

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ- LARBI BEN M'HIDI- OUM EL BOUAGHI
INSTITUT DE GESTION DES TECHNIQUES URBAINES

*La vulnérabilité de la ville d'El Oued
et sa conurbation face aux défis de la
remontée des eaux*

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité VILLES TERRITOIRES et ENVIRONNEMENT

Présentée et soutenue publiquement par :

M^{me} TABET née ABDAOUI Gihen Rym

Sous la direction des professeurs :

Bousmaha Ahmed et Bouchemal Salah

Devant le jury

Benghadbane Foued	Professeur	Université Oum El Bouaghi	Président
Bousmaha Ahmed	Professeur	Université Oum El Bouaghi	Rapporteur
Bouchemal Salah	Professeur	Université Oum El Bouaghi	Co-Rapporteur
Telaidjia Djamel	MCA	Université Annaba	Examineur
Djebnour Brahim	MCA	Université Tébessa	Examineur
Saadali Badreddine	MCA	Université Oum El Bouaghi	Examineur

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux professeurs Bousmaha Ahmed et Bouchemal Salah pour les conseils judicieux qu'ils ont su me donner tout au long de ce travail, de leurs suivis réguliers, de la confiance dont ils ont fait preuve envers moi, ainsi de leurs compréhensions et leurs qualités humaines dont je suis très redevable.

Mes remerciements vont également à Messieurs Benghadbane Foued, Telaidjia Djamel, Djebnoune Brahim et Saadali Badreddine qui ont accepté de faire partie de mon jury de thèse. Je n'oublierai pas non plus messieurs Bekhouche Hacène, Directeur d'Algéro Swiss Engineering, d'avoir mis à ma disposition toutes les données nécessaires à ma recherche.

De même, je n'aurai garde d'oublier mon époux Tabet Ahmed Amine, et mes collègues et amis Boulamiz Djalel, Bendada Salim, Farid Dallal, Zeghichi Hadjer, Agaguenia Sihem, Kellab Debbih Naouel pour leurs encouragements.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en l'occurrence Messieurs Triaa Abd El Hamid ; Boufaa Kamel ; Djakdjak Abderraziq et Bouaicha Foued pour leurs éclaircissements concernant certaines notions dont la connaissance m'échappait

Mes remerciements vont également à ma famille qui m'a soutenu tout au long de ce travail et dans les moments difficiles.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction :

Le Sahara est perçu comme un espace de non-lieu, contraignant à toute présence humaine, un espace traversé, franchi et parcouru, un espace peuplé par l'homme dans des oasis, des lieux d'affleurement de sources et des nappes. C'est un lieu de transit commercial, mais également pour le mouvement des nomades (Youcfi, 2012). Le Sahara algérien connaît depuis une quarantaine d'années un processus inachevé d'urbanisation rapide, de croissance démographique et de renforcement par rapport au reste du pays (Belguidoum, 2004). Le Souf était un obstacle à la mobilité caravanière, selon Marc Côte (2005) il « *constitua longtemps un angle mort* », son urbanité était très étroite. Le fait urbain au Souf n'a émergé qu'au XIX^e siècle il a signé le résultat de la combinaison des faits et du temps ayant façonné le territoire Oasien Soufi en lui attribuant des formes et des rôles de plus en plus accrus (Côte M, 2005). Cette évolution est principalement liée à deux phénomènes, d'une part, un accroissement naturel qui reste élevé et, d'autre part les effets des politiques de développement et de contrôle du territoire de l'État algérien ainsi, la sédentarisation des nomades qui ont largement reconfiguré les dynamiques économiques des territoires (Kouzmine Yaël, Jacques Fontaine 2018). Occupant une zone stratégique sur la frontière avec la Tunisie, la ville d'El Oued est devenue l'une des villes les plus importantes du Bas Sahara à l'image

de Touggourt et Biskra L'homme a abusé de l'utilisation des ressources en eaux afin de satisfaire les besoins de l'urbanisation, de l'eau potable et du nettoyage, sans oublier les bains turcs qui exploitent directement la nappe l'albienne ; de l'industrie comme les cosmétiques et le parfum, l'industrie du papier, l'industrie du gypse comme matériau primaire dans la construction locale ; la teinture du cuir et de la laine, cette dernière étant souvent répandue dans les quartiers, bien que leur localisation soit censée être dans les zones d'activité et de dépôt. Des eaux sont surexploitées dans un espace où son système hydraulique a toujours été un système fermé, équilibrés, limités et sans exutoire naturel ce qui cause également la surcharge de la nappe phréatique par les eaux polluées. C'est tout le système hydraulique qui est bouleversé. Ce bouleversement est devenu l'un des paradigmes qui caractérisent l'environnement de ces agglomérations.

La présente étude vise à analyser en détail la vulnérabilité du Souf et de sa conurbation. Ce territoire urbain est forcément constitué de terres qui n'ont ni la même importance, ni la même contribution à la remontée des eaux. Par exemple, l'endommagement des terrains d'altitude élevée semble être moins préjudiciable aux terrains en altitude faible, les endroits plus bas sont proches de la surface de la nappe phréatique

Problématique

Le Sahara, dont les pluies très timides sont de l'ordre de cinquante millimètres par an, a parfois connu des années de sécheresse complète, il contient des ressources en eau immenses et très peu renouvelables stockées dans des aquifères profondes. La plus grande part de la surexploitation des ressources en eau dans la vallée est l'activité agricole, qui a subi un changement radical un passage du patrimoine phoenicicole (Houd ou Ghout) le système agraire, ancien, ingénieux et durable (Lehuraux, 1934 ; Daviault , 1947 ; Bataillon, 1960, Acourene.S et all 2007) reconnue par l'alimentation directe via la nappe phréatique, vers les pivots artisanaux (Bouzidi Z et all (2011), Ould Rebai A et all (2017)) ou l'agriculture irriguée (cultures maraîchères) ; l'absence d'un exutoire naturel a induit la recharge de la nappe phréatique, ce qui a engendré, à partir des années 80, l'ennoiment des palmiers par étouffement et la suppression graduelle de plus de 50 % des Ghouts (Côte, 2006).

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le phénomène de la remontée de la nappe phréatique dans notre région, remonte à l'époque coloniale, exactement aux années 50 un premier forage fut réalisé à Hobba (Bataillon, 1960). Après l'indépendance dès 1983, le lancement du programme étatique de l'Accession à la Propriété Foncière (APFA) a accentué le problème par le pompage d'eau des nappes profondes qui finissait dans la nappe phréatique (Otmame T, Kouzmine Y 2013).

Entre 1980 et 1987, le Souf reconnut une promotion administrative engendra l'implantation des forages à haut débit ceci accélèrent l'envolement des Ghouts. Le paysage phoenicicole Soufie est désormais amendé ; car il était une pièce d'identité, de fierté, un financement durable et un héritage des descendants à travers des générations. Ils sont plus anciens que les coupoles. Selon Rimini (2006) "*Pour sauver 2000 Ghouts en zone agricole, les services agricoles d'El Oued ont procédé à la réalisation des puits à l'intérieur des Ghouts pour pomper l'eau destinée à l'irrigation des cultures autour du Ghout. Ainsi, plus de 450 Ghouts ont été sauvés.*"

Le déséquilibre hydrique entre entrées et sorties a produit des effets néfastes sur le patrimoine culturel ; sur l'écosystème local ; l'apparition des moustiques et la prolifération des rongeurs, ...bref, des généralités légères rien que pour comprendre la cause due au remodelage agraire.

L'étalement urbain a engendré des mutations morphologiques qu'ont connues les agglomérations du Souf, un processus d'expansion spatiale des zones bâties, un étalement urbain spectaculaire, passé par un Ksar à la ville au désert, et fini par des agglomérations urbaines intercommunales, deux conurbations rares dans le Bas Sahara. Face à ces constats, la ville d'El Oued est devenue vulnérable face à la remontée des eaux.

Après que l'étalement urbain a transformé l'identité de la région du Souf, le phénomène de la remontée d'eau reste une menace pour la ville malgré la mise en place des solutions provenant des pouvoirs publics vis-à-vis de la remontée des eaux. Face à ces constats, La problématique générale de cette thèse porte sur la vulnérabilité de la ville d'El Oued et sa conurbation, **comment identifier et évaluer la vulnérabilité de la ville d'El Oued face au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique ? Et selon quels critères et quelles méthodes ? Quels sont les enjeux sur lesquels portera l'analyse de cette vulnérabilité ?** Elle peut être divisée en trois questions de recherche essentielles.

- **La restitution du périmètre de la mutation, et de l'affectation du territoire, en promouvant les facteurs déclenchant l'étalement urbain, qui se termine en deux conurbations.** Cette question évoque la difficulté d'obtenir les données et de la méthodologie adoptée pour figurer convenablement les modifications qui se sont produites au cours de la période d'étude. Dans cette thèse, le choix des images satellitaires est favorisé comme source de données.

- **Le diagnostic visuel sur terrain, un outil nécessaire qui dévoile la vulnérabilité, la fragilité dans la perspective d'une mise en corrélation des désordres affectant quelques éléments de la ville afin d'analyser et évaluer cette vulnérabilité.** Cette question nécessite une analyse croisée et une autre factorielle des informations multi variées récoltées de tout endroit vulnérable au cours de la période du travail sur terrain. Dans cette thèse on a fait appel à la méthode d'analyse qui traite les données qualitatives, et la méthode d'analyse qui traite les données quantitatives.

- **La modélisation de l'adéquation des terres à l'extension urbaine future est indisponible face aux défis de la remontée des eaux.** Cette question soulève le problème du choix des critères appropriés à notre objectif ainsi que leurs sous-critères qui influencent l'aptitude des terres, bien que le choix final des critères dépende aussi de la mise à disposition des données.

Démarche et volets méthodologiques de la recherche

S'intéresser aux particularités des lieux (ex : notre cas d'étude), s'intéresser à leur caractéristique unique et exceptionnelle est reconnue en géographie par la conception idiographique ; selon C. Raffestin et A. Turco (Bailly et al, 1991), la conception idiographique est « *destinée à produire des descriptions et des explications de phénomènes uniques et, par là même non répétables* ». Cette conception a des exigences méthodologiques ; selon A. Bailly et H. Béguin (1995), elles sont au nombre de deux : d'une part le recours à la rigueur formelle ; d'autre part, la connaissance des méthodes statistiques d'analyse de données. Adopté cette conception nous a forcé à choisir la **méthode inductive**. D'après A. Bailly et H. Béguin (1995), « *elle élabore une*

construction théorique des processus qu'elle présume explicatifs du monde réel et elle la confronte avec la réalité étudiée afin d'en vérifier la validité ». C'est pour cette raison que nous avons fait **un hypothétique travail de terrain**, d'où nous sommes convaincus de la nécessité d'accéder à la géographie contemporaine, au système d'informations géographiques.

Tout commence par l'observation et s'inscrit dans une démarche exploratoire ayant pour but de formuler des hypothèses. Cette démarche est indispensable pour expliquer un processus ; afin d'émettre une ou plusieurs hypothèses ou évoquer des questions ; pour examiner un phénomène peu étudié. Un raisonnement basé sur la recherche de généralisations à partir des cas étudiés et diagnostiqués sur le terrain.

Pour évaluer le niveau de vulnérabilité de la ville d'El Oued et sa conurbation, diverses méthodologies ont été élaborées :

- La méthode descriptive se fonde sur la plupart d'études locales ou scientifiques établies sur la vallée du Souf ; pour accorder une intention particulière à la qualité et la spécificité de la vallée, afin de comprendre son cadre naturel, l'historique de la remontée dans le temps et dans l'espace, la fluctuation de nappe phréatique et les solutions mises en place pour faire face à la remontée des eaux de la nappe phréatique ;
- Les méthodes d'analyse spatiale fusionnant des outils et de techniques, qui facilitent la collection, le traitement, la représentation, la constatation, la lecture et la contribution de projeter nos données ainsi que, nos résultats concernant l'évolution des taches urbaines ;
- Les méthodes d'investigation du terrain via, questionnaires, photographies, témoignages des habitants, sur tous endroits touchés par le phénomène de la remontée des eaux, ont permis de faire un diagnostic de ce phénomène au niveau de la ville d'El Oued et sa conurbation ;
- Les méthodes d'analyse mathématique et statistique dans le but de traiter les données qualitatives et les données quantitatives, récoltées à partir du diagnostic visuel et autres. Ces analyses sont réalisées sur le logiciel XLSTAT 2016.
- Une approche analytique multicritère d'aide à la décision ;

- La cartographie, excellente méthode de réflexion, raisonnement, d'analyse, elle permet de compresser les informations. Elle est aussi un outil de décision face aux complexités de notre espace en conséquence elle favorise la bonne lecture de l'espace en localisant toutes sortes de phénomènes. Nos cartes sont effectuées par des SIG en utilisant le logiciel ArcGIS 10.7, d'après F Bonn., G Rochon (1996) c'est « *un ensemble de données repérées dans l'espace, structurée de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision* » cette définition met l'accent sur l'utilité des SIG comme outil d'aide à la décision.

Hypothèses

Depuis que nous avons adopté la démarche **inductive** d'exploration qui permet l'étude du problème de la vulnérabilité de la ville, où nous avons commencé par un diagnostic visuel, des investigations et des observations locales des cas d'études. Malgré la mise en place d'un réseau d'assainissement et d'un réseau de drainage, la région d'El Oued demeure vulnérable face à la remontée des eaux.

Par conséquent **une hypothèse principale**, inscrite dans la prise de décision dans un environnement complexe :

- Le classement des terres serait indispensable à l'orientation de l'urbanisation future face aux enjeux humains, matériels et environnementaux et à la vulnérabilité urbaine face à la remontée des eaux.

Cette hypothèse pourrait se subdiviser en **deux hypothèses secondaires** :

- a) La classification des terres doit être en fonction des critères environnementaux, physiques, hydrogéologique et socio-économiques. Comme ces critères sont largement exhaustifs, il est donc nécessaire d'extraire des sous-critères pour utiliser une estimation plus faisable.
- b) Déterminer, les alternatives que nous considérons en même temps comme un degré d'adéquation des différentes catégories d'occupation des sols.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

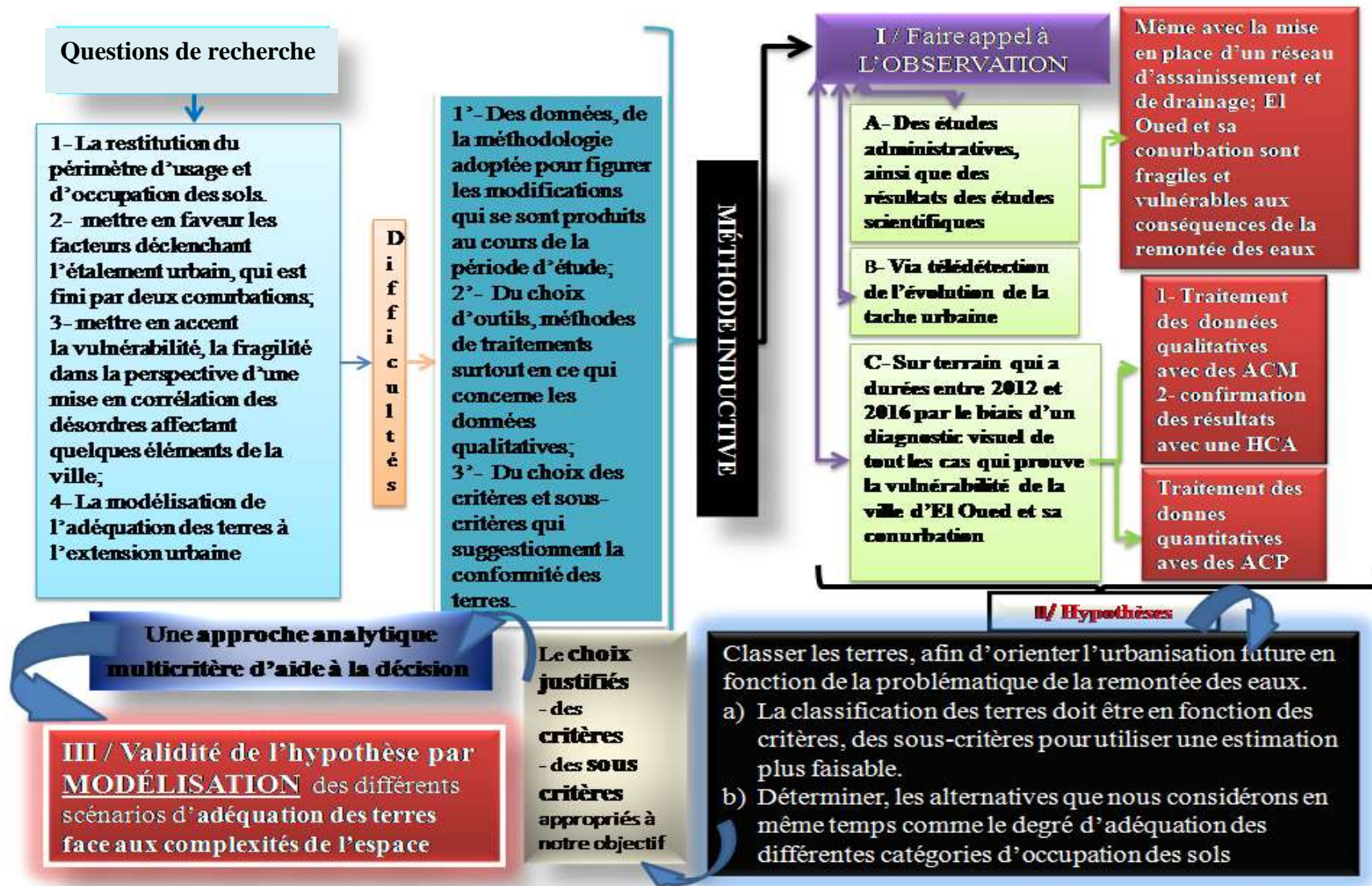


Schéma 1. Conception idiographique, et les volets méthodologiques de la recherche

Objectifs de la recherche

Les principaux objectifs de la thèse sont les suivants :

- 1- Élaborer une démarche de restitution du périmètre d'artificialisation et d'utilisation spatiotemporel des sols en exploitant les données statistiques et satellitaires afin de souligner la conurbation ;
- 2- Qualifier, localiser et quantifier les désordres relatifs au gonflement de la nappe phréatique et trouver les corrélations existantes entre ces différentes actions ;
- 3- Analyse des tendances en matière d'organisation spatiale des effets négatifs de l'élévation de la nappe phréatique sur la ville d'El Oued et sa conurbation ;
- 4- Modéliser des différents scénarios d'adéquation des terres face aux difficultés de l'espace de la ville de Souf et sa conurbation.

Nos objectifs cités ci-dessus paraissent méthodologiques et forment des primautés thématiques ; connaître les différents scénarios de l'évolution de l'espace urbain, analyser les conséquences spatiales sur la transformation morphologique de l'espace où la remontée des eaux est la plus désastreuse et inévitable, détecter la vulnérabilité et la fragilité causée par la remontée des eaux, déterminer les sites adéquats à l'urbanisation future.

Etat de l'art sur la problématique de l'eau

Les études liées au sujet abordé sont considérées comme inexistantes, mais en termes de nombre d'études liées à la zone d'étude, elles sont nombreuses dans diverses disciplines ; aménagement du territoire ; hydrogéologie ; sciences agronomiques, science de la nature et de la vie, et peut-être les plus récentes sont les suivantes :

Conception et mise en œuvre d'une démarche d'ingénierie en appui aux innovations des acteurs locaux : cas du pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara Algérien), thèse de doctorat en sciences, option sciences agronomiques présenté par **Ould Rebai Abdelkrim** soutenue en 2020. Laboratoires où la thèse a été préparée : Maitrise de l'eau en agriculture, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Hassan Badi, El Harrache-Alger ; Laboratoire de Contrôle des Caractéristiques Techniques des Equipements d'Irrigation, Institut National des Sols Irrigation et Drainage, El Harrache-Alger. La thèse réalisée avec le soutien de CIRAD et

INTRODUCTION GÉNÉRALE

IRSTEA, UMR G-Eau, Montpellier. L'auteur a analysé comment le pivot a aidé à la réorganisation agraire, puisqu'un nombre important d'agriculteurs et d'investisseurs se sont entamés dans la production de la pomme de terre sous pivot, il a aussi analysé le mécanisme d'innovation progressif du pivot, en prouvant comment en dix ans les différents acteurs locaux ont instauré un pivot miniaturisé, légèrement couteux et adéquat aux exigences des agriculteurs, l'auteur a analysé des exploits hydrauliques sur terrain et en laboratoire, tout en insérant l'étude des mises en œuvres des agriculteurs, l'auteur a proposé des voies de perfectionnement de ces performances, qui intègre les progrès de plus de vingt ans d'innovateur Soufie. Dans cette étude l'auteur a adopté la méthodologie d'enquêtes et entretiens suivie par des essais et mesures et des mesures au laboratoire. Vers la fin l'auteur a montré que la prouesse hydraulique du pivot peut être perfectionnée, sous réserve que l'ingénieur rentre dans un processus de négociation ininterrompu avec les acteurs de terrain.

La problématique du développement des territoires sahariens, cas du Souf ; présenté par **Mestfaoui Amar**, une thèse de doctorat en science en aménagement du territoire soutenu en 2018, l'auteur a mis en évidence les transformations agricoles qu'a connues la région du Souf en passant du système agricole traditionnel au système agricole moderne, et a tenté de mettre en évidence les forces et les faiblesses du secteur agricole et sa contribution au développement locale et national. En cela, l'auteur s'est appuyé sur de nombreuses approches, l'approche descriptive historique, l'approche inductive et l'étude de cas. Les résultats les plus importants qu'il a atteints ; la politique agricole est basée sur la production sans se concentrer sur la commercialisation, la qualité des récoltes est déterminée par la politique des prix et la concurrence entre les agriculteurs ; l'abandon par l'état du système agricole traditionnel, alors qu'il s'agit d'un système classé au niveau mondial comme patrimoine agricole durable, et l'adoption du système moderne qui a modifié la topographie de la région. Le problème de la colonisation des terres agricoles, qui constitue un obstacle à l'obtention d'un soutien agricole.

Une thèse de doctorat en science, soutenu en 2018 par **Khezzani Bachir**, spécialisée en science naturelle et vie sous le titre suivant : Exploitation des ressources en eau dans la vallée du Souf, une étude pour la gestion durable de l'environnement. L'auteur a étudié l'histoire et le développement des systèmes d'exploitation des ressources en eau à travers les différentes étapes de développement de la vallée, par l'analyse des données statistiques disponibles par l'évaluation de l'impact résultant de l'activité humaine. Il a abordé également la possibilité de passer du modèle originel de l'oasis au modèle oasisien modifié, avec une recherche des

INTRODUCTION GÉNÉRALE

caractéristiques du nouveau système et des fondements retenus pour la réussite de cette transformation de manière cohérente avec les nouvelles données. L'auteur a abordé deux exemples, le premier relatif au suivi des déséquilibres hydriques provoqués au niveau de la nappe phréatique et le second relatif à une étude statistique de la propagation de l'épidémie de leishmaniose cutanée. L'auteur a conclu que la transition vers le modèle Oasis modifié impose un certain nombre de réformes dans le secteur agricole traditionnel et la couche de surface, Ces réformes consistent à changer les systèmes d'exploitation en eau non durable, en plus de l'ajustement de la technique correspondante à la recharge artificielle des eaux souterraines afin de préserver un niveau d'eau de la nappe phréatique constant. Quant au secteur agricole traditionnel, l'auteur a préconisé comme recommandation la nécessité de créer sa propre base de données, et d'édicter des textes juridiques protecteurs pour celui-ci.

Un doctorat en sciences en hydrogéologie sous le titre de : Etude hydrogéologique et hydro chimique de l'aquifère libre d'El Oued Souf (SE Algérie), présenté par **Bouselsal Boualem**, soutenu en 2016. Après l'examen des cartes piézométriques, l'auteur confirme que de la remontée des eaux due à l'infiltration des eaux usées sous les zones urbaines et les eaux d'irrigation exploitées à partir des aquifères profondes sous les zones agricoles. Se référant aux normes algériennes pour l'eau potable et les normes internationale des eaux d'irrigation de FAO et aux normes de l'OMS, l'auteur a classé la nappe phréatique (au niveau du Souf) non potable avec un taux de nitrate important et de mauvaise qualité pour l'irrigation, et les eaux usées épurées sont non convenables à l'irrigation des terres agricoles.

L'auteur a classé la nappe phréatique selon la méthode DARSTI de vulnérabilité en deux classes de l'ordre de : 78,66 % fortement vulnérable sous les zones urbaines et les zones agricoles irriguées par des forages (CT), 21,34 % moyennement vulnérable.

Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-est Algérien), thèse de doctorat en sciences en hydrogéologie présentée par **Khechana Salim** soutenue en 2014. L'auteur a éclairci le cadre générale et sous-jacent de la gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée du Souf, l'auteur a adapté une nouvelle approche de gestion, fondé surtout sur la méthode de perspective, après avoir évalué les réserves disponibles et les requêtes en eau pour les distincts utilisateurs et de préséance d'allocation basé sur des approches de collaboration de tout acteur de l'eau orateur dans cette unité de ressource, en vue de développer ce secteur de telle sorte a ne pas détérioré l'environnement ni le mécanisme socio-économique.

Une thèse de doctorat en sciences en hydrogéologie sous le titre de : Impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la Vallée du Souf (Sud-est Algérien), présentée par **Drouiche Abdelmalek** soutenue en 2014. Cette thèse de doctorat traite les risques de pollutions dans la zone de rejet au Nord-Ouest de la ville d'El Oued, qui se sont augmenté localement. L'auteur a réalisé six campagnes de mesures hydro chimiques : trois pendant l'année 2007 (avril, juin et septembre), deux pendant l'année 2010 (janvier et avril) et en mai 2012 après l'arrêt de rejet. L'interprétation des analyses des enchantions ont permis l'établissement de la carte de l'indice de pollution organique d'une part, d'autre part ils ont prouvé le pouvoir auto épuratoire élevé du terrain ce qui restreint notablement les conséquences de la pollution d'origine organique. Ce résultat est confirmé par les valeurs de la dispersive longitudinale α_L faibles, déterminées au niveau de la zone de rejet. Pour ce qui est des teneurs de certains éléments majeurs naturels (Na^+ , Ca^{++} , SO_4^{--} , $\text{Cl}^- \dots$), celles-ci restent élevées et posent un sérieux problème d'aptitude de ces eaux à l'irrigation.

Structure de la thèse

La thèse structurée en six chapitres.

Le premier chapitre, « Le cadre topographique, contexte hydro climatique et Hydrogéologie », la présentation de la zone d'étude qui se caractérise par une faible altitude, absence d'un exutoire naturel.

Le deuxième chapitre, « Géologie, Hydrogéologie et bilan d'eau », une surexploitation de deux grands réservoirs a donné un déficit lourd sur les réserves de la nappe phréatique à déstocker traduit par le déséquilibre entre les quantités d'eaux entrées exploitées et les quantités d'eaux sorties.

Le troisième chapitre, « fluctuation de la nappe phréatique et étude piézométrique », des variations entre rabattement et montée, les origines du dysfonctionnement de la nappe sont les eaux résiduaires urbaines et industrielles et les eaux d'irrigation agricoles.

Le quatrième chapitre, « Le projet SIG », connaître les différents scénarios de l'évolution et l'extension de l'espace urbain grâce à l'établissement d'un SIG entre 1972 et 2016.

Le cinquième chapitre, « La vulnérabilité et la détérioration physique dans l'espace urbain », un diagnostic visuel du terrain qui a eu lieu sur tout endroit touché par la remontée dans la ville d'El Oued et sa conurbation.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le sixième chapitre, « Décider face à la complexité du contexte urbain est **environnemental** », est dédié à traiter la démarche de l'adéquation des terres à l'extension urbaine face aux complexités de l'espace de la ville de Souf et sa conurbation, une complexité sévère à multiples piliers.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

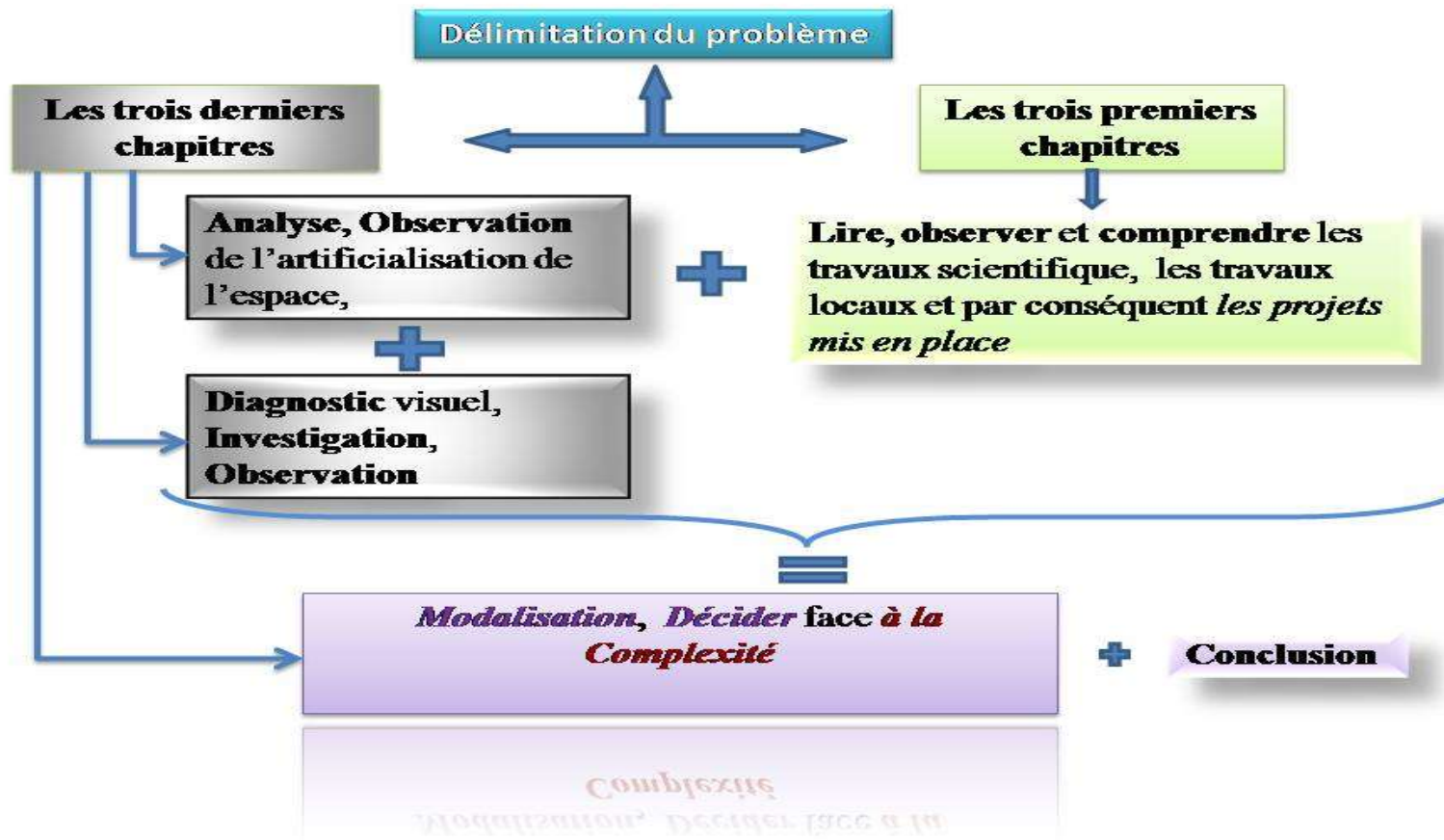


Schéma 2. Structure de la thèse

PREMIER CHAPITRE

Premier Chapitre :

Le cadre d'étude et les caractéristiques naturels :

Faibles altitudes,

Absence d'un exutoire naturel,

Introduction

La connaissance des caractéristiques topographiques et des caractéristiques hydro climatiques est nécessaire pour toute étude géographique environnementale surtout qui a un rapport avec les ressources en eaux. En effet, elle permet d'une part d'étudier le cadre topographique dans lequel la nappe d'eau est alimentée ce qui contribue dans l'évaluation du bilan hydrique et d'autre part à avoir une idée sur l'atmosphère ainsi que l'allure de la surface terrestre.

I.1. Situation géographique

L'aire d'étude fait partie de la vallée du Souf qui fait partie du Sahara Nord Est septentrional, s'étend sur une surface de 80000 km². Elle se trouve limitée au nord par la zone des chotts (Malghig et Marouane), au sud par l'extension du Grant Erg oriental, à l'Ouest par Oued Righ et à l'Est par la frontière tunisienne à 350 km l'Ouest de Gabes. Elle représente sous la forme d'un ensemble dunaire, atteignant par endroits jusqu'à 100 mètres de hauteur (**figure 1.1**).

- La zone d'étude est délimitée par les coordonnées suivantes :(UTM Clarke 1880, zone32) :
- X = 275' 200 / 322' 000
- Y = 3'665' 000 / 3'743'000
- Soit une surface de 46,8 km par 78 km. (ENHPO BG mission II, rapport final page 11)

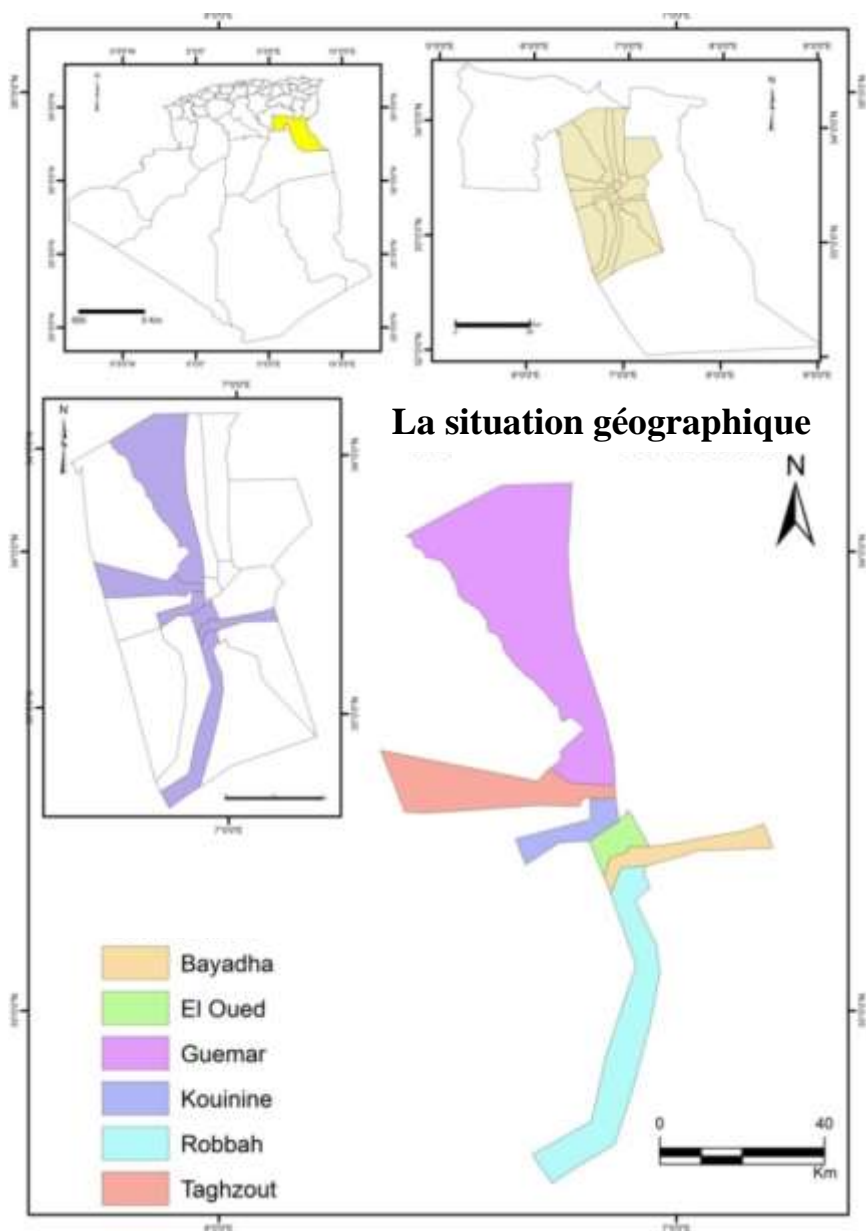


Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude

I.2. Relief :

L'étude du grand Erg Oriental, à partir des cartes au 1/200 000 (Monique Mainguet, Chemin, 1987), révèle trois types de dune Sifs et les sables qui forme le ¼ nord-ouest de l'erg et la partie septentrionale qui limite les Chotts. Il existe un type de sables plus minces à l'ouest et au nord. La hauteur des Sifs croit proches de 80 m l'accroissement de la quantité de sable du nord vers le sud. Les Ghrouds sont formés à trois directions dominantes atteignent les 200 m au sud. Erg à croute gypseuse a été identifié depuis longtemps : d'abord en Tunisie présaharienne (coque, 1961), puis au sud du chott Melghigh (coque R, Gachelin C 1975 ; Ballais et al, 1985 ; Ballais 1993).

Des recherches effectuées en 2001(ENPHO-BG), tout particulièrement du sud de Guemar jusqu'au nord-est de Hobba, à l'est de la route nationale n°48 s'individualise une rangée double des Ghouts que les habitants appellent (oued ou hora).

Une forme de plateau Tinhert au sud rocheux, qui s'étend vers le Sud de l'erg avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses (Mainguet, chemin, 1987).

Une zone de dépression, caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est (ENHPO-BG. Géomorphologie). La distinction essentielle à faire dans la topographie du Souf est celle qui existe entre l'Erg et Sahane.

L'Erg où le sable s'accumule en dunes c'est la grande partie 3/4 de la surface totale, est relativement épais, de plusieurs dizaines de mètres. Les fonçages récents de puits ont montré une épaisseur un peu plus grande qu'on ne le pensait 70-80m dans la partie sud de Souf, 60 m à l'endroit d'El-Oued, il s'affaiblit Progressivement vers le Nord du Souf à 30 m, plus au Nord se rétrécit jusqu'aux les sebkhas orientées NNW-SSE. L'Erg se repose sur un substratum et d'argile imperméable du Pliocène (ENHPO-BG. Géomorphologie). Le Sahane est une région plate à encroutement gypseux, formant les dépressions fermées, entourées par les dunes, où poussent de rares végétaux. Quasiment tout le relief du Souf est complètement compris entre trois lignes principales orientées Est-Ouest (DHW.2004)

I.3. Topographie :

L'altitude moyenne est de 80 m (avec minimum d'environ 25 mètres dans la région de Mérouane et Melghigh au Nord de la zone d'étude). La ville d'El Oued est construite dans la vallée de l'Oued formant ainsi une cuvette parsemée de Ghouts (photo1 ; Lehuraux L, 1934) constituant les palmerais (**photo 1.1**)



Photo 1.1 : Les Ghouts, technique hydraulique ingénieuse

I.4. Absence d'un exutoire :

La zone du Souf n'est pas munie d'un exutoire, les eaux usées (ménagères, hospitalières, et industrielles) et même l'exagération d'irrigation n'a qu'un seul chemin, s'infiltrer via le sable pour apponter dans la nappe phréatique et finie par le dépérissement de palmiers dans les dépressions (les Ghouts). Autrefois, le système hydraulique du Souf nommé un système fermé (**figure 1.2**) ; l'alimentation se fait à partir de la nappe phréatique en petites quantités à quantités suffisantes, il faut noter qu'autrefois la qualité chimique des eaux polluées n'était pas compliquée le sable à lui seul suffisait à purifier l'eau avant qu'elle ne retourne à la nappe phréatique (alimentation - évacuation était simple et équilibrée :

- L'alimentation se faisait à partir des puits implantés au niveau de la nappe phréatique ;
- L'évacuation des eaux usées s'exécutait dans les fosses septiques (perdues) afin de joindre la nappe phréatique.

