

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS  
DE MOSTAGANEM  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences  
de la Nature et de la Vie  
Département des sciences agronomiques

جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية العلوم الدقيقة  
وعلوم الطبيعة و الحياة  
قسم العلوم الزراعية



## Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques

Option : Gestion conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement

## Thème

**Contribution à l'étude des agents de dégradation des  
ressources en sols et en eaux dans le plateau de Mostaganem**

Présenté par :

M. Ouabel Habib

Devant le jury :

Président	KOURI Lakhdar	Pr	Université de Mostaganem
Promoteur	BENKHELIFA Mohammed	MC <sub>A</sub>	Université de Mostaganem
Co-Promoteur	LARID Mohamed	MC <sub>A</sub>	Université de Mostaganem
Examineur	CHOUIEB Mohamed	MC <sub>B</sub>	Université de Mostaganem
Examineur	BOUALEM Abdelkader	MC <sub>B</sub>	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2011– 2012

## *Remerciements*

Il m'est tout d'abord particulièrement agréable d'exprimer ma profonde reconnaissance, mes plus sincères remerciements et ma gratitude à mon promoteur Monsieur BENKHELIFA Mohammed, Maître de conférences A à l'Université de Mostaganem, qui a bien accepté de diriger mon travail et qui n'a cessé de prodiguer ses judicieux et permanents conseils qui m'ont été d'une aide exceptionnelle. Je le remercie vivement pour ses encouragements et pour le temps précieux qu'il m'a consacré toutes les fois que cela était nécessaire.

Je remercie très sincèrement M. LARID Mohamed, co-promoteur et Maître de conférences A à l'Université de Mostaganem, pour ses précieux conseils et son soutien moral tout au long de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à M. KOURI Lakhdar, Professeur à l'Université de Mostaganem, qui me fait l'honneur d'avoir bien voulu présider mon jury de soutenance. Pour cela, je lui suis très reconnaissant.

Je remercie vivement M. CHOUIEB Mohamed, Maître de conférences B à l'Université de Mostaganem, d'avoir bien voulu accepté de faire partie du jury de soutenance. Je profite de cette occasion pour lui exprimer ma sincère reconnaissance et ma profonde gratitude pour son aide précieuse, ses conseils, ses critiques et ses encouragements permanents. Je lui saurai bon gré de m'avoir donné la chance de m'initier et d'acquérir le logiciel de simulation des données satellitaires en cartes topographiques très précieux pour les différentes applications agricoles et forestières.

Que Monsieur BOUALEM Abdelkader, Maître de conférences B à l'Université de Mostaganem, trouve ici l'expression de mes plus vifs remerciements et mes sincères respects pour avoir bien voulu examiné ce travail et faire partie du jury.

Je ne peux oublier de remercier vivement et très sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur précieuse aide et leur soutien moral durant toute la période de réalisation de ce travail. Je cite, en particulier, les collègues de l'Université de Mostaganem et ceux de CCLS Mahdia ainsi que tout le personnel de l'INSID d'El Matmar (Relizane). Que chacun par son nom, trouve ici, l'expression de mes vives reconnaissances et ma profonde gratitude.

## Résumé

Le plateau de Mostaganem représente un cas d'écosystème des plus affectés en Algérie par la dégradation de ses ressources en sols et en eau. Il constitue une zone littorale sableuse couvrant plus de 78100 ha, caractérisée par une importante activité éolienne et donc un fort pouvoir érosif. Additionnellement à cet effet érosif, le plateau est soumis à une forte concentration urbaine et à diverses activités économiques : agricoles, industrielles et portuaires, qui menacent autant ses ressources que ses équilibres écologiques fondamentaux.

Le présent travail est une contribution au diagnostic de l'état de dégradation du plateau de Mostaganem soumis à diverses contraintes agricoles et industrielles et auxquelles sont soumises ses ressources naturelles en sols et en eau.

L'un des résultats importants de cette approche est que la dégradation du plateau de Mostaganem existe sous plusieurs formes au moment même où elle demeure sous-évaluée du fait qu'elle n'a pas bénéficiée de suffisamment d'attention de la part des scientifiques ni même des opérateurs socio-économiques. Elle entrouvre, néanmoins, une voie d'investigation d'importance primordiale sur les impacts écologiques et environnementaux du développement rapide que connaît la région à moyen et long termes.

**Mots clés :** Plateau de Mostaganem, agents de dégradation, ressources en sols et en eau

## **Abstract**

The plateau of Mostaganem represents a case of most affected ecosystem in Algeria by degradation of its soil and water resources. It is a sandy coastal area covering over 78 100 hectares, characterized by a significant wind activity and thus a strong erosive power. Additionally to this erosive effect, the plateau is under strong urban concentration and economic activities: agriculture, industry and port, which threaten as much its resources, that it's basic ecological balance.

This work is a contribution to the diagnosis of the state of degradation of the plateau of Mostaganem subject to various agricultural and industrial constraints that affected its natural soil and water resources.

One important result of this approach is that the degradation of Mostaganem plateau exists in several forms at the same time it remains undervalued because it has not benefited enough attention from scientists or even socio-economic operators. She half-opened, however, an investigation way of primary importance on ecological and environmental impacts of rapid development conducted in the region, in the medium and long term.

**Keywords:** plateau of Mostaganem, degradation, soil and water resources.

## ملخص

تمثل هضبة مستغانم حالة من التجمع البيئي الأكثر تضررا في الجزائر من جراء تدهور تربته وموارده المائية. وهي عبارة عن منطقة رملية ساحلية تغطي أكثر من 78100 هكتار، وتتميز بنشاط كبير للرياح ، وبالتالي إنجرافات قوية قادرة على حت التربة. وبالإضافة إلى ذلك الانجراف، تضل هذه الهضبة خاضعة لتركيز قوي للكثافة الحضرية والأنشطة الاقتصادية: الزراعية، الصناعية والمرفئية والتي تهدد أكبر قدر من مواردها، وتوازنها البيئي الأساسي.

هذا العمل هو عبارة عن مساهمة في تشخيص حالة تدهور هضبة مستغانم التي تتعرض لمختلف القيود الزراعية والصناعية التي تؤثر على أراضيها ومواردها الطبيعية للمياه. واحد النتائج الهامة لهذا النهج هو أن تدهور هضبة مستغانم موجود في أشكال عدة في الوقت الذي لا تزال لم تقيم بقيمتها الحقيقية لأنها لم تستند بما يكفي من اهتمام العلماء أو المشغلين الاجتماعيين والاقتصاديين. إنها مفتوحة جزئيا ، ومع ذلك، هي وسيلة تحقيق ذات أهمية قصوى في الآثار البيئية للتنمية السريعة التي عرفتها المنطقة، على المدى المتوسط والطويل.

**الكلمات الرئيسية:** هضبة مستغانم، والتدهور، الموارد المائية والتربة.

## Liste des tableaux

N°		Page
01	Synthèse des formations végétales dans le plateau.	15
02	Quotient pluviométrique des stations	21
03	Développement de l'irrigation des sols durant les 200 dernières années	30
04	Répartition de l'occupation du sol dans le plateau de Mostaganem	45
05	Classe lithologique du plateau de Mostaganem	48
06	Dictionnaire de données de la base de données hydrologiques	51
07	Valeurs propres des variables	60
08	Synthèse des résultats de l'ACP	64
09	Concentration des cations dans les échantillons d'eau (meq.l <sup>-1</sup> )	67
10	Valeurs propres des variables	69
11	Synthèse des résultats de l'ACP	72

## Liste des figures

	<b>Page</b>
01 Image satellitaire présente la situation du plateau de Mostaganem	05
02 Profil d'une dune de type calibré	10
03 Carte de limitation du plateau de Mostaganem	11
04 Transect est-ouest de la zone du plateau de Mostaganem	12
05 Transect nord-sud de la zone du plateau de Mostaganem	13
06 Evolution des moyennes pluviométriques fournies par la station	16
07 Climagramme d'Emberger (1913-1938, 1976-2010)	21
08 Diagrammes ombrothermiques relatifs aux périodes 1913-1938 et 1976 -2010	23
09 L'érosion en nappe et en rigoles sont visibles sur ce champ	26
10 Érosion en nappe dans le champ de stidia 2010	27
11 Érosion en rigoles: ravinement en plein champ dans le plateau de Mostaganem	28
12 Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation	31
13 Principaux processus chimiques inorganiques en relation avec la salinité des sols	35
14 Pollution par les huiles, rejets industriels et urbains au niveau du plateau	41
15 Approche méthodologique de l'étude	43
16 Carte d'occupation du sol du plateau	46
17 Carte de l'infrastructure routière du plateau	47
18 Carte lithologique du plateau Mostaganem	48
19 Modèle numérique du plateau Mostaganem	49
20 Dispositif d'échantillonnage des profils et des puits	50
21 Modèle conceptuel de données	51
22 Triangle des textures du plateau de Mostaganem	54
23 Distribution de la fraction granulométrique	55
24 Distribution de la fraction sableuse	56
25 Distribution de l'argile dans le plateau	56
26 Distribution des valeurs du pH des échantillons analysés	57
27 Répartition des différentes classes de CaCO <sub>3</sub> des sols du plateau	58
28 Classes de conductivité électrique	58
29 Distribution des classes de matière organique	59
30 Tracé des valeurs propres des variables	61
31 Projection des variables sur le plan axe 1-2	63
32 Projection des variables sur le plan axe 2-3	64
33 pH des échantillons d'eau prélevés à partir des différents puits	65
34 Conductivité électrique des eaux des différents puits étudiés	66
35 Degré hydrotimétrique des eaux des différents puits étudiés	67
36 Concentration des cations dans les eaux des différents puits étudiés	68
37 SAR des eaux des différents puits étudiés	69
38 Photos d'une zone urbaine du plateau de Mostaganem	78

# Sommaire

Remerciements.....	I
Résumé.....	II
Abstract.....	III
ملخص.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des figures.....	VI
Introduction Générale.....	1
<b>Chapitre I : Problématique de la dégradation des ressources en sols et en eau.....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre II : Présentation du Plateau de Mostaganem.....</b>	<b>10</b>
Principales caractéristiques du plateau de Mostaganem.....	11
2. Facteurs climatiques du plateau de Mostaganem.....	16
2.1. Pluviométrie.....	16
2.2. Température.....	17
2.3. Amplitude thermique moyenne ou indice de continentalité.....	18
2.4. Les vents.....	18
3. Synthèse bioclimatique.....	19
4. Classification des ambiances bioclimatiques.....	19
5. Quotient pluviothermique les étages bioclimatiques d'Emberger.....	20
6. Indice xérothermique.....	21
7. Indice de De Martonne.....	22
8. Diagrammes ombrothermiques.....	22
9. Plateau de Mostaganem : Milieu fragile et convoité.....	23
<b>Chapitre III - Dégradation des ressources en sols et en eau.....</b>	<b>25</b>
1. Tassement et érosion.....	25
1.1. Tassement des sols.....	25
1.2. Les différents types d'érosion.....	25
1.2.1. L'érosion hydrique.....	26
1.2.2. L'érosion en nappe et l'érosion en rigoles:.....	27
1.1.3. Le ravinement.....	27
1.2.4. L'érosion éolienne.....	28
2. Salinisation.....	29
3. Dégradation chimique.....	34
3.1.1. Par les engrais chimiques.....	35
3.1.2. Par les pesticides.....	36
3.1.3. Par les rejets de polluants urbains et industriels.....	37
3.2. Les principales sources de pollutions urbaines.....	37
3.3. Relation entre la pollution des sols et celle des eaux.....	38
4. Dégradation des eaux en milieux arides.....	38
4.1. Dégradation des eaux souterraines (polluants urbains et industriels).....	38
4.2. Les polluants et maladies d'origines hydriques.....	39
4.3. Polluants biologiques.....	39
4.4. Polluants chimiques.....	39
4.5. Les sels minéraux.....	39
4.6. Les composés toxiques : Ils sont soit minéraux, soit organiques.....	40
4.6.1. Les composés minéraux toxiques.....	40
4.6.2. Les polluants organiques toxiques.....	40

4.7. Les pesticides .....	40
4.8. Les détergents.....	41
5. Les polluants radioactifs.....	41
<b>Chapitre IV - Contribution au diagnostic de l'état de dégradation du plateau</b> .....	<b>42</b>
1. Démarche méthodologique .....	42
2. Réalisation des cartes thématiques sous MapInfo Pro 8.5 .....	44
2.1. Carte d'occupation du sol du plateau de Mostaganem.....	44
2.1. Carte d'infrastructure routière.....	46
2.1. Carte lithologique .....	47
2.1. Le MNT du plateau de Mostaganem.....	49
3. Échantillonnage et prélèvement des échantillons de sol et d'eau .....	49
3.1. Étapes de conception de la base de données .....	51
Etape 1 : Vocabulaire des données.....	51
Etape 2 : Modèle Conceptuel des Données.....	52
Etape 3 : Phase de développement .....	53
Etape 4 : Modèle logique .....	53
4. Résultats et discussions .....	53
4.1. Analyse granulométrique .....	53
4.1.1 Composition granulométrique.....	53
4.1.2. Variabilité de la composition granulométrique .....	54
4.1.3. Étude de la variabilité de la fraction sablonneuse .....	55
4.1.4. Étude de la variabilité de la fraction argileuse .....	56
4.2. Potentiel Hydrogène pH (CHE) .....	57
4.3. Calcaire total .....	57
4.4. Conductivité électrique .....	58
4.5. Matière organique .....	59
4.6 Analyse des ions.....	60
4.6.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	60
4.6.2. Valeurs propres et vecteurs propres .....	60
4.6.3. Étude des variables.....	62
4.6.4 Analyse des projections des variables sur le plan factoriel.....	62
4.7 Résultats des analyses de l'eau.....	65
4.7.1. Analyses physico-chimiques .....	65
4.7.2. Potentiel Hydrogène pH.....	65
4.7.2. Conductivité électrique .....	65
4.7.3. Dureté de l'eau .....	66
4.7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	69
4.7.4.1. Matrice de corrélation (Valeurs propres et vecteurs propres).....	69
4.7.4.2. Étude des variables.....	70
4.7.4.3. Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H) .....	72
Discussions et conclusions .....	74
Références Bibliographiques.....	80
Annexes.....	93

## Introduction Générale

Le sol constitue une ressource naturelle non renouvelable. Outre ses fonctions de support pour la production agricole et la végétation naturelle, il assure d'autres fonctions environnementales, essentielles pour l'équilibre écologique et déterminantes sur la sécurité alimentaire. En effet, la préservation des usages productifs des sols, de leurs fonctions environnementales et écologiques et la prise en compte de leur rôle dans l'aménagement et l'utilisation du territoire constituent un enjeu collectif pour le développement durable.

Les sols évoluent lentement sous les effets de grands facteurs naturels tels que le climat, la topographie, le matériau parental et la végétation. Cette évolution peut être accélérée ou modifiée par les activités humaines telles que les aménagements fonciers, les pratiques agricoles, les épandages, les retombées atmosphériques, les pollutions accidentelles ... etc. Ces activités perturbent l'équilibre de l'écosystème que constitue le sol et contribuent à sa dégradation.

Il est important de rappeler que les phénomènes de dégradation se déroulent à des échelles de temps relativement assez courtes comparées aux processus de formation des sols. Cependant, les capacités de régénération des sols sont limitées et l'homme, en général, a peu de moyens de remédier à leurs dégradations. Ceci est de nature à rendre problématique la préservation des ressources naturelles en sols et en eau, particulièrement en milieux urbains concentrés où les activités agricoles, industrielles et de construction sont intenses.

Aujourd'hui la communauté scientifique se rend compte, plus que jamais, des enjeux de la dégradation des écosystèmes fortement convoités par le développement socio-économique. En effet, les ressources naturelles en sols et en eau sont souvent plus menacées dans les milieux urbains concentrés (pression démographique) et particulièrement dans les zones côtières où les activités portuaires et touristiques sont importantes (Farmer et *al.*, 1993 ; Bautista-Cruz et *al.*, 2011).

Le plateau de Mostaganem représente un cas d'écosystème des plus affectés en Algérie par la dégradation de ses ressources en sols et en eau. Ce plateau fait partie des ensembles sableux qui se situent entre Mostaganem et Ténès le long du flanc ouest du pays qui cumulent plus d'une cinquantaine de kilomètres de linéaire côtier et où le transport éolien est très actif (Mederbal, 1983 ; Benest, 1985). Il constitue une zone littorale couvrant plus de 78100 ha, caractérisée par une forte activité éolienne dominée par des vents nord-ouest. Ces derniers peuvent demeurer actifs plusieurs mois dans l'année. Additionnellement à cet effet

érosif, le plateau est soumis à une forte concentration urbaine et à diverses activités économiques (agricoles, industrielles et portuaires) qui menacent autant ses ressources que ses équilibres écologiques fondamentaux (Lorne, 1959 ; Anonyme, 1997). Il est, en conséquence, très convoité et soumis à une dégradation continue (Benest, 1985 ; Larid, 1993 ; Atroune, 1993), au moment même où il ne bénéficie que de très peu d'étude (Benkhelifa, 1997 et 2007).

La qualité d'un sol ne peut se définir que par rapport à un usage donné ou par ses fonctions dans l'environnement. L'une des définitions les plus en vue se présente comme étant : « la capacité d'un type spécifique de sol à fonctionner, dans les limites d'un écosystème naturel ou aménagé, pour développer durablement la productivité végétale et animale, maintenir ou améliorer la qualité de l'eau et de l'air et assurer l'habitat et la santé humaine » (Karlen et al., 1997). La qualité d'un sol comprend donc, une composante inhérente à ses propriétés physiques et chimiques telles qu'élaborées par les conditions climatiques et la nature de l'écosystème. Elle comporte, en outre, une seconde composante affectée par les choix d'usage et de gestion des terres. Le constat global montre, malheureusement, que la gestion agricole dans le monde conduit de plus en plus vers une dégradation des écosystèmes et réduit la qualité d'une grande partie des ressources en sols (Saunders, 1992; Oldeman, 1994 ; Citeau et al., 2008).

Les travaux effectués sur la dégradation des écosystèmes ont apporté une contribution significative la gestion durable des sols en traduisant les connaissances scientifiques et les informations techniques liées aux fonctions du sol en des approches et outils pratiques susceptibles de permettre aux opérateurs agricoles d'évaluer la durabilité des sols par rapport à leurs choix de gestion (Dumanski et al, 1992; Bouma, 1997 ; Doran et Zeiss, 2000). Il en ressort toute la pertinence de diagnostiquer l'état de dégradation des ressources en sols comme moyen d'évaluation de la fiabilité des choix de gestion de l'agrosystème. En effet, la question du feed back qui permettrait aux usagers du sol d'en examiner l'ampleur du caractère durable de leurs choix de gestion est au centre des préoccupations actuelles. La finalité de ce feed back serait d'identifier les zones de production vulnérables à la dégradation, de faire des estimations réalistes de la production alimentaire et de surveiller les changements en matière de durabilité et de qualité environnementale du milieu. Ceci est de nature à aider les opérateurs socioéconomiques à évaluer mais aussi à formuler la durabilité de leurs politiques d'utilisation des terres agricoles (Granatstein et Bezdicek, 1992 ; Lima et Rodriguez, 2007 ; Lima et Brussaard, 2010).

Pour diagnostiquer l'état de dégradation des sols, il est fait actuellement recours à des indicateurs de qualité des sols. Pour garantir un diagnostic fiable, cette approche se base en premier lieu, sur la détermination des propriétés clés ainsi que les processus appropriés des sols en mesure de constituer des indicateurs pertinents de qualité. Ces indicateurs doivent fournir un minimum de données nécessaires à l'évaluation qualitative des sols (Andrews et al., 2004). Les approches statistiques multi-variées, telle que l'analyse en composantes principales (ACP), peuvent constituer un outil approprié pour une première identification des indicateurs les plus sensibles ou ceux dont l'impact est le plus important sur la qualité des sols (Pajares-Moreno et al., 2010). En effet, l'ACP peut fournir un moyen objectif d'extraction et de quantification d'informations relatives à un ensemble complexe de données univariées (Wander et Bollero, 1999).

La littérature montre, par ailleurs, qu'une grande partie des travaux sur l'évaluation de la qualité des sols concerne les sols en zones tempérées. Cependant, peu d'études sont focalisées sur la détermination d'un minimum de données permettant l'établissement d'indicateurs de qualité des sols en zones arides et semi-arides (Imazet al., 2010) caractérisées, en général, par des systèmes agricoles organisés en petites exploitations (Mairura et al., 2008).

Par rapport aux considérations citées précédemment, le présent travail constitue une contribution à l'analyse globale des agents de dégradation des ressources en sols et en eau dans le plateau de Mostaganem. Cette étude n'a pas la prétention d'assembler des données en vue de l'établissement d'indicateurs de qualité des sols dans le cas de ce plateau. Néanmoins, elle entrouvre une voie d'investigation sur une thématique très peu abordée jusqu'à présent par les scientifiques et les opérateurs socio-économiques malgré son importance, à moyen et long termes, sur les impacts écologiques du développement rapide que connaît la région.

Cette étude s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier aborde la problématique de la dégradation des ressources en sols et en eau.

Le second est consacré à la présentation du plateau de Mostaganem.

Le troisième traite des différents agents responsables de la dégradation des ressources en sols et en eau dans le plateau de Mostaganem.

Le dernier chapitre s'ouvre sur la proposition des premières mesures préventives ou curatives susceptibles de constituer un moyen de protection des ressources en sols et en eau dans le plateau de Mostaganem.

# **Chapitre I : Problématique de la dégradation des ressources en sols et en eau**

L'Algérie compte une population de près de 36 millions d'habitants selon le dernier recensement de 2008 avec un revenu moyen par habitant de 2665 dollars. Le taux de croissance moyen a atteint 5% durant ces dernières années, avec seulement 3,1% pour le secteur agricole. Ce dernier ne représente que 9% du produit intérieur brut (PIB). C'est les activités de l'industrie minière qui sont majoritaires et permettent d'exporter du phosphate, du fer et de l'or. De plus, l'Algérie est le troisième exportateur mondial de gaz naturel et le quatorzième d'hydrocarbures.

La superficie agricole s'étend à seulement 20% de la surface totale du pays, à cause de l'immense étendue du désert. L'agriculture compte près de 21,1% de la population active et est concentrée dans le nord du pays, caractérisé par un climat méditerranéen. La production de céréales, de légumes et de fruits y est la plus importante du pays. Néanmoins, la production agricole globale reste insuffisante, vue l'ampleur de la facture d'importation en produits de première nécessité tels que le blé, le lait et la viande.

Si l'on considère la faiblesse des précipitations (moins de 400 mm.an-1) et l'importance des températures moyennes (plus de 28 °C en été) qui caractérisent la zone nord-ouest d'Algérie, l'on remarquera qu'elle présente des caractéristiques contraignantes pour la production agricole autant par le phénomène de sécheresse (stress hydrique) que par celui de salinisation secondaire (stress salin). En effet, dans le plateau de Mostaganem (Fig. 1), où les sols sont dominés par la texture sableuse, les rendements de la production maraîchère, principale activité, et de l'arboriculture enregistrent un déficit du fait qu'ils sont affectés par des contraintes abiotiques de sécheresse et de salinité. Ce qui contraint les producteurs agricoles à combler ce déficit par d'avantages d'apports en eau. D'emblée, l'on se retrouve face à : i) une forte pression sur les ressources en eaux du plateau en majeure partie phréatiques et faiblement renouvelables et ii) une dégradation des ressources en sols due principalement à la qualité de l'eau, la conduite de l'irrigation et l'entretien du drainage. Ceci est d'autant plus problématique que le système de production dans le plateau se résume aujourd'hui à des exploitations de petites tailles ne dépassant pas les 20 ha. Cette situation est elle-même, l'héritage d'une série de réformes opérées en 1962, au lendemain de l'indépendance du pays, en 1983 et en 1987 et dont l'influence continue à ce jour par la conversion de l'agriculture post coloniale en véritable agriculture familiale (Ourabah A., 2005). En effet, une investigation effectuée en 2009 par les Services Agricoles de

Mostaganem, montra que près de 80% des producteurs opérant dans le plateau de Mostaganem exploitent la terre de leurs parents au moins depuis trois générations<sup>1</sup>.



**Fig.01** - Image satellitaire présentée la situation du plateau de Mostaganem

Dans ce cas, il est important de prendre en compte la fragilité par laquelle se caractérise l'écosystème de type « *agriculture familiale* » vis-à-vis des différentes pressions exercées par la production agricole et le développement socio-économique. En effet, la dégradation des ressources naturelles en flore, faune et principalement en sols et en eau liée à l'exploitation locale de l'environnement, contribue à court et moyen terme, à une perte sévère de productivité des terres et, par conséquent, à des situations de profonde pauvreté des populations rurales. Ce qui s'est traduit par un fort exode rural qui entraîna la reconversion d'une précieuse main d'œuvre agricole vers

<sup>1</sup>Communication verbale de Monsieur le Président de la Chambre d'agriculture de Mostaganem

d'autres secteurs de l'économie. Ainsi, d'importantes superficies qui étaient jadis utilisées pour la production de nourriture se retrouvaient en état de jachère.

En règle générale, la dégradation de l'environnement est liée :

- a) au niveau d'organisation et de planification du paysage environnemental en rapport avec les unités de production,
- b) à la gestion des terres souvent en surexploitation par rapport à leur limite de capacité,
- c) à l'insuffisance en matière de prise en charge de la qualité des ressources en sol et en eau.

Il est important de noter à ce titre, qu'une agriculture familiale livrée à elle-même, ne peut que générer le duo : « pauvreté rurale-dégradation des ressources naturelles ». En définitif, les politiques agraires devraient être adaptées vers une perpétuité des familles d'agriculteurs dans les milieux ruraux par une prise en compte effective de leur bien-être et de leur épanouissement. Ceci nécessite, l'introduction et l'ancrage de techniques de développement durable dans le mode de gestion rurale prenant en compte tous les aspects de la production agricole : environnemental, social et économique.

De prime abord, l'intensification de la production agricole peut paraître comme étant le moyen le plus adéquat pour combattre la pauvreté dans les agglomérations rurales. Malheureusement cette approche, comme le montre plusieurs expériences dans le monde, s'est avérée infructueuse. En effet, la production agricole a connu une hausse spectaculaire au cours des dernières décennies dans le monde et particulièrement dans les pays développés (Mythili, 2002). Dans plusieurs pays, la révolution verte provoqua une percée technologique qui a conduit à l'utilisation dévariée à cycle court et à haut rendement. Ce qui entraîna l'utilisation intensive des sols, l'accroissement de la superficie irriguée et l'utilisation abondante de produits chimiques comme les engrais et les pesticides. L'un des exemples les plus édifiants est celui des pays asiatiques et plus particulièrement l'Inde. Ce pays s'étant profondément orientée vers l'agriculture intensive, a adopté durant les différentes phases de son développement une priorité pour le secteur agricole dans l'espoir que ce dernier conduise au développement global de la nation et à l'éradication de la pauvreté. Cette démarche s'est avérée vaine après les trois dernières décennies. Il est admis de nos jours que les efforts consentis pour intensifier la croissance agricole dans plusieurs pays ayant adoptés la même attitude que l'Inde en Europe et en Amérique, ont entraîné des pertes considérables en dégradation des sols et des eaux beaucoup plus qu'ils en ont apporté en matière de nourriture. Une analyse à grande échelle indique des pertes écologiques importantes qui ont affectés des sols cultivés, enherbés et mêmes forestiers (Mythili, 2010). Les différents agents responsables de la dégradation des ces ressources naturelles sont : l'érosion, la salinisation-sodisation, la

carence en micronutriment et l'épuisement rapide des sols ainsi que la contamination des eaux souterraines. Ces agents limitent non seulement les potentialités futures des ressources terrestres mais également celles des ressources aquatiques. Dans ce cas de figure, les choix de cultures et des pratiques culturales sont déterminants sur les conséquences en matière de dégradation des sols mais aussi sur la nature des résidus entraînés par érosion et ruissellement. C'est pourquoi, l'irrigation est considérée comme étant le principal agent de dégradation des eaux et des sols dans un agrosystème. En effet, par la contamination et l'épuisement des eaux souterraines, elle conduit à des situations d'aridité sévère si des mesures de conduite durable ne sont pas entreprises.

Mis à part les dégâts liés à la perte de productivité des sols, ceux liés aux autres pertes écologiques sont très significatifs. Il s'agit notamment de l'utilisation intensive d'engrais qui entraîne un excès de nitrates lessivés dans les eaux souterraines. Il a été remarqué que la contamination des eaux souterraines par les nitrates augmente de façon spectaculaire dans les cas de conduite agricole intensive particulièrement lorsque l'activité d'élevage est importante (Koohafkan et *al.*, 2010).

Par ailleurs, les pesticides sont également des polluants potentiels des sols et des eaux. Leur large utilisation dans le monde, suscite une large réaction de la part des spécialistes en développement durable qui ne cessent de faire apparaître leurs impacts nocifs sur les ressources naturelles et sur la santé humaine et animale (Bautista-Cruz et *al.*, 2011). En effet, on compte près de 90 000 tonnes de pesticides consommées chaque année, en France, dont 80% par le secteur agricole. De ce fait, la France est le 1er pays consommateur de pesticides en Europe et le 3ème dans le monde. En effet, il est recensé que 96% des cours d'eau et 61% des eaux souterraines contiennent des résidus de pesticides (229 pesticides différents dans les eaux de surface et 166 dans les nappes). C'est pourquoi, 30 produits phytopharmaceutiques considérés des plus polluants ont été retirés en 2008 du marché en attente de retirer 10 autres en 2010 (Anonyme, 2006).

Par ailleurs, le Toxaphène, pesticide organochloré complexe, était le plus largement utilisé aux Etats-Unis et dans d'autres pays depuis les années 1970. Aux Etats-Unis, il a été interdit en 1990 suite à divers études qui montrèrent que sa toxicité et sa persistance dans le sol étaient incontestables. En 2002, l'EPA Américaine (Environmental Protection Agency) a constaté que les méthodes classiques utilisées pour rendre compte des déchets résiduels de toxaphène dans les zones contaminées étaient anormalement sous-estimantes. C'est pourquoi, il a été mis au point une nouvelle méthode d'extraction accélérée par solvant de résidus de toxaphène sur les tissus de poissons prélevés dans des ruisseaux et estuaires contaminés (Isik

et *al.*, 2005). Le glyphosate, également utilisé largement comme herbicide à large spectre, confronté à la même contrainte de fiabilité des méthodes d'extraction, fait aujourd'hui l'objet d'un suivi rigoureux de sa présence dans les aliments. Les méthodes actuelles peuvent en détecter des résidus avec une précision de  $1\mu\text{g.kg}^{-1}$  en utilisant des techniques de concentration (Isik et *al.*, 2005).

La question de l'utilisation des pesticides dans le plateau de Mostaganem, à l'instar des autres régions du pays, mérite d'être étudiée d'autant plus que le marché des pesticides connu un développement florissant ces dernières années avec l'ouverture de l'Algérie sur l'économie de marché, conduisant à des importations massives de matériels et de produits.

Plus de 60% de la surface agricole utile du plateau est utilisée pour le maraîchage où l'usage des pesticides s'avère important. Ce qui constitue une source potentielle de contamination des eaux phréatiques et de la stabilité des sols. En effet, on assiste ces dernières années à une utilisation des pesticides qui est croissante mais qui est insuffisamment contrôlée. De ce fait, il n'est pas exclu de rencontrer des cas d'application de pesticides en quantités supérieures aux doses maximales homologuées et même sans respect du DAR (délai avant récolte).

En conséquence, il est important de noter que dans un écosystème, la dégradation des ressources en sols et en eaux est essentiellement liée à leurs usages. Cette dégradation se traduit par des modifications physiques, chimiques ou biologiques, conduisant à un déséquilibre écologique. L'ensemble des services écosystémiques, les bénéfices dont jouit une population à l'échelle d'un écosystème, est dynamique, et l'écosystème doit générer une fonction importante de régulation, en plus de la fourniture de biens et de bien être. Dans ce cas, toute forme de développement rural doit se concentrer autour des spécificités locales de la zone. C'est ainsi que plusieurs études ont montré que pour résoudre le problème de la pauvreté rurale, il ne suffit pas uniquement d'introduire des innovations technologiques, mais en plus d'assurer un suivi politique qui permettrait à la population rurale d'accéder aux crédits bancaires, aux biens et aux services publics (Calkins et *al.*, 1996). Au sein même des unités de production agricole, certains problèmes peuvent être liés à des considérations totalement éloignées du savoir faire technique. En l'occurrence, nous pouvons citer : les déficits en termes de transport et de commercialisation des produits qui peuvent constituer des enjeux majeurs d'une limitation de l'industrie agro-alimentaire. Ainsi, apparaît l'importance de prendre sérieusement en compte, la situation socio-économique dans laquelle évolue la production agricole. Tout cela indique qu'il est fondamental, d'identifier la priorité de chaque

action et de recommander des mesures de santé environnemental à toute promotion technologique.

## **Chapitre II : Présentation du Plateau de Mostaganem**

En Algérie, la zone littorale est constituée de plaines, de plateaux, d'ensembles collinaires et d'escarpements où s'inscrivent des échancrures s'ouvrant souvent en forme de baies comme dans le cas des principales villes portuaires. On rencontre souvent des formations dunaires de type calibré qui dégagent un plateau sablonneux le long de la côte sous l'effet de vents réguliers (Fig.2). Ceci peut être lié à l'activité du tertiaire et les formations quaternaires qui ont marqué la morphogénèse littorale (Gourninard, 1958). Si nous considérons la région de Mostaganem (Nord-Ouest d'Algérie), sommairement, sa géomorphologie côtière est dominée par trois principales origines (Mederbal, 1983 ; Benest, 1985) :

- Origine continentale étant donné que le plateau de Mostaganem est recouvert d'un manteau grésocalcaire reposant sur des marnes du pliocène.
- Origine marine vu que l'action des vagues sur le continent désagrège les roches et le sable s'accumule sur les plages.
- Origine fluviale par la présence de nombreux oueds potentiellement capable d'entraîner des apports fluviaux remaniés par les vagues puis rejetés sur le continent.

