$
	156 ÷ 219	calcaire et marno-calcaire	73 ÷ 142m, $\rho = 95$	> 65m, $\rho = 60$

Tab. 44. Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M_4 et M_5 /Bassin d'El Malabiod.

D'après le tableau précédent (Tab. 44), les données obtenues par diagraphie sont en similitude avec les logs des forages, puisque cette dernière donne pratiquement la résistivité transversale de la seule couche en face de l'instrument de mesure, et sans interférences avec celles des niveaux voisins.

Une légère différence s'observe avec les valeurs de la prospection électrique, car, pour la simple raison celle-ci, enregistre la résistivité longitudinale globale, et il peut s'agir de plusieurs couches et surtout si elles sont fines.

La diminution de la résistivité du troisième niveau est due, à priori, à la nature de son mur (marno- calcaire) et de son toit (argile sableuse ; formation hétérogène résistante).

Sur les deux bornes de la coupe géoélectrique, on remarque deux discontinuités (électriques), qui peuvent traduire la présence de deux failles.

Sur le plan structural, le centre du profil épouse une forme synclinale, propice au piégeage des eaux souterraines et forme de ce fait un bon aquifère (cf. profil géoélectrique I).

II – 2- Profil transversal II (Nord-Sud) (Fig. 21)

Trois forages (M_6 , M_9 , M_{10}) figurent dans la traversée de ce profil, qui fait apparaître aussi trois horizons hétérogènes et discontinus.

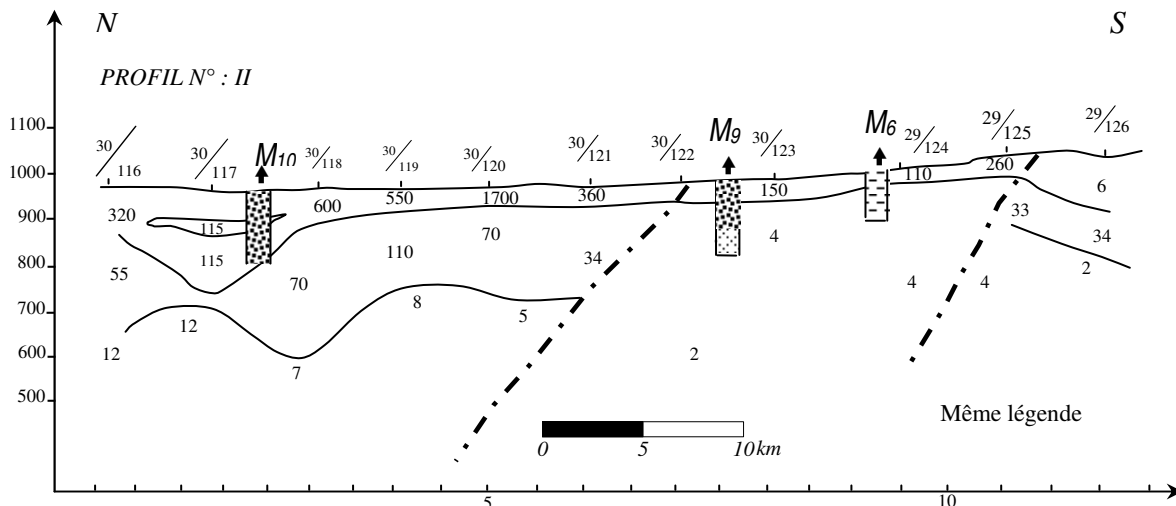


Fig. 21. Profil géoélectrique transversal (N/S) n° II traversant les forages M_{10} , M_9 , et M_6 . (source ANRH).

a – Horizon-1

Constitué d'une seule formation où on a retenu une plage de résistivité de 110 à 600Ω.m, sur une épaisseur de 85m. Cette dernière reste régulière à travers pratiquement tout le profil, quoi qu'elle atteigne les 175m puisque le profil tend à devenir presque bombé, épousant l'allure d'un synclinal.

b – Horizon-2

Sa continuité est interrompue à deux reprises ; au milieu de la région et au flanc sud, et une structure conductrice y vient le remplacer. Composé d'une structure ayant environ 200m d'épaisseur et donnant des valeurs de résistivités comprises entre 35 et 110Ω.m.

c – Horizon-3

Il constitue le mur des deux horizons précédents, les valeurs de résistivité qui y sont prises sont faibles (2 à 16Ω.m), témoignant qu'il est en effet conducteur.

Forage	Prof (m)	Lithologie	Résistivité (Ω.m)	
			Diagraphie Longue normale	Prospection électrique
M ₆	0 ÷ 16	gravier et calcaire argileux	8,5 ÷ 20m, ρ = 70 ÷ 110	0 ÷ 20m, ρ = 110
	16 ÷ 20	argile et gravier		> 20m, ρ = 160
	> 20	marne grise	> 20m, ρ = 20	> 20m, ρ = 160
M ₉	0 ÷ 5	Argile	/	0 ÷ 55m, ρ = 140
	5 ÷ 45	argile sableuse		> 55m, ρ = 40
	> 45	marne grise		
M ₁₀	0 ÷ 152	grès avec variation de faciès dépendant de la grosseur des graviers, avec une faible présence d'argile	/	0 ÷ 150m, ρ = 300 150 ÷ 350m, ρ = 70 > 350m, ρ = 7

Tab. 45. Corrélation lithologie/stratigraphie des forages M₆, M₉ et M₁₀/Bassin d'El Malabiod.

On note là aussi la même remarque quant à la présence de deux discontinuités électriques mettant en relief l'existence de deux failles.

En vu de plus amples explications de ce qui a été avancé plus haut, une comparaison, des données de diagraphie et de prospection avec une corrélation aux logs des forages, est résumée au tableau précédant (Tab. 45).

Les valeurs de résistivité données par les diverses opérations entreprises sont dans leur ensemble voisines. Il est à signaler alors qu'il y a comme même une quelconque similitude entre elles.

II – 3- Profil transversal III (Nord-Sud) (Fig. 22)

Ne différant pas trop de son prédécesseur, et présente par conséquent des caractéristiques qui lui sont similaires, ce profil longe trois forages, en l'occurrence le (M₁, M₆, P₂₃), dont la lithologie est toujours mise en analogie aux résultats de mesures géophysiques (cf Tab. 46).

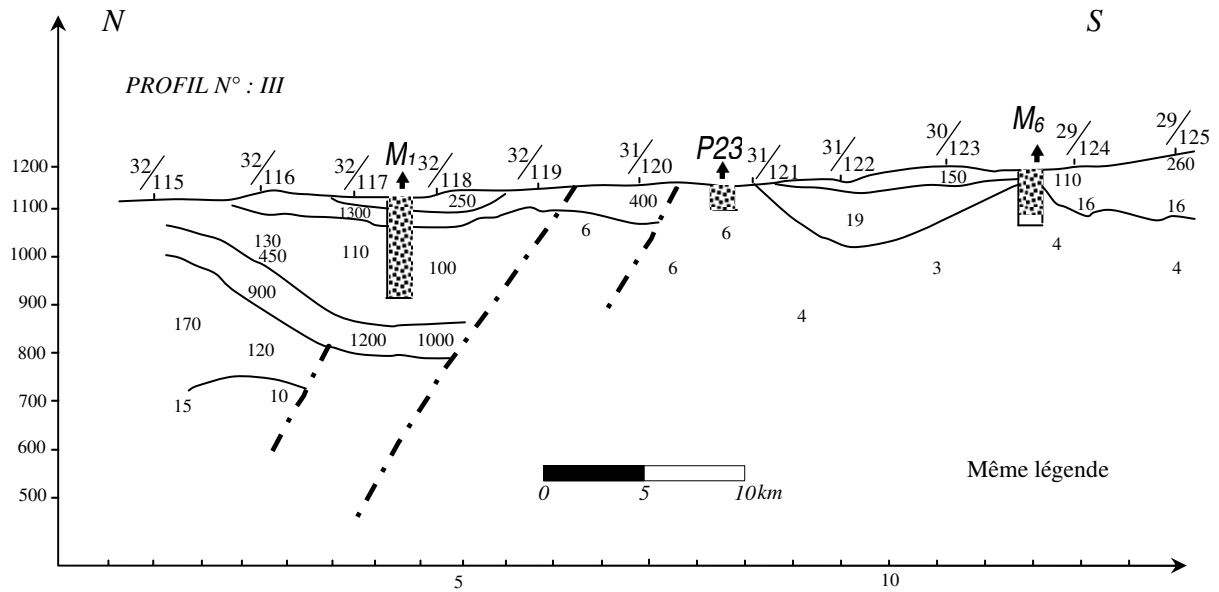


Fig. 22. Profil géoélectrique transversal (N/S) n° III traversant les forages M_1 , M_6 et le puits P_{23} . (source ANRH).

Forage	Prof (m)	Lithologie	Résistivité ($\Omega.m$)	
			Diagraphie Longue normale	Prospection électrique
M_1	0 ÷ 125	sable argileux (grains plus fins au niveau du toit)	33 ÷ 64m, $\rho = 180$ 64 ÷ 82m, $\rho = 130$ 82 ÷ 122m, $\rho = 170$	0 ÷ 55m, $\rho = 250 \div 1500$ 55 ÷ 285m, $\rho = 100$ 285 ÷ 325m, $\rho = 1000$
	125 ÷ 200	marne grise	122 ÷ 198m, $\rho = 20$	> 325m, $\rho = 10$
P_{23}	0 ÷ 7	argile sableuse		0 ÷ 40m, $\rho = 19 \div 60$
	7 ÷ 41	sable à grains moyens	/	> 40m, $\rho = 6$
M_6	0 ÷ 16	gravier calcaire argileux	8,5 ÷ 20, $\rho = 70 \div 110$	0 ÷ 20m, $\rho = 110$
	16 ÷ 20	argile et gravier		
	> 20	marne grise	> 20, $\rho = 20$	> 20m, $\rho = 16$

Tab. 46. Corrélation lithologie- stratigraphie des forages M_1 , P_{23} et M_6 /Bassin d'El Malabiod.

II – 4- Profil longitudinal IV (Sud-Ouest –Nord-Est) (Fig. 23)

Quatre forages (M_{15} , M_2 , M_{13} , M_{10}) traversent le profil, qui apparaît composé de trois horizons bien distincts, deux parmi eux sont résistants et l'autre bien évidemment conducteur.

a – Horizon-1

L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 170m aux flancs, et commence à se rétrécir tout en allant vers le centre. Les formations qui le composent donnent des valeurs de résistivité qui vont de 250 à 650 $\Omega.m$, au centre, et deviennent hétérogènes au flanc nord sur une plage de 75 à 1 500 $\Omega.m$.

b – Horizon-2

Sa puissance touche les 300m, le seul forage qui l'atteint totalement c'est bien le M_{13} , et puisqu'il est constitué d'une lithologie hétérogène, les valeurs de résistivité ainsi obtenues varient de 28 à 120 $\Omega.m$.

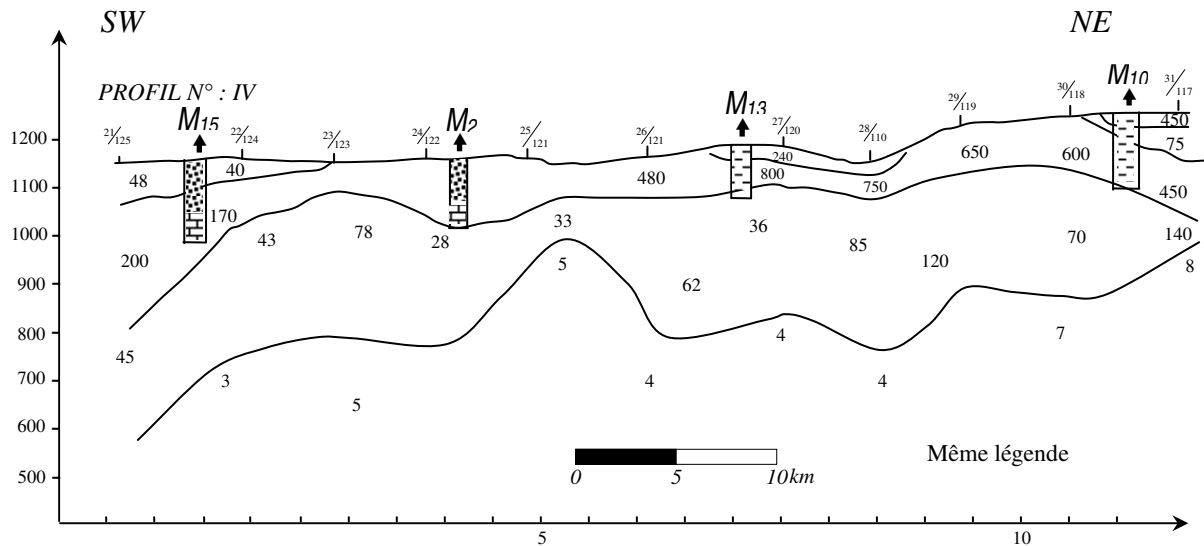


Fig. 23. Profil géoélectrique SW/NE n° IV traversant les forages M_{15} , M_2 , M_{13} et M_{10} . (source ANRH).

c – Horizon-3

Il se comporte comme substratum, puisque les valeurs de résistivité qui y sont prises sont comprises entre 3 et $10\Omega.m$, et c'est déjà un indice sur la conductivité de la couche qui le forme.

À défaut de données de diagraphie, relatives à la plus part des forages, nous nous contentons de corréler les valeurs de prospection électrique aux lithologies (Tab. 47).

Selon le profil (n° IV. Fig. 23), on remarque d'abord que les discontinuités électriques, rencontrées dans les profils précédents, n'ont plus lieu. On peut donc dire que les deux failles longitudinales qui ont touché la région, longent le bassin d'El Malabiod en ses limites sud et nord.

Une certaine homogénéité marque les formations qui y figurent, alors que parmi elles, il y en a qui ont disparu, or qu'elles étaient visibles sur les profils précédents.

Forage	Prof (m)	Lithologie	Résistivité ($\Omega.m$)	
			Diagraphie Longue normale	Prospection électrique
M_{13}	0 ÷ 30 30 ÷ 70 70 ÷ 88 88 ÷ 100	sable fin et moyen grès argile sableuse marne grise	/	0 ÷ 30m, $\rho = 240$ 30 ÷ 70m, $\rho = 800$ 70 ÷ 270m, $\rho = 36$ > 270m, $\rho = 4$
M_2	0 ÷ 77,5 77,5 ÷ 110	sable quartzeux avec des passes d'argile parfois marno-calcaire et calcaire-marneux	/	0 ÷ 120m, $\rho = 200$
M_{10}	0 ÷ 152	grès avec variation de faciès dépendant de la grosseur des graviers, avec une faible présence d'argile	/	0 ÷ 30m, $\rho = 400$ 30 ÷ 110m, $\rho = 75$ 110 ÷ 260m, $\rho = 450$
M_{15}	0 ÷ 16 16 ÷ 25 25 ÷ 48 48 ÷ 55 55 ÷ 70 70 ÷ 142	argile avec gravier marne bariolée sable gros à moyen marne verdâtre sable grossier calcaire blanc friable avec parfois passées marneuses	/	0 ÷ 70m, $\rho = 90$ > 90m, $\rho = 200$

Tab. 47. Corrélation lithologie- stratigraphie des forages M_{13} , M_2 , M_{10} et M_{15} /Bassin d'El Malabiod.

II – 5- Profil longitudinal V (Sud-Ouest Nord-Est) (Fig. 24)

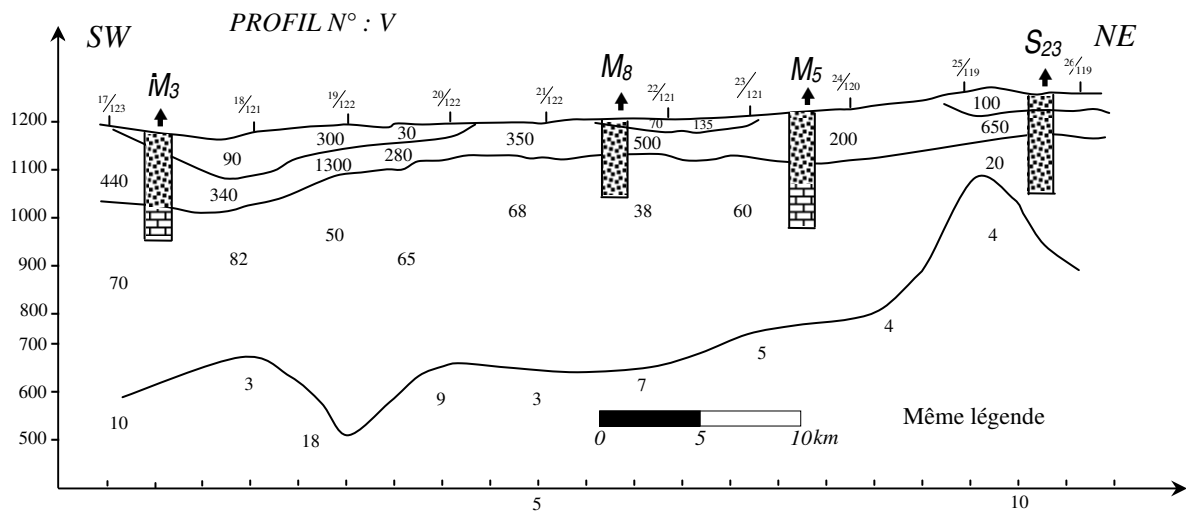


Fig. 24. Profil géoélectrique SW/NE n° V traversant les forages M₃, M₈, M₅ et le S₂₃. (source ANRH).

Deux horizons résistants et un autre conducteur marquent aussi ce profil, que la description ne va pas être détaillée, on se limitera à résumer les données qui le spécifient dans le tableau ci-après.

Horizon	Épaisseur (m)	Résistivité ($\Omega.m$)
I	60 ÷ 150	90 ÷ 1300
II	250 ÷ 450	50 ÷ 150
III	Indéterminée	3 ÷ 10

Tab. 48. Données et mesures relatives au profil géoélectrique n° V/Bassin d'El Malabiod.

II – 6- Conclusion

À travers ce qu'on vient d'avancer plus haut, via l'étude corrélatrice de la géologie, des mesures de diagraphie avec les données de prospection géophysique, on a pu constater une analogie presque parfaite des données ainsi obtenues par différents moyens d'étude et d'investigation.

- ✓ La quasi-totalité des profils géoélectriques recoupent nettement les formations lithologiques traversées par les ouvrages de captage déjà existants.
- ✓ Deux grandes failles ont été mises en relief, suite à cette analyse. Ces dernières cernent du Nord comme du Sud une structure synclinale.
- ✓ L'étude géophysique entreprise, comparée à la géologie, à travers une interprétation globale, a permis de déceler l'existence de trois horizons aquifères superposés :
 - Le premier constitué d'une nappe de Sables à grains fins et moyens.
 - Le second à nappe de Grès.
 - Le troisième formé d'Argiles sableuses.

Il est à noter que ces trois horizons remontent à l'âge Miocène.

III – Les cartes isopaches

C'est une représentation graphique en courbes dites isopaches, des horizons aquifères, cités plus haut ; les sables ($50\Omega.m \leq \rho \leq 250\Omega.m$), les grès aussi ($\rho > 250\Omega.m$) ainsi que les argiles sableuses ($20\Omega.m \leq \rho \leq 50\Omega.m$), pour lesquels, épaisseur et coordonnées, ont pu être déduites dans les divers sondages électriques.

III – 1- Délimitation des zones favorables

III –1-a- Carte d'égal épaisseur des sables (Fig. 25)

Leur répartition n'est pas uniforme ; en effet, à l'Ouest de la région, ils sont connus par une faible extension sur des épaisseurs allant jusqu'à 65m. Elle commence à prendre de l'envergure et devient plus importante au centre et à l'Est, avec des épaisseurs qui peuvent atteindre respectivement les 100 et les 145m.

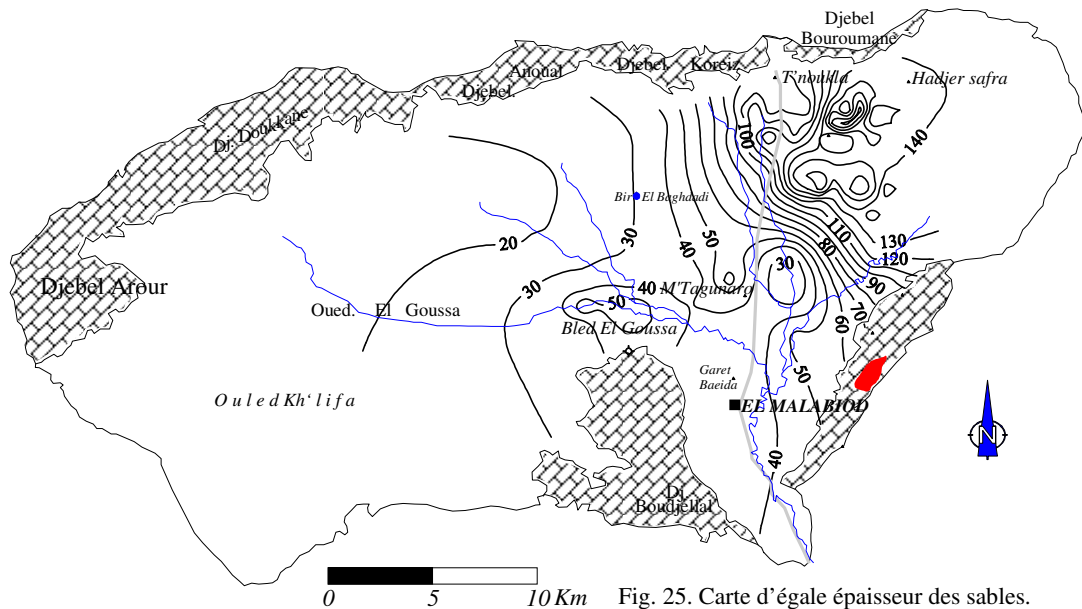


Fig. 25. Carte d'égal épaisseur des sables. Bassin d'El Malabiod.

III –1-b- Carte d'égal épaisseur des grès (Fig. 26)

La même remarque pourra être faite quant à l'extension des grès, lesquels se localisent à l'Est, d'une manière aussi importante qu'à l'Ouest du secteur, mais avec des puissances sensiblement différentes, pouvant atteindre respectivement un maximum de 75m à l'Ouest et les 90m à l'Est.

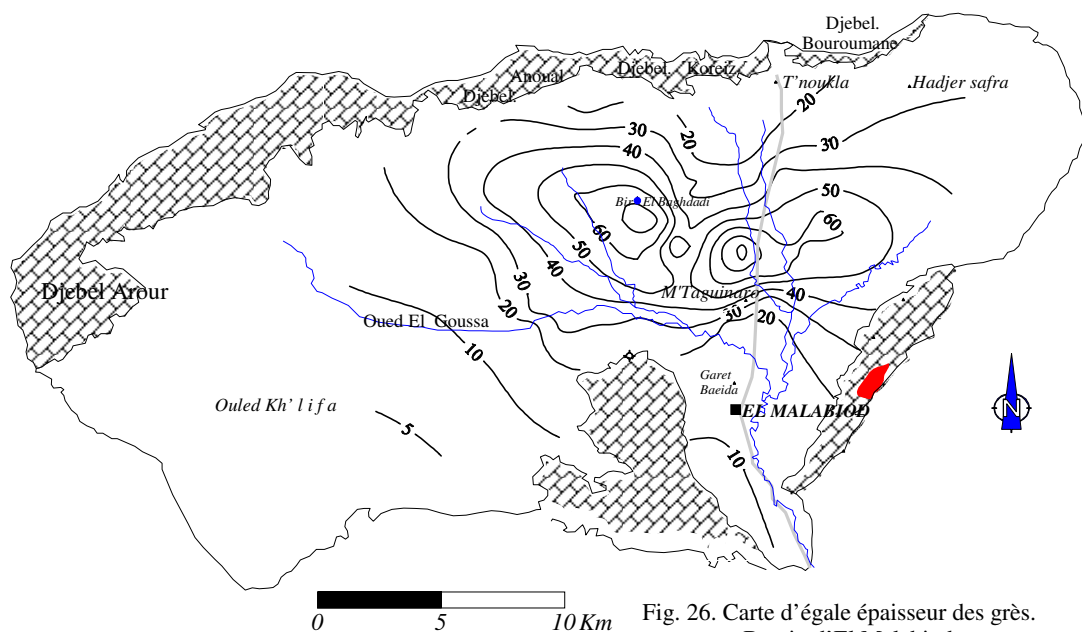


Fig. 26. Carte d'égal épaisseur des grès. Bassin d'El Malabiod.

III –1-c- Carte d'égalé épaisseur des argiles sableuses (Fig. 27)

Une certaine hétérogénéité marque la répartition de ces horizons, mais l'Est et l'Ouest de la région s'individualisent par une extension comme même considérable de cette formation.

Du côté Est, surtout au voisinage de Draâ El Herakel, elle atteint les 270m d'épaisseur, tandis qu'à l'Ouest ; à Bled El Goussa, elle est légèrement supérieur, mais en deçà des 290m.

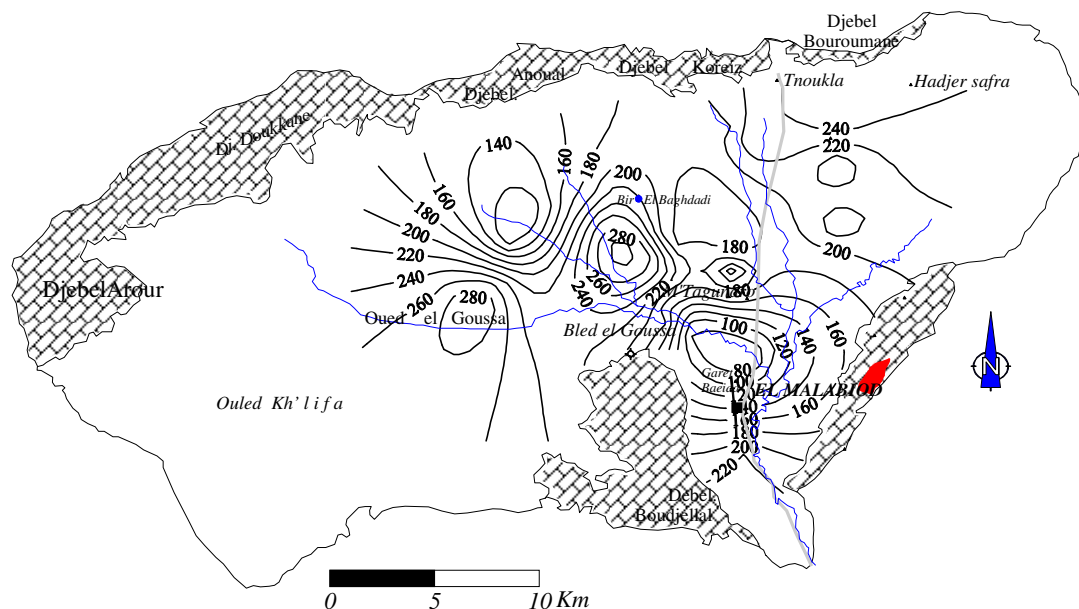


Fig. 27. Carte d'égalé épaisseur des argiles sableuses.
Bassin d'El Malabiod.

Conclusion

Pratiquement toutes les formations, figurant aux logs des forages, ont été clairement touchées par les profils géoélectriques.

L'étude de ces derniers a mis en relief une structure synclinale cernée, du Nord comme du Sud, par deux failles longitudinales.

Les travaux de géophysique ainsi réalisés, laissent se rendre compte qu'ils sont en conformité avec la géologie.

L'interprétation globale, des différentes données géologiques et géophysiques avec les corrélations possibles, a permis de déceler l'existence de trois horizons aquifères superposés :

- ✓ Les Sables à grains fins et moyens, constituent le premier horizon
- ✓ Les Grès, forment le second
- ✓ Les Argiles sableuses composent, à leur tour, le troisième horizon

Ces trois formations, qui remontent au Miocène, représentent un intérêt hydrogéologique non négligeable. Leur importance se voit par conséquent, en tant que zones favorables, atteindre son paroxysme, particulièrement à l'Est et surtout à l'Ouest ; du point de vue puissance et envergure bien sûr.

L'ensemble des forages qui y sont implantés (dix à l'Ouest et huit à l'Est) le prouve, puisque leur productivité est satisfaisante (20 ÷ 60l/s).

2 – LES DIFFERENTES NAPPES AQUIFÈRES

I – Introduction

La plaine d'El Malabiod épouse l'allure d'un bassin subsident, qui remonte au Mio-Pliocène, où le matériel qui constitue le système aquifère est venu prendre place, selon une extension lithologique, horizontale et verticale, peu variée. Suivant un ordre ascendant, on rencontre des Marnes, des Calcaires localisés, sur lesquels viennent se superposer les Grès et les Sables.

Au Nord-Est, on repère l'affleurement des Sables, celui des Argiles limoneuses, au centre, alors qu'aux bordures nord et sud, il s'agit de galets et Graviers calcaires. Ces derniers plongent vers le centre et deviennent masqués par le remplissage Quaternaire.

II – Structure du système

L'étude de la structure géologique et hydrogéologique du bassin d'El Malabiod permet de mettre en évidence l'existence de deux nappes aquifères qui méritent d'être décrites :

- ✓ L'une, peu profonde, contenue dans des formations alluviales récentes (Sables, Cailloutis et Argiles remaniées), sur une importante étendue, mais de faible puissance.
- ✓ L'autre, dans des formations miocènes (Gravier, Sable et Grès), se rencontre à des profondeurs plus importantes que la précédente.

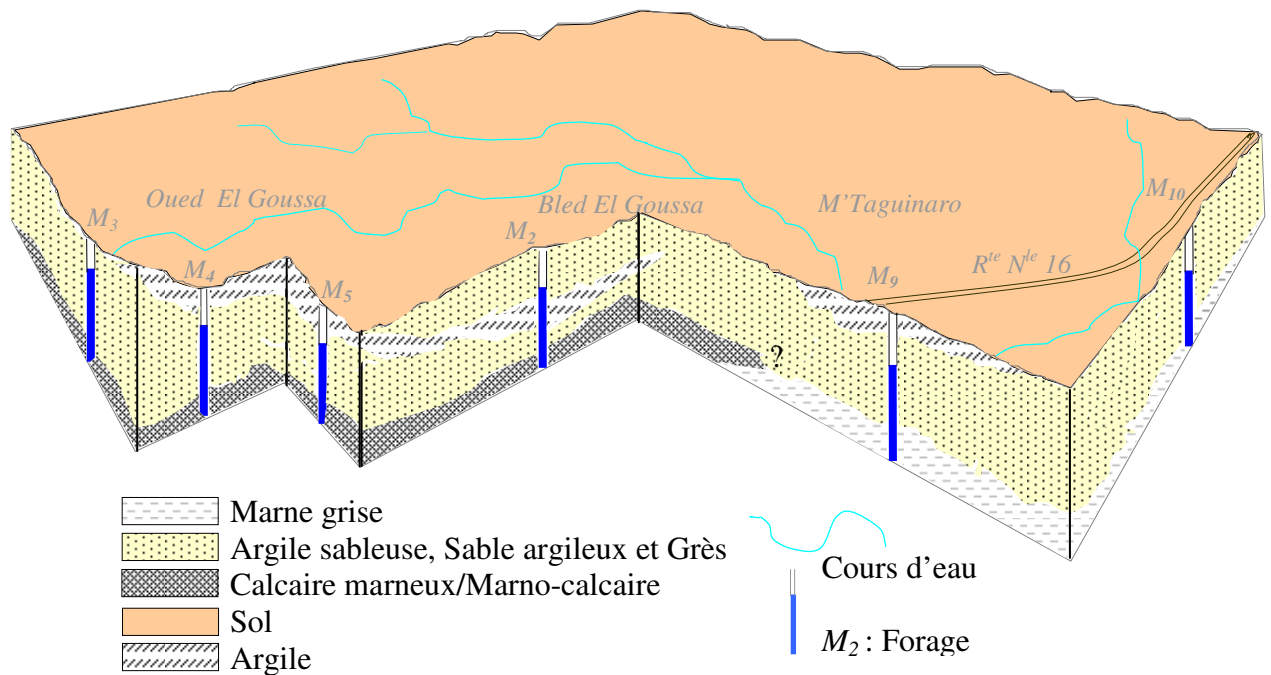


Fig. 28. Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d'El Malabiod.

II – 1- La nappe alluviale

Localisée aux bordures de la plaine, sur une extension qui n'est pour autant négligeable, elle est constituée de matériel récent et actuel, dont des alluvions qui ont une faible épaisseur au Nord par rapport au Sud où elle atteint un maximum de 15m (forage M₆).