Après le développement qui a eu lieu dans la zone, ce système ingénieux est en rupture (**figure 1.3**) par un système bouleversé où trois nappes dans deux grandes réserves (N PH, CT et CI) parvenaient à la nappe phréatique (D.S.A, 1993).

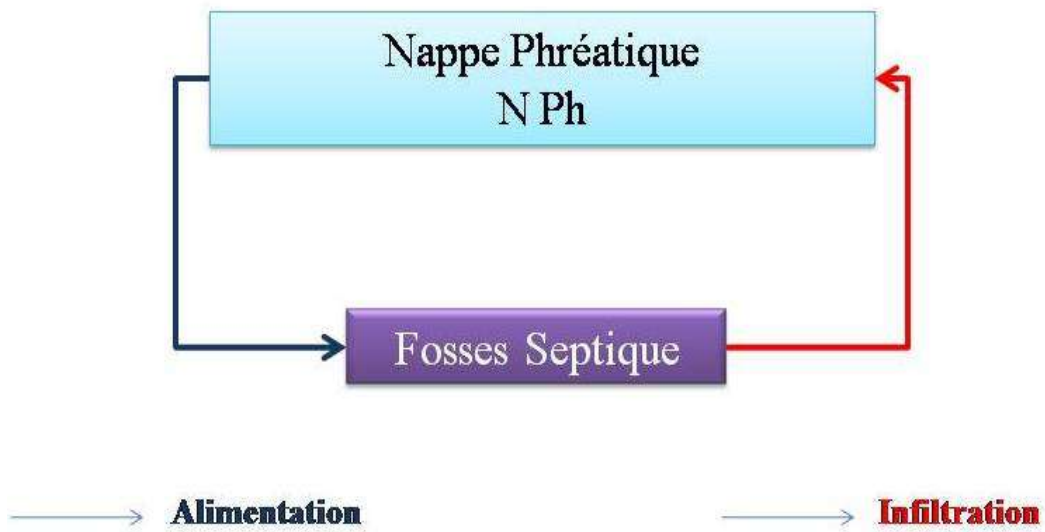


Figure 1.2 : Système Hydraulique Fermé

Source D.S.A.1993 compilé, graphie par l'Auteur

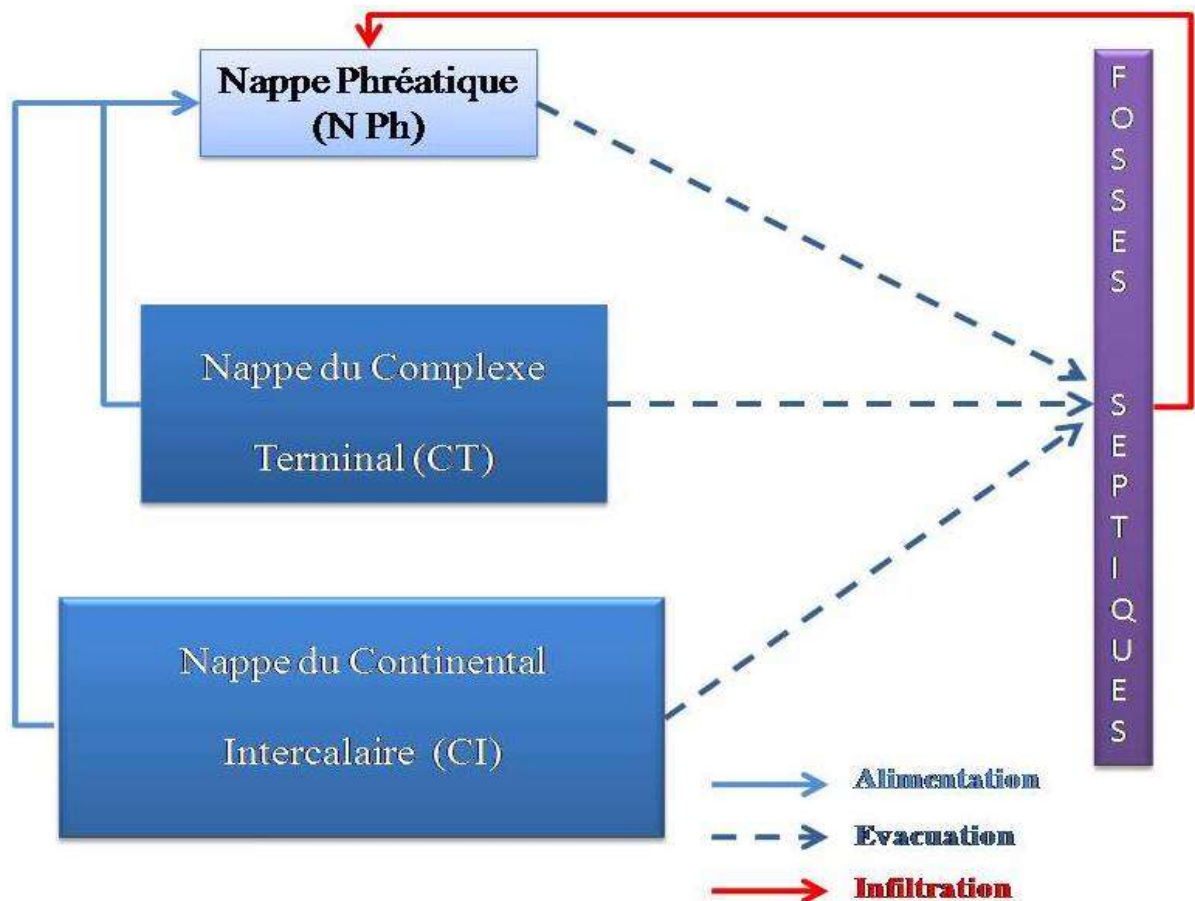


Figure 1.3 : Système Hydraulique en Rupture

Source D.S.A 1993 compilé, graphie par l'Auteur

I.5. Hydro climatologie :

En Algérie, il y a trois différentes zones climatiques, la première au Nord à un climat méditerranéen, la seconde aux hautes plaines à un climat semi-aride et la troisième au Sahara à un climat aride. Notre zone d'étude se localise au Sahara Nord Est septentrional, la Méditerranée se trouve à 390 km au Nord (littoral Annabi), à 305 km à l'Est (littoral Gabéssien), à 1100 km au Nord du tropique de Cancer et à 3700 km de l'Equateur.

La climatologie est l'état de l'atmosphère peut se définir par l'équilibre des distinctes grandeurs physiques comme la température, les précipitations, l'humidité, le vent, ... etc.

Dans ce chapitre on a analysé les éléments hydro climatologiques modérés pendant les années (1978-2015) niveau de la station de Guemar (wilaya d'El Oued).

I.5.1. Climat

Le climat de notre zone d'étude est du type saharien caractérisé par un été chaud et sec où la température parfois atteinte 54°C et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des siroccos, aussi bien que des vents de sable durant la saison du printemps. Les données pluviométriques, comme la température, l'humidité, l'évaporation, etc. ont été contemplées par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) et notées à la station climatologique de l'aérodrome de Guemar.

I.5.1.1. La précipitation moyenne mensuelle :

Pour caractériser le climat d'une région la précipitation est un facteur fondamental le (**tableau 1-1**) ci-dessous donne les précipitations moyennes mensuelles observées durant la période (1978-2015).

La carte de la répartition spatiale des pluies annuelles (**Figure 1.3**), indique une réduction de la pluviométrie en va du Nord vers Sud, notre région d'étude se trouve dans la gamme 70 à 75 mm/an.

Tableau 1-1. Les précipitations moyennes mensuelles durant la période (1978-2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne
P(mm)	5,94	6,35	7,86	7,13	12,83	6,93	12,97	7,9	4,14	1,84	0,18	1,71	75,78

(O.N.M, 2015)

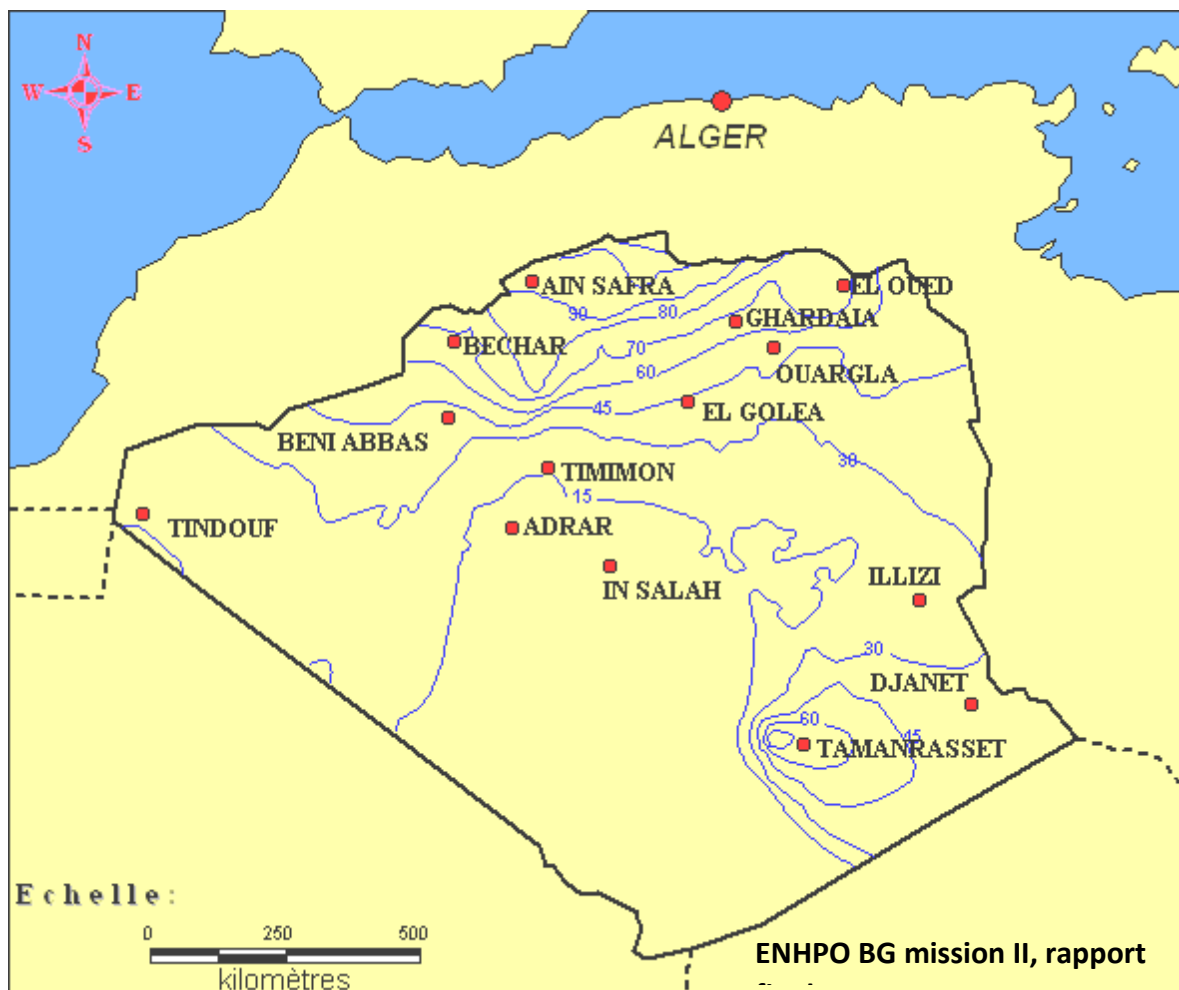
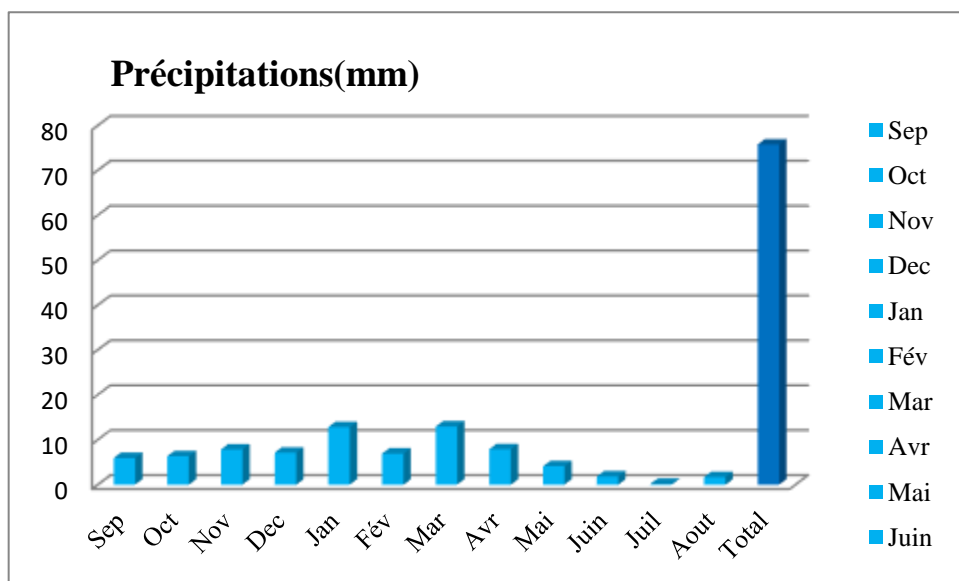


Figure 1.4 : Carte en isohyètes moyennes annuelles du Sahara Algérien

Le graphe ci-dessous montre une fluctuation des précipitations dans le temps durant les 37ans. La pluviométrie maximale est pendant le mois de Mars de l'ordre de 12,97 mm, et



Graphique 1.1 : Histogramme des précipitations moyennes Mensuelles (mm) durant la période (1978-2015)

la minimale est pendant le mois de Juillet de l'ordre de 0,18 mm, le cumule de la précipitation annuelle est de 75,78 mm.

I.5.1.2. La température moyenne mensuelle :

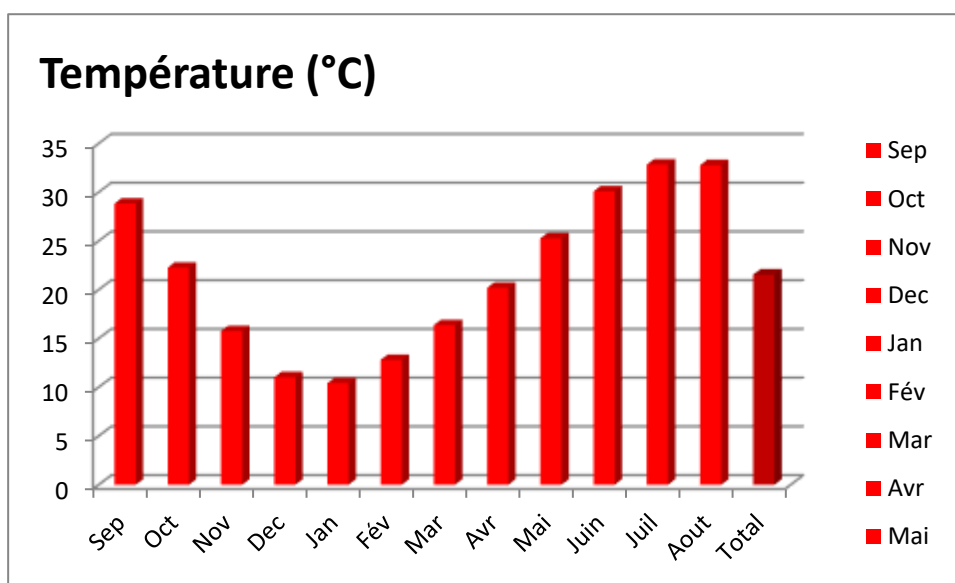
La température est perpétuellement changeante. Les écarts entre le jour et la nuit dépassent parfois 21°C, à l'ombre, les températures minimales progressent régulièrement de 3°C à 25°C, dont les maximales de 15°C à 40°C ces températures dépendent de la durée de l'ensoleillement. Ces valeurs sont élevées entre le début du mois de Février et la fin du mois de Juillet, le tableau 1-2 ci-dessous donne les valeurs de la température moyennes mensuelles notées pendant la période (1978-2015).

Tableau 1-2. Les températures moyennes mensuelles durant la période (1978-2015) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Moyenne
T (°C)	28,84	22,27	15,75	11,03	10,43	12,81	16,38	20,19	25,28	30,09	32,84	32,78	21,56

(O.N.M, 2015)

Une variabilité de température visualisée d'après le tableau ci-dessus dans 37 ans, même période de (1978-2015), le tableau affiche la température moyenne mensuelle de 21,56°C, elle est maximale de l'ordre de 32,84 °C pendant le mois de juillet, qui représente le mois le plus chaud et la température minimale est de l'ordre 10,43°C durant le mois de janvier.



Graphique 1.2 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1978-2015)

I.5.1.3. Combinaison climatique :

L'assemblage des données des précipitations et celle des températures permet de mettre en évidence : le type de climat ou le domaine climatique suivant la méthode d'Emberger et/ou le calcul de l'indice d'aridité. Les périodes humides et sèches au cours de l'année grâce au diagramme de Gaussen.

I.5.1.3.1 Indice d'aridité :

Le calcul de cet indice est afin de préciser le type du climat dans la zone d'étude à l'aide de la formule suivante de Martonne (1926).

$$I = P / (T + 10)$$

Ou,

I : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne annuelle (**mm**).

T : température moyenne annuelle (°C).

Dans la zone d'étude l'indice d'aridité égale à $I = 2,40$; selon le classement (**tableau 1-3**) de Martonne qui est établie en fonction de la valeur de l'indice d'aridité calculée (**I**)

Tableau 1-3. Classement en fonction de l'indice d'aridité (selon Emmanuel De Martonne)

Valeur de l'Indice d'Aridité	Climat	Signification
< 5	Aridité Absolue	Désert sans culture
5 à 10	Désert (aride)	Désert et steppe ; aucune culture sans irrigation
10 à 20	Semi-aride	Formations herbacées, steppes ou savanes. irrigation nécessaire pour les cultures exigeant de l'humidité.
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle ; irrigation généralement non nécessaire les cultures exigeant de l'humidité.
30 à 40	Humide	Les arbres jouent un rôle de plus en plus grand dans le paysage. La forêt obéit à ce type de climat.
> 40	Humide	Les cultures de céréales tendent à être remplacées par les herbages

$I = 2.40 < 5$, ce qui confirme que la région d'étude est caractérisée par un climat d'aridité absolue (hyper aride).

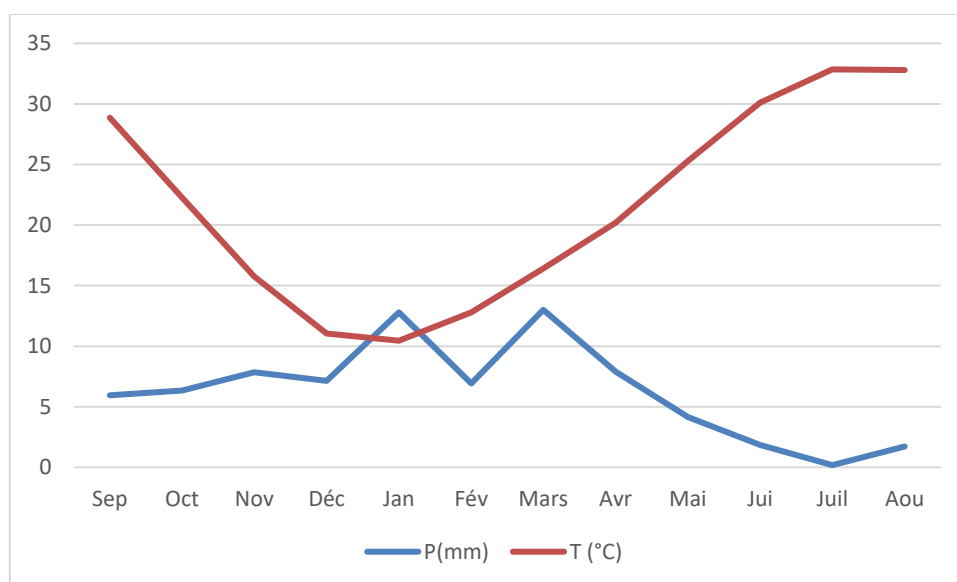
I.5.1.3.2. Diagramme pluviothermique :

En combinant entre les données des précipitations et des températures mensuelles de la même période d'observation (**tableau 1-4**), on peut mettre la courbe pluviothermique dont le but est de bien définir la période humide et la période sèche. Lorsque la somme moyenne des précipitations est égale ou inférieure de la température moyenne ($mm \leq ^\circ C$) du même mois, il classait autant que mois sec. Ce rapport permet de mettre un diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à la même échelle que les précipitations (in Baygnons). La période est dite déficitaire en eau lorsque la courbe correspondante des températures passe au-dessus de celle des précipitations ; et la période est nommée période humide et lorsque la courbe des précipitations correspondantes passer au-dessus de celle des températures (**Graphique 1.3**).

Tableau 1-4. Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
P(mm)	5,94	6,35	7,86	7,13	12,8	6,93	13	7,9	4,14	1,84	0,18	1,71
T (°C)	28,85	22,25	15,75	11,05	10,45	12,8	16,4	20,2	25,3	30,1	32,85	32,8

(O.N.M, 2015)



Graphique 1.3 : Diagramme pluviothermique de la région d'étude pendant la période (1978-2015)

PREMIER CHAPITRE

Selon le diagramme ci-dessus, on constate que l'année hydrologique de la zone d'étude est déterminée par une période sèche durant toute l'année sauf au cours du mois de Janvier.

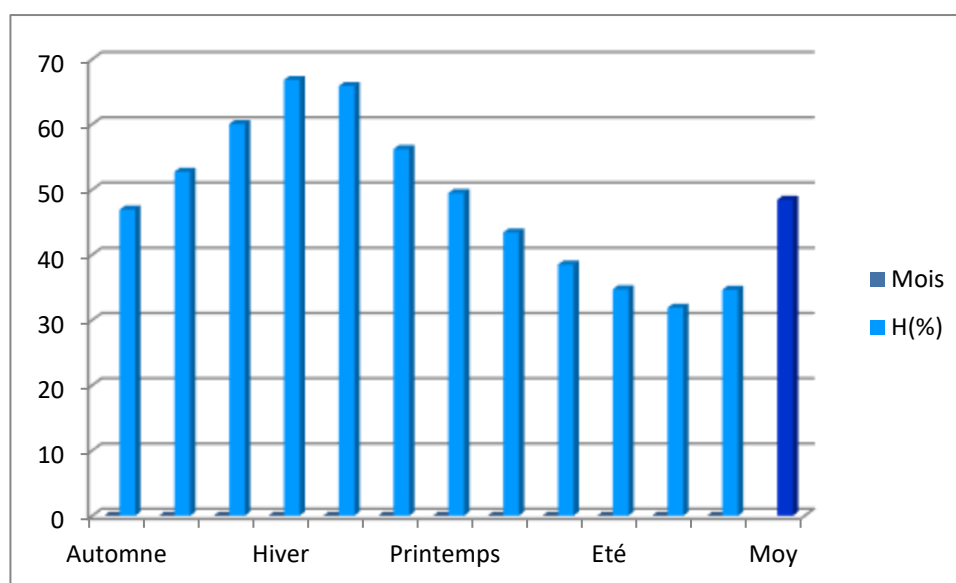
I.5.1.4. L'Humidité de l'air :

L'humidité a des conséquences sur les dégradations chimiques comme l'oxydation, elle est l'une des conditions du climat qui indique le rapport de l'eau persistant dans l'atmosphère, le tableau 1-5 suivant affiche les pourcentages de l'humidité moyenne, contemplées durant 37 ans (même période).

Tableau 1-5. Humidité Valeurs relatives moyennes mensuelle (1978-2015)

Saison	Automne			Hiver		Printemps			Eté		Moy		
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	
H(%)	46,9	52,7	60	66,8	65,9	56,2	49,5	43,4	38,5	34,7	31,9	34,6	48,44

(O.N.M, 2015)



Graphique 1.4 : Histogramme de l'humidité mensuelle en pourcentage (1978-2015)

Le graphique ci-dessus ainsi que le tableau 1-5 nous admet à discriminer les mois relativement humides des mois secs. Les mois humides (la valeur relative de l'humidité est de $\geq 50\%$) sont Octobre, Novembre, Décembre Février et Janvier, le reste des mois de l'année sont caractérisés par une sécheresse (la valeur relative de l'humidité est de $\leq 50\%$).

La moyenne relative la plus élevée est en saison hivernale affichée en mois de décembre (66,8%), tandis que la moyenne relative la plus basse (31,9%) de l'humidité est affichée durant la saison d'été précisément durant le mois de Juillet.

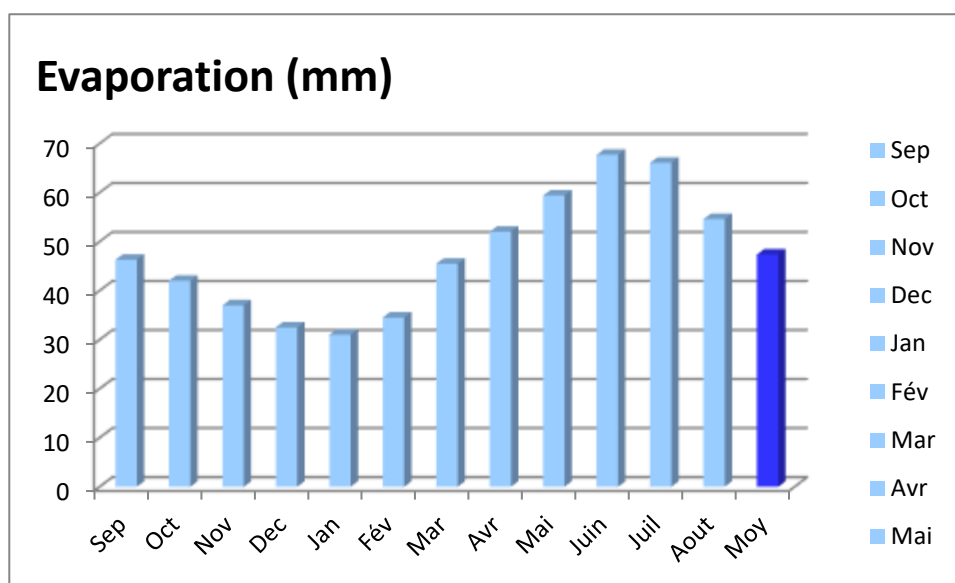
I.5.1.5. L'évaporation :

Les données collectées auprès d'ONM de Guemar durant la même période (1978-2015), qui concernent les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation sont représentés d'après le tableau 1-6. L'évaporation la plus basse s'aboutisse en mois de janvier, et les plus élevées sont en juin, Juillet et Août de l'ordre de 67,7 mm, 66,1 mm, et 54,6 mm. L'évaporation moyenne annuelle est de 47.38 mm.

Tableau 1-6. Evaporation moyenne mensuelle (1978-2015) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
EV(mm)	46,3	42	37	32,5	31	34,5	45,5	52	59,4	67,7	66,1	54,6	47,38

(O.N.M 2015)



Graphique 1.5 : Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne (mm) durant la période (1978-2013).

I.5.1.6. Le Vent :

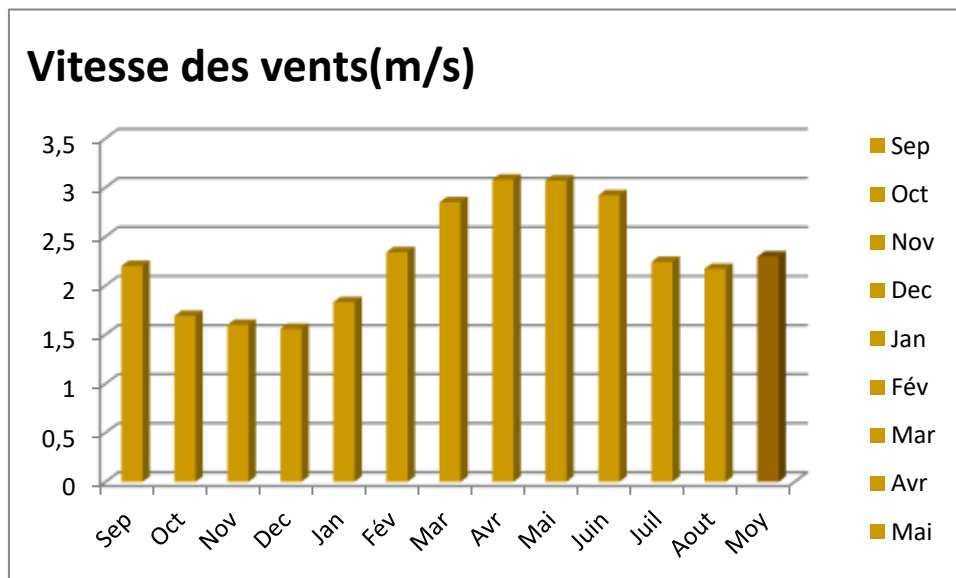
Les vents les plus violents se produisent au printemps. La direction dominante est du Nord vers l'Est, à l'exception des mois de la saison hivernale dont la direction est du Sud vers l'Ouest. Les siroccos présentent les vents caractérisant la saison d'été soufflent fréquemment dans la région, ils soufflent du Sud vers le Nord en produisant des courants d'air chaud de temps en temps chargés de sable. Durant la mi-saison du printemps jusqu'au le mi de l'été, il est à noter que les vents appelés localement Bahri qui apportent de la fraîcheur (d'Avril au Juillet), soufflent dont leur direction dominante est de l'Est. Il faut aussi noter les vents de sable qui soufflent avec une vitesse de 30 à 40 km/h. entre la fin de l'hiver et le mi du printemps (entre le mois de février et

le mois d’avril), tous ces vents fréquents marquent leurs vitesses dans le tableau 1-7 et le graphique 1.6.

Tableau 1-7. Les vitesses moyennes mensuelles des vents (1978-2015) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
V(m/s)	2,2	1,69	1,6	1,56	1,83	2,34	2,85	3,08	3,07	2,92	2,24	2,17	2,30

(O.N.M 2015)



Graphique 1.6 : Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s) durant la période (1978-2015)

I.5.1.7. L’insolation :

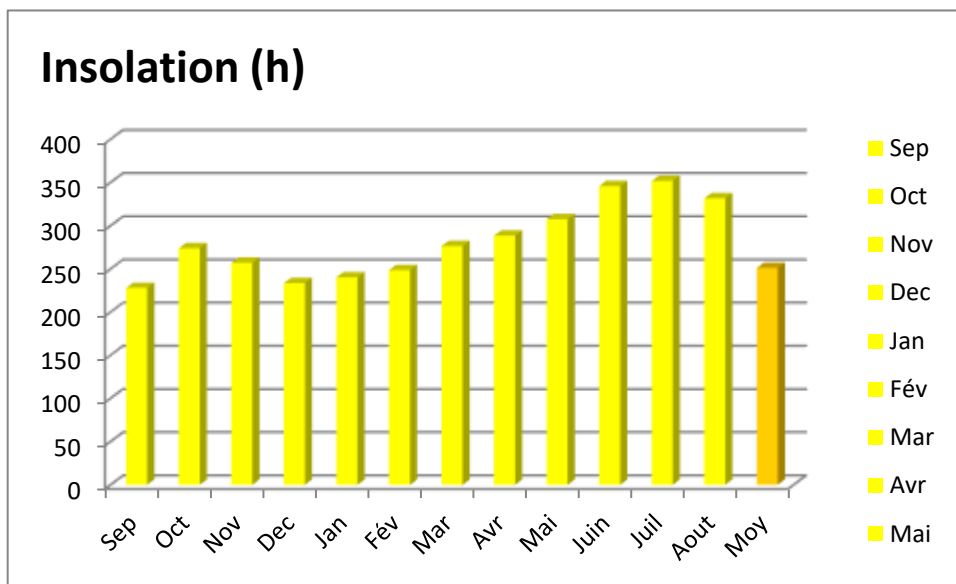
L’insolation ou radiation solaire totale est la période pendant laquelle le soleil brille : elle est fixée par des mesures directes ou par le dévouement des bandes héliographiques. D’après la station de Guemar, une série des données de 1976 à 2008 (**tableau 1-8**) contient la durée maximale, médium et minimal - la durée d’insolation maximale est avec 351.9 heures enregistrées en juillet.

- la durée d’insolation médium est de 282 heures affichées en septembre.
- la durée d’insolation minimale avec 228 heures apparaît en décembre.

Tableau 1-8 : La répartition moyenne mensuelle d'insolation (1976 - 2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Ins (h)	228	274	257.2	233.6	240.2	248.6	276.5	288.6	307.5	345.9	351.9	331.7	251,2

(O.N.M 2015)



Graphique 1.7 : Histogramme de moyennes mensuelles de l'insolation (h) durant la période (1978-2008)

I.5.1.8. L'évapotranspiration :

La transpiration est ordonnée par les conditions climatiques, liées au rayonnement et à la perturbation de l'air, qui collaborent à la détermination de ce que les bioclimatologistes nomment l'évapotranspiration potentielle (ETP) ; qui est la quantité d'eau en (mm), évaporait ou transpirait d'après un bassin versant. L'évapotranspiration réelle (ETR) concorde à la quantité d'eau réellement évaporée ou transpirée par les végétaux, le sol, et les espaces libres d'un bassin versant. Selon Dubost (1992), en agriculture irriguée saharienne, on transporte aux végétaux l'eau indispensable pour contrebalancer l'ETR

I.5.1.8.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évaluation de l'ETP ne peut s'accomplir qu'au moyen de divers calculs utilisant les données de constatation météorologiques. Certains de ces calculs sont à caractère expérimental : les calculs de Turc, de Thornthwaite, de Blanney-Criddle et de Penman.

I.5.1.8.1.1 Selon le calcul de THORNTHWAITE :

C'est une des plus anciennes formules mises au point, elle reste très employée en hydrologie car sa résolution ne nécessite que la connaissance de la température moyenne. Un facteur correctif (K) prend en compte la durée du jour ; il est lu sur des tables qui donnent sa valeur en fonction de la latitude et du mois considéré. L'ETP par la formule de THORNTHWAITE s'écrit :

$$ETP = 16 K * (10T/I)^a$$

Où ;

- **ETP** : Évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm) ;
- **T** : Température moyenne mensuelle du mois considéré (°C) ;
- **K** : Coefficient d'ajustement mensuel ;
- **a** : Indice lié à la température : $a = I \times [1,6/100] + 0,5$
- **I** : Indice thermique annuel: $I = \sum i$
- **i** : Indice thermique mensuel : $i = [T/5]^{1,514}$

I.5.1.8.1.1.1. L'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle pour certaines végétations en pleine activité égale à l'évapotranspiration potentielle. Concernant le Sahara algérien ; la majorité des dossiers spécialisés se servent des données expérimentales.

I.5.1.8.1.2. Calcul de Turc :

Une méthode expérimentale qui se fonde sur de multiples données hydrologiques, cette formule est la suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Où ;

ETR : L'évapotranspiration réelle annuelle (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

L : paramètre exprimant, le pouvoir évaporant de l'atmosphère, il a pour expression :

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T^3)$$

Où **T** est la température moyenne annuelle (°C).

En appliquant le calcul de Turc, **L** = 1340,09, donc **ETR = 79,74 mm**

I.5.1.8.1.3 Méthode de Blanney-Criddle :

Le calcul de l'évapotranspiration réelle, ce fait en fonction de la méthode de Blanney-Criddle, où on particularise deux cas capitaux :

- Si **P - ETP > 0** ; c - à - d : **P > ETP**, dans ce cas **ETR = ETP**.
- Si **P - ETP < 0** ; c - à - d : **P < ETP**, ce cas est subdivisé encore en deux cas suivants :
 - 1 - Si **P + RFU > ETP** **ETR = ETP**.
 - 2 - Si **P + RFU < ETP** **ETR = P + RFU**.

I.5.1.8.2. Évaluation de la réserve facilement utilisable (RFU) :

Cette réserve représente la quantité d'eau stockée dans le sol, son rang de saturation appartient des facteurs distincts :

- La composition lithologique brute est la consistance de la couche superficielle.
- Le niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le climat de la région.
- La couverture végétale.

On peut calculer la RFU d'après la formule de Hallaire :

$$RFU = \frac{1}{3}(Da * He * P)$$

RFU : réserve facilement utilisable (mm).

Da : Densité apparente du sol.

He : Humidité équivalente du sol.

P : profondeur de la couche de la terre explorée par les racines (mm).

Selon l'Institut National d'agronomie d'Alger, et comme notre région d'étude est saharienne on tient **RFU = 50 mm**, la valeur maximale de la réserve facilement utilisable.

I.5.1.8.3. Ruissellement (R) :

Le ruissellement est calculé grâce la formule de Tixeront – Berkaloff :

$$R = \frac{p^3}{3(ETP^2)}$$

Où ;

R : ruissellement (m)

P : la précipitation moyenne annuelle (m) ;

ETP : l'évapotranspiration potentielle.

En appliquant le calcul **R = 0.11mm**

Le tableau 1-9 ci dessous synthétise les résultats des paramètres

Tableau 1-9. Les résultats globaux hydro climatiques durant la période (1978-2015) :

	T	i	K	ETP	P	P-ETP	CH	VR	RFU	ETR	DA	EX
Sep	29	14,2	1,03	141,2	5,94	-135,3	-1	0	0	5,9	135,3	0
Oct	22	9,6	0,97	72,5	6,35	-66,1	-0,9	0	0	6,4	66,1	0
Nov	16	5,7	0,86	28,5	7,86	-20,6	-0,7	0	0	7,9	20,6	0
Déc	11	3,3	0,81	11,6	7,13	-4,5	-0,4	0	0	7,1	4,5	0
Jan	10	3	0,87	10,9	12,8	1,9	0,2	1,9	1,09	10,9	0	0
Fév	13	4,2	0,85	17,3	6,93	-10,4	-0,6	-1,9	0	8,8	8,5	0
Mars	16	6	1,03	37,4	13	-24,4	-0,7	0	0	13	24,4	0
Avr	20	8,3	1,1	65,3	7,9	-57,4	-0,9	0	0	7,9	57,4	0
Mai	25	11,6	1,21	121,7	4,14	-117,6	-1	0	0	4,1	117,6	0
Jui	30	15,1	1,22	184,8	1,84	-183	-1	0	0	1,8	183	0
Juil	33	17,3	1,24	230,7	0,18	-230,5	-1	0	0	0,2	230,5	0
Aou	33	17,2	1,16	214,9	1,71	-213,2	-1	0	0	1,7	213,2	0
Annuel	21,5	115,5	/	1136,8	75,78	-1061,1	-9	0	1,09	75,7	1061,1	0

Conclusion

La zone d'étude fait partie de la vallée du Souf qui fait partie du Sahara Nord Est septentrional, zone d'affaissement, déterminée par la présence d'une pluralité de chotts qui plongent vers l'Est. Elle est d'une topographie entre l'Erg et Sahane. Son système hydraulique est fermé n'est pas muni d'un exutoire naturel, ce système est bouleversé par une surexploitation des nappes profondes. La zone d'étude à un climat du type saharien caractérisé par un hiver doux et un été chaud, sec ce qui favorise l'évaporation intense.