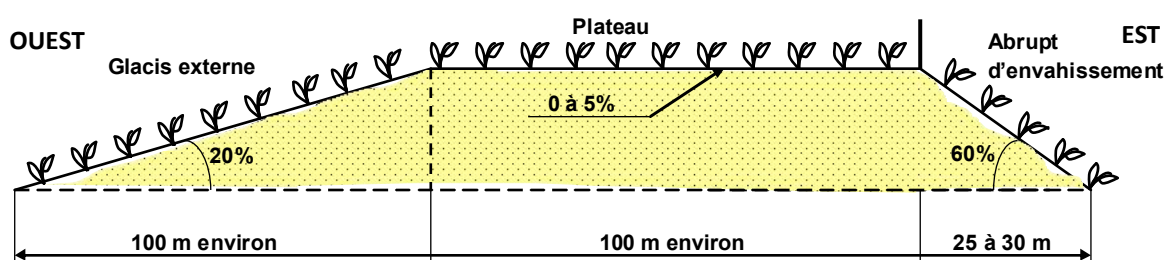
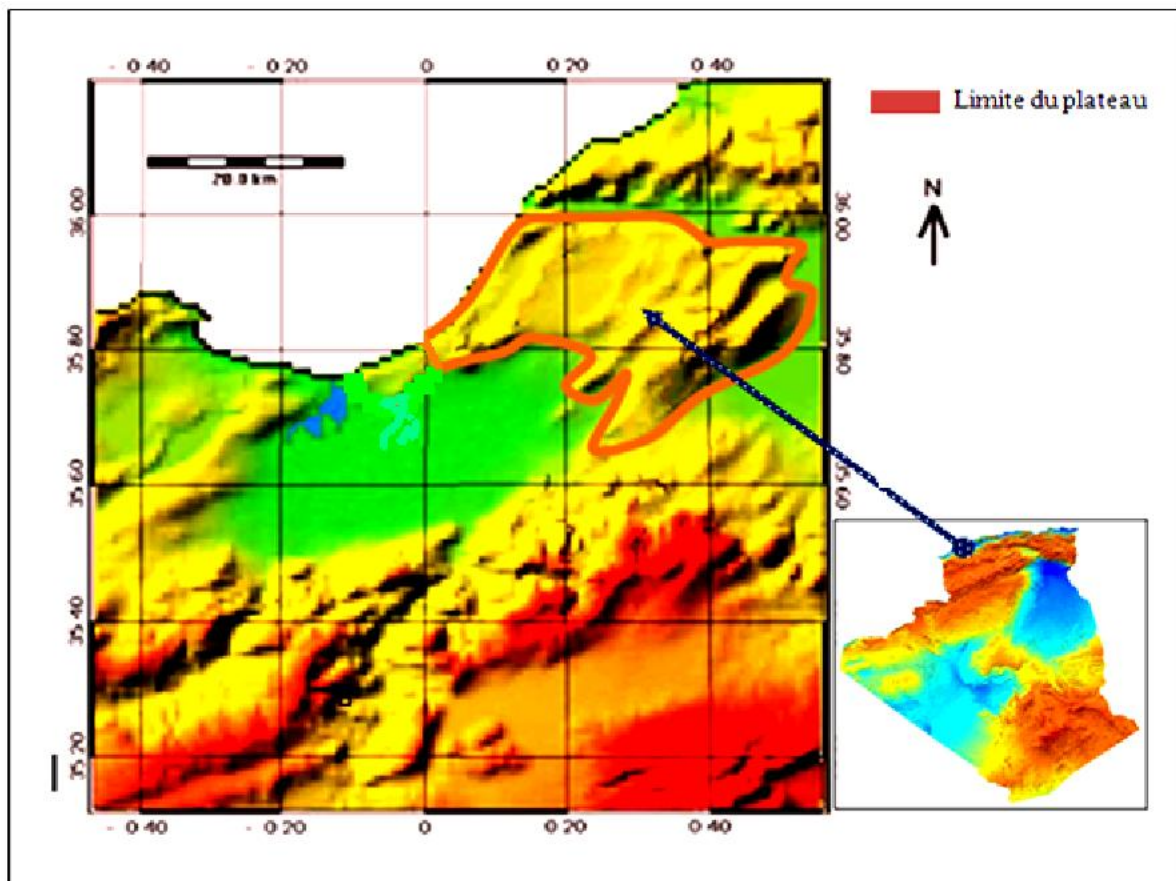


Fig. 2 – Profil d'une dune de type calibré

La combinaison de ces facteurs morphogénétiques engendre les principales formes et formations dunaires actuelles. Une certaine morpho-diversité des côtes Algériennes caractérise ces milieux littoraux. Sur le flanc Ouest, des ensembles sableux se situent entre Mostaganem et Ténès et cumulent plus d'une cinquantaine de kilomètres de linéaire côtier où le transport éolien est très actif. En revanche, la zone littorale présente une vulnérabilité évidente car elle est très convoitée. De ce fait, et en plus du fait qu'elle est soumise à l'effet érosif, elle subit de nombreuses contraintes liées à la grande concentration urbaine qui menacent autant ses ressources naturelles que ses équilibres écologiques fondamentaux.

### Principales caractéristiques du plateau de Mostaganem

Le plateau de Mostaganem (Fig. 3), est situé au nord-ouest d'Algérie. Il est bordée au nord-ouest par le massif de la Sebkhha d'Arzew et au nord-est par la plaine et oued de Chélif, au sud les contre forts de la plaine de Relizane. Il s'étend sur une superficie de 110600 ha.



**Fig. 3 :** Carte de limitation du plateau de Mostaganem

Les coordonnées géographiques qui circonscrivent le plateau de Mostaganem déterminé par le logiciel MapInfo 8.5 selon l'échelle métrique (UTM) sont :

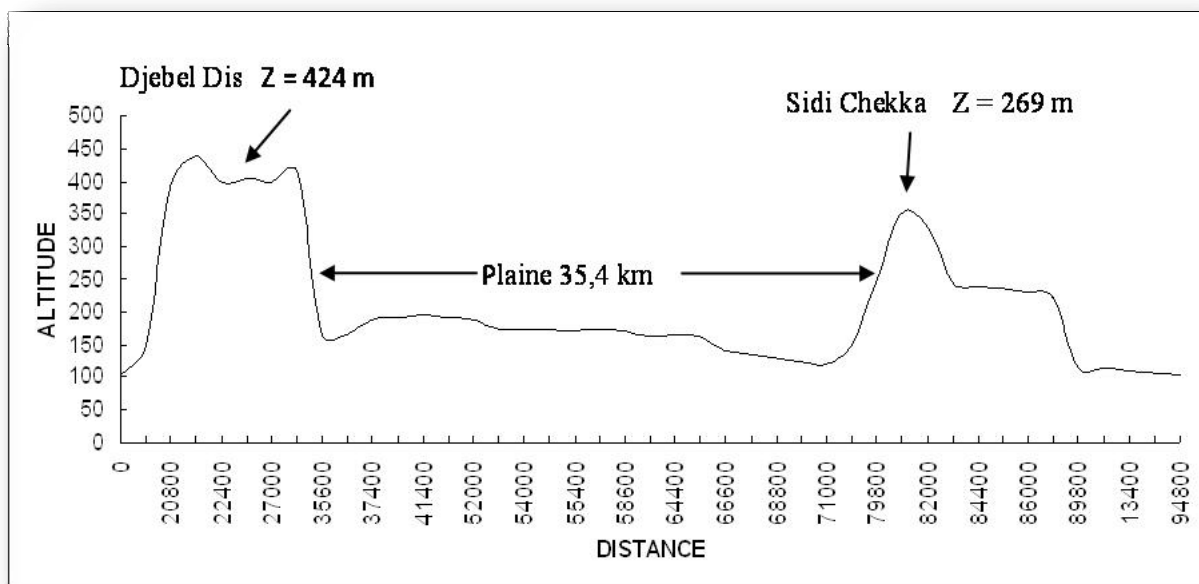
**X1 = 222646,08    Y1 = 3958522,71m**

**X2 = 294285,74 m    Y2 = 3992014,29 m**

D'un point de vue géologique le plateau de Mostaganem est situé dans la partie instable du bassin Miocène nord-tellien (Belgat, 1984). Suite à la régression de la mer pliocène, les mouvements d'affaissements et de subsidences qui se sont déroulés jusqu'au quaternaire, ont façonné le relief des actuelles basses plaines halomorphes. Le transect est-ouest du plateau de Mostaganem (Fig.4) montre une plaine de 35,4 km de longueur allons du versant ouest de Djebel Dis au versant est de Ain Nouissy (Sidi Chekka)

hekkas) Les dépressions parallèles et imbriquées sont formées à la surface, elles s'élèvent de l'ouest à l'est de 150 à 200 mètres au dessus du niveau de la mer. Leur thalweg peu profond en général, n'est suivi d'aucun cours d'eau superficiel d'origine tectonique.

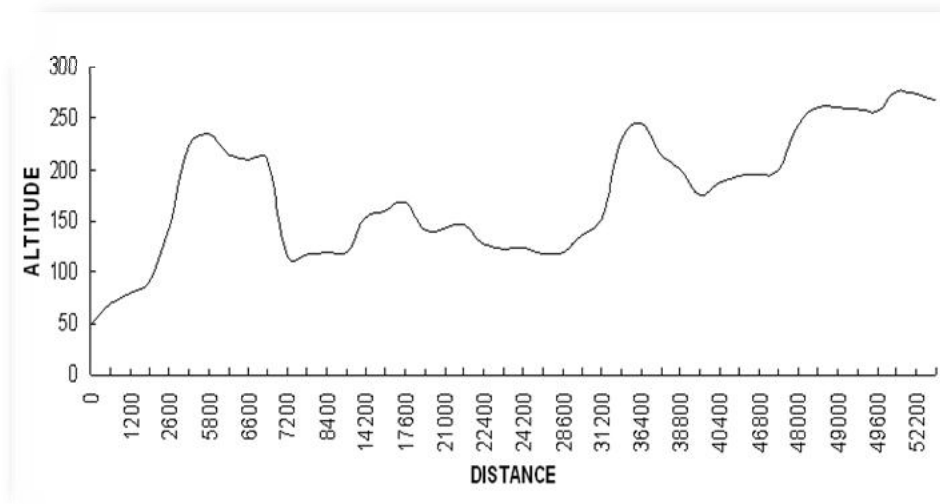
Les dépressions ont été modifiées par le ravinement et le façonnement de leurs versants par des eaux courantes ruisselant sur les flancs des bombements anticlinaux (Tinthoin, 1938).



**Fig. 4 :** Transect est-ouest de la zone du plateau de Mostaganem (Baghdadi 2007)

La topographie interfère avec les autres facteurs de formation pour modifier la nature des sols.

Le plateau de Mostaganem est caractérisé par un relief vallonné (Fig. 5), dans le sens nord-sud avec la présence d'une partie montagneuse du sud au nord (Djebel Dis).



**Fig. 5 :** Transect nord-sud de la zone du plateau de Mostaganem

D'un point de vue physique le plateau de Mostaganem est constitué de marnes d'argile, de sable, et grès de calcaire qui sont des roches sédimentaires de composition argilo-calcaire, meuble et plastique. On peut rencontrer des marnes à gypse au nord d'Ain Nouissi, au sud de Stidia et à l'est d'Ain Sidi Chérif.

Les argiles d'épaisseur variable, dépasse rarement les 30 m. Leur genèse, leur évolution et leurs caractères morpho-analytiques peuvent être très différents. On les rencontre généralement au nord-ouest et au sud du plateau de Mostaganem. (Lozet et Mathieu, 1986).

Les sables s'étalent en manteau continu à la surface du plateau de Mostaganem. Ils résultent de la désagrégation des grès qui les constituent. Leur formation a commencé après l'immersion des grès qui marque la dernière phase du tertiaire dans la région (Mostari, 1999).

Les grès calcaires sont des roches sédimentaires détritiques constituées près de 85% de quartz, cimentées par le calcaire. Ces roches sont généralement rencontrées à une profondeur de 1 à 10 m.

Les sols du plateau de Mostaganem reposent sur des grès de faible pendage ou un encroûtement plus solide. Les grès calcaires ne présentent pas une proportion importante au niveau du plateau, ils sont localisés juste au centre et au sud-ouest (Ain Nouissi).

Sur le plan géomorphologique le plateau de Mostaganem présente plusieurs formations :

- les dunes sont des butes ou collines de dépôts sableux éoliens. Elles ne sont pas spécifiques aux déserts, on les retrouve là où le sable, en partie découvert, est soumis à des vents violents tels que les cordons littoraux et les lits fluviaux (Derruau, 1974).
- les formations planes sont généralement présentes à des altitudes comprises entre 100 et 260 m. Elles sont caractérisées par l'affleurement d'une dalle calcaire compacte, localisée dans les parties fortement décapées par l'érosion.
- les alluvions sont des formations déplacées et déposées par l'eau, le transport pouvant être effectué sur des distances très importantes. De ce fait, la composition de matériaux alluvionnaires est souvent très indépendante des matériaux constituant les formations des pentes et plateaux qui complètent le paysage (Lozet et Mathieu, 1986).
- les colluvions sont des matériaux transportés par ruissellement diffus puis déposés le long des pentes ou au pied de celles-ci. Ils se distinguent par le caractère plus anguleux de leurs éléments grossiers, généralement rond dans le cas des alluvions (Lozet et Mathieu, 1986).

Sur le plan d'occupation du sol nous sommes amenés à présenter les espèces végétales qui existent dans le milieu en se limitant aux principales espèces vivaces. Cette description suit une répartition de la végétation allant de la côte vers l'intérieur du plateau.

En bordure de la mer, la première végétation qui apparaît est de type côtier. Il s'agit d'une strate arborescente composée par deux espèces dominantes : *Juniperus phoenicea* et *Tetraclinis articulata*. Elle est développée sur une formation essentiellement dunaire. Elle présente un cortège floristique constitué par : *Diotiscandidissima*, *Polygonum maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Eryngium maritimum* et *Pancreatium maritimum*. Ces formations végétales jouent un rôle clé en matière de fixation des dunes particulièrement en présence d'une forte activité éolienne.

D'autres espèces aussi importantes en matière de fixation mais moins présentes peuvent être notées : *Ammophila arenaria*, *Plantago coronopus*, *Centaurea sphaerocephala*, *Ononis variegata* et *Silene aamosissima* (Benabdeli et Mederbal, 2004).

La végétation halophile est la seconde tranche de formation végétale localisée dans le milieu en vastes étendues. La partie plaine du bassin versant présente une vaste étendue couverte par des aires de végétation halophiles et aquatiques. Cette formation occupe les cuvettes argileuses riches en sels. On distingue les formations suivantes: le groupement halophile à Salicorne. Cette formation constitue une steppe halophile composée essentiellement par un groupement à *Salicornia fruticosa*, avec un cortège floristique

constitué par *Suaedafruticosa*, *Salicorniamacrostachya*, *Salsola kali*, *Juncusacatus*. Il occupe la partie nord-est, sur des terrains inondés à drainage naturel très faible. (Tafer, 1993)

La troisième tranche de formations végétales localisées dans le milieu aquatique occupe les terrains des lits d'oueds. Dans cette formation on distingue les groupements suivants: le groupement à *Phragmites communis* situé dans les lits d'oueds à l'aval et les bordures des lagunes dans la partie plaine nord du bassin versant. Ce groupement est présenté en mélange avec le *Tamarix africana* et *Salsolaoppositifolia*. Le groupement à *Juncusmaritimus* occupe des surfaces réduites situées dans les zones d'épandages de l'oued Tinn. Ce groupement est fortement concurrencé par le groupement à *Scirpusmaritimus* (Tafer, 1993).

Le groupement à *Scirpusmaritimus* localisé dans des dépressions soumises à une hydromorphie temporaire, se présente en mélange avec le groupement à *Salicorniafruticosa*, *Juncusmaritimus* et *Juncussubulatus*.

Le groupement à *Typha angustifolia* est localisé dans le lit d'oueds associé au groupement à *Phragmites communis*.

Le tableau suivant montre une synthèse des formations végétales du plateau de Mostaganem réparties par étage, série et groupement.

**Tableau. 01:** Synthèse des formations végétales dans le plateau.

Etage	Série	Groupement
<b>Végétation marine</b>		Herbiers à posidonies
		Roches à algues marines
<b>Méditerranéen</b>	Série d'Oléo-lentisque	Garrigue arboré
		Pelouse
	Série de Thuya d'Algérie	Bois
		Orme
	Garrigue	
<b>Végétation introduite ou transformée</b>	Culture	Culture moderne
	Vignes	
<b>Zone maritime et sols salés</b>		Halipèdes

## 2. Facteurs climatiques du plateau de Mostaganem

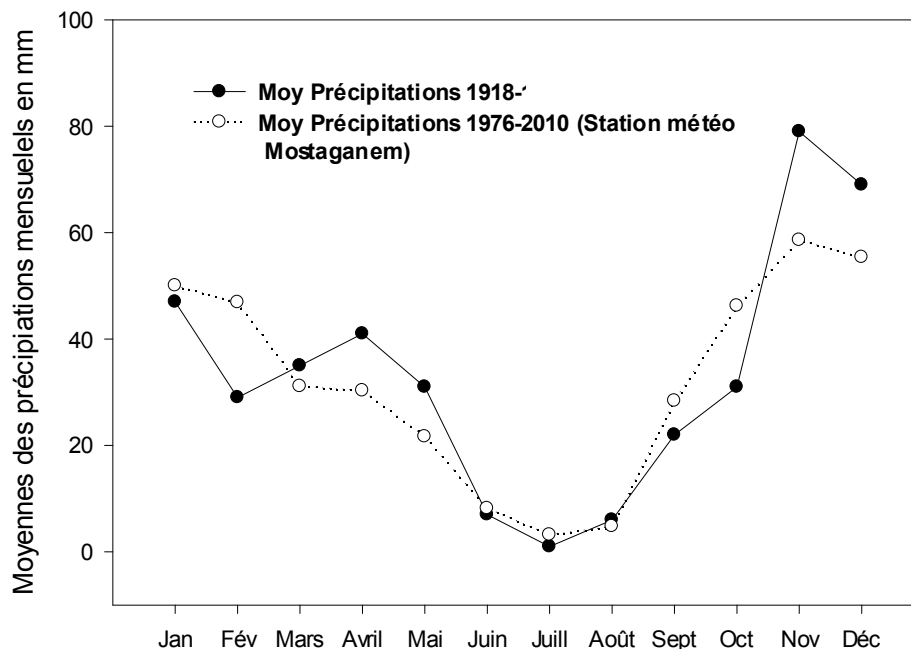
La principale caractéristique des facteurs climatiques concerne l'alternance d'été chaud avec des périodes hivernales plus humides et un déficit pluviométrique très marqué par rapport à l'évapotranspiration. Durant les trois mois de la période estivale, cette particularité doit être considérée comme un paramètre déterminant sur les processus généraux de la dégradation des ressources naturelles et sur certains mécanismes physiques spécifiques de désertification. Une grande part des précipitations se produit sous forme d'averses violentes et intenses augmentant considérablement l'érosivité des pluies par rapport aux zones tempérées. Par ailleurs, ces averses violentes se produisent très souvent juste après les périodes sèches estivales, causant de sévères dommages par érosion des sols généralement à faible couvert végétal.

### 2.1. Pluviométrie

Les données climatiques, sont collectées à partir de la station météorologique de Mostaganem (Debdaba), située à l'intérieur du plateau de Mostaganem. Elle est localisée à la latitude  $X= 237615$  m, la longitude  $Y= 3979309$ m et l'altitude  $Z=126$  m.

L'examen des données climatique permet d'étudier les variations des paramètres tels que les précipitations, la température et l'activité éolienne. Les données récoltées concernent les périodes respectivement de 1918 à 1938 et de 1976 à 2010.

Dans la figure 6, l'évolution des précipitations mensuelles moyennes sur deux périodes espacées de près de 40 ans ne semble pas présenter une grande différence pour ce paramètre. Ce qui exprime une réponse satisfaisante des données fournies respectivement par ces deux stations météorologiques pour l'estimation de ce paramètre.



**Fig. 6** – Evolution des moyennes pluviométriques fournies par la station

## 2.2. Température

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation, toutefois, au-delà d'un certain seuil, la température peut provoquer des effets néfastes. Pour illustrer cette importance, Emberger (1955), a utilisé la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M) et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m). Ces deux quantités ont une signification biologique par leurs effets sur l'activité physiologique de la plante.

La température moyenne à l'échelle du bassin méditerranéen demeure bien le facteur écologique déterminant les grandes successions altitudinales de la végétation avec cependant des variations d'ordre géographique en particulier pour des massifs situés à des latitudes identiques, mais sous des longitudes différentes où alors des facteurs climatiques de deuxième ordre interviennent.

Nous avons été amenés à prendre en considération deux périodes, l'une ancienne (1913-1938) et l'autre récente (1976 -2010). Cette étude a permis de situer la température moyenne la plus basse à Mostaganem autour de 12°C au mois de janvier pour la période (1913-1938) et 13 °C pour la période (1976-2010).

L'analyse des écarts thermiques dans la zone d'étude, met en relief des températures assez élevées durant la saison sèche s'étalant sur une moyenne de 5 à 6 mois. En effet, on y

observe des températures maximales dans la station de Mostaganem variant de 16 à 28,4 °C pour la période de (1913-1938) et de 16,18 à 32,15 °C pour la période (1976 -2010).

Les températures minimales de la région connaissent des variations liées à la topographie, à la proximité de la mer et à l'altitude. Seltzer (1946), a précisé lors de son étude sur l'ensemble des stations météorologiques du pays que les températures minimales augmentent de 0,6 °C tous les 100 m.

### 2.3. Amplitude thermique moyenne ou indice de continentalité

L'indice de continentalité est défini par rapport à l'amplitude thermique moyenne (M-m). Il permet de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée. Sur ce principe Debrach (1953) définit quatre types de climats :

- climat insulaire:  $M-m < 15^{\circ}\text{C}$ ,
- climat littoral :  $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$ ,
- climat semi continental :  $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$ ,
- climat continental :  $M-m > 35^{\circ}\text{C}$ .

L'indice de continentalité permet de situer les stations météorologiques dans un climat littoral.

### 2.4. Les vents

Dans la partie ouest d'Algérie (l'Oranie), les vents arrivent surtout de l'ouest, mais aussi du sud-ouest et du nord-ouest à la saison la plus pluvieuse (fin d'automne et début d'hiver). En été, ils proviennent essentiellement du nord-est sur la côte pour s'orienter vers le nord-sud en pénétrant à l'intérieur du pays. Les vents sont, dans l'ensemble, faibles à modérés toute l'année. En raison de l'aridité estivale de la région, ce sont la brise marine et le sirocco qui jouent un rôle prépondérant dans la répartition de la végétation.

Dans l'étude du vent en rapport avec l'érosion éolienne réalisée par Camara (1998), les vents qui sont considérés comme vents dynamiques sont ceux ayant une vitesse supérieure à 5 m.s-1. D'après cette étude on constate que le régime annuel des vents est caractérisé par :

des vents dominants du nord (14%), d'ouest (13%), suivis par ceux de l'ouest sud-ouest (9,2%) et le nord nord-est (7,6%) ;

la vitesse maximale de ces vents varie entre 17 et 28 m.s-1. (61,2 à 101 km/h-1) ;

deux secteurs sont privilégiés par rapport aux autres, il s'agit du secteur nord (35,7%) et du secteur ouest (27,5%).

### 3. Synthèse bioclimatique

La synthèse bioclimatique est une étape indispensable à tout projet relatif à l'environnement, elle conditionne par le biais de ses composantes, le type de climat et de la couverture végétale. La présente synthèse est effectuée à partir des travaux d'Emberger (1930, 1955); Bagnouls et Gaussen (1953); Thornthwaite (1946); Sauvage (1963).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. A ce sujet, Emberger précise : "qu'un climat peut être météorologiquement méditerranéen, posséder la courbe pluviométrique méditerranéenne caractéristique, sans l'être écologiquement ni biologiquement, si la sécheresse estivale n'est pas accentuée" (Emberger, 1942).

Les courbes des diagrammes ombrothermiques précisent que la longueur de l'été sec et chaud et ses variations diffèrent selon les stations. Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celle des précipitations (P),  $P \leq 2 T$ .

Pour la station de Mostaganem, la durée de la période sèche est de 5 mois par an soit un indice xérothermique de Gaussen (en jour par an) supérieur à 120 jours.

### 4. Classification des ambiances bioclimatiques

La classification des ambiances climatiques en fonction de M et m (°C) permet d'évaluer les facteurs agissant sur la dégradation du milieu végétal. En réalité l'analyse d'un seul paramètre des précipitations comme M ou m, ne peut individuellement donner une image réelle du milieu. C'est la combinaison de ces deux données qui permet de mieux cerner l'ambiance bioclimatique.

Grâce à m, considéré comme un élément fondamental pour le redémarrage de la végétation, Emberger (1955) a subdivisé les ambiances bioclimatiques en six variantes (hiver très froid, froid, frais, tempéré, chaud, très chaud).

Dans notre zone d'étude les valeurs récentes de m sont comprises entre 5,5 et 9 °C. Pour l'ancienne période (1913-1938), m varie entre 4,1°C et 9°C. Selon Seltzer (1946), le secteur littoral de par sa situation géographique, jouit d'un climat remarquablement tempéré dû à la fraîcheur marine. Au terme de cette étude, il s'avère que les stations météorologiques appartiennent à l'étage thermoméditerranéen.

## 5. Quotient pluviothermique les étages bioclimatiques d'Emberger

L'emploi du quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) est spécifique au climat méditerranéen et a été utilisé avec succès en Afrique du nord et en France méditerranéenne. En effet, ce quotient permet d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes, les valeurs de  $Q_2$  étant d'autant plus basses que le climat est plus sec.

C'est la classification la plus utilisée dans le domaine méditerranéen. Cette méthode consiste à porter dans un diagramme appelé pluviométrique du coefficient d'Emberger, deux variables relatives à la station météorologique. En abscisse on porte les moyennes des températures minimales du mois le plus froid  $m$  en °C, en ordonnée on porte  $Q_2$  calculé (Tableau 3) par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{(M - m)(M + m)}{2}} \Rightarrow Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

P : précipitation (mm)

M : température max

m : température min

Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation. On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide.

Chaque étage comprend une stratification verticale. Par exemple, l'étage bioclimatique aride est subdivisé en aride supérieur, aride moyen et aride inférieur en fonction des précipitations (Le Houérou et *al.*, 1977).

L'observation du climagramme pluviométrique montre un décrochement significatif de la station d'un hiver et d'un étage à l'exception de celle de Mostaganem qui évolue du semi-aride moyen vers le semi-aride supérieur.

Tableau. 2 – Quotient pluviométrique des stations

Stations	Période (1913-1938)		Période (1976-1999)	
	Q <sub>2</sub>	m °C	Q <sub>2</sub>	m °C
Mostaganem	66,61	9	53,9	5,3

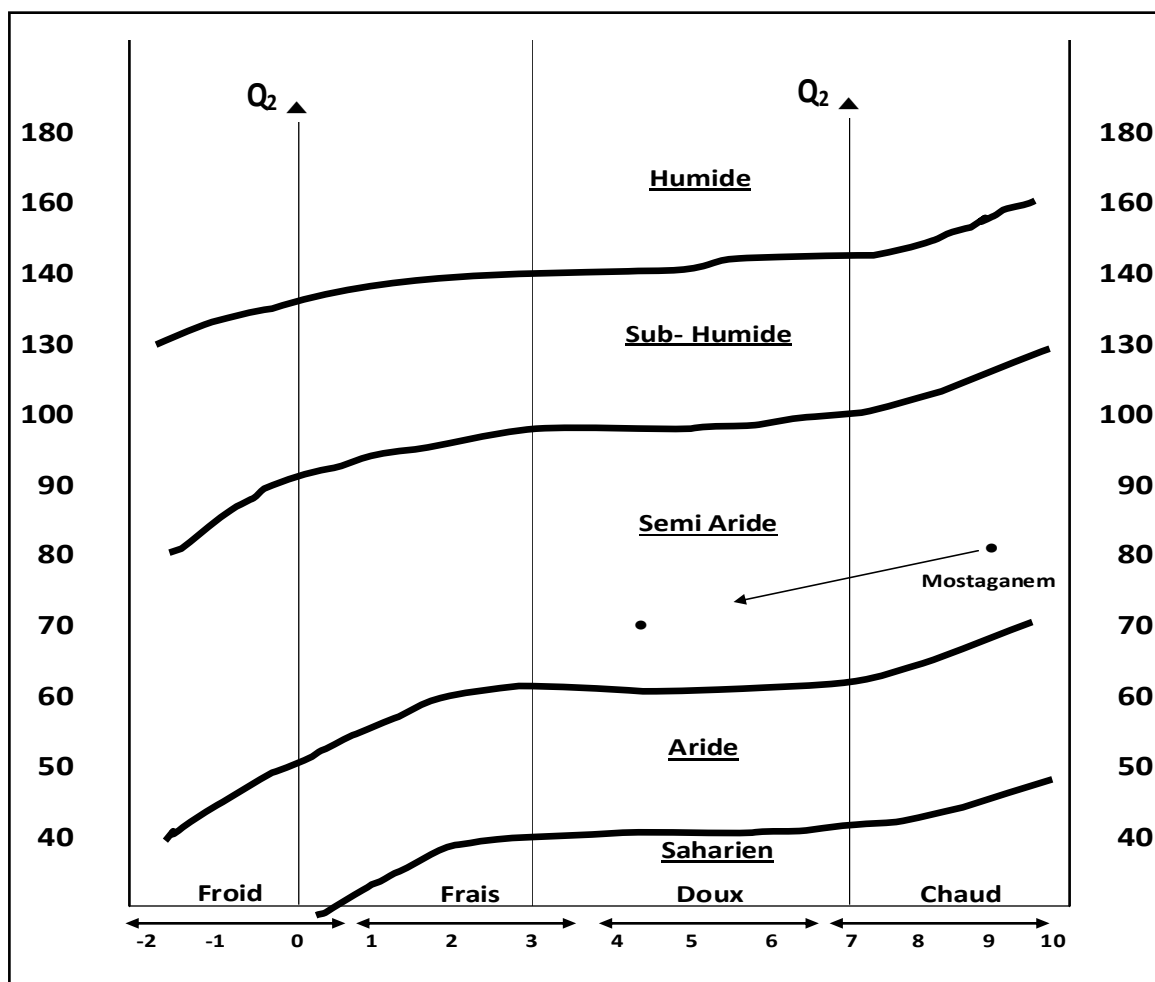


Fig.07: Climagramme d'Emberger (1913-1938,1976-2010)

### 6. Indice xérothermique

L'intensité et l'importance de la saison sèche en Méditerranée ont amené Emberger (1955), à proposer un nouvel indice nommé indice xérothermique. L'auteur retient le total des précipitations estivales en mm et la moyenne des maxima de la même période (°C) en signalant que cet indice ne dépasse pas 7 pour les stations non méditerranéennes.

$$I_s = \frac{P(\text{mm})}{M(^{\circ}\text{C})}$$

P : total des précipitations estivales

M : moyenne des maxima thermiques estivaux

Une diminution de l'indice xérothermique a été apportée par Daget (1977) plus tard. Il justifie cette rectification par le souci de séparer le méditerranéen de l'océanique.

En Oranie, une étude conduite en 1969 par Alcaraz, signale l'existence d'espèces végétales s'adaptant à un indice inférieur à 2. D'autres précisions ont été notées à ce sujet par Benabdelli (1983), qui indique que ce même indice peut être inférieur à 1, ce chiffre suppose une sécheresse de la région dépassant la saison estivale.

Les valeurs obtenues au niveau de la zone d'étude oscillent entre 0,4 et 0,64, traduisent un été sec et des pluies estivales qui se font de plus en plus rares. L'examen de toutes ses valeurs montre que la végétation que nous avons étudiée est de type méditerranéen.

Cet intervalle correspond au développement de certaines espèces rencontrées dans notre zone d'étude, à savoir, *Rosmarinus*, *Tetraclinis*, *Pistacia* et *Olea*.

## 7. Indice de De Martonne

Cet indice permet d'étudier les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner les stations météorologiques dans un contexte précis, ceci grâce à un abaque préétabli. Cet indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide. La relation permettant d'obtenir l'indice est la suivante :

$$I = \frac{P(\text{mm})}{T(^{\circ}\text{C})} + 10$$

P : précipitations moyennes annuelles en mm,

T : températures moyennes annuelles en °C.

Les valeurs de l'indice de De Martonne sont comprises entre 12,01 et 12,46 caractérisant un climat semi-aride avec un système écologique à la limite de la rupture notamment pour la strate arborée.

## 8. Diagrammes ombrothermiques

Ils sont établis en tenant compte de la formule permettant de définir un mois sec soit

$$P \leq 2T.$$

P : précipitations en mm du mois

T : température en °C du même mois.

Cette méthode consiste à rapporter en ordonnées à la fois les précipitations (mm) sur une échelle double et les températures (°C) sur une échelle arithmétique et en abscisse, les

mois de l'année. Lorsque la courbe des températures passe au dessus de celle des précipitations, nous avons une période déficitaire. Dans le cas contraire, c'est une période excédentaire.

Les diagrammes ombrothermiques sont établis pour les deux stations d'une part pour la période (1913-1938), d'autre part pour la période (1976 -2010).

À partir des diagrammes ombrothermiques (Fig. 8), il est possible de caractériser les stations par une saison sèche s'étalant sur 5 mois.