Face aux formations constituant la nappe Miocène, sa présence est contestée (ne se fait plus sentir), mais de par sa situation, elle contribue à l'alimentation de celle-ci par infiltration en profondeur ; surtout que, la nature du substratum et la lithologie de son matériel favorisent ce phénomène.

II – 1- 1- Exploitation de la nappe

La sollicitation de la nappe, qui se qualifie d'ailleurs de libre, remonte à plusieurs décennies, où on remarque l'implantation de nombreux ouvrages de captage, dont la productivité atteint un débit de 2l/s. Plusieurs d'entre eux sont stériles à l'heure actuelle. Les autres restant, s'alimentent des fontes de neige où la nappe affleure, mais il leur arrive de se tarir souvent, en été, suite aux fortes fluctuations du niveau piézométrique.

II – 2 – La nappe du Miocène

Générée par l'ensemble des cassures qu'a subi l'écorce, au Mio-Quaternaire, qui ont facilité le remplissage continental du fossé d'effondrement de la plaine d'El Malabiod, qui vient en transgression sur les formations antérieures de l'âge secondaire. Ce ci est à l'origine de la structure actuelle de la nappe.

Son existence n'a été prouvée que très ultérieurement (1971), suite à une campagne de mesures géophysiques, lancée par les services de tutelle. Elle a été localisée dans le périmètre cerné par l'ensemble des failles qui a touché la région. La présence d'horizons sableux, de part et d'autre de ces dernières, a prêté à confusion quant à l'existence d'eau, mais en vain, puisque la série de sondages entreprise dans les lieux équivoques s'est avérée non fructueuse. Ils étaient tous négatifs.

C'est une nappe libre, dans son ensemble, quoi qu'elle devienne légèrement captive tout à fait à l'Est (forage AT₁). Selon le nombre de forages, qui y puisent, et leurs logs, on peut dire qu'elle a de l'épaisseur et sur une bonne envergure (Fig. 28, 29) et (Tab. 49).

Ouvrage / Formation	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₂	AT ₁
Épaisseur des formations quaternaires (m)	/	2,5	11	09	13	30	/	12	05	/	7,3	10
Épaisseur des formations miocènes (m)	125	86	122	155	143	/	212	203	40	152	36	100
Épaisseur des formations calcaires (m)	/	21	67	06	40	06	/	3	/	/	/	/
Hauteur saturée (m)	91	75	111	136	135	14	172	166	31	37	38	100
Profondeur de l'ouvrage (m)	125	110	200	179	213	100	212	218	150	152	45,7	164

Tab. 49. Épaisseur des diverses formations dans différents ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.

II - 2 –1- Extension et alimentation de la nappe

Après consultation des logs de forages qui y sont réalisés, on peut comme même dire que la répartition de l'épaisseur dans l'espace n'est pas homogène. Elle est plus importante à l'Ouest qu'à l'Est et au Nord qu'au Sud. En effet, du côté occidental de la plaine, elle atteint une moyenne de 180m (M₃, M₈, M₄...M₇), alors que du côté oriental, elle est moins puissante ; autour des 100m (AT₁), et commence à perdre de son épaisseur (36m, M₁₂) pour s'annuler en face de la faille F₁, qui met fin à son extension.

La diminution commence à se faire sentir, progressivement, en allant, aussi vers le Sud, puisqu'elle décroît jusqu'aux trentaines de mètres, au centre (M₉) ; suite au soulèvement des Marnes Emscheriennes et finit par disparaître à partir du forage M₆, là où, on rencontre plutôt les formations Quaternaires, qui viennent directement en discordance sur les Calcaires ou les Marnes.

Comme avancé précédemment (ch : géologie), la bordure nord représente une source d'alimentation en eau, de la nappe, mais pas d'une manière franche, sauf du côté Nord-Est, où le front Sables-Calcaires Aptiens favorise le phénomène.

Ce qui renforce cette théorie, c'est la présence de fissures et de diaclases dans ces Calcaires ; prouvée par la colonne stratigraphique du sondage 509-09, ainsi qu le débit extrait, environ 20l/s.

Du côté de Bekkaria, au contact des Grès avec ces Calcaires, émergeait une source (actuellement tarie) (Ain Bekkaria), qui débitait à une moyenne de 20l/s, ce qui représente un indice de bonne perméabilité des dits Calcaires.

La nappe affleure aux environs de Houdjbet, où elle alimente les sources le long du talus gréseux.

II – 2 –2- Structure et intérêt des formations calcaires et gréseuses

Les Calcaires se trouvent éparpillés, d'une manière irrégulière, dans le bassin d'El Malabiod. Mis à part quelques points au Nord, leur intérêt hydraulique et hydrogéologique est négligeable voire nul, malgré qu'ils se trouvent alimentés, par exemple au Nord immédiat du chef lieu de la ville (par la nappe alluviale), où ils sont fissurés (cassures conchoïdales colmatées par la calcite), d'ailleurs l'ensemble des ouvrages était rebouché au niveau supérieur de ces calcaires.

Ils marquent leur disparition à l'Est et affleurent au Sud ; à Oglet Chaâchaa (alimentés par les Grès Miocènes), mais leur degré de perméabilité reste insignifiant.

Pour ce qui est des horizons gréseux, il s'avère, selon quelques logs de forages, qu'ils se trouvent séparés des Sables par des niveaux argileux, sous forme de lentilles, qui se font remarquer au centre et au centre-sud, avec des épaisseurs relativement faibles, et disparaissent vers l'Ouest. De par cette répartition variable et discontinue, cette séquence sédimentaire argileuse ne perturbe en aucun cas, la continuité hydraulique de la nappe Miocène, qui forme, elle seule, un aquifère à part entière.

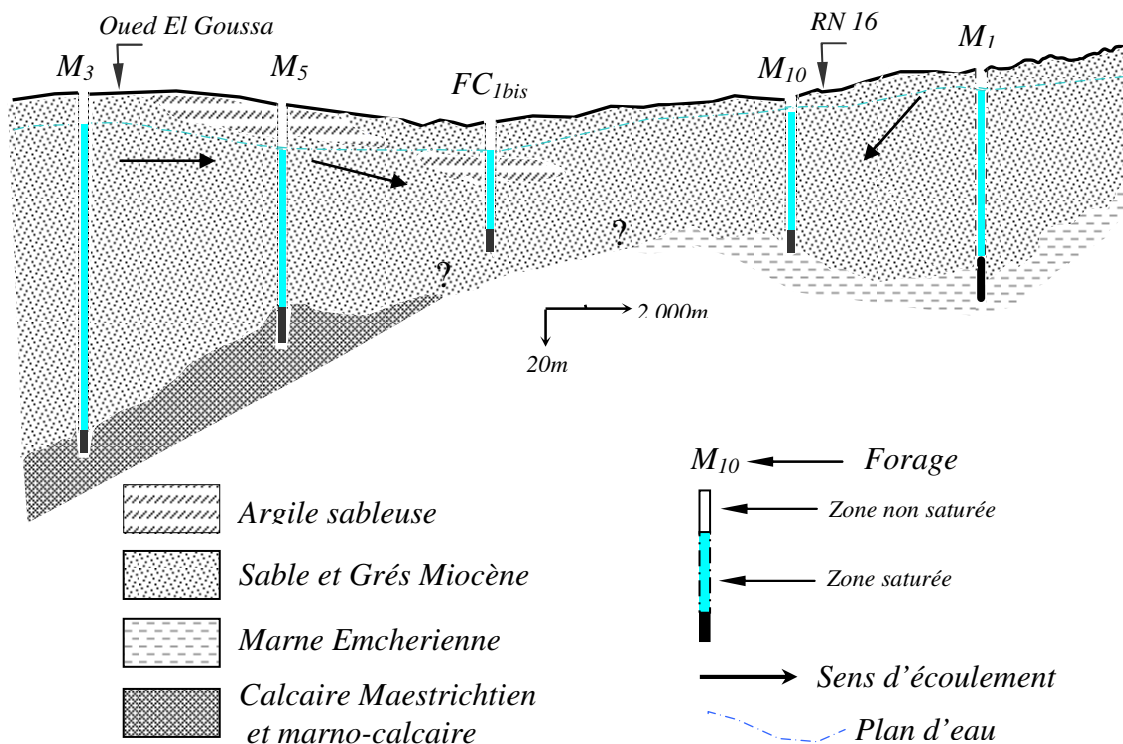


Fig. 29. Profil hydrogéologique passant par les forages M₃, M₅, FC_{1bis}, M₁₀ et M₁.
Bassin d'El Malabiod

III – Inventaire des points d'eau

Le bassin d'El Malabiod compte une centaine d'ouvrages (puits et forages), étatiques et à usage lucratif. Les anciens d'entre eux sont réalisés d'une façon traditionnelle et anarchique, tandis que les plus récents, sont complets, plus profonds et captent donc la nappe du Miocène.

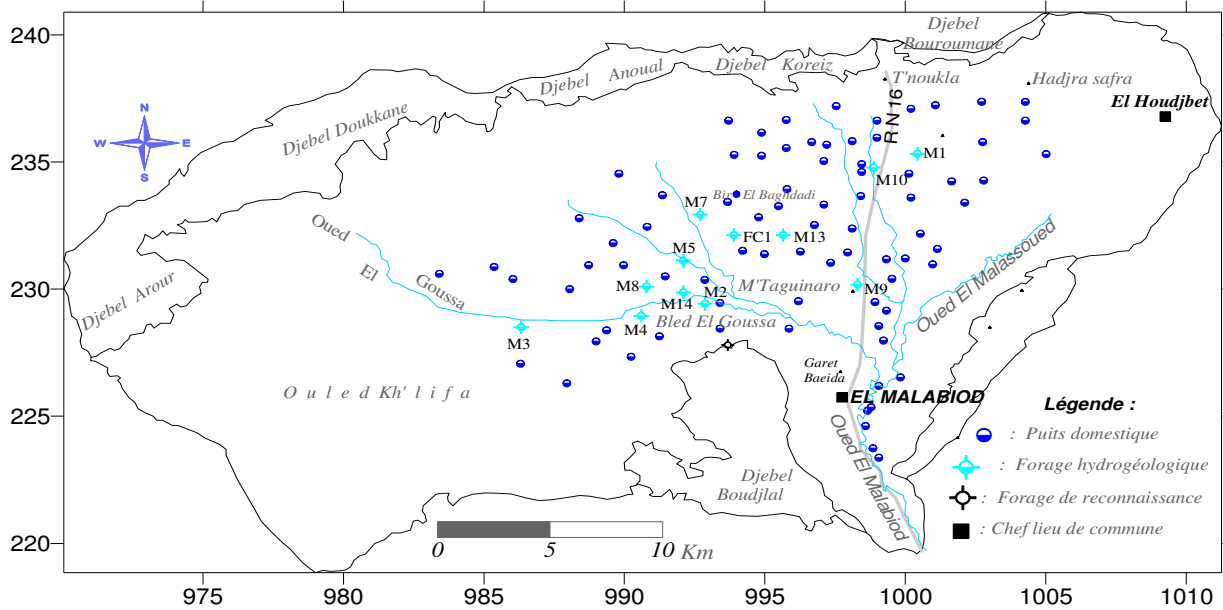


Fig. 30. Carte d'implantation des points d'eau/Bassin d'El Malabiod.

Certains se distinguent par une teneur en sel inquiétante de leurs eaux, deux sont d'ailleurs mis hors service. L'ensemble de ces ouvrages sert à l'alimentation en eau pour la potabilité, l'irrigation ainsi que pour l'industrie.

IV – Essai de suivi de la piézométrie

À travers ce court suivi, on essaiera de voir le comportement du système selon la variation du niveau du plan d'eau, et ce en fonction des divers apports (surtout célestes), et de vérifier si ces derniers sont en mesure de rééquilibrer la situation et s'ils remédieront ou pas l'impact du phénomène d'exploitation (voire surexploitation), qui reste hélas loin d'être maîtrisé.

La représentation cartographique des valeurs prises lors des campagnes effectuées le long de la période d'observation (hautes et basses eaux comprises), révèle déjà une idée quant au sens d'écoulement, l'allure des courbes hydroisohypses....etc.

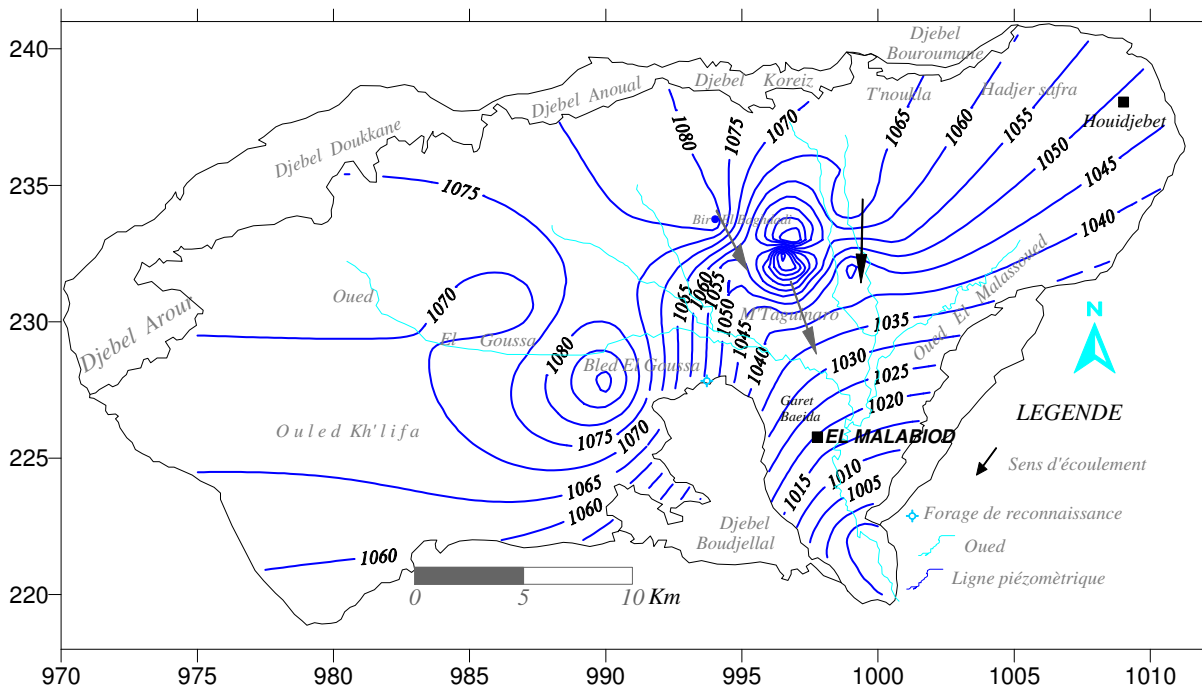


Fig. 31 Carte piézométrique Avril 2009/Bassin d'El Malabiod

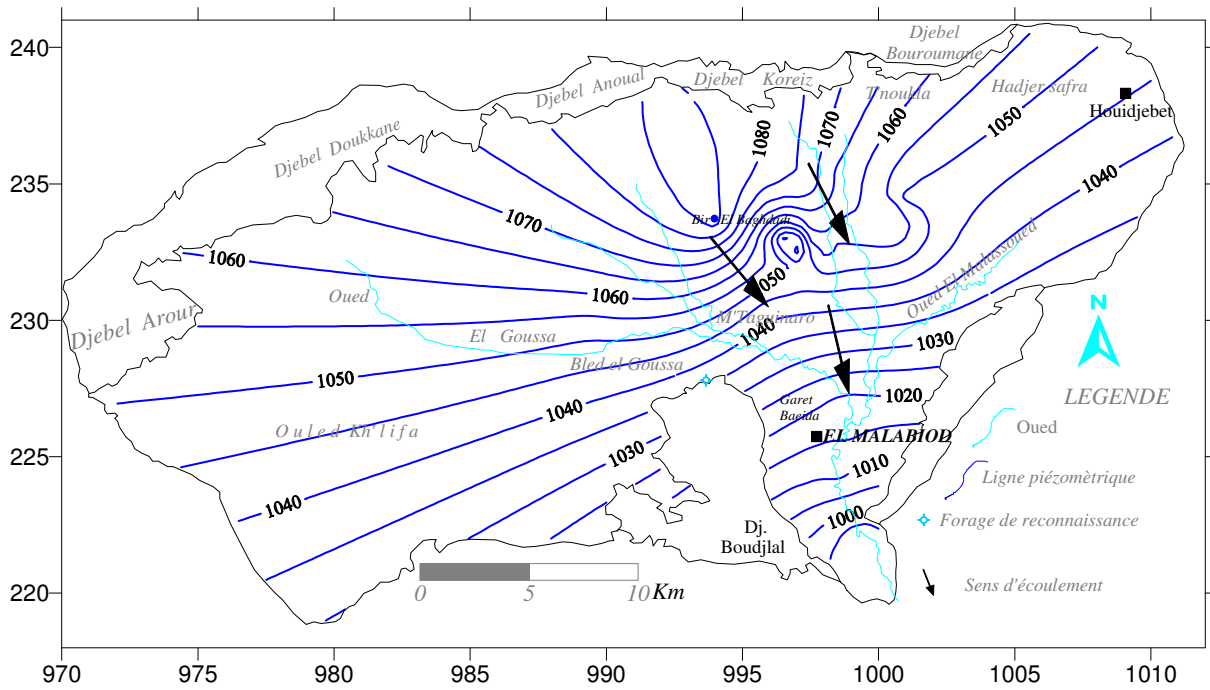


Fig. 32 Carte piézométrique Septembre 2009/Bassin d'El Malabiod

En effet, du côté Nord et Ouest, les courbes isopièzes sont relativement espacées, synonymes d'un écoulement lent, tandis qu'à l'Est, elles deviennent de plus en plus serrées, et par conséquent le débit est plus important par rapport à la zone opposée.

Le centre, se démarque quant à lui par un rapprochement remarquable des dites courbes ; il est alors évident que le débit est considérable.

Pour ce qui est du gradient hydraulique, il se caractérise par sa variabilité dans l'espace. Il est de l'ordre de $(0,0014 \div 0,017)$ à l'Est, où la productivité des forages atteint les 30l/s (cas du M₁).

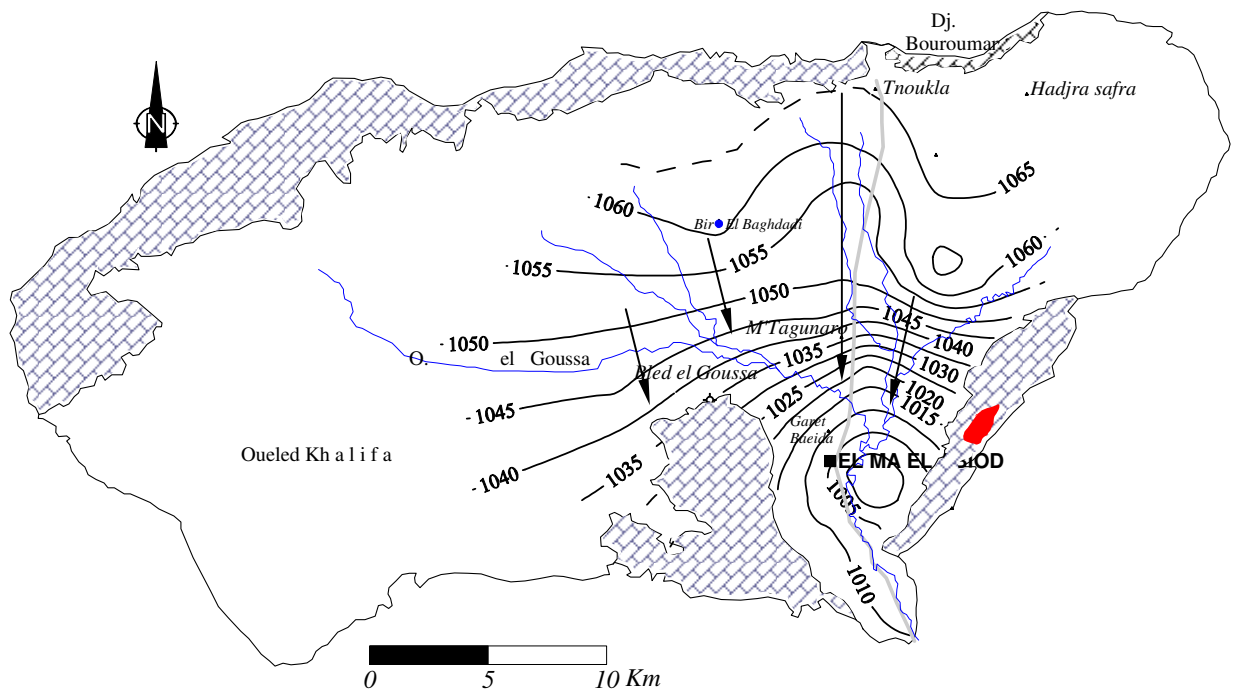


Fig. 33. Carte piézométrique. Mars 2003 (In AEK. Rouabhia 2006).

Ce paramètre se voit à la hausse au Nord et surtout au centre, où il est proche de 0,026, avec des débits de forages de 25l/s, (forage M₁₀), pour diminuer encore tout en allant vers l'Ouest, avec des valeurs d'environ 0,022. Excepté le Nord- Est du bassin où il augmente légèrement, le gradient reste pratiquement constant à l'Ouest (*bled El Goussa*) ainsi qu'au centre (*M'Tagui Naro*).

Les lignes de courant convergent vers le centre du bassin, où on remarque des dépressions locales, pour suivre un sens dominant (Nord/Sud) vers l'aval et par conséquent vers l'oued (exutoire) qui draine le système

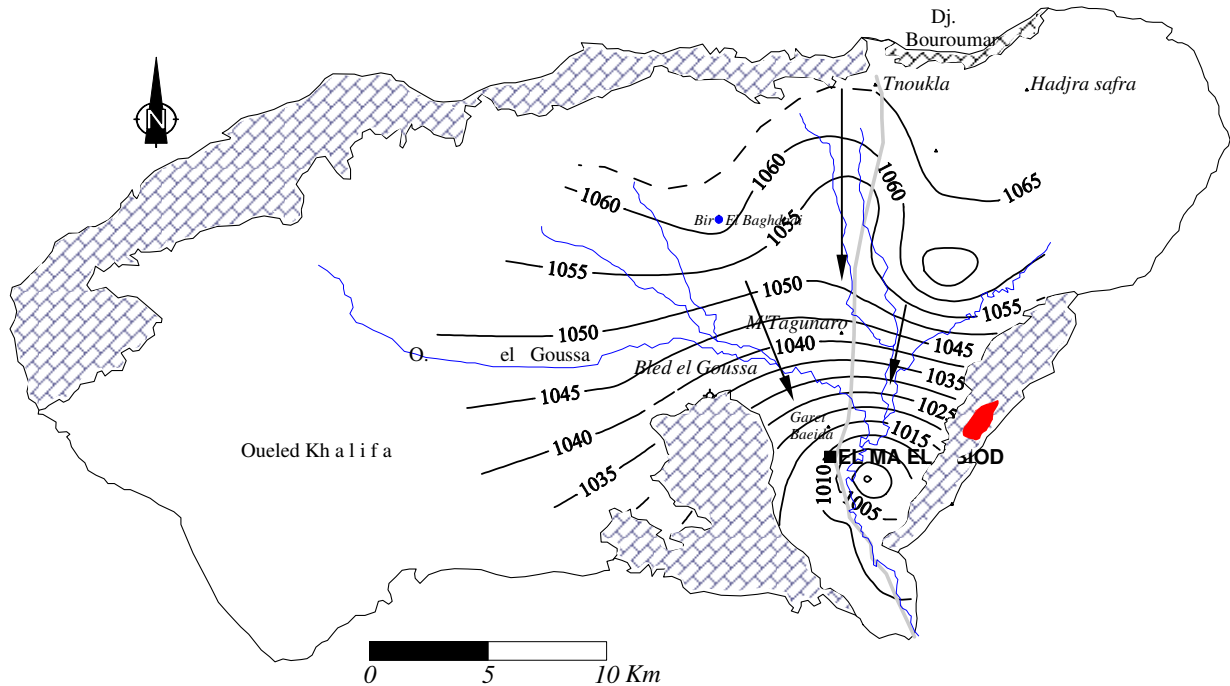


Fig. 34. Carte piézométrique. Septembre 2003 (In AEK. Rouabhia 2 006).

La faiblesse du plan d'eau est imputée à la sécheresse ainsi qu'à la surexploitation qui reflète des pratiques irresponsables et demeure vraiment un fait inquiétant.

L'influence du phénomène physico- naturel en l'occurrence l'évapotranspiration, pèse plus sur la nappe alluviale que sur celle des sables, puisqu'elle connaît des fluctuations notables. Mais dans l'ensemble, on peut dire que l'allure générale des isopièzes reste presque identique durant ce temps.

V – Apports du système et conditions aux limites

De par sa situation, ses caractéristiques hydrauliques et hydrodynamiques ainsi que du contexte hydrogéologique régional, en combinaison avec les campagnes de suivi, l'étude du comportement du système aquifère de la région d'El Malabiod montre :

- Une limite d'apport :
 - ✓ Au Nord, matérialisée par les formations calcaires qui alimentent la nappe alluviale, suite à leur pendage orienté vers la plaine, et celle du Miocène, du côté de Hadjer Safra surtout ; où ils constituent une zone perméable.
 - ✓ Au Sud-Sud-Ouest, dominée par une série de calcaires et de marno-calcaires, du Maestrichtien.
- Une zone de transition, au contact des deux nappes, que le système de failles favorise vers celle du Miocène.
- Une alimentation de la nappe Miocène par une sorte de drainage, favorisé par le substratum, des eaux d'infiltration en aval de la nappe alluviale, sachant aussi que l'écoulement se fait du Nord au Sud.

- Une limite imperméable, à la bordure sud-ouest, formée de marnes du Campanien inférieur, mais favorisant un ruissellement vers l'intérieur.

En outre, les précipitations efficaces constituent la première source d'alimentation du système aquifère qui admet une limite de fuite, en aval de la plaine, vers l'Oued El Malabiod.

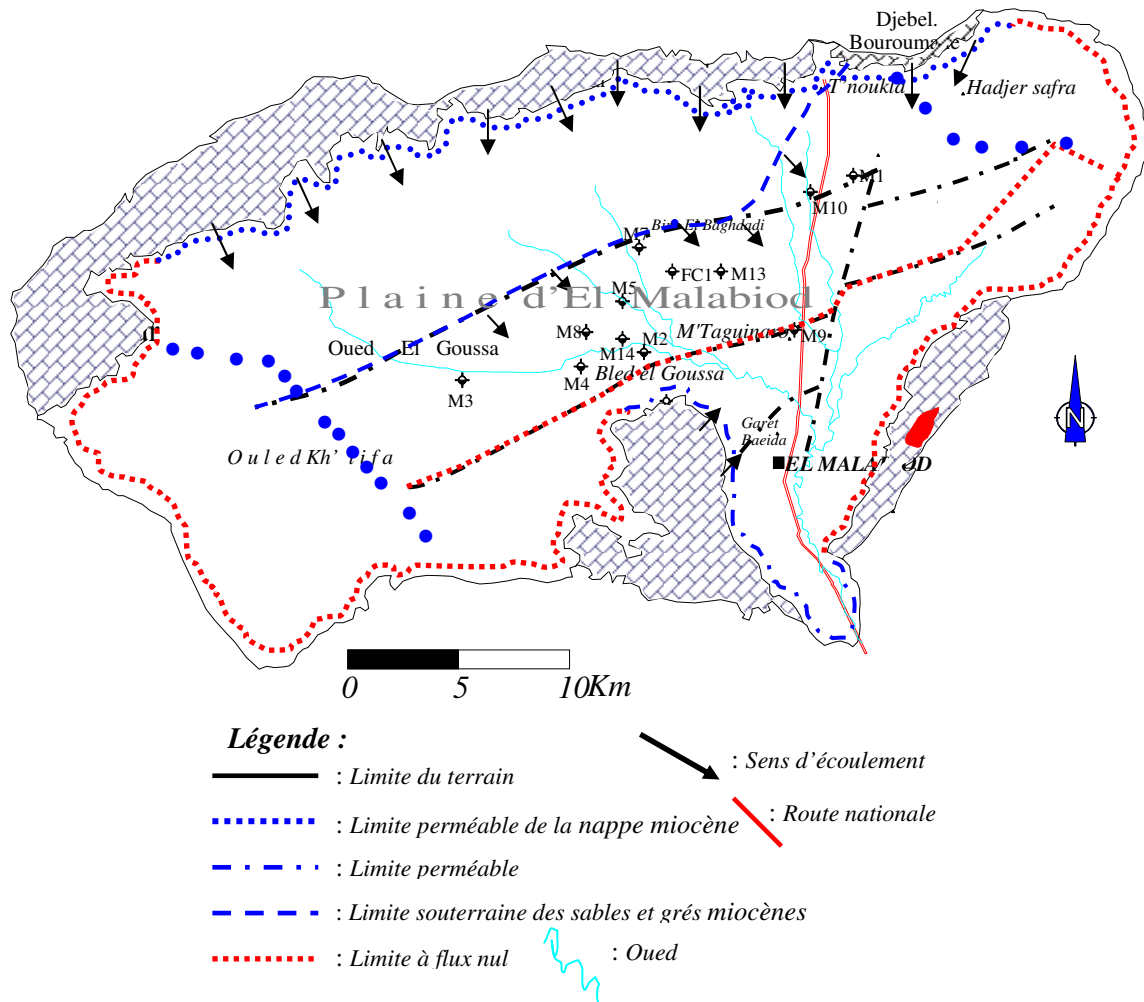


Fig. 35. Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El Malabiod.
- In Rouabhia 2 001 Modifiée -

VI – Estimation et répartition des paramètres hydrodynamiques

La compréhension du comportement général de tout système aquifère est, sans nul doute, d'un apport non négligeable pour une quelconque étude en la matière. Cette dernière est tributaire de tant de paramètres, entre autres ; le coefficient d'emménagement, la perméabilité, la transmissivité....

Les essais par pompage, effectués suite à la réalisation d'ouvrages captant la nappe des Sables et des Grès, et l'interprétation de leurs courbes représentatives (*descente et remontée*) par les services de tutelle, font en totalité appel à la loi de Jacob étendue aux nappes libres. Les rabattements enregistrés sont soit ; $s < 0,1b$ ou $0,1b < s < 0,3b$.

Les valeurs de perméabilité et ceux de transmissivité moyennes, qui y sont déduites, sont récapitulées dans le tableau suivant (Tab. 50).

Ouvrage	Coordonnées			Perméabilité K (m/s)	Transmissivité T (m^2/s)
	X (km)	Y (km)	Z (m)		
M_1	1 000.525	235.000	1 090	$1,46.10^{-4}$	$1,33.10^{-2}$
M_2	992.975	229.100	1 075	$1,72.10^{-4}$	$1,15.10^{-2}$
M_3	986.425	228.475	1 100	$3,42.10^{-4}$	$2,88.10^{-2}$
M_4	990.700	228.625	1 080	$0,51.10^{-4}$	$0,70.10^{-2}$
M_5	992.200	230.800	1 075	$0,56.10^{-4}$	$0,76.10^{-2}$
M_7	992.800	232.600	1 080	$0,37.10^{-4}$	$0,70.10^{-2}$
M_8	990.890	229.775	1 072	$0,27.10^{-4}$	$0,50.10^{-2}$
M_9	998.400	229.850	1 048	$0,50.10^{-4}$	$0,95.10^{-2}$
M_{10}	998.975	234.450	1 085	$1,03.10^{-4}$	$1,33.10^{-2}$
M_{13}	995.750	231.800	1 080	$0,62.10^{-4}$	$0,55.10^{-2}$
M_{14}	992.200	229.550	1 072	$0,88.10^{-4}$	$1,76.10^{-2}$
FC_1 bis	994.000	231.800	1 085	$0,56.10^{-4}$	$0,44.10^{-2}$

Tab. 50. Valeurs de perméabilité et de transmissivité issues de forages/Bassin d'El Malabiod. (source ANRH)

VI – 1- Carte de perméabilité

L'ensemble de valeurs obtenues est utilisé dans la représentation (Fig. 36) cartographique suivante.