C'est pourquoi nous nous interrogeons sur ces ressources hydriques mobilisées, ainsi que l'état du bilan hydrique en présence des données climatiques susmentionnées.

DEUXIÈME CHAPITRE

Deuxième Chapitre :

Géologie, Hydrogéologie et bilan d'eau : De grands réservoirs surexploités.

Introduction

D'après les études effectuées et les coupes de sondages des forages moyens et des sondages enfoncés réalisés dans la région du Souf la ressource hydrique mobilisée est assurée par deux systèmes d'aquifères, le premier libre correspondant à la nappe phréatique le deuxième est captif correspondant respectivement à la nappe du Pontien du complexe terminal et à celle d'Albienne du continental Intercalaire.

II.1. Géologie

II. 1.1 Géologie régionale

La vallée du Souf est située au bassin triasique appelé mésozoïque saharien, localisé au Nord-est de la plateforme saharienne, ce bassin s'installe sur un substratum paléozoïque allant de la dorsale de Hassi R'mel au NW, jusqu'à la dépression de Ghadmès au SE.

Les isobathes de la discordance hercynienne, varient de 500 à 4000 mètres, indiquent un approfondissement régulier du SW vers le NE et la présence d'un sillon central orienté NE-SW. Le trait structural majeur et constitué par un réseau de failles, de direction N-S dans la partie méridionale et NE-SW restent plus discrets, les principaux accidents affectant le substratum ante-mésozoïque ont joué en fonction de l'état général des contraintes tectoniques, lié au mouvement des plaques : Afrique, Eurasie et Amériques (Boudjama.A, 1987) **figure 2.1**

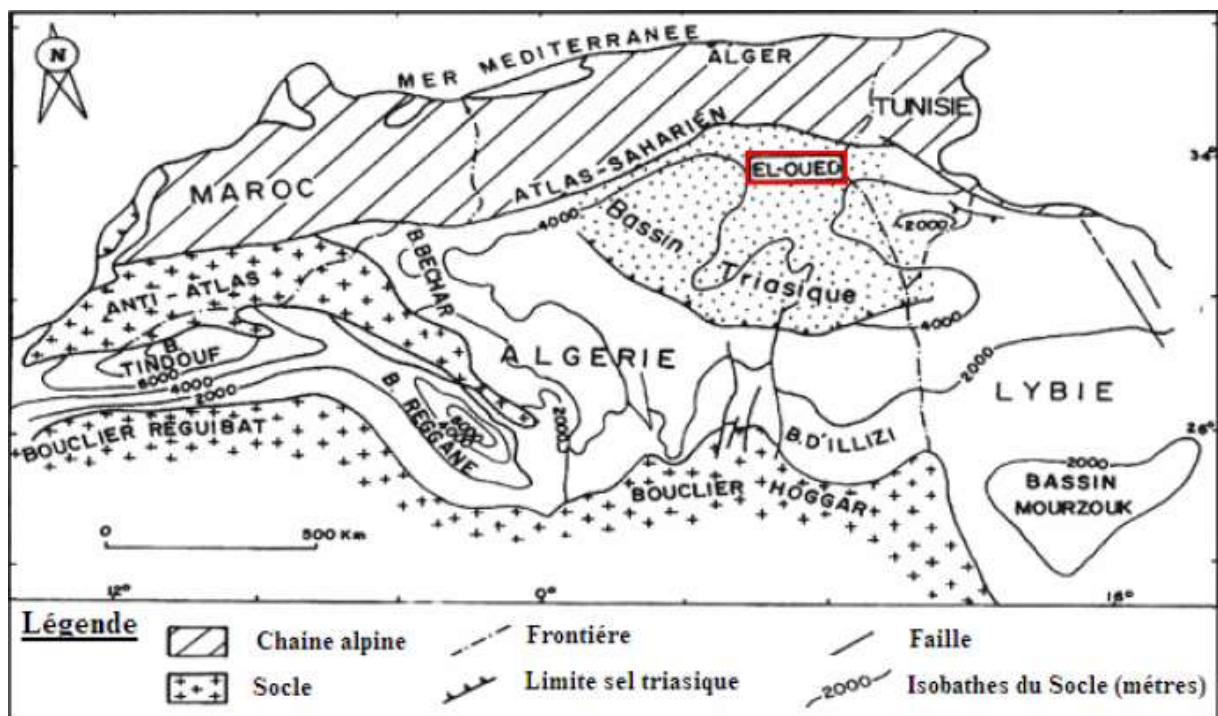


Figure 2.1 : carte du bassin sédimentaire de l'Afrique du Nord (Boudjamaa.A ; 1987)

II.2. Hydrogéologie :

Notre zone appartenant au bassin sédimentaire du Sahara septentrional dont il couvre 780000 km². Ce dernier forme un majeur affaissement topographique, lequel est sous-fini par un bassin structural sous forme de synclinal dissymétrique (**Figure 2.2**). Le bassin oriental est constitué des dépôts méso-cénozoïques d'une puissance considérable que couvre une épaisse formation quaternaire représentée par des dunes de sable donnant naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie du Grand Erg Oriental, des formations de type Chott occupent la partie nord du bassin oriental avec quelques affleurements des terrains moi-pliocènes constitués des sables et d'argiles. Les formations des dunes éoliens atteignant des dizaines de mètres de hauteur, couvre la zone d'étude, au-dessous il se trouvent des formations du Quaternaire représentées par une croute constituée d'un mélange d'évaporites, sables et argiles.

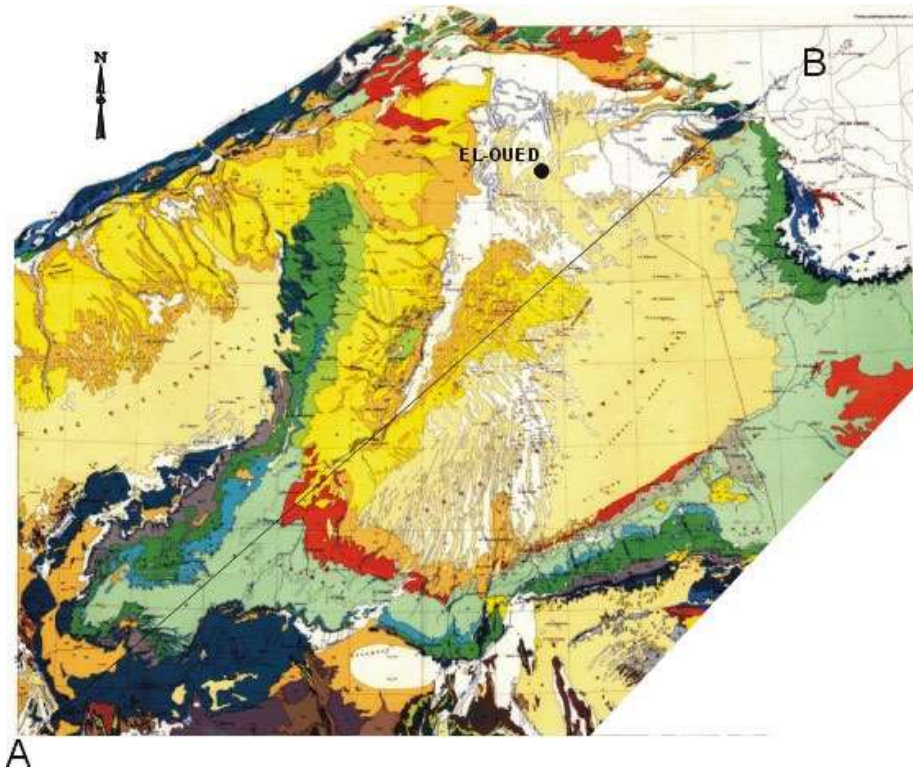


Figure 2.2 : Carte géologique du Sahara d'après G. Busson (1970)
AB = Coupe hydrogéologique.

Allant du Crétacé au Quaternaire une utilité hydrogéologique ; trois grands ensembles pénétrables dans lesquelles se conforment trois vastes aquifères sont dans l'ordre du plus profond au plus proche de la surface : le Continental Intercalaire, le Complexe Terminal et la nappe phréatique.

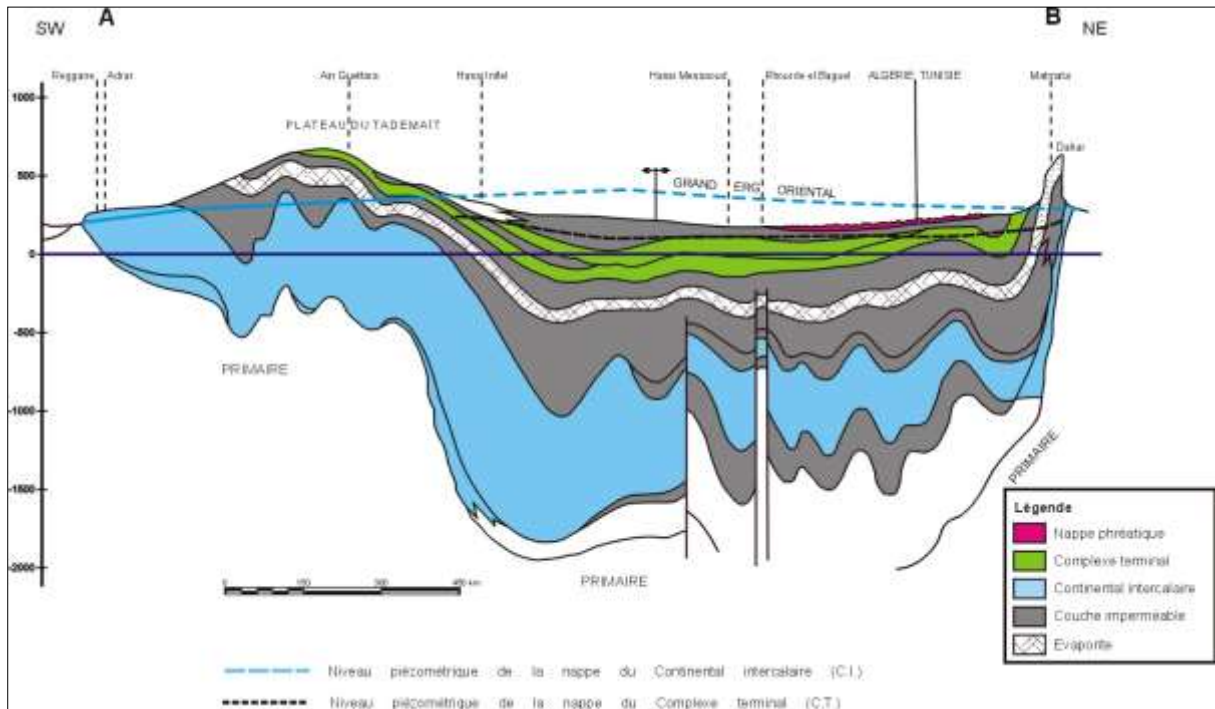


Figure 2.3 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)

II.2.1. La nappe du continental intercalaire CI

Le continental intercalaire est contenu dans des formations du Crétacé inférieur. Il est à l'intérieur d'une séquence compliquée de sédiments clastiques d'âge mésozoïque, dont l'épaisseur et la lithologie présentent d'essentiels changements latéraux. C'est un aquifère multicouche qui s'étend sur une surface d'environ 600 000 km² (Saïbi 2003). Sa profondeur aboutie à l'échelle locale 2 000 m (Savornin J, 1945), alors que son épaisseur est hétérogène entre 200 et 400 m (Bel et Demargne 1966 ; UNESCO 1972). Au Souf, le puits F1 exploite cette nappe à une profondeur de 1 850 m, avec une pression d'environ 22 à 23 bars et un débit de 222 l/s ; cette exploitation est utilisée pour l'eau potable. Dans notre zone, il existe deux puits qui exploitent le CI. La recharge actuelle de cet aquifère se réalise par infiltration des précipitations sur les extrémités du bassin, tout à travers des oueds qui descendent des massifs montagneux, particulièrement de l'Atlas saharien au Nord-Ouest et du Dahar à l'Est (**Figure 2.3**). Des ruissellements en périphérie des plateaux peuvent contribuer à l'alimentation de l'aquifère sur le bord du Tademaït et sur le bord du Tihert (SAIBI, 2009).

II.2.2. La nappe du complexe terminal (CT)

Les formations hétérogènes du complexe terminal se trouvent entre la nappe phréatique et le CI. Ils forment la base des calcaires sénoniens perméables ainsi que des sables et grès argileux du Miopliocène. La profondeur jusqu'au sommet de cet aquifère est comprise entre 100 et 600 m, et son épaisseur moyenne est de 300 m. (PAEPEGAEY *et al.* 2011). Il est renfermé dans les limites de la zone étudiée et s'élargi sur une majeure partie du bassin du Sahara septentrional (~350 000 km²) (Paix 1956 ; Bel f *et al.* 1970 ; Bel f *et Cu*che 1970 ; UNESCO 1972).

Selon les données de l'ANRH le CT est exploité par 129 puits dans toute la Wilaya d'El Oued et 84 puits dans la partie nord d'El-Oued (ANRH 1999). En 2015-2016 le CT au niveau la vallée du Souf est enfoncée par 49 puits, et d'après l'ANRH y compris trois sont localisés au niveau de la capitale de la vallée (El Oued), et sont affectés à l'utilisation agricole, pendant que les restes sont conçus à consommation potable, Néanmoins, 23 puits de découlent l'aquifère Pontien, 26 puits de l'aquifère du Mio Pliocène (Barkat A *et all*, 2021).

Le niveau piézométrique de l'aquifère, tel qu'établi à l'échelle de l'ensemble du Grand Erg Oriental (UNESCO 1972 ; OSS 2003), indique que le flux principal procède du sud (la zone de recharge est la marge sud de l'Erg et du plateau de Tinrhert) vers le nord (l'aire de rejet est le Chott Melrhir et le Chott Merouane) (**Figure 2.4**).

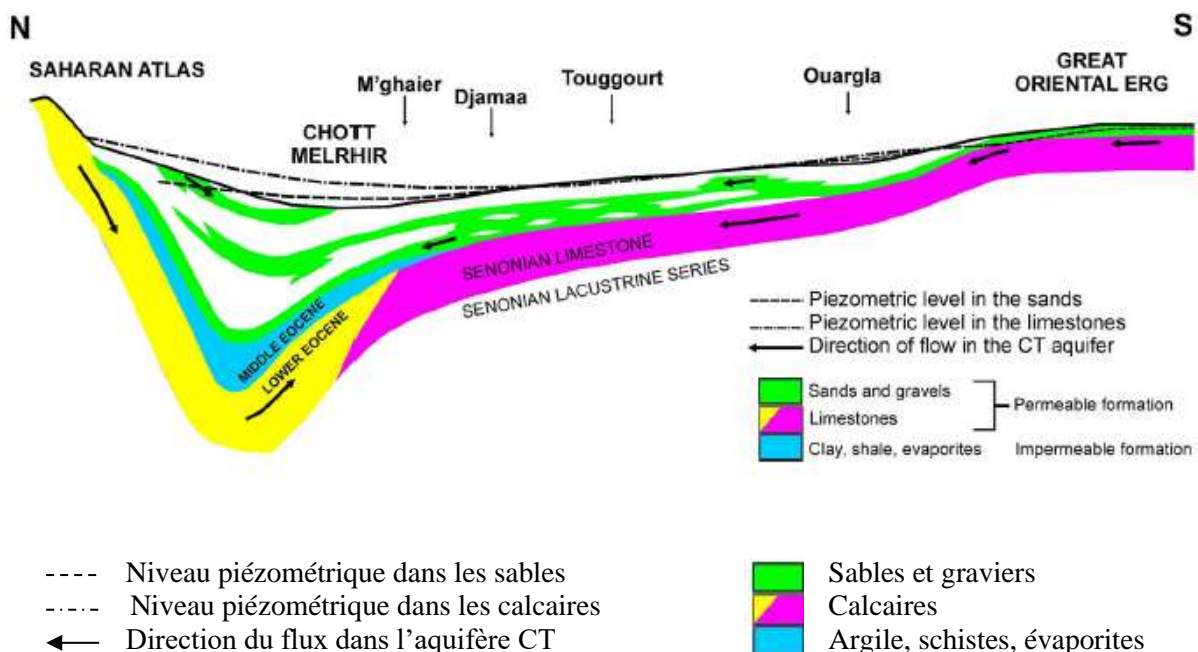


Figure 2.4 : Direction du flux dans l'aquifère CT en Algérie (Section transversale hydrogéologique) (Guendouz *et al.* 2003)

II.2.3. La nappe phréatique :

Les formations quaternaires comprennent l'aquifère phréatique, la profondeur jusqu'au sommet de la nappe entre 10 et 40 m, et localement son épaisseur peut aboutir les 100 m (Saibi et al, 2016), elle est constituée par des formations sableuses à grains fins intercalées par l'existence des tufs ou des microlentilles d'argiles sableuses à gypseuses. Cette composition lithologique accélère considérablement le phénomène d'infiltration et le mécanisme de la montée capillaire (ANRH, octobre 1999, OSS (2003)).

La perméabilité moyenne de cet aquifère est de 10^{-4} m/s (Kherici et al. 1996), sa faible profondeur 20 et 40 m ainsi que ses propriétés physico-chimiques, cette nappe captée par plus de 5000 puits artésiens (ANRH, 1999). Cet aquifère symbolisait la source primordiale de l'irrigation des palmeraies, il est exploité par 1040 puits traditionnels.

L'orientation d'écoulement des eaux issues de cette nappe se fait du Sud vers les régions des chotts autrement dit du Sud vers le Nord (Kholladi, 2005).

Les cartes hydro chimiques dressées en 1993, 1998, montrent que la salinité de cet aquifère suit l'orientation de l'écoulement, elle augmente un taux de salinité à 5.5g/l, d'une part suite à l'accélération rapide dès sa propagation et à la morphologie du son substratum argileux (ANRH, 1999). Sa transmissivité et son coefficient de stockage ont été estimés respectivement à 10^{-2} m²/s et 0,2 (Levassor 1978).

Ce qui est très important c'est que la piézométrie n'est pas constante et elle présente des points hauts dans les zones de forte alimentation telles que les agglomérations et les surfaces irriguées à partir du CI et CT, et des points bas dans les zones de pompage et des zones de prélèvement par évaporation et par évapotranspiration de la végétation (D.R.E., 2013). Cette nappe qui pose depuis 80 un problème crucial soit sur le plant agricole ou socio-économique présente un intérêt important sur le plant ressources en eau pour irrigation, d'autant plus qu'il s'agit d'une eau dont le résidu sec atteint parfois 3g/l dans certaines zones.

Quant à l'alimentation de cette nappe il est à signaler les études isotopiques ont montré que la remontée des eaux affectant cette nappe provienne principalement des eaux issues des forages captant les nappes du CT et CI vu l'absence totale d'un exutoire naturel.

II.3. Un bilan hydrique déficitaire :

Des bilans partiels, avec modélisation, ont été effectués pour chaque chef-lieu de Commune pour déterminer l'évolution de la nappe phréatique avec et sans assainissement collectif, ainsi qu'un bilan général pour toute la vallée du Souf basé sur les données de l'année 2001. Le niveau de la nappe phréatique est fixé par la bascule entre le débit des eaux entrant dans la région et celui des eaux en sortant (**Figure 2.5**). Un excès aux entrées autrement dit un déficit aux sorties s'interpréter par un accroissement et une augmentation de la quantité d'eau stockée, d'où une surélévation du niveau piézométrique de la nappe phréatique, alors qu'un déficit aux entrées, cela veut dire aussi ou un surplus aux sorties, par évaporation ou par écoulement, par exemple se traduit par un prélèvement, ou un captage sur l'eau stockée dans la nappe, d'où une baisse du niveau de celle-ci.

$$\Delta Q = \text{entrée} - \text{sorties}$$

$$\Delta Q = Q_P^{Am} + Q_{CT-Irr}^{Inf} + Q_{CT-Aep}^{Inf} + Q_{CI-Aep}^{Inf} + Q_{Pré}^{Inf} - Q_P^{AV} - Q_{P-Irr}^{Etr} - Q_{P-Lib}^{Etr} - Q_{A-Ani}^{Etr} - Q_{P-Hab}$$

DEUXIÈME CHAPITRE

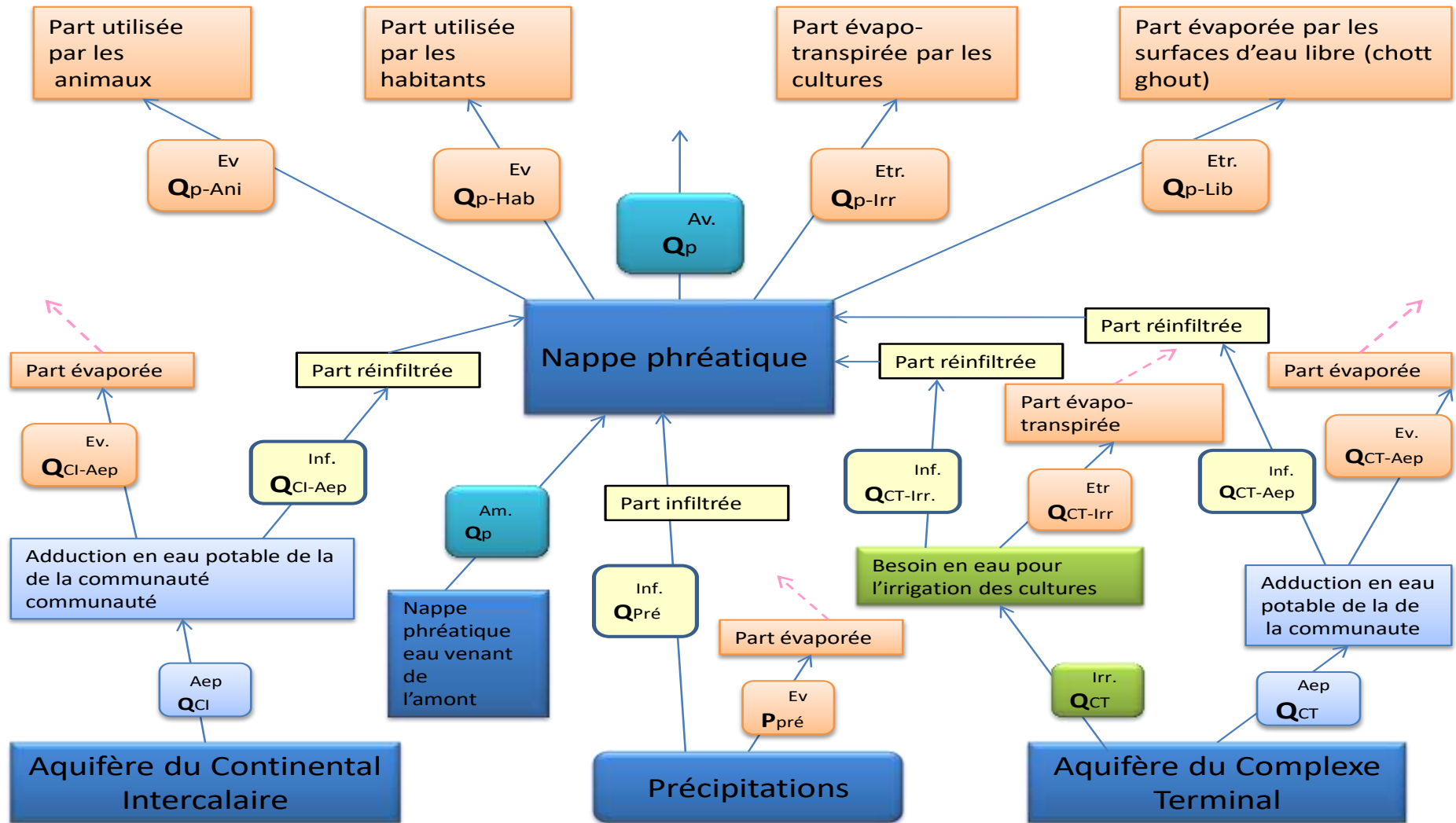
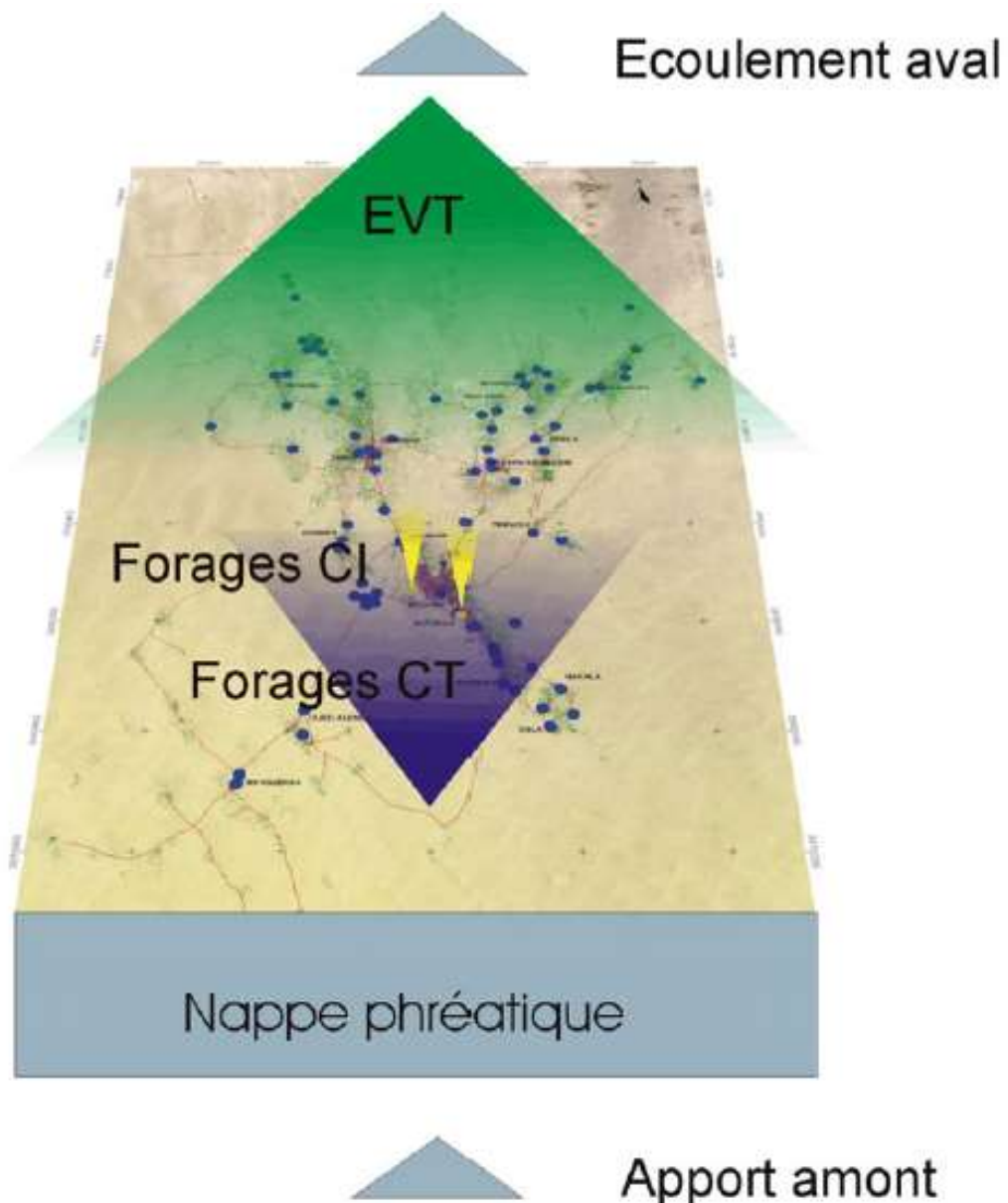


Figure 2.5 : Bilan d'eau

DEUXIÈME CHAPITRE

Le bilan hydrique accorde l'équilibre des apports et des pertes estimées sur une période considérable, la (figure 2.6) ci-dessous présente un schéma simplifié du bilan.



Source : J.-M. Burri / J.-P. Burri Juillet 2004

Figure 2.6 : Schéma simplifié du bilan d'eau

Il en résulte que l'eau qui entre dans la zone par des écoulements naturels, des précipitations ou des écoulements provenant de forages profonds s'évapore ou coule en aval. Le bilan positif ou négatif est cumulatif dans la nappe ou est récupéré sur ses réserves.

Tableau 2-1. Le bilan d'eau de l'aire d'étude (en 2001) :

	Entrées m3/jour	Sorties m3/jour
Apport amont	13700	
Apport des forages AEP (CT ou CI)	76543	
Apport des forages Irrigation (CT ou CI)	28992	
Déficit (déstockage de la nappe phréatique)	348063	
Ecoulement vers l'aval		11322
Evapotranspiration des surfaces cultivées, et des Ghouts		435000
Evaporation par les animaux		2651
Evaporation par les habitants et les ménages		11750
Evaporation par les surfaces d'eau libres et humides		6575
Totaux	467298	467298

Le déficit de 348'000 m³/jour est prélevé sur les réserves de la nappe. Il correspond à une lame d'eau libre de 3,5 cm/an ou 22 cm avec une porosité de 16%. Ceci correspond au résultat des observations. Entre 2001 et 2002, la baisse moyenne du niveau de la nappe phréatique a été de 20 cm sur les 59 piézomètres du réseau ANRH situés hors des agglomérations.

À cause de l'absence de relevé de niveaux piézométriques durant les années 90, de multiples tests ont été accomplis afin d'estimer l'importance du phénomène de la remontée de la nappe phréatique en quantifiant les facteurs hydrostatiques et l'hydrodynamique à l'aide d'un modèle MODFLOW (BNEDER 1992 ; ANRH 1993 ; Bonnard et Gardel 1998) afin de calculer le bilan hydrique. Les paramètres d'entrée et de sortie ont été très bien identifiés et, à l'exception des taux de recharge et de décharge.

Eau extraite de puits creusés destinés à l'irrigation. La majorité s'évapore, alors qu'une petite partie se réinfiltré dans le sol par retour d'irrigation (110 puits avec un débit de 1,6 l/s)

- L'évapotranspiration naturelle des palmeraies et cultures associées au sein des Ghouts et l'évaporation du terrain nu sont de l'ordre de 2 000 (Dervieux 1956) et 2 mm par an (Moulla et al. 1996)

– Eau extraite de la nappe du Complexe Terminal (débit total exploité 770,7 l/s pour l'allocation d'eau potable et 243 l/s pour l'irrigation). L'aquifère profond Continental Intercalaire est utilisé

uniquement pour l'eau potable (le débit fourni par les trois forages artésiens est d'environ 400 l/s).

– La recharge, la décharge et les fuites remontées vers l'aquifère phréatique à partir des systèmes d'eaux souterraines CI et CT sont localement favorisées par des tubes détériorés résultant d'anciens forages.

II.3.1 Bilan d'eau de la ville d'El Oued

En 2001, le bilan d'eau de la ville d'El-Oued était le suivant :

Tableau 2-2. Le bilan d'eau de la ville d'El Oued en 2001 :

		Entrées	Sorties
		m ³ /jour	m ³ /jour
Forages CI	El Oued DHW101	17928	
	Chouhada DW102	8298	
Forages			
CT	Chott	2115	
	Chouhada DW102	2145	
	Lasnam	1730	
	Sidi-Mastour	555	
Total		32771	
EVT (30litres/jour/hab) humain et végétation urbaine			3427
Drainage provenant de l'hôtel Louss			1642
Drainage provenant de la station 10			3840
Eaux usées			1677
Eau responsable de la remontée de nappe (quantité à drainer)			22185
Totaux		32771	32771

L'eau pompée à partir des sondages CT, CI qui n'a pas été assainie, drainée, ou évaporée s'infiltré sous la ville au rythme de 22'185 m³/jour (260 litres/seconde). La grande partie s'écoule en direction des points bas et du Chott où elle s'évapore. Malgré que la perméabilité soit élevée le solde, qui n'a pas pu s'écouler est évalué de 10%, il gonfle le niveau piézométrique de la nappe de 0,5 m par an.

Pour l'éviter, il faudrait éliminer ces 22000 m³/jour (260 l/s) avec le drainage ou avec l'évapotranspiration. Ceci coïncide à l'évapotranspiration de 600 ha de surface agricoles soit une superficie similaire aux 2/3 de la surface de la ville.

DEUXIÈME CHAPITRE

Une ceinture verte peut contribuer à exclure une part de l'eau en excédent ainsi que, des plantations agricoles aux alentours de la ville pour autant où ces plantations sont irriguées en s'appuyant sur l'eau drainée en bas de la ville (13000 m³/ans/hec).

En 2030, si l'on considère que la dotation de 230 l/j /habitant présente des fuites du réseau AEP de 30 % dont 69 l/j/hab s'infiltreront vers la nappe phréatique et que 32 l/j/hab s'évaporent à partir d'une consommation de 161 l/j/hab et que la restitution au réseau d'assainissement est de 80 % : 129 l/j/hab ; et que 80 % de la population sera branchée au réseau d'assainissement et 100 % au réseau d'AEP. Il faudrait alors évacuer par drainage :

$$69 \text{ l/j/hab} * 0.8 + (230 \text{ l/j/hab} - 32 \text{ l/j/hab}) * 0.2 = 94.8 \text{ l/j/hab}$$

soit 217855 l/j/hab

$$(\text{Population 2030}) * 94.8 \text{ l/j/hab} = 20653 \text{ m}^3/\text{j}$$

ou 240 l/s.

Conclusion

La zone étudiée est du Bas-Sahara par suite de l'altitude affaibli, une zone qui n'est pas dotée d'un exutoire naturel, toute eau utilisée atterrir vers la nappe phréatique, donc toute exploitation abusée des ressources en eau finies par le gonflement de cette dernière.

Le bilan de la vallée du Souf a été basé sur l'estimation des débits des rapports et d'exhaures il montre un déficit de $348063 \text{ m}^3/\text{jour}$ en 2001.

Concernant la ville d'El Oued, la différence entre les entrées et les sorties est de $22185 \text{ m}^3/\text{jour}$. Cette quantité est responsable de la recharge et la remontée du niveau de la nappe superficielle.

TROISIÈME CHAPITRE

Troisième Chapitre :

La fluctuation de la nappe phréatique et étude piézométrique : Variation entre montée et rabattement.

Introduction

La richesse en eau souterraine de la région et son exploitation intensive a remis en question la stabilité de la nappe phréatique. L'injection incessante des eaux de CT et CI dans la nappe phréatique a eu pour effet de surélévation du niveau statique de la nappe sans savoir qu'après son apparition à la surface. Cela a inquiété les autorités, et la DHW d'El oued a été chargé de suivre ce phénomène. En collaboration avec plusieurs entreprises et bureaux d'études, la DHW a réalisé un certain nombre des études dont une prospection géophysique de surface effectuée en 1992 par l'Entreprise Nationale de Géophysique de (E.NA.GEO) et une étude réalisée par l'ANRH afin de déterminer la profondeur du substratum argileux de la nappe qui participe aux inondations par la remontée des eaux souterraines à la surface. Les résultats obtenus confirment que la géologie du Souf est de structure géologique simple, la lithologie est de couverture sableuse épaisse, un réservoir plus épais formé des sables et des argiles est substratum argileux. L'objet de ce chapitre est de la prise en considération du suivi de la surface piézométrique de la nappe phréatique.

III.1. Le Phénomène de remontée de la nappe phréatique

La remontée de la nappe phréatique dans la région du Souf est compliquée et s'étend presque sur un demi-siècle. D'après les données contenues dans les rapports de Marc Côte (1993 - 2001), complétées par BNEDER (1992-1993 et 1994) ; ANRH (1993) ; ANRH (1994) et Inventaire des forages et Enquête sur les débits (ANRH 1999), on peut établir l'historique suivant :

III.1.1 avant 1956

- Jusqu'en 1956, toute l'eau utilisée pour l'alimentation humaine, animale et l'agriculture découlait de la nappe phréatique. L'accroissement de la population et l'extension des cultures ont eu comme résultat une surexploitation avec en corollaire une diminution lente et progressive de la nappe. Dans les années 1940, la baisse était déjà de l'ordre de 0,5 m au sud d'El-Oued, 1 m à El-Oued, 1,5 m à Kouinine et 2 m au nord de Kouinine.

III.1.2. De 1956 à 1993

- En 1956, un premier forage moyennement profond au Complexe Terminal (CT) a été creusé pour l'AEP d'El Oued et entre 1957 et 1969, environ un nouveau forage par année a été exécuté dans le CT.

- En 1969, à la suite des fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec inondation de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est petit à petit redescendue par la suite (cf. BNEDER, décembre 1993, p.18).

- De 1970 à 1980, environ 2 forages par année ont été réalisés dans le CT et dès 1980, on observe les premiers Ghouts envoyés à El Oued et une montée progressive et continue de la nappe phréatique aux portes d'El Oued, ce qui en 1985 alarme les Autorités.