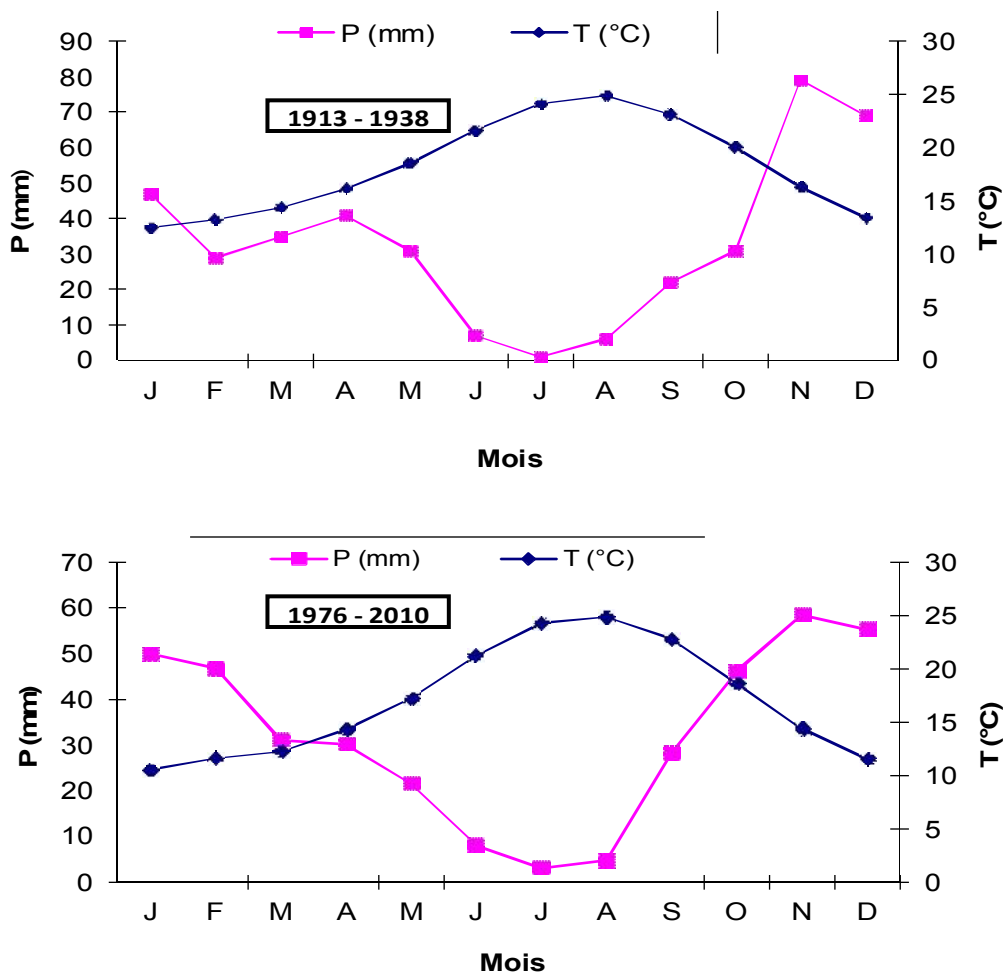


Fig.08 : Diagrammes ombrothermiques relatifs aux périodes 1913-1938 et 1976 -2010

## 9. Plateau de Mostaganem : Milieu fragile et convoité

Pour seulement sa constitution en majorité de sols sableux et pour être soumis à une activité éolienne intense, le plateau de Mostaganem est déjà un milieu très vulnérable à la dégradation physique par érosion (Le Ribault, 1980 ; Atroune, 1993; Benmohammadi et al., 2000). Ceci du fait de la faible rétention en eau des sols sableux qui ne peut assurer un couvert végétal protecteur permanent. Il faut noter que la dégradation des sols du plateau s'est

manifestée très fortement à la suite d'une décision politico-économique d'arrachage de la vigne survenue en 1987, sous les motifs de sa vétusté et de son orientation vinicole. Ces vieux vignobles qui couvraient la majeure partie de la superficie utile du plateau jouaient un rôle clé de fixation des dunes contre l'effet érosif. Suite à l'opération d'arrachage, la cadence spectaculaire à laquelle a lieu la dégradation des sols apporte, de fait, une dimension largement importante à toute étude de l'état des ressources naturelles dans ce plateau. A cela il faut ajouter toutes les pressions exercées sur ce milieu par une forte concentration urbaine (ports de pêche et de transport), les services de l'environnement de la wilaya de Mostaganem avancement le chiffre de plus de 40000 m<sup>3</sup>.jour-1 de rejet d'eau usée dans la mer. Il y a aussi lieu de prendre en compte les activités socio-économiques, industrielles et particulièrement agricoles. Pour n'évoquer que la réputation du plateau pour l'abondance de l'eau d'irrigation, les différents efforts consentis par les pouvoirs publics pour entretenir une gestion agraire conservatrice des ressources en eau bute sur l'attitude fortement réticente des agriculteurs. Sans le moindre souci de l'état de la nappe phréatique, la course effrénée vers les cultures spéculatives, tels que les cultures maraîchères et les pastèques, s'enclencha au lendemain de la restructuration du secteur autogéré en 1988. L'autre effet des restructurations adoptées respectivement en 1983 et en 1988 par le Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, est la dislocation des unités de productions étant donné que le nombre d'exploitations agricoles s'est multiplié par 2,5 (Aït Amara, 2009). En définitif, le plateau de Mostaganem constitue un écosystème extrêmement fragile, très convoité et soumis à d'énormes pressions liées au développement socio-économique de la région susceptibles d'affecter autant ses ressources naturelles par dégradation que son équilibre écologique. De ce fait, il nécessite une attention toute particulière de la part des scientifiques associés aux opérateurs socio-économiques pour évaluer son état actuel de dégradation en vue d'assurer une gestion durable de ses ressources suivant une citation exprimée de manière assez simple par un fermier centre-ouest Américain: «agriculture durable=nourrir le peuple et préserver la terre» (Doran et al., 2000)

## **Chapitre III - Dégradation des ressources en sols et en eau**

## **1. Tassement et érosion**

La dégradation physique des sols résulte de la manifestation de plusieurs phénomènes dont l'érosion éolienne, hydrique et le tassement au travail du sol, à l'engorgement hydrique et à la désertification. A l'échelle de la parcelle, ces phénomènes entraînent une diminution de la production agricole, en fonction de propriété initiale du sol, la structure, l'état d'ameublissement et la capacité de rétention d'eau du sol.

Le tassement ce devenir est particulièrement très courant dans les sols cultivés. Il est aggravé suite à l'utilisation répétée des machines agricoles.

Le phénomène de tassement est à l'origine de modification structurale qui affecte les autres propriétés du sol (porosité, capacité de rétention...)

Un autre phénomène qui affecte aussi souvent les sols agricoles est l'érosion. D'après certaines estimations, plus de 60 pour cent des sédiments résultant de l'érosion des terres agricoles gagnent les milieux aquatiques (Castro et Reckendorf, 1995.)

Les sédiments produits par l'érosion éolienne ne sont pas moindres et peuvent être à l'origine de la dégradation de grandes étendues de sols si les moyens de fixation ne sont pas envisagés en zone de forte activité éolienne, par ailleurs ils peuvent aussi avoir de forte répercussion sur la qualité de l'air et peuvent même affecter certaines activités socio-économiques telles que le transport routier et aérien.

### **1.1. Tassement des sols**

Une gestion hydro-agricoles durable atténue les effets néfastes de la formation de la semelle de labour, une gestion hydro agricole durables sous étend :

- Rotation (culture)
- Utilisation optimal des engins agricoles

En zone aride ou les pluies sont rares et irrégulières les sols peuvent demeurer longtemps nus, ce qui entraîne leur dégradation physique sous l'effet de la sécheresse. Dans cette situation le taux de matières organiques est très faible, conduit souvent les agriculteurs à abandonner leurs terres.

### **1.2. Les différents types d'érosion**

L'érosion est un phénomène naturel de dégradation des sols qui Touche une grande partie des terres dans le monde. L'une des conséquences de l'érosion, est l'appauvrissement, biologique, qui entraîne une baisse du taux de matière organique.

A ajouté à l'effet de du tassement du sol, l'érosion peut être accélère par le fait que le ruissèlement est favorisé.

Actuellement les données concernant l'érosion des sols sont nombreuses, elles manquent souvent de précision, mais sont suffisamment pour susciter l'inquiétude. Au niveau mondial, les quantités d'éléments nutritifs entraînés chaque année, avec la terre érodée, donc perdus pour la production agricole, sont équivalentes à celles apportées par les engrais minéraux épandus chaque année ; en plus il faut compter les énormes pertes de matière organique, car les horizons régulièrement érodés sont toujours les plus riches en matières organiques. Cette situation touche particulièrement les régions arides et semi arides pu le couvert végétal est souvent absent sous l'effet des contraintes climatiques et anthropique (pâturages).

### 1.2.1. L'érosion hydrique

L'intensité des précipitations et le ruissellement doivent être considérés lors de l'évaluation d'un problème dû à l'érosion hydrique. L'impact des gouttes de pluie peut briser les agrégats et disperser les particules de sol. Les particules les plus fines, comme les sables fins, limons, argiles et la matière organique, peuvent facilement être emportées lors de l'éclaboussement des gouttes et par le ruissellement; des gouttes de pluie plus fortes (dissipant plus d'énergie) et un plus grand ruissellement seront nécessaires pour déplacer les plus grosses particules de sable et gravier

Dans le plateau de Mostaganem, surtout dans les plaines (Mezagraine, HassiMamache, et Ain Nouissy) au sol sablonneux profond, le problème de l'érosion en ravins se pose avec acuité. De grandes quantités de précieuse terre arable disparaissent chaque année à cause de cette forme d'érosion.



**Fig.9-** L'érosion en nappe et en rigoles sont visibles sur le champ (Mezgraine, Hassi Mamache, Ain Nuissi 2010)

L'érosion en ravins, ou ravinement, est le stade avancé de l'érosion en rigoles où les ruisseaux de surface ont creusé leur lit à tel point que les opérations normales de travail du sol ne suffisent plus à le combler.

### 1.2.2. L'érosion en nappe et l'érosion en rigoles:

L'érosion en nappe est le mouvement du sol éclaboussé résultant de la destruction de la structure du sol suivi du ruissellement; elle se produit assez uniformément sur la pente et peut passer inaperçue jusqu'à ce que le sol arable ait été perdu. L'érosion en rigoles résulte de la concentration du ruissellement, en petits canaux assez bien définis. Ces canaux sont appelés des rigoles lorsqu'ils sont assez petits pour ne pas interférer avec les opérations de la machinerie. Ces mêmes canaux érodés sont appelés ravins lorsqu'ils s'étendent au point de ne pouvoir être comblés par les opérations normales de travail du sol, ou lorsqu'ils deviennent nuisibles au travail du sol. On aperçoit la craie (couleur claire) aux endroits les plus décapés. (Stidia, Mezgraine, Hassi Mamache).



**Fig. 10-** Érosion en nappe dans le champ de stidia 2010

### 1.1.3. Le ravinement

Certaines fermes ontariennes perdent d'énormes quantités de sol chaque année à cause du ravinement (fig11). Le ruissellement, causant la formation ou l'élargissement de ravins est habituellement le résultat de la mauvaise conception des exutoires des systèmes de drainage de surface et souterrain. L'instabilité des talus de ravin est habituellement associée au ruissellement souterrain. Ceci provoque l'érosion puis l'effondrement des talus. De tels effondrements surviennent généralement au printemps lorsque le régime des eaux est le plus propice à l'érosion.



**Fig.11-** Érosion en rigoles: ravinement en plein champ dans le plateau de Mostaganem (plaine de Mezgraine2010)

#### **1.2.4. L'érosion éolienne**

L'érosion éolienne apparaît le plus souvent au cours d'un printemps sec, lorsque les champs sont en friche ou viennent d'être ensemencés. Pour des sols sablonneux, la part la plus importante du matériau érodé se déplace par bonds successifs à la surface du sol (saltation). Elle se dépose généralement à l'intérieur des limites du champ. Une fraction plus faible de matériau érodé quitte le champ sous forme de nuages de poussières en suspension. L'érosion éolienne est souvent une apparition locale et temporaire, ce qui fait que les dommages restent limités au niveau agraire (Goossens, 2002). L'érosion éolienne se produit également dans les dunes et s'observe sous forme de nuages de poussières sur et près des lieux de déchargement (de charbon, de minéraux, de grains, etc...)

Le taux et l'amplitude de l'érosion éolienne sont contrôlés par les facteurs suivants:

- la vitesse et la durée du vent ont un effet direct sur l'érosion du sol ;
- le manque de couvert végétal permanent à certains endroits a conduit à une érosion éolienne considérable ;
- les sols nus, secs et exposés sont les plus susceptibles; toutefois, les cultures produisant peu de résidus offrent parfois une résistance insuffisante ;
- le taux d'humidité peut être très faible à la surface d'un sol excessivement drainé ou durant une sécheresse
- les agrégats s'émiettent en particules qui peuvent être transportées par le vent.

- les sols à la surface rugueuse n'offrent pas une de résistance au vent.

Sous l'effet de L'érosion éolienne les plantes peuvent être lacérées par les particules de sol et retardées dans leur croissance entraînant ainsi une baisse de rendement, de qualité et de valeur marchande. Telle que les grapps de raisin affectés par des sables éolien. Sur le plan l'érosion continue d'une parcelle modifie graduellement sa texture par une perte de sable fin, limons, argile et particules organiques des sols sableux ce qui entraîne une baisse de la capacité de rétention en eau du sol. Et une augmentation de la susceptibilité à l'érosion de ce sol.

D'un point de vue agronomique, un sol dénudé demeure en état de dégradation continu. En outre, débarrasser des matières du sol transportées par l'érosion, des places, fossés, routes et alentours des bâtiments est une opération coûteuse.

Les dégâts occasionnés par une forte activité éolienne sur les autres secteurs productifs ; le transport le tourisme

## 2. Salinisation

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde. On les trouve essentiellement dans les régions sèches (arides et semi arides et méditerranéennes) (CHERBUY, 1991)

La salinité constitue pour les zones arides et semi arides un handicap pour le développement agronomique et socio- économique.

Les facteurs de la formation des sols salés sont nombreux. Ils peuvent être purement climatiques (température, niveau des précipitations, absence du drainage, composition de la roche mère) ou induits par l'homme (utilisation de l'eau saline dans l'irrigation, amendements excessifs) (SALIM et TESSIER, 1998)

Ce phénomène de salinisation des sols touche d'abord les régions arides, mais on peut observer des phénomènes de salinisation dans tous les continents, dans toutes les ceintures climatiques du globe (SZABOLCS, 1994).

Dans le plateau de Mostaganem où les précipitations sont moindres que l'évapotranspiration, au moins durant une période plus ou moins longue de l'année. D'après Emberger, on peut distinguer trois domaines d'aridité d'après la pluviométrie annuelle.

- Le domaine hyper aride ( $p < 100$  mm)
- Le domaine aride ( $100 < p < 300 - 400$  mm)
- Le domaine semi aride ( $300 - 400 < p < 600$  mm)

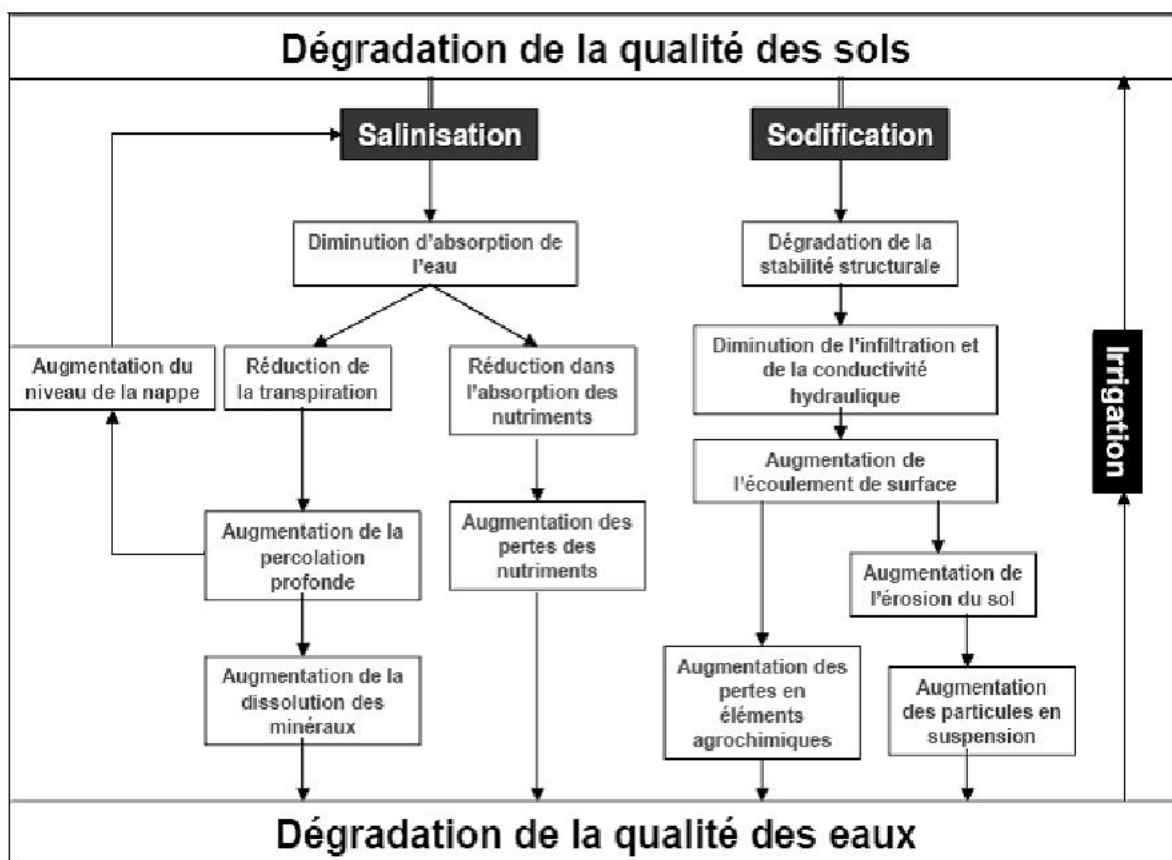
Les sols dénommés, sols arides ou aridisols dans la classification Américaine sont en général peu développés sur le plan morphologique et ont une structure très instable du fait des variations brutales de température et d'humidité (ROBERT, 1996).

Le risque de voir de nouvelles terres perdues par salinisation s'est fortement accru depuis 20 ans par suite du très fort développement de l'irrigation. Les superficies irriguées ont été multipliées par quatre depuis 1949, pour atteindre aujourd'hui plus de 270 millions d'hectares (tableau 03)

**Tableau.3** – Développement de l'irrigation des terres durant les 200 dernières années (SZABOLCS, 1994)

Année	Superficies irriguées (millions d'hectares) dans le monde
1800	8
1900	48
1949	92
1959	149
1980	230
1990	265
2000	350

Dans les zones arides et semi-arides, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole. Le développement de l'agriculture dans ces régions fait recours à l'irrigation qui devient alors une nécessité pour produire suffisamment afin d'assurer les besoins alimentaires d'une population de plus en plus importante. Selon l'USSL (2001) 35 à 40 % de la nourriture produite au monde provient des 15 % des terres arables cultivées en irrigué. La croissance projetée de la population mondiale pendant les 30 prochaines années exigera une augmentation d'au moins 20 % de la production agricole dans les pays développés et 60% dans les pays en voie de développement pour maintenir les niveaux actuels de consommation alimentaire.



**Fig. 12 :** Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation (Lahlou *et al.*, 2002)

Cependant, l'irrigation non contrôlée engendre des dégradations importantes de la qualité des sols et des eaux. En effet, aussi bien la quantité d'eau disponible que sa qualité affecte fondamentalement le sol et les cultures qui y sont cultivés en zones arides et semi-arides. La présence des sels solubles dans l'eau d'irrigation et le pouvoir évaporateur de l'air dans les zones irriguées conduisent souvent à la salinisation des sols. On différencie en général entre la salinisation primaire, liée à une présence naturelle relativement élevée de sels (à proximité des mers ou des océans, présence de dépôts de sels...), et la salinisation secondaire, dont le développement est étroitement lié à l'irrigation. Comme le montre la figure 1, la salinisation secondaire est un processus de dégradation de la qualité des sols et des eaux qui s'auto-entretient lorsque les eaux de drainage ou de nappe phréatique sont recyclées. La salinisation secondaire est la forme de dégradation la plus rapide dans les périmètres irrigués (Robert, Badraoui et Merzouk, 1994, Badraoui *et al.*, 1998).

Le degré de salinisation d'une surface irriguée dépend donc de plusieurs facteurs dont

- la qualité de l'eau d'irrigation (irrigation avec des eaux riches en sels);
- la qualité du sol ;
- les conditions climatiques ;
- élévation de la nappe phréatique due aux activités humaines ;
- contamination des sols par des eaux riches en sel et des sous-produits de l'industrie.

Chacun de ces facteurs fait intervenir un certain nombre de paramètres. Le nombre total de paramètres qui interviennent dans le processus de salinisation est tellement important que la compréhension du phénomène nécessite le recours à la modélisation.

Habituellement, on distingue entre deux types de modèle : ceux de la première catégorie s'intéressent uniquement à la zone saturée où les changements dans la vitesse de l'eau, de la température et du pH sont relativement lents et donc moins importants que dans la zone non saturée du sol. Par conséquent, la plupart des modèles développés ont été unidimensionnels, à régime permanent en milieu saturé et à vitesse d'écoulement de l'eau, à température et à pH constants. (Lahlou et *al.* 1998,).

D'un point de vue chimique, la salinisation est l'accumulation de sels solubles dans l'eau du sol. Ces sels sont le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le chlorure ( $Cl^-$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ), le carbonate ( $CO_3^{2-}$ ), le bicarbonate ( $HCO_3^-$ ) et le sodium ( $Na^+$ ).

Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent.

L'origine de la salinité peut être due à une accumulation de sel par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sel du matériau parent ou de la présence de nappes souterraines salées. Elle peut être aussi provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, (d'eau d'irrigation riche en sel ou drainage insuffisant).

Les sols salins se rencontrent principalement dans les régions sèches. Ils se développent au-dessus de roches riches en sodium. Il peut s'agir de roches naturellement riches en sodium ou de roches secondairement enrichies en sodium en provenance d'une nappe salée d'origine continentale ou marine. L'enrichissement secondaire peut aussi résulter de mauvaises pratiques culturales, au cours desquelles des remontées d'eau chargées en sel finissent par stériliser les sols. Les causes de ces

remontées de sel sont multiples. L'irrigation, associée à une forte évapotranspiration, est une des causes la plus souvent avancée.

La salinisation et la sodisation sont souvent associées à des zones irriguées dans lesquelles le faible niveau de précipitations, des taux d'évapotranspiration élevés ou les caractéristiques de texture du sol empêchent le lessivage des sels hors du sol, ceux-ci s'accumulant alors dans les couches de surface. L'irrigation avec une eau présentant une forte teneur en sel aggrave encore le problème

La salinité réduit considérablement la qualité du sol et la couverture végétale. La destruction de la structure du sol accentue les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne, des sols salins et sodiques. La salinisation induit des effets de désertification, tels qu'une perte de fertilité du sol, une destruction de la structure du sol, un tassement du sol, et la formation d'une croûte de sol.

Dans les régions arides, l'effet est d'autant plus marqué : les eaux de surface et les eaux souterraines sont relativement riches en sels (parce que l'eau s'est infiltrée dans des sols qui contiennent généralement des minéraux facilement altérables) et le climat sec crée une demande évaporative élevée ce qui se traduit par la nécessité de grandes quantités d'eau pour l'irrigation des cultures. Un agriculteur en région semi-aride peut avoir à appliquer jusqu'à 90 cm d'eau pour répondre aux besoins en eau des cultures annuelles. Même si l'eau d'irrigation est relativement pauvre en sels, cela entraîne le dépôt d'au moins 6 tonnes/ha (2,4 tonnes/acres) de sels sur le sol par an. Si l'eau d'irrigation appliquée contient des quantités relativement significatives d'ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) par rapport aux quantités présentes d'ions magnésium ( $\text{Mg}_2^+$ ) et d'ions calcium ( $\text{Ca}_2^+$ ), et en particulier si l'ion bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) est aussi présent ; les ions sodium peuvent alors saturer la majeure partie des sites d'échanges colloïdaux, ce qui est à l'origine de la formation des sols sodiques. C'est un type de sol extrêmement peu fertile.

### **3. Dégradation chimique**

La dégradation chimique des sols correspond à une perte graduelle en nutriment et en matière organique indispensables au développement et la croissance des plantes. Elle peut correspondre aussi une accumulation de métaux lourds et d'autres substances toxiques, qui entraînent une baisse de la fertilité, une salinisation, une acidification ou à une pollution du sol. La contamination des sols par les métaux lourds ou d'autres substances toxiques est parfois imputable à des sources non agricoles, par exemple aux activités industrielles et à la proximité de réseaux de transport routier importants. L'une des principales formes de dégradation chimique est la salinisation. Selon son degré de gravité, elle peut réduire les rendements annuels de la plupart des cultures céréalières et oléagineuses d'environ 50 pour cent (McRae et al. 2000). Il existe également une corrélation entre l'aggravation de la salinisation des sols et l'extension des superficies agricoles irriguées. Dans certaines régions, cette tendance entraîne des dommages irréversibles et une diminution des superficies cultivables.

#### **3.1. Processus chimiques inorganiques dans le sol**

Le comportement des éléments chimiques introduits dans le sol dépend de la nature et la concentration des éléments et de la nature du sol. Les processus majeurs qui régissent les interactions géochimiques incluent (figure.13) : Dissolution, précipitation, échange ionique, adsorption et désorption, oxydation et réduction et en fin complexations.



- effets sur la qualité des sols, leur fertilité, leur structure, l'humus et l'activité biologique ;
- effets liés au cycle de l'azote et à la toxicité des nitrates dans l'eau potable ;
- effets liés au cycle du phosphore ;
- effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments ;
- effets sur les parasites des cultures ;
- eutrophisation des eaux douces ;
- effets sur la qualité des produits agricoles ;
- pollution émise par l'industrie de production des engrais ;
- utilisation d'énergie non renouvelable ;
- épuisement des ressources minérales ;
- effets indirects sur l'environnement, par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages.

### 3.1.2. Par les pesticides

Dans les années 90,42% de la production agricole potentielle était perdue à cause des maladies, des ravageurs, des mauvaises herbes. Parmi les moyens de lutte contre les ennemis des cultures, la chimie a pris une place croissante. Aux usages agricoles, s'ajoutent aussi l'entretien des espaces verts et de la voirie. Selon (OACI ALGERIE,2010) En ouest Algérie, 10 000 tonnes de pesticides sont épandues chaque année dans les champs. Quel que soit leur mode d'utilisation, la plupart des molécules employées atteignent le sol durant ou après le traitement; leur devenir dépend donc des caractéristiques et du fonctionnement du sol. Les pesticides peuvent ensuite être soumis à des phénomènes de transport, liés principalement à l'écoulement des eaux. Ces transports en surface (ruissellement) ou en profondeur (lixiviation) entraînent des pollutions des eaux, même si les quantités de pesticides mobilisées dans les processus de transfert ne concernent généralement qu'une faible fraction des quantités épandues.

Les quantités des pesticides utilisés dans le plateau de Mostaganem augmentent régulièrement depuis 20 ans. Mais à dose ou poids égal, les matières actives d'aujourd'hui, sont généralement beaucoup plus efficaces que celles des décennies précédentes ; l'Algérie reste grand pays consommateur mondial de pesticides. (DSA Mostaganem2010)

Les molécules commercialisées évoluent, pour contourner les résistances (des insectes, champignons ou végétaux), pour remplacer des produits interdits en raison

Chapitre III Dégradation des ressources en sols et en eau  
de leur toxicité, ou quand des molécules a priori intéressantes viennent en remplacer d'autres, les pesticides les plus utilisés (en termes de quantité) sont les désherbants

La dégradation des sols est assurée principalement par les organismes biologiques de la microflore (bactéries, actinomycètes, champignons, algues, levures),. Son action s'exerce surtout dans les premiers centimètres du sol. Il existe également des processus physiques ou chimiques de dégradation, tel que la photodécomposition. Ces actions contribuent à diminuer la quantité de matière active dans le sol et donc à réduire les risques de pollution. La cinétique de dégradation d'une molécule donnée est déterminée en estimant la persistance du produit. Pour cela, on détermine sa demi-vie qui est la durée à l'issue de laquelle sa concentration initiale dans le sol a été réduite de moitié. Cette demi-vie peut varier avec la température, le type de sol, l'ensoleillement, etc : ainsi, les pesticides se dégradent en quelques semaines dans les sols inondés des rizières, au Les sols se comportent comme un filtre actif en assurant la dégradation des produits phytosanitaires, et sélectif, car ils sont capables de retenir certains de ces produits.

### **3.1.3. Par les rejets de polluants urbains et industriels**

L'eau étant une ressource en partie renouvelable, il est nécessaire de la protéger de l'impact des activités humaines puisque la pollution porte atteinte à sa capacité d'autoépuration.

## **3.2. Les principales sources de pollutions urbaines**

Ces rejets urbains proviennent des différents usages domestiques de l'eau :

- les eaux ménagères provenant des salles de bains, des cuisines, des eaux de lavages sont chargées de détergents, de graisses, de solvant et de débris organiques ;
- les eaux "vannes" provenant des WC sont chargées de matières organiques azotées et de germes fécaux.

A ceux-ci s'ajoutent :

L'industrie est responsable de la moitié des rejets polluants organiques et de la totalité des rejets toxiques : métaux lourds et polluants organiques persistants. On estimait que la pollution de l'eau était due pour 55 % à des rejets industriels. Ainsi l'attention s'est longtemps focalisée sur ce type de pollution, au détriment d'un autre type de pollution, liée à de nombreux changements dans les pratiques agricoles et le faire-valoir des terres( inspection de l'environnement Mostaganem

- les rejets industriels, commerciaux et artisanaux ;
- les eaux pluviales qui lessivent les toits et le bitume et sont chargées en produits minéraux et organiques.

Les conséquences des pollutions sur la qualité d'eau, notre bien-être et sur la qualité des milieux agricole, obligent les spécialistes et les agriculteurs à réglementer et contrôler. Pour maintenir ou améliorer la qualité de la ressource en eau, plusieurs actions sont nécessaires : protéger de la pollution par l'assainissement des eaux usées domestiques et des rejets industriels ; diminuer les sources de pollutions diffuses d'origine agricole ; protéger les nappes : l'instauration de périmètres de protection autour des captages permet de mieux protéger les nappes et les sources d'eau destinée à la consommation humaine des pollutions diffuses ; inciter les utilisateurs de l'eau à modérer leur consommation et à moins polluer : des taxes fondées sur le principe du "pollueur-payeur" ont été instituées.

En 1980 on estimait que 2 milliards d'hommes dans le monde n'avaient pas accès à un point d'eau potable et l'O.M.S pendant cette même période estimait que 80 % des maladies sur la planète sont transmises par les eaux contaminées par les polluants chimiques et organiques.

### **3.3.Relation entre la pollution des sols et celle des eaux**

D'origine, agricole, industrielle, la pollution du sol peut être diffuse ou locale (l'utilisation massive d'engrais ou de pesticides entraîne des infiltrations des polluants dans les sols). Ces polluants agricoles contaminent les nappes phréatique et même parfois les eaux souterraines, ce qui peut aussi des impacts nocifs à la santé humaine.

## **4. Dégradation des eaux en milieux arides**

### **4.1. Dégradation des eaux souterraines (polluants urbains et industriels)**

Elles sont dues à des rejets de matières en suspension, de matières organiques, de produits azotés ou phosphorés, de produits toxiques.

Elles émanent des industries agro-alimentaires, des industries papetières, des industries chimiques, des industries des cuirs et peaux, des industries extractives, des industries minérales, des industries mécaniques et de traitement de surfaces, des industries de l'utilisation d'énergie, des industries sidérurgiques et métallurgique, des industries textiles.

Les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates (de 1 à 2 mg/l par an, alors que la

concentration maximale admissible est de 50 mg/l). L'altération des nappes souterraines est moins réversible que la pollution des eaux superficielles du fait du lent renouvellement de ses ressources.

#### **4.2. Les polluants et maladies d'origines hydriques**

La pollution des eaux est définie comme “ tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines.

Les différents risques liés à l'eau sur la santé peuvent être des risques directe (ingestion) ou indirecte (contacte). Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en trois groupes : les polluants biologiques, polluants chimiques, les polluants radioactifs.

#### **4.3. Polluants biologiques**

Ils comprennent les organismes libres et les agents pathogènes :

- micro-organismes des eaux de surface
- micro-organismes des eaux propres
- micro-organismes responsables de certains goûts et odeurs
- micro-organismes responsables du colmatage des filtres

#### **4.4. Polluants chimiques**

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité.

Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

#### **4.5. Les sels minéraux**

Les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates, les sulfates, les nitrites, bicarbonates, fluorures, etc.

Les principales sources mises en cause sont :

- les effluents industriels et urbains ;
- le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais ;
- la nature des sols eux même infiltrés par l'eau ;
- les rejets non contrôlé de polluants (fig. 14).

**4.6. Les composés toxiques :** Ils sont soit minéraux, soit organiques.

**4.6.1. Les composés minéraux toxiques**

Ce sont essentiellement :

- les métaux lourds ou certains métalloïdes
- les minéraux d'origine agricole
- les minéraux d'origine industrielle
- certains composés naturels

**4.6.2. Les polluants organiques toxiques**

Ce sont principalement les pesticides et les détergents. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

**4.7. Les pesticides**

On désigne généralement les pesticides comme, des produits utilisés pour 'attaquer à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie (production agricoles) ou encore à la conservation de l'environnement.

D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante : les insecticides, les fongicides, les nématodes, les rodenticides, les herbicides, les acaricides etc.

Les sources de pollution sont :

- les industries fabricant les pesticides ;
- l'utilisation des pesticides en agriculture et en santé publique ;
- le lessivage des terrains traités par les eaux de pluie.
- Les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :
- Permanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires ;
- Rupture de l'équilibre naturel.

En plus de la toxicité aiguë, il faut tenir compte à long terme des actions cancérogènes, mutagènes et tératogènes de certains pesticides.

#### 4.8. Les détergents

On désigne par détergents (du latin « detergere » : nettoyer), les produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage.

Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels.

Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon ;
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle ;
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau, même en l'absence de mousse, par création d'un film interracial.

### 5. Les polluants radioactifs

La pollution des eaux de surface par des substances radioactives pose un problème de plus grave, imputable au fonctionnement des réacteurs, à l'utilisation des isotopes radioactifs en médecine, dans l'industrie et dans diverses autres branches d'activité civile et aux " retombées " revenant des essais d'armes nucléaires. Les produits phytosanitaires sont détectés dans environ 20% des nappes exploitées : les plus inquiétants étant les herbicides.

Les produits phytosanitaires sont détectés dans environ 20% des nappes exploitées : les plus inquiétants étant les herbicides.



**Fig.14** - Pollution par les huiles, rejets industriels et urbains au niveau du plateau de Mostaganem (2010)

## **Chapitre IV - Contribution au diagnostic de l'état de dégradation du plateau**

## 1. Démarche méthodologique

Dans la présente étude sur la dégradation des ressources en sols et en eau, nous avons été confronté à la faiblesse des données qui concernent le plateau de Mostaganem. En effet, très peu d'informations physiques existe sur la région, encore moins récentes, pour permettre d'effectuer des comparaisons à l'échelle temporelle des caractéristiques du milieu. Ceci nous amena à adopter une approche qui repose essentiellement sur des outils cartographiques. L'utilisation de ces derniers peut être considérée comme un indicateur spatio-temporelle qui permet, par croisement des facteurs éco-pédologiques du milieu, de définir un ensemble de zones spatialisées en fonction de leur état de dégradation mais aussi par rapport à leur susceptibilité à la dégradation. En effet ces deux paramètres : la dégradation et la susceptibilité à la dégradation, ne représentent que les deux faces du même comportement d'un écosystème vis-à-vis des agents de dégradation auxquels sont soumis ses ressources naturelles.