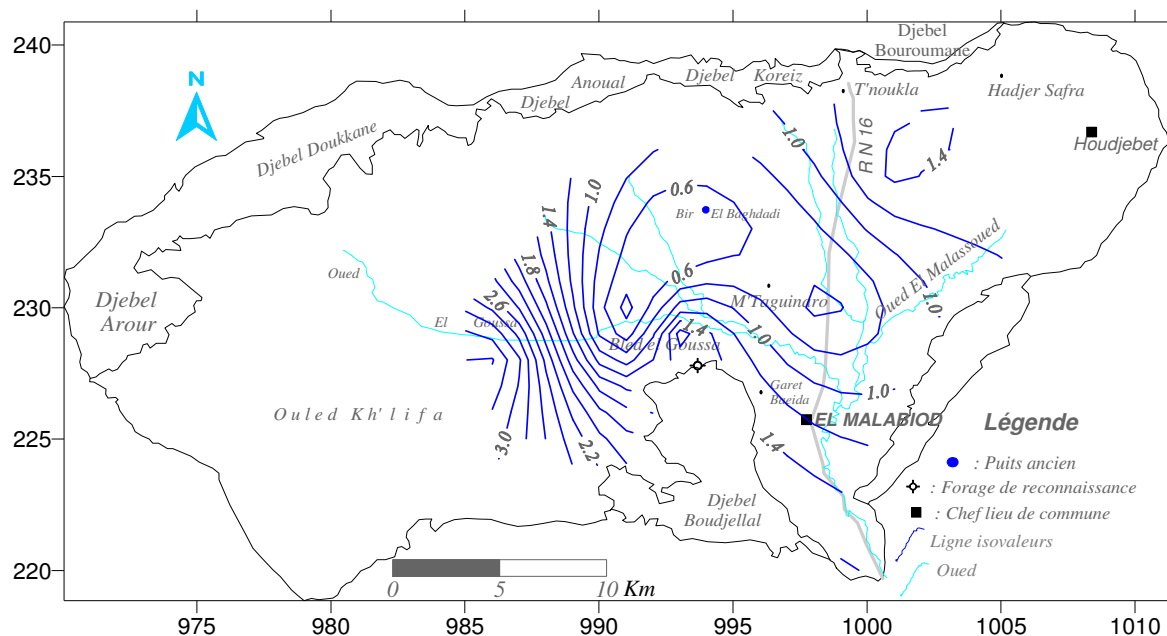


Fig. 36. Carte de perméabilité/Bassin d'El Malabiod

L'observation de cette carte permet de se prononcer quant au comportement du système, du point de vue perméabilité. Elle est bonne du côté Ouest (*El Goussa*), avec des valeurs qui oscillent de $0,27.10^{-4}$ à $3,42.10^{-4}$ m/s, elle se voit à la baisse à l'Est (*Draâ El Herakel*), où ses valeurs sont comprises entre $1,03.10^{-4}$ et $1,46.10^{-4}$ m/s. Elle est moins importante au centre et au Nord du bassin, puisque les mesures enregistrées sont inférieures à $0,50.10^{-4}$ m/s.

VI – 2- Carte de transmissivité

On a procédé à l'établissement de cette carte pour mieux comprendre la répartition de ce paramètre sur l'ensemble du bassin.

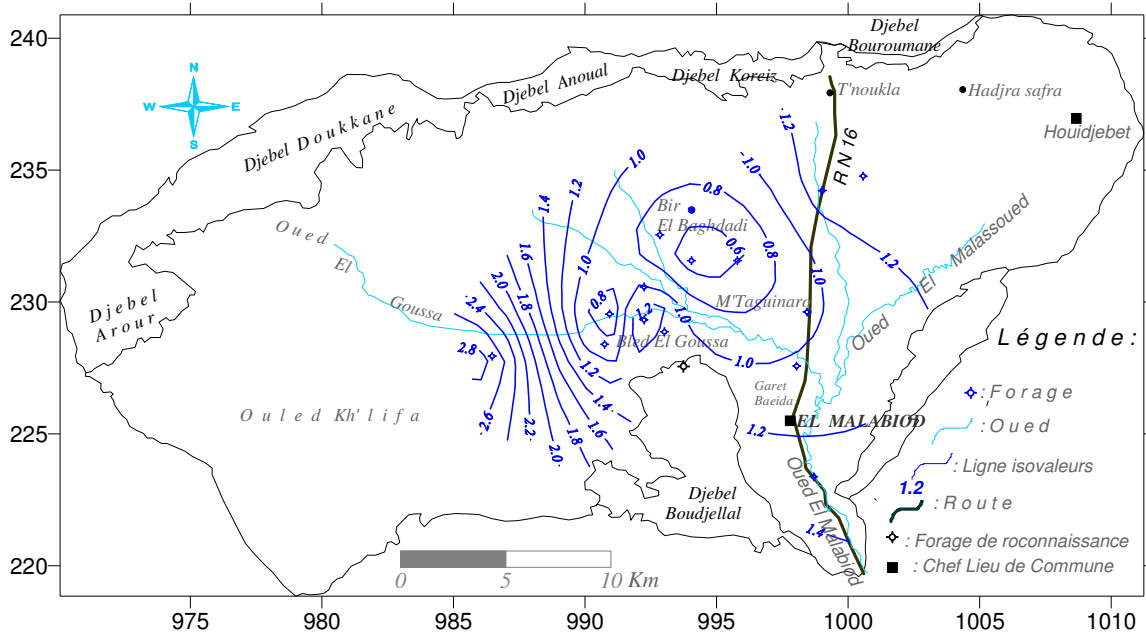


Fig. 37. Carte de transmissivité/Bassin d'El Malabiod.

Suite à cette représentation cartographique il est aisé de constater que la zone Ouest (*El Goussa*) se démarque par d'importantes valeurs de transmissivité ($0,5.10^{-2} < T < 2,88.10^{-2} m^2/s$). Elles deviennent légèrement inférieures à l'Est (*Draâ El Herakel*), où on a pu relever que ce paramètre varie de $1,20.10^{-2}$ à $1,33.10^{-2} m^2/s$. Le Nord et surtout le Nord-Ouest, connaissent une faible transmissivité ($0,44.10^{-2} < T < 0,70.10^{-2} m^2/s$).

VI – 3- Synthèse des deux cartes (transmissivité / perméabilité)

L'analyse et la projection des deux cartes permettent de conclure que l'Ouest du bassin est l'horizon le plus favorable en matière d'intérêt hydraulique. Et que toute implantation d'ouvrages de captage doit sans souci aucun, y porter. À ne pas omettre la zone orientale, qui n'est pas pour autant négligeable, mais à un degré moindre par rapport à sa prédécesseur, ainsi que le périmètre immédiat de Bir El Baghdadi.

Conclusion

D'après ce qui a été avancé, on peut retenir que le système aquifère du bassin d'El Malabiod est composé essentiellement de deux nappes. Une alluviale, constituée de matériau graveleux et d'argile sableuse, dont l'épaisseur est relativement faible ; environ 15m (cf forage M_6).

La seconde, faite de matériau sableux et gréseux du Miocène, est plus importante tant en envergure qu'en épaisseur. Elle représente l'écrasante étendue du système, et sa puissance varie de 30m (cf. forage M_9), jusqu'à un maximum d'environ 200m (cf. forage M_8).

Les écoulements dominants convergent du Nord vers le Sud, et l'alimentation du système est directement tributaire des précipitations ; du côté nord et même du sud par les calcaires, soit par infiltration, quoiqu'elle demeure à notre avis insignifiante. La perméabilité est qualifiée de bonne à l'Ouest ($0,27$ à $3,42.10^{-4} m/s$), à l'Est ($1,03$ à $1,46.10^{-4} m/s$), et elle est moyenne au centre et relativement faible au Nord. La transmissivité est faible surtout au Nord-Ouest, mais elle est bonne ($1,33.10^{-2} m^2/s$) surtout à l'Est ainsi qu'à l'Ouest ($2,88.10^{-2} m^2/s$).

Chapitre V

*Qualité des eaux
dans le bassin d'El Malabiod*

CHAPITRE V

QUALITÉ DES EAUX DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD

I – Introduction

Il est souhaitable voire impératif qu'une étude hydrogéologique, pour qu'elle soit fiable, doit comporter une recherche et un suivi du chimisme des eaux de la région en question.

Ce phénomène est fortement lié à la nature géologique du milieu encaissant, à la vitesse de circulation des eaux et donc du temps de séjours...etc. Il est régi par les équilibres calco-carboniques (Ca^{++} , HCO_3^-), conjugués à l'impact d'éléments d'origine biologique (NO_3^- , NO_2^- , et NH_4^+) ou naturelle (Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^-).

Cette étude permet de déceler d'éventuels liens et interdépendances pouvant avoir lieu entre la matrice et le vecteur eau, pour pouvoir caractériser et classer les ressources hydriques, suivre la variation spatio-temporelle de leurs qualités et finir par identifier les systèmes aquifères selon leurs faciès.

Une quelconque pollution sera donc facile à détecter et à localiser, et prendre par conséquent les mesures préventives adéquates. Dans le cas contraire, et en l'absence de programmes de lutte planifiée, les risques (santé, menace des écosystèmes, dégradation des sols...) seront difficiles à contourner, avec ce qu'ils engendrent comme charges supplémentaires en vue de les anéantir.

II – Paramètres physico-chimiques et Identification des faciès

II – 1- Paramètres physiques

II – 1- a- La température

La température des eaux est fonction soit du climat (T° de l'air/eau de surface) ou de la profondeur (gradient géothermique, réactions chimiques/eau profonde). C'est un paramètre qui permet de distinguer les eaux de surfaces de celles souterraines, ainsi qu'il régit la solubilité des sels et des gaz.

Dans notre cas, les valeurs, qu'on a pu enregistrer in situ à l'aide d'une sonde multiparamètres, oscillent de 14 à 19°C, et ce sur l'ensemble du bassin.

II – 1- b- Le potentiel d'hydrogène

Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau (ou d'une solution) et par conséquent sa concentration en ions (H^+), et permet donc de dire si celle-ci est agressive, corrosive ou entartre.

Ce caractère lui est conféré en fonction de sa teneur en ions issus du milieu naturel, des rejets urbains et industriels ou du lessivage des terres agricoles.

La mesure de ce paramètre, prise in situ lors de campagnes effectuées, montre que ses valeurs varient à l'échelle du bassin, mais sans écarts notables. Elles varient de 6,8 à 8,3 en moyenne.

II – 1- c- La conductivité

Définie comme étant l'aptitude d'une eau (ou d'un matériau) à se laisser traverser, plus ou moins vite, par un courant électrique. La connaissance de ce paramètre, (ou de son inverse la résistivité), est précieuse ; dans la mesure où elle permet de suspecter une quelconque modification se rapportant aux différents horizons aquifères, et d'y palper la minéralisation.

Elle est directement proportionnelle à la teneur en sels dissous d'une eau et dont les valeurs représentatives sont prises à des températures voisines à 20°C et exprimées en $\mu s/cm$.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) a recommandé une certaine classification des eaux, selon les plages de valeurs du paramètre suscitée. Selon cette dernière, on a dressé le tableau suivant, (Tab. 51), qui récapitule l'ensemble de données relatives à la région.

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	2 500	3 000	3 500	4 000	> 4 000
Septembre 2 008 Puits	$P_1, P_3, P_4, P_6, P_8, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{15}, P_{17}, P_{18}, P_{19}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{25}, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{36}, P_{39}, P_{40}, P_{41}, P_{42}, P_{44}, P_{48}$	/	P_6	/	P_7
Forages	$M_3, M_4, M_5, M_8, M_9, M_{13}, M_{14}$	/	/	/	/
Septembre 2 009 Puits	$P_1, P_{10}, P_{12}, P_{17}, P_{21}, P_{22}, P_{32}, P_{41}, P_{42}, P_{48}, P_{51}, P_{51}$	$P_3, P_4, P_{11}, P_{16}, P_{40}, P_{46}$	/	P_{28}	P_6, P_8, P_{27}
Forages	/	/	/	/	/

Tab. 51. Normes et classification des eaux selon leurs conductivités (OMS 1 994)/Bassin d'EL Malabiod.

Il en ressort que la majorité des points (à profondeur plus ou moins variable, sujets à un échantillonnage), est dans son ensemble, d'une excellente qualité de leurs eaux. Cette dernière est revue à la baisse ; subissant une légère modification, pour devenir bonne (un an plus tard : 2 009).

Il est à signaler que certaines valeurs reflètent une pollution excessive (P_6, P_7, P_8, P_{27}), à cause de leur proximité des cours d'eau (pollution atmosphérique, lessivage...), surtout à l'exutoire.

II – 2- Paramètres et Faciès chimiques

Les différentes méthodes d'analyse auxquelles a été fait recours, étaient utilisées dans une fin de déceler beaucoup plus les éléments chimiques majeurs dont :

- ✓ $\text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}, \text{Na}^+, \text{K}^+$ comme cations.
- ✓ $\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{SO}_4^{--}, \text{NO}_3^-$ comme anions.

Et ce, pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du bassin d'El Malabiod.

II – 2- 1- Les eaux de sources

La présence de sources est sans nul doute d'un apport incontestable, du moment que leurs écoulements ; une fois aménagées et récupérées, contribuent d'avantage à faciliter les conditions de vie, surtout pour les populations des hameaux et des Mechtas (alimentation, abreuvement de cheptel...).

La région d'El Malabiod en comptait déjà, mais sont, hélas, toutes tarées. Rares sont celles qui continuent, de nos jours, à débiter, telles que la source Ain Taga et Ain Mansoura ; localisées à la région de Houdjebet.

Nous avons vu qu'il est important de signaler, comme même, les résultats de quelques analyses, qui remontent à une date antérieure (1 984), c'est vrai, mais pouvant éventuellement donner une idée sur ce qu'était la qualité des eaux du bassin.

Suite aux résultats récapitulés au tableau suivant (Tab. 52), nous pouvons dire que les eaux des trois sources avaient des faciès semblables (bicarbonatés calciques), sauf que la source d'El Koriz présentait un faciès caché (Sulfaté calcique), provenant probablement des formations gypsifères ou de la dissolution des sulfates de calcium ou de magnésium, contenus dans les inclusions évaporitiques et dans les alluvions.

Source	Élément chimique		Formule ionique	Faciès chimique
	Anion (mg/l)	Cation (mg/l)		
koriz	HCO ₃ ⁻ : 281 SO ₄ ⁻ : 83 Cl ⁻ : 23	Ca ⁺⁺ : 101 Mg ⁺⁺ : 13 Na ⁺ : 17 K ⁺ : 4	r% HCO ₃ ⁻ > r% SO ₄ ⁻ > r% Cl ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%Mg ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺)	Bicarbonaté, sulfaté calcique
T'noukla	HCO ₃ ⁻ : 422 SO ₄ ⁻ : 71 Cl ⁻ : 22	Ca ⁺⁺ : 109 Mg ⁺⁺ : 31 Na ⁺ : 14 K ⁺ : 6	r% HCO ₃ ⁻ > r% SO ₄ ⁻ > r% Cl ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%Mg ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺)	Bicarbonaté calcique
Rhorira	HCO ₃ ⁻ : 421 SO ₄ ⁻ : 66 Cl ⁻ : 9	Ca ⁺⁺ : 104 Mg ⁺⁺ : 31 Na ⁺ : 10 K ⁺ : 5	r% HCO ₃ ⁻ > r% SO ₄ ⁻ > r% Cl ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%Mg ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺)	Bicarbonaté calcique

Tab. 52. Analyses et faciès chimiques des eaux de sources/Bassin d'El Malabiod. Source ANRH

L'examen du diagramme (Fig. 38) confirme qu'effectivement les eaux de sources, en l'occurrence ; El Koreiz, T'noukla et Rhorira, avaient un faciès bicarbonaté-calcique, ce qui est, d'ailleurs, en conformité avec ce qu'on a avancé plus haut.

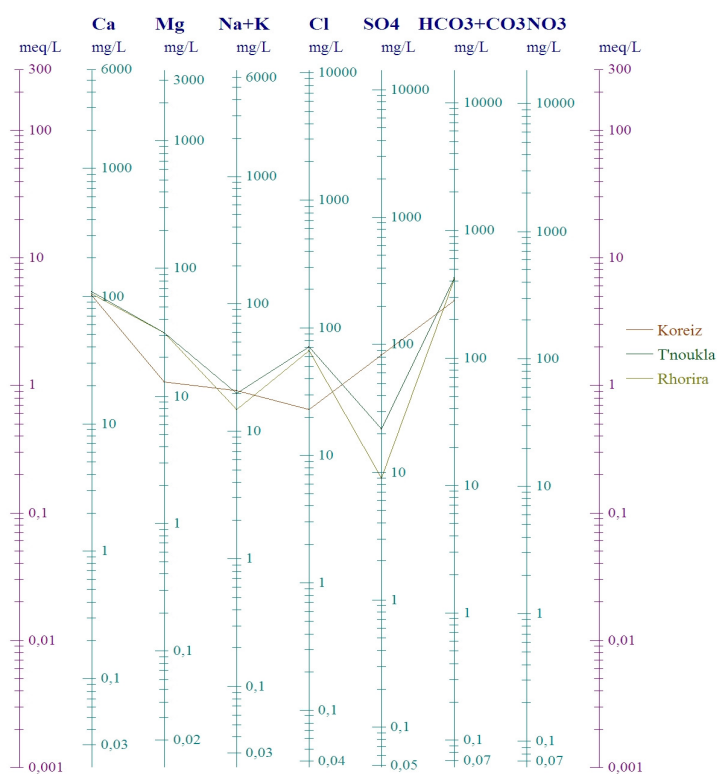
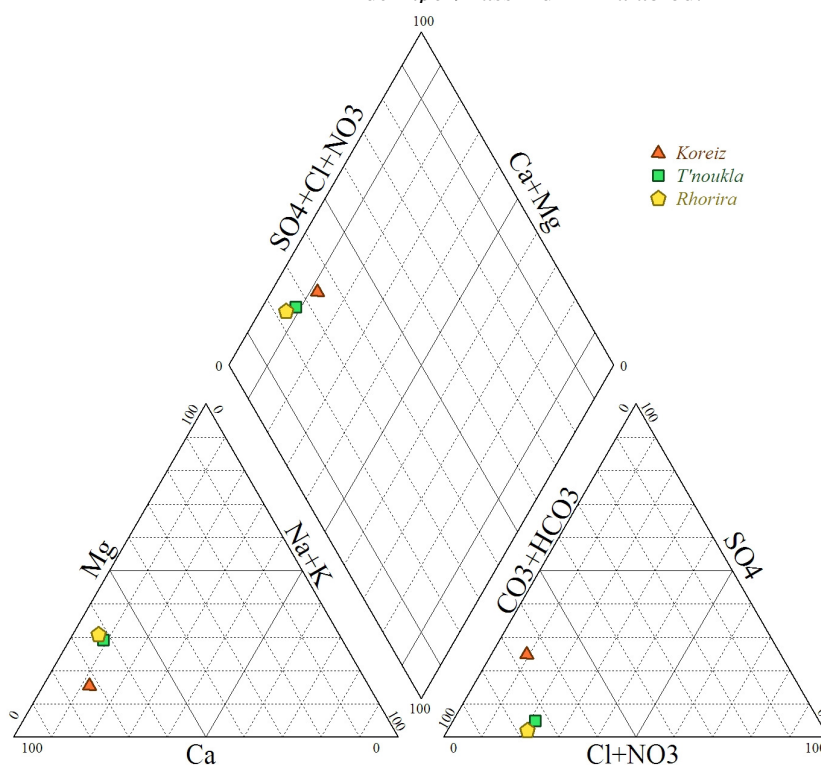


Fig. 38. Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff/Bassin d'El Malabiod.

Et c'est ce que la représentation des mêmes données selon le diagramme de Piper (Fig. 39) le témoigne aussi.

Fig. 39. Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Piper/Bassin d'El Malabiod.



II- 2- 2- Les eaux de surface

Quelques échantillons ont été récoltés des oueds lors des périodes de crue, suite aux pluies torrentielles et imprévisibles. L'absence de ressources superficielles ou d'écoulement permanent a, en quelque sorte, été un handicap pour mener à bien une campagne de mesure représentative, des eaux de cette frange, qui n'est pour autant négligeable.

Les résultats ainsi obtenus, après analyse, sont reportés au tableau suivant (Tab. 53), en fonction desquelles, nous pouvons nous prononcer quant au faciès des eaux des dits Oueds.

Oued	Élément chimique		Formule ionique	Faciès chimique
	Anion (mg/l)	Cation (mg/l)		
Oued El Malabiod (Basses eaux)	HCO ₃ ⁻ : 47 SO ₄ ⁻ : 51 Cl ⁻ : 305	Ca ⁺⁺ : 107 Mg ⁺⁺ : 24 Na ⁺ : 00 K ⁺ : 0,80	r% Cl ⁻ > r% SO ₄ ⁻ > r% HCO ₃ ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%Mg ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺)	Chloruré calcique
Oued El Malabiod (Hautes eaux)	HCO ₃ ⁻ : 218 SO ₄ ⁻ : 416 Cl ⁻ : 355	Ca ⁺⁺ : 188 Mg ⁺⁺ : 54 Na ⁺ : 138 K ⁺ : 3,2	r% SO ₄ ⁻ > r% Cl ⁻ > r% HCO ₃ ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺) > r%Mg ⁺⁺	Sulfaté, chloruré calcique
Oued El Goussa (Basses eaux)	HCO ₃ ⁻ : 77 SO ₄ ⁻ : 41 Cl ⁻ : 852	Ca ⁺⁺ : 96 Mg ⁺⁺ : 15 Na ⁺ : 00 K ⁺ : 1,1	r% Cl ⁻ > r% HCO ₃ ⁻ > r% SO ₄ ⁻ r%Ca ⁺⁺ > r%Mg ⁺⁺ > r%(Na ⁺ +K ⁺)	Chloruré, bicarbonaté calcique

Tab. 53 Analyses et faciès chimiques des eaux de surface/Bassin d'El Malabiod

Celles de l'Oued El Goussa sont chlorurées calciques et peuvent en outre être bicarbonatées calciques (faciès caché), où l'impact des formations géologiques est irréfutable, sans pour autant négliger l'effet du phénomène de lessivage outre les terres agricoles.

En période des basses eaux, un faciès chloruré calcique caractérise les eaux de Oued El Malabiod. Il est plutôt question d’une origine géologique (Calcaires, Argiles salifères...), conjuguée, mais à un degré moindre, à un usage non commode et non averti des engrais durant les compagnes de fertilisation.

L’action des précipitations est facile à déceler, puisque ces flots deviennent, en hautes eaux, sulfatés calciques (origine agricole avec l’apport des effluents), à chlorurés calciques, dont l’hypothèse géologie est la plus plausible.

Pour de plus amples explications et se rassurer d’avantage, nous avons procédé à la représentation de ces données selon le diagramme de *Schoeller-Berkaloff* (Fig. 40) ; graphique qui confirme effectivement ce qui a été déduit selon la méthode des formules ioniques.

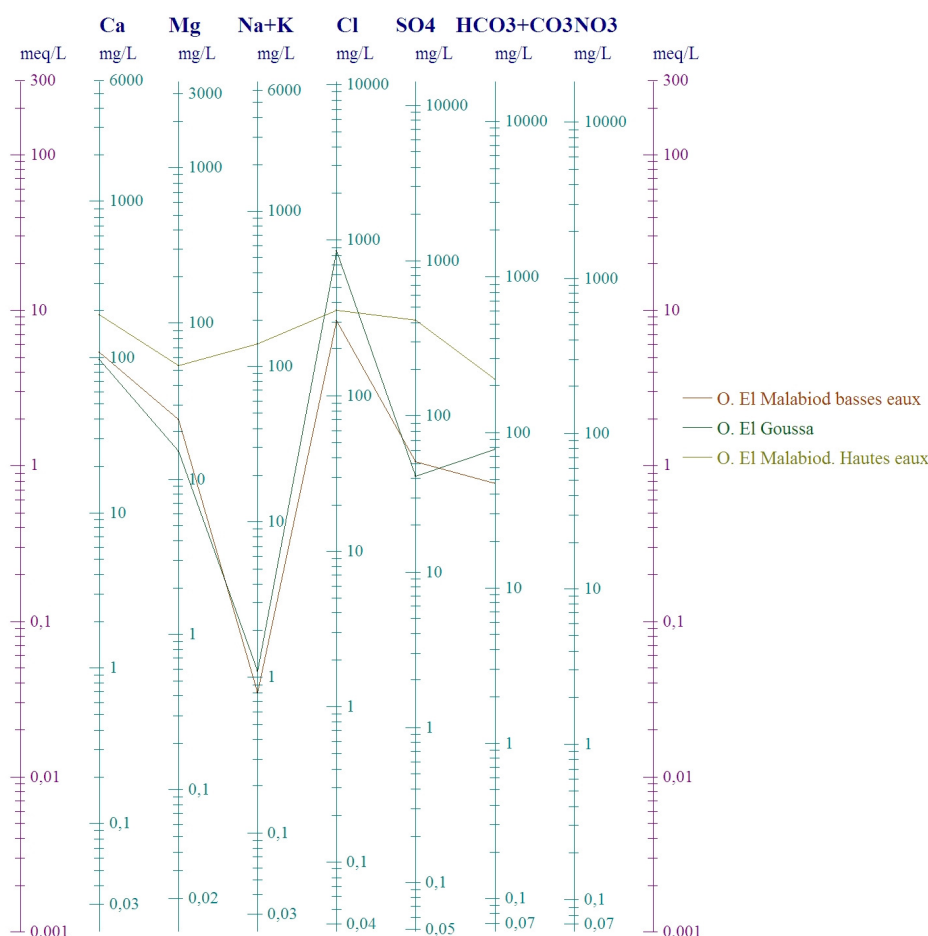


Fig. 40. Représentation des analyses chimiques des eaux de surfaces selon le diagramme de *Schoeller-Berkaloff*/Bassin d’El Malabiod.

II- 2- 3- Les eaux souterraines

Les eaux souterraines de la région constituent la source d’alimentation principale et privilégiée des divers usagers. Un grand intérêt leur a été alors accordé lors des compagnes de prélèvement et d’analyse afin de mieux les identifier et les caractériser. Les échantillons récoltés ont été étudiés aux services du labo de toxicologie de l’hôpital *Durban*, ceux de l’*ANRH* et de l’*ADE*.

Suite aux diverses formules caractéristiques et représentations graphiques, les faciès dominants des eaux souterraines de la région sont le chloruré-calcique, qui se répand sur tout le bassin, le chloruré-magnésien et à un degré moindre, le sulfaté-calcique et magnésien.

Pour une identification meilleure et à titre de confirmation, nous avons essayé par les représentations suivantes (Fig. 41 et 42), qui aident le mieux à déceler leurs divers faciès chimiques, leurs qualités et éventuellement leurs futurs usages.

Fig. 41. Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de Piper/Bassin d’El Malabiod.

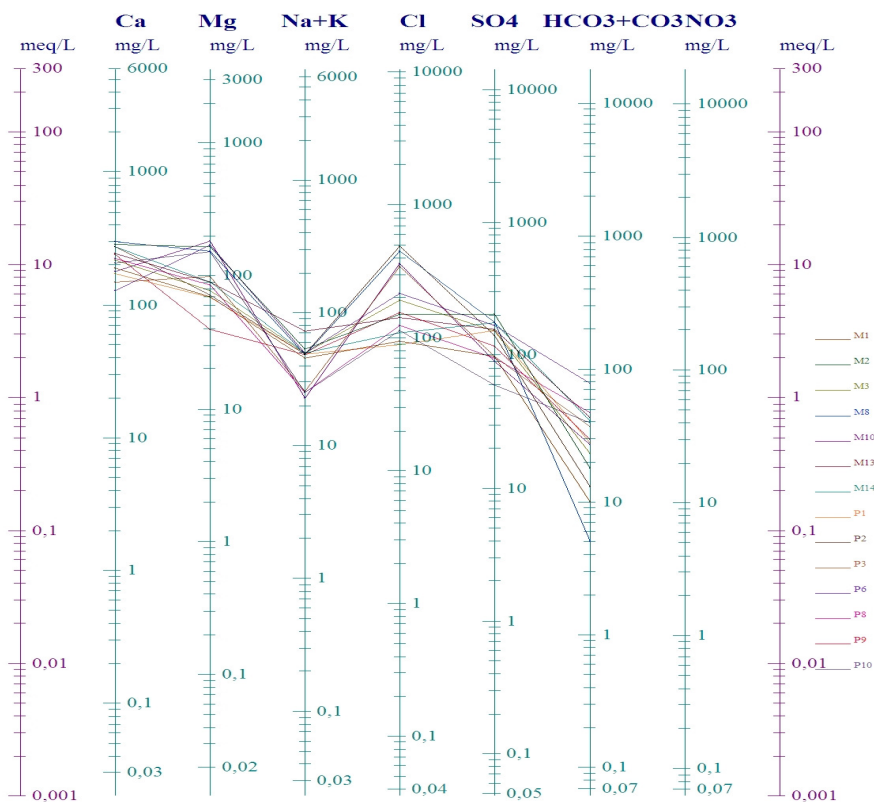
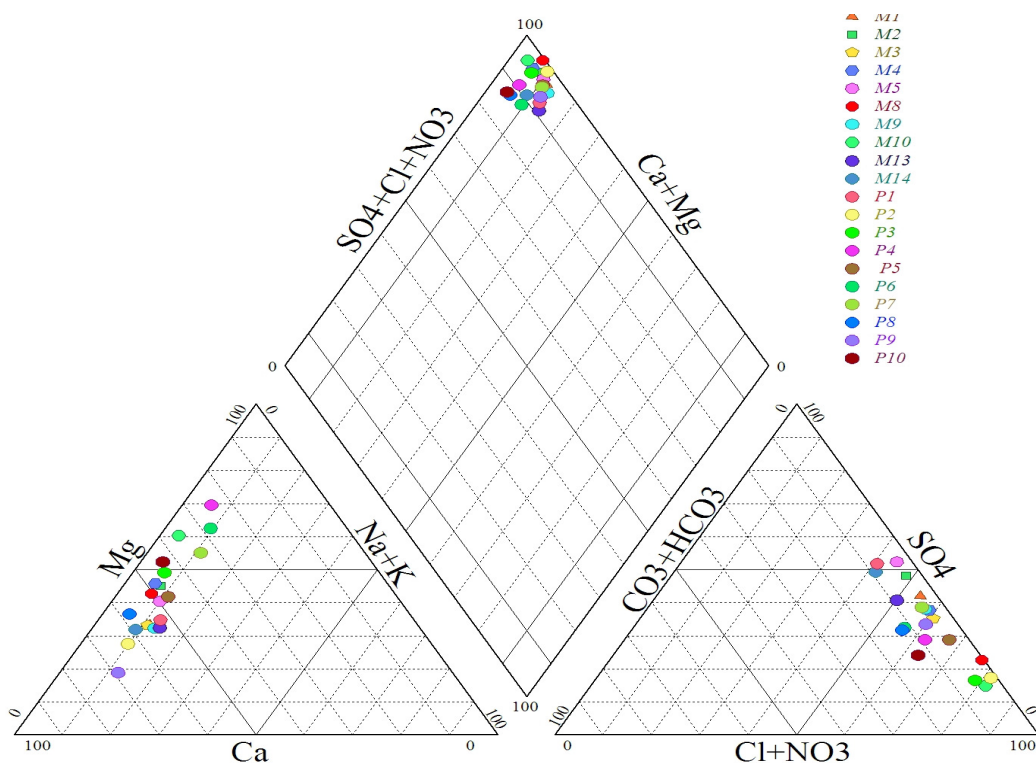


Fig. 42. Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff/Bassin d’El Malabiod.

Le faciès chloruré calcique provient des formations alluvionnaires et gypsifères par échange de base entre Sodium et Calcium, et les ions Cl^- et Ca^{++} provoquent en conséquence une

minéralisation des eaux. Le sulfaté-calcique et magnésien est localisé au Sud et à l’Est, suite à la mise en solution du gypse issu des formations triasiques.

III – Les eaux de la région d’El Malabiod et leur habilitation pour l’irrigation

III – 1- Introduction

Une irrigation de cultures ou d’espaces verts qui met en œuvre une eau quelconque n’est pas une opération négligeable. En effet, les eaux peuvent véhiculer des pollutions qui peuvent être génératrices de tant de problèmes, entre autres, menace à la santé publique, la conservation des sols, la protection de l’environnement et des écosystèmes, qui ne doivent être ni sous-estimés ni exagérés.

L’approche interdisciplinaire a été incontournable, car la problématique est marquée par la multitude de chemins et liens à risque entre eaux polluées, sol, végétaux, exploitants, revendeurs, traiteurs, consommateurs, ménages,...etc.

La région d’El Malabiod connaît une, soi-disant, relance agricole, ce qui sous entend, faire appel à des systèmes de fertirrigation et de traitements phytosanitaires, et d’avantage d’eau. Comme tout le pays d’ailleurs, depuis les dernières décades, une sécheresse accrue plane sur les lieux, accompagnée d’une action physique préoccupante; l’évapotranspiration.