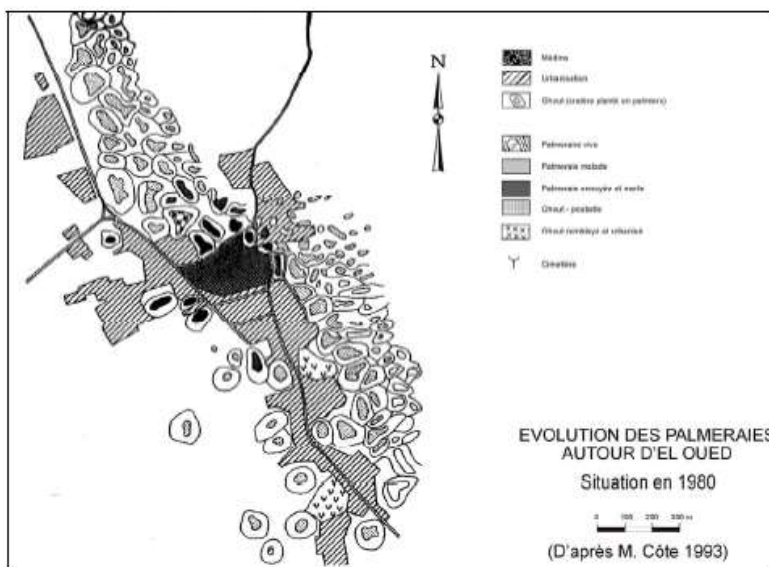


Figure 3.1 : Évolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1980

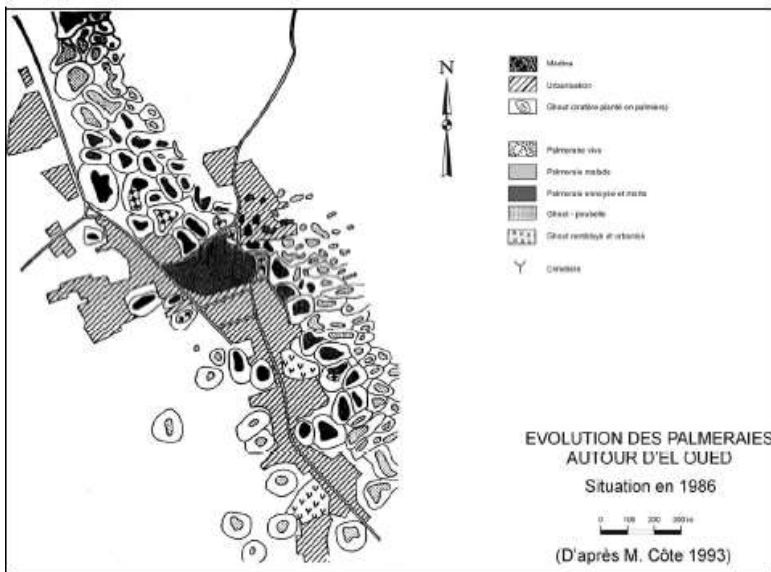


Figure 3.2 : Évolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1986

Entre 1980 et 1997, une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le CT. En 1986 et 1987, trois forages profonds, au Continental Intercalaire (C.I.), ont été exécutés, deux d'entre eux sont exploités pour l'AEP d'El Oued, le troisième à Hassi-Khalifa, pour l'agriculture, est fermé. Ils sont considérablement artésiens, et les débits, de l'ordre de 200 litres / seconde, sont de 5 à 10 fois plus importants que ceux des forages dans le CT.

III.1.3. Après 1993

En 1993, la nappe avait ennoyé la palmeraie sur 25 km dans le couloir Kouinine – Robbah. Un réseau de surveillance de la nappe phréatique est mis en place et une série de recommandations émises (recommandations, reprises de l'Étude hydrogéologique de la région d'El Oued – Contributions au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique. ANRH 1993).

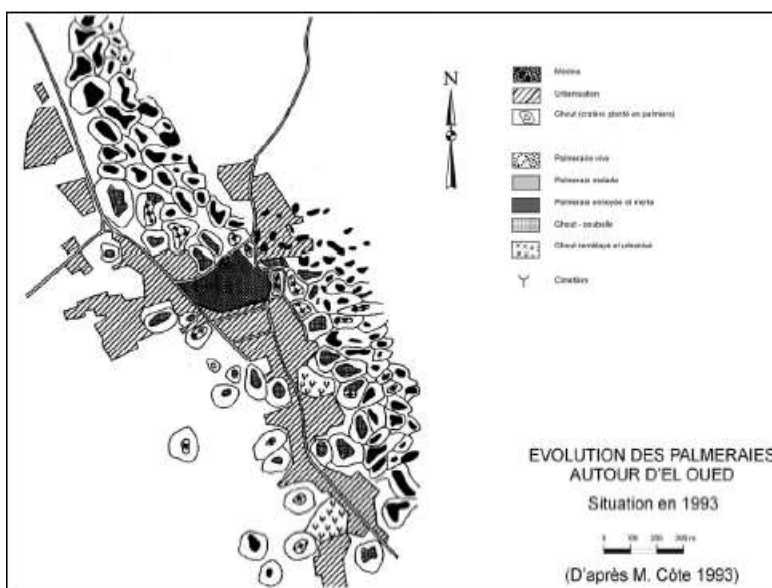


Figure 3.3 : Évolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1993

TROISIÈME CHAPITRE

Les zones touchées par le phénomène de remontée de la nappe phréatique sont au nombre de six (BNEDER avril 1994). La plus importante est centrée sur El Oued et s'étend d'El Ougla au sud- Est à Guemar au Nord-Ouest. Les autres sont centrées sur Z'goum, Debila, Mihouensa, Reguiba et Hobba.

Entre 1993 et 2000, une série d'investigations ont été entreprises pour connaître les caractéristiques géométriques, géologiques, physicochimiques et bactériologiques de l'aquifère et un important travail de recensement et supervision des forages existants a été entrepris.

Des actions menées telles que l'arrêt de nouveaux forages pour l'irrigation dans le CT et le CI remplacés par des puits dans la nappe phréatique, la réduction des allocations d'AEP à la population, la construction pour l'agriculture de nouveaux puits améliorés dans la nappe phréatique et la mise en valeur de nouveaux périmètres agricoles ont eu un impact positif avec une stabilisation ou une baisse du niveau piézométrique, dans certaines des zones affectées alors que dans la ville d'El Oued, la nappe continue à monter de 40 à 60 cm par année dans les quartiers les plus touchés de la ville.

III.2. Les Campagnes de mesures par l'ANRH, DHW :

Des cartes piézométriques pour les années 1993, 94, 95, 98, 2000 (annexe), ont été établies à partir des données fournies par l'ANRH, la DHW.

Sur toutes les cartes la partie haute de la N Ph est située au sud avec une cote de 90 m et une zone basse au Nord-Ouest avec une cote d'une trentaine de mètres. La pente de la nappe est faible au sud jusqu'à El -Oued (un peu plus de 0.9 ‰) et dirigée vers le Nord-est. Plus forte au nord (1.1‰) d'El Oued.

Dans l'ensemble, ces cartes sont semblables d'une année à l'autre. Seul un examen attentif permet d'observer quelques variations locales.

La direction d'écoulement principal de cette nappe est Sud-Nord avec des directions secondaires SO-NE.

Pour toutes les cartes, on distingue 3 zones ; une zone sud avec des courbes bien espacées ; une zone Nord-est avec des courbes moins espacées ; une zone Nord-Ouest avec des courbes serrées.

Des cartes de fluctuations mettant en évidence la comparaison des surfaces piézométriques de la nappe phréatique pour les années 1993 et 1998 ont été établies pour suivre le mouvement vertical (hausse, baisse) de la nappe dans le temps.

D'après la carte d'évolution entre 1993 – 1998, on remarque, une zone sud fortement marquée par la hausse du niveau allant de 1 à 2 m, une zone stable autour de la ville d'El Oued avec des remontées locales à Trifaoui et Ouermés ; une zone Nord marquée, contrairement à la première, par une baisse tangible de 1 m sur la majeure partie de la région atteignant 2 m à Guemar et Reguiba.

Il faut noter que la région sud-est urbanisée avec une densité de population importante telle que la ville d'El Oued, et Mih Ounsa. Par contre au Nord est une zone à vocation agricole donc la baisse peut s'expliquer par l'exploitation de l'eau de N Ph par l'activité agricole en plus la faible vitesse d'infiltration à cause de la lithologie.

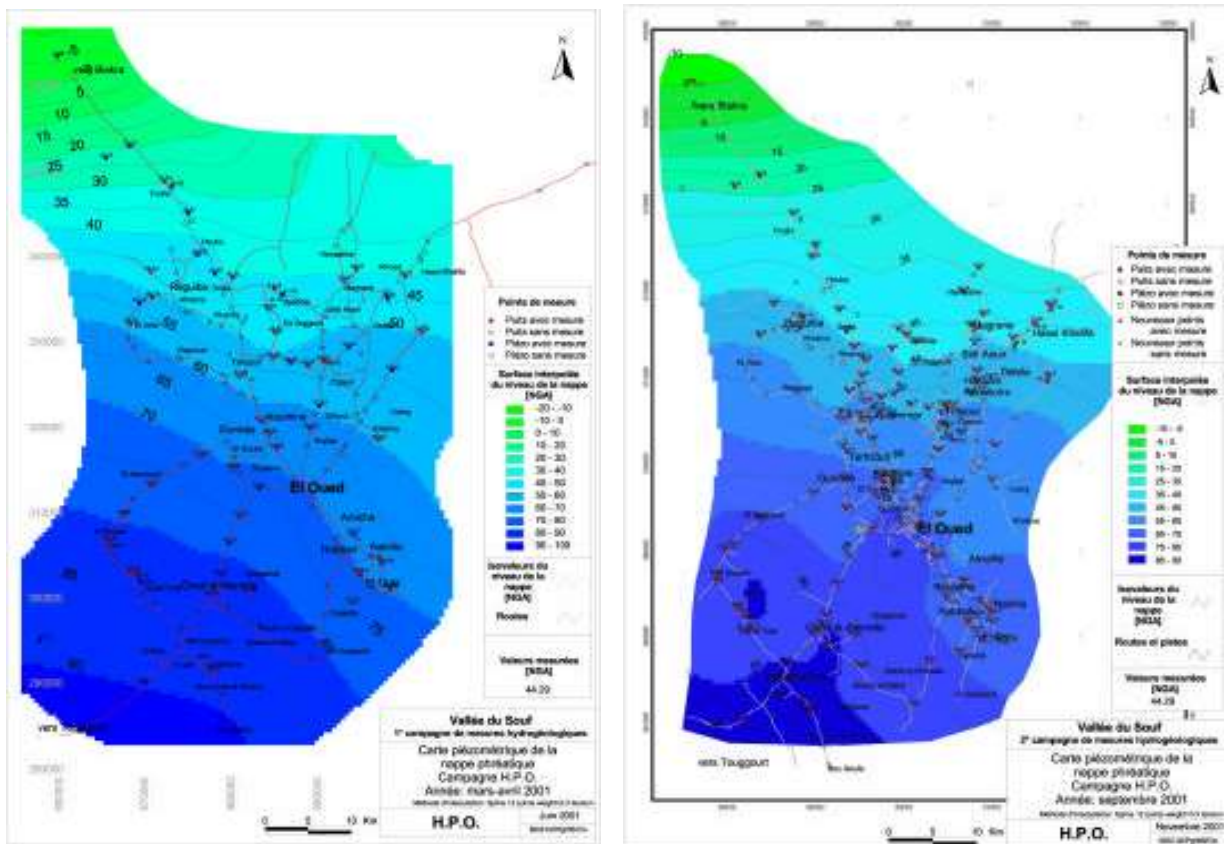
III.3. Les Cartes piézométriques de la nappe phréatique : (ENHPO-BG)

III.3.1. Les Campagnes de mesures par ENHPO - BG :

Des campagnes de mesures hydrogéologiques de nombre de trois BG – HPO a été réalisée, l’initiale en avril 2001, la seconde en septembre 2001, la tierce en avril 2002. Lors de la dernière campagne d’avril 2002, le réseau de contrôle de la nappe phréatique comprenait 261 points, 112 puits portant le préfixe H, 40 piézomètres du réseau ANRH et 109 nouveaux points mis en place pour observer la nappe dans les zones urbanisées où la faible densité du réseau existant ne permettait pas de suivre l’évolution de celle-ci. 207 points étaient opérationnels, 50 bouchés 1 piézomètre était inaccessible pour des raisons de sécurité ; 1 est fermé ; le propriétaire n’a pas pu être localisé ; 2 n’avaient pas d’accès pour la sonde, avec la pompe à l’arrêt.

III.3.1.1. La Piézométrie de la nappe phréatique septembre 2001 (HPO – BG)

Bien que les variations de niveau piézométrique entre les missions de mars et de septembre 2001 aient été insuffisantes pour avoir une influence notable sur le dessin de la surface piézométrique, on constate de grandes différences entre les deux cartes. Ceci est dû à l’extension du réseau qui, en densifiant les points, permet de mieux déterminer la surface piézométrique.



Cartes 3.1:Cartes piézométriques : (à gauche) mars avril 2001 (à droite) septembre 2001

À gauche, la carte obtenue lors de la première mission de relevé piézométrique en mars-avril 2001, à droite après extension du réseau de mesure, en septembre 2001. Des détails apparaissent et les zones urbaines se distinguent des zones agricoles irriguées à partir de la nappe phréatique. Sur la carte de gauche où les données de mars-avril 2001 sont représentées, les isopièzes ont de grands rayons de courbure avec quelques détails dans la région de Reguiba-Houba au nord-Ouest. Au contraire, sur la carte de droite, avec les données de septembre 2001, et malgré une densification partielle, on constate, du sud vers le nord :

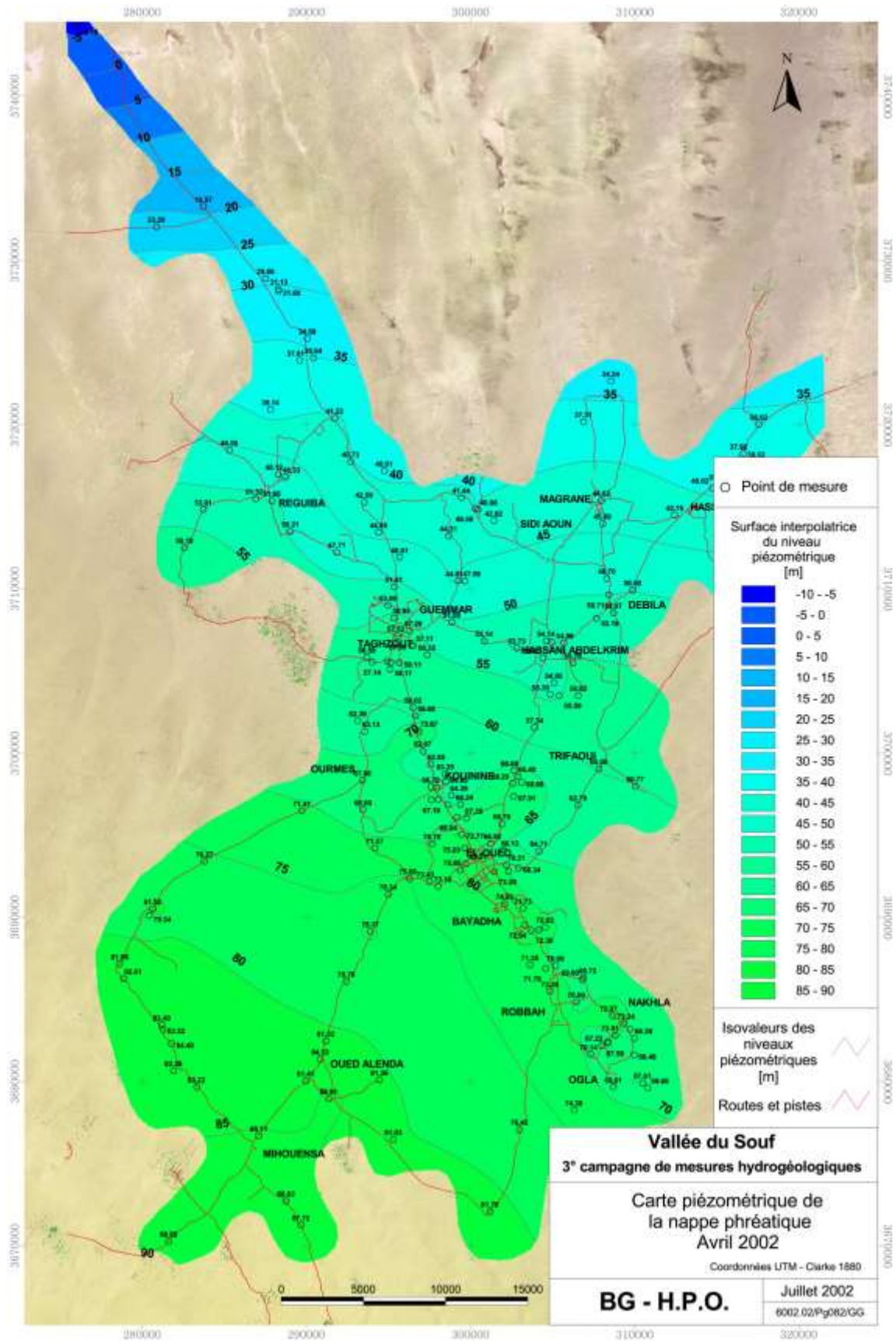
- Une avancée haute de la nappe phréatique dans la région de Mih Ouennsa, Oued El Alennda qui est relayée vers le Nord-est au niveau d'El Oued et du rejet des eaux de drainage et d'assainissement de cette ville.
- Une zone s'étendant d'El Oglà à Bayada dans laquelle le niveau de la nappe phréatique est moins monté qu'à El Oued et qui paraît déprimée par rapport à cette dernière.
- Des points hauts sous les zones urbaines de Guemar et de Trifaoui, plus bas à l'extérieur dans les zones agricoles.
- Une partie nord plus régulière à Reguiba, Magrane, Hassi Khelifa où la densité de points est relativement faible.

III.3.1.2. La Piézométrie de la nappe phréatique 2002 (ENHPO – BG mission 2)

Les levés relatifs comprennent 207 points opérationnels datent d'avril 2002. Le niveau piézométrique a été relevé sur les 177 puits qui n'étaient pas en pompage, dont une centaine de points nouveaux situés dans les zones urbanisées. La part élevée de la nappe, figurer en vert, est localisée au sud-ouest avec une cote de près de 90 m au piézomètre installé sur la route de Touggourt au sud-ouest de Mihouensa. Une basse zone au nord-ouest, figurer en bleu, avec une cote d'une trentaine de mètres à Foulia et - 6 m au piézomètre à la limite nord-ouest, sur la route de Biskra.

On peut constater que la surface piézométrique n'est pas régulière (figure piézo, profil de 1à). Elle présente des points hauts dans les zones des agglomérations considérées comme endroits d'alimentation et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des points bas dans les zones de prélèvement par évaporation des surfaces d'eau libre (Ghouts inondés, Chott) et évapotranspiration de la végétation précisément cultures traditionnelles en Ghouts, cultures en pivots irriguées à partir des puits améliorés ou traditionnels.

TROISIÈME CHAPITRE



Cartes 3.2 : Carte piézométrique en avril 2002

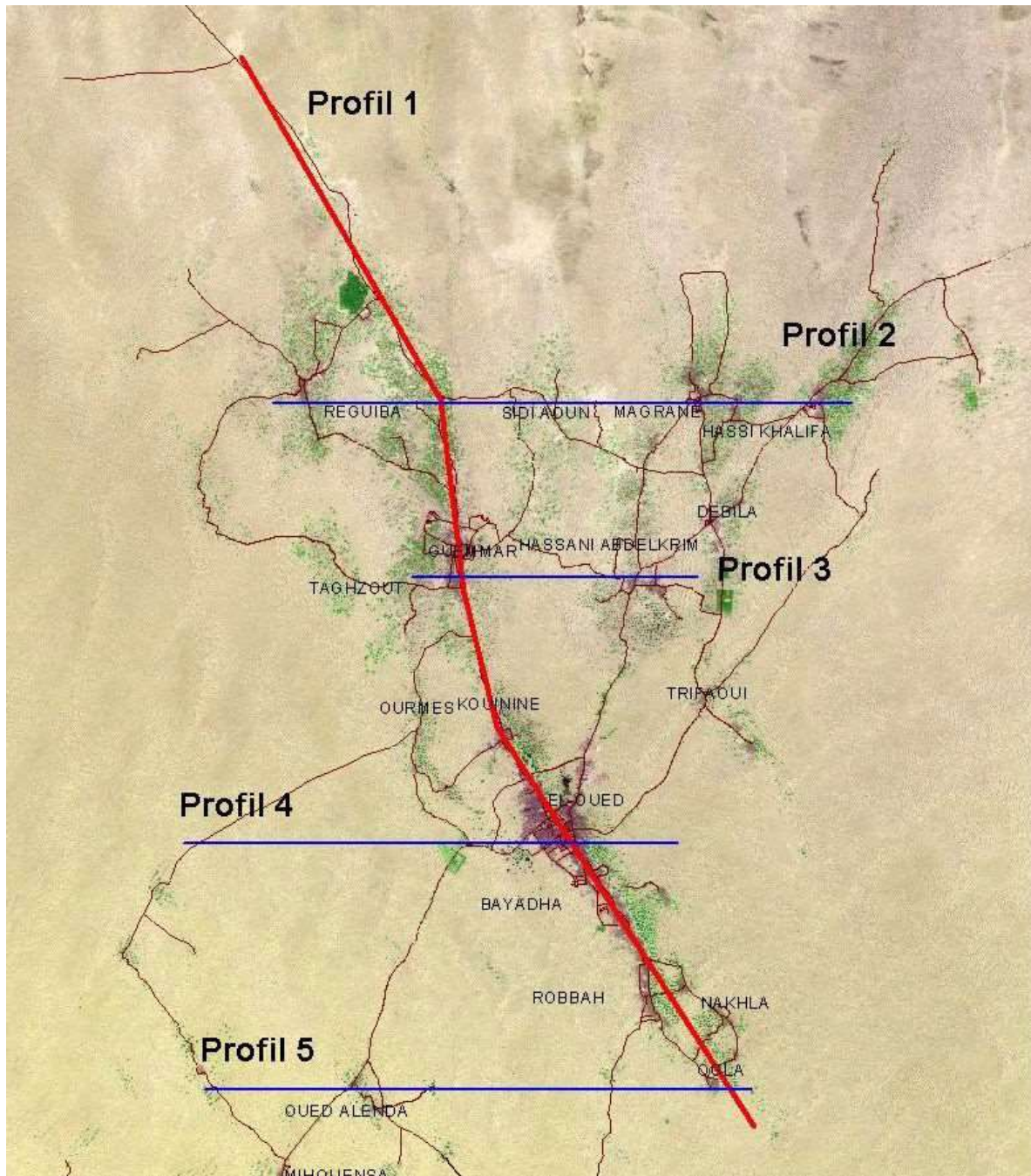


Figure 3.4 : Situation des profils de la nappe phréatique

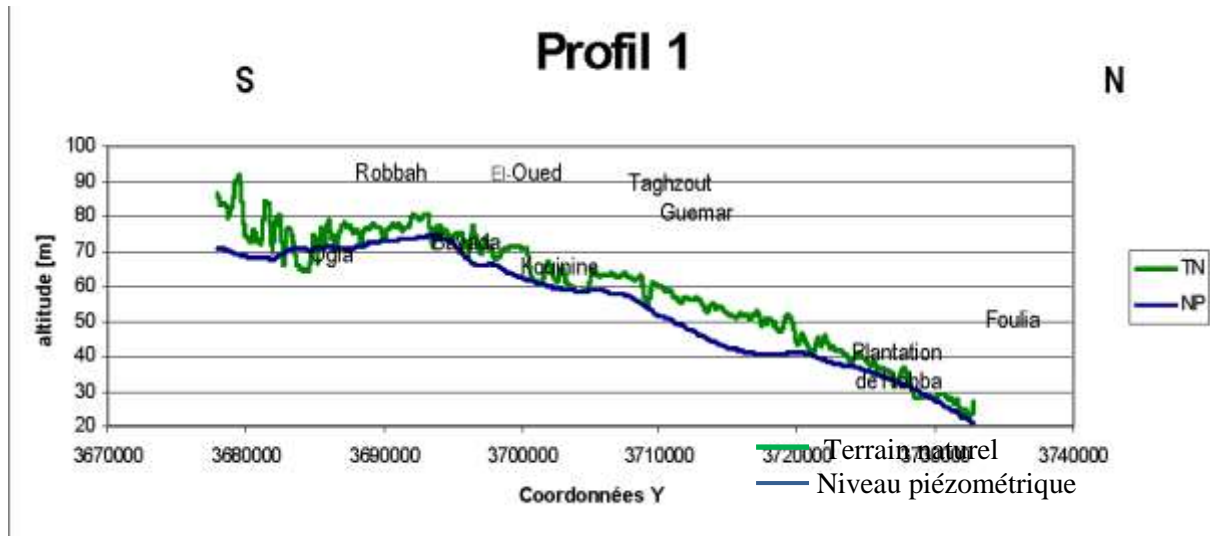


Figure 3.5 : Profil nord-sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia – El Oued - Oglia

Le premier profil passe par les agglomérations fondamentales de la vallée. La nappe inonde les Ghouts près de celles-ci. Au Nord, elle touche la surface du sol.

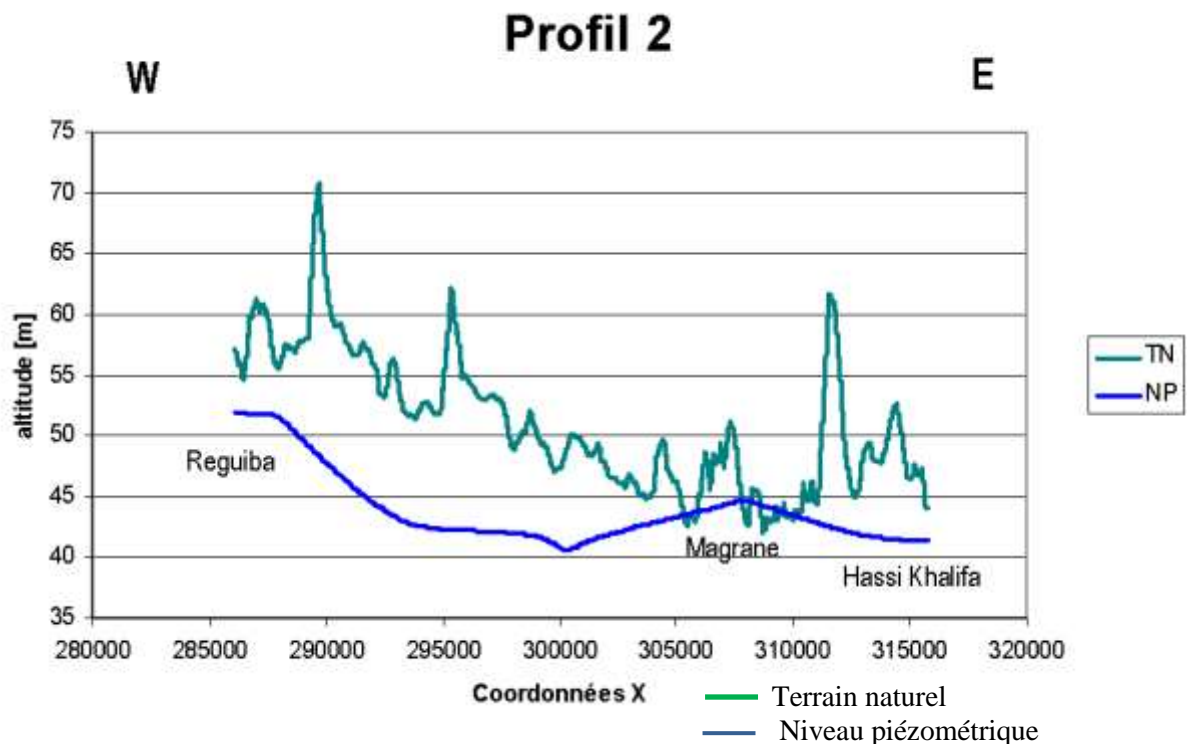


Figure 3.6 : Profil est-ouest de la nappe phréatique passant par Magrane

La nappe phréatique est profonde à l'ouest et au centre, très proche de la surface du sol près de Magrane. Elle est dépressive sous les zones de culture.

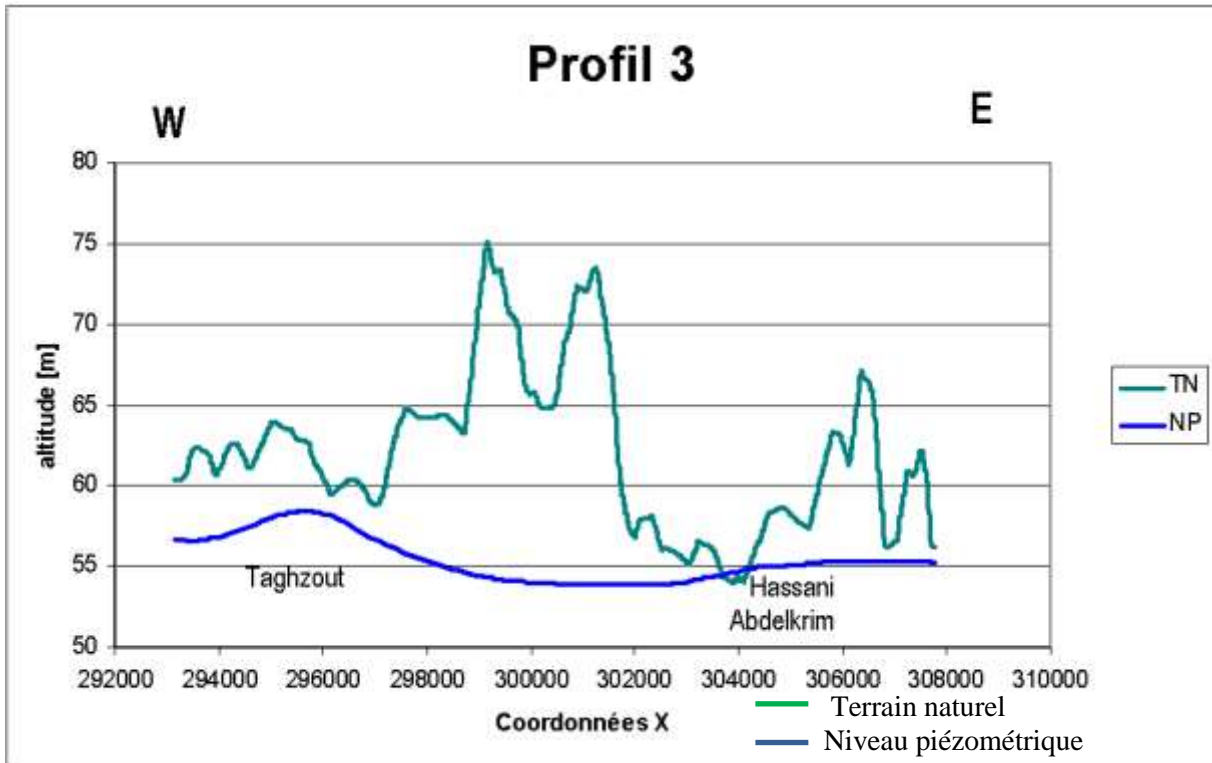


Figure 3.7. Profil est-ouest de la nappe phréatique par Taghzout

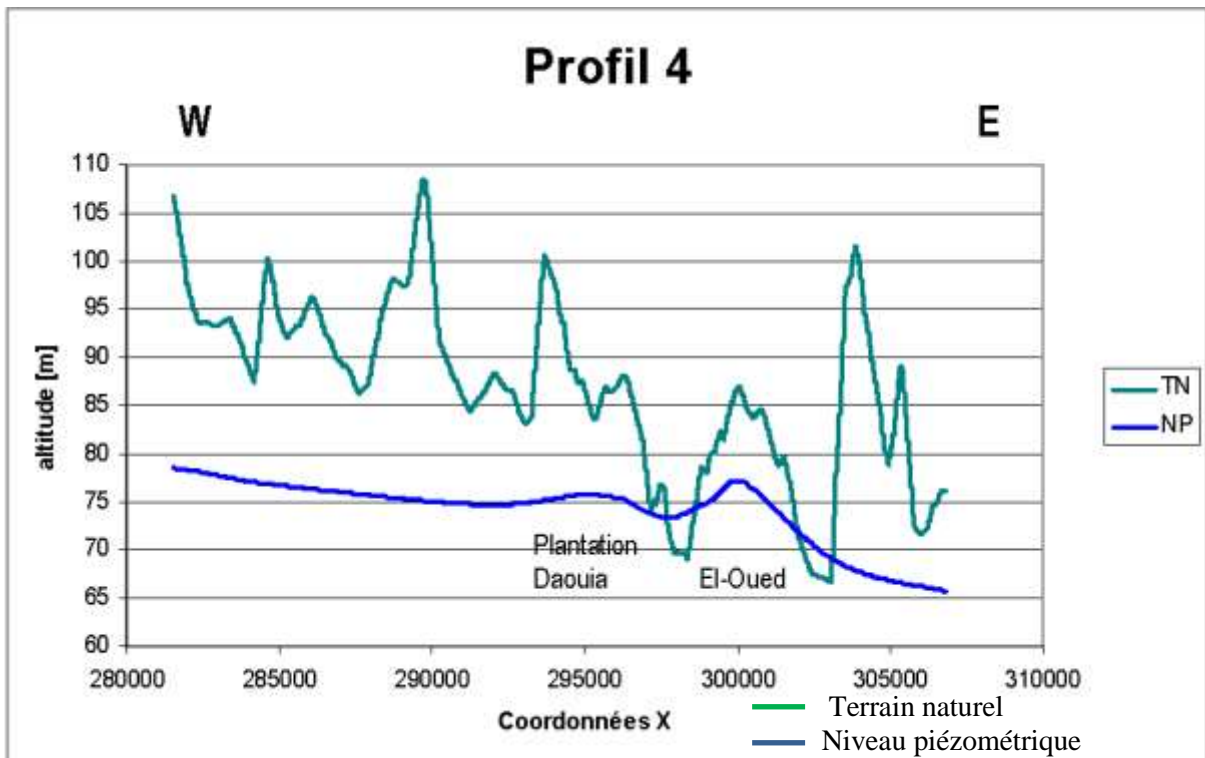


Figure 3.8 : Profil est-ouest de la nappe phréatique par El Oued

Ce profil souligne la remontée sous les secteurs d'alimentation que sont l'agglomération d'El Oued, et la plantation Daouia (irriguée à partir du CT)

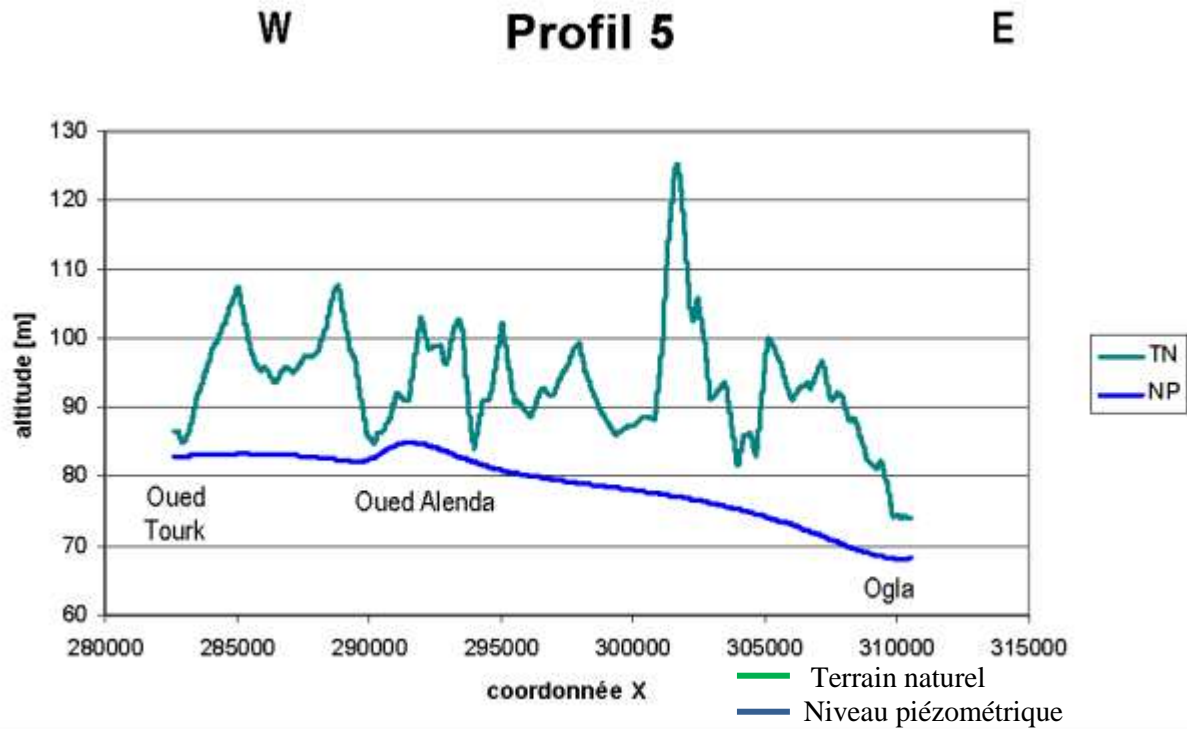


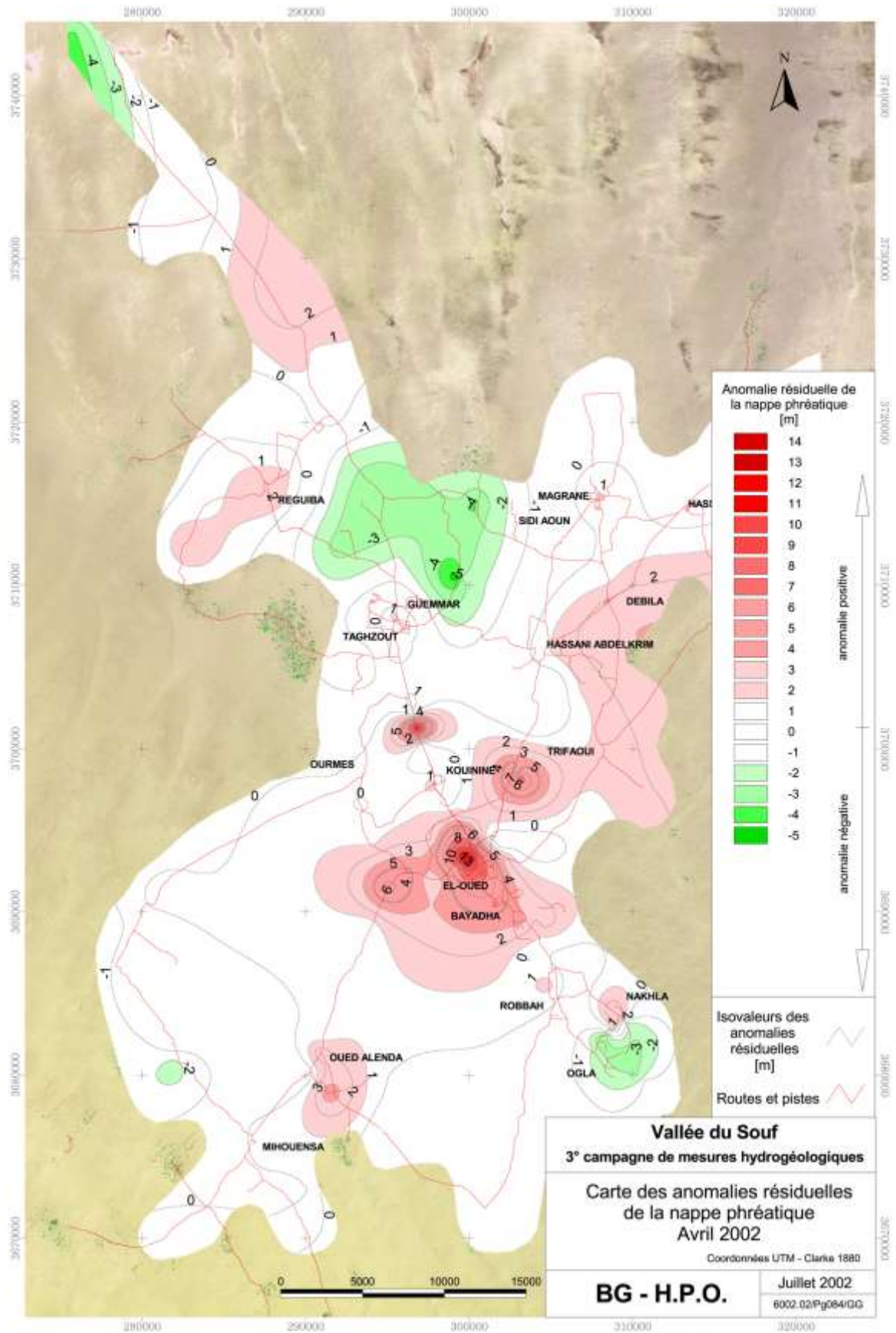
Figure 3.9. Profil est-ouest de la nappe phréatique par Ogla

Le dernier profil, situé le plus au sud, présente la nappe à son état quasi naturel, à l'exception de l'AEP d'Oued El Alenda qui fait gonfler la nappe par endroits.