Dans cette approche, c'est principalement les propriétés physiques et agro-pédologiques du plateau de Mostaganem qui sont prises en compte. A cet effet, nous avons adopté une méthodologie de travail (Fig15), qui comporte cinq grandes étapes :

- Acquisition des données (cartes et fichiers)
- Traitements des données (géoréférencement, rasterisation)
- Mise en forme de la base des données géographiques
- Mise en forme de la base des données alphanumériques
- Analyse et édition

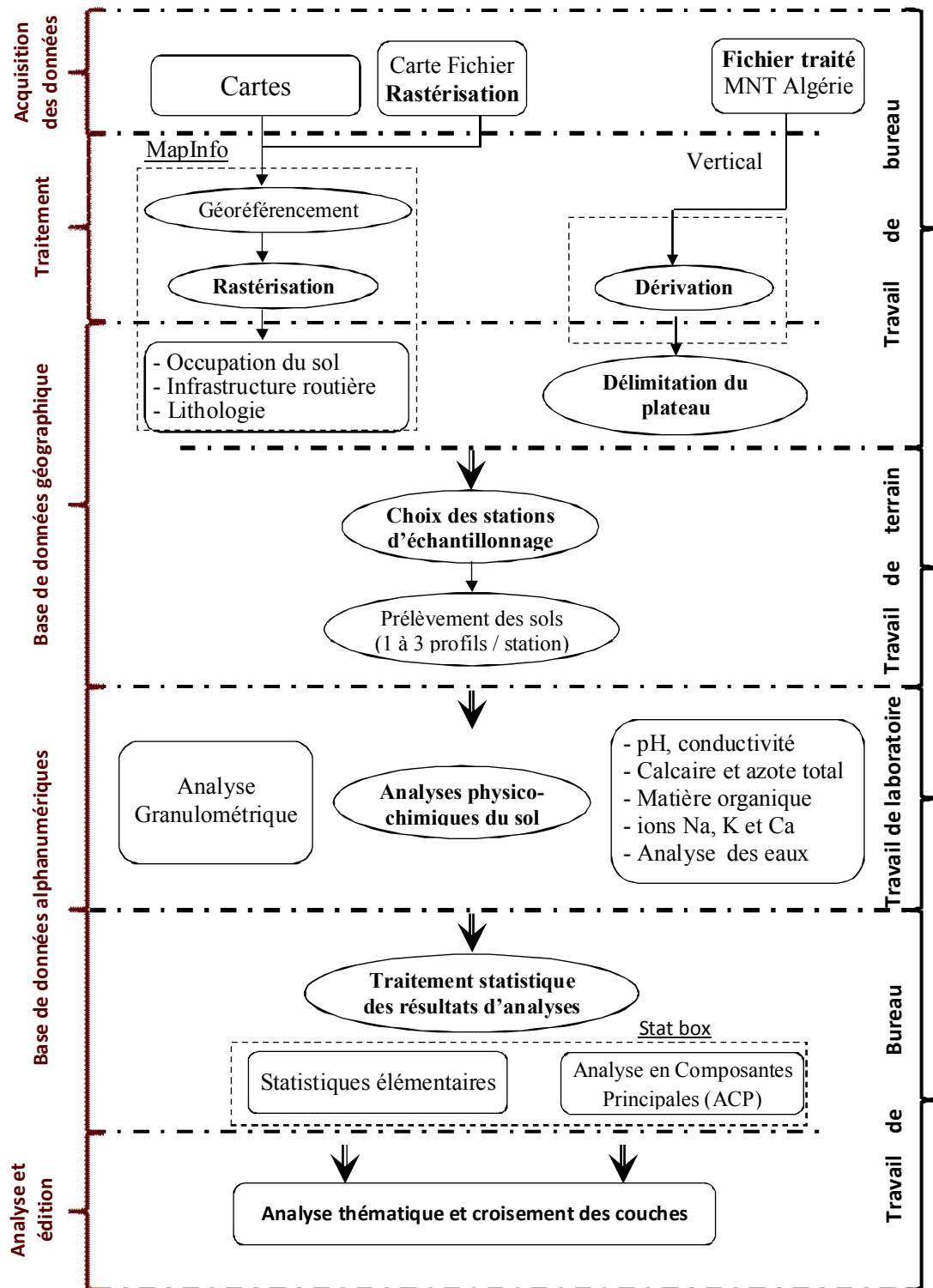


Fig. 15 - Approche méthodologique de l'étude

Il est important de rappeler que pour un milieu donné, les informations nécessaires à l'analyse de sa situation environnementale, sont rassemblées à partir de :

- données cartographiques numériques,
- de mesures sur le terrain,
- des cartes disponibles
- d'analyses statistiques.

Dans ce cas, les données peuvent être analogiques et /ou numériques. Elles sont traitées par rapport à leur nature, tant du point de vue géographique que du point de vue symptomatique. Ainsi abordé, les impacts ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agisse d'effets provenant des facteurs liés au milieu naturel ou relevant de l'action anthropique. Néanmoins dans tous les cas, l'objectif de l'étude et la problématique adoptée, sont déterminantes sur le choix des variables pertinentes à prendre en compte et des paramètres qui leur sont associés (GIRARD, 1977).

## **2. Réalisation des cartes thématiques sous MapInfo Pro 8.5**

Après le scannage des cartes d'état-major et de la carte géologique de la zone d'étude disponibles sur support papier, nous avons abordé l'étape de géoréférencement à l'aide du logiciel MapInfo Professionnel 8.5. Il s'agit en fait, d'une technique qui permet de définir le système de projection et les points de calage nécessaires au positionnement de chaque point dans le fichier raster.

La rastérisation permet d'élaborer plusieurs thèmes de caractérisation des zones étudiées en mesure d'être exploitée par la suite dans les analyses spatiales monocouche et multicouche. La version du logiciel MapInfo utilisée (Professionnel 8.5) permet d'assurer les thèmes suivant :

- occupation du sol
- infrastructure routière
- lithologie

### **2.1. Carte d'occupation du sol du plateau de Mostaganem**

La carte d'occupation du sol est une donnée importante du milieu dans la mesure où elle permet de mettre en évidence la dynamique des espèces végétales. Depuis les années 1980, l'écologie du paysage a souligné le rôle fondamental de l'organisation des éléments du paysage dans la distribution et la dispersion des espèces animales et végétales (Clergeau, 2008). Aujourd'hui le succès de ces approches est largement imputable à la volonté de

préserver la biodiversité fortement dégradée par l'augmentation de la fragmentation des habitats à toutes les échelles et aussi par les changements d'occupation des terres et la dégradation des milieux naturels. La construction d'autoroutes, l'agriculture intensive et l'étalement urbain sont parmi les facteurs qui ont contribué non seulement à la destruction des habitats mais aussi à leur isolement. Il en découle qu'une carte d'occupation du sol présente plusieurs avantages :

- Sous forme de document comportant l'ensemble des faits biogéographiques qui s'étendent à un territoire, elle présente déjà une valeur de synthèse.
- Source d'information sur le type de végétation dominant qui peut être un paramètre révélateur du type de sol.
- Source d'information sur l'infrastructure et le degré de développement d'une région donnée.
- Source d'information sur les affectations des sols.
- Mise en évidence de la densité et de la distribution des agglomérations dans la région.
- Source d'information sur la qualité et la durabilité de l'action anthropique dans l'exploitation des ressources naturelles.

La répartition des terres en fonction de leur occupation (Tableau 4 ; Fig. 16) montre qu'une grande partie de la surface du plateau (110600 hectares) est occupée par les forêts et maquis dont près de 4% seulement est réservée aux vergers et vigne.

**Tableau4** - Répartition des terres en fonction de leur occupation dans le plateau de Mostaganem

Occupation du sol	Superficie		
	en ha	en %	en % cumulé
Forêts	7742	7,01	7,01
Maquis épars	8848	8,01	15,01
Maquis arboré	3318	3,00	18,02
Verger	3318	3,00	21,02
Vigne	1006	0,91	21,93
Agglomération	9954	9,01	30,94
Sol nu	76314	69,06	100,00
Total	110600	100	

Il s'ensuit que les grandes cultures et les cultures légumières occupent des superficies très faibles. Ceci est de nature à entraîner une plus grande vulnérabilité des sols à la dégradation puisque 69 % des sols sont à l'état nu.

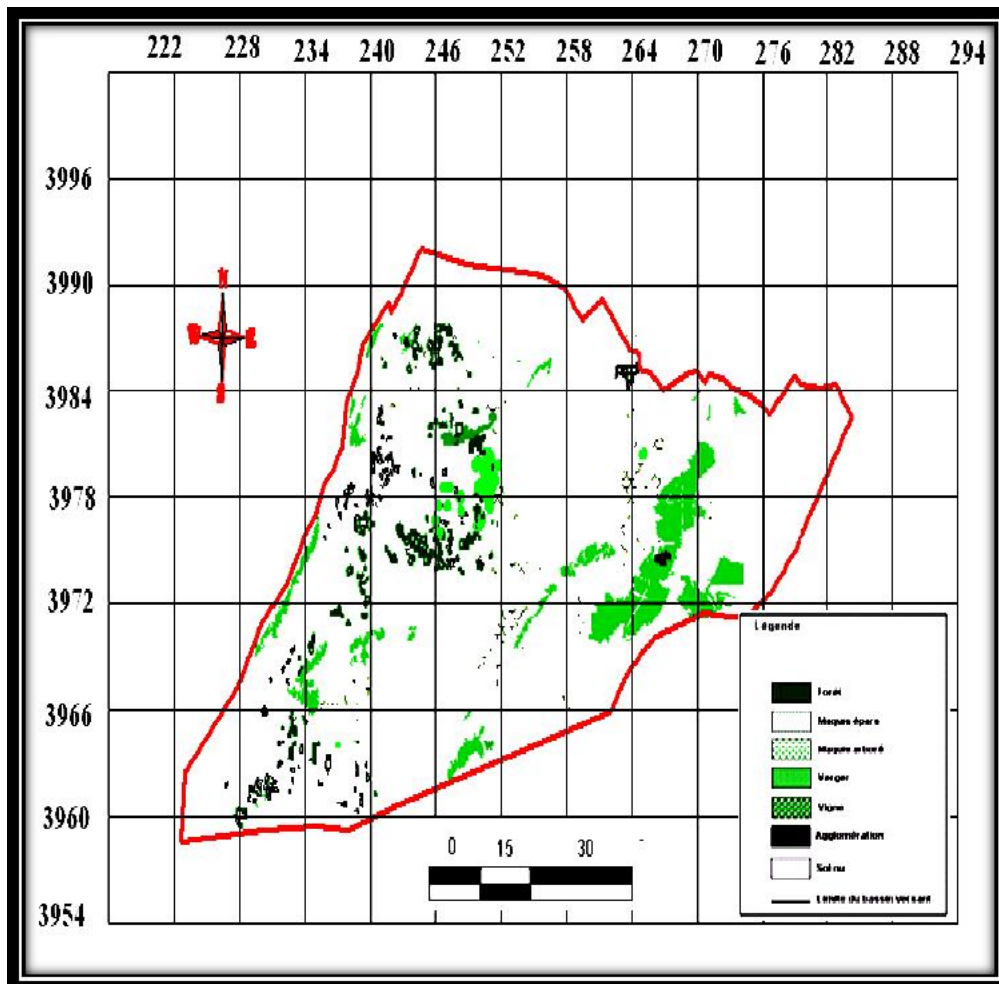


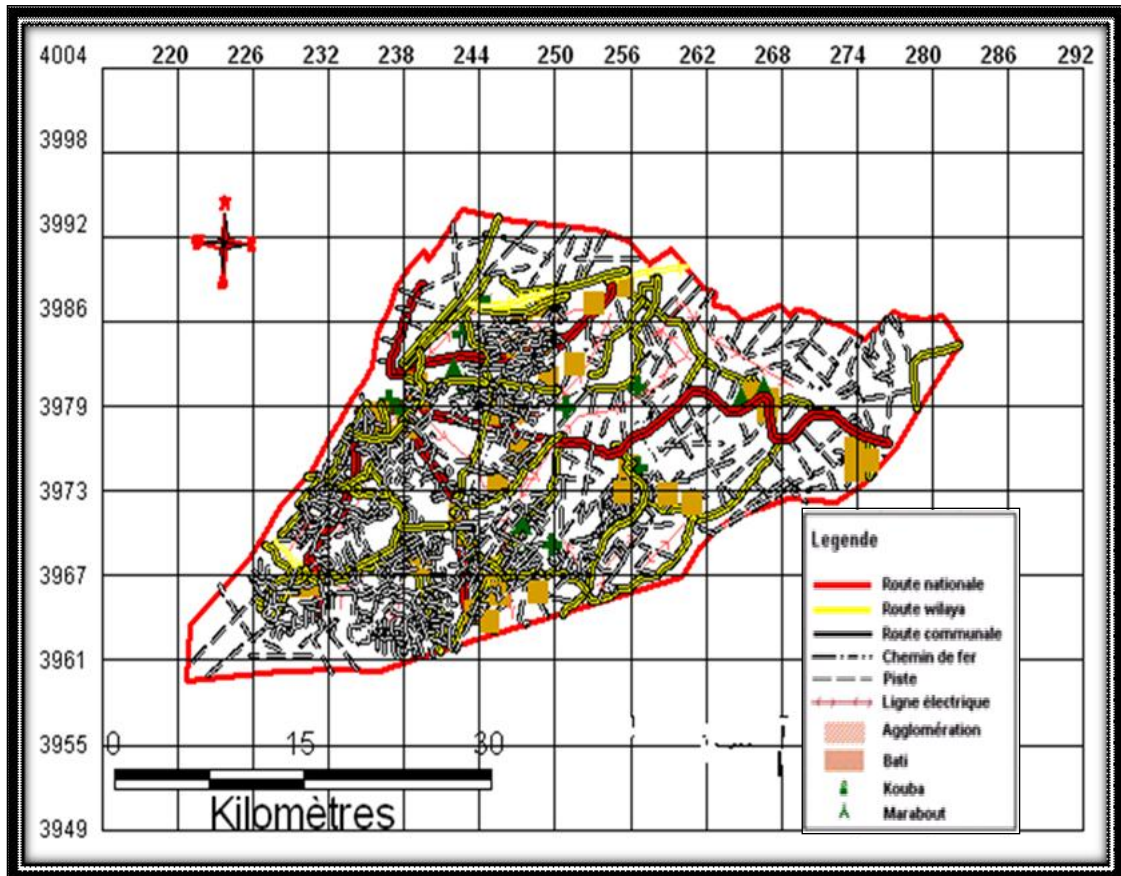
Fig. 16 -Carte d'occupation du sol du plateau

### 2.1. Carte d'infrastructure routière

L'importance à connaître l'étendue de l'infrastructure routière, réside dans le fait qu'elle participe entre autres à faciliter l'accès aux terres du matériel roulant et celui d'exploitation agricole. Elle joue un rôle déterminant d'exportation de la production locale et contribue efficacement à la réalisation des différents types d'aménagements opérés dans la région.

L'infrastructure routière peut constituer un bon indicateur du degré de développement d'une région donnée.

En l'absence d'échelle d'évaluation du niveau de développement d'un réseau routier, le plateau de Mostaganem (Fig. 17), semble très dense en routes communales particulièrement. Néanmoins, il est important de poser la question sur la finalité de développer une infrastructure routière en se basant sur deux principes : la convergence des intérêts des individus et de la société et l'obligation d'intégrer les facteurs économiques,



**Fig. 17-** Carte de l'infrastructure routière du plateau

sociaux et environnementaux dans tout développement de réseaux routiers (Côté et Waub, 2000). De ce fait, l'approche systémique est fondamentale et nécessite une collaboration interdisciplinaire intégratrice de plusieurs systèmes de gestion entre eux.

### 2.1. Carte lithologique

A partir de la carte géologique, nous avons établi la carte lithologique de la zone d'étude. Cette dernière est importante dans la mesure où elle permet de caractériser les sols du plateau. Les données lithologiques (Tableau 5), montrent que les sables et les alluvions occupent respectivement 47,37 et 45,39% de la superficie totale du plateau. En effet, les alluvions sont des apports sédimentaires qui proviennent de la partie est du plateau (Fig. 18) et qui sont stabilisées dans les plaines de la partie ouest de Mostaganem (Mazagran).

Tableau 5 - Classe lithologique du plateau de Mostaganem

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage
Alluvions	41986,85	37,98
Sables	43824,88	39,64
Sables et limons	290,58	0,26
Argiles calcaires	249,07	0,23
Marnes bleues	1123,79	1,02
Marnes sombres et calcaires	1224,58	1,11
Grès conglomérats et argiles rouges	287,62	0,26
Grès et sables	750,18	0,68
Grès et limons continentaux à Hélix	182,35	0,16
Grès marins	1089,69	0,99
Calcaires à lithothamniées	474,42	0,43
Tripolis et argiles à tripolis	151,22	0,14
Gypses et argiles gypseuses	298,00	0,27
Gypses et argiles	392,88	0,36
Calabrien	18235,66	16,49
<b>Totaux</b>	<b>110561,78</b>	<b>100,00</b>

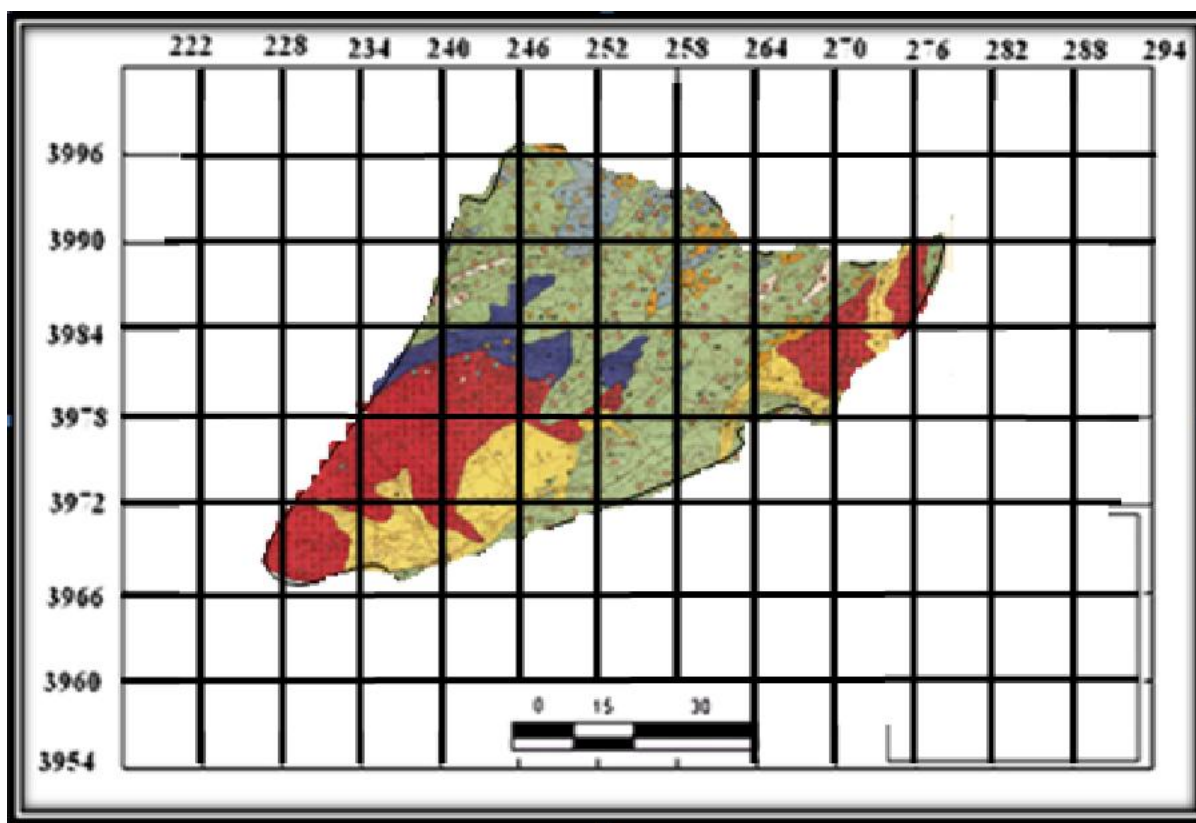


Fig.18 -Carte lithologique du plateau Mostaganem

### 2.1. Le MNT du plateau de Mostaganem

Un modèle numérique de terrain (M.N.T.) est une représentation simplifiée de la surface d'un territoire, en coordonnées altimétriques et planimétriques, calé dans un repère géographique. Il apporte beaucoup de possibilités d'analyses paysagères ou de risques naturels. Il est intégré dans un Système d'Information géographique (SIG), et joue alors un rôle important en matière de possibilités d'exploitation diverses notamment en terme d'analyse spatiale.

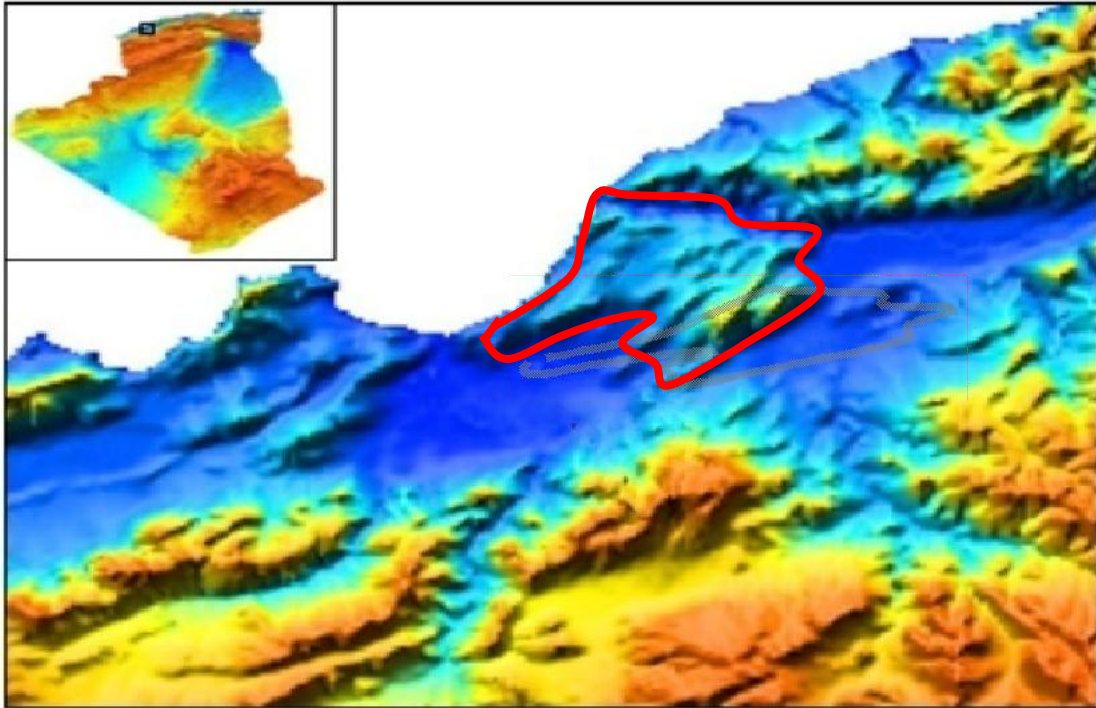


Fig. 19 - Modèle numérique du plateau Mostaganem

Les avantages du MNT sont multiples, il permet :

- la caractérisation de la zone étudiée en mode global,
- la caractérisation des états de surface et des chemins de l'eau,
- d'identifier les relations spatiales entre objets,
- d'identifier l'évolution temporelle de l'espace. (Puech et Bailly, 2003)

### 3. Échantillonnage et prélèvement des échantillons de sol et d'eau

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de prélever dans une population des individus devant constituer l'échantillon. Etant donné un ensemble constitué d'un nombre élevé d'éléments. Il est possible de procéder à un prélèvement raisonné de quelques éléments de l'ensemble de façon à obtenir des informations subjectives, d'une précision mesurable sur l'ensemble et représentatives de ce dernier (Gounot, 1969).

Pour un prospecteur, il existe plusieurs méthodes de recueil de l'information. En se déplaçant dans le terrain d'étude, il choisit méthodiquement les points de prélèvement des échantillons en fonction de l'observation directe mais aussi par rapport à d'éventuelles manifestations du milieu susceptibles d'entraîner des modifications sur les caractéristiques des sols et des eaux.

En règle générale, lors d'un échantillonnage de sol, le prospecteur prend en considération les aspects liés :

- à la géologie du sol,
- aux formes du relief,
- à l'occupation des sols,
- à la végétation naturelle (Baise et Jabiol, 1995).

En cas de prélèvement d'échantillons d'eau, il prendra en considération :

- les puits existants
- les dispositifs d'irrigation présents

Dans le cas de la présente étude, les échantillons de sol étaient prélevés dans plusieurs stations par la méthode d'échantillonnage géosystémique basé sur la prise en compte du relief et de l'occupation du sol (Fig. 20). En effet, 26 profils ont été réalisés dans 17 stations avec une moyenne de 1 à 2 profils par station. L'horizon constitue l'unité de base du prélèvement.

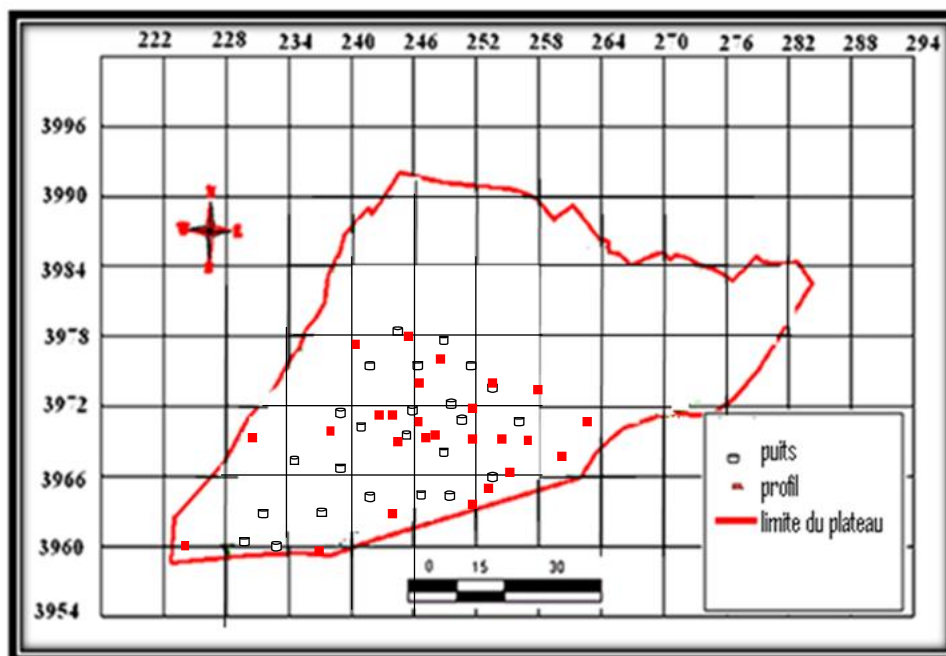


Fig. 20 - Schéma d'échantillonnage des profils de sol et des puits

La prise en compte d'éventuels risques d'inondations ou de travaux d'aménagement sur le milieu engendre un flux important de données susceptibles de servir à l'établissement d'un modèle d'évaluation pertinent notamment par :

- la récupération des informations disponibles sur la zone d'étude;
- la production de documents de synthèse de ces données, essentiellement des cartes thématiques ;
- le traitement au cas par cas des activités humaines et leur impact sur le milieu agricole et écologique.

### 3.1. Étapes de conception de la base de données

La conception d'une base de données se déroule en plusieurs étapes que nous résumons dans ce sous chapitre très succinctement pour rendre compte de la méthode adoptée pour passer du modèle conceptuel vers le modèle logique.

#### Etape 1 : Vocabulaire des données

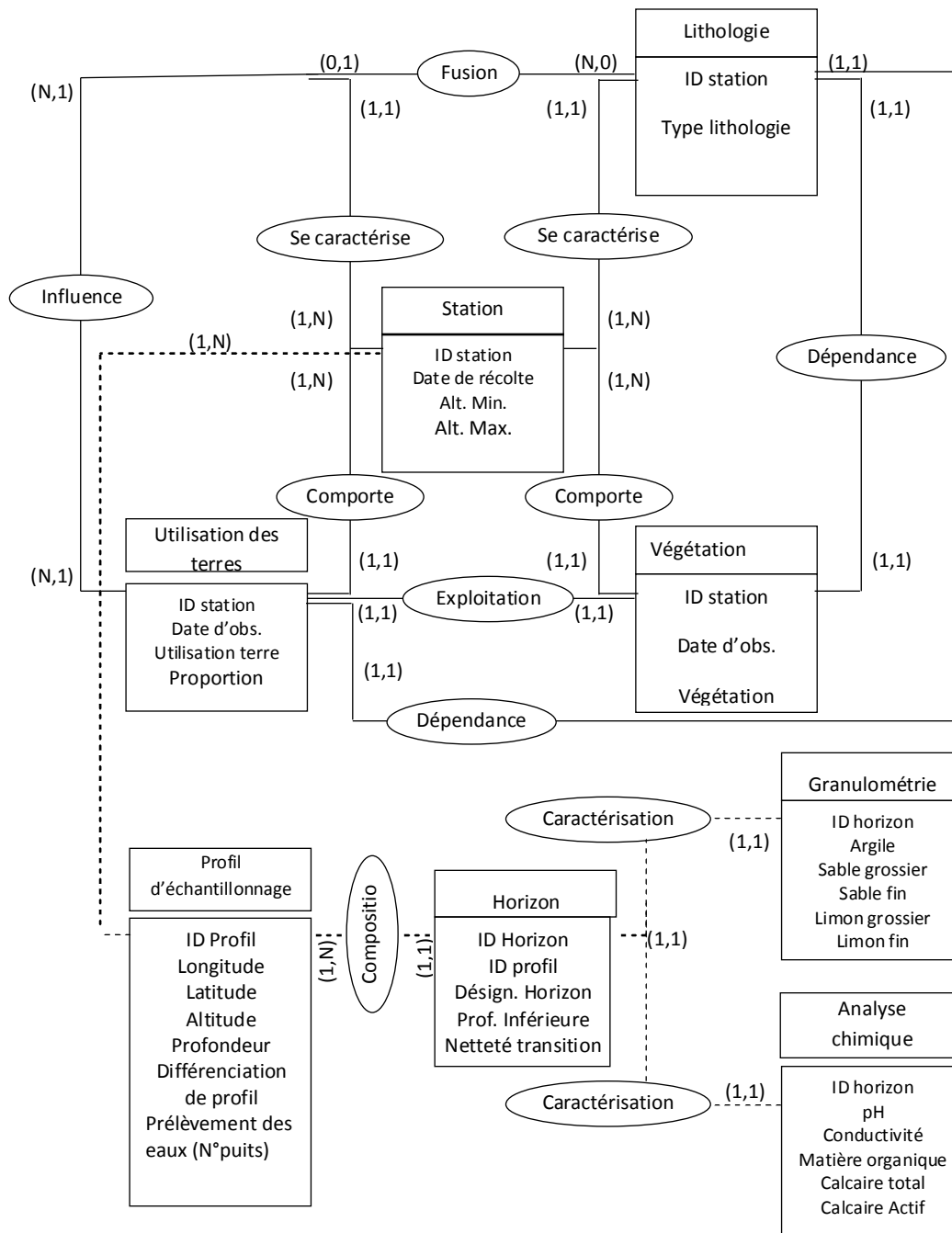
C'est une description du contenu de la base de données, il comporte le nom de l'entité et sa désignation avec leurs contraintes d'intégrités.

Tableau 06 - Vocabulaire de la base des données hydrologiques

Code	Désignation	Type	Taille	Code	Désignation	Type	Taille
LongTot	Longueur total	Numérique	Réel	DP	Différentiation du profil	Texte	30
Surf	Surface du plateau	Numérique	Réel	RS	Rochosité en surface	Texte	30
IDS	ID Station	Numérique	N° Auto	MOS	MO en surface	Texte	40
WI	Wilaya	Texte	20	SG	Sable grossier	Numérique	Réel
Dr	Daïra	Texte	20	SF	Sable fin	Numérique	Réel
Com	Commune	Texte	20	LG	Limon grossier	Numérique	Réel
NC	Numéro de la carte	Texte	20	LF	Limon fin	Numérique	Réel
TC	Titre de la carte	Texte	20	A	Argile	Numérique	Réel
Alt max	Altitude maximale	Numérique	Réel	CG	Classe granulométrique	Texte	30
Expo	Exposition	Texte	05	pH	pH	Numérique	Réel
IDL	ID Lithologie	Numérique	N° Auto	CE	Conductivité électrique	Numérique	Réel
DO	Date d'observation	Date	jj/mm/aa	CT	Calcaire total	Numérique	Réel
PS	Proportion de la station	Numérique	Réel	CA	Calcaire actif	Numérique	Réel
IDV	ID Végétation	Numérique	N° Auto	NT	Azote total	Numérique	Réel
V	Végétation	Texte	30	MO	Matière organique	Numérique	Réel
IDP	ID Profil	Numérique	N° Auto	Na	Sodium	Numérique	Réel
Long	Longitude	Numérique	Réel	K	Potassium	Numérique	Réel
Lat	Latitude	Numérique	Réel	P	Phosphore	Numérique	Réel
Prof	profondeur	Numérique	Réel	N	Azote	Numérique	Réel
DE	Date d'échantillonnage	Date	jj/mm/aa				

**Etape 2 : Modèle Conceptuel des Données**

Il exprime de manière générale la structure statique d'une base de données, en termes de classes et de relations entre ces classes. De même qu'une classe décrit un ensemble d'objets, une association décrit un ensemble de liens (Muller, 1997). Le modèle conceptuel se construit sur des concepts établis (Fig. 21).



**Fig. 21** : Modèle conceptuel de données

Par ailleurs, comme moyen de conception d'une base de données, ce modèle n'est pas seulement un outil de schématisation et de représentation des données sur terrain, mais aussi

un excellent outil de présentation extrêmement commode au point de susciter un dialogue facile entre utilisateurs. En effet, un bon modèle est celui qui soit compréhensible et autour duquel se focalisent les avis des différents utilisateurs concernés par la conception d'une future base de données.

### **Etape 3 : Phase de développement**

La phase du développement concerne la création des tables de la base de données, qui est réalisée avec le modèle logique à partir du modèle conceptuel élaboré avec les relations entre les classes (domaines) et leurs attributs.

### **Etape 4 : Modèle logique**

Le niveau logique est le premier niveau informatique. Il permet d'adapter le modèle conceptuel aux exigences des Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD). C'est durant cette phase que l'on réalise la première optimisation du futur système. Dans notre cas, cette optimisation n'est pas vraiment utile puisqu'il s'agit surtout pour nous de tester les idées développées autour du modèle conceptuel, ainsi que de mettre en place des modélisations qui dépendent des données disponibles (ce qui, pour l'évaluation des risques d'inondations, pose toujours problème).

Le schéma relationnel permet la création de la base de données correspondant au système d'information.

## **4. Résultats et discussions**

### **4.1. Analyse granulométrique**

#### **4.1.1 Composition granulométrique**

Les triangles de textures permettent de classer les sols d'après leur composition granulométrique réduite à trois fractions (sable, limon, argile) dont la somme est égale à 100 %. Parmi les triangles de textures, il existe celui du G.E.P.P.A (Groupe d'Étude pour les Problèmes de Pédologie Appliquée) avec 17 classes et celui de Jamagne (avec 15 classes) qui sont les plus utilisés en France. Par ailleurs, d'autres triangles sont utilisés comme celui de la F.A.O (avec 3 classes) et celui de l'U.S.D.A (United States Département of Agriculture) avec 12 classes (Baize, 1971). C'est ce dernier que nous avons choisi pour analyser nos résultats granulométriques.