La conjugaison de toutes ces contraintes peut nuire quant au devenir des eaux du bassin, et par conséquent non seulement leur qualité sera mise en cause, suite aux dégradations perpétuelles et aux modifications de leur taux de salinité, mais aussi leur quantité ; par épuisement continu. Il est à cet effet, impératif d’étudier leur comportement quant à leur emploi pour une fin agricole, par le biais de méthodes en la matière.

III – 2- Risque de salinité

Le principal critère d’évaluation de la qualité d’une eau naturelle, dans la perspective d’un projet d’irrigation, est sa concentration totale en sels solubles. On considère deux catégories de conséquences d’une salinité excessive de l’eau d’irrigation :

- ✓ Les dommages vis-à-vis du sol et donc, indirectement, à l’égard des rendements cultureux.
- ✓ Les pertes causées aux cultures.

III – 2- a- Salinisation

L’eau est prélevée du sol sous l’action conjuguée des plantes et de l’évaporation. Une large part de sels apportés lors des irrigations y sera alors abandonnée ; ce qui conduit à l’augmentation de la salinité de l’eau du sol.

La pression osmotique de cette dernière croît avec sa concentration en sels dissous, la plante consacre alors l’essentiel de son énergie non pas à se développer, mais à ajuster la concentration en sel de son tissu végétal de manière à pouvoir extraire du sol l’eau qui lui est indispensable.

En 1969 Richards, a établi une échelle de qualité des eaux d’irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique.

Qualité de l’eau	Conductivité électrique (mmhos/cm)	Sels solubles correspondants estimés en NaCl (mg/l)
I. Excellente	< 0,25	< 160
II. Faible salinité	0,25 ÷ 0,75	160 ÷ 500
III. Forte salinité	0,75 ÷ 2,25	500 ÷ 1 500
IV. Très forte salinité	2,25 ÷ 5	1 500 ÷ 3 600

Tab. 54. Classe de qualité de salure de l’eau d’irrigation (Richards, 1969 in J. Perigaud, 1977).

En dessous de $700\mu\text{s}/\text{cm}$, il n’y a pratiquement pas de culture dont le rendement soit affecté par la salinité, entre 700 et $3\,000\mu\text{s}/\text{cm}$, le maintien des rendements est encore possible avec des méthodes culturales adéquates.

Culture	Rendements				
	100%	90%	75%	50%	0%
Orge	5,3	6,7	8,7	12,0	19,0
Blé	4,0	4,9	6,3	8,7	13,0
Maïs	1,1	1,7	2,5	3,9	6,7
Sorgho	4,5	5,0	5,6	6,7	8,7
Tomate	1,7	2,3	3,4	5,0	8,4
Concombre	1,7	2,2	2,9	4,2	6,8
Choux	1,2	1,9	2,9	4,6	8,1
Pomme de terre	1,1	1,7	2,5	3,9	6,7
Oignon	0,8	1,2	1,8	2,9	5,0
Luzerne	1,3	2,2	3,6	5,9	10,0

Tab. 55. Rendement de quelques cultures en fonction de la salinité de l’eau d’irrigation. Source : Adapté de *Maas* et *Hoffman* (1 977) et *Maas* (1 984). Ces données sont uniquement indicatives.
Les tolérances absolues varient en fonction du climat, des conditions de sol et des pratiques culturales.

Quant une tendance à l’enrichissement en sels de la solution du sol menace les rendements culturels, elle doit être compensée par des irrigations supérieures aux besoins en eau de la culture, pour entraîner la solution du sol excessivement enrichie en ions en dessous de la zone racinaire.

Le choix du mode d’irrigation doit tenir compte de la qualité de l’eau. La méthode à la raie est fortement déconseillée, celle par submersion ou localisée, offrent au contraire de bons résultats.

Nous donnons à titre indicatif (*Tab. 55*), la tolérance de quelques plantes à l’égard de la salinité de l’eau d’irrigation.

III – 2- b- Sodisation

L’accumulation de sodium sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader leurs propriétés physiques. Leur capacité de drainage et donc leur perméabilité, conditionne la productivité des terres irriguées.

Un excès de sodium par rapport aux alcalino-terreux (calcium, magnésium...) dans le complexe adsorbant provoque une défloculation des argiles, une destruction du sol qui se traduit par une réduction de la perméabilité et de la porosité des couches superficielles de ce dernier.

L’eau d’irrigation stagne alors à la surface du sol et ne parvient plus jusqu’aux racines ; autrement dit, les colloïdes du sol fixent le sodium, qui exerce une action nuisible indirecte sur la végétation et affaiblit les caractéristiques physiques du sol qui devient, par conséquent compact et asphyxiant.

D’autre part, à proportions égales de sodium et d’alcalino-terreux dans la solution, la tendance à la sodisation du sol est d’autant plus forte que la concentration en cations totaux dans la solution est plus élevée.

Ainsi, les risques de sodisation relatifs à une eau d’irrigation sont caractérisés par deux paramètres : le sodium adsorption ratio (*SAR*), qui rend compte du rapport entre les concentrations en sodium et en alcalino-terreux, et la conductivité électrique de l’eau appliquée.

Le *SAR* défini comme étant égal à :

$$\frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}, (Na^+, Ca^{++}, Mg^{++} \text{ étant exprimés en } meq/l).$$

Cette grandeur peut être ajustée pour mieux tenir compte du calcium susceptible de demeurer sur le sol après une opération d'irrigation.

L'*U.S. Salinity Laboratory* a proposé un diagramme qui, à partir des valeurs du *SAR* et de la conductivité, classe les eaux d'irrigation en fonction des risques de sodisation et de salinité.

III – 2- c- Type de sels

La concentration totale en sels dissous n'est pas en elle seule un facteur déterminant, la composition qualitative des sels constitutifs d'une eau, destinée pour une quelconque irrigation, doit être munie d'une attention particulière.

En effet, la présence de certains ions, même en faibles concentration, s'avère nuisible voire indésirable. On cite entre autres :

- **Le Bore** qui, est indispensable à la croissance des végétaux, mais à des concentrations faibles, si au contraire, ces dernières excèdent 1mg/l, cet élément devient toxique pour les plantes les plus sensibles.

Sensible ($0,3 \div 1mg$ de B/l)	Tolérance moyenne ($1 \div 2mg$ de B/l)	Tolérant ($2 \div 4mg$ de B/l)
Abricotier	Poivron	Carotte
Pêcher	Avoine	Laitue
Cerisier	Petit pois	Choux
Figuier	Maïs	Navet
Vigne	Blé	Oignon
Pommier	Orge	Luzerne
Prunier	Radis	
Artichaut	Tomate	

Tab. 56. Concentrations maximales en Bore dans l'eau d'irrigation, basée sur l'apparition de symptômes de toxicité lors de culture sur sable. Source : *Shainberg et Oster, 1 978*

- **Le chlore et le sodium**, peuvent avoir, comme avancé plus haut, un impact sur le sol et sur la production végétale, vu le phénomène inhibitif qui s'y engendre, outre les autres dommages et ce, selon la pratique culturale et le mode d'irrigation.

Comme exemple illustratif, on donne à quel degré de concentration l'apparition de brûlures sur le feuillage sera perceptible (*Tab. 57*).

Concentration en Na et Cl (en méq/l) à partir desquelles on observe des brûlures sur les feuilles			
Moins de 5	$5 \div 10$	$10 \div 20$	Plus de 20
Amandier	Vigne	Orge	Choux fleur
Abricotier	Pomme de terre	Blé	Tournesol
Agrumes	Tomate	Concombre	
prunier		sorgho	

Tab. 57. Impact du degré de concentration en Na et Cl sur les cultures irriguées par aspersion. (*Données de Maas*).

Susceptibilité basée sur l'absorption directe des sels par les feuilles, où le dommage est influencé par les conditions environnementales et de culture.

Ces risques peuvent être amoindri avec des irrigations nocturnes.

III – 2- d- Facteurs déterminant l'usage agricole d'une eau

Plusieurs paramètres régissent la description et la classification des eaux destinées à l'irrigation, par une action isolée ou combinée, et ce surtout dans la détérioration des aptitudes de celles-ci. Outre les éléments toxiques et la concentration totale en sels dissous ; exprimée en terme

de résidu sec et donc par la conductivité électrique, on cite le paramètre de salinité potentielle, la concentration relative en sodium.

Le lien de leurs actions dans la nature est exprimé aussi par des relations mathématiques :

- **La salinité totale**, est traduite en terme de minéralisation globale et exprimée en valeurs de conductivité électrique (CE). Cette grandeur est proportionnelle aux valeurs du résidu sec (RS), selon l’expression :

$$RS = 0,7CE \equiv mg/l \text{ et } CE \equiv \mu s/cm$$

Et à la pression osmotique (π) aussi tel que :

$$\pi = 3,6.10^{-4} CE \equiv atm$$

- **La salinité potentielle**, est représentée par les anions sulfates et chlorures selon la relation de *Doneen (1961)* :

$$SP = Cl^{-} + \frac{1}{2} SO_4^{-} \equiv méq/l$$

- **Le sodium adsorption ratio**, qui renseigne sur un éventuel rapport avec le Calcium récalcitrant après irrigation, et sur la teneur en Na qui, en excès nuit à la perméabilité et perturbe les cultures.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}, \text{ Avec } Na^{+}, Ca^{++}, Mg^{++} \text{ en } méq/l.$$

- **Le pourcentage en sodium**

$$Na\% = \frac{100r(Na^{+} + K^{+})}{(Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+})}, \text{ Où } Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+} \text{ sont en } méq/l.$$

- **Le pourcentage d’échange de sodium**

$$ESP = \frac{100[-a + b(SAR)]}{1 + [-a + b(SAR)]}, \text{ Avec } a = 1,26.10^{-2} \text{ et } b = 1,475.10^{-2}.$$

Il a été montré aussi que trois paramètres peuvent conditionner la perméabilité d’un sol. En 1961, *Doneen* a exprimé ça en un seul indice qu’il a utilisé comme référence de classification des eaux d’irrigation.

- **Indice de perméabilité**, c’est la combinaison de la concentration totale d’une eau avec la quantité de sodium (exprimée en cations Na^{+}) et la concentration en bicarbonate (en anions HCO_3^{-}), traduite par l’expression :

$$IP\% = \frac{100(Na^{+} + \sqrt{HCO_3^{-}})}{(Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+})}, \text{ Avec } HCO_3^{-}, Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} \text{ en } méq/l.$$

Indice	Norme	Nombre d'échantillons				Classe
		2 000	2 002	2 003	2 004	
IP	$0 < IP < 20$	1	17	0	0	Excellente
	$20 < IP < 40$	22	2	22	0	Bonne
	$40 < IP < 60$	13	0	0	11	Admissible
	$60 < IP < 80$	1	0	0	1	Douteuse

Tab. 58. Classification des eaux pour l'irrigation/Bassin d'El Malabiod. *Doneen. 1961.*

À travers cette classification, les eaux de la région, étant qualifiées d'admissibles, peuvent être utilisées en agriculture sans aucun souci.

III – 2- e- Calcul des paramètres

Pour faciliter l'opération de classification, l'ensemble des données était réuni, traité puis utilisé dans la détermination des différents facteurs, par les méthodes précédemment citées.

Code d'ouvrage	CE en $\mu\text{s/cm}$	pression osmotique π (atm)	RS en mg/l	Na ⁺ %	SAR	IP %	SP	ESP
M ₃	626	0,225	646,8	30,8911	1,1728	58,16	5,55208	0,4676
M ₄	924	0,333	621,6	21,6066	0,9209	38,51	6,14437	0,0982
M ₅	888	0,320	642,6	32,9268	1,5667	49,00	5,61752	1,0400
M ₈	918	0,330	712,6	13,5429	0,1151	37,86	5,40845	-1,1020
M ₉	1 018	0,366	677,6	71,8135	9,5796	79,69	7,56918	11,4020
M ₁₃	968	0,348	658,7	37,0828	1,4566	51,82	5,93750	0,8807
M ₁₄	941	0,339	438,2	13,5410	0,1022	17,61	6,89877	-1,1220
P ₀₁	2 100	0,756	1 470,0	37,1247	1,1787	54,60	3,50073	0,4763
P ₀₂	590	0,212	413,0	54,8564	0,5556	9,484	3,30839	-0,4420
P ₀₃	901	0,324	630,7	23,1579	1,0468	32,93	8,41740	0,2833
P ₀₄	1 355	0,488	948,5	35,7006	2,1160	42,09	11,36680	1,8271
P ₀₅	1 280	0,461	896,0	23,6784	0,8260	11,870	6,97741	-0,0420
P ₀₆	805	0,290	563,5	53,9950	0,9368	39,61	6,63615	0,1216
P ₀₇	1 956	0,704	1 369,0	30,2211	2,2751	36,81	18,41670	2,0527
P ₀₈	1 420	0,511	994,0	62,2340	2,0556	50,28	10,97170	1,7411
P ₀₉	788	0,284	551,6	27,0598	1,0684	43,68	5,91447	0,3149
P ₁₀	839	0,302	587,3	40,6480	1,0914	39,17	5,96508	0,3485

Tab. 59. Paramètres déterminant l'aptitude à l'irrigation d'une eau/Bassin d'El Malabiod (*Septembre 2008*).

Ces dernières sont récapitulées dans le tableau précédent ; (*Tab. 59*).

III – 3- Aptitude des eaux à l'irrigation

III – 3- a- Classification des eaux par la méthode du S.A.R

C'est une échelle composée de cinq classes, identifiant les eaux selon leurs qualités et leurs caractéristiques, et leur affectant en conséquence leur catégorie d'usage.

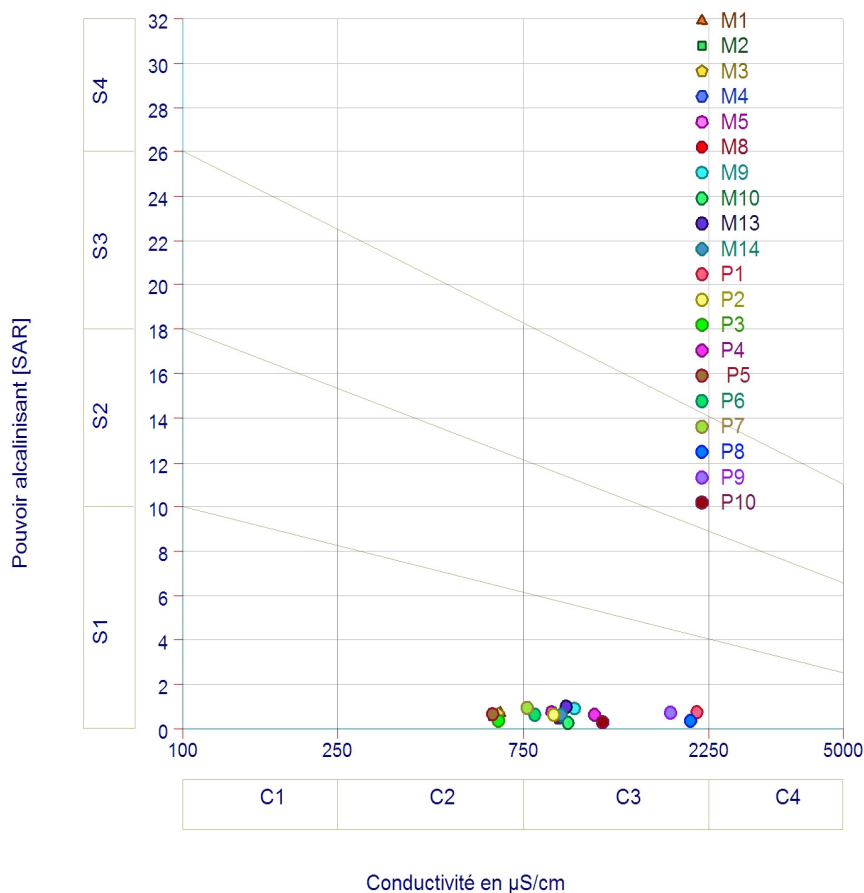
Degré	Qualité	Classe	État d'utilisation
1 ^{er}	Excellente	C ₁ S ₁	Eau à utilisation sans danger pour l'irrigation de la plus part des sols
2 ^{eme}	Bonne	C ₂ S ₁ C ₂ S ₂	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes en sels
3 ^{eme}	Admissible	C ₂ S ₃ C ₃ S ₁ C ₃ S ₂	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes en sels, sur des sols bien drainés cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée
4 ^{eme}	Médiocre	C ₃ S ₃ C ₄ S ₁ C ₄ S ₂	Eau fortement minéralisée, pouvant convenir en général, à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes en sels sur des sols bien drainés et lessivés
5 ^{eme}	Mauvaise	C ₃ S ₄ C ₄ S ₃ C ₄ S ₄	Eau ne convenant pas à l'irrigation, mais peuvent être utilisée sous certaines conditions ; sols très perméables, bon lessivage

Tab. 60. Classification des eaux par la méthode du SAR et leur état d'utilisation.

• **Diagramme de Wilcox**

Les valeurs des facteurs ainsi obtenues (Tab. 59) sont reportées sur des diagrammes, en combinaison avec la conductivité électrique, pour enfin aboutir à la fameuse classification cherchée, quant à l'usage agricole, bien sûr, de l'eau en question dans les diverses pratiques culturales. Pour cette fin, nous utilisons le digramme de Wilcox.

Fig. 43. Représentation selon le diagramme de Wilcox des analyses des eaux souterraines. Bassin d'El Malabiod.



L'observation de ce diagramme (Fig. 43), fait ressortir pour notre région, les classes suivantes :

Classe	Qualité	Puits correspondant
C_2S_1	Bonne	M_3, P_3, P_5
C_3S_1	admissible	$M_1, M_2, M_4, M_5, M_8, M_9, M_{10}, M_{13}, M_{14}, P_1, P_2, P_4, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}$

Tab. 61. Classification des eaux par la méthode du SAR et leur état d'utilisation/Bassin d'El Malabiod.

Conformément à cette classification, les eaux du bassin d'El Malabiod sont bonnes à admissibles, et doivent par conséquent être utilisées en irrigation avec un contrôle de l'évolution de leur salinité et effectuer un drainage continu des sols.

IV – Vulnérabilité à la pollution des eaux du bassin

IV -1- Introduction

Quelque soit l'état d'abondance des ressources en eau dans notre bassin, elle doit être préservée et protégée contre tout genre de pollution, avant qu'elle ne devienne impropre à toute sorte de consommation. Surtout avec l'évolution des activités humaines, le développement des techniques agricoles (usage d'engrais) et la croissance (quoi que timide) des activités industrielles.

Les techniques de dépollution des entités naturelles contaminées sont très développées certes, mais restent longues coûteuses, limitées et incapables de restaurer la qualité des eaux. Le meilleur moyen c'est de les protéger avant qu'elles ne soient atteintes dans leurs gisements même.

La politique qu'il est conseiller d'adopter dorénavant est donc basée sur l'établissement de cartes dites de sensibilité ou de vulnérabilité. Cette cartographie servira de repère pour tous les acteurs (polices des eaux, comité du bassin, gestionnaires de l'eau...), dans toute action de préservation de la ressource ou de mise en place de nouveaux ouvrages de captages.

IV -2- Aspects de la vulnérabilité à la pollution

La vulnérabilité d'un système à la pollution est son aptitude d'être atteint plus au mois vite par un agent contaminant, où les sources qui peuvent l'engendrer peuvent être ponctuelles (décharges, centre d'enfouissement, rejets d'eau usée brute domestique ou industrielle...) ou encore linéaires (réseaux d'eau usée, réseaux de drainage agricole...).

C'est une notion relative non mesurable et sans dimensions. La précision de son estimation est fonction de la nature des données employées ainsi que de leur fiabilité.

Sa caractérisation est souvent basée sur l'évaluation d'un certain nombre de paramètres plus au moins déterminants, relatifs notamment à la couverture du système (sol, zone saturée...) et la zone non saturée proprement dite.

Elle doit être considérée sous trois aspects :

- ✓ Introduction de polluants dans les nappes ; le transit selon un trajet surtout vertical, d'agents polluants, entraînés par les eaux d'infiltration ou de fluides polluants depuis la surface jusqu' au nappes, à travers le sol et des roches non saturées d'eau.
- ✓ La propagation de la pollution ; écoulement d'eau ainsi polluée, entraînée par le mouvement naturel de la nappe atteinte, qui peut accéder plus au moins vite, selon la pente et les caractéristiques du système aquifère.

- ✓ La persistance plus au moins prolongée, après la suppression du foyer de pollution, cette durée de séjour est fonction du renouvellement naturel de l’eau dans l’aquifère et également de la nature du polluant.

IV – 3- Types de pollutions menaçant le bassin d’El Malabiod

La région connaît un développement remarquable cependant, il n’est tout de même pas accompagné de plans écologiques et de protection de l’environnement. La négligence en matière de traitement et de contrôle des rejets a généré des cas de pollution multiformes, guettant particulièrement la ressource en eau.

Il est question de pollution ponctuelle (accidentelle ; erreurs de manipulation ou chronique ; stockage de produits), ou de pollution diffuse (entraînement de produits d’épandage par l’eau, décantation de poussières émises par l’industrie et le trafic routier).

Toutes ces formes peuvent être à l’origine de graves problèmes de santé et environnementaux.

IV – 3- a- Pollution urbaine

La population du bassin d’El Malabiod est, selon les opérations de recensement (*RGPH 2 008*), de 16 168 habitants. Le taux de raccordement au réseau d’assainissement atteint les 84% néanmoins, les rejets d’eau usée domestique constituent la source principale de pollution organique, qui peut dégrader la qualité des eaux de surface et surtout celles souterraines.



Fig. 44. Exemple de rejets domestiques dans les principaux oueds/Bassin d’El Malabiod.

On compte la présence de deux décharges sauvages, l’une à El Malabiod et l’autre à Houidjebet, collectant respectivement 912 et 310 tonnes/an. En matière d’eau usée, les rejets sont estimés à 6 millions de M^3/an , dont une grande partie est déversée dans la nature.

Tous ces produits constituent un souci perpétuel et une source de dégradation de la qualité du sol, des ressources en eau et des écosystèmes.

IV – 3- b- Pollution industrielle

Le secteur industriel n’est pas aussi développé dans la région au point où il peut en lui-même devenir une source d’inquiétude toutefois, l’absence de station de traitement des eaux usées issues des entreprises qui y sont implantées et des poussières émises, est une vraie problématique.

Il est à signaler que lors des sorties effectuées, on a remarqué que les rejets atmosphériques (cimenterie) ou liquides, ne font l’objet d’aucun traitement ni contrôle, et peuvent par conséquent être à l’origine de maladies (inhalation de poussière), modification de la qualité des réserves en eau et des terres productives (durcissement).

Le trafic routier est aussi initiateur de pollution métallique particulaire qui se dépose sur les sols et les voiries, et sera reprise par le lessivage. Parmi les métaux lourds on dénombre le Plomb qui est peu mobile et très peu soluble et le Zinc, qui ont un effet cumulatif, et génèrent avec le temps une action nuisible.

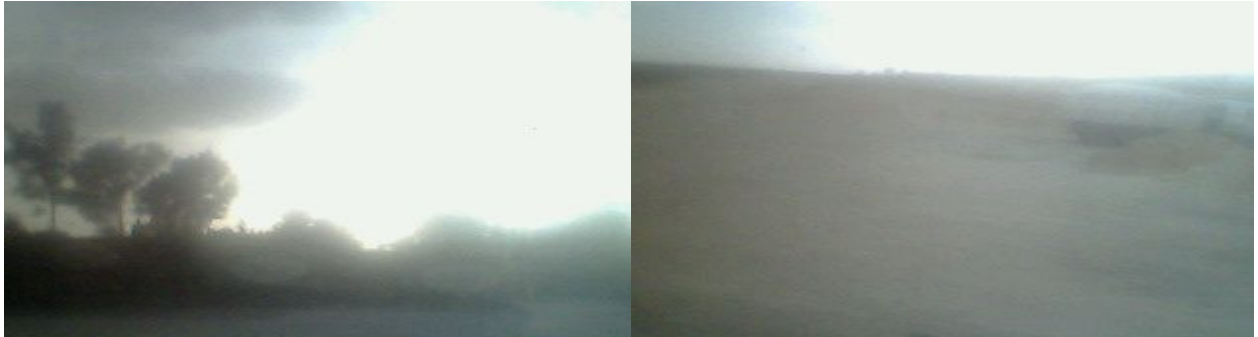


Fig. 45. Exemple de rejets industriels atmosphériques et liquides/Bassin d'El Malabiod.



IV – 3- b- Pollution agricole

Depuis le lancement du plan national de développement agricole (*PNDA*), et l'octroi de dons et de crédits au profit des exploitants, l'agriculture a commencé à renaître. Ainsi, la libération du secteur agricole a permis l'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques, lors de campagnes de fertilisation.

L'usage insensé de ces composés engendre une dégradation de la qualité des eaux, qui seront touchées après lessivage et infiltration, et la rende à terme, impropre à la consommation.

Conclusion

Suite à cette étude on a pu retenir que les eaux du bassin d'El Malabiod ont des caractéristiques physico-chimiques relativement variables ; une température allant de 14 à 19°C , un pH de $6,8$ à $8,3$ et une conductivité électrique oscillant de 626 à $1\ 956\ \mu\text{s}/\text{cm}$.

Leur faciès dominant est chloruré calcique ou chloruré magnésien et peut parfois être sulfaté calcique à magnésien, et ce suite au lien étroit aux roches encaissantes. Sauf qu'à l'exutoire, c'est l'action anthropique qui les influence.

Dans l'ensemble, ces eaux sont bonnes à admissibles et peuvent alors être utilisées en irrigation avec un contrôle de l'évolution de leur salinité et effectuer un drainage continu des sols.

Il est à noter qu'elles sont sujettes à diverses menaces et sources de pollutions, qu'il convient de déployer les moyens nécessaires pour les anéantir, qu'elles soient ponctuelles ou diffuses, urbaines, agricoles ou industrielles.

Chapitre VI

*Les potentialités hydriques
et demande en eau
dans le bassin d'El Malabiod*

CHAPITRE VI

LES POTENTIALITÉS HYDRIQUES ET DEMANDE EN EAU DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD

1 – LES POTENTIALITÉS HYDRIQUES DANS LE BASSIN

I – Introduction

Toute tentative de gestion des ressources en eau, pour qu'elle soit réussie, doit absolument être intégrée, et passe pertinemment par une projection à l'exploitation. Cette dernière s'articule sur deux thèmes prépondérants : l'évaluation de la réserve et l'approximation de la ressource.

La première est définie en terme de volume d'eau gravitaire, contenue dans un système hydrologique quelconque, à une date précise, ou carrément emmagasiné en infrastructures spécifiques, lors de cycle voulu.

La seconde désigne quant à elle, la masse d'eau consentie à être extraite d'un domaine circonscrit, traduite en terme de débit moyen, en un laps de temps préalablement décrété.

Une régie raisonnable de la question, suppose la hiérarchisation de tous les paramètres de l'équation (abondance de la ressource, sa variabilité spatio-temporelle, sa qualité...etc.), préparer des scénarios plausibles pour diagnostiquer les risques et gérer les crises éventuelles.

C'est donc une histoire d'évaluation des potentialités souterraines (aquifères, karst...), superficielles (cours d'eau, barrages, retenues collinaires...), ou apports, afin de dégager une politique propre à notre bassin et à ses enjeux.

II – État de la ressource dans le bassin (l'impluvium)

Comme signalé auparavant, la région d'étude est incluse dans la seconde zone climatique ; semi-aride, d'Algérie (hauts plateaux), ce qui lui confère un caractère d'irrégularité, relatif surtout à son régime de précipitation. Elle se trouve marquée par les risques et les aléas ; alternance d'épisodes de sécheresses et de forte hydraulité (de courte durée). La compréhension du processus d'alimentation et du comportement du système hydrologique devient ainsi compliquée, et rend par conséquent difficile, l'idée d'une gouvernance optimale des potentialités hydriques.

II – 1- Les apports pluviométriques

Une certaine hétérogénéité, quoiqu'elle reste insignifiante, marque la répartition des précipitations (y compris celle solide), à l'échelle du bassin. Leur apport peut être déduit par la sommation des moyennes pluviométriques estimées dans chacune des stations contrôlant une aire donnée du bassin versant en question.

Par l'application de la formule : $Q = Pi.Ai.10^3 \equiv m^3 / an$ Où :

Q : Apport pluviométrique moyen (m^3/an), Pi : Moyenne pluviométrique à la station i (mm).

Ai : Aire du polygone contrôlé par la station i (km^2).

Station	P moyenne Pi (mm)	Aire Ai (km^2)	Apport pluviométrique Q (Hm^3 / an)
Ain khanga	245,73	100,5	24,7
El Malabiod	237,87	199,5	47,45
E'Zouaïria	227,07	213,3	51,56
O. M'hamed	216,92	134,7	92,22
Total		648	215,93

Tab. 62. Apport pluviométrique aux différentes stations/Bassin d'El Malabiod.

On aboutit aux valeurs, représentatives de l'ensemble du bassin, qu'on a synthétisé au tableau précédant (Tab. 62).

Sur l'ensemble du territoire étudié, cet apport est estimé à environ $216Hm^3/an$.

II – Mobilisation de la ressource

Selon les services de l'hydraulique de la wilaya de Tébessa, le volume d'eau qui devrait être mobilisé est d'environ $10\,246\,616,88m^3/an$. Les eaux de surface sont estimées à 10 millions de m^3/an , celles souterraines à $245\,306,88m^3/an$ et le reste est issu des sources.

La masse exploitée est de $150\,958,88m^3/an$ pour l'AEP, $78\,624m^3/an$ pour l'industrie et la différence est affectée au secteur agricole. Ces chiffres ne reflètent jamais la réalité, ce qui renseigne surtout sur une gestion confuse et une exploitation anarchique du potentiel hydrique.

II – 1- Les eaux superficielles

II – 1- a- Les barrages

Quelque soit le retard qu'accuse la région, à défaut de moyens (financiers, matériels, techniques, humains, programmation, planification, disposition...etc.), il est difficile d'admettre qu'un territoire, aussi menacé par la rareté de l'eau que le notre, ne dispose nullement pas d'ouvrages de stockage d'eau. Peu importe à qui incombe la responsabilité, mais c'est comme même flagrant de voir d'importantes quantités d'eau, notamment lors de périodes d'orages et de crues, longer le périmètre sans en tirer le moindre profit !!!

II – 1- b- Les retenues collinaires

Le moindre qu'on puisse dire à propos de cette catégorie d'infrastructure c'est qu'il est vrai qu'on avait l'intention d'en construire, néanmoins aucune d'entre elles n'a vu le jour !!! Même avec le programme national de développement agricole (PNDA), l'état des lieux est resté et demeure inchangé.

Mis à part quelques initiatives individuelles, où la retenue est à but lucratif, et sa capacité reste infime ; sauf abreuvement du cheptel, irrigation de verger et parcelle personnels, de tels ouvrages, la région en reste malheureusement dépourvue !

II – 1- c- Les oueds

Les précipitations constituent la première (si ce n'est pas l'unique) source d'alimentation des principaux cours d'eau et de leurs affluents, à l'échelle du bassin.

Les mesures de débits de ces derniers n'ont pas fait l'objet d'un suivi de rigueur, et ce, suite à des causes multiples, à l'exception de la période (1974 ÷ 1986), où on a pu comme même enregistrées quelques valeurs.

Année	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86
moyenne annuelle l/s	16,2	9,5	6,75	10,6	10,9	62,7	55,0	10,05	6,10	5,4	3,2	4,0

Tab. 63. Valeurs de débits enregistrées de 1974 ÷ 1986 (Oued El Malabiod). Source ANRH Tébessa

Une approximation extrapolée de la masse d'eau issue de ces apports (moyenne annuelle), fait ressortir un volume d'environ $5,19hm^3$. La quasi-totalité de cet apport s'écoule vers l'exutoire, sans qu'il n'y ait de prises ou une quelconque mobilisation, alors qu'un besoin imminent marque tous les secteurs de la région.

II – 2- Les eaux de sources

En matière de sources, le bassin d'El Malabioud en compte en dizaine, néanmoins, plusieurs d'entre elles sont taries, à l'instar de celle de Koriz, Rhorira et de T'noukla.

Il n'y a que deux qui continuent à débiter, elles sont localisées à la commune de Houdjebet ; Ain Taga et Ain Mansoura, dont le débit respectif est de 0,5 et 02l/s, comme le précise le tableau suivant (Tab. 64).