III.3.1.2.1. Les Anomalies de la surface piézométrique

En plus des profils susmentionnés, les zones anormales de la surface piézométriques ont été cartographiées. Une surface médiane, à grand rayon de courbure, a été calculée avec les cotes piézométriques des 85 points du réseau de surveillance ANRH encore opérationnels. Ces points étaient géographiquement bien distribués, notamment dans les régions peu touchées par les mouvements récents de la nappe. La carte d'anomalies piézométriques a été obtenue par différence entre cette surface moyenne et la carte piézométrique.

TROISIÈME CHAPITRE



Cartes 3.3 : Carte des anomalies de la nappe phréatique en avril 2002

TROISIÈME CHAPITRE

En blanc les anomalies inférieures à 2 mètres, en vert les anomalies négatives plus grandes que 2 mètres, correspondant à une nappe déprimée par rapport à la carte piézométrique régionale, en rouge les anomalies positives supérieures à 2 mètres, correspondant à un bombement de la nappe phréatique.

Des anomalies hautes sont constatées au niveau de 12 des 18 chefs-lieux de communes. Les anomalies sont de 14 mètres à El-Oued, 5 mètres à Bayadha, 4 mètres à Oued Alenda Sud et 2 mètres à Oued Alenda Nord, 3 mètres à Nakhla, 2 mètres à Robbah, Kouinine, Guemar, Trifaoui, Magrane, Reguiba, Debila, Hassani Abdelkrim (Zgoum).

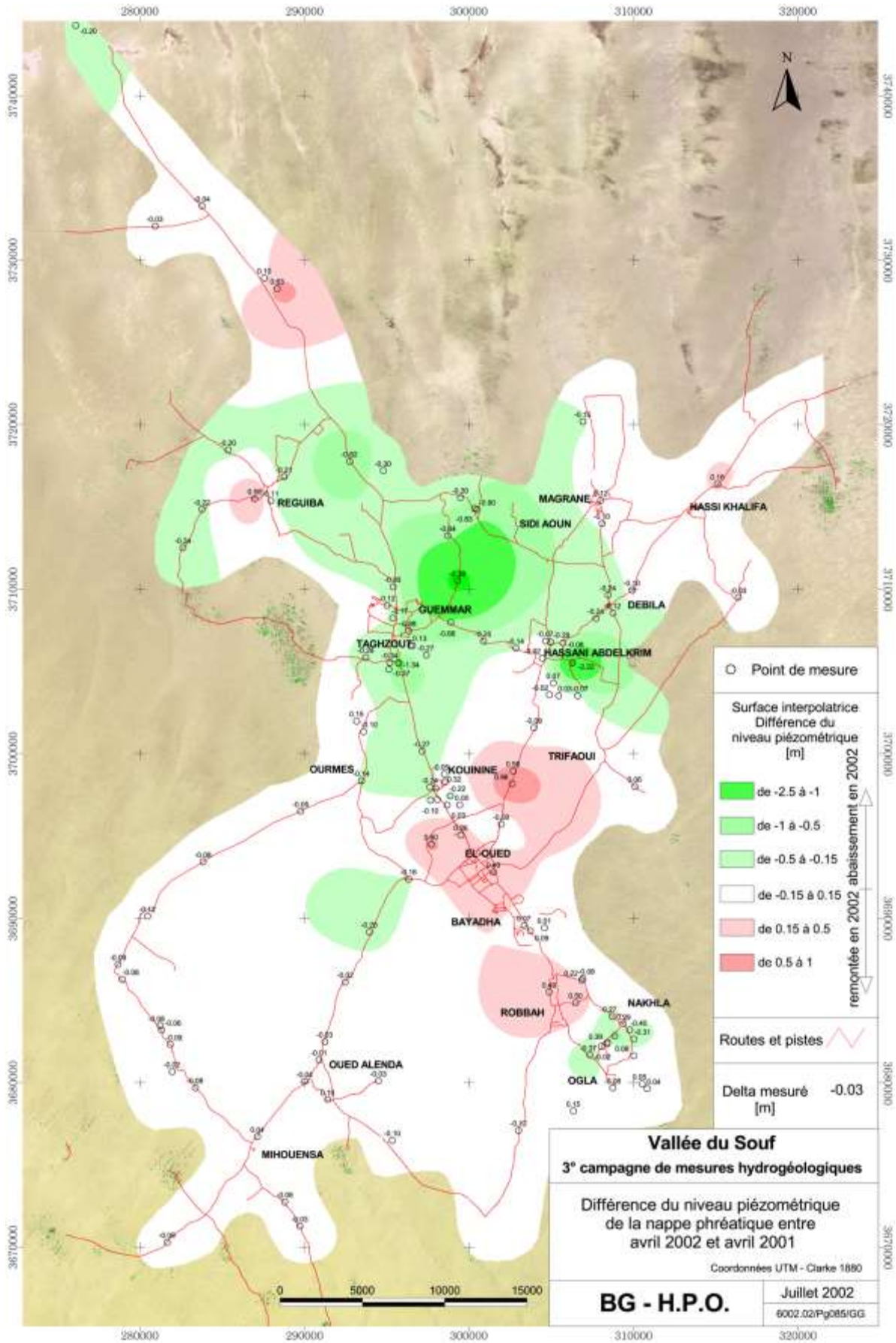
Les chefs-lieux de commune d'Ourmes, Sidi Aoun, Hassi Khalifa, Taghzout, Mihouensa et Ogla ne présentent pas d'anomalies positives, probablement à cause d'une forte activité agricole dans les agglomérations et/ou à une réserve dans la dotation en eau à partir des forages profonds.

Dans les zones agricoles irriguées par des forages au CT, les anomalies hautes sont de 5 mètres au domaine Daouia près d'El-Oued et 3 mètres à Foulia. Au rejet de la ville d'El-Oued, l'anomalie est de l'ordre de 7 mètres plus élevée encore au rejet. L'anomalie haute entre Debila, Hassani Abdelkrim et Trifaoui est peut-être due à la plantation d'Akfadou, irriguée par des forages au CT jusque vers la fin des années quatre-vingt-dix. Celle d'Arfsi Nord est probablement due à une irrigation de certaines plantations par le forage AEP.

Des anomalies basses ont été constatées dans les zones agricoles. Les anomalies sont de l'ordre de 3 mètres aux environs de Ogla – Aguila et entre Guemar, Djedida Nord, Ghour Debaa et Dmitha, de l'ordre de 2 mètres au village d'Oued Turk (à noter que ce village d'environ 1800 habitants n'est pas approvisionné pour l'AEP par des forages dans les nappes profondes). Au nord de la zone d'étude, l'anomalie de 3 mètres est probablement produite par l'augmentation de la pente de la nappe phréatique dans cette région.

Toutes ces fortes anomalies sont le résultat d'un mauvais transfert hydraulique de la nappe phréatique, à cause de sa faible pente.

TROISIÈME CHAPITRE



Catre 3.4 : Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et avril 2001

III.3.2. Les Variations des niveaux piézométriques entre avril 2002 et avril 2001

Les zones dans lesquelles le niveau piézométrique a varié entre avril 2002 et avril 2001 coïncident aux anomalies mises en évidence, ce que montre que le phénomène n'est pas stabilisé mais que les déséquilibres vont s'accroissant, à l'exception de la région d'Hassani Abdelkrim, où, alors que la nappe phréatique y présente une anomalie positive de l'ordre de 2 mètres, un abaissement de 2.2 mètres y ont été constatés entre 2001 et 2002. (Ce qui confirme que cette anomalie positive était due à la plantation d'Akfadou, autrefois irriguée à partir de forages profonds et qui tend à disparaître avec l'arrêt de cette irrigation) et de la plantation du domaine Daouia où, alors qu'une anomalie positive de l'ordre de 5 mètres a été observée, un abaissement de la nappe phréatique de 0.2 mètre a été mesuré entre 2001 et 2002, peut-être suite à des prélèvements pour l'irrigation à partir de la nappe phréatique.

Entre avril 2002 et avril 2001, une montée (en rouge) du niveau de la nappe phréatique a été constatée sous les centres urbains de 0.6 mètre à Reguiba, de 0.5 mètre à Robbah, de 0.4 mètres à El-Oued, de 0.3 mètres, Nakhla et à, Kouinine de 0.2 mètre à Hassi Khalifa de 0.1 mètre à Magrane et à Oued Alenda Sud, de 1 mètre au rejet de la ville d'El-Oued, de 0.6 mètre à la plantation de Foulia irriguée à partir de forages au CT. Un rabattement (en vert) de la nappe phréatique a été constaté dans les zones agricoles au nord d'El Oued avec une descente de 2,4 mètres au nord- est de Guemar et de 2.2 mètres à l'est de Zgoum, au sud du domaine Daouia de 0.2 mètres et 0.16 m au nord de celui-ci. Et aux alentours de Nakhla, Nakhla Gharbia, cité Nasr et cité Badr de 0.3 mètre.

III.3.3. Les Variations des niveaux piézométriques entre avril 2002 et Mars 1993

Entre avril 2002 et mars 1993, une montée du niveau de la nappe phréatique a été constatée :
- aux plantations irriguées par des forages au CT de Foulia (de 1.4 mètres) et du domaine Daouia (de 3 mètres), près du rejet de la ville d'El Oued de 4.5 mètres à 1 km au nord-ouest (la montée est beaucoup plus importante au rejet même). Un rabattement dans la quasi-totalité du reste de la zone d'étude, atteignant 5.8 mètres au nord- est de Guemar, 2.1 mètres dans la région de Reguiba, 1,9 mètre dans la région de Hassi Khalifa, 1.7 mètre au sud de Nakhla et 1.7 mètre dans la région d'Oued Turk.

D'après le bureau ENHPO-BG, le manque de points communs dans les centres urbains entre 1993, 2002 biaise la carte et donne une fausse représentation de baisse généralisée ce qui peut

faire croire faussement en une maîtrise du phénomène de remontée dans les villes. Par contre, la baisse de la nappe phréatique est bien réelle et importante dans les zones agricoles.

III.4. Quelques remarques sur les cartes piézométriques :

La carte des différences 2002 – 1993 permet de confirmer les tendances enregistrées entre 2002 et 2001.

Pour les points de mesures communs entre 2002 – 1993 et 2002 – 2001 le phénomène de remontée ou rabattement se confirme en s'accroissant au niveau des zones agricoles.

Cette accentuation est due à un développement des zones agricoles ce qui conduit à accroître le rabattement de la nappe phréatique.

Au niveau urbain, le manque de points de référence ne permet pas de définir la tendance.

En comparant la carte des variations 2002 – 2001 et la carte d'anomalies résiduelles, on constate que les zones présentant des anomalies résiduelles positives ont vu une remontée du niveau de la nappe phréatique entre 2001 et 2002 alors que les zones présentant des anomalies résiduelles négatives ont vu un abaissement de la nappe phréatique entre 2001 et 2002.

Ceci à l'exception de la région

- de Hassani Abdelkrim, où alors que la nappe phréatique y présente une anomalie positive de l'ordre de 2 mètres, un abaissement de 2,2 mètres y ont été constatés entre 2001 et 2002, ce qui tend à confirmer que cette anomalie positive serait due à la plantation d'Akfadou, autrefois irrigués à partir de forages profonds.

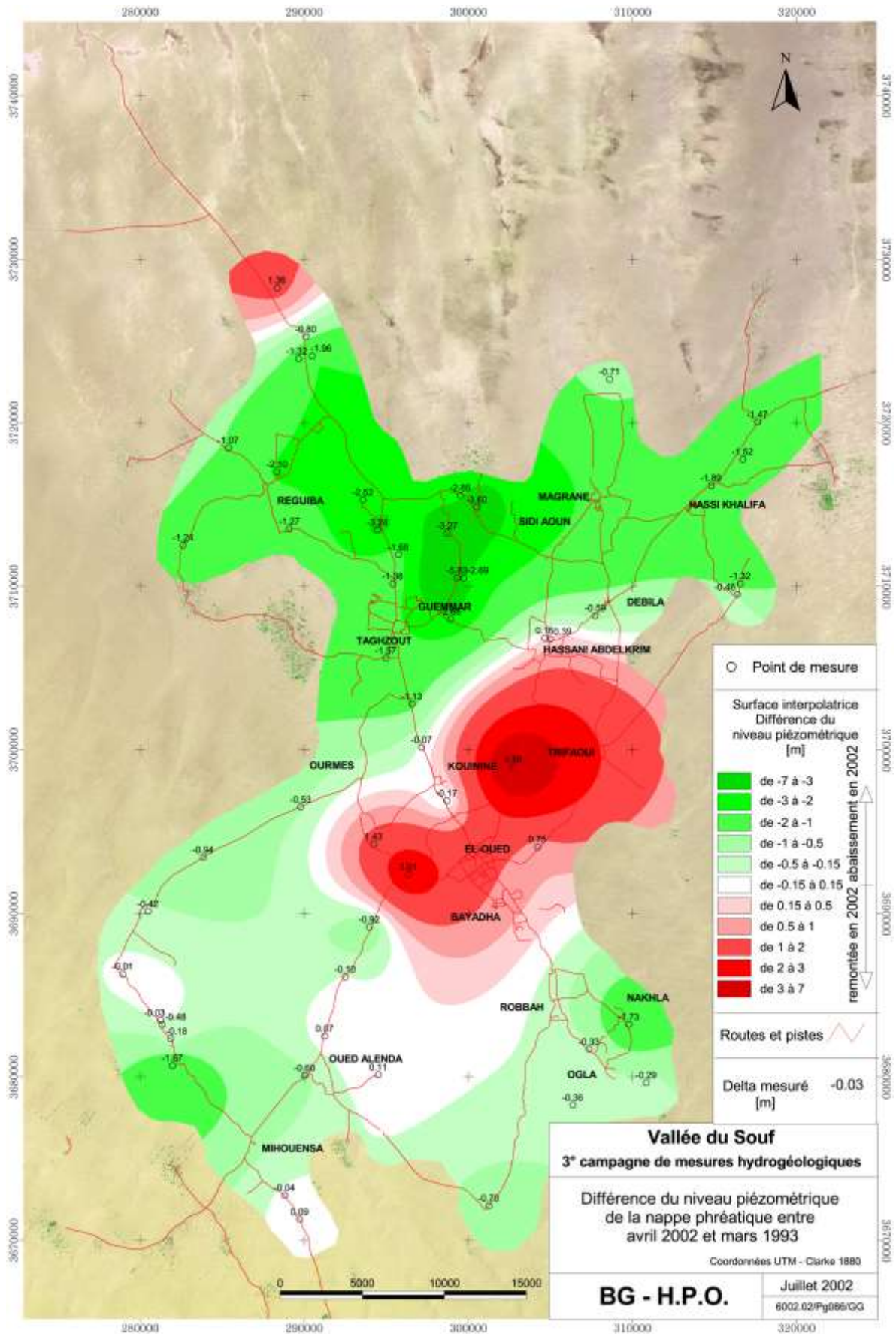
- de la plantation du domaine Daouia où alors qu'une anomalie positive de l'ordre de 5 mètres a été observée, un abaissement de la nappe phréatique de 0.2 mètre a été mesuré entre 2001 et 2002, peut-être suite à des prélèvements pour l'irrigation à partir de la nappe phréatique.

Conformément à la faible pente de la nappe phréatique et les quantités importantes d'eau pompées et réinfiltrées ponctuellement, les transferts hydrologiques conduisant à une stabilisation de la nappe phréatique ne peuvent se réaliser suffisamment rapidement.

Si rien n'est entrepris, dans la majorité des cas, les anomalies positives et négatives de la nappe phréatique ne feront que s'accroître. Le phénomène de remontée dans les zones urbaines, les plantations irriguées par des forages au CT et au niveau du rejet ne feront que s'amplifier.

À court ou à moyen terme, un drainage/assainissement des zones urbaines ainsi qu'une gestion CT/nappe phréatique des zones agricoles sera nécessaire.

TROISIÈME CHAPITRE



Carte 3.5 : Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et mars 1993

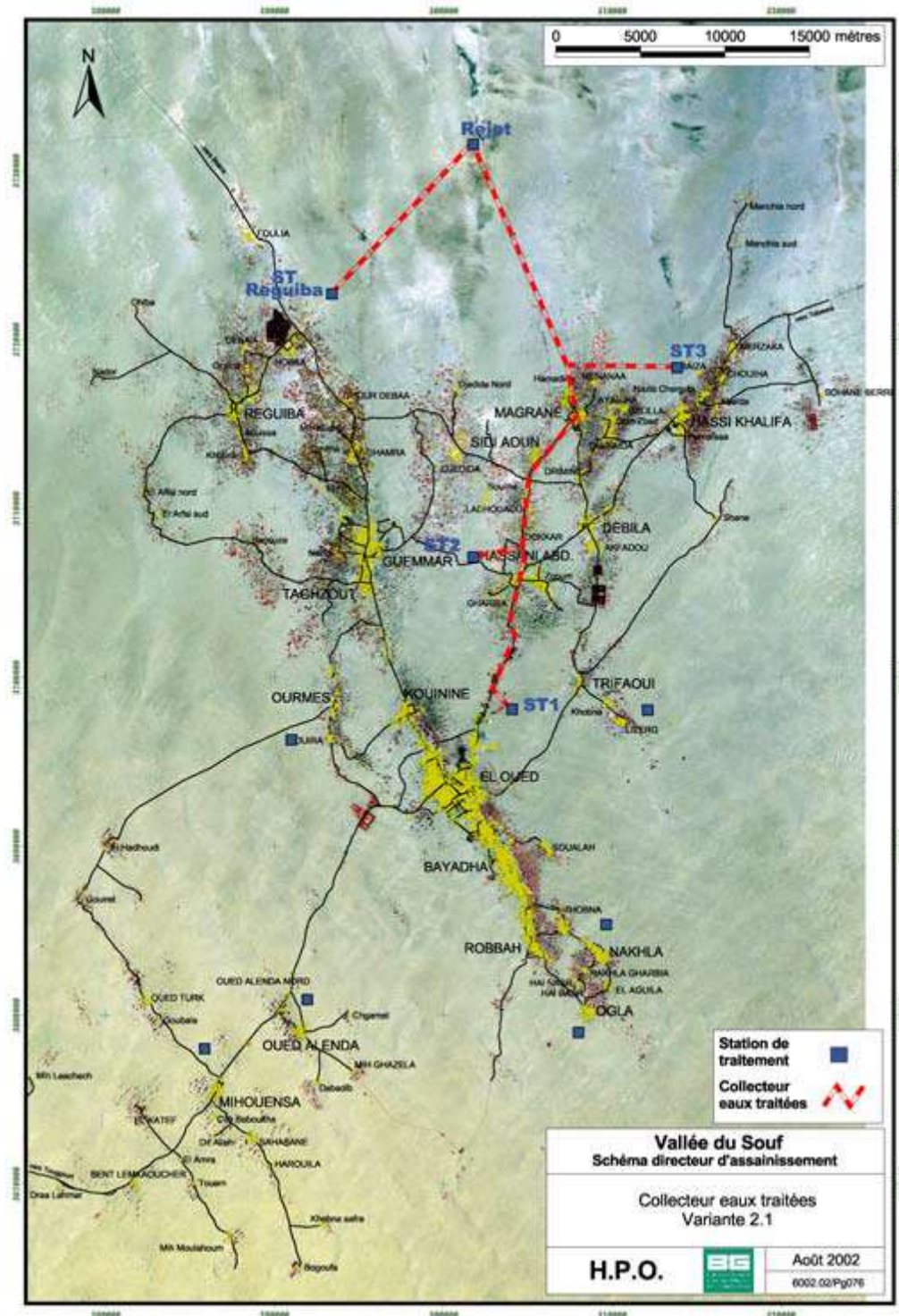
III.5. Quelques solutions émanant des pouvoirs publics envers la remontée des eaux

L'évolution du niveau de la nappe phréatique a été modélisée pour les 18 chefs-lieux de Communes de la zone d'étude (établie par ONA). Le bureau d'études a conditionné les réseaux indispensables afin d'évacuer le surplus d'eau.

III.5.1. Le volet assainissement (HPO - BG Mission IB)

Même bureau a proposé 3 variantes dont la deuxième était retenue. La variante 2.1 comprend les réseaux, les conduites de liaison jusqu'aux 3 stations de traitement collectives plus celle de Reguiba, le traitement par lagunage et le transfert jusqu'à l'exutoire final pour les agglomérations du couloir Robbah – Kouinine, Guemar, Taghzout, Hassani Abdelkrim, Debila, Sidi Aoun, Magrane, Hassi Khalifa et Reguiba, représentant 92 % des eaux usées prises en compte par le projet. Pour les autres agglomérations de petite taille ou à l'écart, Mihouensa, Oued Allenda, Oglâ, Nakhla, Ourmes et Trifaoui, propose l'assainissement individuel pour toutes les agglomérations où celle-ci est raisonnablement envisageable compte tenu du comportement prévu de la nappe.

TROISIÈME CHAPITRE



Carte 3.6 : Schéma directeur d'assainissement (HPO-BG Mission IB)

La variante 2.1 a pour inconvénient de ne pas pouvoir conduire à un niveau de qualité bactériologique autorisant toutes les cultures, notamment le maraîchage et à ne pas disposer de volumes tampons entre la production d'eaux traitées et les besoins de l'agriculture, conduisant ainsi dans le meilleur des cas au rejet d'une fraction importante des eaux traitées, sans utilisation. Son principal intérêt est d'ordre psychologique en éloignant le problème par un rejet

à l'extrême nord de ces eaux usées qui participent dans certaines agglomérations à la remontée de la nappe. À ce sujet, il faut cependant souligner :

- d'une part, des retours vers la nappe d'eau usée même avec la mise en place d'un réseau d'assainissement resteront importants, le pourcentage de raccordé (il a été considéré que 20 % resteront en assainissement individuel : écarts, irréductibles). Ces retours représenteront environ 65 l / j par habitant.
- d'autre part selon les estimations du bureau d'études, la contribution des fuites d'eau potable à l'alimentation de la nappe restera prépondérante : avec un rendement du réseau de distribution de 75%, ces fuites représenteront encore 80 l / j par habitant. Il n'est pas sûr que les réseaux actuels offrent ce genre de performance.

Il faut également indiquer que certaines agglomérations auront besoin de la mise en place d'un réseau de drainage. Il s'agit en particulier d'El Oued et à un degré moindre de Guemar. Les eaux correspondantes seront soit rejetées dans les réseaux d'usées durant les heures creuses, soit directement réutilisées à travers leur propre réseau pour la réalisation d'espaces verts.

III.5.1.1. L'assainissement individuel (Bonnard & Gardel)

- là où l'assainissement individuel est préconisé (Ourmes, Trifaoui, Oglia, Nakhla, Oued Allenda et Mihouensa) l'investissement est facilement échelonnable
- dans le contexte de la vallée du Souf, partout où la nappe reste plus profonde que 3 mètres, l'assainissement individuel jouera parfaitement son rôle d'épuration
- pas de contrainte d'exploitation
- ce mode d'assainissement, même avec réhabilitation, est facilement acceptable par la population
- Les investissements correspondants devraient être pris en charge par la communauté, au même titre que l'assainissement collectif.

III.5.1.2. Le réseau d'assainissement

Pour assainir l'eau usée produite par les agglomérations urbaines même bureau a imposé la réhabilitation des réseaux déjà existants d'El Oued ainsi que sa station de pompage N10, extension et renforcement du réseau d'El Oued (Annexe). Une réhabilitation du réseau de Guemar (Annexe). Des réseaux des autres communes (Annexe).

III.5.2. Le volet drainage (Bonnard & Gardel)

Le ENHPO –BG a présenté les trois différentes variantes de drainage, les autorités locales en finissent par choisir une variante, car certaines variantes de drainage ont une influence sur le dimensionnement du réseau d'assainissement, donc la variante 2 propose un système de drainage capable de résoudre le problème de remontée de la nappe phréatique d'El- Oued en complément à d'autres mesures visant à limiter la recharge de la nappe phréatique et à favoriser les sorties.

Le drainage horizontal doit être constitué d'un réseau de drains enterrés entre 2 et 5 mètres de profondeur. Avec une pente de 4 pour mille et un espacements de 300 mètres pour maintenir la nappe à au moins 1 mètre de profondeur à mi-distance entre les drains. Un réseau de drainage horizontal consiste en une série de drains qui ne seront effectifs que quand la nappe atteindra leur niveau.

Variante 2 : drains horizontaux avec rejet d'une partie des eaux dans le système d'assainissement composé de :

- Réseau de drainage horizontal dans les zones hautes, où l'eau est de bonne qualité, connectée au réseau d'assainissement (100 l/s),
- Réseau de drainage horizontal dans les zones basses, où l'eau est trop salée, avec une conduite indépendante du réseau d'assainissement jusque dans le nord de la zone d'étude (150 l / s)
- 3 nouvelles stations de relevage
- Agrandissement des stations de relevage d'assainissement.

Drains horizontaux avec rejet d'une partie des eaux dans le système d'assainissement

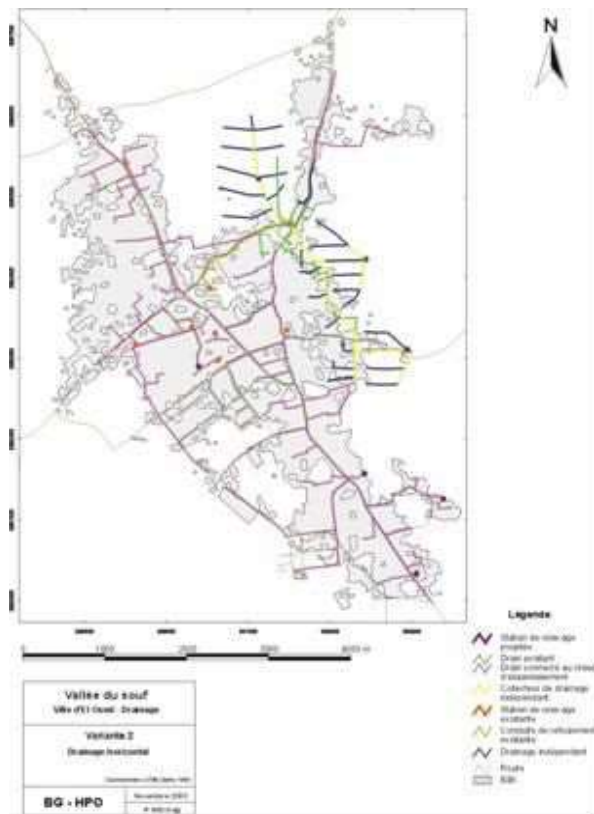
La nappe monte jusqu'au niveau des drains dont la profondeur règle son niveau.

Elle présente une pente qui permet son écoulement vers les points bas. Les drains capteront relativement peu d'eau dans les points hauts, la plus grande partie dans les zones basses. De l'eau salée est collectée sous le Chott. Une conduite indépendante est nécessaire pour évacuer l'eau salée de la zone d'étude.

III.5.2.1. L'assainissement collectif (Bonnard & Gardel)

Dans tous les cas, une position des autorités sur le développement de l'activité agricole dans la vallée du Souf et sur la possibilité de garantir la coordination entre la mise en place de nouveaux périmètres et la réalisation des systèmes d'assainissement est essentielle.

la variante 2 offre l'intérêt de régler le problème des eaux usées et des eaux de drainage en milieu urbain / les conditions de sa réutilisation ne sont pas optimales tant du point de vue du niveau de traitement que de la modulation de mise à disposition



Variante 2 : Drains horizontaux avec rejet d'une partie des eaux dans le système d'assainissement

- En violet, les stations de relevage projetées
- En rose, le réseau de drainage connecté au réseau d'assainissement
- En bleu, le réseau de drainage

Indépendant.

Figure 3.10 : Variante 2 : drainage horizontal.

III.5.2.2 Le drainage urbain (Bonnard & Gardel)

- Certaines agglomérations auront besoin de la mise en place d'un réseau de drainage. Il s'agit en particulier d'El Oued et à un degré moindre de Guemar.

- Les eaux correspondantes seront soit rejetées dans les réseaux d'usées durant les heures creuses, soit directement réutilisées à travers leur propre réseau pour la réalisation d'espaces verts à la périphérie des villes.

- la solution la moins contraignante pour la coordination entre la mise à disposition de ces eaux et le développement des espaces verts est celle qui consiste à réutiliser le réseau de collecte des eaux usées.

III.5.3. Le volet d'épuration

Concernant l'épuration, le même bureau a proposé trois variantes, après une analyse des critères de faisabilité ; les avantages et les contraintes, deux variantes (première et deuxième) sont retenues.

III.5.3.1. La variante 1 : Traitement et réutilisation locale des eaux traitées

Cette variante consiste :

- **À traiter par un dispositif adapté les eaux usées au niveau de chaque chef-lieu** sans exclure quelques regroupements justifiés de chefs-lieux proches. Cet éclatement des sites de traitement permet de minimiser les impacts sur la nappe et une réutilisation optimale des eaux traitées.

À réutiliser les eaux traitées et les eaux de drainage (si nécessaire) pour l'irrigation de périmètres agricole et d'espaces verts, seul exutoire possible dans cette variante. Cette réutilisation serait de deux types :

- **Réutilisation directe** : irrigation de périmètres à partir des effluents traités de sorties de station de traitement
- **Réutilisation indirecte** : les eaux traitées transitent vers la nappe ou les utilisateurs agricoles ou urbains peuvent irriguer leurs cultures à partir de forage dans la nappe garantissant le maintien d'un dôme à une profondeur non préjudiciable aux procédés d'épuration.

III.5.3.2. La variante 2 : traitement centralisé et création d'un exutoire vers le Nord

Cette variante 2 répond à deux préoccupations :

S'affranchir des contraintes liées à l'absence d'exutoire et à une dépendance trop importante vis-à-vis de la réutilisation agricole notamment pour le couloir d'El Oued.

- Permettre une gestion à long terme de la nappe phréatique en ayant la possibilité d'évacuer si nécessaire les excédents. Cette variante consiste globalement :
- À regrouper les principaux centres de production d'eaux usées en 3 ensembles et traiter les effluents sur 3 stations d'épuration principales
- À créer une conduite de transfert du sud vers le nord, dont le tracé permettrait de collecter les eaux traitées et les eaux de drainage des principales agglomérations (85% à 90% des eaux usées générées dans la vallée du Souf)
- À permettre à partir de cette conduite la réutilisation agricole des eaux traitées (réutilisation directe)

TROISIÈME CHAPITRE

- À envisager pour les autres chefs-lieux non raccordables à la conduite des solutions d'épuration / valorisation locale identique à la variante 1. Plusieurs hypothèses de tracé de la conduite de transfert ont été étudiées. L'hypothèse 1 a été retenue pour des raisons économiques, car elles minimisent la longueur de la conduite de transfert, les raccordements des chefs-lieux et le nombre de stations de traitement : la Conduite principale qui parte d'El oued et passant dans l'axe Hassani Abdelkrim, Magrane, pour rejoindre le rejet ultime ; une conduite secondaire facultative depuis Régouba vers le rejet ultime. Les schémas de principe d'épuration par commune (Annexe)

Conclusion :

La remontée des eaux a constitué un grand problème environnemental, socio-économique pour les habitants ainsi que l'état et les autorités locales, la surexploitation et la mauvaise gestion de mobilisation de la ressource en eau ainsi que l'absence d'un exutoire naturel ont conduit à la stagnation des eaux, la surcharge de la nappe phréatique.

Selon les zonages des cartes piézométriques et l'étude de l'évaluation de cette nappe, il était bien clair que le dysfonctionnement que la nappe a subi était fait par les eaux résiduaires des agglomérations urbaines et les eaux d'irrigation des zones agricoles.

QUATRIÈME CHAPITRE

Quatrième Chapitre :

Élaboration d'un projet de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) : L'expansion spatiotemporelle de l'occupation des sols des villes importantes de la vallée du Souf entre 1972 - 2016

Introduction :

L'expansion des villes au fil du temps est établie grâce à une série de cartes planimétriques géoréférencées. La carte de synthèse de l'expansion spatiale et temporelle est indispensable pour connaître les différents scénarios de l'évolution et l'extension de l'espace urbain.

Le volontarisme de l'intégration saharienne et la remise en cause du maillage territorial ont conduit à une urbanisation massive et inorganisée, ce chapitre analyse les conséquences spatiales de ces politiques sur la transformation morphologique, et les changements imposés à cet espace. Les changements dans l'utilisation des terres et la couverture des terres sont des éléments essentiels des stratégies contemporaines de gestions des ressources naturelles et de surveillances des changements environnementaux (Abdaoui G.R et al 2020)

IV.1. Les variantes motrices du problème de la remontée des eaux de nappe phréatique

L'objet de ce sous-titre n'est pas de réaliser une synthèse détaillée et entière de ce phénomène, mais de dévoiler ses principaux facteurs, qui permettent de le mesurer et ses modalités d'expression dans le temps et dans l'espace, afin de définir l'approche qui sera privilégiée dans ce travail. La remontée des eaux liées aux contextes naturels, aux transmutations de plusieurs variantes sociodémographiques, et politiques...etc. Donc dans ce sous-titre on citera tous les contextes, qui ont déclenché et aggravé le problème.

IV.1.1. L'urbanisation : de l'étalement urbain à la conurbation :

Le surcroît urbain s'accompagne de principales transformations de la forme urbaine (Ahmed Bousmaha 1994). En fonction de contraintes naturelles et environnementales, choix politiques, facteurs démographiques, socioculturels, économiques, et historiques (Rahim Aguejda, 2009). Cette transformation engendre des formes de croissance spatiale des villes. Ces formes sont infinies différentes et typiques indiquent la dissemblance des espaces, leur spécificité et surtout leur identité. Les plus importantes villes soufienne là où la remontée des eaux a engendré des détériorations sur l'espace artificialisé (bâtis, voiries) ou autres, ces villes en connaissent un étalement urbain rapide qui est fini par deux conurbations (**figure 4-1**) (Guemar, Taghzout) et (Kouinine, El Oued, Bayadha et Robbah). Cette conurbation est en fonction des facteurs explicatifs.

IV.1.1.1. Le contexte morphologique : topographie et contraintes

La topographie de la région d'étude ne présente pas de complexité morphologique il s'agit d'une surface plane monotone et sans exutoire naturel (Ishak Messekher et al, 2012) donc il n'y a pas de contraintes physiques qui déchirent le tissu urbain et freinent l'étalement urbain au niveau de toutes les villes, où ces dernières finissent par la soudure de ses limites. Avec des pentes faibles à très faible l'évacuation des eaux pose de graves problèmes (Boubir, H et Farhi A, 2009) et des grands défis devant les services concernés.

Particulièrement où il y a la conurbation, l'altitude moyenne est de 80 mètres, où les dunes dépassent parfois les 120 m de hauteur (**carte 4.1**).

Tableau 4-1. Altitude moyenne des communes principales :

Commune	Altitude (m)	Commune	Altitude (m)	Commune	Altitude (m)
El Oued	77	Robbah	93	Bayadha	90
Guemar	64	Taghzout	78.5	Kouinine	75

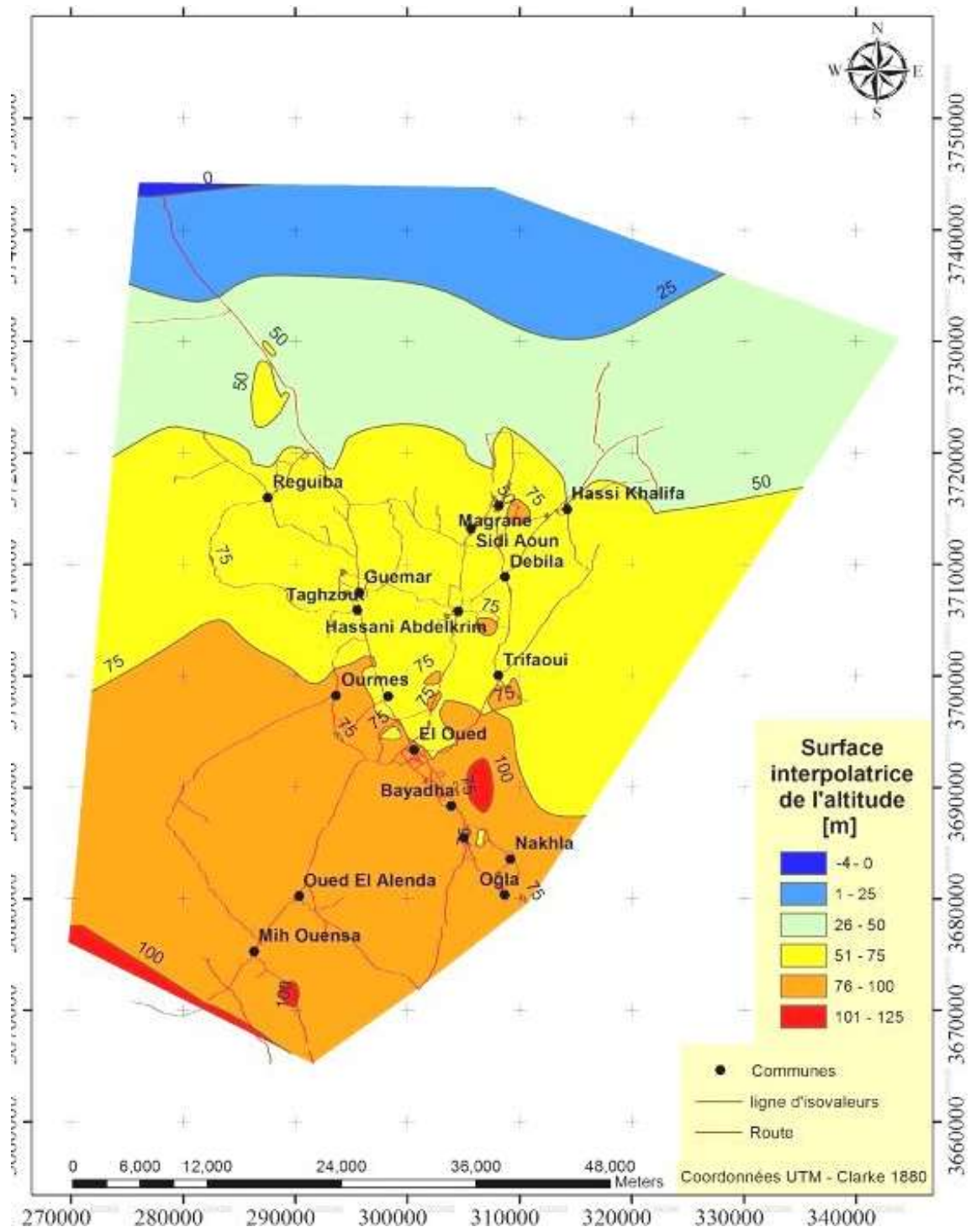
Source : DHW.2004

1V.1.1.2. Contextes géographiques : Les axes routiers

L'urbanisation très rapide a métamorphosé l'armature soufienne en une conurbation linéaire, les aspects de la ville en règle générale, doit s'adapter dans la disposition morphologique des voiries. Le réseau du Souf se présente sous la forme de rubans en **X (figure 4-2)** s'allongeant du Nord-ouest au Sud-est (de Biskra vers El Oglâ), et du Sud-ouest au Nord-est (de Touggourt vers la Tunisie), dont le croisement se fait au centre de la ville d'El Oued. Dans ce réseau dense, l'agglomération d'El Oued s'étend, linéairement en longeant la route nationale sur plus de 21 km de long et 6.5 km de large, absorbât Kouinine au Nord, Bayadha et Robbah au Sud (**figure 4-1**).