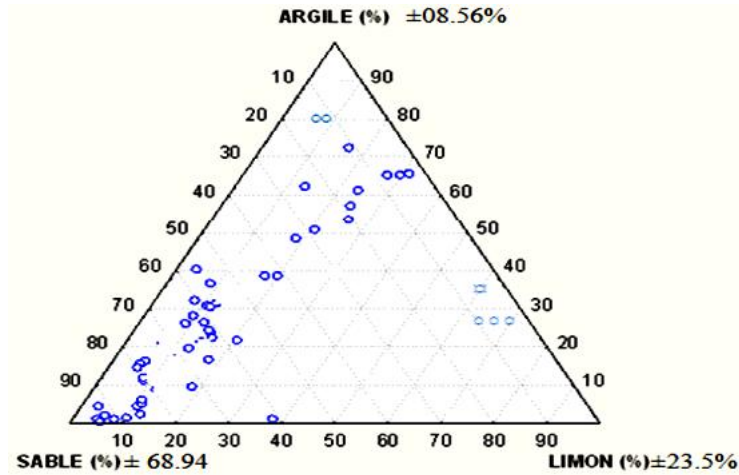


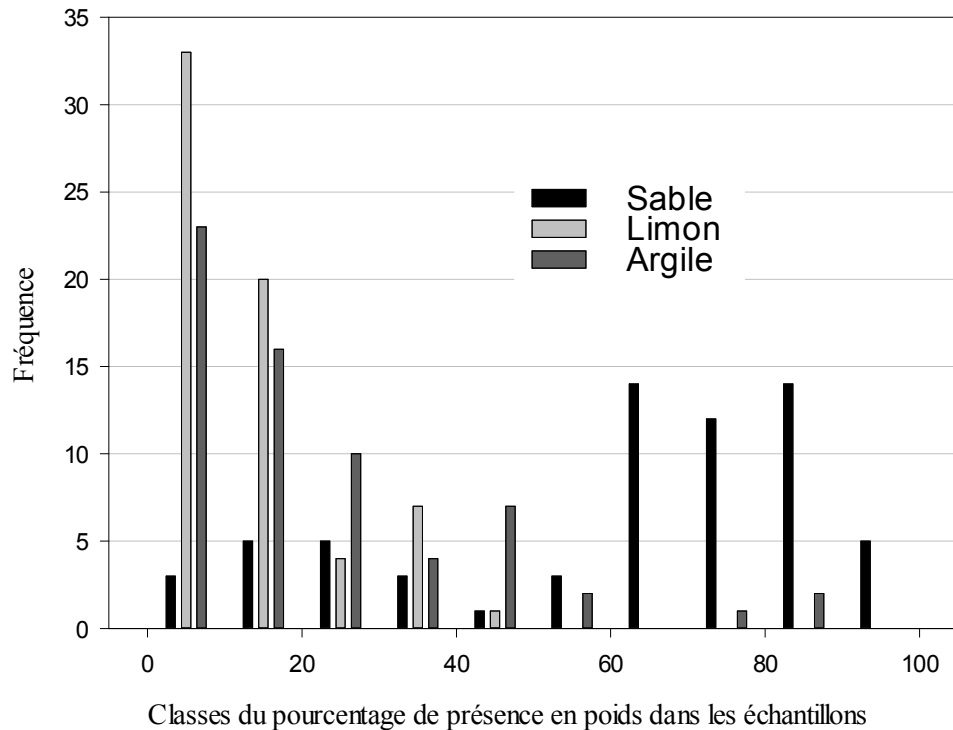
Fig.22 : Résultats des textures dans le plateau de Mostaganem

Le triangle des textures (Fig.22) montre que les profils sont de textures répartis le long de l'axe argile-sable définissant ainsi trois classes qui prédominent dans la zone d'étude :

- classe des sols sablonneux-argileux,
- classe des sols argilo-limoneux,
- classe des sols sablonneux.

#### 4.1.2. Variabilité de la composition granulométrique

Dans le plateau de Mostaganem, la fraction sablonneuse est la plus dominante par rapport à la fraction argileuse et limoneuse, elle varie entre 66 et 94% avec une moyenne de 80,42%. Pour la fraction argileuse, elle varie entre 0,15 et 10,21% avec un taux moyen de 6,4%. Par contre, la fraction limoneuse demeure faible et varie entre 3,9 et 20,96% avec une moyenne de 12,77%.



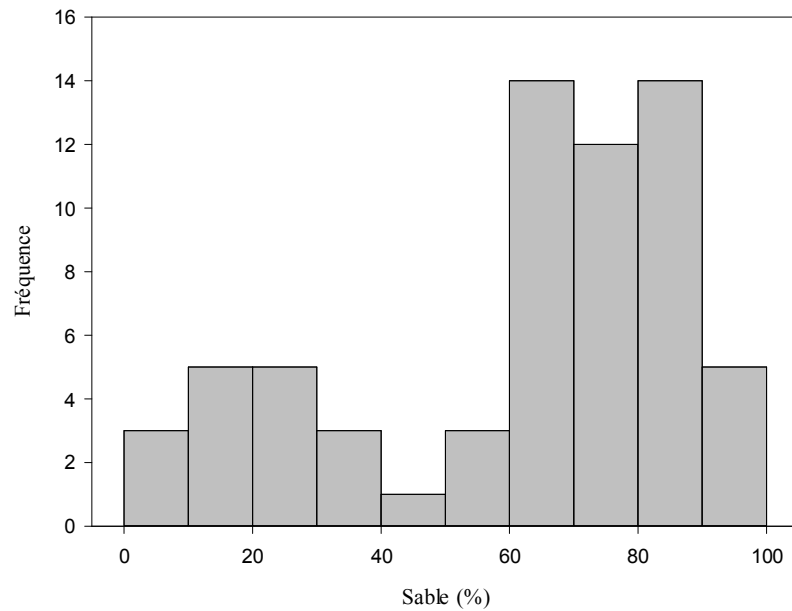
**Fig.23** : Distribution des fractions granulométriques

La figure 23 confirme la dominance sableuse de la zone du plateau étudiée étant donné que les plus grandes fréquences pour l'argile et le limon se localisent dans la partie gauche du graphe où le pourcentage de présence en poids des échantillons est faible contrairement au sable qui enregistre les plus grandes fréquences du côté droit et où le pourcentage de présence en poids dépasse les 60 %.

#### 4.1.3. Étude de la variabilité de la fraction sablonneuse

La courbe de la distribution de la fraction sableuse des échantillons étudiés (Fig. 24), montre que les grandes fréquences sont localisées du côté des plus grandes proportions de sable supérieures à 60 % (côté droit de l'histogramme). Dans ce cas l'occurrence cumulée est en moyenne de 41.

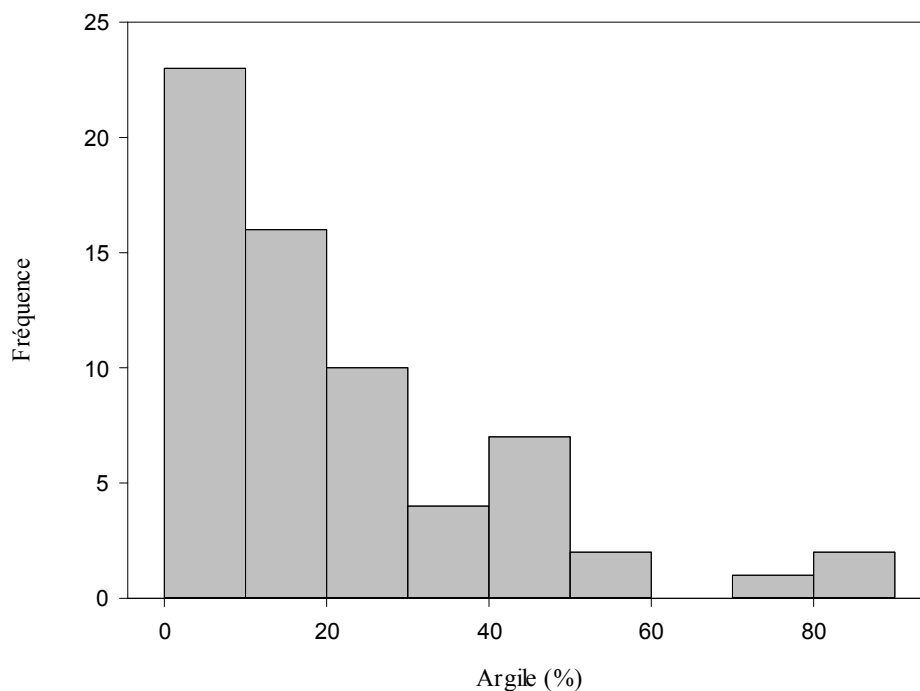
Par contre, les faibles proportions en sables (< 30 %) se localisent à gauche de l'histogramme avec une occurrence cumulée qui ne dépasse pas 13.



**Fig.24** : Distribution de la fraction sableuse

#### 4.1.4. Étude de la variabilité de la fraction argileuse

L'histogramme de la distribution de la fraction argileuse des échantillons de sol prélevés dans le plateau (Fig. 25), montre une très grande occurrence cumulée de près de 50 (près de 77 % de l'ensemble des échantillons) pour les proportions en argile inférieures 30 %. Pour les proportions supérieures à 60 %, elle n'est que de près de 3.



**Fig. 25** : Distribution de l'argile dans le plateau

## 4.2. Potentiel Hydrogène pH (CHE)

Le pH d'un sol est très important du point de vue de l'alimentation des plantes puisque la disponibilité des éléments nutritifs y dépend (Bates, 1973).

D'une manière globale (Fig. 26), les sols de la zone étudiée enregistrent une dominance de la classe de pH comprise entre 7 et 8 avec une occurrence cumulée de 58, ce qui représente près de 89 % de l'ensemble des échantillons.

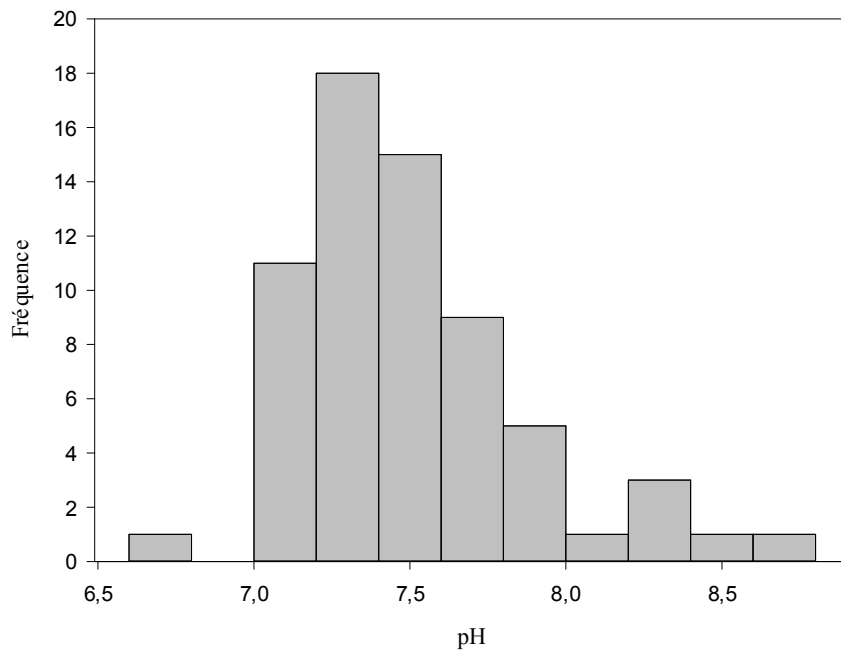


Fig. 26: Distribution des valeurs du pH des échantillons analysés

## 4.3. Calcaire total

Les résultats de la teneur en  $\text{CaCO}_3$  (Fig. 27), résument les différentes classes de  $\text{CaCO}_3$  que les sols de la zone étudiée contiennent. D'une manière globale, il s'agit de sols moyennement calcaires puisque près de 59 % de l'ensemble des échantillons se trouvent dans la classe de  $\text{CaCO}_3$  comprise entre 10 et 20 %.

La zone est caractérisée par une grande dispersion au niveau des valeurs de  $\text{CaCO}_3$ . En effet, l'écart entre les deux valeurs extrêmes est de 21,66 avec un écart-type de 6,60.

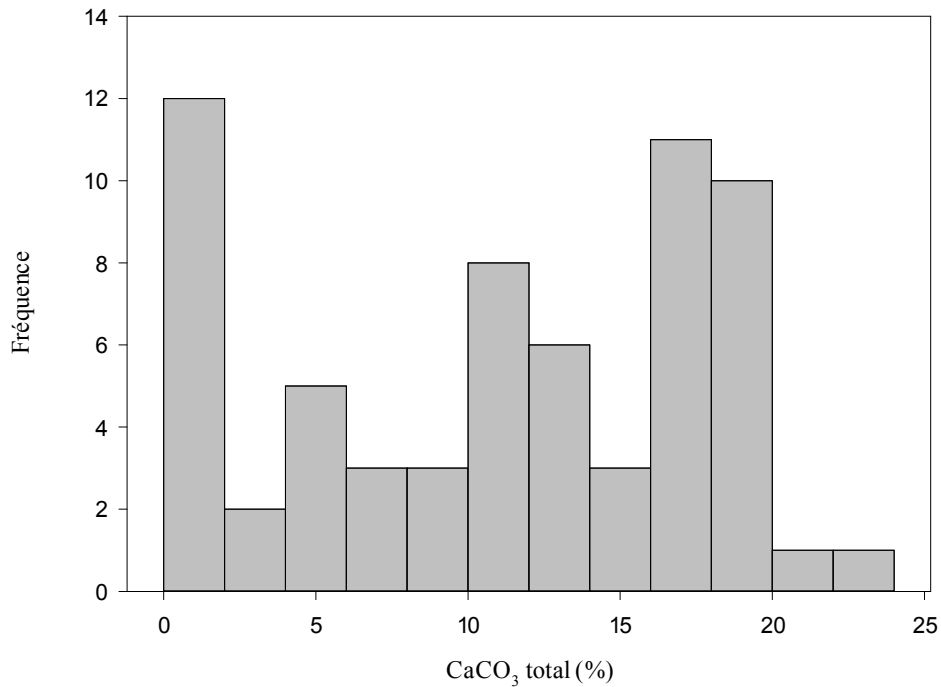


Fig. 27 : Répartition des différentes classes de CaCO<sub>3</sub> des sols du plateau

#### 4.4. Conductivité électrique

On constate que les sols sont salins avec une valeur moyenne de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée égale à 4,21 mS.cm<sup>-1</sup> (ou dS.m<sup>-1</sup>) et celle de l'extrait dilué égale à 1,02 mS.cm<sup>-1</sup>. Pour la variation verticale de la conductivité électrique (Fig. 28), on remarque une bonne variation entre les horizons du profil.

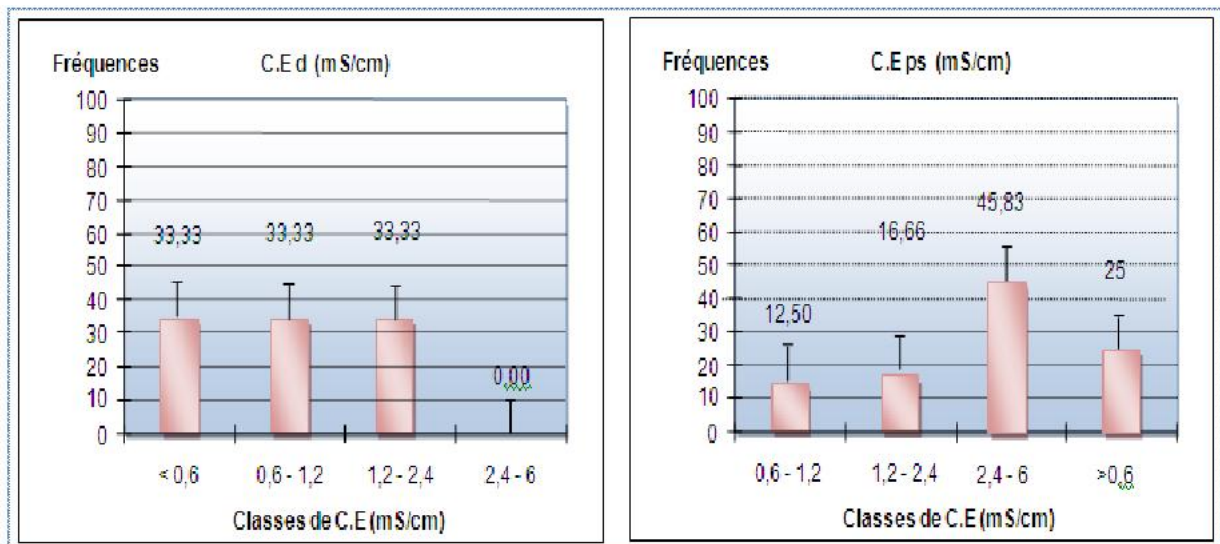


Fig. 28 : Classes de conductivité électrique.

De ce fait, les sols présentent une quantité négligeable de sels due vraisemblablement au climat et la nature du sol. En effet, le milieu est caractérisé par un climat semi-aride et la présence d'une croûte calcaire peu profonde qui peut être à l'origine des sels solubles.

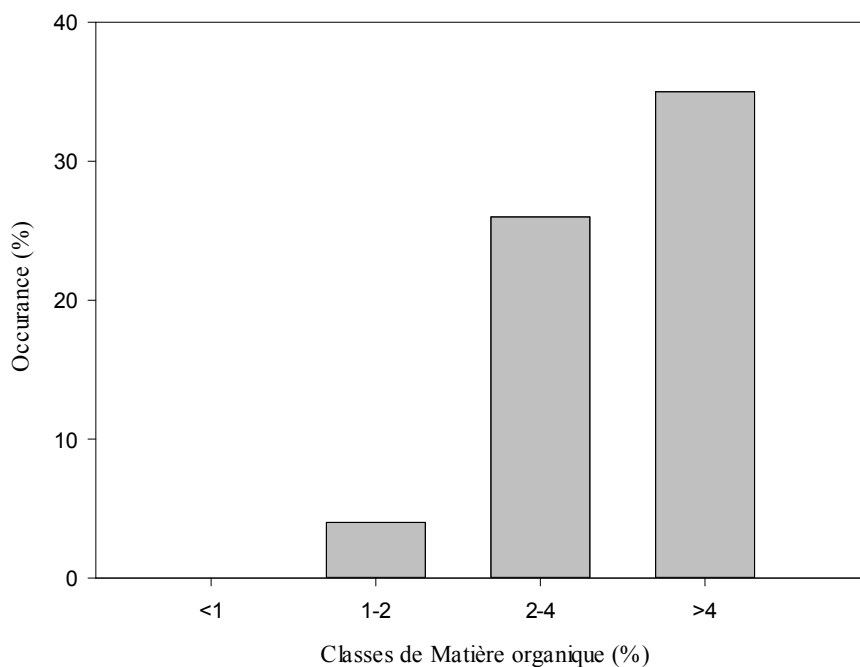
#### 4.5. Matière organique

La matière organique assure la liaison entre les particules minérales du sol qui contribue au rétablissement de la stabilité structurale. Selon (Balesdent, 1996), la matière organique a de multiples propriétés qui lui confèrent des fonctions agronomiques primordiales en tant que composante importante de la fertilité des sols. Parmi les principaux rôles de la matière organique dans le sol, on peut citer :

- Limite les risques de dégradation physique des sols ;
- Augmente la réserve en eau du sol ;
- Contribue à la fertilité chimique du sol.

Par ailleurs, elle possède une forte capacité d'échange cationique qui se manifeste dans certains milieux comme les sols sableux où elle constitue la principale réserve en éléments disponibles (K, Ca).

Les résultats de la matière organique (Fig. 29), montre les différentes classes que comptent les sols du plateau qui se caractérisent par une forte teneur en matière organique à l'exception de quelques sols. En effet, 40 et 54 % des échantillons de sols analysés ont respectivement entre 2 à 4 % et plus de 4 % de matière organique.



**Fig.29** : Distribution des classes de matière organique

## 4.6 Analyse des ions

### 4.6.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est employée pour l'analyse factorielle de plusieurs variables quantitatives continues. Elle constitue une méthode de simplification à partir des relations linéaires entre variables. Considérée d'un point de vue géométrique, l'ACP est une méthode de projection d'un nuage de points multidimensionnel sur un sous-espace orthonormé de faible dimension : il y a donc nécessairement de la déformation, c'est pourquoi il faut prêter une grande attention aux qualités des représentations (mesure des distances entre axes) (Dumolard *et al.*, 2003).

Le problème à résoudre est sémantique et non technique. Il est abordé via la constitution d'un tableau de données, à transformer en information synthétisée, simplifiée, hiérarchisée mais la plus fidèle possible aux données initiales. En conséquence, il est important d'avoir une connaissance approfondie de la signification des variables mises en œuvre (définition, conditions de relevé, champ spatial et temporel, source, fiabilité, etc.). (Escofier et Pages, 1998).

Enfin, l'ACP n'est pas un substitut à la culture disciplinaire mais au contraire un moyen de la valoriser. En effet, sans compréhension et connaissance géographique, quelle interprétation géographique pertinente faire des résultats d'une l'analyse ? (Sanders, 1990)

### 4.6.2. Valeurs propres et vecteurs propres

Les valeurs propres permettent de quantifier la part de l'information expliquée par chaque axe, elle mesure donc le degré de corrélation le plus élevé entre toutes les variables. Alors que le vecteur propre est la projection toujours perpendiculaire des vecteurs variables sur l'axe principal. A chaque valeur propre correspond un vecteur propre.

La valeur propre est de 3,70 (Tableau 07) et correspond à un pourcentage de 17,63 %, c'est le rapport de la valeur propre du premier axe à la somme de toutes les valeurs propres que multiplie 100 et exprime la part de l'information expliquée par le premier axe.

**Tableau.07** : Valeurs propres des variables

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
<b>Valeur propre</b>	3,70	3,21	2,58	1,97	1,88	1,51	1,21	1,19	1,05
<b>% variance</b>	17,63	15,30	12,30	9,38	8,97	7,19	5,78	5,67	4,99
<b>% cumulé</b>	17,63	32,92	45,22	54,60	63,57	70,77	76,55	82,21	87,20

La part de l'information expliquée par deux axes est la somme des parts expliquées par chaque axe :

Axe1 – Axe 2 : 17,63%	+ 15,30%	= 32,93%	pour le plan 1 – 2
Axe1 – Axe 3 : 17,63%	+ 12,30%	= 29,93%	pour le plan 1 – 3
Axe1 – Axe 4 : 17,63%	+ 9,38%	= 27,01%	pour le plan 1 – 4
Axe2 – Axe 3 : 15,30%	+ 12,30%	= 27,60%	pour le plan 2 – 3
Axe2 – Axe 4 : 15,30%	+ 9,38%	= 24,68%	pour le plan 2 – 4
Axe3 – Axe 4 : 12,30%	+ 9,38%	= 21,68%	pour le plan 3 – 4

Le nombre de facteur à retenir est une décision purement arbitraire. Toutefois, il existe des lignes directrices habituellement utilisées, et qui, en pratique donnent les meilleurs résultats parmi lesquelles :

- le critère de Kaiser, le plus couramment utilisé et qui ne prend en compte que les facteurs ayant une valeur propre supérieure à 1 (Kaiser, 1960),
- le test des valeurs propres proposé par Cattell qui suggère de trouver l'endroit où les valeurs propres dans un simple tracé linéaire semblent s'équilibrer à droite de ce tracé. A droite de ce point, on risque de ne trouver que des « éboulis factoriels » (Cattell, 1966).

Selon la règle de Kaiser et d'après le test de Cattell (Fig.30), le tracé des valeurs propres montre neuf axes qui représentent et synthétisent au mieux l'information dans notre étude. En effet, la part de l'information expliquée du premier au neuvième axe est de 87,20 %.

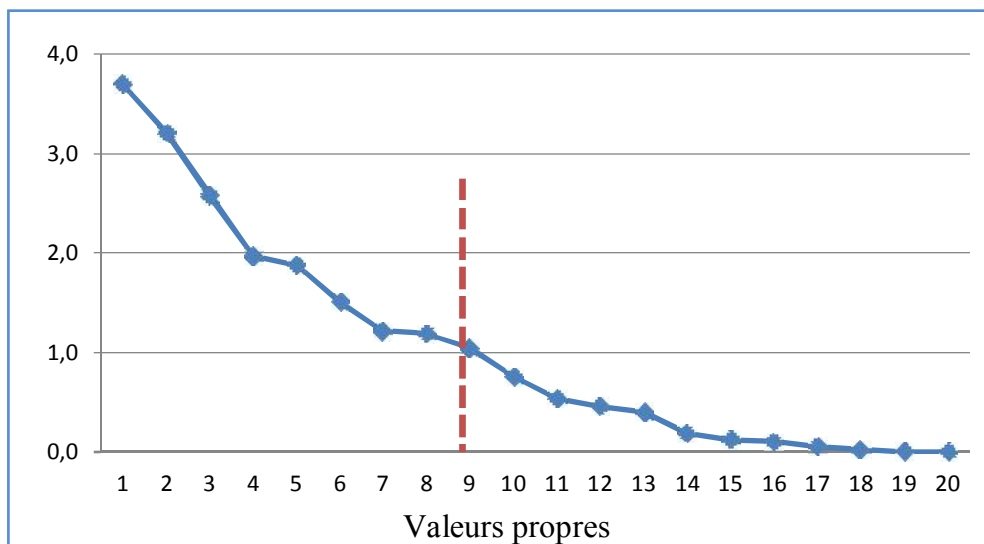


Fig. 30 : Tracé des valeurs propres des variables

### 4.6.3. Étude des variables

L'examen du tableau des contributions des variables permet d'identifier des variables qui ont un rôle dominant dans la formation d'un axe factoriel :

**Axe 1** : Axe de prédominance ducalcaire active

variables	Cosinus carré	Contribution du variable %
CA%	0,79	21,31
X TOTAL	0,78	21,02
CT	0,78	21,02
Chlore	0,31	8,35

**Axe 2** : Axe de prédominance du Magnésium

variables	Cosinus carré	Contribution du variable %
Mgmg/l	0,74	22,88
Na mg/l	0,44	13,72
LG%	0,44	13,68
Sulfates	0,28	8,58

**Axe 3** : Axe de prédominance dusable grossier

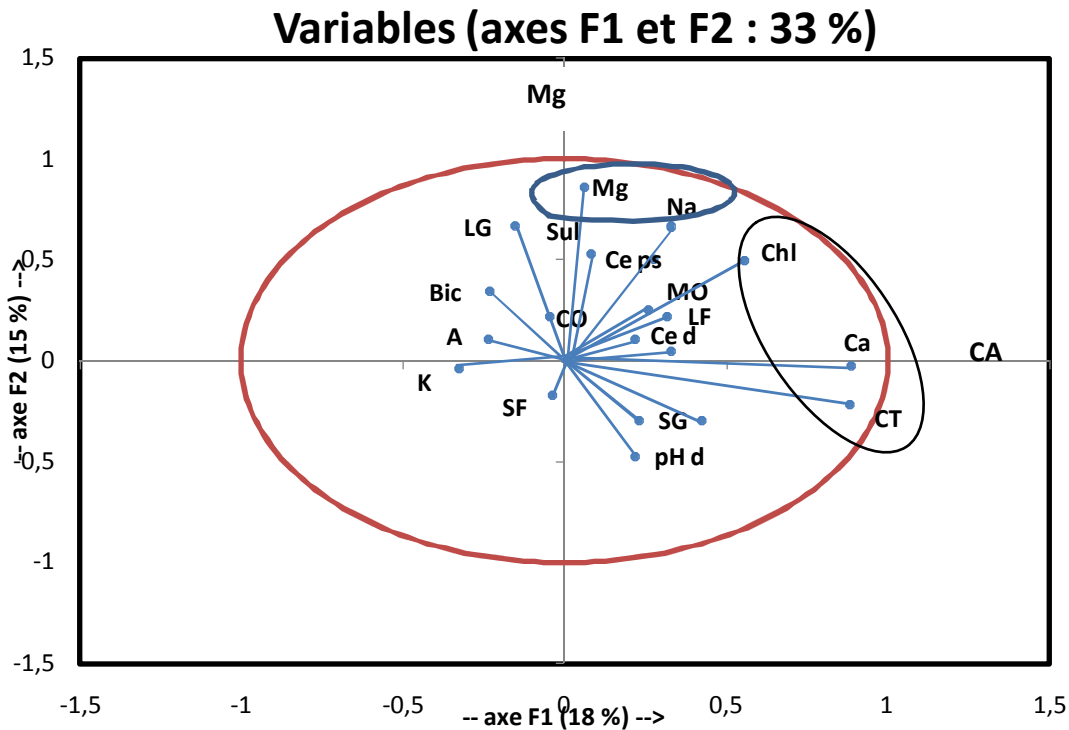
variables	Cosinus carré	Contribution du variable %
SG%	0,49	19,11
SF%	0,46	17,89
CO %	0,40	15,36
MO%	0,34	13,15
pH d	0,28	11,02

**Axe 4** : Axe de prédominance de la conductivité électrique de l'extrait dilué

variables	Cosinus carré	Contribution du variable %
Ced	0,42	21,08
SF%	0,25	15,73

### 4.6.4 Analyse des projections des variables sur le plan factoriel

Plan axe 1-2



**Fig. 31:** Projection des variables sur le plan axe 1-2

Le diagramme des axes F1 et F2 explique à lui seul 33% de l'information, il regroupe les variables en deux ensembles (CT, Ca% et chlore,) et (Mg, Na, LF%et Sulfate). Entre les variables du groupe on constate une forte corrélation.

Le vecteur du carbone organique et de la matière organique de faible longueur indique une faible corrélation, donc une mauvaise prise en compte de la couverture du sol par l'ensemble des deux axes. Par contre le vecteur du Mg de grande longueur indique son influence dans la définition de l'axe 2.

Plan axe 2-3

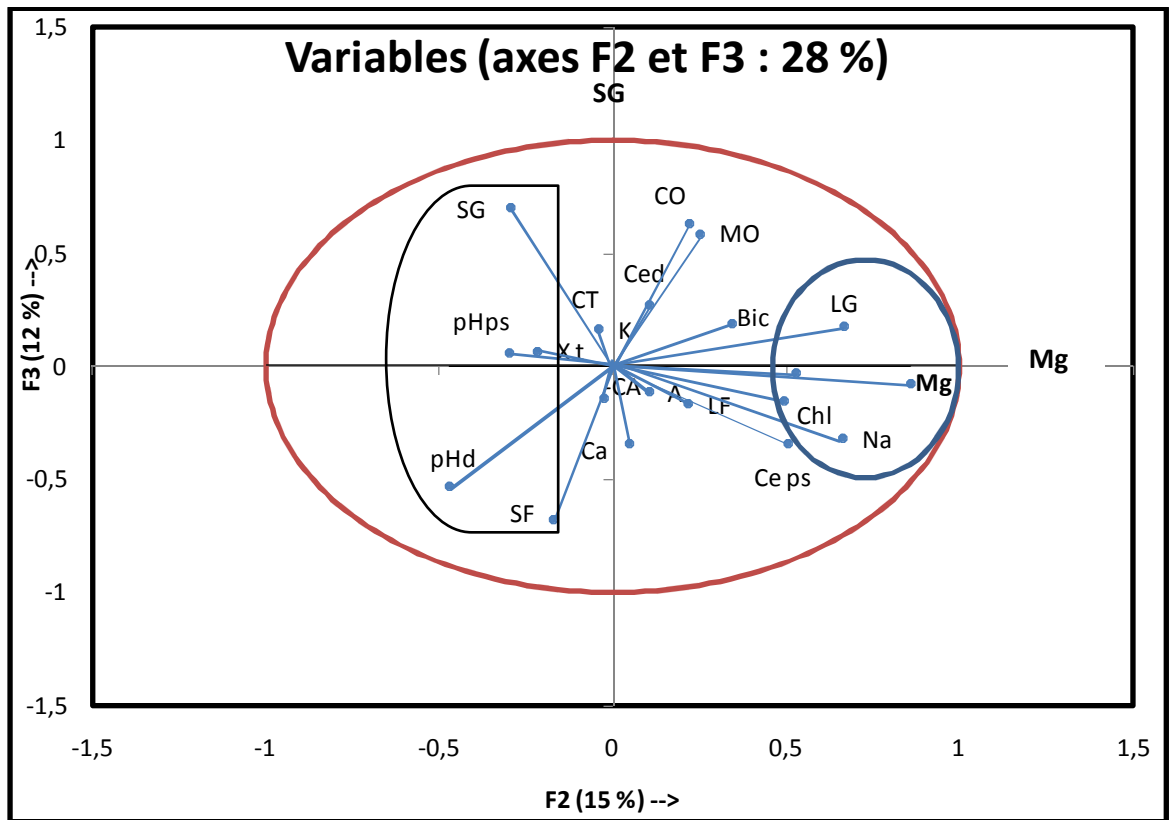


Fig.32: Projection des variables sur le plan axe 2-3

Le plan axe 2-3 qui explique 28 % de l'information, montre que l'axe 3 oppose plusieurs variables : CO, MO, LG, Mg, Na, SG, SF, pH et CE.

Les coordonnées des individus (Tableau 13annexe) montrent des relations entre paramètres étudiés pour plusieurs ensembles de profils.

Tableau.08: Synthèse des résultats de l'ACP

Profils	Relation avec	Remarques
9, 2, 3	pH, Mg, Na	Sol basique
4, 14, 13	Argile	Erosion
3, 1, 2, 12, 9, 23, 24, 2, 7	SG, SF	Forte érosion éolienne (dépôt)
3, 20, 17, 6	CT, CA, .	Forte érosion hydrique
8, 11, 10, 18, 5	conductivité	Solssalés
15, 24, 2, 3	Magnesium	Pollué

## 4.7 Résultats des analyses de l'eau

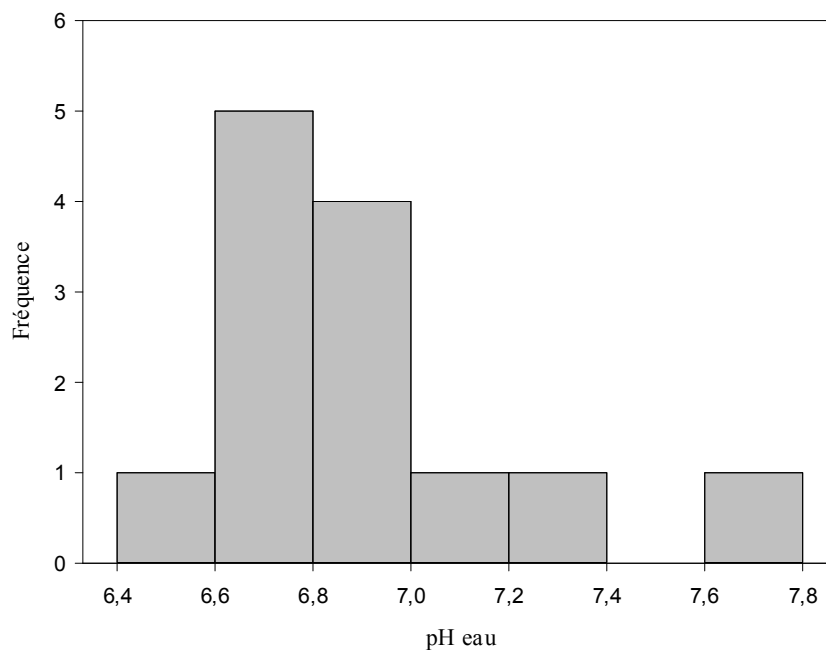
### 4.7.1. Analyses physico-chimiques

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire de la qualité d'une eau. Les différentes analyses effectuées concernent des échantillons d'eau prélevés sur 13 puits répartis dans la même zone ont été prélevés les échantillons de sol.

### 4.7.2. Potentiel Hydrogène pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH est l'un des facteurs les plus importants qui influe sur l'activité biologique de la microflore des eaux. La grande majorité des microorganismes se développent dans une zone du pH variant de 4,5 à 8,0 (**Botton et al.**, 1990; **Meinck et al.**, 1977 –). Lorsque le pH est supérieur à 8, l'efficacité d'une éventuelle décontamination microbienne par le chlore diminue.

Les résultats du pH (Fig. 33), montrent que la plus part des échantillons enregistrent des valeurs dans l'intervalle compris entre 6,6 et 7,0. Les valeurs extrêmes sont respectivement 6,52 et 7,89.