Localisation du point d'eau		Coordonnées Lambert			Caractéristiques
Commune	Lieu de	Longitude (km)	Latitude (km)	Altitude (m)	Débit (l/s)
Houdjebet	Ain Taga	1 010	228	1 112	0,5
	Ain Mansoura	1 009	216	1 100	02
Total					2,5
Tab. 64. Caractéristiques de quelques sources/Bassin d'El Malabioud.					Source C. F/Tébessa

Le captage de ces sources permet la mobilisation de $78,6Mm^3/an$ d'eau, qui ne peuvent servir à grand-chose, et se limitent d'ailleurs à l'irrigation de petit périmètres, à l'abreuvement des bestiaux et à étancher la soif des hameaux limitrophes.

II – 3- Les eaux souterraines

Il est utile de rappeler que la majorité écrasante, pour ne pas dire la totalité, du volume d'eau, à l'échelle du bassin, est extraite des systèmes aquifères, et de ce fait, on reconnaît que c'est la source privilégiée d'approvisionnement en eau des différents secteurs d'usage.

La nappe Miocène et, à un degré moindre, celle alluviale, forment le patrimoine hydraulique de la région, sur lequel se basent tous les défis. En plus des précipitations atmosphériques qu'encaisse son impluvium, l'alimentation du système se fait du Nord comme du Sud, via les formations calcaires qui lui viennent en contact.

La mobilisation de cette ressource se fait par l'exploitation des ouvrages de captage implantés à travers la plaine, dans une fin de répondre au mieux à toutes les sollicitations. Les diverses opérations permettent la mobilisation d'une masse d'eau de l'ordre de $49\,731\,008m^3/an$, volume qui constitue l'apport annuel presque total, issu des forages et des puits.

II – 3- a- Les forages étatiques

L'exploitation de l'essentiel du patrimoine hydrique souterrain se fait par pompage, à l'aide d'une batterie de forages, implantés dans la plaine, dont treize (13) localisés à El Malabioud et sept (07) à Houdjebet.

Sur cet ensemble, un (01) seul forage est destiné à approvisionner l'industrie, trois (03) pour l'agriculture et le reste c'est pour l'alimentation en eau potable (AEP), (cf Tab. 65).

Commune	Ouvrage	Coordonnées Lambert			Usage	
	Code/Nature	X (km)	Y (km)	Z (m)		
El Malabiod	Forage EV_1	998,000	230,900	1 058	<i>AEP</i>	
	Forage FC_1	996,125	232,750	1 085	<i>Industrie</i>	
	Forage M_1	1 005,250	235,000	1 090	<i>Irrigation</i>	
	Forage M_2	992,975	229,100	1 075	<i>AEP</i>	
	Forage M_4	990,700	228,625	1 080	<i>AEP</i>	
	Forage M_5	992,200	230,800	1 075	<i>AEP</i>	
	Forage M_7	992,800	232,600	1 080	<i>AEP</i>	
	Forage M_8	990,890	229,775	1 072	<i>AEP</i>	
	Forage M_9	998,400	228,850	1 048	<i>AEP</i>	
	Forage M_{10}	998,975	234,450	1 085	<i>AEP</i>	
	Forage M_{13}	995,750	231,800	1 080	<i>AEP</i>	
	Forage M_{14}	992,200	229,550	1 072	<i>AEP</i>	
	Forage M_{15}	990,200	226,750	1 106	<i>AEP</i>	
	Houidjebet	Forage AT_1	1 007,300	231,850	1 125	<i>AEP</i>
		Forage B_{02}	970,250	216,850	1 075	<i>AEP</i>
Forage B_{03}		969,050	216,000	1 100	<i>AEP</i>	
Forage B_{04}		980,250	215,750	1 131	<i>Irrigation</i>	
Forage B_{05}		963,250	216,700	1 131	<i>Irrigation</i>	
Forage HS_1		1 006,200	293,200	1 070	<i>AEP</i>	
Forage Z_1		1 006,050	240,120	1 080	<i>AEP</i>	

Tab. 65. Nature et destination des ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.

Source ABHS

Comme le montre le tableau ci après, le débit oscille entre six (06) et quarante cinq (45) l/s), avec une fréquence de pompage de vingt (20) à trente (30) j/mois) et une durée de huit (08) à vingt (20) h/j. Ce qui permet la mobilisation de $8\,731\,008\text{m}^3/\text{an}$.

Commune	Nature/Code	Débit (l/s)	Durée (h/j)	Fréquence (j/m)	Q (m^3/an)	
El Malabiod	Forage EV_1	20	20	30	518 400	
	Forage FC_1	20	08	20	115 200	
	Forage M_1	10	12	20	77 760	
	Forage M_2	30	20	30	777 600	
	Forage M_4	30	20	30	777 600	
	Forage M_5	40	20	30	1 036 800	
	Forage M_7	40	20	30	1 036 800	
	Forage M_8	45	20	30	1 166 400	
	Forage M_9	06	20	30	155 520	
	Forage M_{10}	09	20	30	233 280	
	Forage M_{13}	40	20	30	1 036 800	
	Forage M_{14}	20	20	30	518 400	
	Forage M_{15}	08	20	30	207 360	
	Houidjebet	Forage AT_1	08	20	30	207 360
		Forage B_{02}	03	20	30	77 760
Forage B_{03}		05	20	30	129 600	
Forage B_{04}		06	12	20	46 656	
Forage B_{05}		12	12	20	93 312	
Forage HS_1		10	20	30	259 200	
Forage Z_1		10	20	30	259 200	

Tab. 66. Caractéristiques des ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.

Source ABHS

Environ 96,2% de ce potentiel ; ce qui équivaut les 8 398 080m³/an, sont destinées à l'AEP, alors que le secteur agricole bénéficie de 217 728m³/an ; soit les 2,5% du volume total. Le secteur industriel, quant à lui, ne reçoit que 115 200m³/an, les 1,3% restant donc.

II – 3- b- Les forages non étatiques

Depuis l'adoption du programme rentrant le cadre du plan national de développement agricole (PNDA), plusieurs permis de réalisation d'ouvrages de captages ont été octroyés par les services de tutelle ; la direction de l'hydraulique de la wilaya (DHW) en collaboration avec la direction des services agricoles (DSA), au profit des agriculteurs de la région.

Sur un total de quatre cent deux (402) forages, répartis sur l'ensemble de la plaine, dont deux cent cinquante deux (252) à El Malabiod et cent cinquante à Houdjebet. On dénombre deux cent (200) d'entre eux, sont illicites, à El Malabiod, avec un débit moyen de 15l/s et quatre vingt dix (90) à Houdjebet, d'une moyenne de production de 10l/s.

Le débit mobilisé est estimé à environ 40 460 000m³/an, avec 23 350 000m³/an à El Malabiod et 17 110 000m³/an à Houdjebet.

II – 3- c- Les puits

Cette catégorie d'ouvrage n'a pas été prise au sérieux dans les diverses opérations d'estimation de réserves mobilisées, malgré que leur nombre dépasse de loin celui déclaré officiellement. On ne recense que huit (08), dont cinq (05) à El Malabiod et trois (03) à Houdjebet, alors que la prolifération des puits illicites est incontestable.

La quasi-totalité de ces ouvrages, dont l'exploitation permet l'extraction d'un volume de 540 000m³/an, est destinée à des fins agricoles. La commune d'El Malabiod bénéficie de 400 000m³/an alors que celle de Houdjebet n'en profite que de 140 000m³/an.

III – Les prélèvements

La question des prélèvements est vraiment préoccupante, puisque l'exploitation de la ressource manque d'objectivité et d'usage scientifique et rationnel, et échappe au contrôle planifié et de rigueur.

Pour pouvoir parler de gestion, équitable et équilibrée et donc réussie, de la ressource en eau, il est impératif de faire intégrer la connaissance et la maîtrise de cette composante ; destinée à satisfaire, si non à répondre à toute sollicitation des différentes catégories d'usagers.

III – 1- Les prélèvements d'eau de surface

Comme déjà signalé aux chapitres précédents, l'absence d'infrastructures en la matière (barrages, retenues collinaires...) rend difficile, voire impossible, la résolution de l'équation de mobilisation d'eau de surface. Il est inconcevable de voir d'importantes masses d'eau s'écouler du territoire sans pour autant en profiter.

Cet handicap conjugué aux aléas du climat, anéantissent toute sorte de prélèvement, même des oueds, puisqu'ils sont à écoulement temporaire ; suite à leur dépendance des précipitations qui sont orageuses et non saisonnières.

III – 2- Les prélèvements d'eau souterraine

Selon les statistiques officielles, fournies par les services compétents, l'essentiel du potentiel hydrique sollicité par les l'ensemble des usagers, provient du sous sol. La plus grande part est affectée au secteur agricole, avec un volume de 41 217 728m³/an, vient ensuite l'AEP, avec 8 398 080m³/an, et enfin le secteur industriel qui consomme 115 200m³/an.

Les prélèvements en eau souterraine, tout usage compris, totalisent le chiffre de $49\,731\,008\text{m}^3/\text{an}$, où les $82,88\%$ sont réservés à l'irrigation, $16,88\%$ pour la potabilité et le reste ; moins de $0,2\%$, vont à l'industrie.

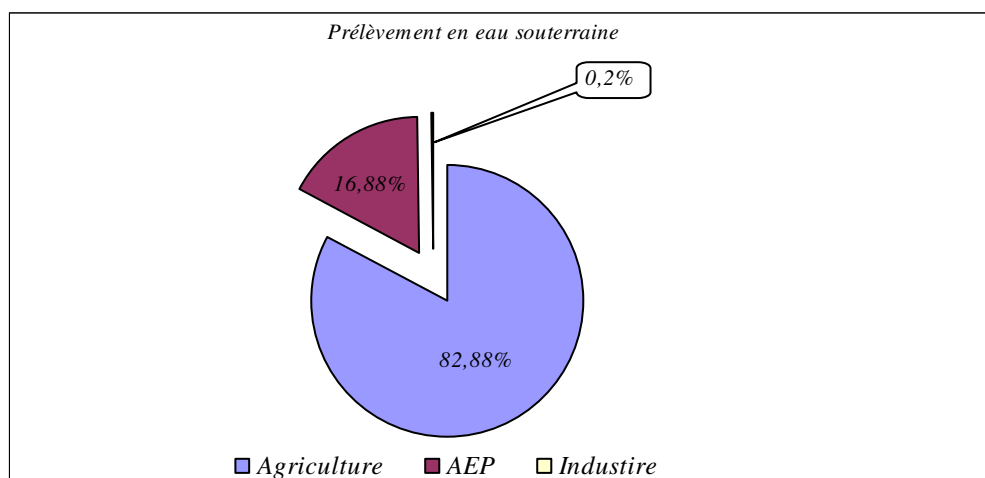


Fig. 46. Répartition des prélèvements par secteur d'utilisateur/Bassin d'El Malabiod.

Conclusion

Les précipitations météoriques sont la source quasi-unique d'alimentation dans le bassin d'El Malabiod, sachant que son impluvium reçoit en moyenne 216Hm^3 par année pluviométrique. Une énorme quantité est reprise par le phénomène d'évapotranspiration, le reste est infiltré ; surtout sur les bordures nord et sud, pour enrichir les stocks souterrains.

Le volume mobilisable est estimé à $10,24\text{Mm}^3/\text{an}$, mais l'absence d'ouvrages de stockage (barrages, retenues collinaires...) constitue un handicap majeur, puisque de grandes masses d'eau se perdent sans en tirer le moindre profit.

Les eaux souterraines constituent alors la source préférée d'alimentation des divers usagers, avec une batterie de 21 ouvrages étatiques de captage, dont 13 à El Malabiod et 8 à Houidjebet. Parmi lesquels un seul est destiné à l'industrie, trois pour l'irrigation et le reste c'est pour l'AEP.

L'ensemble de ces ouvrages permet la mobilisation de $49,7\text{Mm}^3/\text{an}$, dont $96,2\%$ sont affectés à l'AEP, $2,5\%$ pour l'AEA et $1,3\%$ pour l'AEI.

L'état de ceux non étatiques reste confus, et par conséquent toute tentative d'estimation du potentiel exploité reste limitée et ne reflète jamais la réalité. Les valeurs qu'on a pu estimées en fonction des données récoltées, démontrent qu'on peut mobiliser $40,46\text{Mm}^3/\text{an}$ des 402 ouvrages recensés.

Les prélèvements en eau de surface sont inexistants alors que ceux des eaux souterraines sont évalués à $49,73\text{Mm}^3/\text{an}$, où $82,88\%$ sont affectées à l'irrigation, $16,88\%$ pour la potabilité et le reste est destiné à l'industrie.

2 – BESOINS, UTILISATIONS ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD

I – Introduction

Un besoin en eau est généré par une nécessité et un usage quelconque, qui sont caractérisés, selon la catégorie d'utilisateur (agricole, industrielle ou domestique), par une variabilité tant qualitative que quantitative. En matière de gestion, et presque dans toutes les politiques nationales de l'eau, un certain favoritisme est accordé à la demande de consommation domestique. Toutefois en pratique, cette dernière est négligeable devant le volume réellement affecté au secteur agricole surtout et, à un degré moindre, à celui industriel. Et c'est le tort qu'on leur impute d'ailleurs.

Même s'il est admissible qu'en général la consommation domestique ne représente que les 10 ou les 20% de l'utilisation de l'eau dans le pays et que le secteur agricole en emploie entre 65 ÷ 80%, il y'a beaucoup de choses à dire là-dessus. En fait la question est liée surtout à la vocation, aux choix et aux orientations du pays.

Parmi les composantes qu'on traite de variables dans un bilan hydrologique, le ruissellement et l'infiltration, tandis que les précipitations sont relativement constantes. Ce qu'on qualifie de changement, est imputé aux activités économiques, aux actions anthropiques, au mode d'occupation du sol (surface en friche, surface urbanisée, surface agricole utile, couvert végétal...), conjugués à une incompréhension et une non maîtrise du cycle hydrologique.

Sur ce, n'est-t-il pas judicieux, au préalable de considérer l'aptitude de la société de s'accommoder à des styles de vie qui tiennent compte des conditions hydrologiques du milieu, et réfléchir ensuite à confronter ressources disponibles aux éventuelles sollicitations? Dès lors, la question de l'eau ne devrait-elle pas être perçue comme une alternative anthropo-sociologique, au lieu qu'elle soit limitée à un simple questionnement économique et technologique ?

Autrement dit, n'est-t-il pas commode de s'intéresser au comportement de la société vis-à-vis de la ressource disponible et comment s'organiserait-elle pour la gérer d'une manière rationnelle, au lieu de privilégier l'option de voir si le potentiel hydrique d'un tel ou tel bassin (le bassin d'El Malabiod, notre cas) est dans la mesure de répondre aux besoins des différentes catégories d'utilisateurs ?

La réussite de l'approche passe inéluctablement par la concertation de tous les acteurs, où doit primer la recherche scientifique, introduisant des technologies nouvelles à la quête d'alternatives pour satisfaire une demande en progression continue. Car il faut le rappeler, plus d'un milliard de la population du monde ne sont pas régulièrement dotés en eau et le triple de ce chiffre manque de services d'assainissement...etc.

II – Les usagers de l'eau à l'échelle du bassin d'El Malabiod

Comme catégories d'utilisateurs, dans notre région, on dénombre entre autres, la population, le secteur agricole, l'industrie... :

II – 1- La population

Satisfaire la demande domestique en eau reste un rêve, tant convoité par les pouvoirs publics, que ce soit au niveau central ou local. Dans notre région, cette équation embarrassante, ressource/besoins, est momentanément équilibrée. Toutefois, une hausse en la matière, conséquence d'une démographie et d'un développement socio-économique, commence à s'ancrer et à préoccuper les services de tutelle, puisque la demande en eau potable devrait être rapportée au nombre d'habitants.

Le bassin d'El Malabiod, d'une superficie de 648km^2 , ne compte que deux communes ; le chef lieu et Houdjebet, avec respectivement 11 397 et 4 771 habitant et donc un total d'environ 16 168 en population. Ces chiffres sont le résultat de calculs statistiques, basés sur les opérations de recensement (RGPH) de 1 998, avec un taux d'accroissement annuel intercensitaire moyen (1 998 ÷ 2 008) de 2,64%.

Commune	Agglomération chef lieu	Agglomération secondaire	Zone éparsé	TOTAL
El Malabiod	7 664	/	3 733	11 397
Houdjebet	1 867	717	2 187	4 771
Total Daïra	9 531	717	5 920	16 168

Tab. 67. Répartition de la population par zone/Bassin d'El Malabiod (31/12/2 008). Source DPAT

II – 1 – 1- Ressources/approvisionnements en eau

D'après les services de la subdivision de l'hydraulique d'El Malabiod, la région est bien alimentée en eau, à un point où la dotation peut frôler les 250l/j/hab . Néanmoins, le chiffre officiel est de 150l/j/hab . Le volume en eau mobilisé, pour l'année 2 008, est d'environ $885\,198\text{m}^3$, dont $623\,985,75\text{m}^3$ pour le chef lieu et $261\,212,25\text{m}^3$ pour Houdjebet.

Il est à noter que le débit réel exploité n'est que de 148l/s à El Malabiod et de 26l/s à Houdjebet.

Commune	Population 2 008	Ressources mobilisées		Débit exploité l/s	Dotation l/j/hab
		l/s	m^3/j		
El Malabiod	11 397	183	15 811,2	148	150
Houdjebet	4 771	26	2 246,4	26	150
Total Daïra	16 168	209	18 057,6	174	300

Tab. 68. Alimentation et dotation en eau/Bassin d'El Malabiod (31/12/2 008). Source DHW/Tébessa

L'alimentation des ménages est assurée par un réseau d'AEP d'une longueur de l'ordre de $304\,950$ mètre linéaire ($221\,780\text{ML}$ pour le chef lieu et $83\,170$ pou Houdjebet) et donc un taux de raccordement respectivement de 90 et 80%. En matière d'assainissement, le bassin n'accuse pas vraiment de retard notable, puisque la couverture est de 82 à 85% pour environ $68\,156\text{ML}$ comme longueur totale. La quantité d'eau distribuée n'arrive jamais en totalité à destination à cause des pertes au niveau des raccordements et au réseau même.

Commune	A.E.P		Assainissement	
	Long du réseau ML	Taux de couverture %	Long du réseau ML	Taux de couverture %
El Malabiod	221 780	90	50 578	82
Houdjebet	83 170	80	17 578	85
Total Daïra	304 950	85	68 156	84

Tab. 69. Réseau AEP et assainissement avec taux de couverture/Bassin d'El Malabiod. Source DHW/Tébessa

C'est la question qui continue toujours de poser problème aux services techniques lors des opérations d'entretiens. C'est la raison pour laquelle les fuites, qu'on signale au quotidien, sont à l'origine de déperdition de plus de 40% du débit pompé, et ce à cause d'un réseau vétuste, interventions non efficaces et non achèvement des travaux de réfection.

II – 1 – 2- État du service en milieu rural

La vocation de la région et l'occupation des citoyens ont fait que leur répartition ne soit ni à leur gré ni à celui des responsables du secteur de l'eau. La dispersion de ces regroupements constitue un handicap pour arriver à raccorder tous les foyers au réseau, soit d'AEP ou d'assainissement. Les zones éparses constituent le tiers de la population du bassin, mais leur alimentation en eau reste en deçà de la moyenne, puisque la consommation par individu et par jour avoisine les 50 litres.

Leur approvisionnement se fait par le biais de fontaines publiques, installées le long du collecteur principal des eaux souterraines, par des châteaux d'eau, des réservoirs de stockage ou par des puits et des forages non profonds. Deux sources seulement, captées du côté de Houdjebet (*Ain Mansourah et Ain Taga*), contribuent à l'opération mais à un rayon limité.

II – 2- L'agriculture

Parmi les priorités que les nouvelles orientations de la politique agricole nationale se fixent pour objectifs fondamentaux, l'autosuffisance alimentaire qui passe forcément par la promotion du monde rural et le développement du secteur agricole. Le but sera atteint par l'adoption de programmes associant une gestion rationnelle des ressources hydriques et surtout en irrigation, par l'emploi de systèmes de pointe.

Outre la transhumance et le pastoralisme, notre bassin est connu par sa vocation agricole, avec une superficie totale de 60 000ha, dont une surface agricole utile (SAU) de l'ordre de 27 300ha, répartie comme suit : (cf Tab. 70).

Données globales (ha)	El Malabiod	Houdjebet	Total bassin (ha)
Surface agricole totale (SAT)	31 400	28 600	60 000
Surface agricole utile (SAU)	14 500	12 800	27 300
Surface irrigable	3 000	2 500	5 500
Surface irriguée	1 550	1 570	3 120
En aspersion	1 270	1 320	2 590
En gravitaire	205	180	385
En pivot	/	/	/
En goutte à goutte	75	70	145

Tab. 70. Superficies agricoles et types d'irrigation/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Selon les données fournies par la subdivision des services agricole d'El Malabiod, la superficie irriguée, estimée à 3 120ha au total, ne représente que 5,2% de la SAT et 11,43% de la SAU. Ce chiffre montre qu'on est loin des objectifs pré-établis, et donne une idée sur les difficultés que traverse la région et les menaces qui la guettent (érosion, désertification...).

II – 2 – 1- Cultures irriguées

Autrefois c'était la dominance des grandes cultures, époque où les paysans ne pratiquaient guère d'irrigation mais attendaient uniquement les précipitations.

Commune	Arboriculture	Maraîchage	Pomme de terre	Cultures fourrages	Total
El Malabiod	160ha	120ha	750ha	520ha	1 550ha
Houdjebet	190ha	60ha	900ha	420ha	1 570ha
Total Daïra	350ha	180ha	1 650ha	940ha	3 120ha

Tab. 71. Superficies des cultures irriguées/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Depuis l'application du plan national de développement agricole (*PNDA*), de nouvelles pratiques culturales sont introduites dans la région. Et par conséquent, la culture de l'irrigation commence à se répandre progressivement.

Commune	Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte	Total
El Malabiod	205ha	1 270ha	75ha	1 550ha
Houidjebet	180ha	1 320ha	70ha	1 570ha
Total Daïra	385ha	2 590ha	145ha	3 120ha

Tab. 72. Systèmes d'irrigation pratiqués/Bassin d'El Malabiod.

Source DSA/Tébessa

Ce qui nécessite l'aménagement et la construction d'ouvrages hydrauliques différents, pour faciliter l'opération de collecte d'eau et d'arrosage des cultures.

Commune	Eaux superficielles		Eaux souterraines		
	Barrages	Retenues collinaires	Forages	Puits	Sources
El Malabiod	Néant	Néant	252	05	Taries
Houidjebet	Néant	Néant	150	03	02
Total Daïra	Néant	Néant	402	08	02

Tab. 73. Type d'infrastructures hydrauliques/Bassin d'El Malabiod.

Source DSA/Tébessa

Il est aisé de remarquer que la région accuse un manque flagrant en matière d'infrastructures hydraulique, ce qui a des répercussions non souhaitées sur la mobilisation de la ressource et touche le secteur et donc l'économie du bassin en particulier.

Toutefois les efforts déployés par les services publics en la matière, ont permis comme même la réalisation de quelques ouvrages, desquels un certain volume d'eau non négligeable est mis à la disposition des divers usagers.

Commune	Total ressources	Affectation actuelle	Eaux souterraines	
	Mobilisées	Agriculture	Forages	Puits
El Malabiod	23,75Mm ³	11,3Mm ³	23,35Mm ³	0,4Mm ³
Houidjebet	17,25Mm ³	12,3Mm ³	17,11Mm ³	0,14Mm ³
Total Daïra	41Mm ³	23,6Mm ³	40,46Mm ³	0,54Mm ³

Tab. 74. Potentialités en eau mobilisées en agriculture/Bassin d'El Malabiod.

Source DSA/Tébessa

L'estimation des besoins en eau a été faite en fonction des cultures pratiquées selon les normes suivantes : (pomme de terre et maraîchage : 1 000mm, arboriculture : 650mm, fourrages : 300mm), le débit moyen est de 25l/s à El Malabiod et 10l/s à Houidjebet. Le mode organisationnel d'irrigation est individuel où certains irrigants utilisent plusieurs forages.

II – 3- L'industrie

Le volume d'eau sollicité par le secteur industriel est négligeable voire insignifiant devant ses prédécesseurs.

Le nombre de manufactures est réduit, et tant mieux, puisque cet usager ne pose pas problème à l'heure actuelle. Les deux usines, grandes consommatrices d'eau dans la région ; ANNABIB et la société de ciment (SCT), possèdent leurs propres forages, dont le débit moyen est de 15l/s.

La carrière géante (*ENG*) et l'entreprise de fabrication du verre (*ENAVA*) sont alimentées du collecteur du réseau d'adduction. La masse d'eau consommée par le secteur est estimée à environ $1,57Mm^3/an$.

III – Projection des besoins

Toute tentative de projection de la demande en eau doit forcément passer par une maîtrise parfaite des diverses catégories d'usage de la ressource, ce qui suppose une meilleure connaissance de tous les paramètres de l'équation. Cependant, à l'échelle du bassin d'El Malabiod, toutes les opérations sont aléatoires et se basent sur de simples estimations et ne reposent donc sur aucune loi statistique, et manquent de justifications cartésiennes, ce qui sous entend une connaissance incertaine et une maîtrise précaire.

Un suivi rigoureux de la chronologie des consommations et des besoins peut servir d'outil clef pour une planification aussi proche de la réalité, mais il doit associer une étude climatique explicite pour pouvoir contourner tout imprévu.

Et puisque ce n'est pas toujours le cas, il est préférable de faire intégrer un coefficient de sécurité lors d'éventuels essais de prévision, afin d'anéantir les effets de pertes, de gaspillages, erreurs de comptages...etc.

III – 1- Évolution des besoins en eau potable (*AEP*)

La demande en eau potable est le plus souvent rapportée au nombre d'habitants de la circonscription considérée. Pour déterminer les besoins futurs à l'échelle de notre région, nous étions amenés à avoir recours à la formule suivante :

$$Q = N_{hab} \cdot q \cdot N_{j/an} \equiv m^3 / an \quad \text{Avec :}$$

Q : Besoin en eau potable de la population (m^3/an), N_{hab} : Nombre d'habitants.

q : Dotation journalière ($m^3/j/hab$), $N_{j/an}$: Nombre de jours de l'année.

Il paraît plutôt méthodique de passer d'abord par le calcul de l'évolution de la population.

Pour ce faire, on utilise l'expression suivante :

$$P_f = P_n \cdot (1 + a)^n \quad \text{Avec :}$$

P_f : Population futur (à l'horizon voulu), P_n : Population à l'année de référence.

a : Taux d'accroissement démographique global moyen (%), n : Nombre d'années qui séparent l'année de référence (Horizon voulu).

Une campagne de recensement général de la population et de l'habitat (*RGPH*) a été menée au terme de l'année 2008, prise ici comme référence dans ce qui suit, où nous nous sommes fixé l'an 2040 comme horizon. Les calculs sont faits sur un pas de cinq (05) ans, conformément à un taux d'accroissement démographique de 2,64%, fixé par les services de la direction de la planification et de l'aménagement du territoire (*DPAT*).

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant (*Tab. 75*), où nous avons rapporté aussi l'évolution des besoins en eau qui en découle, et dont le calcul est fonction d'une dotation fixée par les services de la direction de l'hydraulique (*DHW*) de Tébesa à $150l/j/hab$.

Horizon	2 008	2 010	2 015	2 020	2 025	2 030	2 035	2 040
Population	16 168	16 595	19 403	22 103	25 179	28 683	32 674	37 221
Besoin Mm^3	0,885	0,908	1,062	1,210	1,378	1,570	1,788	2,037

Tab. 75. Évolution de la population et des besoins domestiques en eau /Bassin d'El Malabiod.

Ces besoins pourront être revus à la hausse comme à la baisse, et ce selon la variabilité de plusieurs facteurs ; taux de natalité, taux de mortalité, exode...etc.

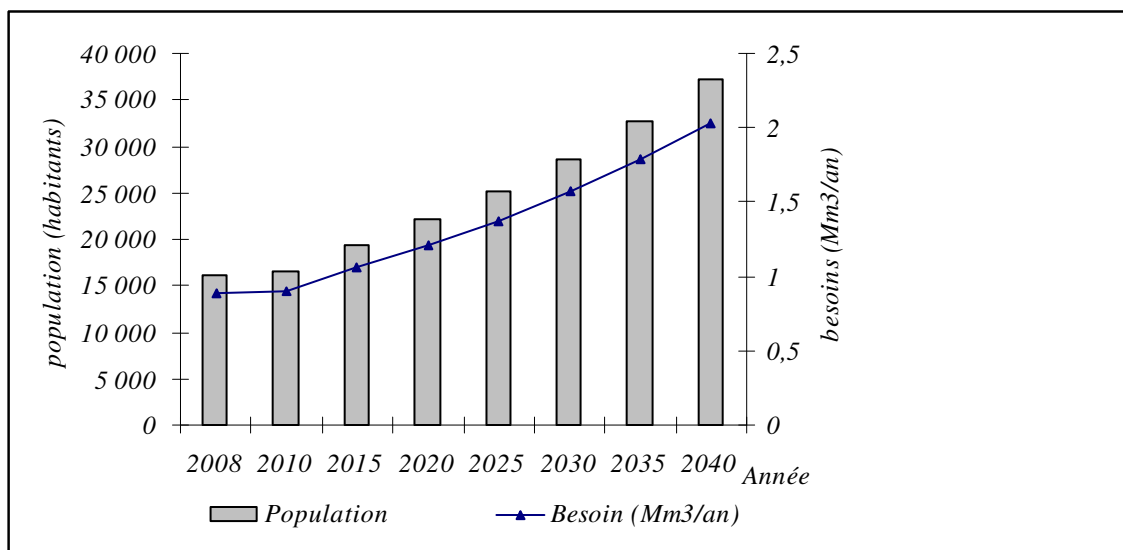


Fig. 47. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable/Bassin d'El Malabiod.
2 008/2 040

Selon ces calculs prévisionnels, à l'horizon 2 035 la population du bassin atteint le double de ce qu'elle est actuellement ; avoisinant les 32 674 habitants. Cette progression est en similitude avec la demande ; qui sera deux fois plus supérieure (1,788Mm³/an) que la consommation d'aujourd'hui.

III – 2- Évaluation des besoins en eau d'irrigation

Le bassin d'El Malabiod renferme des potentialités non négligeables en eau et en sol qui, avec des programmes d'exploitations fondés sur des bases scientifiques, peuvent conduire à une autosuffisance.

Malheureusement, d'énormes quantités d'eau se perdent sans qu'on en tire le moindre profit (absence de retenues, de barrages, pertes, gaspillages...). Mais ceci n'a pas empêché la promotion des petites et moyennes hydrauliques, qui sont la solution momentanément privilégiée pour le développement du secteur, à l'échelle locale.

Les besoins totaux en eau pour l'agriculture doivent obéir aux soubresauts du climat et à la primauté des contraintes économiques. L'irrigation exige des volumes d'eau qui sont fonction de la nature du sol, des spéculations, de l'étendue de la superficie à irriguer, de la nature du climat (précipitation, évapotranspiration, déficit agricole). Les pratiques culturales, selon la variété et l'espèce végétale, diffèrent par leurs besoins et leurs exigences en eau et demeurent loin d'être comparables dans leur détermination.

À cet effet, il est judicieux de ne pas confondre besoins en eau des cultures et ceux d'irrigation, afin de pouvoir estimer les volumes nécessaires et suffisants à apporter pour remédier aux éventuelles carences.

Pour faciliter la tâche, la détermination de la quantité d'eau qu'il faut apporter par irrigation doit se faire en se basant sur le bilan d'eau établi selon la méthode de *C.W. Thornthwaite*, ce qui équivaut au déficit agricole.

Station pluviométrique de contrôle	Déficit agricole enregistré (mm)
Ain Khanga	533,9
El Malabiod	586,2
E’Zouaïria	591,8
Ouled M’hamed	561,1

Tab. 76. Déficit agricole aux diverses stations de contrôle/Bassin d’El Malabiod.

L’estimation de la quantité d’eau nécessaire à l’irrigation peut être obtenue par le produit de la valeur de la surface irriguée et de celle du déficit agricole relevé à l’échelle de la région en question.

$$V = S_{irri} \cdot DA \equiv m^3 \quad \text{Avec :}$$

V : Besoins en eau d’irrigation (m^3), S_{irri} : Surface irriguée (m^2), DA : Déficit agricole (mm).

Pour l’ensemble du bassin, on enregistre une valeur moyenne du déficit agricole de l’ordre de (568,25mm), les terres agricoles irriguées (inventoriées dans le bassin pour une année de base choisie, 2 008) représentent une surface de 3 120ha, ce qui ne constitue que les 56,72% de la superficie irrigable (5 500ha) et les 5,2% de la surface agricole totale (60 000ha).

L’irrigation aura donc besoin d’un apport annuel d’environ (5 682,5 m^3 /ha), et donc d’un total de 17,73M m^3 pour l’ensemble des parcelles irriguées.