Guemar, la plus vieille implantation urbaine du Souf, capitale religieuse au 18^{ème} siècle, est aussi importante qu'El Oued, Guemar garde son cachet ancestral de cité couverte (Ferhi.f 2014). Son urbanisation diffuse vers le sud est alignée avec la route nationale n°48 et rattachée avec celle de Taghzourt.

QUATRIÈME CHAPITRE



Source ENHPO.BG

Carte 4.1. Surface interpolatrice de l'altitude.

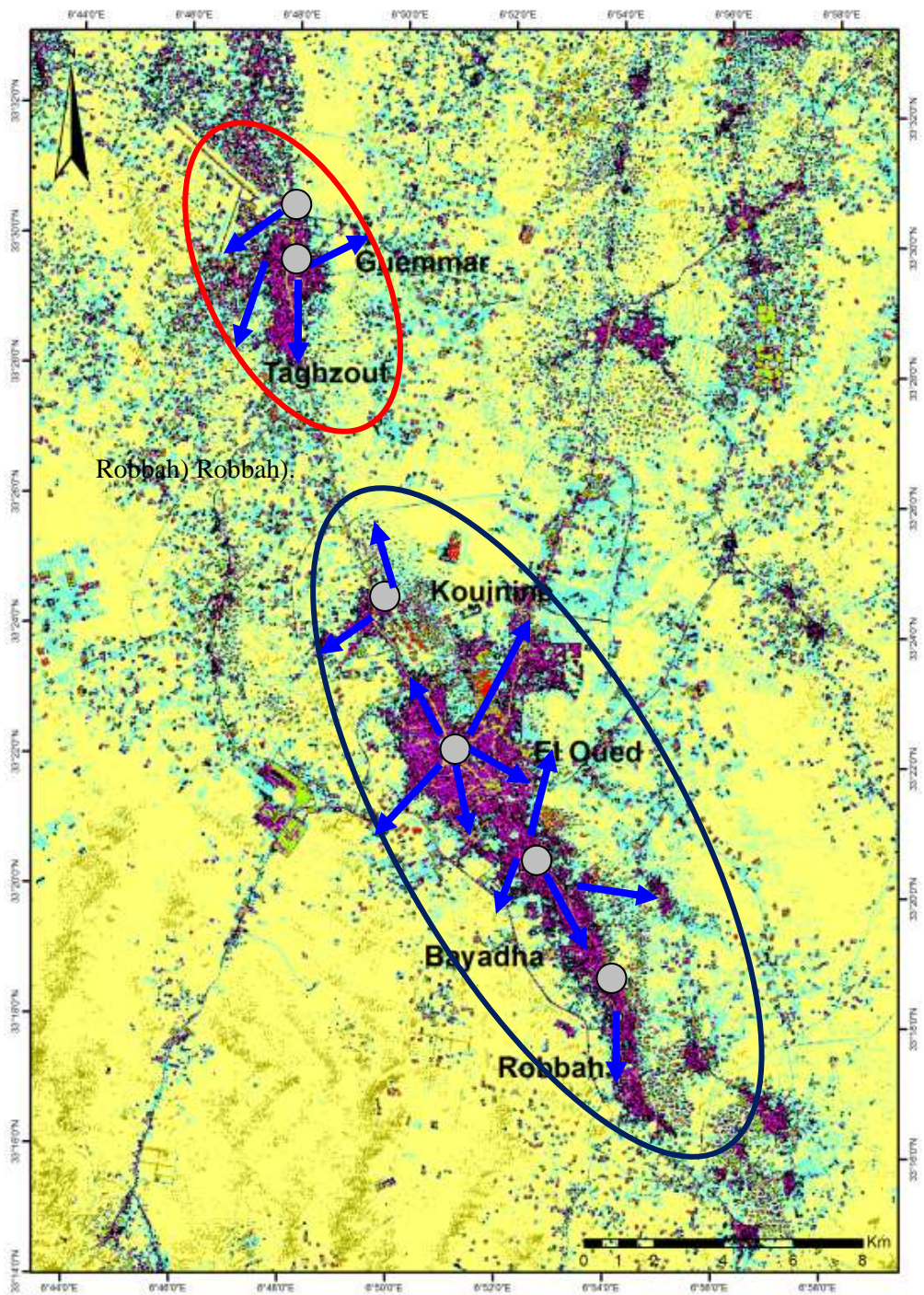
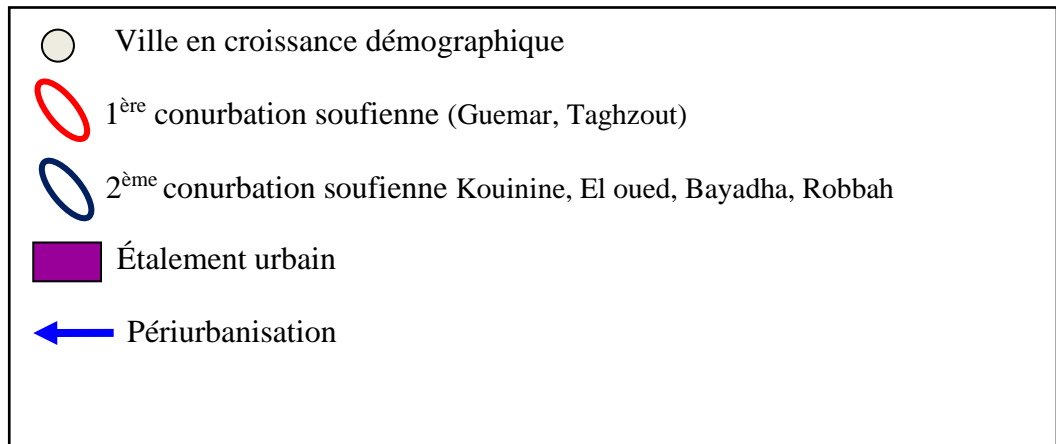


Figure 4.1. Les deux conurbations soufienne



Source : image satellitaire de la date 08/08/2016, traitée et compilée Par l'auteur.

1V.1.1.3. Les contextes politiques :

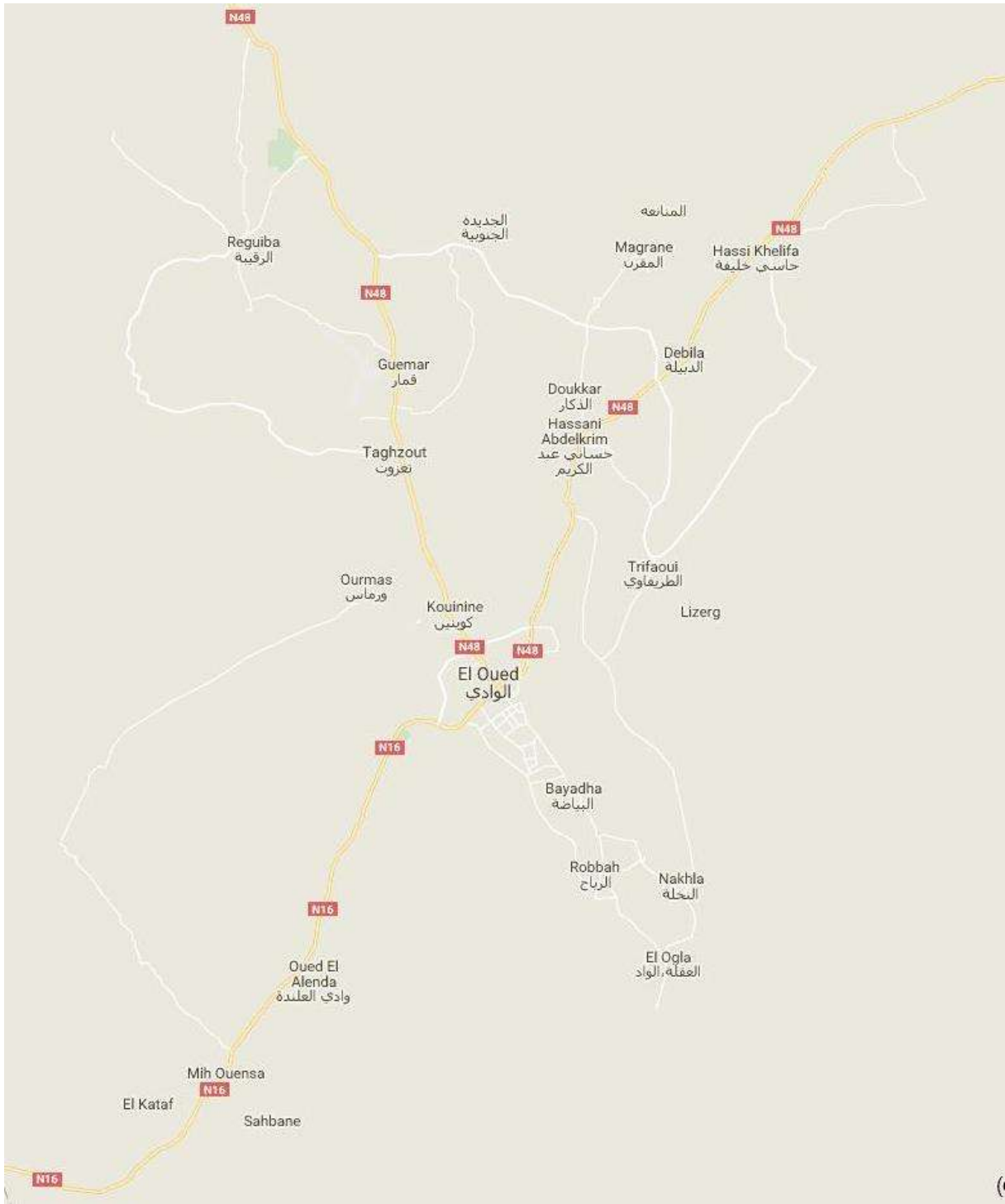
1V.1.1.3.1. Le découpage administratif :

L'Algérie a maintenu l'organisation administrative territoriale française jusqu'en mai 1969, date de la réforme départementale selon laquelle les wilayas ont été créées. En 1975 un nouveau découpage territorial a donné naissance à la Commune, cellule de base et de décentralisation. À cette époque, le Souf faisait partie de la circonscription des Ziban, El-Oued constituait une Daïra importante dans la wilaya de Biskra. En janvier 1984, un autre découpage administratif national, El-Oued a été promu wilaya (30 Communes et 12 Dairas), objectif de ce découpage est d'améliorer les conditions de vie sociale et économique et d'atténuer les obstacles dus à l'enclavement et au sous-développement. Cette initiative volontariste implique pour l'espace promu une dotation en investissements publics considérables, ce qui induit la création d'emplois massifs, la diversité des activités, la construction de logements et d'infrastructures, la multiplication d'équipements (Layeb Hafid, 1999, Bousmaha Ahmed, 2014). Suite à ce découpage le Souf doit faire face aux nouveaux déficit, de décisions, de nouvelles mutations sociologiques, flux de populations, dont tous ces derniers doivent être commandés par la capitale du Souf.

1V.1.1.3.2. Des instruments d'urbanisme qui renforcent l'étalement urbain

La stratégie du PUD est achevée en 1978, ce premier plan d'urbanisme directeur, ne contient pas de directives ni de lois détaillées, mais des idées et théories générales sur l'aspect urbain et organisationnel de la ville. Ce qui particularise cette étape est l'apparition de lotissements et de quelques tissus urbains spontanés (DPAT 2005).

Entre 1991 et 1993 un autre plan a été mis en place : le PDAU. C'est un outil réglementaire qui a pour le rôle de l'affectation de l'usage du sol (Bakour, M. et Baouni, T. 2015)



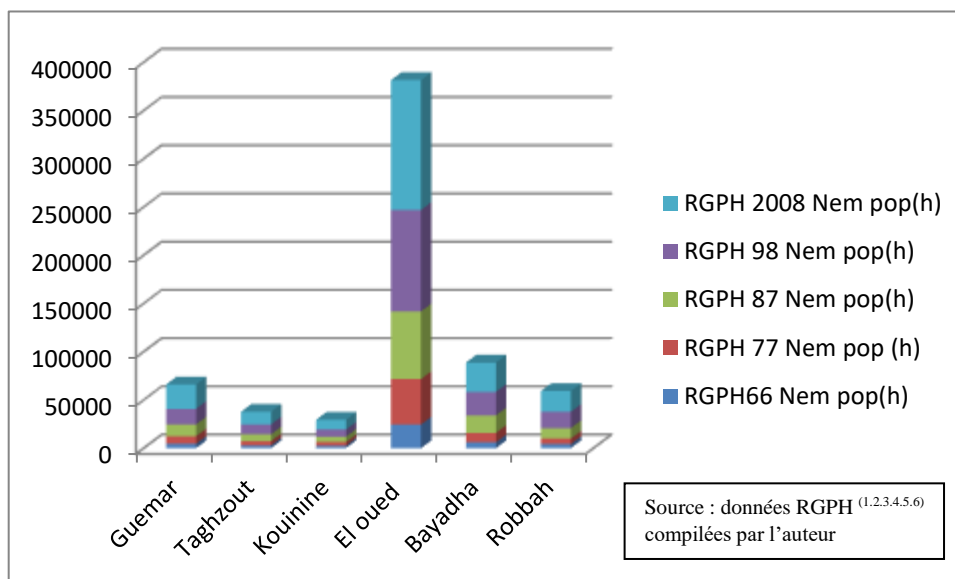
Source : terra incognita 2.45

Figure 4.2. le réseau routier de l'aire d'étude

1V.1.1.4. Les contextes socio démographiques :

1V.1.1.4.1. Le taux d'accroissement de la population, et le taux d'urbanisation :

Une dynamique démographique saharienne spectaculaire et inégale, la Sahara devient une terre d'appel, car autrefois elle était une terre d'émigration (Bisson Jean 2004). La ville devienne captive, elle fixe la population (Chaouche Meriama 2007). Le taux d'urbanisation a augmenté dans le Sahara du 23.74% en 1954 à 31.98% en 1966, supérieur au taux national 31.50 % en 1966, 38.94 % en 1977, 50.05 % en 1987 et 63.98 % durant 1998 et enfin 70.97% en 2008 (Armature urbaine 2008). Les agglomérations urbaines étudiées, en connut un développement bouleversant et une progression caractérisée par une hypertrophie, une augmentation de volume d'un tissu dut à un développement excessif de la taille de ses constituants (Larousse, 2001). La population totale des agglomérations est passée de 180426 en 1998 à 235150 habitants en 2008 (38415 habitants pour la première conurbation (1^{ière} par rapport au Nord) celle qui ressemble Guemar Taghzout. Pour la conurbation d'El oued 196735 habitants (celle qui rassemble Kouinine, El Oued, Bayadha, Robbah) soit un taux d'accroissement annuel moyen de 2.64%. Quant aux taux d'urbanisation, il a passé du 89.43% en 1998 à 91.46 % en 2008, cet accroissement de la population s'accompagne nécessairement de l'artificialisation de l'espace qui se traduit plus tard en conurbations soufienne. Il est important de noter que le taux d'accroissement ainsi que le taux d'urbanisation dans l'air d'étude sont beaucoup plus élevés que la moyenne nationale et la moyenne du Sud-Est algérien (**tableau 4-2, et graphe 4.1**). Le tableau synthétise le développement démographique, l'accroissement de la population selon les grands recensements (RGPH 66, 77, 87, 98,2008).



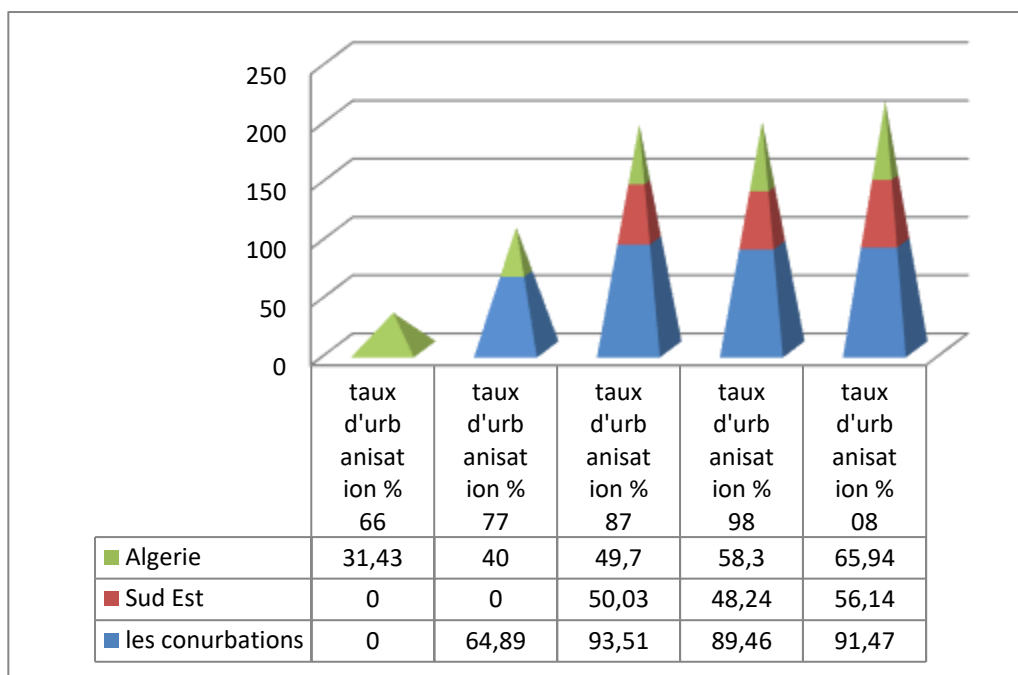
Graphique 4-1. Évolution de la population des villes.

QUATRIÈME CHAPITRE

Tableau 4-2. Évolution démographique :

V I l l e	RGPH 1966	RGPH1977			RGPH1987			RGPH1998			RGPH 2008		
	Nombre de Pop (h)	Nombre de Pop (h)	Taux D'urbani sation (%)	Taux D'acc- roisse- emt(%)	Nombre de Pop (h)	Taux D'urbani sation (%)	Taux D'acc- roisse- Emt	Nombre de pop (h)	Taux D'urbani sation (%)	Taux D'acc- roisse- emt(%)	Nombre de pop (h)	Taux D'urbani sation (%)	Taux D'acc- roisse- emt(%)
Guemar	4685	7586	99.99	4.54	12285	81.50	4.89	16186	55.46	2.49	25251	64.47	3
Taghzout	2760	4524	0	4.66	7136	99.90	4.62	10191	91.42	3.22	13164	94.47	2.63
Kouinine	2514	3801	99.00	3.88	5520	99.90	3.76	7528	99.43	2.80	9998	99.23	2.92
El Oued	24474	47173	99.99	6.23	70073	98.81	5.23	105151	99.99	3.68	134699	99.84	2.53
Bayadha	6139	9579	0	4.19	18138	90.40	6.53	24443	92.12	2.69	30392	92.30	2.23
Robbah	4284	5825	90.36	2.87	10665	90.56	6.17	16927	98.17	4.20	21646	98.54	2.53
Sud Est	/	/	/	/	/	50.03	3.2	/	48.24	3.0	/	56.14	2.3
Algérie	/	/	40	3.17	/	49.7	3.12	/	58.3	2.10	/	65.94	1.61

QUATRIÈME CHAPITRE



Source : données RGPH, 77, 87,98, 2008, compilées par l'auteur

Graphique 4-2. Répartition du taux d'urbanisation selon les 2 conurbations, le Sud-est et l'Algérie.

Comme on a déjà cité au début de ce sous-titre que l'urbanisation (**graphe 4-2**) est une des variantes motrices de la remontée des eaux la mesure du rythme de l'urbanisation, est affiché dans le tableau ci-après,

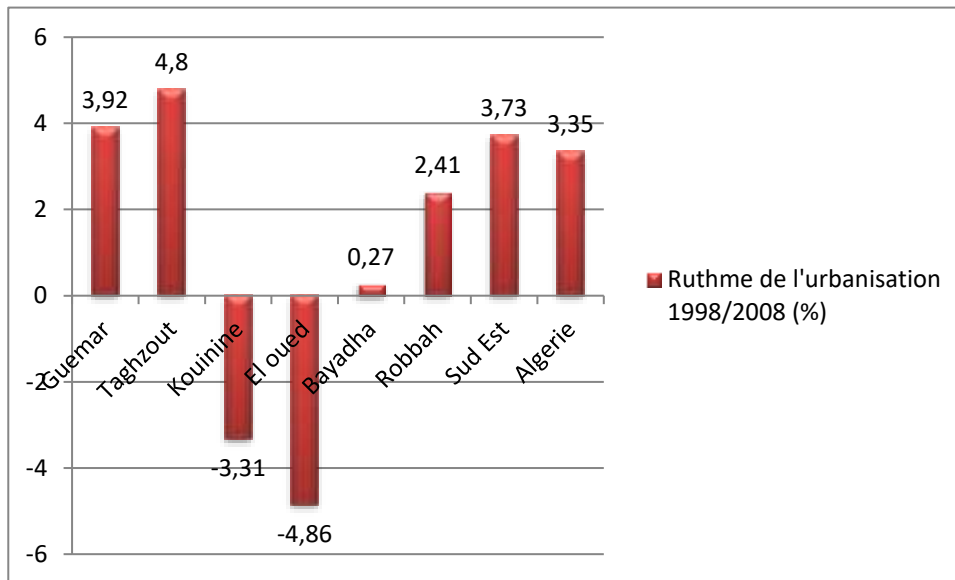
Tableau 4-3. La mesure du rythme d'urbanisation :

Commune	(1998-2008) Taux d'accroissement Urbain (%)	(1998-2008) Taux d'accroissement Rural (%)	Rythme De l'urbanisation (%)	Rythme De l'urbanisation National (%)	Rythme De l'urbanisation Sud-est (%)
Guemar	4.61	0.69	3.92	3.35	3.73
Taghzout	2.63	-2.17	4.80		
Kouinine	2.92	6.23	-3.31		
El oued	2.53	7.39	-4.86		
Bayadha	2.23	1.96	0.27		
Robbah	2.53	0.12	2.41		

Source : données RGPH 2008 compilées par l'auteur.

Le rythme d'urbanisation de Guemar et Taghzout est plus élevé que le rythme national et celui du Sud-est. Donc l'augmentation du rapport de la population urbaine (ou proportion des citadins) à celle de la population totale est très claire. La ville de Kouinine et El oued ont un

rythme négatif cela est expliqué par la détérioration de l'environnement résultante de la remontée des eaux (**graphe 4-3**), en même temps leurs taux d'accroissement ruraux supérieurs reflètent l'ampleur de son impact sur l'exploitation de l'eau dans l'irrigation et les conséquences pour la remontée de l'eau.



Source : données RGPH.87, 98, 2008 compilées par l'auteur

Graphique 4-3. Le rythme de l'urbanisation de l'aire d'étude face au rythme du Sud-est et le rythme de l'Algérie.

1V.1.1.4.2. Le contexte sociologique : La demande de maison individuelle

En ce qui concerne l'aspect social, l'individu soufi à une tendance de vivre dans le logement individuel, en raison des facteurs traditionnels et des facteurs climatiques, en particulier la température élevée. Cela signifie que cette tendance impose une consommation horizontale de l'espace ce qui a engendré dans le temps cette conurbation.

1V.1.1.5. Les contextes économiques : les zones d'activités multiples, souk Libye

L'évolution de la dynamique des agglomérations par l'implantation des pôles d'emplois comme les zones d'activités multiples et le Souk. La wilaya d'El Oued comprend 14 zones d'activités multiples avec une superficie globale de 2136435 m² réparties sur 1328 lots (ANAT mission I phase 2) constituant un espace foncier important pour l'investissement.

El Oued (265 lots), Kouinine (90 lots) et Bayadha (128 lots) ont épuisé leurs réserves, cela dut à la forte attractivité de ces agglomérations. Concernant le Souk, la ville d'El Oued est de loin

le centre dont le rayonnement de son souk dépasse largement les frontières de sa wilaya, les détaillants des quatre coins du Pays s'y approvisionnent hebdomadairement. Le montant de son adjudication annuelle est supérieur à 11 millions de dinars algériens (ANAT mission II). Toute cette dynamique provoque des mutations surfaciques traduites par la conurbation.

IV.2. L'évolution des taches urbaines : la dynamique spatiale des villes

IV.2.1. La classification supervisée : méthode pour reconstituer la conurbation soufienne

Les données fournies par les satellites sont aujourd'hui un instrument fatal inévitable pour repérer des mutations d'occupation et d'utilisation des sols sur les surfaces terrestres (Ridd et Liu, 1998). Pour éclaircir les différentes phases de l'expansion de l'espace urbain des villes, Il existe de nombreuses méthodes, parmi ces dernières la méthode de la classification des images satellitaires cette méthode a été utilisée depuis plusieurs années pour quantifier les surfaces artificialisées et par conséquent évaluer l'étalement urbain, ou la conurbation. Cela nécessite d'une part, des images de satellite à moyenne ou haute résolution et d'autre part, des données de référence pour classer les images et valider les résultats. (Greenberg et Gordon, 1997 ; Vogelmann et al. 1998 ; Stuckens et al, 2000 ; Stefanov et al, 2001 ; Lu et Weng, 2005).

La classification de l'image se reproduit à un travail consistant à extraire des classes d'informations à partir d'une image raster multi bande. Le raster résultant de la classification des images peut être utilisé pour créer des cartes thématiques. En fonction de l'interaction entre l'analyste et l'ordinateur pendant la classification, il existe deux types de classification : supervisé et non supervisé. Avec l'extension ArcGIS Spatial Analyst (Une licence ArcGIS Spatial Analyst est requise pour utiliser les outils d'une barre d'outils).

Le processus de classification est un flux de travail multi étape (Mahmon.N.A et al 2015). Dans notre cas, on a choisi la classification supervisée (Asmala A.S et al 2012 ; Leila M.G et al 2009 ; Diagi.B et Edewede 2018 ; Amare G.M et al 2019))

La classification supervisée utilise les signatures spectrales obtenues à partir d'échantillons de formation pour classer une image (Soha A. Mohamed, Mohamed E. ElRaey (2019). Avec l'aide de la barre d'outils de classification d'image, on a créé des échantillons de formation pour représenter les classes que nous souhaitons extraire, et aussi créer facilement un fichier de signature à partir des échantillons de formation, qui est ensuite utilisé par les outils de classification multi variée pour classer l'image (Asmala A.S et al 2012). Ce qui est beau et simple dans ce travail c'est l'espace choisi pour l'étude, cela veut dire que la simplicité de la topographie de l'espace (dunes, sables, palmiers, habitats, pivots) à simplifier le contraste et donner des résultats très fiables.

IV.2.2. Les images satellitaires utilisées pour rétablir l'expansion urbaine

Suscité par la cartographie et le suivi de la croissance urbaine plus précisément de l'étalement urbain à partir de l'utilisation d'image satellitaire et le système d'informations géographiques (Epstein et al. 2002). Les images LANDSAT (**tableau 4-4, 4-5**) ont été obtenues gratuitement, par internet via ce site <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Les images téléchargées portent des dates différentes de l'ordre de 1972, 1976, 1987, 1995, 2005, 2016 pour les raisons suivantes :

Tableau 4-4. Précision des causes et raisons de choix de dates des images :

Date	Choix pour quelle(s) raison(s) ?
1972	Première date de l'archive d'image satellitaire a téléchargé
1987	-trois premiers forages profonds dans le Continental Intercalaire (CI) sont exécutés. 2 pour l'AEP 1 pour l'agriculture. Ils sont fortement artésiens et les débits de l'ordre de 200 l/s, sont de 5 à 10 fois plus importantes que ceux des forages réalisés dans le CT (Khechana, 2008). -3 ans après la 2 ^{ème} mise à niveau du cadre administratif au rang de wilaya (bouleversement et exploitation irrationnelle des ressources en eaux pour se conformer e ce rang administratif)
1995	Changement de la stratégie économique du commerce (souk Libye) vers l'exploitation agricole érigée (pomme de terre)
2005	5 ans plus tard
2016	État actuel

Source : Auteur 2017

Tableau 4-5. Caractéristiques techniques et géographiques des images retenues :

Scène	Ellipsoïde	Date	Landsat	path	row	UTM zone
1972	WGS84	11/10/1972	Landsat1	207	037	32
1987	WGS84	01/07/1987	Landsat 5	193	037	32
1995	WGS84	24/07/1995	Landsat 5	193	037	32
2005	WGS84	22/04/2005	Landsat 7	193	037	32
2016	WGS84	08/08/2016	Landsat 8	193	037	32

Source : Auteur 2017

IV.2.3. L'établissement des cartes d'occupation des sols :

Après le téléchargement de ces images géoréférencées en fait entrer toutes les informations qui concerne les différentes occupations du sol cela se fait avec la barre d'outils en utilisant 'Training Sample Manager (Morgan. R. S. et al 2015) pour créer des classes d'informations en choisissent des échantillons et en traçons un simple petit polygone sur la zone choisie. Ce choix se fait à base de la bonne connaissance du terrain.

Ensuite, le logiciel cherche et généralise la même occupation existante réellement sur terrain par le biais de la fonction 'Maximum Likelihood lassification' (Pushpendra S.S 2014) et en termine tous les types d'occupation de la même façon puis en fait un nettoyage du résultat en rassemblent les classes qui représentent le même type d'occupation ex : bâti ancien Guémar, bâti ancien El Oued par la classe bâti ancien. **(Cartes ; 4-2, 4-3, 4-4, 4-5 et 4-6).**

En même temps ce nettoyage se fait par le changement des couleurs données par logiciel ARCGIS les en remplaçons par des couleurs qui convient exactement avec la nature d'occupation des sols (**tableau 4-6**). Enfin, la digitalisation de l'occupation des sols artificialisés sur l'image par les classes d'information les plus précises, mais cela prend énormément de temps.

L'utilisation de la classification supervisée a permis une plus grande clarté des images et une classification plus fine du territoire en classes (Flavia Di Palma et al 2016), pour chaque classe d'occupation des sols à fragmenter ont été triée et utilisée dans l'algorithme de classification (Merlyn.S et al 2019) soulevé par la cartographie et le suivi de la croissance urbaine plus précisément l'étalement urbain à partir de l'utilisation d'images satellitaires et du système d'informations géographiques (Epstein et al. 2002).

Tableau 4-6. Les classes de l'information retirées en utilisant la méthode de classification supervisée du logiciel ARCGIS : Auteur 2017

Scène	Numéro	Classes retirées		
1972	MLC.tif35	- palmier - ghout	- bâti - sable	- dune
1976	MLC.tif36	- palmier - ghout	- bâti - sable	- dune
1987	MLC.tif39	- palmier - ghout	- bâti - sable	- dune
1995	MLC.tif24	- palmier - ghout saint - ghout inondé	- tissu ancien Guemar - tissu ancien Oued - bâti	- dune - sable
2005	MLC.tif16	- palmier - ghout saint - ghout inondé	- tissu ancien Guemar - tissu ancien Oued - bâti	- dune - sable - pivot (pomme de terre)
2016	MLC.tif28	- palmier - ghout saint - ghout inondé - station d'épuration	- tissu ancien Guemar - tissu ancien Oued - bâti	- dune - sable - pivot (pomme de terre)

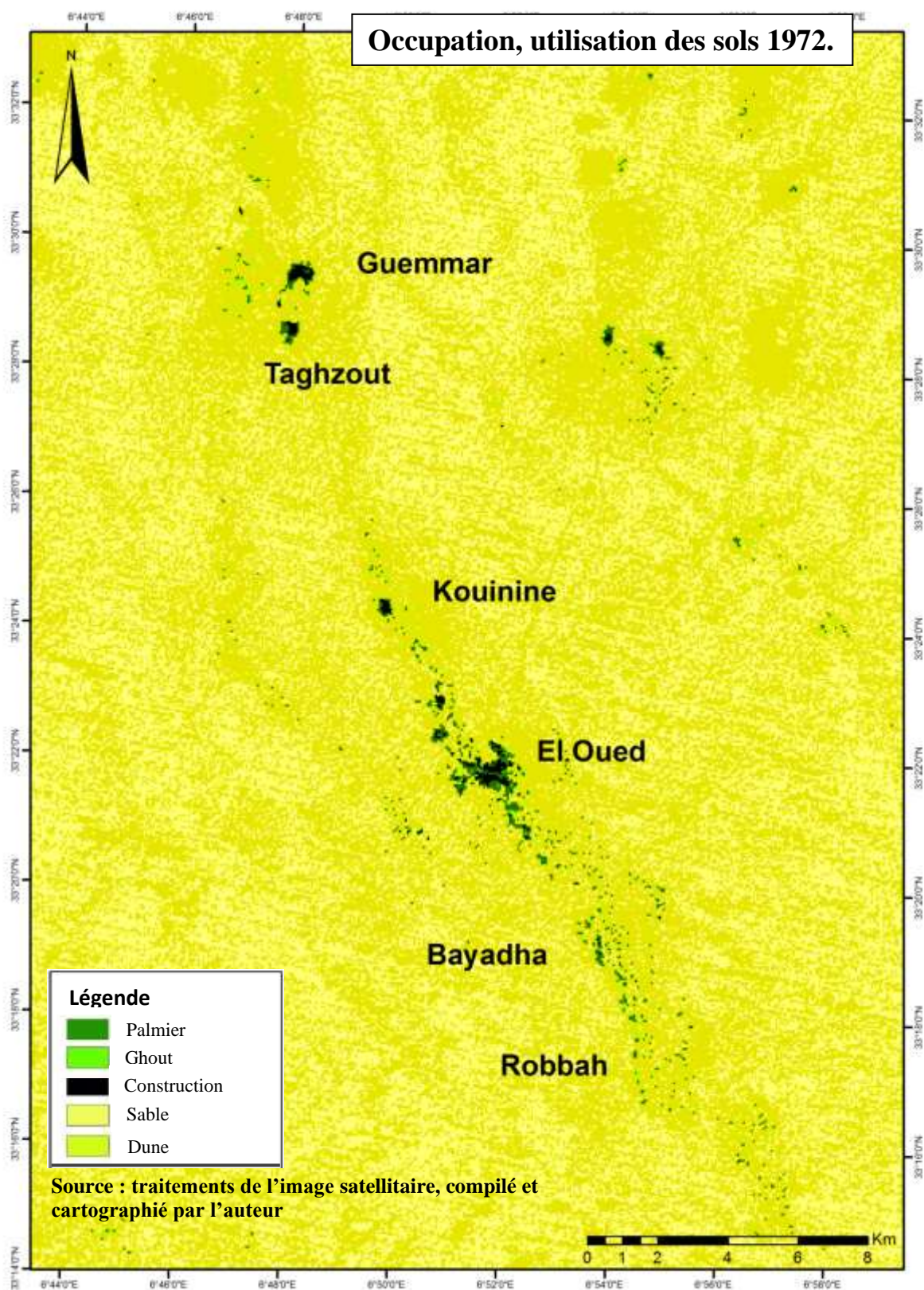
Après avoir identifié les occupations du sol à partir de nos cartes Raster numérisées et géoréférencées (images) on les a transformées en forme numérique digitalisée, la méthode choisie est la digitalisation à l'écran toutes les limites des zones urbaines ont été vectorisées à l'aide de la souris pixel par pixel. L'atout de cette méthode est le support du zoom de ce fait une ponctualité et une précision accrue peut être obtenue afin de connaître la dynamique spatiale des agglomérations.

IV.3. La dynamique spatiale des agglomérations :

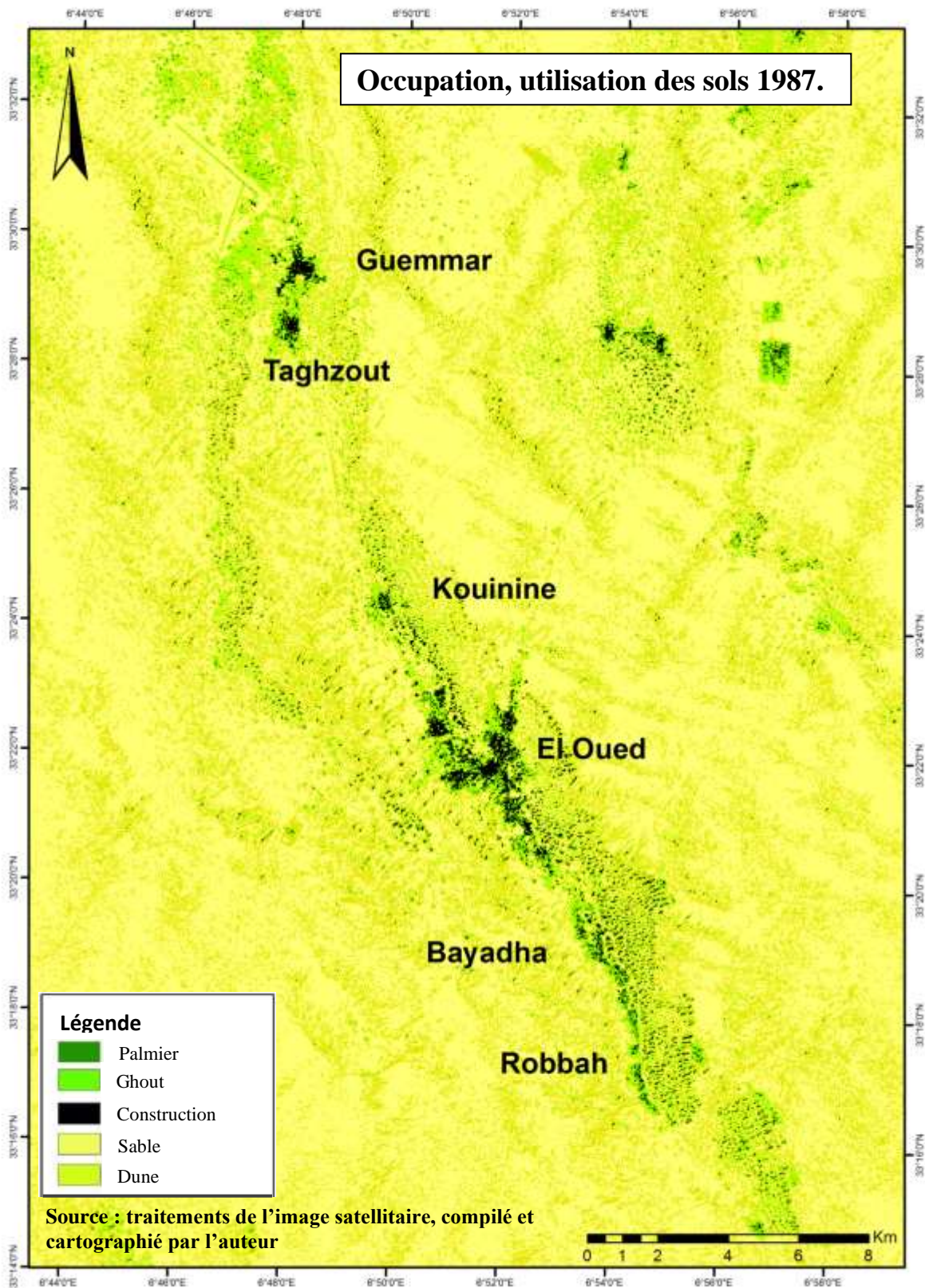
L'étude de la couverture des sols par la fonction du sol permettrait de concevoir la ville telle qu'elle a été envisagée dans le passé et de donner le sens de sa croissance et de son extension futures (Sankhala, S. Singh, B. K. (2014) ; Hegazy I.R et Kaloop M.R 2015, Bousmaha, A et all 2021).