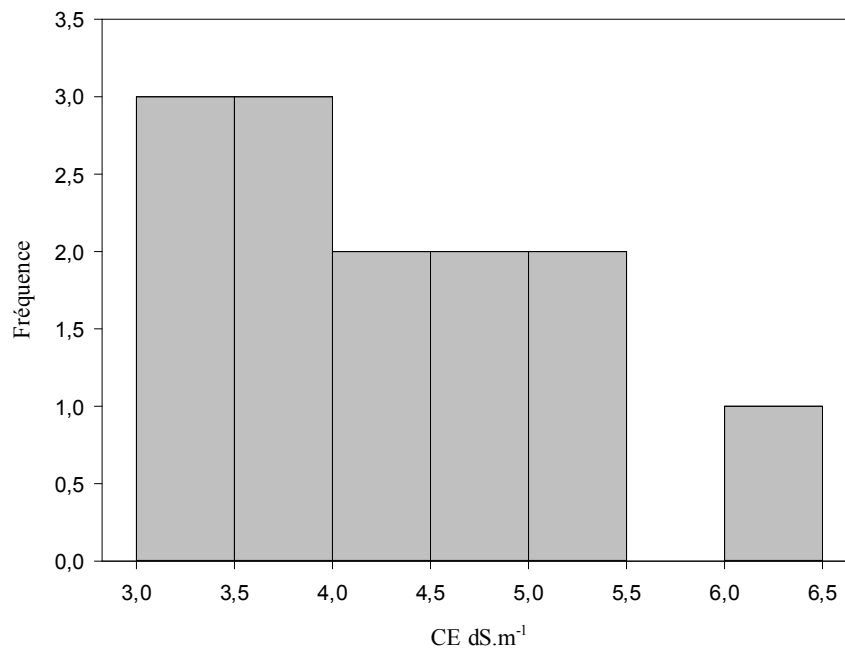
**Fig. 33:** pHdes échantillons d'eau prélevés à partir des différents puits

### 4.7.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) de l'eau est une mesure de son aptitude à se laisser traverser par le courant électrique. La mesure de la CE permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution. Une CE de l'eau

supérieure à  $1500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) est considéré comme inutilisable dans les zones irriguées.

Les valeurs de la CE (Fig. 34), révèlent que près de 77 % des échantillons d'eau étudiés enregistrent une CE comprise entre 3 et 5  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . De ce fait, elles se situent dans la classe  $C_4$  de la classification de l'USDA qui correspond à une eau de très forte salinité. Dans ce cas, l'eau est généralement non recommandée pour l'irrigation.



**Fig.34:** Conductivité électrique des eaux des différents puits étudiés

Pour le groupe des échantillons d'eau restants (33 %), ils présentent une CE comprise entre 5 et 6,5  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Ils appartiennent donc à la classe  $C_5$  et sont strictement inutilisables sauf peut-être pour l'irrigation des sables quand ils sont bien drainés.

#### 4.7.3. Dureté de l'eau

La dureté de l'eau est due à la présence du calcium et dans une moindre mesure à celle du magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium. Mais, il est possible d'exprimer la dureté d'une eau par la somme des concentrations en Ca et en Mg (Tableau 09) exprimée en degré hydrotimétrique ( $^{\circ}\text{TH}$ ). Un degré hydrotimétrique correspond à une concentration égale à  $2 \cdot 10^{-1} \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Tableau .09 : Concentration des cations dans les échantillons d'eau (meq.l<sup>-1</sup>)

N°_ puits	K	Mg	Ca	Na
7	2,01	5,18	3,52	4,17
19	0,21	4,99	3,38	5,43
4	0,21	4,95	2,92	4,96
5	0,17	4,94	2,26	6,39
6	0,13	4,38	2,26	4,65
21	0,13	4,05	2,01	1,52
20	0,09	3,53	1,72	1,70
9	0,09	3,51	1,55	2,91
13	0,07	3,25	1,31	2,69
12	0,07	2,95	1,30	2,30
15	0,06	2,65	1,24	1,26
23	0,05	2,24	1,19	1,96
16	0,05	2,05	1,19	6,30

Les résultats du calcul du degré hydrotimétrique (Fig. 35), montrent que les échantillons d'eau analysés varient entre les caractères dure (54 %) et très dure (46 %). La présence d'une couche calcaire peu profonde dans la région du plateau de Mostaganem, explique en partie l'évolution de la dureté de l'eau étant donné que ces deux éléments proviennent généralement de l'altération de la roche-mère.

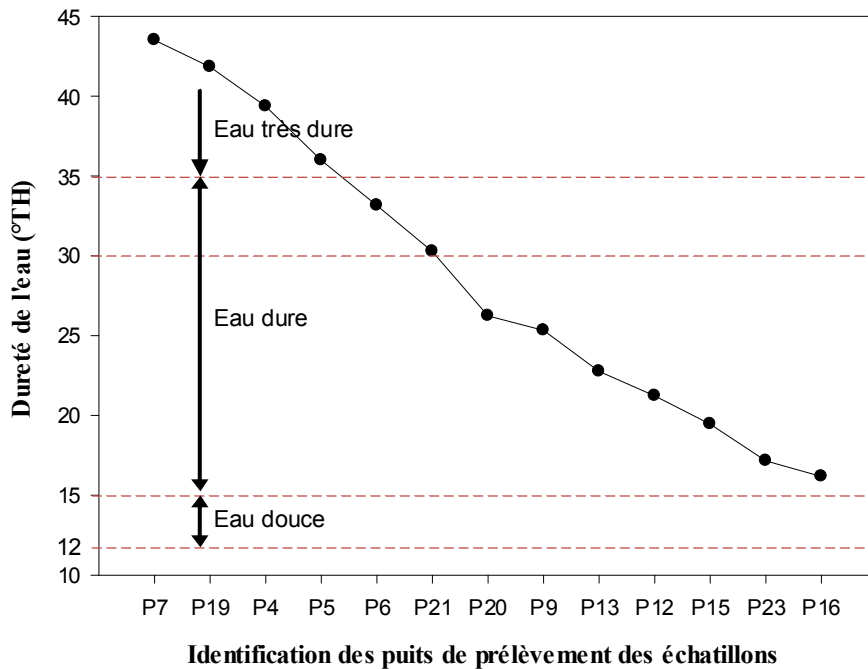


Fig.35: Degré hydrotimétrique des eaux des différents puits étudiés

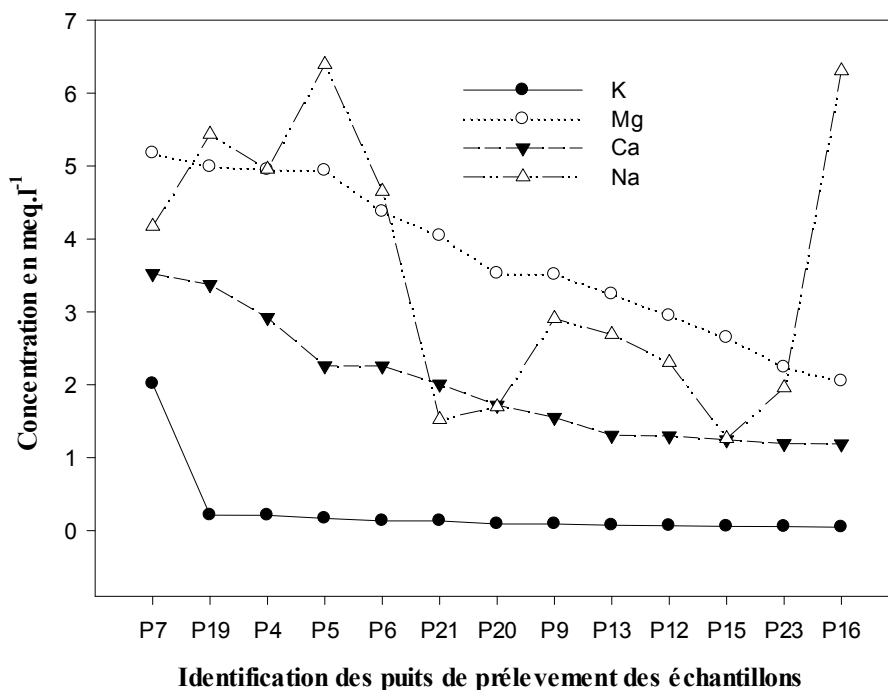
La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines. Par contre, si la concentration en magnésium est plus élevée que celle du calcium (Tableau 09), cela soupçonnerait une éventuelle contamination par l'eau de mer.

La qualité des eaux analysées ne serait pas souhaitable pour l'usage domestique car elle réduit de beaucoup l'efficacité des produits hygiéniques. Par contre, en agriculture, son usage est tout à fait possible en prenant des précautions sur les autres paramètres de caractérisation comme la salinité et la sodicité.

Nous constatons, par ailleurs (Fig. 36), une présence non négligeables de cations majeurs dans les échantillons d'eau étudiés. L'analyse de la qualité de l'eau étant discutée par rapport à un usage agricole, la présence du potassium K apparaît en concentrations faibles. En effet, sur les 13 échantillons étudiés, seuls les 4 premiers enregistrent des teneurs supérieures aux seuils tolérés par les normes qui varient de 0,01 à 0.13 meq.l<sup>-1</sup> (Peterson, 1999).

Le calcium, par contre, enregistre des concentrations conformes aux limites tolérables qui se situent entre 2 et 6 meq.l<sup>-1</sup>.

C'est les cations Mg<sup>++</sup> et Na<sup>+</sup> qui se trouvent à des concentrations anormalement élevées susceptibles de développer des effets toxiques sur les cultures. Notamment



**Fig.36:** Concentration des cations dans les eaux des différents puits étudiés

Pour le sodium qui en plus du fait qu'il enregistre des quantités importantes pour les échantillons de certains puits, il est très fluctuant. Ceci nous amena à calculer le SAR des échantillons d'eau susceptible de mieux rendre compte de l'effet du sodium sur la qualité des

eaux. Les résultats (Fig. 37), montrent que l'essentiel des échantillons (85 %) d'eau étudiés ont un SAR inférieur à 3 ce qui n'affecte pas leur qualité pour un usage agricole. Deux échantillons, par contre, enregistrent un SAR > 3 et nécessitent d'être utilisés avec précaution (Maynard et Hochmuth, 1997)

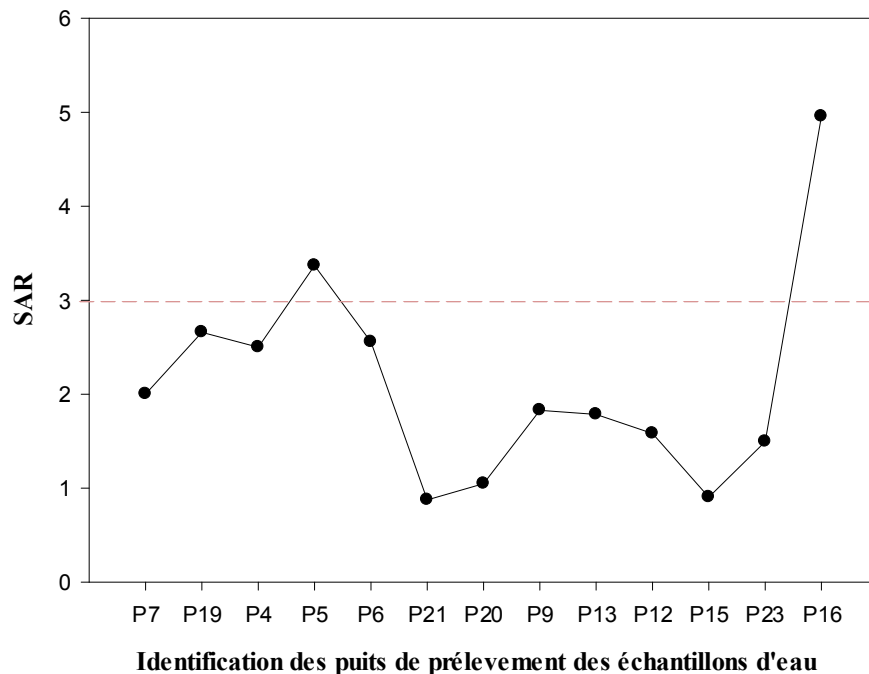


Fig.37: SAR des eaux des différents puits étudiés

Il est admis que les éléments présents dans les eaux phréatiques ou souterraines parviennent en règle générale par ruissellement et infiltration, et de ce fait, sont liés aux activités agricole et industrielle. Nous allons discuter de cet aspect plus en détails dans la partie discussions des résultats.

**4.7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)**

**4.7.4.1. Matrice de corrélation (Valeurs propres et vecteurs propres)**

Comme pour les analyses de sols, nous allons appliquer l'analyse en composantes principales ACP aux résultats obtenus dans les analyses d'eau. Pour cela les valeurs propres des variables sont présentées au Tableau 10.

Tableau 10 - Valeurs propres des variables

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
<b>Valeur propre</b>	3,09	1,36	1,20	1,02	0,92	0,63
<b>% variance</b>	34,28	15,15	13,40	11,38	10,22	7,03
<b>% cumulé</b>	34,28	49,44	62,85	74,23	84,46	91,49

La part de l'information expliquée par deux axes est la somme des parts expliquées par chaque axe :

Axe1 – Axe 2 : 34.28%	+ 15.15%	= 45.43%	pour le plan 1 – 2
Axe1 – Axe 3 : 34.28%	+ 13.40%	= 47.68%	pour le plan 1 – 3
Axe1 – Axe 4 : 34.28%	+ 11.38%	= 45.66%	pour le plan 1 – 4
Axe2 – Axe 3 : 15.15%	+ 13.40%	= 28.55%	pour le plan 2 – 3
Axe2 – Axe 4 : 15.15%	+ 11.38%	= 26.53%	pour le plan 2 – 4
Axe3 – Axe 4 : 13.40%	+ 11.38%	= 24.78%	pour le plan 3 – 4

**4.7.4.2. Étude des variables**

L'examen des tableaux des contributions des variables permettent d'identifier des variables qui ont un rôle dominant dans la formation d'un axe factoriel :

**Axe 1 : Axe de prédominance de la conductivité électrique**

Variable	Cosinus carré	Contribution du variable %
<b>Ce</b>	0,82	26,68
<b>Cl</b>	0,80	25,78
<b>Mg</b>	0,48	15,49
<b>PH</b>	0,28	9,00
<b>Na</b>	0,26	8,52

**Axe 2 : Axe de prédominance du Ca**

Variable	Cosinus carré	Contribution du variable %
<b>Ca</b>	0,45	32,88
<b>SO<sub>4</sub></b>	0,30	22,33

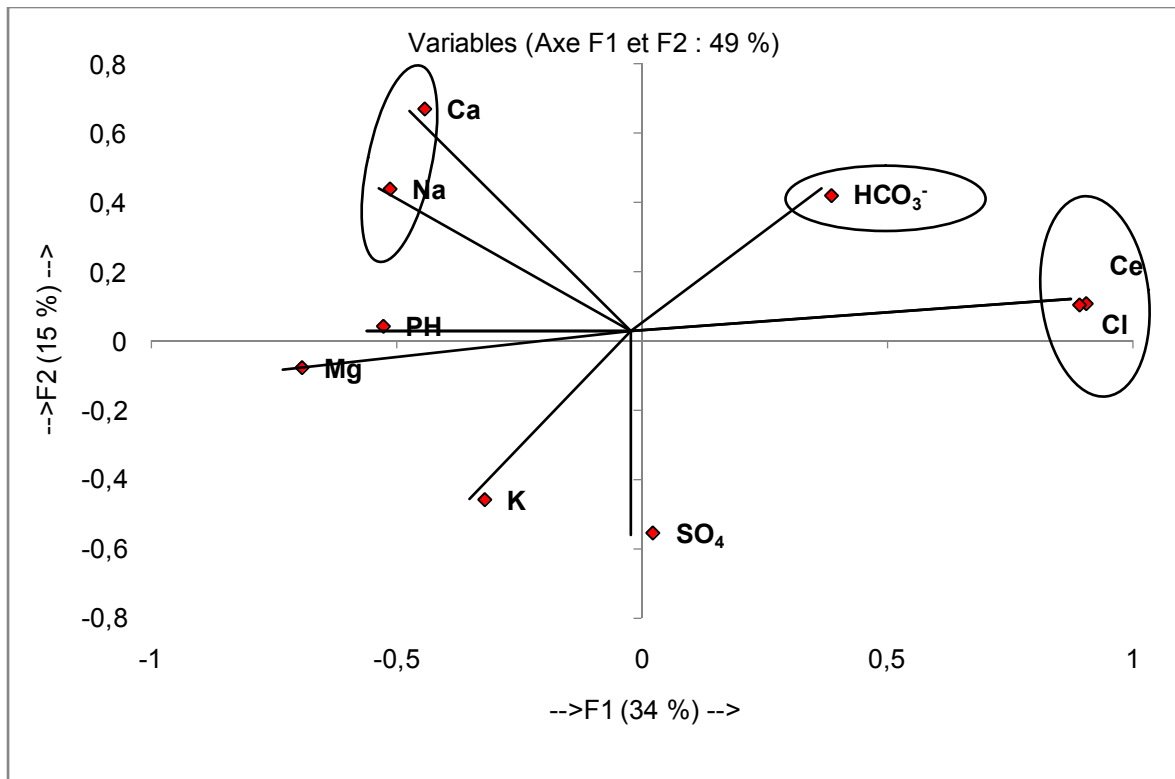
**Axe 3 : Axe de prédominance du SO<sub>4</sub>**

Variable	Cosinus carré	Contribution du variable %
<b>SO<sub>4</sub></b>	0,45	22,33
<b>K</b>	0,28	15,33

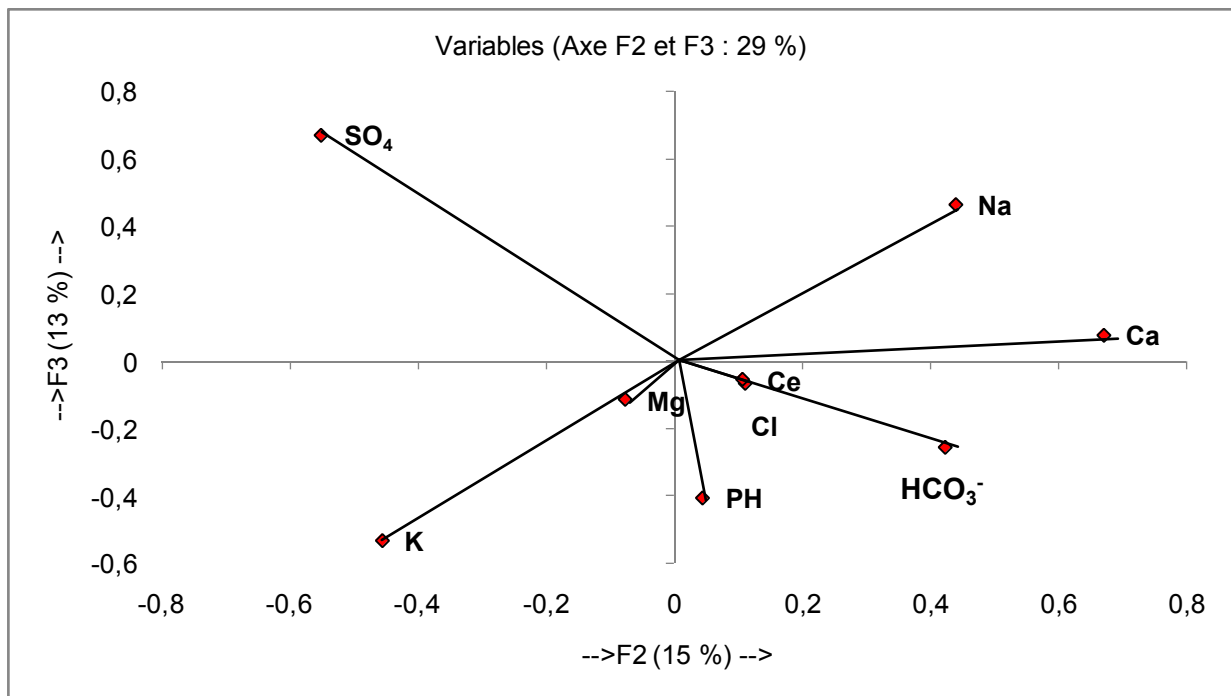
**Axe 4 : Axe de prédominance du Mg**

Variable	Cosinus carré	Contribution du variable %
<b>Mg</b>	0,25	23,92

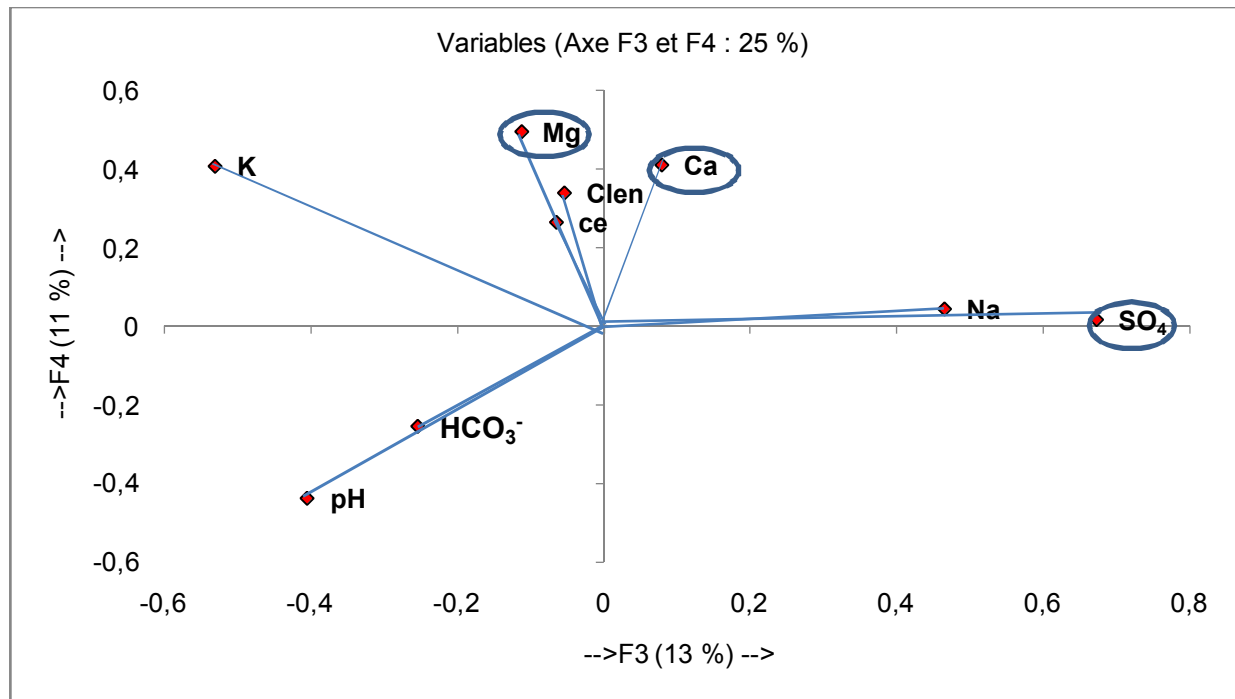
Plan F1 et F2



Plan F2 et F3



Plan F2 et F4



4.7.4.3. Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H)

L'objectif de cet algorithme est de rassembler des objets dans des classes de plus en plus larges, dans le but d'obtenir une représentation schématique simple d'un tableau dont les colonnes (variables) caractérisent l'ensemble des lignes (observations) en utilisant certaines mesures de similarité ou de distance. Ces distances peuvent être basées sur une dimension simple ou multiple.

Tableau.11: Synthèse des résultats de l'ACP

Classe	N° du puits	pH	CE	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
Classe1 (L2)	92;3;15;8; 12;16;19;24; 22;11	7,09	1,70	9,10	4,10	1,96	3,55	35,38	23,75	241
Classe2 (L18)	2;10;17;18; 21;13;26; 25;1;3;20	7,15	1,25	8,50	4,80	1,12	2,12	21,14	45,15	169,00
Classe3 (L4)	7;5;4;	6,64	5,13	41,10	5,40	2,39	1,80	22,31	23,87	114,00
Classe4 (L14)	6;14;	6,66	2,15	14,70	4,50	4,12	1,26	20,15	6,15	48,00

Au cours de ce travail, nous avons établi un diagnostic global des eaux de prélèvement des différents puits étudiés. Les essais de caractérisation des eaux résiduaires ont montré une forte et irrégulière pollution, qui pourrait être préjudiciable pour le milieu récepteur aquatique (oued, lac).

Nous avons ainsi mis en évidence une pollution par la présence des ions biogènes ou sels nutritifs, dépassant dans la plupart des cas les normes admissibles des rejets d'eaux industrielles. C'est le cas des teneurs en phosphates et en sulfates. Ces deux éléments favorisent le développement des algues qui peuvent entraîner le déséquilibre du milieu environnant.

Nous constatons par ailleurs que les valeurs de la conductivité électrique sont élevées. Ceci peut engendrer une pollution par les éléments minéraux.

Des doses de sels non négligeables sont détectées dans les eaux des sites étudiés, notamment au niveau du puits 4 et 5.

Afin d'améliorer la qualité de ces eaux et pour une bonne préservation du milieu récepteur, des interventions s'imposent pour remédier à ce problème environnemental par l'établissement de normes nationales et l'installation d'une station de recyclages et traitement des eaux pour le plateau de Mostaganem

## Discussions et conclusions

Pour aborder la discussion des différents résultats présentés dans le présent travail, il est important de prendre en compte sur le plan méthodologique, le fait que la contamination des eaux souterraines par les différentes formes de dégradation proviennent indéniablement des sols par voie de ruissellement et d'infiltration. En effet, les sols sont eux-mêmes soumis aux diverses pressions anthropiques liées à la consommation et le développement urbains, agricoles et industrielles (travail du sol, irrigation, fertilisation, micropolluants, construction, rejets industriels..). Dans ce cas, la surveillance environnementale d'un écosystème, peut en grande partie être effectuée par le biais de la surveillance des eaux souterraines où se décantent les impacts de beaucoup d'activités agricoles et industrielles sur l'écosystème. D'autant plus que les activités agricole et industrielle sont les plus grandes consommatrices d'eau en tant qu'élément véhiculeur de polluants par ruissellement et infiltration. C'est pourquoi, le diagnostic de l'état de dégradation et de pollution des eaux souterraines est un indicateur pertinent de l'état de dégradation des ressources en sols particulièrement dans des milieux très convoités comme le cas du plateau de Mostaganem.

Ceci, nous emmène à commencer par analyser les résultats obtenus sur les échantillons d'eau prélevés sur les 7 puits recensés dans la partie sud-ouest du plateau de Mostaganem. La première contrainte qui nous affronte est celle de la représentativité de cette zone par rapport à l'ensemble du plateau. En effet, si on prend en compte les transects est-ouest et nord-sud (Figs. 4 et 5, § chap. II), l'on remarque que la zone de prélèvement des échantillons d'eau semble favorable à la réception d'une bonne partie des eaux de ruissellement mais surtout d'infiltration puisque les sols du plateau sont en majorité sableux. Une couverture hydrogéologique, demeure néanmoins, nécessaire pour déterminer le sens des transferts d'eaux souterraines et pour mieux appréhender les zones d'écoulement favorisée. Dans tous les cas de figure, il est important de signaler que les données recueillies dans le cadre de la présente étude, concernent en tout premier lieu la zone étudiée, mais elles acquièrent quand même le caractère d'une approche méthodologique qui contribuerait amplement à l'étude du diagnostic de l'état de dégradation des ressources en sols et en eau dans un écosystème.

Pour revenir à l'analyse des résultats sur les échantillons d'eau étudiés, il apparaît que les 2/3 d'entre eux ont un pH qui varie entre 6,6 et 7. Ceci montre qu'il se situe dans la zone proche du neutre. Cependant, ce paramètre ne suffit pas à lui seul pour rendre compte de la qualité d'une eau s'il n'est pas discuté par rapport à la dureté de l'eau ou son degré

hydrochimétrie. En effet, le pH est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides. Ce pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau mais aussi à moindre mesure à la présence d'hydroxydes, de bases organiques, de borates, d'ions ammoniums, de phosphates et de silicates.

Les résultats de la dureté de l'eau, montre qu'elle varie entre le caractère dur et très dur. Le fait que son alcalinité ne soit pas élevée incrimine la présence du calcium et du magnésium sous forme de sulfates et de chlorures. En effet, la présence de ces deux cations sous forme de sulfates semble plus importante que celle sous forme de chlorures. Dans les deux cas, c'est la présence du magnésium qui est plus importante que le calcium. En effet, la concentration de cet élément est en moyenne dans les échantillons d'eau analysés entre 2 et 5 meq.l<sup>-1</sup>, ce qui correspond à l'intervalle compris entre 24 et 60 ppm alors que les normes recommandent une teneur maximale inférieure ou égale à 25 ppm. Il est important de rappeler qu'une dureté élevée de l'eau pose beaucoup de problèmes lors de son utilisation. Outre son effet inhibiteur du pouvoir de saponification, elle est à l'origine du colmatage des conduites d'irrigation et industrielles par la formation de carbonates et d'hydroxydes de magnésium d'autant plus de la grande présence de ce dernier dans le milieu. En plus, une forte présence de sels sous forme de sulfates dans l'eau est non seulement impropre à la consommation humaine mais aussi intolérable pour une utilisation industrielle. De ce fait, son utilisation pour la production agricole doit être conduite avec beaucoup de précautions.

C'est les deux paramètres : conductivité électrique (CE) et taux d'adsorption du sodium (SAR) qui présentent une importance majeure. En effet, un excès de sels augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui inhibent l'absorption racinaire des plantes. Ce qui entraîne une sécheresse sur le plan physiologique malgré qu'il reste dans le sol une humidité suffisante pour la plante en conditions standards. Dans ce cas, la plante flétrit du fait que l'absorption racinaire n'arrive plus à combler les pertes par évapotranspiration. C'est tous les sels qui contribuent à l'augmentation de la pression osmotique dans le milieu. Parmi tous les sels, le sodium a un autre effet spécifique de toxicité sur les plantes en fonction de leurs degrés de tolérance à la sodicité mais aussi sur les propriétés physiques du sol. Parmi les cultures sensibles au sodium, il y a les carottes, les haricots, les fraises, les framboises et les oignons.

C'est sur les sols que le sodium entraîne des dégâts importants en agissant sur la floculation de l'argile du sol. Ce phénomène détruit progressivement la structure du sol jusqu'à sa totale

imperméabilisation. Ce type de dégradation peut arriver à un stade irréversible et de ce fait le sol en tant que ressource non renouvelable est perdu.

Les échantillons d'eau analysés dans le cas du plateau de Mostaganem montrent qu'une grande partie (77 % des échantillons) est dans la classe des eaux à très forte salinité. Le reste des échantillons (33 % des échantillons) est dans la classe des eaux inutilisables pour l'irrigation sauf peut-être pour des parcelles où les sables dominent et quand ils sont bien drainés. Ceci ne peut être expliqué que par une origine géologique ou une origine édaphique de cette salinité. En effet, dans les analyses de ses sols, nous avons relevé en moyenne une conductivité électrique faible, ce qui n'écarte pas l'hypothèse d'une origine édaphique de la salinisation des eaux souterraines étant donné la nature sableuse des sols du site étudié en particulier et du plateau de Mostaganem en général. De ce point de vue, les échantillons d'eau analysés paraissent fortement contaminés en aval du fait des activités agricoles, urbaines et industrielles qui ne cessent de se développer en amont. En effet, cette région est réputée pour sa vocation en élevage où il existe une activité avicole intense.

Cette situation est de nature très problématique du fait de la multitude de facteurs qui interviennent sur le milieu. Elle exige, en outre, une analyse minutieuse et doit faire l'objet d'une voie de recherche qui implique tous les opérateurs socio-économiques et les scientifiques experts dans cette thématique.

Par ailleurs, il faut ajouter les autres formes de dégradation physique particulièrement des sols du plateau de Mostaganem engendré par l'érosion sous ses deux formes hydrique et particulièrement éolienne. En effet, si cette forme de dégradation des sols est souvent rapportée par beaucoup d'opérateurs agricoles et socio-économiques du terrain, elle n'a pas encore bénéficié de suffisamment de travaux pour escompter évalué son niveau de contamination. Mais d'une manière globale, il est possible d'identifier sur le terrain une forte activité érosive éolienne sur toute la zone entourant Mazagan. Dans ce cas, on peut observer deux zones de forte activité éolienne : la partie nord-ouest et la partie sud-ouest. Dans la partie nord-ouest, c'est l'érosion hydrique en milieu naturel non cultivé qui s'exprime sous forme de cirques centrés où l'érosion en nappe est importante. La partie sud-est est, par contre, fortement marquée par la formation de ravins et de rigoles. L'érosion en nappe est moins présente en milieu nu par rapport aux zones cultivées du fait de l'influence du travail du sol sur la susceptibilité à l'érosion. Là apparaît l'effet de l'action anthropique qui amplifie le processus de dégradation des sols par érosion. Des situations similaires touchent les autres communes du plateau de Mostaganem telles que : la partie sud-ouest de Mostaganem, la zone sud-est de Ain Nouissy et Ain Sidi Chérif.

Il est donc important d'analyser par rapport au développement urbain et industriel, les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne des sols du plateau. En effet, la comparaison des processus d'érosion et de végétation des zones d'étude montre une nette relation entre le degré de contamination des sols et le taux de leurs recouvrements végétal souvent perturbés par les pressions urbaines et industrielles. D'une manière générale, on remarque en termes de paysages :

- la forêt, essentiellement en forme de galerie qui occupe près de 2% de la superficie du plateau (forêt de Marzouka, Amarna, Boukerdal, Stidia et Mesra)
- le paysage se présente sous forme de cultures maraichères à côté de petites forêts qui se détachent en clair sur un gris du paysage.
- les vergers : ils constituent le couvert végétal autour des villages 3 %.

En outre, on peut remarquer dans le sud-ouest des espaces forestiers qui sont réduits des liserés entre les champs des paysans. Au nord-ouest, la forêt presque intacte dessine le chevelu hydrographique avec moins de parties cultivées dans cette zone. Ensuite, la formation herbeuse très clairsemée, laissant parfois des grandes surfaces de sols nus. Aux alentours de la ville de Hassi Mameche, Mezagran, Stidia, le couvert végétal naturel (forêt, maquis hermè) est très entamé par les cultures.

Les traces de ruissellement sont importantes dans la plaine clairsemée du nord-ouest, alors que sous la forêt (forêt de Boukerdal) du sud-ouest, plus couvrante, on les observe à peine. En définitif, il est possible de dire qu'en plus du fait que la végétation a un rôle protecteur important vis-à-vis du phénomène d'érosion, il ne faut pas perdre de vue qu'il faut concilier les autres effets liés au climat, à la nature des sols, aux réseaux hydrographiques mais aussi et surtout à l'action de l'homme.

Reste à évoquer une autre forme de dégradation des sols à laquelle la communauté scientifique ne semble pas sensible malgré la forte perte en terres fertiles qu'elle engendre dans le cas du plateau de Mostaganem. Il s'agit du regain du béton (construction) sur les terres agricoles. Cette forme de dégradation peut être facilement repérée sur des photos aériennes prises à intervalles de temps chronologiques. Pour ne donner un exemple, nous avons recensé deux photos prises sur Google Earth prises respectivement les 02/09/2004 et 30/07/2010 (Fig.38). Dans ces deux photos, on peut bien voir comment en l'espace de moins de six ans les dernières aires nues qui restaient éparpillées au milieu d'un réseau urbain concentré ont fini par servir encore une fois d'assiette à d'autres constructions au lieu d'être aménagés en espaces verts. L'on peut observer sur ces deux photos, combien la situation est loin de refléter les normes internationales qui stipulent que pas moins de 30% de la superficie en construction

doit être réservé à l'espace vert. Il y a lieu de noter que depuis les années 1970 une partie des terres les plus fertiles de Mostaganem ont servi à des constructions comme le cas de la cité du 5 juillet qui borde la vallée des jardins (la zone la plus fertile de Mostaganem).