III – 2 – 1- Besoins futurs pour l’alimentation en eau d’irrigation (AEA)

Les besoins futurs en eau, en matière d’irrigation, sont directement proportionnels à l’extension des parcelles irrigables, donc leur évolution lui est étroitement liée, à condition de ne pas voir de hausse dans les tarifications, qui peuvent nuire à cette demande.

Selon les objectifs visés par les services agricoles de la région, l’évolution des superficies irriguées se fera conformément au planning suivant :

Commune	Année de base 2 008 (ha)	Extension (ha) 2 010 ÷ 2 014	Déglobalisation (ha)				
			2 010	2 011	2 012	2 013	2 014
El Malabiod	1 550	1 450	580	151	215	216	288
Houidjebet	1 570	930	377	87	134	159	173
Total Daïra	3 120	2 380	957	238	349	375	461

Ta. 77. Extension des superficies irriguées (horizon 2 014) /Bassin d’El Malabiod. Source DSA/Tébessa

L’examen de ces valeurs montre que l’extension moyenne des terres irriguées est de l’ordre de 241ha/an du côté de la commune d’El Malabiod, et n’est que de 155ha/an à Houidjebet.

Il en découle une moyenne théorique de 198ha/an à l’échelle du bassin, et une projection quinquennale de 990ha.

Cette évolution touche plusieurs spéculations qui s’adaptent à la région et à son climat, dont on récapitule les plus répandues d’entre elles au tableau suivant (Tab. 78).

Commune Spéculation	El Malabiod					Houidjebet					Total bassin
	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	
Arboriculture (ha)	18	48	75	96	138	12	42	69	84	126	708
Maraîchage (ha)	15	/	/	/	/	5	/	10	/	/	30
P. de terre (ha)	/	/	10	20	/	10	/	10	/	/	50
Céréales (ha)	547	650	750	850	950	350	395	440	485	532	1 482
Fourrages (ha)	/	/	30	/	50	/	/	/	30	/	110
Total commune	580	698	865	966	1 138	377	437	529	599	658	2 380

Tab. 78. Cultures pratiquées en irrigué/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Ces spéculations culturelles pratiquées en irrigué nécessitent le déploiement d'infrastructures et surtout d'équipements adéquats pour bien réussir l'opération.

Commune Système	El Malabiod		Houidjebet		Total bassin
	Année de base 2 008	Objectif 2 014	Année de base 2 008	Objectif 2 014	
Gravitaire	205ha	80ha	180ha	/	465
Aspersion	1 270ha	870ha	1 320ha	495ha	3 955
Goutte à goutte	75ha	500ha	70ha	435ha	1 080
Total commune	1 550ha	1 450ha	1 570ha	930ha	5 500

Tab. 79. Équipement en systèmes d'irrigation des cultures/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Selon la méthode de calcul avancée plus haut, les besoins en eau du secteur seront comme suit :

Année	Superficie irriguée (ha)	Besoin en eau (Mm ³)
2 008	3 120	17,4
2 014	5 500	23,6
2 019	6 490	36,88
2 024	7 480	44,55
2 029	8 470	48,13
2 034	9 460	53,75
Total Daïra	9 460	53,75

Tab. 80 Projection des terres irriguées et évolution des besoins en eau (horizon 2 034)/Bassin d'El Malabiod.

Selon le volume réellement affecté, le besoin annuel moyen est de 7 437m³/an/ha.

En terme de besoins, en eau d'irrigation d'ici 2 014, seront de 23,6Mm³, à l'horizon 2 034, ils dépasseront le double ; 53,75Mm³.

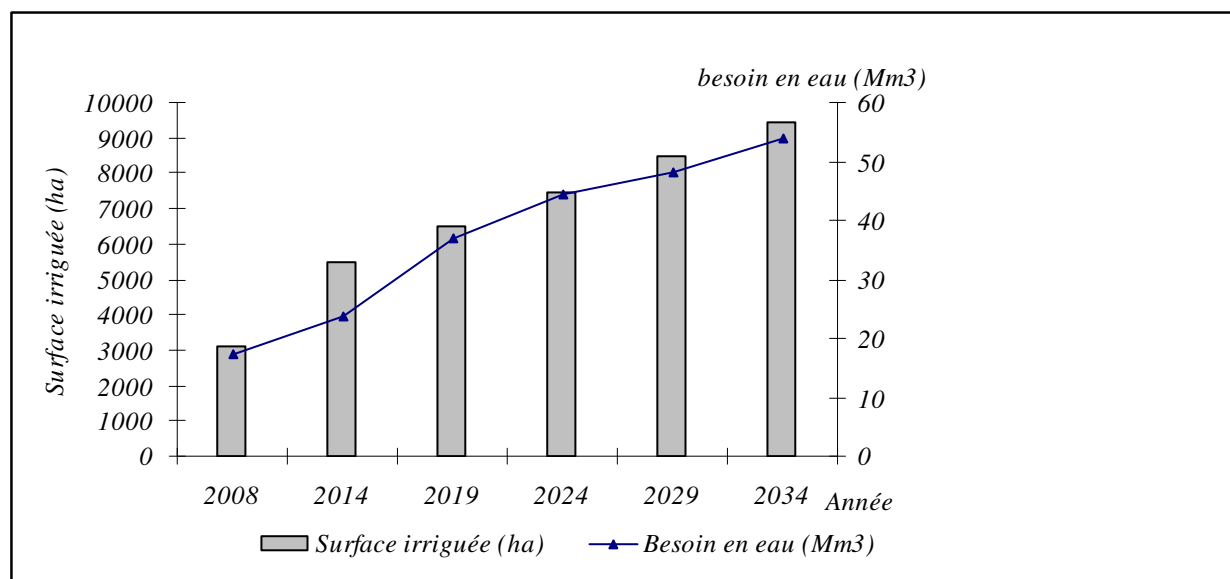


Fig. 48. Évolution des surfaces irriguées et des besoins en eau agricoles/Bassin d'El Malabiod (2 008/2 034).

III – 3- Évolution des besoins en eau industrielle (AEI)

Le secteur industriel n'est pas, comme nous l'avons avancé, grand consommateur d'eau. Vu le nombre limité d'unités de production, leurs besoins actuels ne dépassent pas les $1,57Mm^3/an$.

D'après les responsables du secteur, la projection dans le temps des besoins pour l'industrie peut être faite avec une augmentation de 6% de ceux actuels, tous les 5ans. Les valeurs obtenues sont récapitulées au tableau suivant (Tab. 81).

Horizon	2 010	2 015	2 020	2 025	2 030	2 035	2 040
AEI (Mm ³ /an)	1,57	1,66	1,76	1,86	1,97	2,08	2,20

Tab. 81. Évolution des besoins en eau industrielle (2 010/2 040)/Bassin d'El Malabiod.

L'observation de cette représentation graphique montre que les besoins en eau industrielle sont en perpétuelle progression, conséquence d'un développement du secteur. Cette hausse reste loin d'être comparée aux besoins des autres catégories d'utilisateurs.

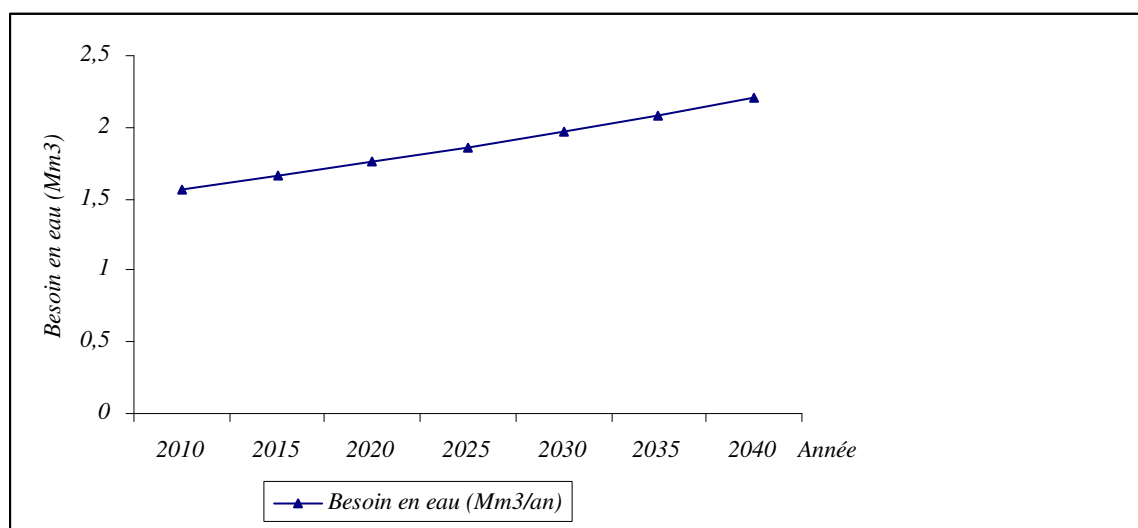


Fig. 49. Projection des besoins en eau industrielle (horizon 2 040)/Bassin d'El Malabiod.

À l’horizon 2 040, ils peuvent franchir le seuil des $2Mm^3/an$, ce qui ne dépasse pas les 3% des besoins globaux du bassin.

IV – Les besoins globaux en eau dans le bassin d’El Malabiod

Les besoins globaux en eau, toute catégorie d’usager confondue, sont estimés à l’heure actuelle à environ $22Mm^3/an$. L’irrigation est la mieux dotée ; puisque les 88,45% des besoins lui sont affectés.

Horizon Besoin	2 008	2 010	2 015	2 020	2 025	2 030	2 035	2 040
AEP (Mm^3/an)	0,885	0,908	1,06	1,210	1,378	1,570	1,788	2,037
AEI (Mm^3/an)	/	1,57	1,66	1,76	1,86	1,97	2,08	2,20
AEA (Mm^3/an)	/	19,46	24,63	37,91	45,86	49,44	55,06	57,01
Total (Mm^3/an)		21,93	27,35	40,88	49,09	52,98	58,92	61,24

Tab. 82. Besoins globaux en eau des diverses catégories d’usagers (horizon 2 040)/Bassin d’El Malabiod.

D’ici l’an 2 025, ces besoins dépasseront le double de ce qui est à l’état actuel, et seront presque triplés en 2 040. Cet état des lieux doit inciter les services de tutelle à réfléchir dorés et déjà à la question de l’approvisionnement en eau, de secteurs qui ne cessent d’accroître.

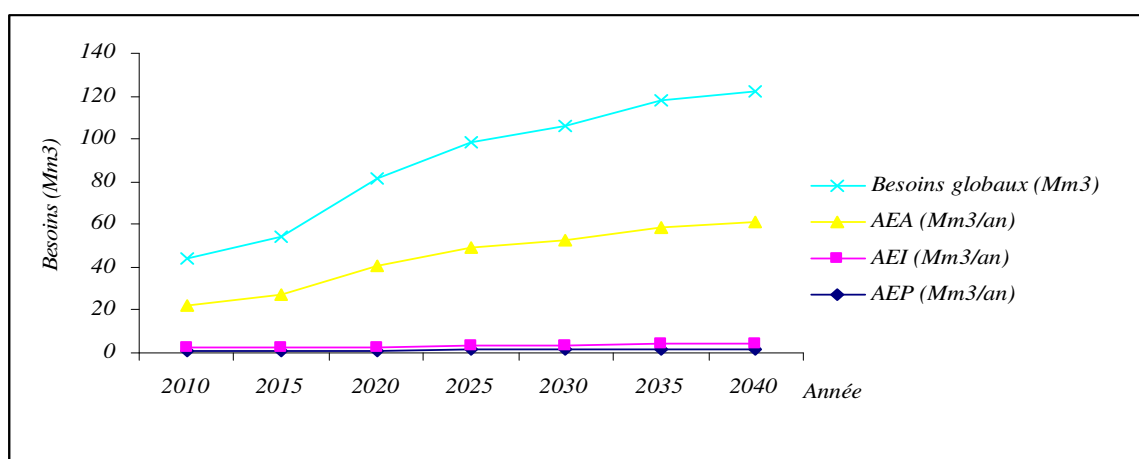


Fig. 50. Évolution des besoins globaux en eau des diverses catégories d’usagers/Bassin d’El Malabiod (2 010/2 040).

Conclusion

Le bassin d’El Malabiod s’étend sur une superficie de l’ordre de $648km^2$, et couvre, administrativement deux communes, dont le chef lieu de Daïra. Selon les opérations de recensement récentes, 16 168 âmes constituant la population, qui y est répartie aléatoirement et selon surtout, l’activité des citoyens.

La dotation journalière actuelle dépasse parfois la moyenne nationale ($150l/hab/j$), mais ce qui est reprochable à la politique d’approvisionnement en eau, à l’échelle du bassin, c’est que certains secteurs, à l’égard des zones éparses, sont lésés, et ne reçoivent parfois que 20 à 25l/hab/j.

Le secteur industriel, tant réduit, ne pose aucun problème actuellement et même à un horizon proche (2 040), c’est plutôt l’agriculture qui bénéficie de la part du lion, et ses besoins continuent à croître avec le temps, sachant que le gaspillage y est flagrant.

Les besoins globaux en eau sont estimés, d’ici l’an 2 040, à $61,24Mm^3$, c’est presque le triple de ceux de nos jours ($21,93Mm^3$ en 2 010). Les 88,74% sont actuellement affectés à l’irrigation, les 7,16% pour l’industrie et le reste c’est pour un usage domestique.

Chapitre VII

Vers une gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin d'El Malabiod

Il n'y a pas de vent favorable,

Pour celui qui ne sait où il va.

Sénèque

CHAPITRE VII

VERS UNE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN D'EL MALABIODY

Perspective d'une gestion intégrée, organisation et déroulement de planification

I – Introduction

La théorie comme la pratique en matière d'intendance des ressources naturelles évoluent. Les études de leur gestion compartimentées par thèmes distincts et séparés tendent à disparaître. Les scientifiques commencent à les traiter, dans un cadre multidisciplinaire, aux universités. Dans ce domaine, les gestionnaires des ressources sont incités à tenir compte de ce qui préoccupe la gamme complète des intervenants.

Au sein des secteurs public et privé, les décideurs acceptent de considérer les pressions qu'ils prenaient jusqu'à une date récente comme externes. La mondialisation est l'une de ces sources de charge, elle amène en effet des institutions et des acteurs étrangers sur une scène nationale. La réintroduction de systèmes explicites de valeurs dans le choix de politiques en est une autre.

On peut être tenté de croire qu'on est dans un monde qui s'urbanise et s'internationalise de plus en plus et par conséquent, tout ce qui est religion ou croyance paraît en perte de vitesse au fur et à mesure que ce dernier prend un virage vers une sorte de culture commune et matérialiste.

Pourtant, les organismes donateurs, les chercheurs et les responsables des politiques commencent à se rendre compte de l'échec de projets de développement qui ignorent les valeurs locales et/ou l'éthique.

II – Les fondements de Dublin

L'une des déclarations de la conférence de *Rio* (Juin 1 992) stipule :
« *La gestion global de l'eau douce en tant que ressource limitée et fragile de même que l'intégration des plans et programmes hydriques sectoriels dans le cadre des politiques économiques et sociales nationales sont d'une importance primordiale pour les interventions des années 1 990 et après* ». (Banque mondiale 1 993, 24).

Les principes souvent cités sur lesquels il y eut consensus international en matière de gestion de l'eau, sont ceux décrit lors de la conférence du programme des nations unies pour l'environnement (PNUE), à Dublin (*L'eau est un bien commun, L'eau est un bien économique, La gestion de l'eau doit être participative et intégrée, Les femmes jouent un rôle de première importance dans la gestion de l'eau*).

Étant donné le caractère général de ces objectifs ou principes, les professionnels de la gestion de l'eau ont formulé des pratiques ou des politiques susceptibles d'aider à les concrétiser, notamment les tarifs pour des quantités minimales vitales de l'eau, sa conservation ainsi que sa régie communautaire. Les responsables des politiques croient, en général, avec certaines réserves, que ces pratiques sont valables et qu'elles aideront à promouvoir l'équité.

III – Le point de vue de l'Islam

L'Islam couvre tous les aspects de la vie humaine. Il régit les rapports entre Allah, les hommes et la nature. Il repose sur la reconnaissance de l'unité de Dieu, le créateur, et la soumission de ceux-ci à sa volonté. Les hommes sont vus comme des administrateurs ou fidéicommissaires (*khulafa*) et des témoins (*shahed*) et sont avant tout responsables devant lui.

Nous bénéficions de cette nature, on est alors appelé voire incité à explorer et à utiliser ces ressources de façon raisonnable, équitable et durable, puisque notre relation à la nature repose sur l'harmonie et que tout obéit aux lois (*sunan*) de Dieu.

En se soumettant à la volonté divine, les musulmans croient que la paix s'ensuivra et en harmonisant celle-ci à la leur, que la vie devient responsable et trouve son équilibre. Chaque activité humaine est doublée d'une dimension transcendante : elle devient sacrée, significative et centrée sur un but.

III – 1- L'islam et la gestion de l'eau : principes généraux

III – 1- 1- L'eau, un bien social

Le mot arabe désignant l'eau (*ma'*) est cité soixante trois fois dans le Coran, et rivière, cinquante deux fois. Le trône d'Allah est décrit comme flottant sur l'eau, le paradis est présenté comme des « *jardins sous lesquels coulent les ruisseaux* ».

La création la plus précieuse après l'humanité, selon le coran, serait l'eau (*Caponera ch 9*). « *Allah a fait descendre du ciel une eau par laquelle il fait revivre la terre après sa mort* », « *nous avons créé, à partir de l'eau, toute chose vivante* ». Elle ne constitue pas seulement une source d'existence mais toute vie y est faite et en est tributaire.

La survie et la bonne santé de tous les êtres humains dépendent de l'eau, mais, chez les musulmans, on lui accorde une importance spéciale, compte tenu de son utilisation pour les ablutions (*wudu*), et le bain (*ghusl*).

Le Prophète (*pssl*) a comparé l'utilité de la prière quotidienne (l'un des cinq piliers de l'Islam) à celle de l'eau purificatrice « *les cinq prières ressemblent à une rivière débordante passant près du portail de chacun d'entre vous, et où il se lave cinq fois par jour, lui reste-t-il de malpropreté ?* »

III – 1- 2- L'eau et l'équité

Les musulmans croient que, garantir la justice sociale ou l'équité, dans la société est la pierre angulaire de l'Islam. Pratiquement tous les hadiths du Prophète (*pssl*) sont reliés à la préservation de l'équité, et ceux qui traitent de l'eau ne font pas exception. Visiblement, cela s'applique au désir d'accéder à une quantité adéquate d'eau douce et propre, comme à tout le reste.

Un musulman ne doit pas amonceler trop d'eau, il est plutôt obligé de permettre aux autres d'en bénéficier. Parmi les trois personnes qu'Allah ne regardera pas le jour de la résurrection, il y a « *l'homme qui, possédant, sur une voie publique, un surplus d'eau empêche les passants d'y accéder* », a dit le Prophète Mohammed (*pssl*).

Une inique répartition est réprimée par la loi divine « *afin que ce ne soit attribué à ceux d'entre vous qui sont riche* ». Au contraire, chacun a droit à une part équitable de cette ressource, conformément au hadith « *les musulmans se partagent trois choses : l'eau, le pâturage et le feu* » (combustible).

III – 1- 3- Les droits de l'environnement

À l'instar du christianisme et du judaïsme, l'Islam reconnaît à l'humanité le premier droit sur les ressources qu'Allah a apporté pour sa création.

Il est bien accepté chez les érudits musulmans (*Mallat 1 995, 129*) que les priorités des droits relatifs à l'eau se présentent comme suit : en premier lieu, la loi de la soif (le droit des humains d'étancher leur soif) « *haq al shafa wa shirb* », en deuxième lieu, le droit du bétail et des animaux domestiques « *haq al shafa* », en troisième lieu, le droit de l'irrigation et de l'environnement.

Le mot « environnement » englobe les aspects biologiques, physiologiques, économiques et culturels, lesquels sont tous reliés dans un même tissu écologique qui ne cesse d'évoluer (*Castro, cité par Vidart 1 978, 471*).

Les interactions entre l'homme et l'environnement existent dans des contextes culturels, spatiaux et temporels dynamiques. Ces interdépendances sont guidées par la notion du rôle de vice régence ou d'administrateur (*khalifa*) de la terre dévolu à l'homme par Allah (*Amery chap 3*).

Toute action abusive est mal vue en Islam voire réprimée, ainsi, la planète est l'héritage de toute l'humanité ; il en est de même de « toute la prospérité de celle-ci, accumulée de lignée en génération... chaque descendance n'est que fiduciaire.

Aucune d'entre elles n'a le droit de poisser la planète ou de consommer ses richesses naturelles de telle façon qu'elle laisse à la postérité un monde pollué ou gravement dénudé de ses ressources » (*Weeramantry 1 988, 61*).

L'environnement est protégé par des ordres spécifiques interdisant l'homme de bouleverser l'ordre naturel ou désorganiser son fonctionnement « *ne semez pas la corruption (Fassad) sur terre...* ».

IV – Stratégie de gestion des eaux

IV – 1- Cadre juridique et politique nationale de l'eau

À l'effet de limiter les contentieux et d'éclaircir les droits d'utilisation de l'eau et ceux de la propriété, l'état a mis en place, par le biais des instances compétentes, une législation et une réglementation dont l'objectif est de prévenir, gérer et limiter contestations et usage disputé en eau.

IV – 1-1- Protection et préservation des ressources en eau

Selon l'article 30 de la loi relative à l'eau, la protection et la préservation de la ressource est assurée par (*Des périmètres de protection quantitative, Des plans de lutte contre l'érosion hydrique, Des périmètres de protection qualitative, Des mesures de prévention et de protection contre les pollutions, Des mesures de protection des risques d'inondations*).

IV – 1-1- a- Protection de l'eau douce

La protection des milieux hydriques et aquatiques a pour objet de satisfaire et de concilier les exigences (*De l'alimentation en eau, De ses usages et de ses effets sur la santé publique et l'environnement conformément à la législation en vigueur, De l'équilibre des écosystèmes aquatiques et des milieux récepteurs et spécialement de la faune aquatique, De la conservation et l'écoulement des eaux et de la protection des sites*).

IV – 1- 2- Régime juridique de l'utilisation de l'eau

Toute utilisation des ressources en eau donne lieu à : autorisation ou à concession pour une durée déterminée, d'un débit ou d'un volume d'eau déterminé. Les redevances sont fixées par la loi de finance, les modalités de recouvrement sont fixées par voie réglementaire.

La réalisation de forages, de puits, d'ouvrages de captage, d'installation de dérivation, de pompage ou de prélèvement d'eau superficielle ou souterraine, est soumise au régime de l'autorisation.

IV – 1- 3- Police des eaux

Le titre *IX* de la loi relative à l'eau énumère (Les corps fonctionnaires habilités à exercer la police des eaux, Le statut spécifique, le niveau de formation de ses agents, ainsi que l'obligation du port d'insignes distinctifs « sont fixés par voie réglementaire », Les agents de police des eaux exercent leurs prérogatives conformément à leur statut, aux dispositions du code de procédure pénales modifié et complété).

Leurs prérogatives sont ; la recherche, constatation et enquête des infractions (par *PV* relatant les faits et les déclarations de leurs auteurs), accès aux ouvrages, conduire devant le procureur de la république tout individu surpris en flagrant délit d'atteinte au domaine public hydraulique, requérir à la force publique dans l'exercice de leurs fonctions.

IV – 1- 4- Alimentation en eau potable

L'eau de consommation humaine est destinée à la boisson et aux usages domestiques, la fabrication de boissons gazeuses et de la glace ainsi qu'à la préparation au conditionnement de toutes denrées alimentaires.

Toute personne physique ou morale, de droit public ou privé, fournissant de l'eau de consommation humaine (même par camion citerne), est tenue de s'assurer qu'elle réponde aux normes de potabilité et/ou de qualité fixées par voie réglementaire.

Les résultats d'analyses, qu'il est impératif d'effectuer régulièrement, et dont les méthodes et les produits chimiques sont définis par voie réglementaire, doivent être rendu publics.

IV – 1- 5- Assainissement

Le branchement au réseau public, auquel tout déversement ou dans une station d'épuration est soumis à l'autorisation préalable de l'administration de tutelle, de toute habitation ou établissement est obligatoire en zone agglomérée.

Il est interdit d'introduire dans les installations et les ouvrages d'assainissement toute matière solide, liquide ou gazeuse susceptible d'affecter la santé du personnel d'exploitation ou d'entraîner une dégradation ou une gêne de fonctionnement des ouvrages de collecte, d'évacuation et d'épuration des eaux usées.

IV – 1- 6- L'eau agricole

Désignant toute eau destinée à un usage exclusivement agricole et, accessoirement, aux autres besoins cultureaux. Son prélèvement ne peut être opéré que selon les modalités fixées par les articles 71 à 93 de la loi 05-12.

Les ouvrages et installations relevant du domaine public hydraulique artificiel et destiné à l'usage agricole sont classés en infrastructures de grande, moyenne et petite hydraulique agricole et font l'objet de concession selon des conditions et des modalités fixées par voie réglementaire. L'utilisation des eaux usées brutes pour l'irrigation est interdite.

IV – 1- 7- La tarification

Décret exécutif n° 98-156 du 16 Mai 1 998 définissant les modalités de tarification de l'eau ainsi que les tarifs y afférents.

IV – 1- 8- Institution de concertation

Décret 96-284 à 288 du 26 Août 1 996 portant création des comités de bassins hydrographiques (Algérois, constantinois, Oranie, Chelif, Sahara).

Décret exécutif n° 96-472 du 16 décembre 1 996 portant création du conseil national de l'eau.

V – Confrontation offre/demande dans le bassin d'El Malabiod

C'est dans le sens d'une comparaison des données (résultats), des confrontations réelles au sein du milieu naturel, entre les actions de demandes (en quantité, projetées ou réalisées), et le système de ressource que cette homologie épuise son fondement conceptuel entre offre et demandes en eau.

L'objectif est de mettre en évidence si non déceler une quelconque affinité des ressources, ou révéler les conséquences de pénurie éventuelle d'eau à des horizons futurs.

Le potentiel en ressources renouvelables représente $216Hm^3/an$, les réserves en eau souterraine estimées à $6.74Hm^3$, emmagasiné dans les systèmes aquifères, $4.12Hm^3$ écoulés à travers l'exutoire, alimentant le bassin limitrophe.

V – 1- Indice de pénurie

Traduit en terme de disponibilité en la ressource exprimée en mètre cube d'eau et par habitant à travers le même bassin versant.

Une étude réalisée par *Falkenmark* et *Widstrand* (1995), permet, en fonction d'intervalle/seuil, d'estimer le problème d'eau douce à l'échelle planétaire.

La question démographique est le facteur qui a le plus d'impact sur le sujet. Il s'agit de faire la concordance des données les plus actualisées de disponibilité en eau avec celles relatives à la population à l'horizon voulu.

Seuil	Indication
$< 500m^3$	Seuil de pénurie
$500 \div 1\,000m^3$	Seuil de tension
$1\,000 \div 3\,000m^3$	Ressources suffisantes à l'heure actuelle
$> 3\,000m^3$	Ressources abondantes

Tab. 83. Seuils d'Indice de pénurie (*Falkenmark* et *Widstrand*, 1995).

Pour les tranches d'horizons préalablement choisis, la détermination de cet indice selon les données relatives au système naturel, dont on se propose d'étudier, a débouché aux résultats récapitulés au tableau suivant (*Tab. 84*).

À l'heure actuelle, la valeur de cet indice apparaît rassurante ($654m^3/hab/an$), au-delà de 2 020, on assistera à une pénurie inquiétante, qui ne cessera de croître aux fil des années à venir.

Horizon	2 010	2 020	2 030	2 040
Nombre d'habitant	16 595	22 103	28 683	37 221
Volume d'eau/hab/an (m^3)	654	491	378	291

Tab. 84. Indice de pénurie d'eau/Bassin d'El Malabioud

Cette situation contraint le développement souhaité dans la région, et finira par constituer un handicap irréductible, si on ne le prend pas doré et déjà au sérieux, par la mise en place de moyens, d'institutions et de politiques susceptibles de faire face ou tout au moins remédier à la problématique.

V – 2- Commentaire

À l'heure actuelle on assiste à une abondance de la ressource qui reste dans la mesure de satisfaire aux besoins jusqu'en 2 020, date à partir de laquelle ces derniers connaissent une hausse, et la transition vers la rareté en eau commence à s'instaurer.

C'est donc l'approche de la gestion par l'offre qu'il faut adopter, accompagnée de la mobilisation d'avantage de ressources, pour répondre à ces besoins croissants.

Cette dernière approche va se voir limitée et cède par conséquent la place à la gestion plutôt par la demande, et ce à partir de 2 021, puisqu'on va assister au transit vers le déficit en eau ; conséquence d'une demande dépassant de loin les ressources disponibles.

D'ici une décade, la situation deviendra épineuse, ce qui nécessite la concertation de tous les acteurs, afin de déployer les moyens permettant de contourner ces problèmes futurs.

VI – Que signifie transition-passage de la gestion par l'offre à celle de la demande ? Quelle perspective et quelle en est la portée ?

La notion que nous essayons d'introduire qu'est la régie par la demande doit remplacer celle par l'offre. L'ambiguïté entre les deux concepts est tellement complexe qu'il est difficile d'en connaître les vraies limites identifiant l'un de l'autre.

Si on prétend procéder à une gestion rationnelle, il est judicieux de répertorier et arrêter, non seulement, l'ensemble des moyens et outils nécessaires pour une éventuelle mise en oeuvre afin de pouvoir agir sur les demandes en eau, de la production à la consommation, mais aussi, être habilité de fléchir les usages et la consommation dans l'un ou l'autre des sens.

Ceci suppose la prise en considération, outre les critères financiers, économiques ou techniques, la disponibilité et l'aspect vital de la ressource, sans pour autant négliger la nécessité d'y accéder facilement et équitablement.

Il semble que la notion habituelle du terme gestion commence à perdre de son sens économique restrictif. Donc il n'est plus question de faire intégrer la notion de patrimoine, de justice et d'équité dans le partage, ça devient de plus en plus large et compliqué.

Ce qui définit une demande au fait, c'est un ensemble de comportements (besoins, habitudes, intérêts, mécanismes...etc) caractérisés par une variabilité spatio-temporelle, qui détermine les usages de l'eau.

En matière de gestion de la demande, plusieurs options sont envisageables (*Treyer, 2 001*). On parle d'une gestion « au sens faible », axée sur l'anéantissement des pertes et la modification de la conduite des usagers qu'on a l'intention d'influencer par diverses mesures, entre autres, la vulgarisation, l'organisation du système de production, la subvention et la tarification, d'une part.

D'une autre, il y'a celle « au sens fort » ; dont le grand intérêt est la primauté de l'efficacité de l'allocation et de la redistribution de l'eau entre utilisateurs.

Dans ce cas de figures, l'état est appelé à passer si non d'assumer une position délicate ; d'arbitre ou de décideur d'allocation entre les divers secteurs économiques, au lieu du garant d'approvisionnement en eau.

VI – 1- Gestion de la demande en eau dans le contexte de l'Islam

Abdullah Bin Umar dit : J'entendis l'apôtre d'Allah dire « Vous êtes tous les gardiens et les responsables de vos secteurs et des choses qui sont confiées à vos soins. L'Imam est le gardien de ses sujets et en est responsables, l'homme est le gardien de sa famille et est responsable de ses membres. La femme est la gardienne de la maison de son époux et en est responsable. Un serviteur est le gardien des biens de son maître et en est responsable » A cela s'ajoutait ceci, je crois : « un homme est le gardien de la propriété de son père et en est responsable. Vous êtes tous les gardiens et les responsables de vos secteurs et des choses qui sont confiées à vos soins »

Ce *hadith* indique clairement qu'il incombe à tout un chacun (y compris le gouvernement) d'assurer et de veiller aux besoins de base, notamment l'eau.

VI – 1- 1- Les instruments non économiques

✓ La conservation de l'eau

Le coran comporte deux énoncés clairs qui favorisent la gestion de la demande en eau. D'abord l'offre d'eau est limitée ; ensuite, celle-ci ne devrait pas être gaspillée.

L'énoncé selon lequel l'offre est éphémère, et duquel découle le fait que la demande doit à certains égards faire l'objet d'une gestion rationnelle, puisque l'offre ne peut augmenter à l'infini, est le suivant « *Nous avons fait descendre l'eau du ciel, avec mesure* ». Les humains sont appelés à se servir avec modération des cadeaux d'Allah, aux fins de leurs subsistance : « *Ô fils d'Adam ! Mangez et buvez, ne commettez pas d'excès* ».