IV.3.1. La prédominance rurale claire (1966-1977) :

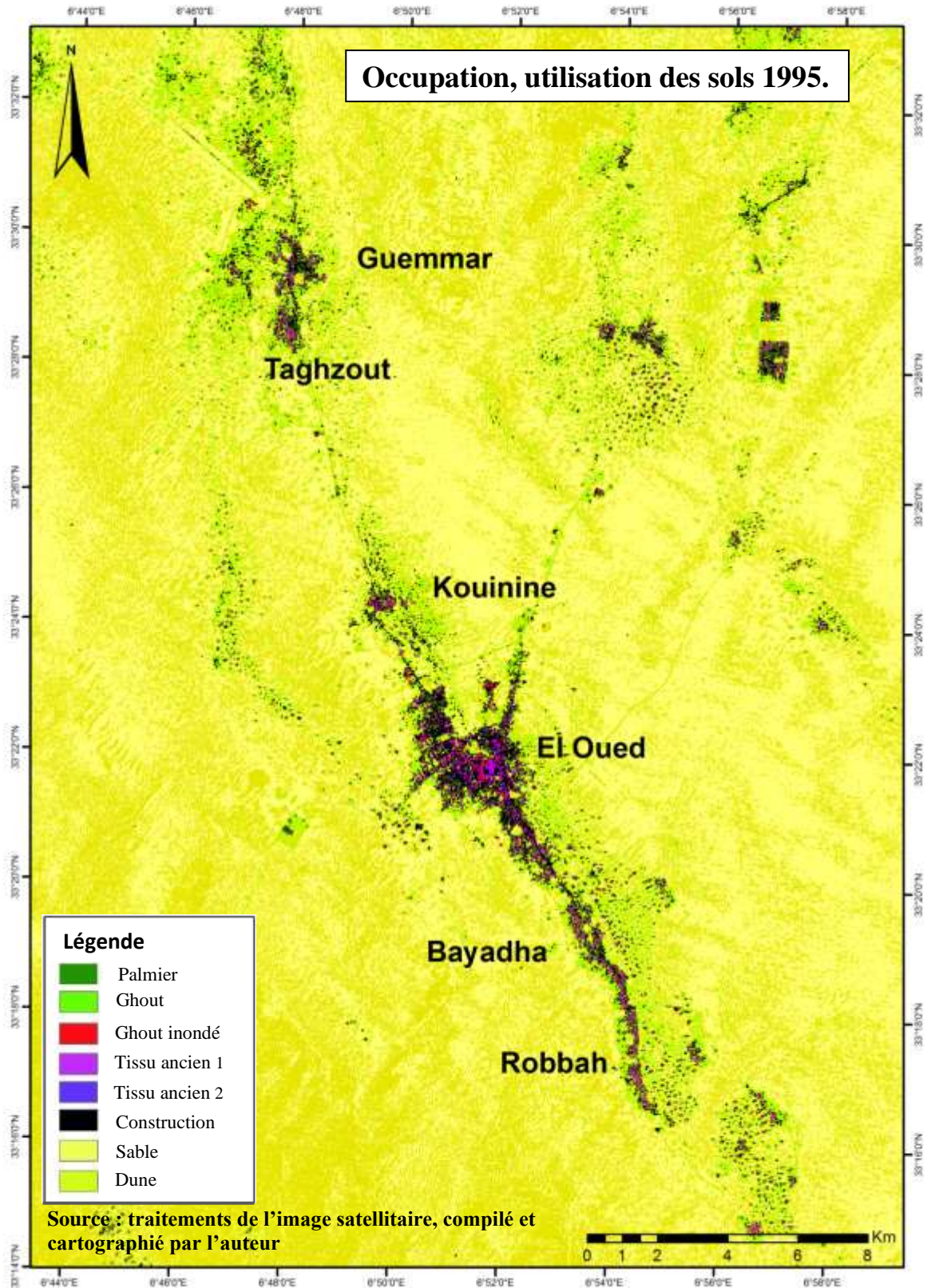
Après l'indépendance, El oued était une des Daïras de la wilaya de Biskra le découpage comprenait quatre ACL (y compris l'ACL de Debila qui se trouve en dehors de l'aire d'étude), et huit AS (**tableau 4-7**). Ces dernières sont considérées comme des territoires potentiellement modifiables à cause de leur distance très proche du centre de chef de Daïra, d'une part, et en raison, d'autre part, de l'afflux spectaculaire des réfugiés de Tunisie qu'a enregistrée la Daïra d'El oued dans cette période ainsi la stabilité des nomades.



Carte 4.2. Occupation des sols 1972.

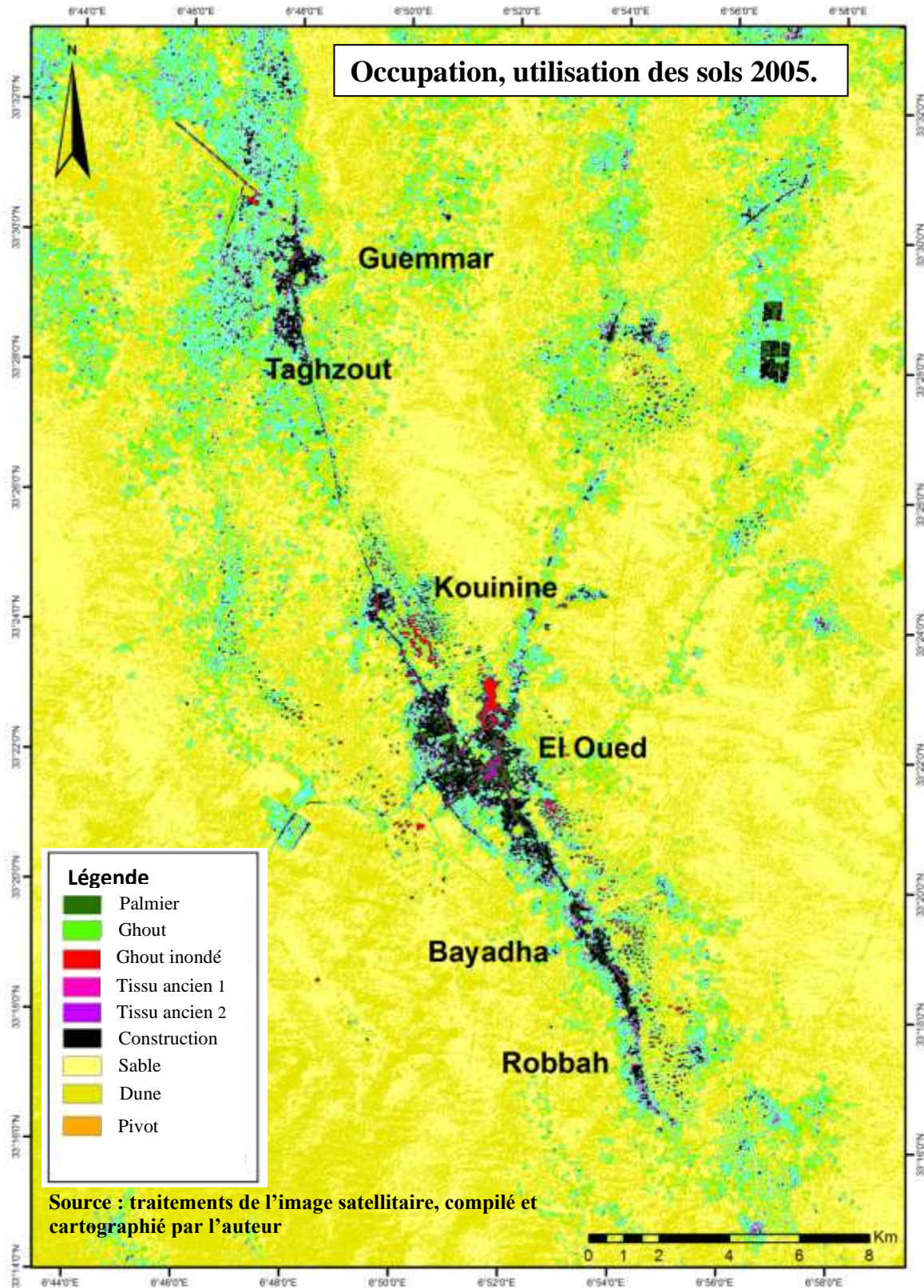


Carte 4.3. Occupation des sols 1987.



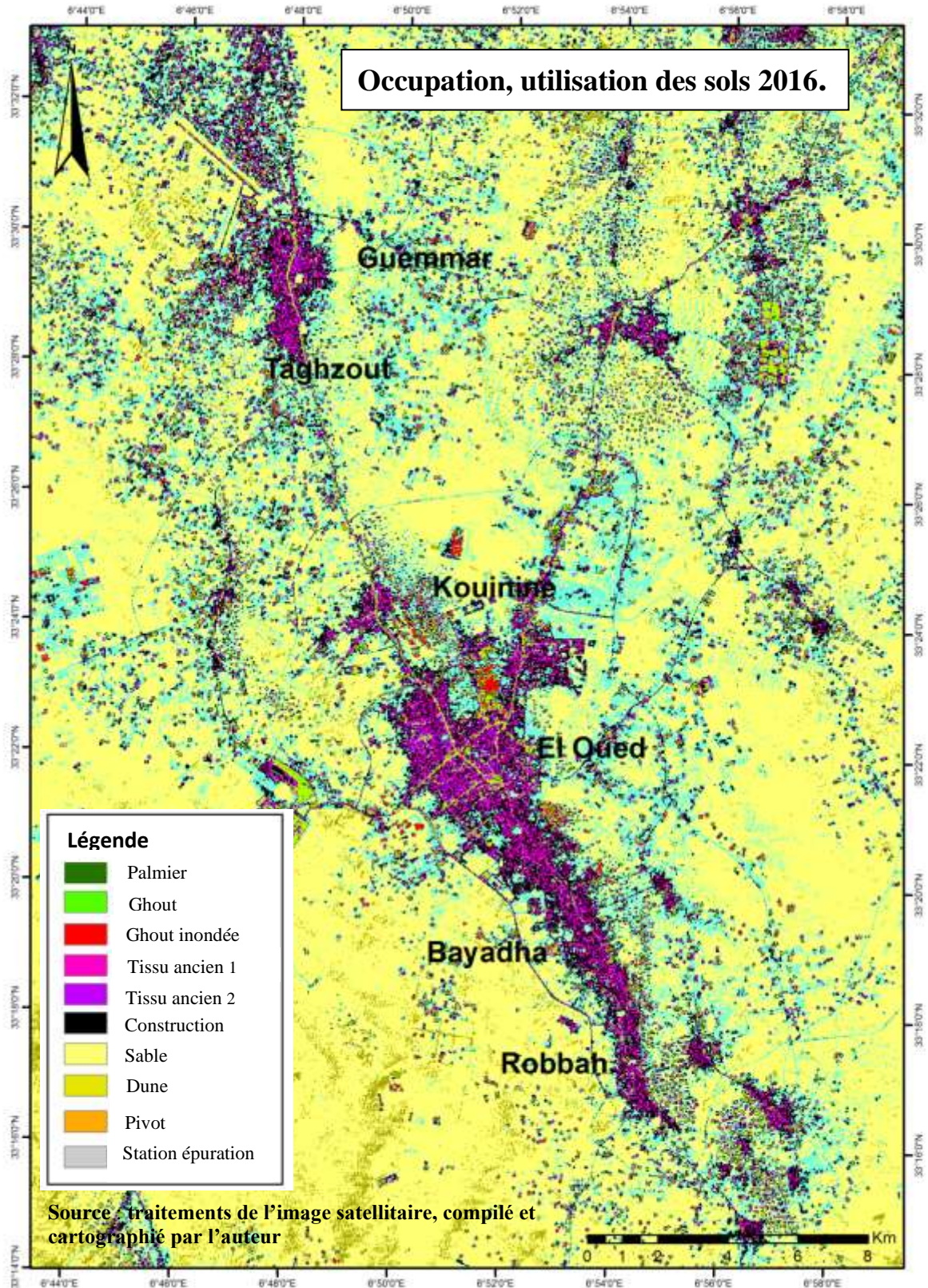
1 : Guemar, 2 : El Oued.

Carte 4.4. Occupation des sols 1995.



1 : Guemar, 2 : El Oued.

Carte 4.5. Occupation des sols 2005.



1 : Guemmar, 2 : El Oued.

Carte 4.6. Occupation des sols 2016.

QUATRIÈME CHAPITRE

Selon les statistiques de RGPH 1966, la population de l'ACL atteint 21,3 %, et la population des agglomérations secondaire est estimée à 32,82 % tandis que la population des zones éparses et de 45,87 %. Le ratio de la population rurale totale est estimé à 78,69 % ces pourcentages montrent clairement la dominance rurale de l'espace. Quant à l'année 1972 en applique l'équation suivante :

$$P_n = P_0 \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

P_n : population finale.

P_0 : population initiale

r : taux d'accroissement de la population

n : différence des années 0 et n

Cela nous a permis de calculer la population et la densité (**tableau 4-10**), donc le pourcentage de l'augmentation de la population entre 1966-1972 et estimée comme suit :

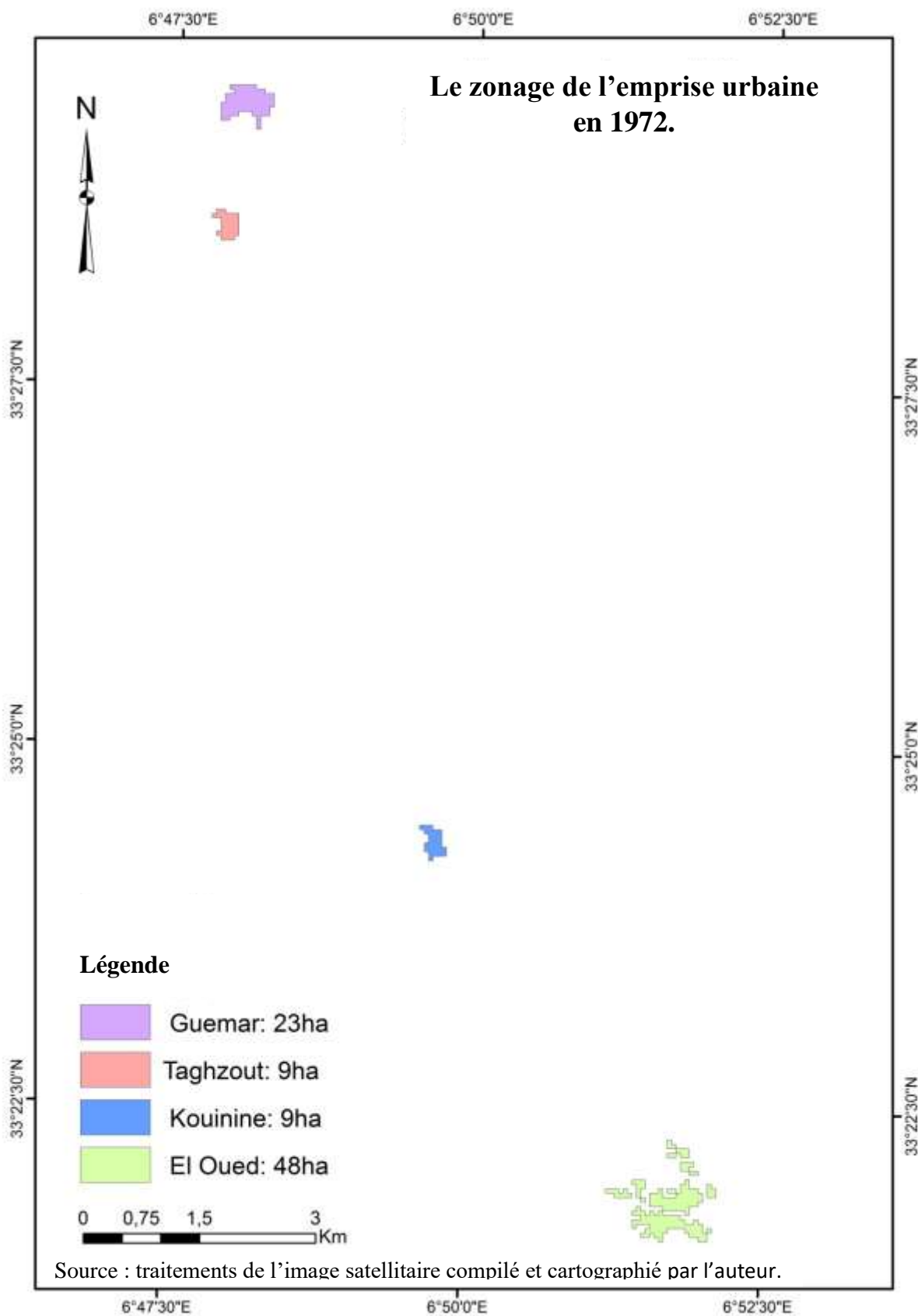
25% pour Guemar, 20 % Kouinine, 26 % El oued. Cette population est répartie sur une surface suivante de l'ordre : 23 hec (Guemar) ; 9 hec (Kouinine) ; 48 hec (El oued) ; et 9 hec (Taghzout). (**Carte 4.7**)

Il faut noter qu'après le deuxième découpage administratif qui était effectué en 1974, El oued a gardé la même strate, elle reste toujours une des Daïras de la wilaya de Biskra, sauf ACL Robbah comprenait une nouvelle AS Banghazlia (**tableau 4-7**)

IV.3.2. Le commencement de la dynamique de croissance 1977-1987 :

Le dernier découpage administratif date de 1984. L'objectif principal était d'orienter le territoire vers un maillage plus fin plus strict à partir d'une multiplication des centres de décision locaux à travers l'accroissement du réseau des collectivités locales, ainsi que la diffusion et l'amélioration des services et des équipements dans les zones les plus défavorisées, afin de créer un équilibre spatial, social et économique (ANAT, 2003).

La Daïra d'El oued est une collectivité locale qui était parmi ce réseau, la mise à niveau du cadre administratif au rang de wilaya, deux ACL nouvelles Taghzout (nouvelle Commune issue de Kouinine) et Robbah (nouvelle Commune issue d'el oued où les AS : el gara, lasnam, Ouled touati, souhan el mast, tiksebt ont fusionné avec l'ACL Bayadha ce qui donne le total de 6 ACL, ainsi qu'une nouvelle AS affilié de l'AS Soualah et l'AS N'zlet Mehd affiliée de



Carte 4.7. L'emprise urbaine en 1972.

L'ACL El oued (**tableau 4-7**), à travers le tableau en découvre que la population agglomérée en chef-lieu présent 95% de la population totale de l'aire d'étude face un petit 5% de la population des AS. Ainsi que l'emprise urbaine de l'aire urbaine est multipliée par 7 passants de 67,90519 hec en 1972 à 461,204556 hec en 1987 (**tableau 4-7, carte 4.8**).

IV.3.3. L'annonce d'un déclenchement d'une urbanisation accélérée 1987-1998

Quatorze ans après la mise à niveau au rang de wilaya, de nouvelles agglomérations secondaires ont affilé qui sont de l'ordre de Ghamra, Ghour Debaa et Nezla cet espace périphérique à Guemar assurent une micro-urbanisation avec un nombre de populations de 3930 habitants qui présente 16.34% de la population totale de l'ACL, ce pourcentage qui est quelque peu considérable annoncera une urbanisation future que nous la révélons plus tard.

En même temps des AS ont fusionné avec leurs ACL (**tableau 4-8**), ce fusionnement Affirme principalement l'évolution de l'emprise urbaine qui a doublé le cas de Guemar et Kouinine, presque triplée pour El Oued, et quadruplée pour Oued Robbah et Taghzout (**tableau 4-9, carte 4.9**).

C'est depuis RGPH 1987 et à partir des critères retenus, El oued et Bayadha sont désormais définies comme un milieu urbain, et Robbah, Guemar, Taghzout, Kouinine sont classées dans la strate du Semi Urbain, cette classification était retenue aussi par l'RGPH 1998.

IV.3.4. URBAN SPRAWL, l'étalement urbain et diffus des ACL et AS, 1998-2008 :

« *L'étalement urbain est un cancer qui ne respecte pas les limites des villes et des comtés* »⁽¹⁾

Le traitement de l'image satellitaire de date 22/04/2005 (**tableau 4-8, carte 4.10**) a révélé l'étalement urbain anarchique (**tableau 4-9**) entre Guemar et Taghzout sur une surface de 242,1930 hec et une densité humaine de 133 hab/hec, un peu plus loin vers le sud l'urbanisation diffuse résulte une cohésion inévitable entre El oued et Bayadha sur une surface de 747,7830 hec avec une densité plus sévère de l'ordre de 206 habitants dans un hectare.

(1) « *Urban sprawl is like a cancer that doesn't respect city and county boundaries* ». editorial, where's the Governor? Salt Lake tribune, Septembre 18,1997, p AA1. S.

QUATRIÈME CHAPITRE

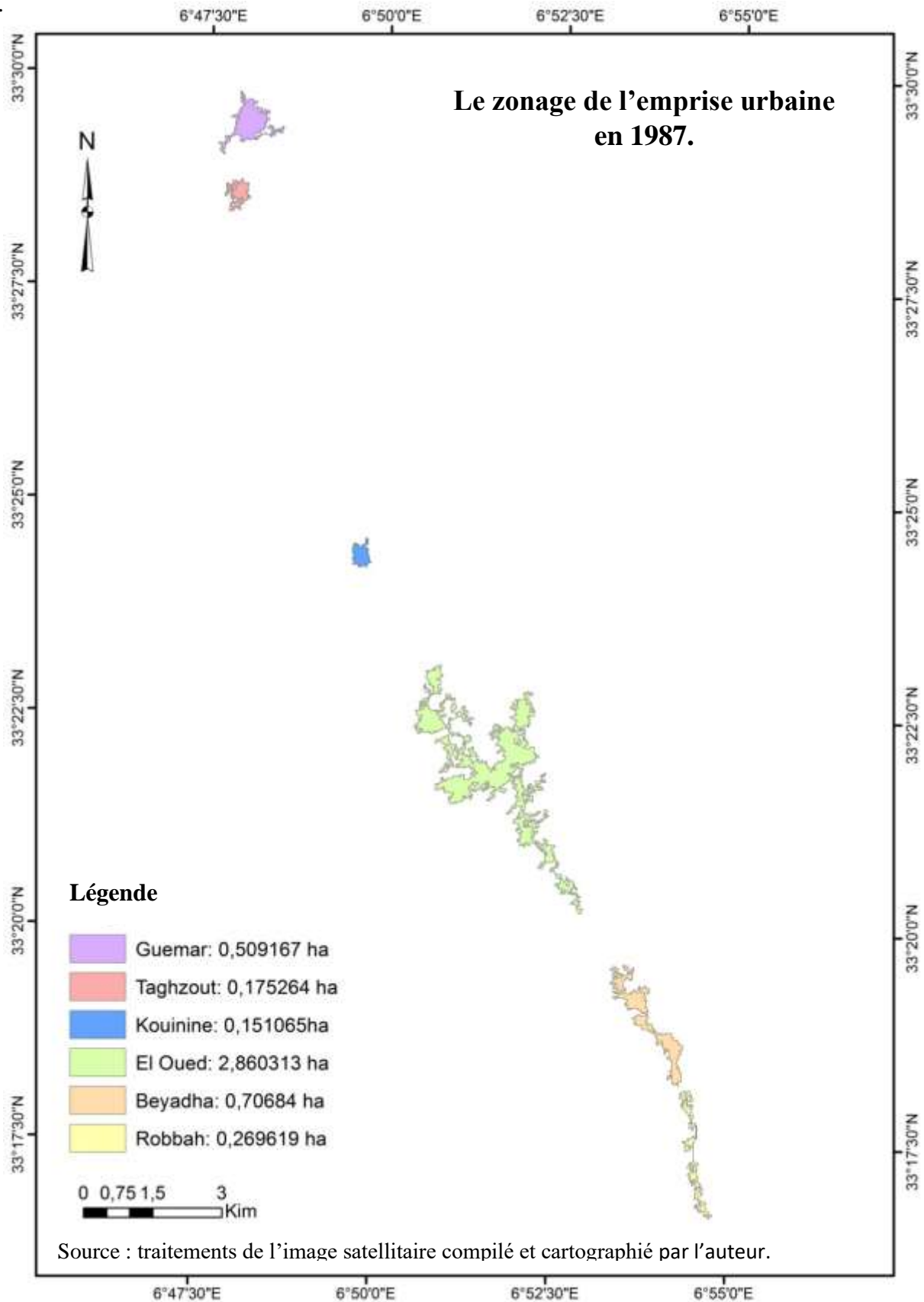
Tableau 4-7. Évolution des agglomérations principales de la vallée du Souf, 1966-1987 :

Commune	RGPH 1966			RGPH 1977			RGPH 1987			Observation
	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population	
Guemar	Guemar	ACL	4685	Guemar	ACL	7586	Guemar Ghamra	ACL	12285	
		1	4685		1	7586		AS	2787	
Taghzout	Taghzout	AS	2760	Taghzout	AS	4524	Taghzout	ACL	7136	Nlle Cne issue de Kouinine.
		1	2760		1	4524		1	7136	
Kouinine	Kouinine	ACL	2514	Kouinine	ACL	3801	Kouinine	ACL	5520	
		1	2514		1	3801		1	5520	
El oued	El oued	ACL	24474	El oued	ACL	47173	El oued N'zlet Mehd	ACL	70073	
		1	24474		1	47173		AS	838	
Bayadha	Bayadha	AS	6136	Bayadha	AS	9579	Bayadha	ACL	18138	Nlle Cne issue d'el oued. Les AS : el gara, lasnam, ouled touati, souhan el mast, tiksebt ont fusionné avec l'ACL Bayadha.
	El gara	AS	2145	----	----	-----	----	---	-----	
	Lasnam	AS	2445	----	----	-----	----	---	-----	
	Ouled touat	AS	1600	----	----	-----	----	---	-----	
	Souhan el mast	AS	550	----	----	-----	----	---	-----	
	Tiksebt	AS	2292	----	----	-----	Soualah	AS	1357	
	Soualah	AS	550	Soualah	AS	492	Ababssa	AS	568	
		7	15718		2	10071		3	20063	
Robbah	Robbah	ACL	4293	Robbah	ACL	5825	Robbah	ACL	10665	
		1	4293	Banghazlia	AS	621	Banghazlia	AS	1111	
					2	6446		2	11776	

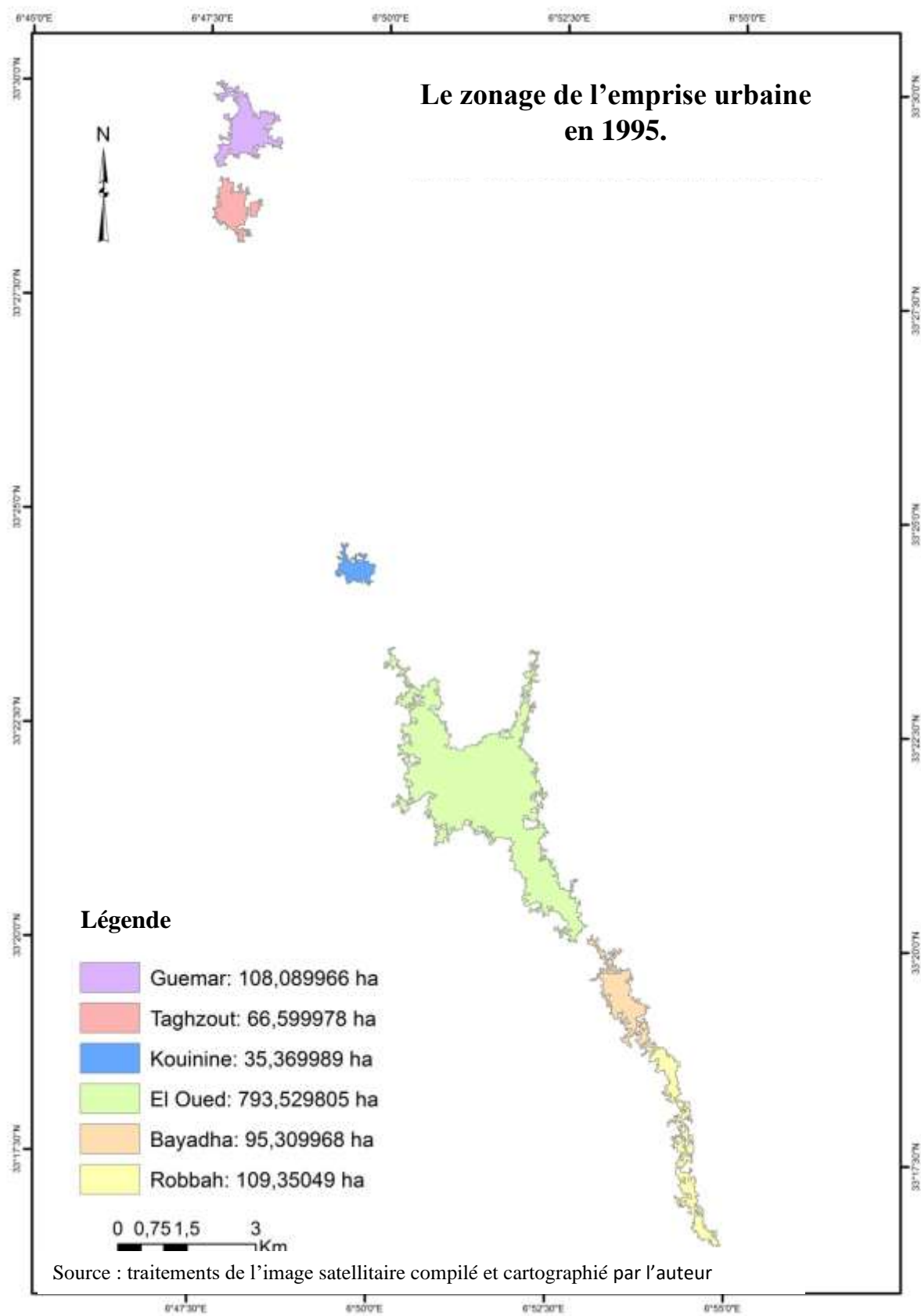
QUATRIÈME CHAPITRE

Tableau 4-8. Évolution des agglomérations principales de la vallée du Souf, 1987-1998 :

Commune	RGPH 1987			RGPH 1998			Observation
	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population	
Guemar	Guemar Ghamra	ACL	12285	Guemar Ghamra	ACL	16186	Nouvelle Agglomérations secondaires.
		AS	2787		AS	2133	
	2	15072	Ghour Debaa	AS	916		
			Nezla	AS	881		
				4	20116		
Taghzout	Taghzout	ACL	7136	taghzout	ACL	10191	Nlle Cne issue de Kouinine.
		1	7136		1	10191	
Kouinine	Kouinine	ACL	5520	Kouinine	ACL	7528	
		1	5520		1	7528	
El oued	El oued N'zlet Mehd	ACL	70073	El oued -	ACL	105151	N'zlet mehd a fusionné avec ACL
		AS	838		1	105151	
		2	70911				
Bayadha	Bayadha	ACL	18138	Bayadha	ACL	24443	Ababssa a fusionné avec AS Soualeh.
	-----	---	-----	----	-----		
	-----	---	-----	----	-----		
	-----	----	-----	----	-----		
	-----	----	-----	----	-----		
	Soualah	AS	1357	Soualah	AS	2032	
Ababssa	AS	568	-				
		3	20063		2	26475	
Robbah	Robbah Banghazlia	ACL	10665	Robbah -	ACL	16927	Banghazlia a fusionné avec ACL
		AS	1111				
		2	11776		1	16927	



Carte 4.8. L'emprise urbaine en 1987



Carte 4.9. L'emprise urbaine en 1995.

D'après l'armature urbaine 2008, l'espace périphérique devient le théâtre majeur de l'urbanisation. La proximité des agglomérations a renforcé une conurbation. La dynamique des agglomérations s'affiche de plus en plus dans l'espace périphérique ou **le tableau 4-9** confirme cette conurbation entre les différentes agglomérations secondaires et agglomérations chef-lieu et entre deux ACL, elles sont organisées en Agglomération Urbaine Intercommunales (AUIC). Cette AUIC classée dans la strate de l'Urbain avec une population de 48413 hab, le même tableau n'affiche que les agglomérations Kouinine et Robbah ainsi que AS de Soualeh rejoigne la conurbation d'El oued et Bayadha. Toutes ces dernières sont organisées en Agglomération Urbaine Intercommunales (AUIC), Cette AUIC est classée dans la strate de l'Urbain Supérieur, et elle une des 5 AUIC dans le Sud Est algérien, et l'une des 7 AUIC dans le Sud (Armature 2008) et une des 33 AUIC dans tout le territoire Algérien.

L'AUIC d'el oued concentre un grand nombre de services du type supérieur (Enseignement supérieur, Hôpitaux spécialisés, infrastructures de base très denses).

L'emprise urbaine est augmentée de 6.19% entre 2005 et 2016 pour l'AUIC de Guemar, tandis qu'AUIC d'El oued son emprise urbaine est élevée de 19.18% entre 2005 et 2016, ces deux AUIC et leur emprise urbaine et clairement visible avec le traitement de l'image satellitaire date 08/08/2016. Pour les AUIC (**carte 4.11**), on observe qu'avec le temps, la surface urbanisée a augmenté plus vite que la population qu'elle abrite, le **tableau 4-10** affiche que la densité de la population a diminuée de 48.12 %, concernant l'AUIC de Guemar (carte 4-, la deuxième agglomération urbaine intercommunale d'El oued sa densité de la population a baissé de 30.09%.