**Fig. 38** – Photos d'une zone urbaine du plateau de Mostaganem prises respectivement les 02/09/2004 et 30/07/2010 (source : Google Earth, version 6.1.0.5001)

Pour terminer cette discussion, il est nécessaire de rappeler que le diagnostic de l'état de dégradation du plateau de Mostaganem est une approche complexe dans laquelle beaucoup de facteurs interviennent. De ce fait, elle ne peut être appréhendée profondément dans le cadre d'une étude comme le présent travail, autant par l'étendue des données sur le terrain qu'il faut regrouper que par l'hétérogénéité des différentes zones qu'il faut aborder séparément. En effet, le cas de la ville de Mostaganem, Chef-lieu de la Wilaya, ne peut être abordé de la même manière que la ville de Hassi Mamèche. La première étant convoitée par une concentration urbaine, agricole et industrielle très importante alors que la seconde concernée uniquement par l'activité agricole.

En perspectives, il est important que la problématique de l'étude des agents de dégradation des ressources en sols et en eaux repose sur un schéma intégré qui impliquerait tous les intervenants dans le milieu. Cette étude doit se faire dans la continuité et doit aboutir à des indicateurs de santé des sols et des eaux en mesure de permettre aux différents opérateurs d'évaluer leurs impacts sur le milieu en vue de maintenir un équilibre écologique de la région dans le cadre du développement socioéconomique.

## Références Bibliographiques

- **Acton D.F., Gregorich, L.J., 1995** - The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada. Agriculture Agri-Food Canada, CDR Unit, Ottawa.
- **Aït Amara H., 2009** – Quel futur alimentaire pour l'Algérie ?. Collection Perspectives. Editions Mille-Feuilles. 142p. Alger
- **Alcaraz C., 1969** – Détermination de la limite méridionale de l'influence de la brise, son action marine sur la répartition de la végétation oranaise. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 61, 1-2.
- **Anderson J., 1995**. Soil organisms as engineers: microsite modulation of macroscale processes. In: Jones, C.G., Lawton, J.H. (Eds.), Linking Species and Ecosystems. Chapman & Hall, London, pp. 94-106.
- **Anderson, J.M., 1988**. The role of soil fauna in agricultural systems. In: Wilon, J.R. (Ed.), Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. CAB International, Wallingford, pp. 89-113.
- **Andrews SS., Karlen DL., Cambardella CA., 2004** - The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. Soil Sci. Soc. Am. J., 68: 1945-1962.
- **Anonyme, 2006** - Les pesticides dans l'air en France et en Auvergne : état des lieux. Publication de l'Association pour la mesure de la pollution atmosphérique de l'Auvergne (Atmo Auvergne). 32p. Web site: <http://www.atmoauvergne.asso.fr/publications/rapport%20pesticides%20DRAF-V3.pdf>
- **Anonyme, 1993** – Soil and Water Quality: An Agenda for Agriculture. Committee on Long-Range Soil and Water Conservation, Board of Agriculture, National Research Council. National. Academy Press, Washington, DC.
- **Arabi M. 1991**. Influence de quatre systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen. Thèse doctorat géographie, Grenoble. 276 p.
- **Arabi M. et Roose E. 1989**. Influence de quatre systèmes de production en zone méditerranéenne de moyenne montagne en Algérie. Bull. Réseau Erosion 9: 39-51.
- **Arabi M. et Roose E. 1992**. Water and soil fertility management G. CES.A new strategy to fight erosion in Algerian mountains. Paper to ISCO7, Sydney: 11 p.

- **Atroune F., 1993** - Etude de la sédimentation sur le plateau continental de Mostaganem (Algérie occidentale) : rôle de l'oued Chélif et des organismes carbonatés. Magister USTHB Alger, 143p.
- **Aubert G. 1987.** Erodibilité des sols de la région d'Ouzera. Bull. Réseau Erosion 8: 97-99.
- **Badard T., 1996** – Etablissement d'un système transactionnel relationnel/objet pour longues transactions. Rapport de DEA Image, Université Jean Monnet, St Etienne, ENTPE. 81p.
- **Bagnouls F. et Gaussen H., 1955** – Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 83 :193-239.
- **Baise D. et Jabiol B., 1995** – Guide pour la description des sols, édition I.N.R.A Paris. 375 p.
- **Baise D., 1988** – Guide des analyses courantes en pédologie édition I.N.R.A Paris. 172 P.
- **Balesdent J., 1996** – Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France revue AFES 3, 4, 1996 INRA Versailles. 16 pages.
- **Barbier P., 2002** – Cours Map Info V6.5 – livret 1, 2, 3. Cours Tutoriaux. IGN-ENSG-CERSIG.12p
- **Barbier P., 2002** – Cours Vertical Mapper V.2.6. Cours Tutoriaux. IGN- ENSG-CERSIG. 10p
- **Bates R. G., 1973** – Détermination of pH.Theory and practice.WILEY J. and Sons.New.York.8p.
- **Belgat S. et Meziani K., 1984** – Le cordon dunaire littoral de la région de Mostaganem. Thèse doctorat Université d'Aix-Marseille. 213 p.
- **Belgat S., 1984** – Etude phytoécologique et propositions en vue de l'aménagement du cordon dunaire littoral de la région de Mostaganem (Algérie), Thèse Doct. Droit Econ. Sc. Fac. Des Sciences et Techniques. St-Jérôme, Marseille. 232p.
- **Benabdelli K. et Mederbel, K., 2004.** – Contribution à l'étude phytoécologique da la zone humide de la Macta (Algérie occidentale)
- **Benabdelli K., 1983** – Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de l'action anthropozoogène dans le massif forestier de Telagh. Thèse Doct. Spé. Univ. Aix–Marseille III.236p

- **Bengtsson J., 1998.** Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Appl. Soil. Ecol.* 10, 191-199.
- **Benkhelifa M., 1997** – Effets de la bentonite sur les propriétés physiques, hydriques et mécaniques d'un sol sableux du plateau de Mostaganem. Thèse de Magister, Institut National Agronomique, INA El Harrach, Alger, 114p.
- **Benmohammadi A., Benmohammadi L.; Ballais J. L., Riser J., 2000** - Analyse des inter-relations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de Ziz). *Sécheresse*. Vol. 11, n°4, 297-308.
- **Besson L., 1996** – Les risques naturels en montagne. Traitement, Prévention, Surveillance. Grenoble : Artès – Publialp. – 437 p.
- **Blair J.M., Bohlen P.J., Freckman D.W., 1996.** Soil invertebrates as indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 273-291.
- **Bolognesi R., 1991** – L'analyse spatiale des risques d'avalanches. Premiers développements d'un environnement informatique d'aide à la décision. Thèse de doctorat, Cemagref division Nivologie. Laboratoire de la Montagne Alpine, Université Joseph Fourier. Grenoble, 1991. 218 p.
- **Bongers T., Bongers M., 1998.** Functional diversity of nematodes. *Appl. Soil Ecol.*
- 10, 239-252.
- **Bouma J., 1997.** Soil environmental quality: a European perspective. *J. Environ. Qual.* 26, 26-31.
- **botton b., Bretton a., Fevre M., Gauthier s.,guy ph., LArpent JP., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y et veau p. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. Collection Biotechnologiques. Ed Masson. P97- 213-216- 219.
- **Braesch C., Haurat A., 1995** – La modélisation systémique en entreprise. Paris : Hermès. 288 p.
- **Brugnot 1999**– Contribution of research to the reduction of avalanche hazard, compte-rendu de la réunion du 28 avril 1999.
- **Brugnot G., Manche Y., Burnet R., Strazzeri D., Martin H., Villanova M, Cassayre H., 1998** – Système d'Information pour les Risques naturels de la haute Vallée de l'Arve, rapport final. Rapport pour le Contrat de Plan Etat Région Rhône-Alpes, Cemagref UR ETNA, IMAG LSR, service RTM Haute-Savoie. 34 p.

- **Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992** – Les mots de la géographie ; dictionnaire critique. Paris : GIP RECLUS, La Documentation Française. 470 p.
- **Brussaard et al., 1997**. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 26, 563-570.
- **Buisson L., 1990**– Le raisonnement spatial dans les systèmes à base de connaissances, application à l’analyse de sites avalanches. Thèse de doctorat, IMAG. Université Joseph Fourier. Grenoble. 76 p.
- **Calkins P., Janelle C., Lambert R., 1996** - Mesure et profil de la pauvreté en milieu rural au burkinafaso. *AgroAlimentaria* No 3.
- **Camara, H., 1998** – Etude des vents en rapport avec l’érosion éolienne, cas du plateau de Mostaganem. Mémoire d’Ingénieur d’Etat. Université de Mostaganem. 118p.
- **Cattell R. B., 1966.** – The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- **Chatelain et al., 1994** – Les scénarios sismiques comme outils d’aide à la décision pour la réduction des risques : projet pilote à Quito, Equateur. *Revue de Géographie Alpine*, t. LXXXII, n°4, pp 131-150.
- **Chevallier J-J., 1994** – De l’information à l’action : vers des systèmes d’aide à la décision à référence spatiale (SADRS). *European Conference on Geographical information Systems*, Paris, pp 9-21.
- **Citeau I., Bispo A., Bardy M., et King D., 2008** – Gestion durable des sols. Editions Quae, 320p.
- **Codd E. F., 1970** – A relational model for large shared data banks. *Proceedings of the ACM*, Vol. 13, n°6. pp 337-387.
- **Costanza R., d’Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O’Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1997**. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-259.
- **D’Ercole R., 1994** – Les Vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d’analyse. *Revue de Géographie Alpine*, t. LXXXII, n°4, 1994, pp 87-96.
- **Daget P., 1977** – Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d’Emberger. *Vegetatio* 34: 87-104.
- **David B., 1991** – Modélisation, représentation et gestion d’information

géographique. Une approche en relationnel étendu. Thèse de doctorat, Université Paris 6, Informatique, Institut Géographique National. COGIT. 215 p.

- **De La Losa A., 2000** – Modélisation de la troisième dimension dans les bases de données géographiques. Thèse de doctorat, Université de Marne la Vallée, IGN-COGIT. 174 p.
- **De Martonne E., 1927** – Traité de géographie physique, Vol. 1. Paris. A. Colin
- **Debrach J., 1953** – Notes sur les climats du Maroc occidental. Maroc méridional. 32: 1122-34.
- **Decrop G, Charlier C., 1997** – De l'expertise scientifique au risque négocié. Paris: Cemagref Editions. 102 p.
- **Demmack A. 1982.** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse doct. ing. Paris. 323 p.
- **Denègre J., Salgé F., 1996** – les Systèmes d'Information Géographique. Paris : Presse Universitaire de France. Collection Que sais-je ?, n°3122.
- **Derruau M., 1974** – Précis de géomorphologie. Editions Masson & Cie, Paris. 477p.
- **Dick R.P., Thomas D.R., Halvorson J.J., 1996.** Standardized methods, sampling, and sample pretreatment. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil.
- **Doran J. W. et Zeiss M. R., 2000** - Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Appl. Soil Ecol. 15, pp : 3–11
- **Doran J.W., 1997.** Soil quality and sustainability. In: Proceedings of the XXVI Brazilian Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil, 20-26 July 1997.
- **Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A. (Eds.), 1994b.** Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Special Publication 35, Madison, WI. 421p.
- **Doran J.W., Liebig M.A., Santana D.P., 1998.** Soil health and global sustainability. In: Transactions of the 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Montpellier, France, 20-26 August 1998.
- **Doran J.W., Parkin T.B., 1996.** Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 25-37.
- **Doran J.W., Safley M., 1997.** Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (Eds.), Biological Indicators of Soil Health. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 1-28.

- **Doran J.W., Sarrantonio M., Janke R., 1994a.** Strategies to promote soil quality and soil health. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R., Grace, P.R. (Eds.), *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*. CSIRO, Victoria, Australia, pp. 230-237.
- **Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M., 1996.** Soil health and sustainability. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, Vol. 56. Academic Press, San Diego, pp. 1-54.
- **Doran J.W., Stamatiadis S. 1999.** Soil health as an Indicator of Sustainable Land Management: Summary Findings of an International Workshop. *Agronomy Abstracts*, Salt Lake City, Utah meeting, 31 October-4 November 1999.
- **Drinkwater L.E., Cambardella C.A., Reeder J.D., Rice C.W., 1996.** Potentially mineralizable nitrogen as an indicator of biologically active soil nitrogen. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 217-229.
- **Dumanski J., Eswaran H., Latham M., 1992.** A proposal for an international framework for evaluating sustainable land management. In: *Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*. Vol. 2: Technical Papers. International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand, 1991. IBSRAM Proceeding No. 12 (2).
- **Dumolard P., Dubus N., Charleux L., 2003.** – Les statistiques en géographie. Belin, coll. Atouts.
- **Emberger L., 1930** – La végétation de la région méditerranéenne : essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 42 : 641-662, 705-721.
- **Emberger L., 1939** – Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Verof.Geobot. Inst. Rübel Zurich*, 14, 40-137.
- **Emberger L., 1942** : Un projet de classification des climats du point de vue phytoécologique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 77: 97-124.
- **Emberger L., 1955** – Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier.* 7: 3-43.
- **Escofier B., Pages J., 1998.** – Analyses factorielles simples et multiples. Dunod, 3<sup>ème</sup>ed.
- **Flageollet J.C., 1989** – Les mouvements de terrains et leur prévention. – Paris : Ed Masson, Collection Géographie. 224 p.

- **Freckman, D.W., Virginia, R.A., 1997.** Low-diversity Antarctic soil nematode communities: distribution and response to disturbance. *Ecology* 78, 363-369.
- **Gardarin G., 1982** – Bases de données : les systèmes et leurs langages. Paris : éditions Eyrolles. 265 p.
- **Girard M. C., 1977.** – Apport de la télédétection à la cartographie des sols : possibilités, limites. Actes du 1<sup>er</sup> colloque « Pédologie et Télédétection », Rome, pp. 221- 231.
- **Girard Michel-Claude, GIRARD Colette, 1999** – Traitement de données de télédétection Dunod, Paris.
- **Glanz J.T., 1995.** Saving Our Soil: Solutions for Sustaining Earth's Vital Resource. Johnson Books, Boulder, CO, USA.
- **Gomez A.A., Swete Kelly D.E., Seyers J.K., Coughlan K.J., 1996.** Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 401-410.
- **Goossens, 2002-**
- **Gouno T. M., 1969** – Méthodes quantitatives d'étude de la végétation. Masson édition. Paris. 314 p.
- **Granatstein D., Bezdicek D.F., 1992.** The need for a soil quality index: local and regional perspectives. *Am. J. Altern. Agric.* 7, 12-16.
- **Gregorich E.G., Carter M.R. (Eds.), 1997.** Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. *Developments in Soil Science* 25, Elsevier, Amsterdam.
- **Guarnieri F., 1992** – Modèles de systèmes et systèmes de modèles dans les systèmes à base de connaissances. Thèse de doctorat, CEMEF. Ecole des Mines de Paris. Sophia Antipolis, Laboratoire de la Montagne Alpine, université Joseph Fourier. Grenoble. 219 p.
- **Haberern J., 1992.** Viewpoint: a soil health index. *J. Soil Water Conserv.* 47, 6.
- **Hamblin A., 1991.** Environmental indicators for sustainable agriculture. Report of a national workshop. Publ. LWRDC and GRDC, 96 pp.
- **Harris R.F., Karlen D.L., Mulla D.J., 1996.** A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 61-82.

- **Harwood, R.R., 1990.** A history of sustainable agriculture. In: Edwards, C.A., Lal, R., Madden, P., Miller, R.H., House, G. (Eds.), Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, pp. 3-19.
- **Heusch B. 1970.**L'érosion du Pré-Rif. Une étude quantitative de l'érosion hydrique dans les collines marneuses du Pré-Rif occidental. Annale Rech. Forestière du Maroc, tome 12, 176 p.
- **Heusch B. 1986.** Cinquante ans de banquettes de DRS en Afrique du Nord: un bilan. Cah.ORSTOMPédol. 222: 153-162.
- **Hortensius D., Nortcliff, S., 1991.**International standardization of soil quality measurement procedures for the purpose of soil protection. Soil Use Manage. 7, 163-166.
- **Houghton R.A., Hobbie J.E., Melillo J.M., Moore B., Peterson B.J., Shaver G.R., Woodwell G.M., 1983.** Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO to the atmosphere. Ecol. Monog. 53, 235-262. 2
- **ImazMJ., Virto I., Bescansa P., Enrique A., Fernandez-Ugalde O., Karlen DL., 2010** - Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil Till. Res., 107: 17-25.
- **Isik M., Hudson D. and Keith H. Coble, 2005** - The value of site-specific information and the environment Technology adoption and pesticide use under uncertainty. Journal of Environmental Management 76 (2005) 245–254
- **Jacobson I., Christerson M., Jonsson P., Overgaard G., 1993** – Le génie logiciel orienté objet. Paris : Editions Addison-Wesley France. 536 p.
- **Jarrosson B., 1992** – Invitation à la philosophie des sciences. – Paris : Edition du Seuil. 233p.
- **Johnson D.L., Ambrose S.H., Bassett T.J., Bowen M.L., Crummey D.E., Isaacson J.S., Johnson D.N., Lamb P., Saul M., Winter-Nelson A.E., 1997.** Meanings of environmental terms. J. Environ. Qual. 26, 581-589.
- **Jones C., 1997** – Geographical information System and Computer cartography. Harlow : Longman. 318 p.
- **Kaiser, H. F., 1960.** – The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement, 20, 141-151.

- **Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997** – Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 4-10.
- **Koohafkan, P. and Altieri M.A., 2010** – Globally Important Agricultural Heritage Systems: a legacy for the future UN-FAO, Rome
- **Kouidri R., Arabi M. et Roose E. 1989.** Premiers résultats de mesure du ruissellement et de l'érosion en nappe: Medea, Algérie. *Bull. Réseau Erosion* 9: 33-38.
- **Lahlou M., Badraoui M., Souidi B., Goumari A. et Tessier D., 2002** - Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, France, : 28-29.
- **Lal, R., 1998** – Basic concepts and global issues: soil quality and agricultural sustainability. In: Lal, R (Ed.), *Soil Quality and Agricultural Sustainability*. Ann Arbor Science, Chelsea, MI, USA, pp. 3-12.
- **Le Houérou N. H., 1992** – Relations entre la variabilité des précipitations et celles des productions primaires et secondaires en zones arides. In : Le Floch, E., Gouzis, A., Cornet, A. et Bille, J-C. (eds), *L'aridité, une contrainte au développement*, pp. 197-220. ORSTOM, Paris.
- **Le Houérou, N. H., 1977** – Desertification : Environmental Degradation in and Around Arid Lands, Boulder, Westview Press, 346 p.
- **Le Ribault L., 1980** -Exoscopie des quartz : fiches signalétiques et interprétation des principaux caractères phénomorphiques. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences, Université Paris-Sud (Centre d'Orsay). 427 p.
- **Lima A. C. R. and Rodriguez C., 2007** - Earthworm diversity from Rio Grande do Sul, Brazil, With a New Native Criodrilid Genus and Species (Oligochaeta: Criodrilidae). *Megadrilogica*.11: 9-18.
- **Lima, A. C. R. And Brussaard L., 2010** - Earthworms as Soil Quality Indicators: Local and Scientific Knowledge in Rice Management Systems. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número Especial 2, pp: : 109-116.
- **Lozet J. et Mathieu C., 1986** – Dictionnaire des sciences du sol. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 269 p.
- **Mairura FS., Mugendi DN., Mwanje JI., Ramisch JJ., Mbugua PK., Chianu JN., 2008** - Scientific evaluation of smallholder land use knowledge in Central Kenya. *Land Degrad. Dev.*, 19: 77-90.

- **Manche Y., 1997** – Propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles. *Revue de Géographie Alpine*, n°2, t. 85, pp 49-62.
- **Manche Y., 1997** – Vers une cartographie spatio-temporelle et multi-échelle des risques naturels en montagne. Actes Les Journées du Programmes Environnement, Vie et Sociétés PIREVS, Toulouse, 5-7 novembre 1997, pp 305-310.
- **Mate M. 1997** – Analyse et modélisation de la répartition spatiale de la neige transportée par le vent sur des sites d'avalanches et sur des domaines skiables. - Thèse de doctorat, Cemagref division Nivologie, université Joseph Fourier, Grenoble I. 180 p.
- **Mazour M. 1992**. Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser: Tlemcen, Algérie. *Bull. Réseau Erosion* 12: 300-313.
- **Meinck f., Stooff H., Kohlschütter H. (1977)**. Les eaux résiduaires industrielles, 2ème Ed. Masson, Paris, 863p.
- **Mosier A.R., 1998**. Soil processes and global change. *Biol. Fertil. Soils* 27, 221–229.
- **Mostari A., 1999** – Diagnostic phytoécologique et compréhension du fonctionnement des écosystèmes. Application au territoire test de Mostaganem. Thèse de Magister. Université de Bel Abbès. I.S.N. 120 p.
- **Muller P. A., 1997** – Modélisation objet avec UML. Paris Editions Eyrolles.
- **Mythili R. G., 2010** – Intensive agriculture and its impact on land degradation. Center of Excellence, Madras School of Economics. India. 12p. Web site: <http://coe.mse.ac.in/pdfs/coebreifs/Mythili.pdf>
- **Oberlin G., Gautier J-N, Chastant B., Farrisier P., Givone P., 1993** – Une méthode globale pour la gestion rationnelle des zones inondables : le programme inondabilité du Cemagref. *Sécheresse*, n°3, vol. 4, pp 171-176.
- **Oldeman L.R., 1994**. The global extent of soil degradation. In: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (Eds.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 99-118.
- **Ourabah A., 2005** - Mutations agraires en Algérie : cas du plateau de Mostaganem. Mémoire du diplôme d'Agronomie Approfondie de l'ENSA de Montpellier. 94p.
- **Oyarzun P.J., Gerlagh M., Zadoks J.C., 1998**. Factors associated with soil receptivity to some fungal root rot pathogens of peas. *Appl. Soil Ecol.* 10, 151-169.

- **Pajares-Moreno S., Gallardo-Lancho JF., Etchevers-Barra JD., 2010** - Biochemical indicators in soils from an altitudinal transect at the Mexican Neovolcanic belt. *Agrociencia*, 44: 261-274.
- **Pankhurst C., Doube B.M., Gupta V.V.S.R. (Eds.), 1997.** Biological Indicators of Soil Health. CAB International, Wallingford.
- **Papendick R.I., Parr J., 1992.** Soil quality- the key to a sustainable agriculture. *Am. J. Altern. Agric.* 7, 2-3.
- **Parr J.F., Papendick R.I., Hornick S.B., Meyer R.E., 1992.** Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *Am. J. Altern. Agric.* 7, 5-11.
- **Penning-Rowsell E., 1999** – Evaluation of the socio-economic impacts of flooding the situation in England and Wales, dans HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 177-189.
- **Pierzynski G.M., Sims J.T., Vance G., 1994.** Soils and Environmental Quality. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- **Pouget M. 1974.** Etude agro-pédologique de la région d'Ouzera. ANRH, Alger. 72 p.
- **Power J.F. 1996.** Requirements for a sustainable agriculture for the next generation. In: Nath, B., Lang, I., Mesaros, E., Robinson, J.P., Hens, L. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Environmental Pollution*, Vol.1, Budapest, Hungary, 15-19 April 1996. European Centre for Pollution Research, University of London, London, UK, pp. 92-98.
- **Puech C. Bailly J. S., 2003** – Risques d'inondation et modélisation hydrologique : pièges de l'assimilation de paramètres issus de données spatiales. *Articles. SIRNAT-JPRN Orléans 2003*. 8p.
- **Rolston D.E., Harper L.A., Mosier A.R., Duxbury J.M., 1993.** Agricultural Ecosystem Effects on Trace Gases and Global Climate Change. American Society of Agronomy, Special Publication 55, Madison, WI, USA.
- **Romi, D.E., Garlyn, M.J., Harri, R.F., McSweeney, K., 1995.** How farmers assess soil health and quality (Special Issue on Soil Quality). *J. Soil Water Conserv.* 50, 229-236.
- **Romig D.E., Garlynd M.J., Harris R.F., 1996.** Farmer-based assessment of soil quality: A soil health scorecard. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for*

Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Special Publication 49, Madison, WI, pp. 39-60.

- **Roose E. 1977.** Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: 20 années de mesures. Travaux et Documents, ORSTOM, Paris, n° 78: 108 p.
- **Roose E. 1987.** Evolution des stratégies de lutte antiérosive en Algérie; nouvelle démarche: la GCES. Séminaire INRF de Medea Algérie. Bull. Réseau Erosion 7: 91-96.
- **Roose E. 1988.** Water efficiency and soil fertility conservation on steep slopes of some tropical countries. Workshop SWCA Puerto Rico. Moldenhauer and Hudson (eds.), Ankeny USA. 296 p.
- **Roqueplo P., 1997** – Entre savoir et décision, l'expertise scientifique. Paris : INRA éditions. 111 p.
- **Rouzet C., Labbé S., 1997** – SIG en multi-partenariat : mobiliser les acteurs et partager les données. Revue International de Géomatique, Vol 7 – n°3, pp 279-295.
- **Saccardy L. 1949.** Nécessité de la lutte contre les érosions. Méthodes modernes de conservation des sols et des eaux. Bull. Techn. des ISA, n° 142, Revue Terres et Eaux, n° 9, Alger.
- **Sanders L., 1990** – L'analyse statistique des données en géographie. Reclus modes d'emploi.
- **Saunders D.W., 1992.** International activities in assessing and monitoring soil degradation (Special Issue on Soil Quality). Am. J. Alter. Agric. 7, 17-24.
- **Sauvage Ch. 1963** – Etages bioclimatiques. Notice et carte au  $1/2000000$ <sup>ème</sup>. Atlas du Maroc Sect. II. Pl. 6b. Comité Géographie Maroc. Rabat.
- **Seltzer P., 1946** – Le climat de l'Algérie. Editions Carbonnel, Alger ; 219 p.
- **Tafer B., 1993** – Etude phytoécologiques des complexes de végétation halophiles de la plaine de Mohammedia (Macta Oranie). Thèse Doc. Université de Droit, D'économie et des sciences d'Aix- Marseille. 102p.
- **Thornthwaite C., 1946** – Approach towards rational classification of climate. Geogr.Rev. 38 (1) 55-94.
- **Tinthoin R., 1938** – Les aspects physiques du Tell Oranais. Thèse de Doctorat Es Lettres, Fouques. (86 cartes et fig., 82 ph. Pl.). 638p.
- **U.S.D.A., 1998** – Keys to soil taxonomy, 8<sup>ème</sup> édition.

- **Vitousek P.M., Aber J.D., Howarth R.W., Likens G.E., Matson P.A., Schindler D.W., Schlesinger W.H., Tilman D.G., 1997** - Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecol. Appl.* 7, 737-750.
- **Wander MM., Bollero GA., 1999** - Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 961-971.
- **Wolters V., Schaefer M., 1994** - Effects of acid deposition on soil organisms and decomposition processes. In: Benckiser, G. (Ed.), *Effects of Acid Rain on Forest Processes*. Wiley, New York, pp. 83-127.

## Annexes

### Annexe 01 : Données climatiques des stations

Données des précipitations et des températures

<b>Mostaganem</b>	<b>1918 à 1983</b>		<b>1976 à 2010</b>	
<b>Mois</b>	<b>P (mm)</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>T (°C)</b>
J	47	12,45	50,04	11,55
F	29	13,25	46,88	11,95
M	35	14,4	31,13	14,30
A	41	16,15	30,31	14,25
M	31	18,55	21,66	14,25
J	7	21,65	8,18	24,25
J	1	24,1	3,21	22,35
A	6	24,9	4,8	25
S	22	23,15	28,4	20,0
O	31	20,1	46,24	19,68
N	79	16,3	58,59	15,45
D	69	13,45	55,37	12,6

### Annexe 02 : Régime saisonnier des stations

<b>Station</b>	<b>Période</b>	<b>Hiver</b>	<b>Printemps</b>	<b>Eté</b>	<b>Automne</b>
<b>Mostaganem</b>	<b>1913/1938</b>	145	87	14	132
	<b>1964/1994</b>	124,91	98,08	11,59	91,81

### Annexe 03 : Variation interannuelle des précipitations (1969-1994)

<b>Année</b>	<b>Mostaganem</b>
<b>1969</b>	724,5
<b>1970</b>	303
<b>1971</b>	596,5
<b>1972</b>	464,6
<b>1973</b>	457,4
<b>1974</b>	510,9
<b>1975</b>	433,9
<b>1976</b>	400,1
<b>1977</b>	270
<b>1978</b>	432,7
<b>1979</b>	458,2
<b>1980</b>	399

<b>1981</b>	297,4
<b>1982</b>	397,4
<b>1983</b>	277,5
<b>1984</b>	520,2
<b>1985</b>	355,4
<b>1986</b>	426,7
<b>1987</b>	245,2
<b>1988</b>	301,6
<b>1989</b>	237,2
<b>1990</b>	359,8
<b>1991</b>	182,8
<b>1992</b>	321,6
<b>1993</b>	196,4
<b>1994</b>	186,3

**Annexe 04 : Fiche descriptive des stations d'échantillonnage**

**Profil d'échantillonnage**

**ID profil :** ..... **Latitude**  
**(m) :** .....

**Profondeur (cm) :** ..... **Longitude** **(m) :** .....

<p><b><u>Différenciation du profil</u></b></p> <p><input type="checkbox"/> Non différencié</p> <p><input type="checkbox"/> Peu différencié</p> <p><input type="checkbox"/> Par la couleur</p> <p><input type="checkbox"/> Par la texture</p> <p><input type="checkbox"/> Par la structure</p> <p><input type="checkbox"/> Par la compacité</p> <p><input type="checkbox"/> Par le drainage</p> <p><input type="checkbox"/> Par la charge en éléments grossiers</p> <p><input type="checkbox"/> Par la perméabilité</p> <p><input type="checkbox"/> Par l'effervescence</p>	<p><b><u>Rochosité/Pierrosité en surface</u></b></p> <p><input type="checkbox"/> Aucune (0 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Très peu (0-2 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Peu (0-5 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Communs (5-15 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Nombreux (15-40 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Abondants (40-80 %)</p> <p><input type="checkbox"/> Dominants (&gt; 80 %)</p>
	<p><b><u>Matière organique en surface</u></b></p> <p><input type="checkbox"/> Fibrique (faiblement décomposée)</p> <p><input type="checkbox"/> Hémique (décomposition intermédiaire)</p> <p><input type="checkbox"/> Saprique (très décomposée)</p>

<p><b><u>Sensibilité au recouvrement</u></b></p> <p><input type="checkbox"/> Aucune</p> <p><input type="checkbox"/> Faible (croûte tendre - de 0,5 cm d'épaisseur)</p> <p><input type="checkbox"/> Modérée (croûte tendre + de 0,5 cm d'épaisseur)</p> <p><input type="checkbox"/> Forte (croûte dure + de 0,5 cm d'épaisseur)</p>	<p><b><u>Profondeur d'enracinement</u></b></p> <p><input type="checkbox"/> Très superficielle (&lt;30 cm)</p> <p><input type="checkbox"/> Superficielle (30-50 cm)</p> <p><input type="checkbox"/> Modérément profonde (50-100 cm)</p> <p><input type="checkbox"/> Profonde (100-150 cm)</p> <p><input type="checkbox"/> Très profonde (&gt;150 cm)</p>
--	---

<p><b><u>Drainage</u></b></p>	
<p><input type="checkbox"/> Excessivement drainé</p> <p><input type="checkbox"/> Quelque peu excessivement drainé</p> <p><input type="checkbox"/> Bien drainé</p> <p><input type="checkbox"/> Modérément bien drainé</p>	<p><input type="checkbox"/> Imparfaitement drainé</p> <p><input type="checkbox"/> Médiocrement drainé</p> <p><input type="checkbox"/> Très médiocrement drainé</p>

<p><b><u>Taux d'infiltration</u></b></p>	
<p><input type="checkbox"/> Très lent (&lt;0,1 cm/h)</p> <p><input type="checkbox"/> Lent (0,1-0,5 cm/h)</p> <p><input type="checkbox"/> Modérément lent (0,5-2,0 cm/h)</p> <p><input type="checkbox"/> Modéré (2,0-6,0 cm/h)</p>	<p><input type="checkbox"/> Rapide (6,0-12,5 cm/h)</p> <p><input type="checkbox"/> Très rapide (12,5-25,0 cm/h)</p> <p><input type="checkbox"/> Extrêmement rapide (&gt;25 cm/h)</p>

**Granulométrie**

**Sable grossier (%) :** .....

**Sable fin (%) :** .....

**Limons grossiers (%) :** .....

<p><b><u>Classe granulométrique</u></b></p>	
<p><input type="checkbox"/> Sableux</p> <p><input type="checkbox"/> Sablo-Limoneux</p> <p><input type="checkbox"/> Sablo-argileux</p> <p><input type="checkbox"/> Limoneux</p> <p><input type="checkbox"/> Limono-sableux</p>	<p><input type="checkbox"/> Limono-argileux</p> <p><input type="checkbox"/> Argileux</p> <p><input type="checkbox"/> Argilo-sableux</p> <p><input type="checkbox"/> Argilo-limoneux</p>

Limon fin (%) :.....

Argile (%) :.....

### Analyse chimique

pH Eau :..... Calcaire total (%) .....

Calcaire actif (%) :.....

Conductivité électrique (mMhos/cm) :..... Carbone organique (%) :

Azote total (%) :.....

Matière organique (%) :..... Rapport C/N (%) :.....

#### Annexe 05 : Méthodes d'analyses

##### Analyses physico-chimiques du sol

##### Méthodes d'analyse physico-chimiques du sol

Paramètres	Méthodes d'analyse	Unités
Température	Thermomètre à mercure°C	Rodier (1996)
PH	PH-mètre étalonné à pH	4, 7,10. Rodier (1996)
Conductivité électrique	Conductimètre étalonné avec les solutions H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.01N) et de KCl (1N). µs/cm	Rodier (1996)
bicarbonate SO <sub>4</sub>		Meq/l
Mg		
K		
Ca		Mg/l
Na		
Chlorures	Chlorures Méthode de Mohr :	

## Analyse granulométrique

C'est la détermination des différentes classes de particules minérales identifiées par leur taille.

L'échelle utilisée est celle d'ATTERBERG qui donne cinq classes de particules :

- Argile : 0 - 2  $\mu\text{m}$
- Limon fin : 2 - 20  $\mu\text{m}$
- Limon grossier : 20 - 50  $\mu\text{m}$
- Sable fin : 50- 200  $\mu\text{m}$
- Sable grossier : 200  $\mu\text{m}$  – 2 mm
- Cailloux : 2mm – 2 cm
- Pierres : >2 cm

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier les particules minérales élémentaires cristallines groupées en classe et de définir la texture ou composition granulométrique des sols.