Les *hadiths* sont encore plus explicites. Le prophète (pssl) « se servait d'*1mudd* (0,5L) pour les ablutions (*wudu*) et de *5mudd* (3,5L) pour se laver le corps (*ghusl*) », ce qui démontre l'approche logique relative à l'usage durable de l'eau en Arabie aride où il vécut.

Toutefois, il interdit le gaspillage même dans les conditions d'apparente abondance « Ne gaspillez pas l'eau, même lors des ablutions sur la berge d'une rivière au débit rapide ».

Falkenmark (1998) notait récemment que, peu importe la culture ou la religion de la population, la « Spiritualité et l'éthique sont très importantes lorsqu'il s'agit d'influencer le comportement »

✓ **La planification familiale**

La planification familiale ne réduira pas la consommation d'eau d'une population donnée ; elle pourra toutefois empêcher la réduction de l'eau disponible par habitant. Il est donc possible d'y voir un instrument de la *GDE*. Dans de nombreux pays, sans cette prudence, les autres stratégies de gestion de la demande en eau, auront peu ou pas d'effets, ce qui annulera les effets des mesures entreprises, et ne fera qu'empirer une situation déjà désespérée.

La contraception, retenue comme meilleure technique en la matière, doit être en affinité avec les lois islamiques ; non motivée par des raisons matériels ni politiques non plus (contrôle démographique d'un groupe ethnique ou religieux particulier).

Elle doit aussi faire l'objet d'un agrément mutuel au sein du couple, conformément au dire du prophète (pssl) « *un homme ne doit pas pratiquer le coït interrompu sans le consentement de son épouse* ». S'il y va de l'intérêt général (*maslaha*), le gouvernement doit encourager l'initiative, en collaboration avec les chefs religieux, afin de réussir l'action.

VI – 1- 2- Les instruments économiques

✓ **Les droits et la « propriété » de l'eau en islam**

L'eau est vue, selon l'Islam, comme un don d'Allah, c'est dire qu'elle n'appartient à personne en particulier. Cependant, les érudits musulmans croient que les individus et les groupes ont clairement le droit d'utiliser, de vendre et de recouvrer le coût de la valeur ajoutée de la plupart des catégories d'eau. L'on doit au préalable distinguer :

- **Propriété privée** ; eau dans des contenants particuliers, usine de traitement, réseaux de distribution, réservoirs...etc. Il s'agit de ressource obtenue grâce à un investissement en travail, infrastructures et connaissance. Le « propriétaire » du « contenant » a le droit de s'en servir, de l'échanger ou de la vendre.
- **Propriété privée restreinte** ; lacs, ruisseaux et sources se trouvant sur des terrains privés. Le possesseur du lieu, a des droits particuliers, mais a également certaines obligations envers autrui. Dans le cadre de ces limites, celui-ci peut échanger l'eau comme tout autre bien.
- **Propriété publique** ; eau de rivières, lacs, glaciers, aquifères, océans, neige et pluie. Évidemment, à l'état naturel, celle-ci ne peut être achetée ou monnayée.

Dans son époque, le prophète (pssl) n'incita pas à la commercialisation de l'eau, et même interdit la vente de celle excédentaire, et la fournit gratuitement afin de protéger les pauvres.

Dans le contexte actuel, il est toutefois improductif d'hériter de cette tradition, car les subventions pour recueillir l'eau, la traiter, l'entreposer et la distribuer donnent lieu à des services publics et à des gouvernements de plus en plus endettés. Il est préférable d'adapter diverses politiques pour atteindre des objectifs intemporels telle la justice sociale.

✓ **Les tarifs de l'eau**

Évidemment, l'islam permet de recouvrer les frais de l'approvisionnement en eau, mais à un tarif équitable, susceptible de faire régner une plus grande justice sociale. Étant donné le besoin crucial d'économiser la ressource, toute stratégie doit être accompagnée de mesures incitatives d'ordre économique.

On a conclu que les élasticités de la demande par rapport aux prix se révèlent de façon constante négatives et significatives variant de $(-0,3 \div -0,7)$. Cela veut dire que, toutes choses étant égales par ailleurs, une augmentation de 10% du prix entraînera une réduction de 4,5% de la demande en eau.

Parmi les autres catalyseurs directs basés sur le marché, on cite les mesures incitatives d'ordre fiscal ; le dégrèvement pour les appareils électroménagers domestiques et l'investissement dans des industries de technologies économisant de l'eau, les rabais, l'assistance technique.

VII – La gestion par la demande en eau et les gains économiques convoités

Les prélèvements en eau approchent l'ordre de grandeur des ressources mobilisables. Les pénuries d'eau, conjoncturelles ou structurelles, déjà perceptibles, sont appelées à s'aggraver à l'avenir, suite à la croissance des sollicitations.

Il est probable que le seul maintien et, a fortiori, l'augmentation des quantités mobilisées de la ressource coûteront plus cher et pèseront plus lourd dans l'économie future de l'eau.

Les perspectives de développement de nouvelles sources d'approvisionnement sont prometteuses mais resteront en deçà des ambitions.

L'extension de situation de pénurie renvoie et/ou rendra de plus en plus préférable des actions sur les usages : réductions de certaines demandes et révisions d'allocation de ressources entre secteurs. En particulier, l'utilisation agricole représentant les trois quarts de la consommation, devra céder une part pour l'emploi domestique et industriel plus rentable.

La gestion de la demande vise une atténuation simultanée des « inutilisations » d'eau prélevée ou produite et des « mauvais emplois », et donc les gaspillages d'ordre physiques et/ou économiques.

Ce sont les défauts pratiques des systèmes de service (fuites, pertes, manque d'efficacité...etc), les usages d'eau inutiles ou superflus (en quantité et en qualité), les anomalies de choix d'utilisation et de réutilisation et ceux en aval des emplois.

VII – 1- Estimation des économies possibles

Les quantités d'eau, qu'une gestion plus économe des utilisations et donc qu'une modération des demandes en conséquence pourrait gagner, paraissent en première approximation d'un ordre de grandeur non négligeable, au regard des surplus d'eau qu'il faudrait produire pour couvrir les accroissements tendanciels des années à venir.

Par ordre d'importance :

- ✓ Les gains les plus appréciables relèveraient du secteur d'irrigation ; réduction des pertes de transport et amélioration d'efficacité (71% du total, dont plus de 50% par progrès d'efficacité).

Le bassin d'El Malabiod est à vocation agricole, donc on y consomme le plus d'eau. Il est judicieux de revoir les modes d'exploitation, de modifier les pratiques culturales et d'avoir recours à des techniques d'irrigations plus performantes (goutte à goutte, d'une efficacité de 90%) et celui d'arrosage (aspersion, dont l'efficacité est d'environ 75%).

- ✓ Viendraient ensuite les progrès de recyclage dans l'industrie (18%).
- ✓ Puis ce serait le tour des réductions des pertes, fuites et gaspillage d'eau potable dans les collectivités (10%), ce qui représente (30% du total ; à l'échelle du bassin).

Le système d'approvisionnement devient de plus en plus obsolète et inefficace, conjugué à la hausse de la consommation et à un apport insuffisant, occasionnant fréquemment des chutes de pression qui nécessitent l'interruption du service.

Il convient maintenant d'évaluer plus précisément la faisabilité des opérations de maîtrise des demandes dans différents contextes socio-économiques et culturels. Il s'agit d'estimer les volumes d'eau économisables, à coût compétitifs par rapport à des efforts de mobilisation et de développement de ressources nouvelles.

VII – 2- Perspective d'une politique de lutte contre le gaspillage

La conservation de l'eau correspond à un système complexe d'interconnexions comportant une variété d'aspects, depuis l'éducation du consommateur jusqu'à la technologie de pointe. Il faut envisager toutes ces formes dans leurs contextes ; économiques, social, religieux, politique, juridique et esthétique (*Khan et Abdul Razak 1 986 ; 1 990*).

Celle-ci doit être vue comme un élément fondamental de la *GIRE*. La sensibilisation et l'éducation du public, en sont les outils de base, pour l'impliquer à d'avantage de concertation et de participation en la matière.

➤ Le système tarifaire

Parmi les mesures incitatives, c'est celle relative au prix de l'eau, qui a donné des échos perceptibles, puisqu'elle influe sur les dépenses du citoyen et par conséquent sur son comportement.

Cette dernière, n'est pas rigoureusement respectée sur l'ensemble de la région d'étude, et ce, suite à sa particularité (agglomérations, zone éparsée, hameaux...).

Que dire de la consommation industrielle et surtout celle agricole qui obéissent à une tarification forfaitaire, alors qu'elles sont génératrices de pollutions embarrassantes.

Les services concernés peuvent adopter des politiques, quant à l'utilisation de l'eau, dont les plus importantes consisteraient probablement à installer des compteurs et à établir des barèmes de tarification, capables d'influer sur la consommation et la demande.

Ils devraient, au préalable, se poser certaines questions :

- ✓ y a-t-il des contrôles adéquats (compteurs) sur l'eau consommée ?
- ✓ Les barèmes de tarification sont-ils équitablement appliqués dans tous les quartiers ?
- ✓ Ces barèmes diffèrent-ils selon le niveau de consommation ?
- ✓ Les tarifs varient-ils lors des périodes de pointe ?

L'efficacité technologique (robinetterie, raccords, dispositifs d'amenée...) a son impact ; dans une grande mesure, « C'est la technologie d'utilisation de l'eau, et non le comportement de l'utilisateur, qui détermine le volume d'eau utilisé » (*Brooks et Peters, 1 988*).

➤ **Sensibilisation à l'économie d'eau**

Cette action doit être entreprise afin d'aiguiser la conscience de l'utilisateur à l'égard des questions relatives à l'eau. Elle vise à impliquer tous les groupes cibles de la région, entre autres les industriels, les agriculteurs et autres acteurs à contribuer à la résolution des problèmes du bassin, et d'œuvrer à la réussite d'une économie d'eau ainsi qu'à sa préservation.

Soit par l'épuration et le contrôle des effluents, la réduction d'emploi de fertilisants et de pesticides, l'utilisation rationnelle de l'eau sans gaspillage...etc.

➤ **Éducation scolaire et culture d'une eau partagée et protégée**

1- Finalités

Pourquoi instruire et scolariser ?

Une éducation est incontournable, quels que soient les programmes tracés par les dirigeants et les moyens des scientifiques, pour économiser l'eau. On confie la responsabilité d'éduquer nos enfants à l'école puisqu'elle est susceptible d'accueillir la majorité d'entre eux, si non la totalité et elle dispose de compétences ainsi que d'outils pédagogiques.

Pourquoi former la jeunesse ?

C'est avant l'âge adulte qu'il est le plus facile de faire acquérir des connaissances, des réflexes et des comportements responsables. Les enfants ont le plus de curiosité et d'intérêt pour l'environnement, qu'ils sont le plus aisément éduqués parce qu'ils sont plus réceptifs. Ils forment un relais efficace vis-à-vis des leurs, ce qui fait démultiplier l'éducation. Leur formation est un investissement sur l'avenir ; ce sont les adultes décideurs et consommateurs de demain.

2 – Les moyens

- ✓ Dispenser des enseignements selon des programmes dont la dimension est « éducation à l'environnement et au problème de l'eau ».
- ✓ Organiser des actions ou encadrer des activités en dehors des classes, associant toutes les bonnes volontés.
- ✓ Développer des outils pédagogiques adaptés au thème ainsi qu'à l'âge des élèves.
- ✓ Inciter les enseignants à des actions de formation scientifique et surtout pédagogique sur la gestion et le développement durable de l'eau.

VII – 3- Les stratégies pour la conservation de l'eau en Islam

L'organisme chargé de la gestion des ressources en eau est appelé à instaurer des programmes dont l'exécution pour les divers secteurs (municipal, industriel, agricole), devrait être coordonnée par un office qui lui correspond.

Néanmoins, l'institutionnalisation d'une étroite coordination et un partenariat, est inévitable, entre les cellules responsables de l'approvisionnement, de la gestion de la demande en eau ainsi que de l'éducation, des médias et de la sensibilisation.

Pour parvenir à un niveau élevé de coopération et aboutir à une implication accrue du public (qui comprend : responsable politique, gestionnaire, planificateur, fournisseur de service et consommateur), il faut leur éclaircir toutes les questions ; état global de la ressource, coût, approvisionnement, préservation et conservation de l'eau pour les générations futures.

Les activités ponctuelles et occasionnelles ne suffisent pas, parce que le changement de comportement et d'attitudes est un processus à long terme. Il est préférable d'entreprendre des actions continues et en étroite collaboration avec le ministère de l'éducation et celui des affaires religieuses.

Les mesures incitatives matérielles doivent être accompagnées de celles à caractère spirituel qu'offre la religion, et qui ont fait preuve d'efficacité, de salut et de réussite.

- **La sensibilisation accrue par le biais des mosquées**

Bien que l'Islam n'a pas de clergé officiel, tout musulman peut contribuer à l'éducation des autres, à l'égard des imams, qui ne devraient jamais être exclus des activités de planification et de gestion des ressources en eau.

Ces derniers, s'ils sont bien formés, éduqués et informés des problématiques de l'eau, peuvent atteindre le public, et collaborer avec les experts en la matière, en s'appuyant sur des faits et des chiffres fiables, dans la préparation des sermons du vendredi.

Les prêches traitant des thèmes liés à l'eau doivent être fréquents, surtout en été et pendant les périodes où la demande est élevée.

- **La sensibilisation accrue par l'éducation officielle et non officielle**

Outre les mosquées, tous les niveaux d'éducation officielle et non officielle sont utiles pour promouvoir la sensibilisation. Des matières telle que la science, la géographie, l'arabe, l'éducation religieuse, auxquelles il faut ajouter l'éducation environnementale, peuvent aborder des thèmes relatifs aux questions prioritaires ; les ressources, les pénuries, la conservation et la protection de l'eau...etc.

L'objectif ultime est de mettre à jour des programmes d'études et des manuels didactiques capables de faire inculquer ces concepts (surtout islamiques) et les faire répandre au sein du large public.

Des colloques, des ateliers et des communications pourraient profiter aux étudiants et à d'autres groupes. Les rapports, les articles de journaux, la publicité à la télévision, les affiches et d'autres outils de médias de masse sont également très efficaces pour toucher l'ensemble des citoyens.

VIII – Ressources en eau dans le bassin d'El Malabiod et facteurs limitants

Pour que la *GIRE*, à l'échelle du bassin d'El Malabiod, réussisse d'être l'outil salubre, tant convoité, il faut, que dans toute démarche, accorder un intérêt particulier à la ressource en eau.

L'une des bases fondamentales de cette approche repose sur une estimation, aussi approchée que possible, de l'ensemble des composantes liées au bassin ; ressource, usagers, vocation de la région, milieu naturel...etc.

C'est en fonction des enjeux et de la particularité du territoire qu'on pourra se décider par la suite quant aux objectifs et à la traçabilité des programmes.

Outre l'absence presque totale d'ouvrages de stockage, d'autres handicaps ont conduit à un état d'instabilité en matière de ressource en eau.

Ces derniers conjugués à l'inexistante d'association et d'organismes à caractère culturel, la déperdition scolaire, l'augmentation du taux d'analphabétisme...etc. Ce qui peut nuire à toute initiative de sensibilisation et de passation de programme en la matière.

On est alors appelé à réagir immédiatement, et l'implication de tous les acteurs est souhaitée si non obligatoire et ce pour le bien être de tous.

IX – La *GIRE* dans le bassin d'El Malabiod, contraintes et défis

Comme tout autre bassin versant, celui d'El Malabiod s'individualise par ses propres problèmes de différent ordre (naturel, économiques, juridique, socioculturel...). Toute tentative de mettre en œuvre une politique de gestion intégrée des ressources en eau et aboutir au développement durable doit forcément se heurter aux contraintes citées plus haut, si certaines précautions ne sont pas prises dans l'immédiat, dans le sens de les atténuer et les surmonter à la fin.

IX – 1- Vérifier une alimentation de qualité, en quantité et au moindre coût

L'adoption d'une approche telle que la gestion intégrée, conduit sans aucun doute à une maîtrise de la ressource, et une planification de celle-ci projette à mettre en cohérence les options majeures de l'ensemble des secteurs qui lui sont connexes (usage domestique, agricole, industriel, régulation, transfert, épuration, assainissement...etc.)

Si à l'heure actuelle ses sollicitations sont satisfaites, la situation est précaire. Il n'y a qu'une faible batterie de forage qui assure cet approvisionnement (*AEP, AEA, AEI*), ce qui ne met absolument pas à l'abri, et à défaut d'ouvrages de stockage, la question risque de se serrer.

Il serait sage de penser à l'investissement dans le domaine et déployer tous les moyens pour mobiliser d'avantage de ressources, auquel il faut associer la petite hydraulique et les transferts si nécessaire.

IX – 2- Préserver le milieu naturel et réhabiliter les écosystèmes

La région commence à connaître un développement sur le plan économique, industriel, agricole et urbain, ce qui engendre la mobilisation d'importants volumes d'eau et par conséquent, une pollution multiforme. La cadence de ce déclin est menaçante, alors que les actions de traitement tardent à voir le jour.

Les contraintes de pollution recensées à travers la région (rejets urbains évacués vers les affluents d'oueds, ceux poussiéreux et manufacturiers carrément déversés dans la nature, et rarement dans le réseau d'assainissement, décharges sauvages, l'utilisation des engrais et des pesticides, qui sont à effet tardif) révèlent un état précaire.

Il est indispensable d'agir, avec efficacité avant que ces contaminants n'atteignent le milieu récepteur, par le déploiement de technologies et processus qui aident à la réussite de l'initiative.

IX – 3- Actions de lutte contre l'érosion et la désertification

L'économie agricole s'est vue à la baisse, suite aux aléas climatiques (sécheresse). La désertification qui affecte l'ensemble du bassin, se traduit par des pertes accrues des nappes alfatières ; conséquence d'un surpâturage, à l'action anthropique, aux incendies, aux labours inconsidérés et à l'ensablement.

Forme d'érosion	stabilité de la zone	Lithologie	Classe de pentes	Localisation	vocation
Ravinement et ravinement très dense	Moyennement stable	Marnes	1 et 2	Haute plaine d'El Malabiod	Agricole
Ravinement et bad-lands	Moyennement stable	Marnes et conglomérats	1, 2 et 3	Massif forestier de Boudjellal	Forestière

Tab. 85. Degré d'érosion et stabilité à l'érosion par zones homogènes/Bassin d'El Malabiod. Source *DSA/Tébessa*

La région est alors touchée par une action conjuguée d'érosion (éolienne et hydrique) assez consistante, où la faible couverture végétale indique une aire immense d'ablation, dont les causes (Surpâturage sur les parcours dégradés, Défrichement pour extension de la céréaliculture sur les sols

pauvres, Vastes étendues planes favorisant l'action érosive, Réduction du couvert végétal liée à la pression humaine et à la sécheresse, Dégradation des sols par tassement et diminution de l'infiltration, ou encore à leur stérilisation par salinisation).

Degré de désertification	Commune
Moyennement désertifiée	El Malabiod
Peu à moyennement désertifiée	Houidjbet

Tab. 86. Classification des communes par degré de désertification/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Ce qui a incité les services de tutelle à prendre les mesures d'urgence suivantes :

Action commune	Reboisement (ha)	Plantation Fruitière (ha)	Plantation Fourragère (ha)	Ouverture de piste (km)	Aménagement de piste (km)	Points d'eau (u)	Travaux sylvicoles (ha)	Bandes vertes (ha)	CTM (m ³)
Houidjbet	1 500	200	-	150	100	03	3 000	100	15 000
El Malabiod	1 000	200	1 000	150	100	-	-	150	10 000
TOTAL	2 500	400	1 000	300	200	03	3 000	250	25 000

Tab. 87. Répartition du programme d'action, par action et par commune/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

X – 4- Gestion de l'information

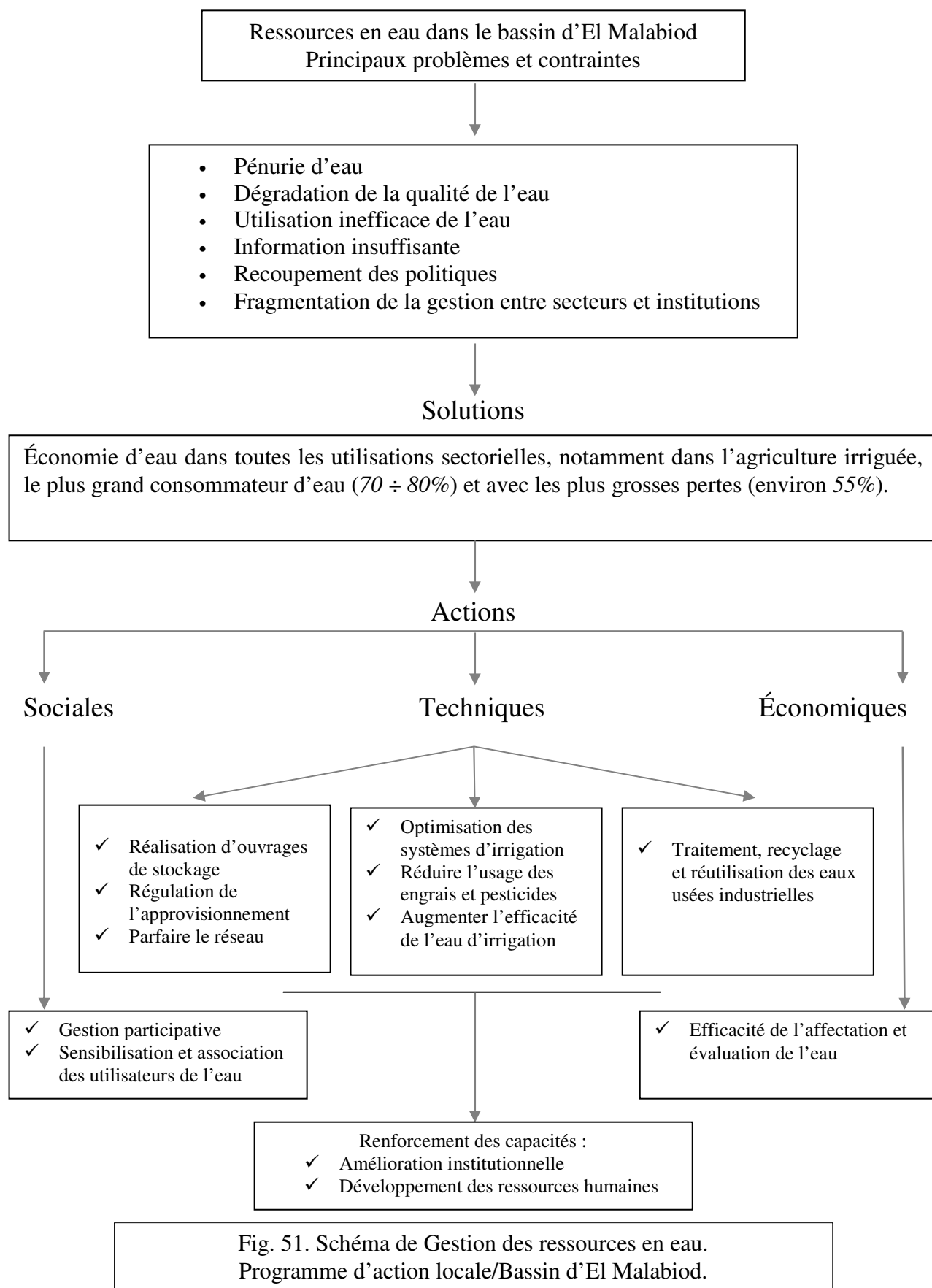
Pour réussir une politique quelconque, l'échange de données et d'informations ainsi que la collaboration entre partenaires s'impose. Il n'est pas commode de remédier seul à un phénomène sans être connecté aux autres sources d'informations. La maîtrise d'une gestion intégrée des ressources en eau suppose disposer d'une donnée sûre et fiable ensuite la technicité de sa manipulation.

On doit à tout instant connaître la ressource (tant en quantité qu'en qualité), ainsi que sa variabilité spatio-temporelle, et notamment la frange mobilisable ; pour divers besoins et arriver à cerner les contraintes qui s'y rapportent.

Pour ce faire, dans notre région d'étude, la priorité c'est d'investir en la formation et le recyclage du personnel, la remise en état du réseau de mesure et de surveillance (stations hydrométriques, chimie des eaux, piézomètres...) et le renforcer par l'acquisition de technologies modernes.

Ensuite, mettre en place une banque de données, qui permet d'administrer l'acquis informationnel et le rend accessible (réseau Intranet et Internet).

Néanmoins, il devrait y avoir un cadre réglementaire et un système de sécurisation avec droits d'accès, pour protéger le dit réseau et mettre en valeur les efforts fournis.



Conclusion

Les théories dans le domaine de *GIRE* ne manquent absolument pas, et ce depuis déjà deux décennies, lorsque l'Algérie s'est adhéree à la dite approche. Cependant, à l'échelle du bassin d'El Malabiod, le souci quant à la résolution de certains problèmes continue.

C'est l'histoire du patrimoine naturel, et notamment la question de la ressource en eau qui est au sommet de la pyramide.

Les divers besoins ne sont pas tout à fait satisfaits, suite au déséquilibre flagrant lors du service, et c'est le secteur agricole qui en est le plus affecté.

C'est un argument suffisant pour revoir la politique de l'eau, qui devra se baser sur la gestion de la demande et non pas sur l'offre, tout en accordant un intérêt particulier à sa préservation (qualité et quantité), afin d'aboutir à une meilleure protection et aussi durable que possible des écosystèmes arides et steppiques.

Une nouvelle stratégie est alors pertinente ; amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, rationalisation de l'approvisionnement, maîtrise des instruments de régulation, information, sensibilisation et éducation de la population, sur l'ensemble du bassin.

Ceci dit, l'appui des incitations et sensibilisations à caractère religieux est incontestable, sans lesquelles, toute tentative de redressement et de salut s'est vue limitée et non fructueuse.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Dans une tentative d'étudier les aspects qualitatifs et quantitatifs des ressources en eau, et d'améliorer leur gestion, afin de satisfaire les diverses sollicitations des différentes catégories d'utilisateurs (*AEP, AEI, AEA*), sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes, nous voulons, à travers ce travail, appliquer les concepts d'une gestion intégrée en vue d'un développement durable, souhaité, dans le bassin d'El Malabiod.

Ce dernier, localisé au Sud-Est de Tébessa, au Nord-Est Algérien et faisant partie du grand bassin versant du Chott Melhrir, couvre une superficie de 648km^2 et se distingue par ce qui a été retenu à travers cette étude :

Il est caractérisé par une forme (rectangulaire) allongée ($k_c = 1,23$), avec un relief fort, la dominance de la classe d'altitude, constituant la plaine, comprise entre $1\ 020$ et $1\ 200\text{m}$ ($69,33\%$), l'altitude moyenne est de $1\ 148\text{m}$, une densité de drainage ($D_d = 2,27\text{km}/\text{km}^2$) et un temps de concentration de ($t_c = 11$ heures, 36 min et 36 secondes).

Le couvert végétal y est varié, avec une dominance du domaine forestier ($23,59\%$), $27\ 400\text{ha}$ c'est des terres agricoles, le reste c'est des parcours, des terres incultes ou improductives.

Le suivi de l'évolution géologique de la région permet d'identifier un haut plateau où on peut distinguer deux grands ensembles ; les affleurements de bordure d'âge crétacé et les formations d'âge miocène et quaternaire occupant la totalité de la plaine, qui épouse la forme d'une cuvette.

Sur le bassin règne un climat steppique/semi-aride, marqué par les paramètres géographiques ; l'altitude, l'éloignement de la mer, l'orientation des versants de montagnes... et les facteurs atmosphériques, imposés essentiellement par le régime sub-saharien.

Les précipitations ne font jamais référence à une saison précise, résultat d'un contraste thermique dû à la présence de massifs élevés entourant le bassin, provoquant des mouvements convectifs qui sont à l'origine de pluies orageuses imprévues très fréquentes.

Leur moyenne, observée, est de $231,69\text{mm}$, sous une moyenne de température de $14,37^\circ\text{C}$. Le bilan hydrique est déficitaire dans son ensemble, avec une évapotranspiration réelle moyenne de l'ordre de $231,47\text{mm}$, un ruissellement moyen de $6,55\text{mm}$ et une infiltration estimée à $10,4\text{mm}$ à l'échelle du bassin.

Sur le plan hydrogéologique, il a été démontré que le système aquifère est composé de deux nappes. La première contenue dans les formations quaternaires ; formées d'alluvions et de graviers, malgré qu'elle perd de son intérêt, vue sa faible puissance, devant la seconde qui elle, est abritée dans les sables miocènes, et qui a fait preuve de grande importance hydrogéologique.

L'alimentation se fait soit par les bordures et donc par le massif calcaire, soit par infiltration (aussi minime soit elle) le long de la plaine. L'écoulement dominant converge vers le Sud, suite à la pente et à la topographie du bassin.

Les valeurs de perméabilité et de transmissivité révèlent deux zones favorables, une à l'Ouest ; El Goussa et l'autre à l'Est ; Draâ el H'rakel.

De point de vue hydrochimique, les résultats d'analyses effectuées et leurs représentations en formules et diagrammes, laissent dire que les eaux de sources avaient un faciès bicarbonaté-calcique, celles de surface sont plutôt chlorurées-calciques tandis que les eaux souterraines sont tantôt chlorurées-calciques ou magnésiennes, tantôt sulfatées-calciques.

Les eaux du bassin d'El Malabiod, selon les valeurs des paramètres calculés ; la *CE*, le *RS*, le *SAR*..., et conformément à la classification du *S.A.R* et le diagramme de *Wilcox*, sont bonnes à admissibles et peuvent par conséquent être utilisées sans danger notable en irrigation.

Il y a lieu de signaler qu'un risque de pollutions diverses guette les eaux de la région ; d'origine urbaine, agricole et industrielle, pouvant dégrader leur qualité et compromettre leur futur usage.

La carte de la vulnérabilité à la pollution chimique du bassin, dressée selon la méthode *BRGM* et *DRASTIC* (*AEK Rouabhia et al, Sécheresse n°4, vol, 15, Décembre 2 004*), a révélé trois zones à degré différent. Elle est faible à la périphérie du bassin, moyenne là où la couverture quaternaire dépasse les quatre mètres d'épaisseur et la zone vulnérable coïncide avec l'étendue de la nappe des sables miocènes.

Le volume mobilisable est estimé à $10,24Mm^3/an$, mais à défaut d'ouvrages de stockage (barrages, retenues collinaires...) et l'inexistence de prise, cette eau se perd sans en tirer le moindre profit.

Un taux de $96,2\%$ des eaux souterraines, extraites par une batterie de forages étatiques, est affecté à l'*AEP*, l'irrigation bénéficie de $2,5\%$ et l'industrie de $1,3\%$.

Les ouvrages de captage non étatiques alimentent surtout le secteur agricole, et de ce fait, sur le total des eaux souterraines pompées, l'agriculture consomme les $82,88\%$ alors qu'on réserve les $16,88\%$ pour l'*AEP* et le reste est destiné au secteur industriel.

D'ici l'an 2 040, les besoins globaux frôleront les $61,24Mm^3$ (le triple des besoins actuels), avec toujours l'irrigation en tête ; plus de 90% du taux de consommation total.

Une confrontation offre/demande met en évidence une pénurie certaine ; les divers besoins ne seront pas donc tout à fait satisfaits (à moyen terme selon les prévisions), suite au déséquilibre flagrant lors du service.

C'est un argument suffisant pour revoir la politique de l'eau, qui devra désormais se baser sur la gestion de la demande et non pas sur l'offre, tout en accordant un intérêt particulier à sa préservation (qualité et quantité). Ce qui permettra d'aboutir à une meilleure protection, et aussi durable que possible, des écosystèmes arides et steppiques.

Une nouvelle stratégie est alors pertinente ; amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, rationalisation de l'approvisionnement, maîtrise des instruments de régulation, information, sensibilisation et éducation de la population, sur l'ensemble du bassin.

Ceci dit, l'appui des incitations et sensibilisations à caractère religieux est incontestable, sans lesquelles, toute tentative de redressement et de salut s'est vue limitée et sans aucune efficacité.

Les investigations ont montré qu'il est encore possible d'infléchir la situation et de l'améliorer progressivement grâce à l'intersectorialité et l'intégration des capacités existantes et nouvelles.

L'objectif déterminant recherché est l'identification de véritables actions thématiques prioritaires qui représentent une large sélection d'opérations concrètes et matérielles à effectuer dans un avenir proche, conçues en termes d'aménagements et de réalisations.

Les actions fonctionnelles prioritaires, qui elles, relèvent de la mise en œuvre du processus d'aménagement et de gestion intégrée des secteurs interdépendants, et portent sur plusieurs registres touchant au domaine législatif et réglementaire.

Comme l'avenir ne se prévoit pas, il se prépare, on est donc appelé à s'attaquer aux priorités d'abord, pour se prémunir d'éventuelles pénuries et économiser donc d'importantes quantités d'eau. Il nous est alors recommandé de mettre l'accent sur les points suivants :

La réalisation d'infrastructures de stockage d'eau (barrages, retenues collinaires...), de nouveaux forages (avec la reprise de ceux abandonnés si possible).

Élaboration de politiques d'ensemble à laquelle il faut associer tous les acteurs et partenaires, et encourager les initiatives individuelles en matière d'aménagement, à condition qu'elles répondent à l'intérêt général et obéissent à la législation en vigueur.

Amélioration des services collectifs (*AEP, AEA, AEI*, Assainissement...) par la rénovation du réseau vétuste, limiter les fuites, et assurer une prestation de qualité et en permanence des usagers, qu'il faut impliquer dans les nouvelles orientations et les modalités de gestion.

Parer à la désertification et à l'érosion et la réhabilitation de la vocation (agricole) de la région, pour préserver le patrimoine national et protéger la biodiversité.

Remise à l'état et l'amélioration du réseau d'observation météorologique et hydrométrique avec un personnel dûment formé et un matériel équipé de technologies modernes, celui piézométrique, pour suivre les fluctuations du niveau dans les divers horizons et l'intensification des campagnes de contrôle de la qualité des eaux du bassin.

Lutter contre toute forme de pollution ; par la mise en place de stations de traitement ou d'épuration et réduire les rejets dans la nature ou dans les affluents d'Oueds, sans subir de prétraitements.

Les connaissances acquises de l'application du concept de développement durable et en particulier la gestion de l'eau, révèlent la nécessité d'une association institutionnelle de la société civile et que son implication est inéluctable dans les différentes actions et décisions en la matière. Et ce pour réduire le gaspillage, réussir des économies en eau, limiter la pollution et protéger les écosystèmes.

Cependant, le succès de cette approche suppose la formation des utilisateurs et leur inculquer une culture d'eau partagée et protégée à travers une sensibilisation accrue par l'éducation officielle (les établissements scolaires) et non officielle (mosquée, école coranique, associations...).

Des colloques, des ateliers et des communications pourraient profiter aux étudiants et à d'autres groupes. Les rapports, les articles de journaux, la publicité à la télévision, les affiches et d'autres outils de médias de masse sont également très efficaces pour toucher l'ensemble des citoyens.

Des recommandations doivent être faites pour la généralisation de robinetterie plus sophistiquée, des aérateurs doivent permettre d'ajouter de l'air à l'eau durant la douche et diminuer ainsi la consommation d'eau. Des instructions doivent également être données pour réduire l'arrosage et l'irrigation privée, en particulier par des systèmes permettant d'arrêter automatiquement l'approvisionnement en eau quand la quantité nécessaire a été fournie.

Puisque l'offre ne peut augmenter à l'infini, les humains sont appelés à se servir avec modération des ressources. La primauté de conserver l'eau est souhaitable si non, prendre des mesures incitatives plus sévères ; par le changement du système tarifaire, ou encore, leur infliger des amendes, puisque ça influe sur les dépenses du citoyen et par conséquent sur son comportement (principe pollueur/payeur, arrêter des tranches de consommation...).

Falkenmark (1998) notait récemment que, peu importe la culture ou la religion de la population, la « spiritualité et l'éthique sont très importants lorsqu'il s'agit d'influencer le comportement ».

Références bibliographiques

- AHMAD IBN HUSAIN, Abu al Shuja, al Isbahani, (1 859)**, Précis de jurisprudence musulmane selon le rite des Chaféites, trad. Keijzer, E. J. Brill, Leyde.
- ALI IBN MUHAMMAD, al Mawardi, (1 903-8)**, traité de droit public musulman, trad. L. Oshorog, Leroux, Paris.
- ALILAOUAR A. (1 986)**, Ressource en eau d'une région semi-aride d'Algérie. Plaine d'El Ma El Abiod. Hydrodynamique et hydrochimie, Thèse Doc-Ing. Université Paul Sabatier Toulouse 204p
- AL SHEIKH, Abdul Fatah al Hussein, (1 996)**, The right path to health-Health education through religion. T.2. Water and sanitation in islam, bureau régional de l'OMS pour la méditerranée orientale, alexandrie.
- ANAT**, Plan d'aménagement de la wilaya de Tébessa (PAW), Phase I, II
- ANNIE Erhard-Cassegrain, Jean Margat, (1 979)**, L'eau première matière ; ressources utilisations, besoins et demandes, coûts et prix, prélèvements et consommations. Édition BRGM, Orléans. Cedex.
- ANNIE Erhard-Cassegrain, Jean Margat, (1 983)**, Introduction à l'économie générale de l'eau. Edition Masson, Paris (361p).
- ANONYME, (1 973-1 975)**, Fiche technique des forages : M₁, M₂, M₃, M₄, M₆, M₈, M₉, M₁₀, AT₁.
- ANSARI, M. L, (1 994)**, Islamic perspectives on sustainable development, American journal of islamic social sciences 11 (3), p. 394-402.
- ASTIER J.L. (1 971)**, La géophysique appliquée à l'Hydrogéologie. Masson et Cie. Edition, Paris 277p.
- BAALI F. LATRECHE Dj. (1 994)**, Approche hydrogéologique de la région d'El Ma El Abiod. Mémoire d'Ingénieur. IST Université de Annaba 168p.
- Banque mondiale, (1 999)**, World bank development indicators 1 999, banque mondiale, washington, D. C.
- Banque mondiale, (2 002)**, World development indicators database, April 2 002, <http://www.worldbank.org>.
- BINO, M. J. et Al Beiruti, shihab, N., (1 998)**, Inter-islamic network on water resources development and management (INWRDM), INWRDM newsletter, Amman, 28 Octobre.
- BRGM, (1 975-1 979)**, Cartes de vulnérabilité à la contamination des eaux souterraines (FF: 1/250 000). BRGM, Orléans.
- CAPONERA, Dante A., (1 973)**, Water laws in moslem countries, FAO publications 20, n°1, FAO, Rome.
- CASTANY G. (1 963)**, Traité pratique des eaux souterraines. Dunod Edit. Paris, 641p.
- CASTANY G. (1 968)**, Prospection et exploitation des eaux souterraines. Ed. Dunod Paris France 683p

CASTANY G. et MARGAT (1 977), Dictionnaire français d'Hydrogéologie. Bur. Rech. Géol. Minière, 249p.

CASTANY G. (1 982), Principes et méthodes de l'Hydrogéologie. Dunod Edit. Paris, 334p.

CDI (Commission du Droit International), (1 997), Convention on the law of the non-navigational uses of international watercourses, nations unies, résolution de l'assemblée générale 51/229, nations unies, New york.

CESAO (Conseil économique et social de l'ONU, secrétariat), (1 996), Water legislation in selected ESCWA countries, publication E/CESAO/ENR/1 996/WG.II/WP, CESAO, Amman.

COOTE D.R. GREGORICH (2 000), La santé de l'eau – Vers une agriculture durable au Canada. Direction de l'agriculture et de l'agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

CORPEN, (2 003), Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole : éléments méthodologiques. Applications aux produits phytosanitaires

Daussert. J. (1 998), L'eau, l'aménagement du territoire et le développement durable. La Houille blanche, n° 2.

DEGAÏCHIA A., DEFAFLIA N. (1 998), Étude sédimentologique et pétrographique du Tortonien inférieur présumé de Hadjer Safra- El Malabiod, mémoire d'ingénieur, C. U. de Tébessa.

Direction de la Planification et de l'Aménagement du territoire, Annuaire statistique (2 003/09).

DUCHAUFOUR P. (1 995), Pédologie, sol, végétation, environnement (4^{ième} édition). Abrégés. Paris Masson 324p

Falkenmark, M. et Lindh, G., (1 974), « How can we cope with water resources situation by the year 2 050? », Ambio, 3 (3-4), p 114-22.

FEHLIU, E., (1 990), Étude sur la législation des eaux dans la chebka du M'zab, Mauguin, Blida.

GEORGE G. (2 004), Gestion intégrée de l'eau par bassin versant: concepts et applications. Direction de la politique de l'eau, ministère de l'environnement, canada, p 46.

GUEFAIFIA O. (1 996), Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe. Aquifère d'El Malabiod. Mémoire de Magistère Université de Annaba, 143p.

HAMED, Safei el-Deen, (1 993), « Seeing the environment through islamic eyes: Application of shariah to natural resources planing and management », Journal of agricultural and environment ethics 6 (2), p. 145-64.

HANI A. (1 983), Étude hydrogéologique des nappes aquifères des formations miocènes dans la région d'El Ma El Abiod. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba.

Khalil ibn Ishak, al-Jundi, (1 878), Code musulman par khalil, rite Malékite, trad, N. Seignette, A. Jordan, Alger.

LABORDE. J. P., (2 006), Hydrologie de surface, Cours, Université de Nice-Sophia Antipolis, 191p.

- MALIK ben anas, (1 911)**, Le Mouwatta : livre des ventes, vol. 15, trad. F. Pelier, A. Jourdan, Alger.
- MARGAT J. ROUX J.C. (1 986)**, Interaction des impacts des managements et des exploitations sur les eaux de surface et souterraines. Paris : SHF rapport n°14.
- MAGAT J. VALLEE D, (2 000)**, Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques.
- MARSILY DE G. (1 981)**, Hydrogéologie quantitative. Ecole Nationale Sup. des mines de Paris, Masson Edition, 219 pages
- MARSILY DE G. (2 004)**, Cours d'hydrogéologie. Université pierre & marie curie. 226p.
- MEZIANI A, BOULAZAZ S. (2 006)**, Étude hydrogéologique et évolution hydrochimique de la nappe d'El Malabiod, mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.
- ONU, (1 993a)**, Action 21, Chapitre 18, Protection des ressources en eau douce et de leur qualité : application d'approches intégrées de la mise en valeur, de la gestion et de l'utilisation des ressources en eau, centre de recherches pour le développement international, Ottawa.
- ONU, (1 993b)**, Action 21, Chapitre 36, Promotion de l'éducation, de la sensibilisation du public et de la formation, Centre de recherches pour le développement international, Ottawa.
- PATRICK M. et al. (2 007)**, la gestion intégrée des ressources en eau et le sous secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement domestiques, Cahier Thématique 9-F. IRC, centre de recherches de l'eau et de l'assainissement. Pays-bas, 51p.
- PIERRETTE Larivaille. (1 998)**, Considérations générales sur la politique de l'eau au 21^{ème} siècle. La Houille blanche, N°2.
- PNUD (Programme des nations unies pour le développement). (1 998)**, Human Development Report 1 998, Oxford University Press, New York.
- PNUE (Programme des nations unies pour l'environnement). (1 994)**, Ethics and agenda 21 : moral implications of a global consensus, PNUE, Nairobi.
- REMENIERAS G., (1 980)**, L'hydrologie de l'ingénieur, Paris, Eyrolles, 456p.
- RODIER J. (1996)**, L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^e édition Dunod, Paris.
- ROUABHIA AEK. (2 001)**, Vulnérabilité à la pollution chimique d'un système aquifère en région semi-aride d'Algérie. Cas de la plaine d'El Malabiod. Mémoire de magister. Université de annaba. 120p.
- ROUABHIA AEK. (2 006)**, Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Malabiod, Nord-Est Algérien, Thèse de doctorat, Université de Annaba. 170p.
- ROUBACHE O, FENNI N. (1 997)**, Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine d'El Malabiod-Oum Ali, mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.

SCHOELLER H. (1 962), Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources Masson et Cie. Editions, 642 pages.

SELTZER P., (1 946), Le climat de l'Algérie, Alger, Institut de Météorologie et de physique du globe, Carbonnel, 219p.

TABTABAI, M. H., (1 973/74), Al Mizan fi tafsir al kor'an (Interprétation modérée du saint Coran), vol, 16-20, Al alami library, Beyrouth.

TARDAT-HENRY M. (1 984), Chimies des eaux. Editions le griffon d'argile inc. 338p.

VALIRON F. (1 984), Gestion des eaux : Principes, Moyens, Structures. 350p (Tome I, 1^{ère} édition, Maison ISBN).

VALIRON F. (1 989), Gestion des eaux : Alimentation en eau et assainissement, 501p (Tome II, 2^{ème} édition, Maison ISBN).

VAN den Berg, L. W. C., (1 986), Principes du droit musulman selon les rites d'Abou hanifah et de Chafei, trad. De France et Damiens, Alger.

WESCOAT, J. L., Jr., (1 995), The right of thirst for animals in Islamic law: a comparative approach, Environment and planning: D-Society and space 13 (2), p 637-54.

YUSUF Ali, A., (1 977), The Holy Qur'an: text, translation and commentary. American trust publications for the muslim student association of the united states and Canada, Plainfield, Ind.

LES CARTES

DUROZOY G. (1 956a), Carte géologique au 1/50 000 de Tébessa feuille 206. Tébessa I.G.N.

DUROZOY G. (1 956b), Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000.

Institut Géographique National, Carte topographique d'El Malabiod, feuille 235 au 1/50 000.

LES SITES WEB

[www. Abhs. org. dz](http://www.Abhs.org.dz)

[www. MRE. org. dz](http://www.MRE.org.dz)

[www. Oieau. fr](http://www.Oieau.fr)

[www. Riob. org](http://www.Riob.org)

Annexes

Annexe 1

Exemple de consultation citoyenne

L'une des méthodes, qualifiées de très pratiques, pour faire participer et impliquer les citoyens, c'est de leur envoyer, avec la facture des redevances, sorte d'un questionnaire pour être mieux éclairé et avoir le maximum d'avis :

Pourquoi vous demander votre avis ?

Parce que l'eau, vous l'utilisez, vous la rejetez, vous la payez. Et vous avez un rôle à jouer afin d'améliorer son état. Bref, vous êtes, vous aussi, un acteur de l'eau. La consultation nationale sur l'eau vous donne l'occasion de vous informer et de vous exprimer par questionnaire sur des décisions qui vont nous engager collectivement pour (*indiquer la durée...*).

Sur quoi donner votre avis aujourd'hui ?

C'est sur le schéma directeur et le programme de mesures (*indiquer l'échéancier*) de votre bassin que vous donnez votre avis, notamment sur le niveau d'ambition recherché et sur la pertinence des actions prévues.

Donnez-nous votre avis !

Répondez en ligne sur (*indiquer le site web : www.Prenons-soin-de-l'eau.dz, par exemple*) ou renvoyez ce questionnaire avant (*indiquer une date*), pilez et collez...l'envoi est gratuit.

1- Retrouvez-vous dans notre proposition (*accompagner ce formulaire d'un résumé des grandes lignes des actions prévues*) l'ensemble des problèmes sur l'eau que vous rencontrez dans votre région ?

Complètement Assez Peu Pas du tout

2- Par rapport à vos préoccupations, les actions proposées vous semblent :

Parfaitement adaptées Pas très adaptées Plutôt adaptées Pas du tout adaptées

3- Par rapport à la situation actuelle, cette proposition permettra de doubler le pourcentage de plans d'eau, nappes, côtes en bon état et de cours d'eau (*si possible*) en (*indiquer une date*). Cette proposition représente un effort collectif de (*indiquer le coût par an*).

Vous direz que... (*Un seul choix possible*) :

C'est un bon compromis pour la reconquête de la qualité de l'eau, et les efforts devront être poursuivis après (*indiquer la date de la question 3*) pour continuer à augmenter le pourcentage des eaux en bon état.

Il faut aller plus loin et obtenir de meilleurs résultats dès (*toujours la même date*), même si cela doit coûter plus cher, et je suis prêt à payer davantage.

Il ne faut pas dépenser plus pour l'eau, quitte à ce qu'il y ait moins d'eau en bon état en (*la date*).

4- En fin de compte, direz-vous que vous adhérez à cette proposition :

Totalement Plutôt oui Plutôt non Pas du tout

5- Selon vous, quelles sont les deux actions à engager en priorité pour reconquérir un bon état des eaux ? (*Texte libre, en quelques lignes*).

Pour une meilleure analyse et restitution de vos réponses, merci de nous indiquer :

Quel est le code postal de votre commune ?

Vous êtes : Un homme Une femme

Vous avez : Moins de 25 ans Entre 26 et 35 ans Entre 36 et 60 ans Plus de 60 ans

Combien de personnes vivent dans votre foyer ? (*Vous compris*)

À quelle catégorie socioprofessionnelle appartenez-vous ? (*Une seule réponse possible*).

Agriculteur exploitant Artisan, commerçant, ou chef d'entreprise Employeur ou ouvrier
 Cadre ou profession intellectuelle Élève ou étudiant
 Retraité Sans activité professionnelle

Comment avez-vous été informé de cette consultation ?

Questionnaire dans votre boîte aux lettres Internet Médias (*Presse, Radio, TV*)
 Affichage public Réunion d'information, débat public Autre (*Précisez.....*)

L'eau vous remercie

Annexe 2

LES RÉCOMPENSES ET LES PUNITIONS DE LA GESTION DE L'EAU SELON L'ISLAM

Tout est vu comme important, interdépendant, c'est pourquoi Allah récompense ceux qui aident les autres créatures et punit qui leur font du mal (Li Ibn Kadamah 1 992, Wescoat 1 995). Les musulmans croient que « *Les bonnes actions dissipent les mauvaises* » et que les odieuses bannissent les bonnes. Le degré de récompense ou de punition pour les actions ignobles dépend des intentions de la personne.

Le prophète (pssl) dit : « *Celui d'entre vous qui voit une chose répréhensible doit la changer par sa main, s'il ne peut pas, que ce soit par sa langue, et s'il ne peut pas encore, que ce soit par son for intérieur* ».

Dans le même ordre d'idée, une directive clé visant chaque musulman, et qui fait partie de sa mission, se trouve dans le verset coranique : « *Allah interdit la turpitude, l'acte répréhensible et la rébellion* », « *fahesha, munkar et baghi* », contre sa « *Loi ou notre propre conscience* » (Yusuf Ali 1 977, n. 2 127).

L'« injustice » peut aussi englober la méchanceté. Par conséquent, la pollution et le gaspillage des ressources naturelles sont interdits parce qu'injustes en ce qu'ils, s'attaquent à la capacité des générations contemporaines et futures à répondre à leur propres besoins.

Les ressources en eau sont promises aux musulmans pieux et respectant les commandements reçus du prophète du ciel et de la terre. Celui qui suit strictement la voie décrite dans le message d'Allah « *ne s'égarera pas* » et ne connaîtra « *ni crainte, ni tristesse* ».

Par l'absence d'égarement (*shaqa*), le coran désigne les personnes qui ont assez de provision : « *Tu n'y auras pas faim, tu n'y seras pas nu, tu n'y auras pas soif, tu n'y souffriras pas de la chaleur du soleil* ».

La notion de *shaqa* renvoi aux punitions de cette vie (non de l'autre), ce qui, ensuite, doit inciter davantage les musulmans à éviter les mauvais comportements envers l'environnement. Elle doit les pousser à respecter les enseignements de leur foi en matière d'utilisation et de gestion des ressources en eau.

Allah confiera aux musulmans, pieux et pratiquants, de l'eau en abondance pour « *les éprouver* » dans leur subsistance et leurs ressources. Il déclare que, si seulement les humains avaient foi en lui et le craignaient, « *Nous leur aurions certainement accordé les bénédictions du ciel et de la terre* ».

Il leur rappelle que c'est lui qui maîtrise la pluie et qui la fait tomber, en leur posant la question éloquente : « *Qui vous offrira de l'eau de surface si vos réserves actuelles deviennent rares ?* ».

La volonté divine est un préalable nécessaire à l'approvisionnement suffisant des humains et des autres espèces, en eau et en autres ressources. Á part cela, la question du renouvellement « naturel » de l'eau se pose. Il est possible de faire humblement appel à la volonté d'Allah, en respectant ses enseignements et son message.

Le système de récompense et de punition est conçu pour produire beaucoup plus de bonnes actions que de mauvaises. Une action ignoble compte « une fois », contre une personne qui, par ailleurs, est récompensée de « dix à sept cent fois » pour chaque bonne action.

Les non-croyants sont décrits comme « *ceux qui troquent l'erreur contre la voie droite, leur négoce est sans profil, ils ne sont pas dirigés* ».

Par conséquent, ce n'est qu'en « vivant » ou en mettant en pratique les enseignements de l'Islam, y compris son éthique environnementale, que les personnes peuvent s'attendre au renouvellement de leurs réserves qui baissent.

Cela explique peut être pourquoi, lorsque frappés par une calamité naturelle (ou causée par des humains), un grand nombre de musulmans l'attribuent souvent à l'impiété individuelle ou sociétale.

La notion de subsistance (*rizq*), revient souvent dans le coran, et elle « Renvoie à tout ce qui est nécessaire à la conservation et à l'épanouissement de la vie spirituelle, mentale et physique à tous ses stades » (*Yusuf Ali 1 997, n. 2 105*). Allah est perçu comme celui qui assure toute notre subsistance.

Les musulmans croient que les fidèles qui craignent Allah (*itaqu*) suivent ses directives, évitent les tentations personnelles (*al-hawa*), font du bien et évitent de faire du mal, seront récompensés par le créateur. Les bonnes actions doivent correspondre aux capacités socioéconomiques et physiques du musulman, et être faites régulièrement.

Ainsi, les musulmans fidèles ne tomberont pas dans la misère ou dans la désolation et ne craindront pas pour leur avenir. Ils seront soutenus par des sources imprévues et admis aux jardins où coulent les ruisseaux, notamment, ceux qui sont sincères dans leurs croyances religieuses (*akhlasu*) recevront « une récompense sans limite ».

Allah, propriétaire du monde naturel, en est aussi le gestionnaire suprême qui en confie l'intendance aux humains, débloque l'eau et les autres ressources pour ceux qui agissent conformément à ses révélations au prophète Mohammed (*pssl*).

Il récompense spirituellement ou physiquement le fidèle, soit au cours de cette vie ou dans l'autre ; ce qui signifie une existence sans soucis, davantage d'eau et d'autres ressources pour la subsistance.

Annexe 3

La conservation de l'eau par le biais des mosquées et des écoles religieuses

EXEMPLE DU PAKISTAN

L'eau est une ressource indispensable pour l'humanité, sans laquelle toute vie est impossible. Elle est essentielle non seulement à la survie des êtres humains mais aussi des animaux, des plantes et des autres êtres vivants. Hélas, sa disponibilité est en quantité limitée sur la planète, comme le dit le Coran : « *nous avons fait descendre l'eau du ciel, avec mesure, nous l'avons maintenue sur la terre, alors que nous pourrions la faire disparaître* ». Le gaspillage est donc fortement découragé, non seulement de l'eau mais aussi de toute autre ressource ; « *ne commettez pas d'excès, Dieu n'aime pas ceux qui commettent des excès* ».

Ainsi, la conservation de l'eau, notamment dans les pays musulmans, peut être planifiée sur la base de la religion. De tels plans, seront efficaces parce que fondées sur des approches naturelles de gestion de la rareté de l'eau, et ils produiront de bien meilleurs résultats que s'ils ne reposaient que sur une réglementation gouvernementale.

Étant donné que l'eau est utilisée de diverses manières à différents moments et endroits, cette approche ne saurait servir dans tous les cas, par contre, elle sera souvent très efficace, ainsi que le démontre deux études de cas officielles d'un village et d'une petite ville du Pakistan. Des trois principaux types de consommation d'eau ; approvisionnement municipal, irrigation et industrie, les deux premiers sont essentiels dans tous pays parce qu'ils visent la consommation humaine en eau et les cultures agricoles. Pour ces deux catégories d'usage, les mosquées et les écoles religieuses peuvent jouer un rôle crucial dans la gestion et la conservation des ressources en eau disponibles, et ce, à l'aide d'un plan détaillé s'articulant sur les pratiques établies et les préceptes de l'Islam.

L'approvisionnement municipal en eau

L'histoire remonte à l'année 91, lorsqu'un groupe de personnes instruites, d'une petite ville du district de *Dijkot, Faisalabad*, mirent sur pied une équipe devant régler le problème local de pénurie d'eau, en optimisant l'usage et en réduisant les pertes. Il s'agit au fait d'un organisme non gouvernemental (*ONG*), composé de fidèles, se rencontrant assez régulièrement à la mosquée.

L'une d'entre elles eut l'idée de tenter de se servir des lieux de culte et des écoles religieuses, en vue d'influencer la pensée et le comportement des citoyens, en matière de gaspillage de l'eau municipale et d'irrigation. Il était question d'abord de motiver les gens de leur circonscription, ensuite faire répandre l'expérience à un village voisin (utilisation conflictuelle et disputée en eau d'irrigation surtout).

Le groupe utilisa une approche très simple mais systématique. La réalisation d'une enquête, en faisant du porte à porte, était un préalable, pour permettre d'évaluer la gravité de la pénurie. C'est en bénévolat que le sondage fut réalisé, et les questions qui furent posées étaient telle que :

- ✓ Êtes-vous satisfait de l'approvisionnement offert en eau ?
- ✓ Si non, quelle pourrait être la cause du problème, et comment croyez-vous qu'il serait possible d'y remédier ?
- ✓ Quelles sont vos attentes à l'égard des représentants gouvernementaux du secteur de l'eau ?

Les consommateurs de 4 133 foyers furent interrogés et répartis, lors le sondage, en quatre groupes :

- ✓ Le premier groupe, presque 30% du total, ne se plaignait absolument pas, car il est contigu au réservoir principal et recevait le volume d'eau désiré.
- ✓ Le second, environ 25% de l'ensemble, mentionna divers problèmes mineurs, puisqu'il vivait non loin du réservoir, mais fut réticent à expliquer comment il surmontait les difficultés.

- ✓ Le troisième, près de 20%, se trouvant plus éloigné du réservoir déplorait une insuffisance, sur la moitié des habitations, qu'ils imputent aux services gouvernementaux.
- ✓ Les 25% restant, vivant à l'extrémité du réseau, étaient victime d'une grave pénurie d'eau, au point où environ 25% des foyers n'obtenaient pas d'eau, soulèvent à chaque fois leur désagrément auprès des services compétents.

Groupe		Avec pénurie d'eau	
N°	Nombre	Avant (%)	Après (%)
Groupe I	1 234	0	
Groupe II	1 028	0	
Groupe III	823	50 (412)	20 (164)
Groupe IV	1 028	75 (771)	42 (433)
Groupe III et IV	1 851	64 (1 183)	32 (597)
TOTAL		4 133	
Tab. 1. Répartition des foyers selon la distance au réservoir, et nombre de ceux manquant d'eau, avant et après la mise en œuvre du plan d'action.			

L'analyse détaillée des données et l'interprétation découlant de discussions permirent d'obtenir les renseignements suivants :

- ✓ Le premier groupe, n'éprouvait pas de difficultés, il gaspillait plutôt de l'eau.
- ✓ Le second, se servant de pompes posées clandestinement sur les conduites pour faire face à toute pénurie, n'avait donc pas de problèmes sérieux, ce qui explique leur réticence à parler de leurs solutions.
- ✓ Le troisième se servait aussi de pompes à eau illicites, mais la moitié d'entre eux demeure non desservie.
- ✓ Le dernier groupe faisait recours au même moyen que ses prédécesseurs, mais les trois quarts des maisons se plaignaient d'un manque flagrant en eau.

Après maintes réflexions et discussions, le groupe de recherche décida d'organiser une campagne de sensibilisation et d'information, ciblant notamment les deux premiers groupes et une partie du troisième. Les messages devaient être spécifiques aux groupes, étant donné que leurs problèmes différaient.

La campagne devait viser à éviter le gaspillage, pour le premier groupe, et une seule partie du second, auquel on a visé les pompes et les branchements illégaux, le troisième c'était exclusivement les pompes illicites.

On a demandé à des imams influents de mosquées choisies d'exposer le problème lors de leurs prêches du vendredi. On leur avait fourni de la documentation pertinente, reposant sur des valeurs morales et des points de vue religieux, pour leur permettre de compléter leurs connaissances et que le sermon soit efficace.

Des bénévoles des écoles religieuses ont en outre accepté de rédiger manuellement des affiches soulignant la condamnation religieuse et morale du gaspillage d'eau ainsi que de l'utilisation de pompes et de branchements illicites. L'intention était d'avertir les coupables que c'était un péché de s'emparer de la part d'eau d'autrui.

La réalisation du plan était pénible, faute de matériel, inaccessibilité de la documentation et de disponibilité des élèves, ce qui a nécessité neuf mois de préparation.

Une seconde enquête sommaire fut lancée juste pour évaluation, et seuls le troisième et le quatrième groupe furent de la partie, étant les plus touchés. Il eut une réduction du nombre de réclamations après la réalisation du plan, de 50 à près de 20% dans le troisième groupe et de 75 à environ 42% au sein du quatrième.

Le nombre total de contestation baissa, de 64 à près de 32%, c'est presque la moitié des foyers qui, au préalable, manquait d'eau, n'avait dorénavant plus de problème.

La campagne fit ressortir l'inefficacité des interventions officielles, qui se contentaient d'envoyer des messages à toutes les collectivités, au sujet du gaspillage d'eau, sans distinguer les véritables coupables. Cet avertissement fut une erreur grave parce qu'il ne culpabilisait pas ceux qui devaient prendre conscience de leur faute et qui considéraient en effet le message comme un avis général ne les visant pas particulièrement, pis encore, il irrita les principales victimes qui, sans avoir eu de conduites répréhensibles, étaient tout de même touchées.

De plus la tarification de l'eau était fixe, indépendamment du volume utilisé, et les pénalités pour les branchements illicites et les pompes étaient si symboliques pour dissuader les coupables.

Les protestations des usagers les plus touchés étaient souvent ignorées, suite à la complexité des procédures ou des pressions politiques exercées par certains groupes influents.

Cette opération a permis, outre d'atteindre des objectifs, de relever certains problèmes importants ; la réglementation officielle n'est pas basée sur les réalités locales, l'handicap de l'analphabétisme, l'absence de la sensibilisation au problème, le manque de conscience claire, chez les chefs religieux, du rôle crucial qu'ils pourraient jouer et la négligence des responsables.

L'eau d'irrigation

Dans une localité voisine, une étude de cas a été conduite dans le même sens. Il était question d'approvisionnement en eau d'un canal de dérivation, en temps partagé et en fonction de la taille de leur propriété. Suite à un sondage similaire au précédent, il s'est avéré que les problèmes étaient, dans l'ensemble, semblables.

Les usagers de la tête et ceux du milieu avaient suffisamment d'eau, et en volaient même s'ils venaient à en manquer, tandis que ceux de l'extrémité en manquaient désespérément.

La déficience des lois était remarquable ; des tarifs fixes étaient imposés en fonction d'un temps partagé et de la taille de l'exploitation agricole, que l'agriculteur reçoive ou non toute sa part d'eau. L'exploitant devait prendre sa part, qu'il en ait ou non besoin : non nécessaire, cette eau était alors gaspillée.

En cas d'infraction (vol, détournement illicite...), la pénalité était insignifiante.

Un plan d'action analogue au précédent fut conçu sauf que, les chefs de familles influentes et du chef du village prirent place des imams.

On a pratiquement soulevé les mêmes contraintes et difficultés que lors de la mise en œuvre du premier plan. On utilisa la même technique d'évaluation, qui révéla un taux de succès inférieur au premier, mais il y avait moins de plaintes relatives au manque d'eau, environ 26%.

CONCLUSION

Ces études de cas étaient limitées en termes de temps et de ressources. Pour pouvoir déceler le lien existant entre l'économie dans l'utilisation de l'eau et les programmes de sensibilisation du public, fondés en partie sur des valeurs religieuses, il faudrait mener des études plus méthodiques et scientifiques. Malgré quelques réserves, on a pu, comme même, retenir :

- ✓ Le rôle crucial que peuvent jouer les écoles religieuses et les mosquées dans la réduction du gaspillage (et les économies prévues en eau).
- ✓ L'inefficacité de la voie officielle seule en matière de changement d'habitudes et de comportement de la population à l'égard de l'eau.
- ✓ S'orienter vers des politiques de long terme, en vue de la durabilité.
- ✓ Encourager un partenariat entre les organismes officiels, les *ONG* et les imams, en matière d'éducation, de sensibilisation, d'orientation et de planification future, à une conservation et une économie d'eau.
- ✓ Des cours de gestion et de conservation d'eau, fondés sur des principes religieux, doivent accompagner la formation des jeunes générations, des responsables ainsi que des imams.
- ✓ Impliquer les *ONG* dans la fondation des réglementations, les études et les campagnes d'éducation et de sensibilisation.