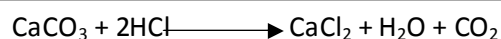
Les méthodes les plus employées sont basées sur la loi de STOKES (**Baize, 1988**) qui dit que pour une température donnée la vitesse de sédimentation ( $V$ ) est proportionnelle au carré du rayon de la particule  $V = kr^2$  c'est à dire que plus une particule est grosse plus elle tombe vite dans l'eau avec une certaine influence de la température ainsi a 20°C les temps nécessaires a la sédimentation sur 10 cm sont respectivement de 45 secondes pour les particules de 50  $\mu$  ; 4 minutes 48 sec pour les particules de diamètre de 20  $\mu$  et 8 heures pour des particules de 2  $\mu$  dans méthode international des prélèvements a l'aide d'une pipette calibré ( pipette de Robinson) sont effectuer aux temps et profondeurs notées ci-dessus les prélèvements sont séchés a105°C et pesés, ils donnent successivement limon grossier +limon fin +argile, limon fin + argile, argile (**Guillet et Rouiller, 1994**).

Pour les sables fins et sables grossier on opère par tamisage (**Baize, 1988**) on portant les valeurs de l'argile, du limon et du sable sur le diagramme textural on détermine la texture de notre sol.

## Analyses Chimiques

### Dosage du calcaire total

Le dosage du calcaire total consiste à répandre une certaine quantité d'acide chlorhydrique sur un échantillon du sol, le contact de l'HCl avec le sol va produire un dégagement d'un certain volume de CO<sub>2</sub> qui dépend de la quantité de calcaire total présente dans le sol, cette réaction dépend de la température ambiante et de la pression.



$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{V \times \mu}{P \times v} \times 100$$

Avec :

V : Volume de CO<sub>2</sub> dégagé.

μ : Poids de CaCO<sub>3</sub> pur.

v : volume de CaCO<sub>3</sub> pur.

P : Poids de l'échantillon.

**Annexe 06** : Classes de CaCO<sub>3</sub> dans le plateau de Mostaganem

Classe	CaCO <sub>3</sub> (%)	Teneur	Nombre de profils	Pourcentage
1	< 2	Trace	10	38,57
2	2 – 10	Faible	14	61.43
3	10 – 5	Moyenne	00	00
4	25 – 55	Forte	00	00
5	> 55	Très forte	00	00

### Mesure de la conductivité

La salinité globale de l'extrait de patte saturé est déterminée par la mesure de la conductivité électrique (C.E).

La conductivité électrique d'une solution est la conductance de cette solution mesurée entre des électrodes de 1 cm<sup>2</sup> de surface distante de 1 cm exprimé en (millimhos/cm à 25 °C)

La mesure de la conductivité a été faite grâce à un conductimètre récent qui donne directement la température de la solution et fait les transformations nécessaires du  $\mu\text{mhos}$  au  $\text{mmhos}$  dès que la conductivité dépasse une certaine valeur et nous donne des lectures directes qu'on multiplie par le chiffre de correction de la température et la constante de cellule.

**Annexe 07 :** Classes de conductivité (d'après Baise D., 1988)

C.E extrait (mS/cm)	Sol	Nombre de profile		Fréquences	
		Ce d	Ce ps	% Ce d	% Ceps
< 0,6	Non salé	8	0	33,33	0
0,6 - 1,2	Peu salé	8	3	33,33	12,5
1,2 - 2,4	Salé	8	4	33,33	16,66
2,4 - 6	Très salé	0	11	0	45,83
> 6	Extrêmement salé	0	6	0	25

## Mesure du pH

### Le pH

Prendre 20 g de terre ajouter 50 ml de l'eau distillée, agiter 5 minutes et laisser reposer une demi-heure

- Calibrer le pH-mètre.
- Introduire l'électrode dans la suspension.
- Lire le chiffre du pH une fois la valeur immobile.

**Annexe 08 :** classe de pH

pH	Sol	Nombre de profile		Fréquences	
		PH ps	PH d	%PH ps	%PH d
<6,5	Acide	0	0	0	0
6,5 - 7,5	Neutre	4	0	17	0
7,5 - 8,5	Basique	20	24	83	100
> 8,5	Très basique	0	1	0	0

## Détermination de la matière Organique

Quelques grammes de terre placés dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures après séchage l'échantillon est pesé soit M1 sa masse après étuvage cet échantillon subit une calcination pendant 1 heure 30 minutes à 700 °C, soit M2 sa masse après calcination.

Le pourcentage de matière organique est obtenu selon la formule :

$$M.O = X (M1 - M2)$$

**Annexe 09 : Classes de matière organique (d'après Baise D., 1988)**

Classes	Désignation	Taux de M.O %	Nombre de profils	Fréquences (%)
1	Très pauvre	< 1	3	12,5
2	Pauvre	1 – 2	2	8,33
3	Moyenne	2 – 4	8	33,33
4	Riche	> 4	11	45,83

**Annexe 10 : Coordonnées des profils du sol**

Profil	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	240 354,33	3966750.20	27
2	230 522,76	3 960 468,42	22
3	232 949,19	3 965 939,88	38
4	231 359,16	3 963 215,01	26
5	237 414,32	3 963 958,16	33
6	241 957,87	3 964 749,11	46
7	243 259,63	3 968 869,23	25
8	245 076,93	3 968 351,84	75
9	235 112,02	3 967 916,56	86
10	246 070,15	3 976 643,77	191
11	245 908,97	3 971 102,78	169
12	249 102,09	3 977 478,18	194
13	239 324,13	3 970 025,99	201
14	242 105,68	3 974 561,93	189
15	244 986,09	3 978 108,59	170
16	249 725,03	3 972 841,13	234
17	252 100,68	3 976 869,14	243
18	251 850,87	3 968 160,62	159
19	247 982,54	3 964 575,27	78
20	248 736,17	3 964 553,54	121
21	254 813,22	3 973 896,78	156
22	253 857,62	3 966 100,58	135
23	256 892,18	3 970 326,09	124
24	249 856,29	3 970 102,24	136

**Annexe 11 : Résultats brutes d'analyses des sols**

profil	k l	Mg	Ca	Na	pH d	pHps	Ceps	Ced	CO	MO	Cl	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	So <sub>4</sub>	CT	XT	CA	LF	LG	SF	SG
1	20.77	30.26	60.39	116	7.75	7.75	3.25	0.16	0.36	0.63	2.5	0.6	3641.42	0.12	0.24	0.0	4.12	10.3	29	51.25
2	0.85	2.64	2.25	0.32	8.38	7.55	9.26	0.63	0.67	1.16	0.3	0.1	3506.17	0.45	0.91	0.0	1.58	9.25	56.01	33.01
3	0.067	1.89	21.42	14;9	8.04	7.80	8.25	1.05	1.90	3.28	17.0	0.1	3637.14	7.42	14.85	10.0	3.69	6.44	32.28	56.84
4	1.12	32.02	25.45	42.45	8.36	7.90	5.80	1.54	2.36	5.26	11.0	1	3659.00	0.98	1.97	0.00	1.58	9.25	56.01	33.01
5	0.5	1.77	19.13	11.4	8.88	7.83	0.06	0.81	0.49	0.85	0.3	0.1	3492.48	5.94	11.88	9.0	0.3	5.32	36.4	57.68
6	0.78	39.77	11.52	153	7.82	7.70	10.87	2.04	1.47	2.54	19.0	1.1	3638.00	7.00	14.00	12.2	1.25	20.22	22.15	55.13
7	2.13	36.61	19.39	144	7.68	7.56	3.70	0.95	2.09	3.60	0.3	0.1	3626.01	6.58	13.16	11.3	0.59	19.1	29.17	48.55
8	11.08	5.69	13.86	42.5	8.46	7.56	3.70	0.35	3.56	6.14	4.3	0.1	3572.94	8.27	16.55	6.2	1.25	13.56	26	56.05
9	5.43	1.39	5.39	33.3	8.37	7.75	2.10	0.19	0.86	1.48	3.5	0.6	3625.16	4.24	8.49	1.3	3.56	19.4	19.65	47.18
10	1.56	29.32	15;14	116	8.34	7.38	8.38	0.83	2.76	4.76	11.0	1.1	3642.28	0.63	1.27	0.0	3.95	17.26	31.15	38.28
11	9.56	8.05	14.12	44.6	8.50	7.57	2.25	0.25	2.03	3.49	0.5	0.1	3614.88	7.00	14.00	7.8	2.98	3.59	34.19	49.88
12	1.89	21.42	0.067	1.89	7.56	7.56	3.15	0.23	2.45	6.63	0.6	0.1	3625.25	2.59	5.19	0.0	1.58	18.57	26.22	45
13	32.02	25.45	1.12	32.02	7.9	7.32	3.98	0.15	1.56	2.70	1.3	0.6	3526.59	0.06	0.13	0.0	5.14	16.59	25.98	51.02
14	1.77	19.13	0.5	1.77	7.58	7.39	0.25	0.59	3.26	5.62	0.1	1.1	3698.01	0.35	0.71	0.0	1.25	15.21	19.69	63.16
15	39.77	11.52	0.78	39.77	8.05	7.56	0.95	0.98	2.26	3.89	5.56	0.1	3625.45	3.51	7.03	1.4	0.95	18.96	29.36	50.04
16	36.61	19.39	2.13	36.61	7.59	7.26	8.25	1.56	1.4	2.49	4.94	0.3	3545.90	0.05	0.11	0.0	0.58	19.65	29.31	48.51
17	5.69	13.86	11.08	5.69	8.05	7.16	1.26	0.95	0.18	0.27	0.26	0.6	3659.00	0.21	0.43	0.0	0.69	12.95	28.02	50.89
18	1.39	5.39	5.43	1.39	8.01	7.9	2.65	2.03	2.26	3.90	0.56	1.1	3565.29	0.25	0.51	0.0	1.59	13.33	22.32	56.47
19	29.32	15;14	1.56	29.32	8.12	7.71	2.14	2.01	1.35	2.32	1.88	0.2	3625.5	0.69	1.38	0.0	0.65	3.25	32.15	59.6
20	1.77	19.13	9.56	8.05	7.58	7.85	2.45	1.99	3.45	5.95	0.26	0.6	3566.01	5.12	10.25	0.0	1.89	6.59	30	57.24
21	35.56	11.52	1.89	21.42	7.68	7.95	2.59	0.28	1.25	2.15	0.78	1.7	3456.5	4.21	8.43	0.0	1.56	11.54	22.25	64.44
22	39.61	19.39	32.02	25.45	8.25	7.88	4.21	0.89	3.00	5.17	10.01	0.1	3625.78	3.20	6.40	3.5	2.03	15.98	26.14	54.87
23	5.69	13.86	12	14.45	8.02	7.69	6.56	2.13	2.12	3.65	8.81	0.1	3562.45	2.23	4.47	3.1	2.95	15.24	11.14	69
24	1.39	5.39	25.5	19	7.93	7.59	5.12	2	3.12	5.38	4.39	0.6	3569.75	3.56	7.13	5.2	3.01	5.12	30.29	61.2

**Annexe 12 : Contributions des variables à la formation d'un facteur**

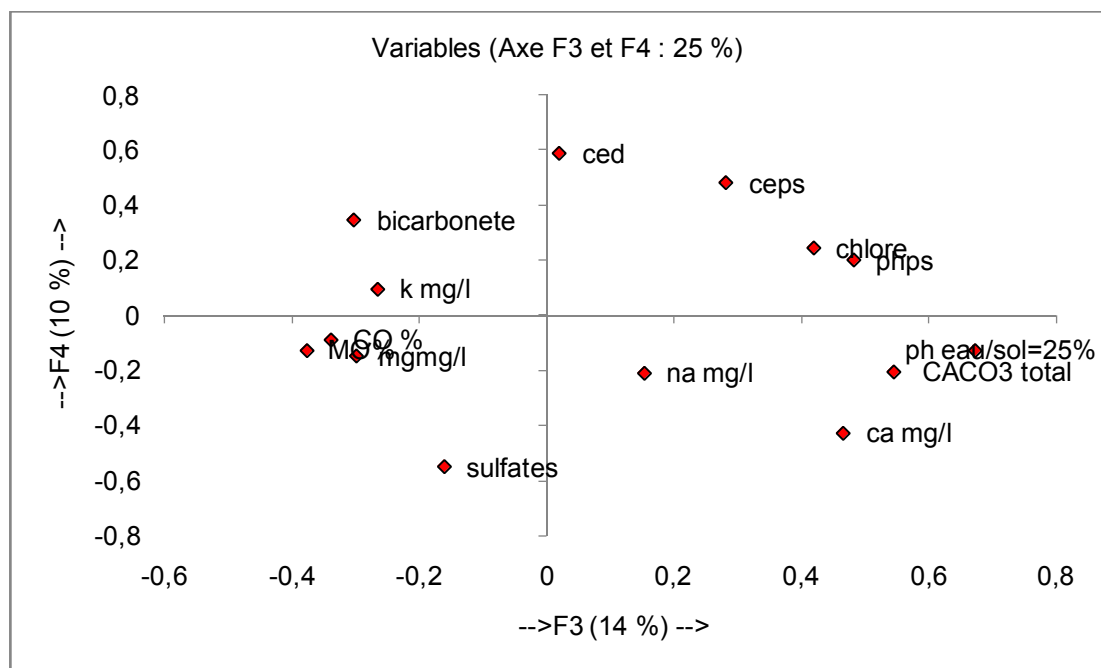
Variables	F1			F2			F3			F4		
	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR
<b>k</b>	-0,33	0,11	2,86	-0,04	0,00	0,05	0,17	0,03	1,06	-0,09	0,01	0,42
<b>Mg</b>	0,06	0,00	0,10	0,86	<b>0,74</b>	22,88	-0,08	0,01	0,23	-0,03	0,00	0,05
<b>Ca</b>	0,33	0,11	2,96	0,05	0,00	0,07	-0,34	0,12	4,51	-0,02	0,00	0,01
<b>Na</b>	0,33	0,11	2,93	0,66	<b>0,44</b>	13,68	-0,32	0,10	3,93	-0,28	0,08	3,89
<b>pH d</b>	0,22	0,05	1,30	-0,47	0,22	6,97	-0,53	<b>0,28</b>	11,02	0,00	0,00	0,00
<b>pH ps</b>	0,43	0,18	4,92	-0,30	0,09	2,77	0,06	0,00	0,12	0,29	0,08	4,30
<b>Ceps</b>	0,28	0,08	2,06	0,50	<b>0,25</b>	7,86	-0,34	0,12	4,56	0,44	0,19	9,90
<b>Ced</b>	0,22	0,05	1,31	0,10	0,01	0,34	0,27	0,07	2,80	0,64	<b>0,42</b>	21,08
<b>CO</b>	0,32	0,10	2,75	0,22	0,05	1,49	0,63	<b>0,40</b>	15,36	0,23	0,05	2,71
<b>MO</b>	0,26	0,07	1,84	0,25	0,06	1,97	0,58	<b>0,34</b>	13,15	0,24	0,06	2,82
<b>Cl</b>	0,56	<b>0,31</b>	<b>8,35</b>	0,49	0,24	7,59	-0,16	0,02	0,95	0,31	0,09	4,80
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	-0,23	0,05	1,46	0,34	0,12	3,62	0,19	0,03	1,34	0,17	0,03	1,50
<b>So<sub>4</sub></b>	0,08	0,01	0,18	0,52	<b>0,28</b>	8,58	-0,03	0,00	0,03	-0,17	0,03	1,45
<b>CT</b>	0,88	<b>0,78</b>	<b>21,02</b>	-0,22	0,05	1,48	0,07	0,00	0,17	-0,30	0,09	4,54
<b>X T</b>	0,88	<b>0,78</b>	<b>21,02</b>	-0,22	0,05	1,48	0,07	0,00	0,17	-0,30	0,09	4,54
<b>CA</b>	0,89	<b>0,79</b>	<b>21,31</b>	-0,03	0,00	0,02	-0,14	0,02	0,79	-0,21	0,04	2,28
<b>A</b>	-0,24	0,06	1,50	0,11	0,01	0,34	-0,12	0,01	0,52	-0,56	0,31	15,73
<b>LF</b>	-0,04	0,00	0,05	0,22	0,05	1,45	-0,17	0,03	1,10	-0,15	0,02	1,20
<b>LG</b>	-0,15	0,02	0,62	0,66	<b>0,44</b>	<b>13,72</b>	0,18	0,03	1,19	-0,33	0,11	5,55
<b>SF</b>	-0,04	0,00	0,04	-0,17	0,03	0,93	-0,68	<b>0,46</b>	17,89	0,50	<b>0,25</b>	12,66
<b>SG</b>	0,23	0,05	1,43	-0,30	0,09	2,71	0,70	<b>0,49</b>	19,11	-0,11	0,01	0,59

**Annexe 13 : Matrice de corrélation entre des variables**

<b>variables</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	<b>F9</b>	<b>F10</b>	<b>F11</b>	<b>F12</b>	<b>F13</b>	<b>F14</b>	<b>F15</b>	<b>F16</b>	<b>F17</b>	<b>F18</b>	<b>F19</b>	<b>F20</b>
<b>k mg/l</b>	-0,17	-0,02	0,10	-0,06	-0,33	-0,09	-0,19	0,53	-0,16	0,40	0,15	0,34	-0,33	0,04	0,08	0,06	0,24	-0,11	-0,12	0,00
<b>Mg mg/l</b>	0,03	0,48	-0,05	-0,02	-0,08	0,03	-0,31	0,01	0,17	-0,14	0,05	0,05	0,14	-0,26	0,60	-0,31	-0,05	-0,27	0,01	0,00
<b>Ca mg/l</b>	0,17	0,03	-0,21	-0,01	-0,14	0,51	-0,37	0,10	-0,25	-0,13	0,06	-0,14	0,22	0,52	0,09	0,27	0,04	0,03	-0,02	0,00
<b>Na mg/l</b>	0,17	0,37	-0,20	-0,20	-0,16	0,01	-0,17	-0,08	0,13	0,02	0,24	0,44	0,08	-0,06	-0,50	-0,08	-0,27	0,29	0,02	0,00
<b>pHd</b>	0,11	-0,26	-0,33	0,00	0,19	-0,01	0,17	0,06	-0,02	0,43	-0,16	0,35	0,55	0,03	0,12	-0,11	-0,07	-0,18	-0,19	0,00
<b>pH Ps</b>	0,22	-0,17	0,03	0,21	-0,13	0,39	-0,08	0,03	0,30	0,41	0,31	-0,41	0,01	-0,26	-0,22	-0,23	0,08	-0,12	0,03	0,00
<b>Ceps</b>	0,14	0,28	-0,21	0,31	-0,10	-0,19	0,38	0,11	-0,05	-0,18	0,17	-0,09	-0,13	0,39	-0,19	-0,27	0,03	-0,38	-0,25	0,00
<b>Ced</b>	0,11	0,06	0,17	0,46	-0,11	-0,04	0,06	-0,43	-0,26	0,07	0,38	0,21	0,08	-0,21	0,15	0,43	0,01	-0,04	-0,15	0,00
<b>CO %</b>	0,17	0,12	0,39	0,16	0,38	0,04	-0,05	0,24	0,03	-0,02	0,03	0,23	0,13	0,12	-0,18	0,10	0,00	-0,35	0,56	-0,01
<b>MO%</b>	0,14	0,14	0,36	0,17	0,44	0,03	-0,09	0,23	0,07	-0,01	0,07	0,01	0,08	0,09	0,05	-0,17	0,13	0,45	-0,51	0,02
<b>chlore</b>	0,29	0,28	-0,10	0,22	-0,10	0,02	0,29	0,09	-0,20	0,35	-0,24	-0,08	-0,16	0,05	0,26	-0,08	-0,12	0,44	0,38	0,00
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	-0,12	0,19	0,12	0,12	-0,17	0,27	0,13	-0,22	0,61	0,12	-0,38	0,23	-0,10	0,24	0,02	0,23	0,19	-0,04	-0,11	0,00
<b>So<sub>4</sub></b>	0,04	0,29	-0,02	-0,12	0,30	0,19	-0,19	-0,25	-0,39	0,28	-0,37	-0,08	-0,29	-0,15	-0,23	-0,01	-0,02	-0,29	-0,23	0,00
<b>CT</b>	0,46	-0,12	0,04	-0,21	0,03	-0,11	0,01	0,05	0,17	-0,01	0,02	-0,02	-0,22	0,03	0,14	0,20	-0,23	-0,10	-0,12	0,00
<b>XT</b>	0,46	-0,12	0,04	-0,21	0,03	-0,11	0,01	0,05	0,17	-0,01	0,02	-0,02	-0,22	0,03	0,14	0,20	-0,23	-0,10	-0,12	0,00
<b>CA</b>	0,46	-0,02	-0,09	-0,15	-0,10	-0,15	-0,02	-0,11	-0,06	-0,15	-0,13	0,08	0,08	-0,15	-0,08	-0,05	0,78	0,04	0,09	0,00
<b>A%</b>	-0,12	0,06	-0,07	-0,40	0,33	0,19	0,25	-0,27	0,02	0,17	0,49	0,08	-0,19	0,24	0,22	-0,10	0,20	0,02	0,14	0,23
<b>LF%</b>	-0,02	0,12	-0,10	-0,11	0,03	0,47	0,48	0,39	-0,06	-0,28	0,00	0,08	0,01	-0,44	-0,02	0,24	0,02	-0,02	-0,10	0,09
<b>LG%</b>	-0,08	0,37	0,11	-0,24	-0,08	-0,32	0,07	0,11	0,06	0,26	0,02	-0,41	0,38	0,02	-0,09	0,35	0,05	-0,04	-0,05	0,37
<b>SF%</b>	-0,02	-0,10	-0,42	0,36	0,23	-0,09	-0,26	0,09	0,15	-0,07	-0,05	0,06	-0,22	-0,09	-0,01	0,12	0,03	0,04	0,06	0,66

## Annexe 14 : ACP Structure des variables

### Plan3 – 4



## Annexe 15 : Coordonnées des puits

puits	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	225 021,45	3 960 121,35	-85
2	230451,29	3969425,69	-
3	238956,85	3970145,48	-
4	241229,03	3977786,86	-
5	245854142	3978001,42	-
6	246145,02	3974215,95	-
7	248255,12	3977102,54	-
8	252001,56	3968487,48	-
9	252011,29	3964785,69	-
10	262452,14	3969148,48	-
11	258114,11	3973265,48	-
12	238154,14	3959895,14	-
13	244897,13	3963896,92	-
14	253085,14	3965248,27	-
15	254115,74	3966005,86	-
16	259458,41	3967124,87	-
17	256985,03	3967589,01	-
18	257401,15	3970258,08	-

19	254475,15	3973897,57	-
20	251903,07	3972109,86	-
21	244144,25	3969005,91	-
22	245157,44	3968597,22	-
23	244512,68	3967896,59	-
24	246815,00	3970111,87	-
25	246902,49	396800,88	-
26	247589,75	3967998,05	-

### Annexe 16 : Résultat brute des analyses des eaux

N° du puis	pH	Ce dS/m	Clen Meq/l	icarbonet	SO <sub>4</sub> Meq/l t	k	Mg	Ca	Na
1	7.29	1.58	7	4.1	1.8832	2.88	31.78	20.88	237
2	7.09	1.7	9.1	4.1	1.9688	3.55	35.38	23.75	241
3	7.32	2.22	14.7	5	0.5136	8.23	59.88	67.5	243
4	6.64	5.13	41.1	5.4	2.3968	1.8	22.31	23.87	114
5	6.61	4.94	38.6	4.8	3.7664	2.23	26.85	34.39	147
6	6.66	4.68	35.6	4.1	1.9688	1.66	20.26	21.91	107
7	6.52	6.14	47.4	5.1	3.6808	0.94	17.15	31.05	96
8	6.9	1.41	5.6	4.8	2.3112	2.59	24.59	20.46	223
9	6.68	3.87	26.6	4.4	3.6808	0.44	17.56	5.12	66.9
10	7.1	1.74	9.1	4.1	8.0464	3.58	38.94	24.86	246
11	7.07	2.18	15.6	4.4	3.7664	6.51	59.39	70.49	233
12	6.93	3.7	25.6	4.3	5.136	0.74	14.49	5.42	53
13	7.22	3.76	26.6	4.9	5.3928	0.27	17.81	5.02	61.9
14	6.66	2.15	14.7	4.5	4.1258	1.26	20.15	6.15	48
15	6.85	3.48	23.9	4.2	2.1547	0.59	12.58	8.12	29
16	6.95	3.25	22.7	5	2.5987	5.21	52.5	6.15	145
17	7.14	1.58	10.8	5	5.2366	0.12	42.15	40.18	189
18	7.15	1.25	8.5	4.8	1.1225	2.129	21.14	45.15	169
19	6.98	5.18	35.6	38	1.5458	0.85	10.12	12.58	125
20	7.89	4.14	28.4	3.9	1.5695	0.56	15.14	25.95	39
21	7.15	4.15	28.5	6	2.0201	0.51	48.54	26.12	12
22	7.04	1.02	7	3.8	1.2956	5.18	42.32	58.45	25
23	6.68	3.32	22.8	4.2	1.2569	8.14	15.26	45.11	45
24	6.98	2.26	15.5	3.5	3.1258	0.89	62.12	6.25	25
25	7.28	2.28	15.6	3.8	2.1265	0.65	15.48	6.89	62
26	7.22	1.99	13.6	3.6	3.1298	78.5	59.25	7.89	66

### Annexe 17 : Contributions des variables à la formation d'un facteur

Variables	F1			F2			F3			F4		
	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR	COR	COS <sup>2</sup>	CTR
puits	0,75	0,57	19,34	-0,39	0,15	10,09	0,18	0,03	2,91	0,04	0,00	0,17
pH	0,54	0,29	10,02	0,17	0,03	1,98	0,47	0,22	18,87	-0,24	0,05	6,14
Ce	0,33	0,11	3,77	0,79	0,63	41,44	0,15	0,02	2,02	-0,00	0,00	0,00
k mg/l	0,09	0,00	0,28	-0,31	0,09	6,24	0,75	0,57	47,84	-0,27	0,07	8,26
Mg mg/l	0,86	0,74	25,04	-0,24	0,06	4,01	-0,09	0,01	0,80	0,20	0,04	4,42
Ca mg/l	0,56	0,32	10,82	0,38	0,14	9,50	-0,22	0,05	4,30	-0,38	0,14	15,86
Na mg/l	0,64	0,41	13,82	-0,47	0,22	14,40	-0,29	0,08	7,10	0,10	0,01	1,14
chlore	0,55	0,30	10,38	0,15	0,02	1,52	-0,38	0,14	12,46	-0,35	0,12	13,40
bicarbona	0,43	0,19	6,49	0,40	0,16	10,78	0,20	0,04	3,66	0,69	0,47	50,57

### Annexe 18 : Matrice de corrélation entre des variables

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
F1	1,00	<b>0,38</b>	-0,02	0,22	<b>0,72</b>	0,25	<b>0,47</b>	0,22	0,19
F2	<b>0,38</b>	1,00	0,30	0,17	0,30	0,25	0,15	0,17	0,19
F3	-0,02	0,30	1,00	-0,05	0,07	0,35	-0,09	0,24	<b>0,40</b>
F4	0,22	0,17	-0,05	1,00	0,03	-0,10	0,01	-0,05	-0,02
F5	<b>0,72</b>	0,30	0,07	0,03	1,00	<b>0,39</b>	<b>0,63</b>	0,33	0,35
F6	0,25	0,25	0,35	-0,10	<b>0,39</b>	1,00	0,13	0,36	0,12
F7	<b>0,47</b>	0,15	-0,09	0,01	<b>0,63</b>	0,13	1,00	0,35	0,08
F8	0,22	0,17	0,24	-0,05	0,33	0,36	0,35	1,00	0,11
F9	0,19	0,19	<b>0,40</b>	-0,02	0,35	0,12	0,08	0,11	1,00

En gras : valeurs significatives au seuil  $\alpha=0,050$  (Test bilatéral)

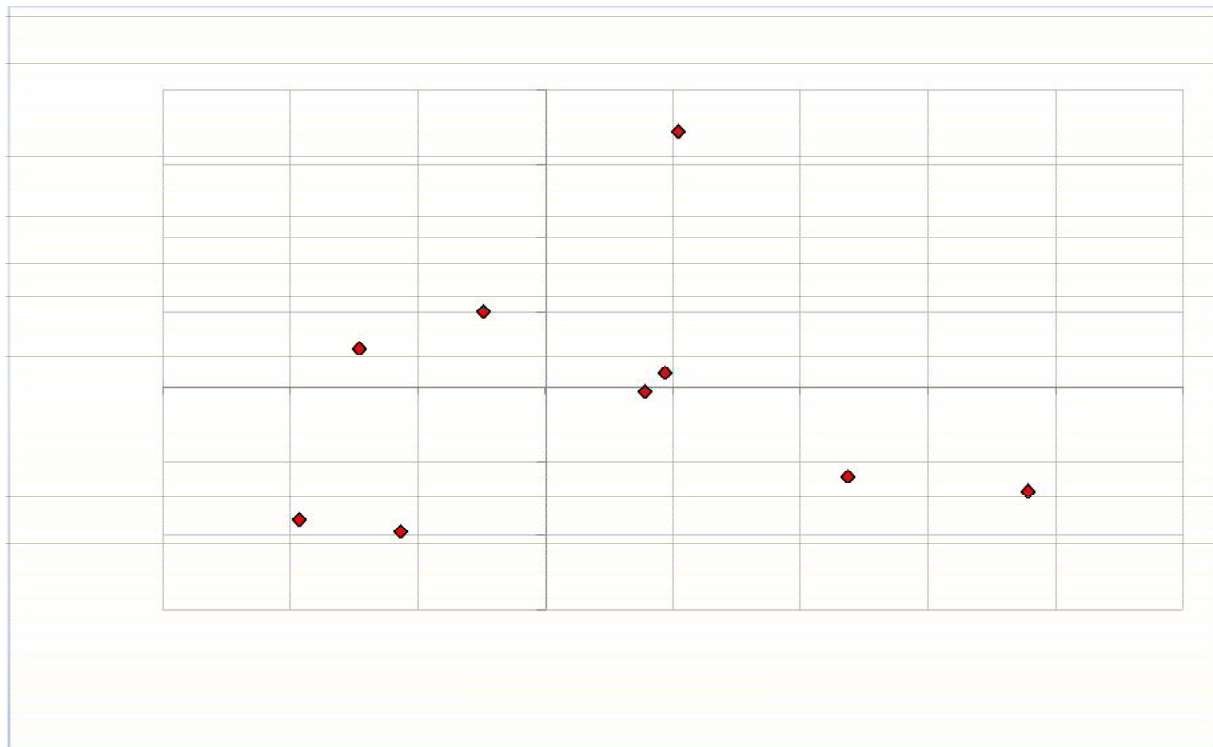
### Annexe 19 : Matrice de corrélation

	PH	Ce	K	Mg	Ca	Na	Cl	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
PH	1,00	-0,37	0,08	0,23	0,40	-0,08	0,03	-0,11
Ce	-0,37	1,00	-0,10	-0,07	0,30	-0,17	0,18	0,34
K	0,08	-0,10	1,00	0,06	-0,10	-0,01	-0,06	-0,03
Mg	0,23	-0,07	0,06	1,00	0,34	<b>0,64</b>	0,28	0,28

Ca	0,40	0,30	-0,10	0,34	1,00	0,10	0,33	0,06
Na	-0,08	-0,17	-0,01	<b>0,64</b>	0,10	1,00	0,34	0,05
Cl	0,03	0,18	-0,06	0,28	0,33	0,34	1,00	0,06
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,11	0,34	-0,03	0,28	0,06	0,05	0,06	1,00

En gras : valeurs significatives au seuil alpha=0,050 (Test bilatéral)

Plan 3 -4



## Résumé

Le plateau de Mostaganem représente un cas d'écosystème des plus affectés en Algérie par la dégradation de ses ressources en sols et en eau. Il constitue une zone littorale sableuse couvrant plus de 78100 ha, caractérisée par une importante activité éolienne et donc un fort pouvoir érosif. Additionnellement à cet effet érosif, le plateau est soumis à une forte concentration urbaine et à diverses activités économiques : agricoles, industrielles et portuaires, qui menacent autant ses ressources que ses équilibres écologiques fondamentaux.

Le présent travail est une contribution au diagnostic de l'état de dégradation du plateau de Mostaganem soumis à diverses contraintes agricoles et industrielles et auxquelles sont soumises ses ressources naturelles en sols et en eau.

L'un des résultats importants de cette approche est que la dégradation du plateau de Mostaganem existe sous plusieurs formes au moment même où elle demeure sous-évaluée du fait qu'elle n'a pas bénéficiée de suffisamment d'attention de la part des scientifiques ni même des opérateurs socio-économiques. Elle entrouvre, néanmoins, une voie d'investigation d'importance primordiale sur les impacts écologiques et environnementaux du développement rapide que connaît la région à moyen et long termes.

**Mots clés :** Plateau de Mostaganem, agents de dégradation, ressources en sols et en eau

## Abstract

The plateau of Mostaganem represents a case of most affected ecosystem in Algeria by degradation of its soil and water resources. It is a sandy coastal area covering over 78 100 hectares, characterized by a significant wind activity and thus a strong erosive power. Additionally to this erosive effect, the plateau is under strong urban concentration and economic activities: agriculture, industry and port, which threaten as much its resources, that it's basic ecological balance.

This work is a contribution to the diagnosis of the state of degradation of the plateau of Mostaganem subject to various agricultural and industrial constraints that affected its natural soil and water resources.

One important result of this approach is that the degradation of Mostaganem plateau exists in several forms at the same time it remains undervalued because it has not benefited enough attention from scientists or even socio-economic operators. She half-opened, however, an investigation way of primary importance on ecological and environmental impacts of rapid development conducted in the region, in the medium and long term.

**Keywords:** plateau of Mostaganem, degradation, soil and water resources.

## ملخص

تمثل هضبة مستغانم حالة من التجمع البيئي الأكثر تضررا في الجزائر من جراء تدهور تربته وموارده المائية. وهي عبارة عن منطقة رملية ساحلية تغطي أكثر من 78100 هكتار، وتتميز بنشاط كبير للرياح، وبالتالي إنجرافات قوية قادرة على حت التربة. وبالإضافة إلى ذلك الانجراف، تصل هذه الهضبة خاضعة لتركيز قوي للكثافة الحضرية والأنشطة الاقتصادية: الزراعية، الصناعية والمرفئية والتي تهدد أكبر قدر من مواردها، وتوازنها البيئي الأساسي. هذا العمل هو عبارة عن مساهمة في تشخيص حالة تدهور هضبة مستغانم التي تتعرض لمختلف القيود الزراعية والصناعية التي تؤثر على أراضيها ومواردها الطبيعية للمياه.

واحد النتائج الهامة لهذا النهج هو أن تدهور هضبة مستغانم موجود في أشكال عدة في الوقت الذي لا تزال لم تقيم بقيمتها الحقيقية لأنها لم تستند بما يكفي من اهتمام العلماء أو المشغلين الاجتماعيين والاقتصاديين. إنها مفتوحة جزئيا، ومع ذلك، هي وسيلة تحقيق ذات أهمية قصوى في الآثار البيئية للتنمية السريعة التي عرفت المنطقة، على المدى المتوسط والطويل.

**الكلمات الرئيسية:** هضبة مستغانم، والتدهور، الموارد المائية والتربة.