QUATRIÈME CHAPITRE

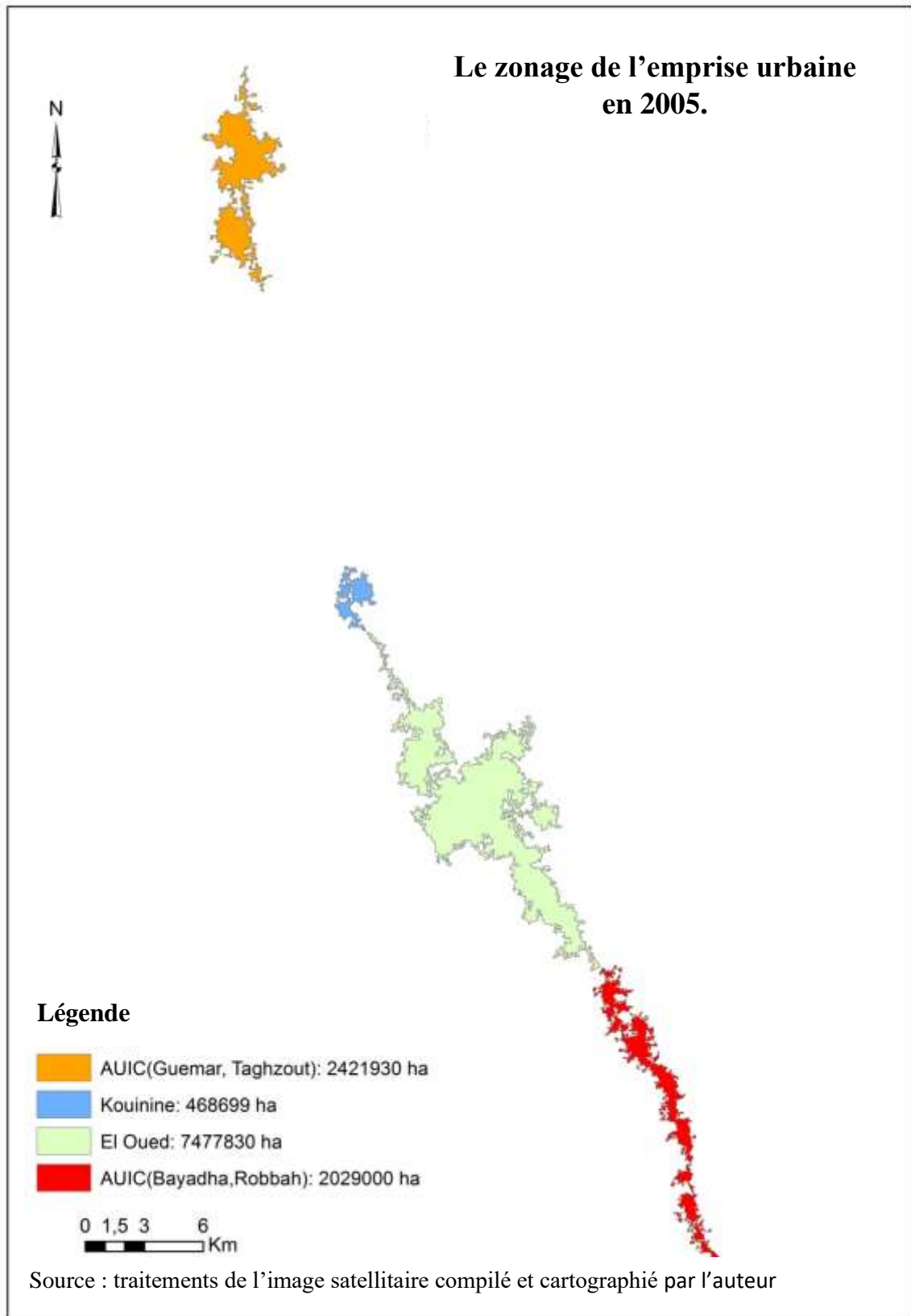
Tableau 4-9. Évolution des agglomérations principales de la vallée 1998/2008 :

Commune	RGPH (Armature urbaine 1998)				RGPH (Armature urbaine 2008)				Observation
	Agglomération	Type	Population	Strate	Agglomération	Type	Population	Strate	
Guemar	Guemar	ACL	16186	SU	Guemar	AUIC	48413	U	Conurbation entre les différentes agglomérations secondaires et agglomération chef-lieu. et elles sont organisées en Agglomération Urbaine Inter Communales (AUIC). Cette AUIC classée dans la strate de l'Urbain.
	Ghamra	AS	2133	---					
Ghour Debaa	AS	916	---						
Nezla	AS	881	---						
		4	20116						
Taghzout	Taghzout	ACL	10191	SU					
			1	10191		1	48413		
Kouinine	Kouinine	ACL	7528	SU	El Oued	AUIC	186525	U.S	
		1	7528						
El oued	El oued	ACL	105151	U					
	-		1	105151					
Bayadha	Bayadha	ACL	24443	U					
	----	----	-----	---					
	----	----	-----	---					
	----	----	-----	---					
	----	----	-----	---					
	Soualah	AS	2032	----					
	-		2	26475					
Robbah	Robbah	ACL	16927	SU					
	-		1	16927		1	186525		

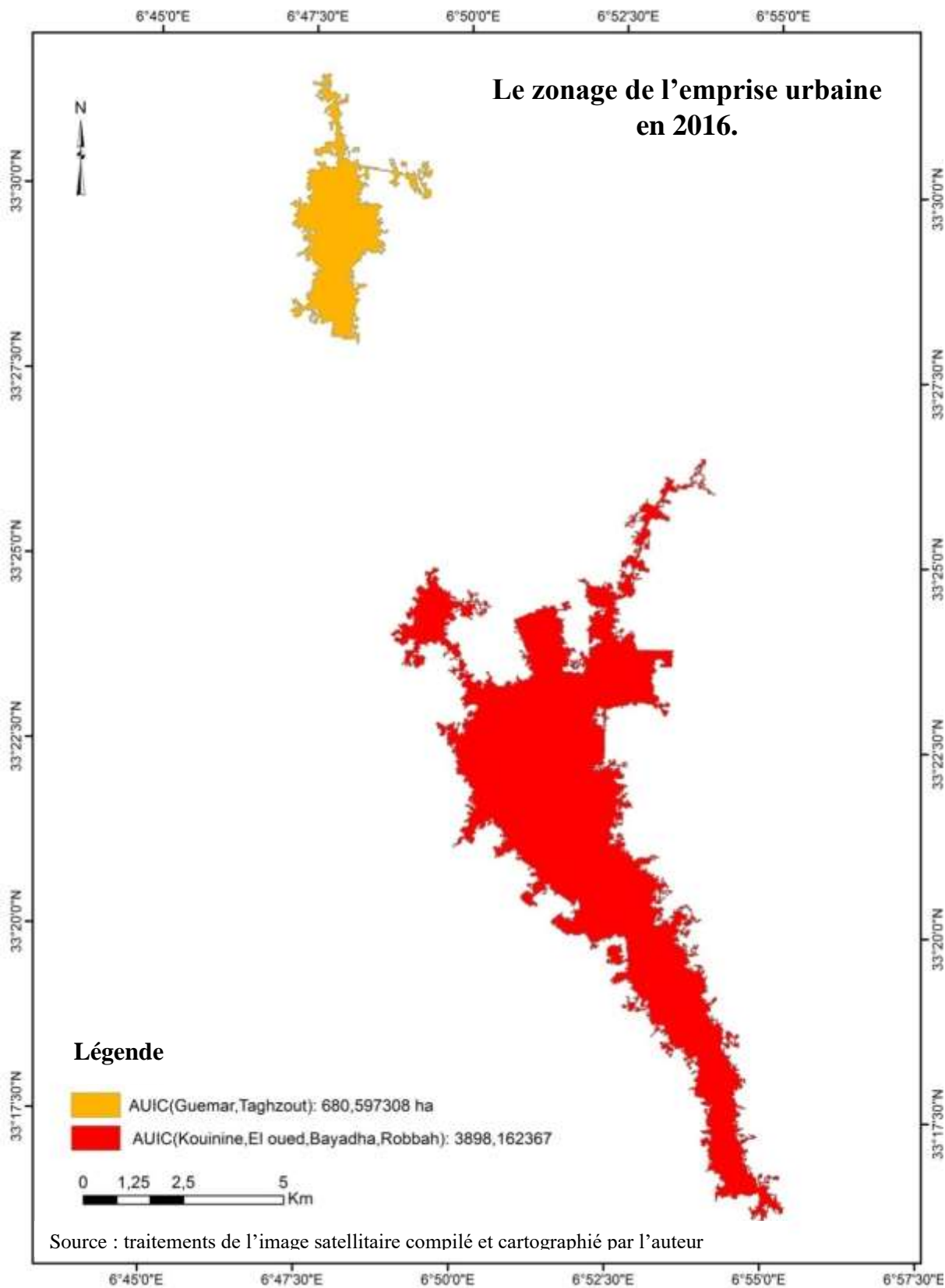
QUATRIÈME CHAPITRE

Tableau 4-10. Population, densité et surface des agglomérations principale de la vallée du Souf,1972-1987-1995-2005-2016 : compilée par l'auteur

Agglomération	1972			1987			1995			2005			2016		
	Nombre de pop (hab)	Surface urbanisé (hec)	Densité de la pop (h/hec)	Nombre de la pop (hab)	Surface urbanisé (hec)	Densité de la pop (h/hec)	Nombre de pop (hab)	Surface urbanisé (hec)	Densité de la pop (h/hec)	Nombre de pop (hab)	Surface urbanisé (hec)	Densité de la pop (h/hec)	Nombre de pop (hab)	Surface urbanisé (hec)	Densité de la pop (h/hec)
Guemar	6239	23	271,260	12285	50,916728	241	14956	108,08996	138,366	19907	242,1930	133	27556	680,597308	64
Taghzout	3619	9	402,111	7136	17,5264	407	9195	66,599978	138.063	12222			16261		
Kouinine	3137	9	348,555	5520	15,106498	365	6885	35,369989	194.65	9208	46,8699	196	12638	3898,162367	62
El oued	33231	48	692,312	70073	280,00911	250	93564	793,52980	117,908	125248	747,7830	206	164866		
Bayadha	8973	Z.E	/	18138	70,683962	257	22429	95,309968	235.32	28524			36355		
Robbah	6136	Z.E	/	10665	26,961858	396	14822	109,35049	135,54	20162	202,9000	99	26540		

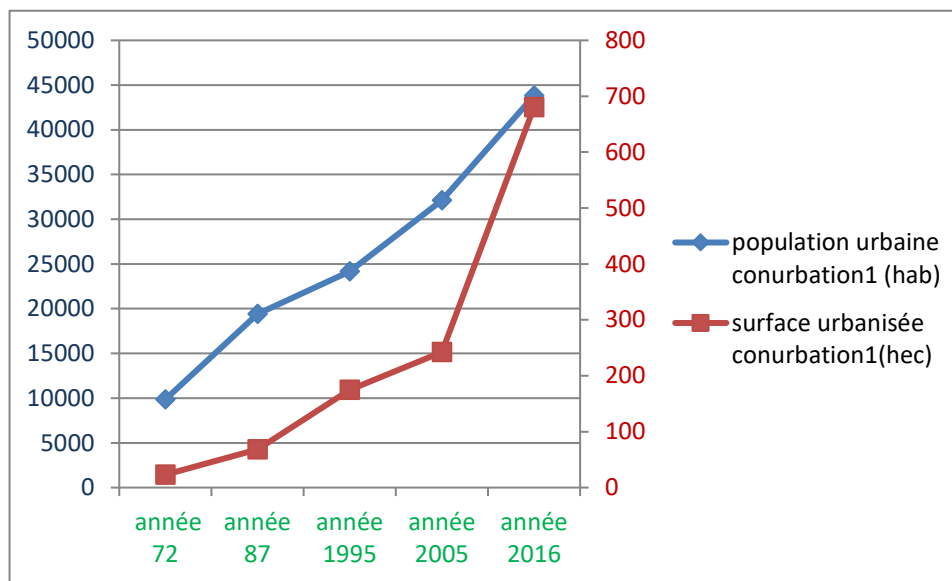


Carte 4.10. L'emprise urbaine en 2005



Carte 4.11. L'emprise urbaine en 2016.

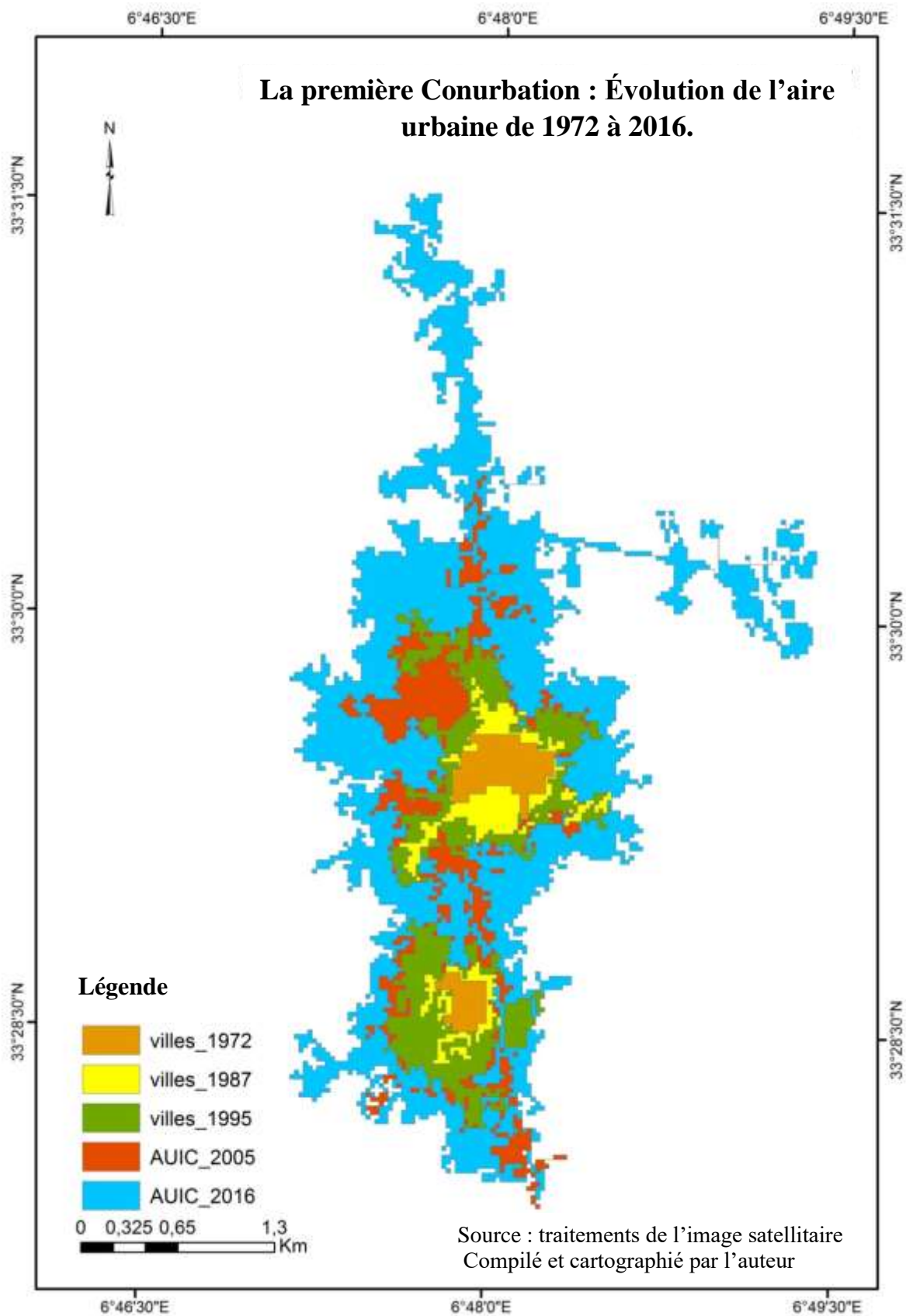
1V.3.5. Relation entre l'évolution de la population urbaine et de la surface urbanisée :



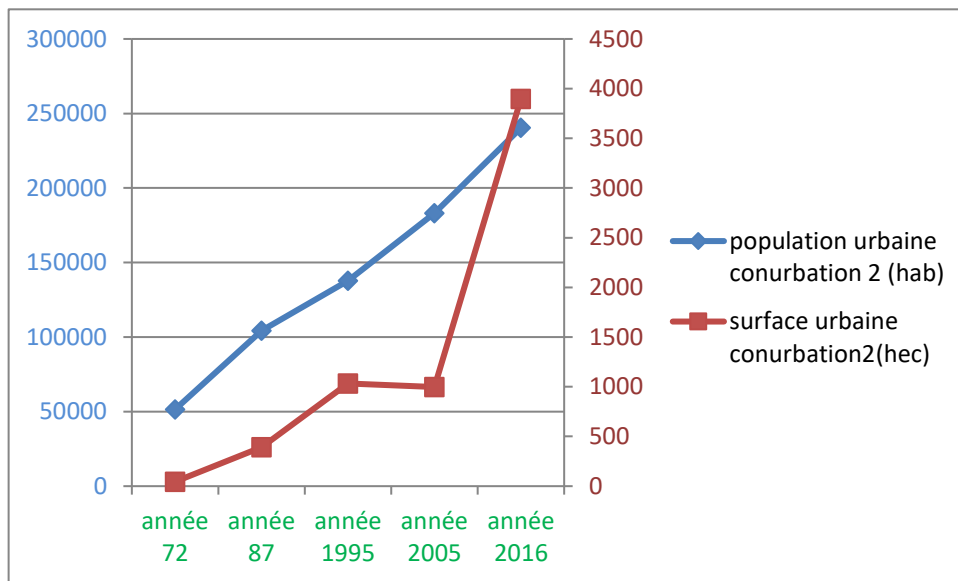
Graphique 4-4. Relation entre l'emprise urbaine et la population urbaine de la Conurbation 1 (Guemar, Taghzout).

L'accroissement de la population reste toujours supérieur au taux d'accroissement de la trame urbaine. Ceci confirme les afflux massifs des populations rurales et les afflux des réfugiés vers les villes. Le **graphe 4-4** montre que cet accroissement est rapide entre 1972-1987 face à celui des autres années ; cela est expliquer par la baisse du taux d'accroissement de la population dans toute l'Algérie (1.61% en 2008) ainsi que le Sud-est et forcément les villes de l'aire d'étude (**tableau 4-2**), car l'Algérie est en pleine transition démographique due au changement des modes de vie (Gilles pison 2009).

L'accroissement de l'emprise urbaine (**graphe 4-4**) était modeste jusqu'au 2005, entre cette année et 2016 le même graphe montre le saut de cette emprise est presque doublé 3 fois (2.81) passée de 242,193 hec à 680,597308 hec suite à la demande des terres et l'amélioration des conditions environnementales par l'implantation des réseaux indispensables comme l'assainissement et drainage.



Carte 4.12. Évolution de l'emprise urbaine de la première conurbation du 1972 au 2016.



Graphique 4-5. Relation entre l'emprise urbaine et la population urbaine de la Conurbation 2 (Kouinine, El Oued, Bayadha, Robbah).

L'accroissement démographique est plus net que son prédécesseur (conurbation 1, **carte 4-12**) vu la mise à niveau au rang de wilaya ; la ville d'El oued devienne très captive, donc la population rurale ou autres sont fixée dont le but de profiter de l'essor économique qui a caractérisé la ville après ce mouvement administratif et qui a engendré l'accroissement logique de l'emprise urbaine (**carte 4.13**).

Le **graphe 4-5** montre clairement une baisse de la surface urbaine de 1033,560247 hec en 1995 a 997,5529 hec en 2005, cela est expliqué par l'effet de la remontée des eaux de la nappe phréatique qui été plus lourd dans la ville d'el oued sans oublier la décennie noire. Où il y a la forte concentration humaine, l'eau stagnante à la surface au niveau des Ghouts et envahies par les joncs ⁽¹⁾ (**photo 4-1**) et des véritables points noirs de pollution (**photos 4-2**), ainsi que l'effondrement des bâtis.

(1) Joncs : plantes aquatiques à tiges droite et flexibles



Photo 4.1. Cité Sidi Mastour Ghout inondée envahie par les joncs Mars 2006.
Source : prise par l'hauteur.



Photo 4.2. Cité Chott Point noir de pollution Mars 2006.
Source : prise par L'hauteur.

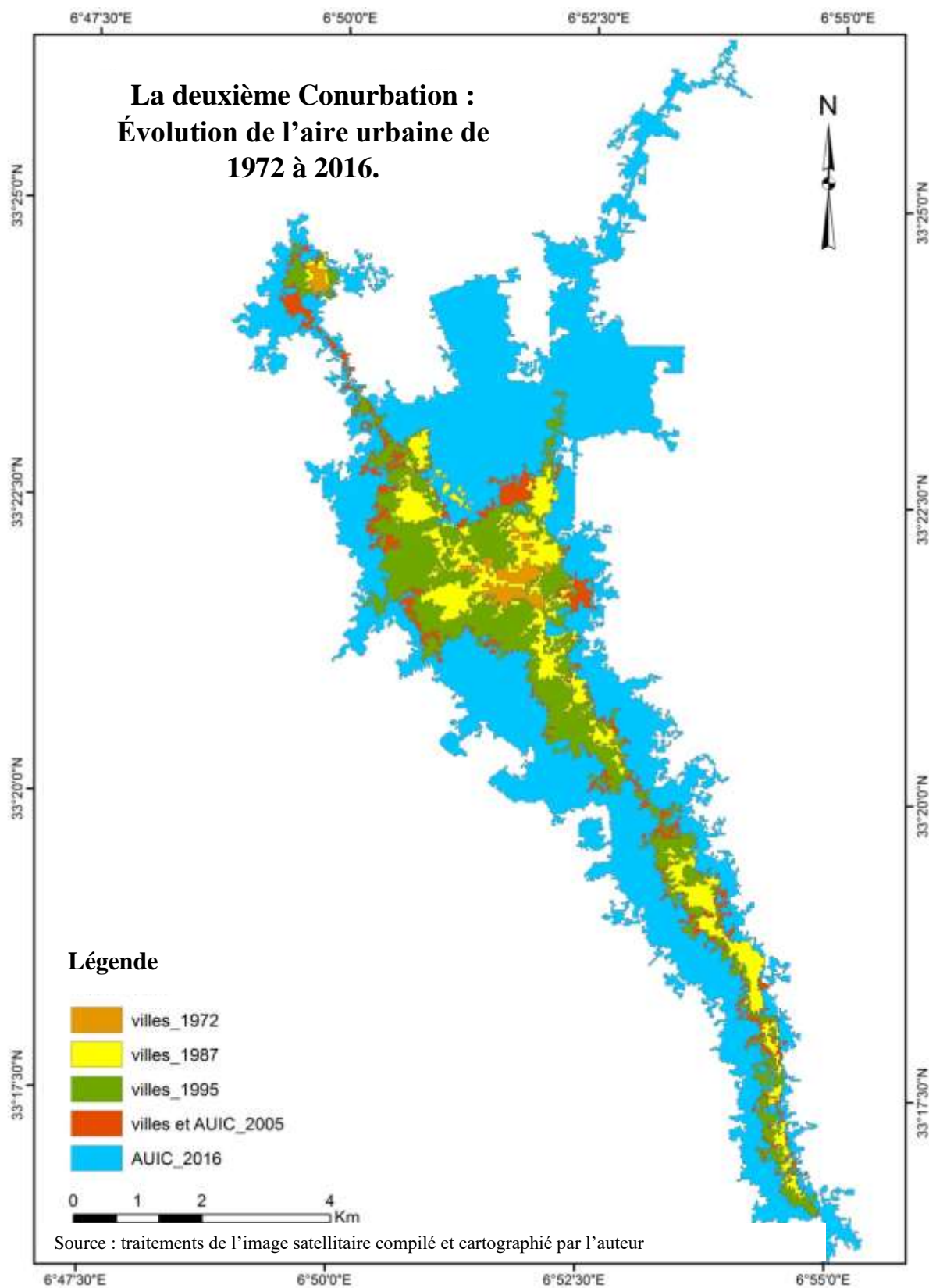
Cette situation critique a entraîné un déclin de la surface urbaine, cette régression de la surface est exclusive dans la cité du Chott (Nord Est de la ville) et les cités Nezla et Sidi Mastour (des anciens quartiers limitrophes du noyau originel de la ville d'El oued) (**photo 4-3**).



Photo 4.3. Cité Nezla
Effondrement des
bâtis Mars.2006.
Source : prise par
L'hauteur.

Entre 2005 et 2016 le graphe révèle une très forte hausse de la zone urbaine, supérieure au taux d'accroissement de la population urbaine, elle est estimée de 390.77 % de 997,5529 hec en 2005 à 3898,162367 hec en 2016 suite à la demande de terres après l'implantation du réseau d'assainissement, réseau de drainage, et la station d'épuration à Kouinine, ce qui a amélioré légèrement les conditions environnementales (**carte 4.13**).

Ajouter à tout cela les scénarios volontaristes des services locaux afin de maîtriser les axes de l'expansion urbaine de la ville vers le nord par la mise en place de l'université d'Echahid Hama Lakhdar sur l'axe routier Tiksbet-cité Chott.



Carte 4.13. Évolution de l'emprise urbaine de la deuxième conurbation du 1972 au 2016.

IV.4. La surconsommation de l'eau

L'eau est incontestablement l'un des éléments-clés du développement au niveau des territoires en général, des villes en particulier.

La consommation d'un hectare de culture irriguée est de 5000 m³ par an dans le Tell, de 8000 m³ en Steppes, de 10 à 20000 au Sahara (ANAT, 2003). La consommation d'un homme en marche passe de 1 à 2 litres par jour dans le Nord, de 5 à 10 litres dans le Sud. Donc, selon la situation géographique, le besoin en eau passe du simple au quadruple. Le **tableau 4-11** affiche la progression de l'exploitation des différentes nappes selon les différents types de secteurs.

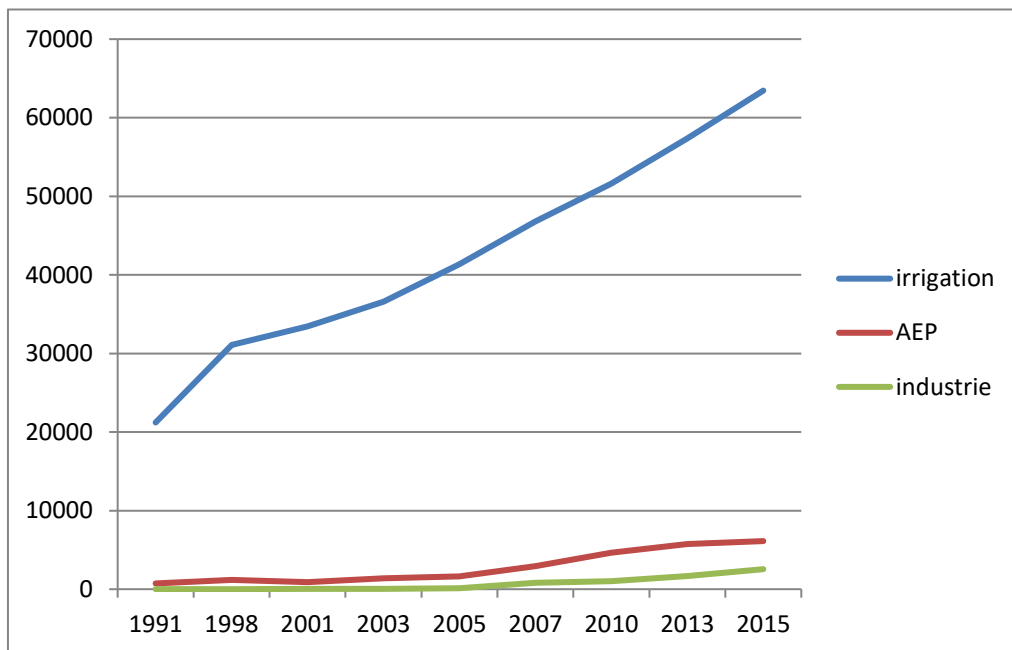
Tableau 4-11. Évolution de l'exploitation des eaux souterraines en fonction des aquifères et des types de secteurs de 1991 à 2015 :

Années	Selon le type d'aquifère (l / s)			Selon le type de secteur (l / s)			Total
	N.phréa	CT	CI	Irrigation	AEP	Industrie	
1991	20659	980	317	21211	735	10	21956
1998	30 541	1283	455	31073	1186	20	32279
2001	33187	915	290	33448	917	27	34392
2003	36335	1391	306	36597	1383	52	38032
2005	41112	1684	321	41352	1645	120	43117
2007	47056	3131	352	46798	2917	824	50539
2010	51989	4877	402	51626	4625	1017	57268
2013	58205	6040	496	57341	5737	1663	64741
2015	65429	6346	347	63453	6122	2547	72122

Source : DRE 2015.

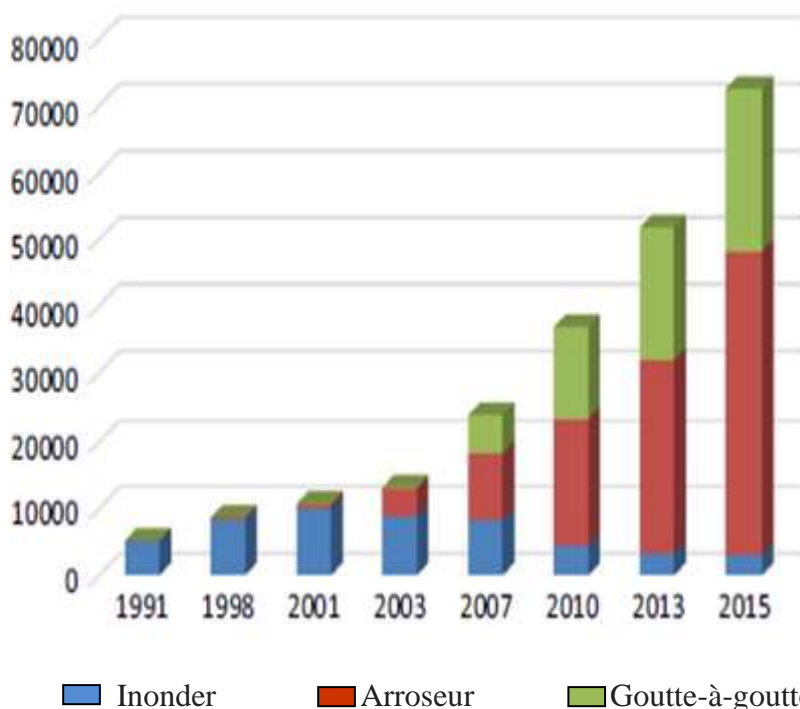
Le secteur de l'agriculture et précisément le système d'irrigation, abuse les sources en eaux souterraines, les courbes ci-dessous reflètent la très grande différence de la consommation des secteurs. Entre 1991 et 2005 (**graphe 4-6**), ce système représente plus de 95% de l'exploitation des eaux souterraines devant un petit 4 % des 2 autres secteurs (AEP, Industrie)

Jusqu'aux 2015 la prédominance totale de l'irrigation est toujours claire avec un taux de consommation de plus de 87 % avec 63453 l/ s un débit qui a triplé par rapport à se luit du 1991



Graphique 4-6. L'évolution de l'exploitation des eaux souterraines selon les types de secteurs de 1991 à 2015. (Khezzani, Bouchemal, 2018)

Au cours des 30 dernières années, l'oasis de Souf a connu une nouvelle mutation agricole qui lui a permis d'accroître considérablement la quantité et la qualité de la production agricole (Khezzani et Bouchemal 2013). La direction de l'agriculture a indiqué que les cultures commerciales les plus importantes de la région sont les pommes de terre, les olives, les céréales et divers légumes. La superficie consacrée à la production agricole a rapidement augmenté, passant de 36 900 ha en 2010 à 51 785 ha en 2013 (**graphe 4-7**). En 2015, la superficie totale irriguée est estimée à 72 549 ha. Entre 2010 et 2015, la superficie des terres irriguées a augmenté de près de 200%.



Graphique 4-7. Évolution de l'utilisation des terres agricoles et des méthodes d'irrigation (1991-2015) (B, Khezzani, S, Bouchemal, 2018).

En 2015, le secteur a consommé environ 88% (63 453 l / s) de besoins en eau, dont 99% (62 883 l/s) provenant de l'aquifère phréatique, l'étude de BENDER (1999) montre que les besoins en eau des cultures dans les oasis de Souf et les régions arides sont plus élevés que dans les autres régions à climat plus modéré. Dans le cas des palmiers dattiers, l'étude a estimé que les besoins annuels à 15 726 m³ / ha, dont 59% de l'eau sont d'avril à septembre, pour les céréales 4845 m³ / ha, pour les légumes et 6163 m³ / ha.

L'étude de Mumtaz Khan et Prathapar (2012) a estimé que les besoins en eau des palmiers dattiers du Sahara Algérien atteignaient 174 m³ / arbre / an, dont 70,7% entre avril et septembre. Dans le même contexte et dans l'oasis de Souf (Merabet et al. 2007) ont estimé ces besoins en eau à 183 m³ / arbre / an. Toutes ces valeurs affirment l'augmentation de la demande en eau pour la production de cultures agricoles dans les zones arides, ce qui accélère l'épuisement de leurs ressources en eau limitées.

Malgré l'apparition de certaines méthodes modernes dans le domaine de l'irrigation, telles que l'irrigation par aspersion et les systèmes d'irrigation goutte-à-goutte, la méthode traditionnelle d'irrigation par inondation est encore utilisée dans de nombreuses fermes. Cette méthode est simple à mettre en œuvre, mais n'est pas économique en matière d'utilisation de l'eau.

Conclusion

Après l'indépendance le volontarisme spatial a eu lieu pour faire face aux disparités spatiales il se dispose de l'industrialisation et les découpages administratifs, ces derniers permettant d'organiser la dynamique des espaces, régionaux et urbains, un de ces objectifs est de mieux contrôler les zones frontalières dont El Oued fait partie.

La promotion administrative a engendré plusieurs conséquences ; une urbanisation de plus en plus dense et de plus en plus rapide qui arrive à l'absorption des agglomérations voisines où El Oued est devenu un cas désertique illustratif ; un fort dynamisme commercial qui fait de la région un centre de petites et moyennes industries ; ainsi que la modification de son agriculture par le maraichage intensif.

Toutes ces mutations surfaciques et fonctionnelles ont besoin de lourde source hydrique financée par les eaux fossiles (CT, CI). Dans un milieu saharien qui dispose d'un système hydrique fermé (absence d'un exutoire naturel), la décision improvisée de la mise à niveau administrative en 1984 a laissé tomber de ses calculs la façon de la gestion d'eau usée en l'absence du réseau d'assainissement et de drainage. Avec une population, qui use et abuse cette source.

Dans l'espace de 20 ans, ces données sont finies par la détérioration de l'identité architecturale (ville de mille et une coupoles), de l'identité culturelle (système d'irrigation unique au monde les Ghouts) ; la santé publique par les maladies transmissibles par l'eau ; et la dégradation de l'environnement. Malgré l'implantation du réseau d'assainissement, de drainage, et l'épuration étudiée et programmée par ENHPO-BG, mais les problèmes environnementaux, existe toujours. Les mesures correctives apportées par l'assainissement des eaux domestiques ne peuvent constituer qu'une réponse incomplète, si l'on ne prend pas en compte tous les facteurs qui contribuent à la protection de l'environnement (Kadri.S.R, Chaouche.M.2018).

CINQUIÈME CHAPITRE

Cinquième Chapitre :

La vulnérabilité et la détérioration physique dans l'espace urbain :

Diagnostic visuel du terrain.

Introduction

Dans le but de découvrir l'impact de la remontée des eaux sur la ville d'El Oued et sa conurbation ; une enquête et diagnostic visuel qui ont duré 4 ans, étaient faits sur le terrain entre 2012 – 2016, traité et analysé entre juillet 2018 – novembre 2020.

Le relevé visuel est une phase essentielle pendant la concrétisation d'un diagnostic. C'est un outil nécessaire à la compréhension des corrélations entre les différents désordres. Il consiste à soulever de manière exhaustive les désordres affectant quelques éléments de la ville (les voiries, réseau d'alimentation en eau potable, réseau d'assainissement, bâtie et Ghouts) pour arriver, après le dépouillement et les analyses, au triptyque ci-dessous :

- Qualifier :

Un désordre précis a une cause et des conséquences particulières. La qualification permet de savoir à quel désordre on est confronté.

- Localiser :

L'emplacement des désordres dans la ville d'El Oued et sa conurbation donne des renseignements pour retirer la cartographie des quartiers touchés, ainsi les plus vulnérables à la remontée des eaux.

- Quantifier :

Ceci a pour objectif de découvrir les dimensions des désordres.

Le dépouillement et les analyses statistiques de ce relevé visuel se font sur la base de prises de notes, de photographies effectuées sur le site et des questions pour les habitants.

V.1. Les résultats et discussion de l'analyse en composantes principales (ACP)

V.1.1. L'aire d'étude : Répartition des différents cas enquêtés

L'enquête a porté sur tous les endroits touchés par les différents désordres observés sur le terrain dans les villes : El Oued, Bayadha et Robbah, Kouinine, le nombre de ces endroits sont répartis comme le montre le tableau ci-dessous, en ce qui concerne leurs emplacements dans les quartiers, ils sont affichés dans les tableaux des variables et modalités de réponse pour les différentes analyses.

Tableau 5-1. Nombre des cas d'observation et diagnostic dans chaque ville

Ville	Nombre des cas
El Oued	187
El Bayadha	26
Robbah	28
Kouinine	26
Guemar	0
Taghzout	0

V.1.2. Matériels et méthodes

Le traitement des données d'enquêtes auprès des cas de diagnostic s'est fait à l'aide des logiciels XLSTAT 2016 version 18.02.01.28451 et ArcMap version 10.7.1. Un masque de saisie a été réalisé sur Excel 2007 et les données y ont été saisies, l'analyse des croisements des variables est faite sous XLSTAT. Les graphiques ont été générés sous XLSTAT et ArcMap.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP), une des méthodes extrêmement puissantes, de synthèse et compression de l'information d'une somme considérable de données quantitatives à traiter et interpréter (Guerrien M 2003). Pour analyser les résultats quantitatifs récoltés à partir du diagnostic visuel nous avons adopté l'ACP, une analyse factorielle de données multi variées, en ce sens qu'elle produit des axes principaux (les facteurs) qui sont des assemblages linéaires des variables premières, hiérarchisées et autonomes les unes des autres, ils sont « l'expression de processus généraux dirigeant la répartition de plusieurs phénomènes qui se retrouvent ainsi corrélés entre eux » (Béguin M., Pumain D, 2000).

L'Analyse en Composante Multiple (ACM) est adoptée, une méthode qui permet d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives pour représenter graphiquement l'association entre les modalités d'au moins deux variables qualitatives on peut visuellement observer les proximités entre les catégories des variables qualitatives et les observations. L'ACM permet en effet d'aboutir à des cartes de représentation asymétriques, barycentriques sur lesquelles on peut visuellement observer les proximités et les corrélations entre les catégories des variables qualitatives (Wonnacott T.H., Wonnacott R.J, 1988). L'ACM peut être utilisé pour transformer des données qualitatives en des données quantitatives utilisables ensuite par des méthodes de classification

Toutes nos ACM (s) sont confirmées par des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique). Les données entrées sont les mêmes que l'enquête, notre CAH organise les observations, définies par des modalités, en les regroupant de façon hiérarchique. Elle commence par agréger celles qui sont les plus semblables entre elles, puis les observations ou groupes d'observations un peu moins semblables et ainsi de suite jusqu'au regroupement trivial de l'ensemble. Ces agrégations se font deux à deux.

V.1.3. Lecture de la matrice des corrélations :

Dès que les variables (quantitatives) choisies, le calcul de la matrice des corrélations autorise d'analyser les relations bilatérales existant entre les distinctes variables retenues.

Cette matrice permet par exemple de remarquer la relation positive forte entre la date des traces humides et la date des fissures et la relation positive entre la hauteur des traces humides et les dimensions des fissures, d'observer la relation négative entre ces variables et le niveau piézométrique de la nappe phréatique, etc. La question qui se pose est d'où vient cette relation négative ? Parce que les valeurs du niveau d'eau portent le signe (-), c'est-à-dire que chaque fois que l'eau apparaît en surface, elle prend la valeur négative, et chaque fois qu'elle est naturellement inférieure à la valeur zéro, elle prend des valeurs positives. Pour les zones étudiées, le niveau d'eau est dans l'ordre comme suit : -0,25 m (Sahen01, Sahen02), -1 m (Guarra), -1,75m (Chott) ; -2 m (Nezla et Sidi Mastour) et -2,5 m (Msaaba).

Plus les valeurs en surface sont élevées, plus les effets de rosée et de fissures sont importants toutes ces corrélations entre variables vont déterminer la structure des axes factoriels que, les significations s'interpréteront conformément à leur corrélation avec chaque variable.

Tableau 5-2. Matrice des corrélations entre les cinq variables.

Variables	Hauteur trace humide	Dimension fissure	Date trace humide	Date fissure	Niveau piézométrique
Hauteur trace humide	1				
Dimension fissure	0,528	1			
Date trace humide	0,375	-0,344	1		
Date fissure	-0,283	-0,587	0,726	1	
Niveau piézométrique	-0,631	0,099	-0,694	-0,121	1

V.1.3.1. Part de la variance expliquée par les axes factoriels

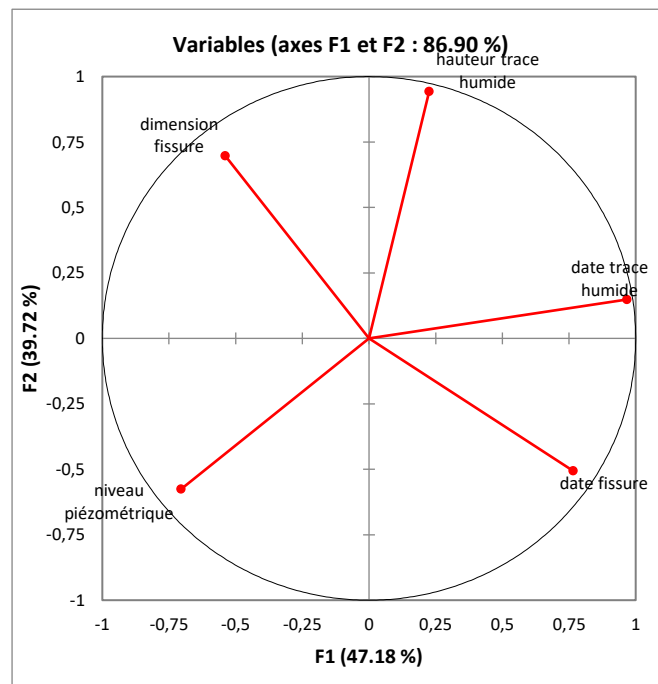
Le logiciel a diagonalisé la matrice de données de départ, donne un histogramme des valeurs propres indiquant la part de l'ensemble de l'information contenue sur chaque facteur, ou composante principale. Les axes sont indépendants les uns des autres et se croisent au centre d'un nuage de points correspondant aux individus statistiques (ici les quartiers) disséminés dans un espace dont le nombre de dimensions est identique au nombre de variables (ici 05 dimensions). Toute l'utilité de l'ACP existe dans cette autonomie puisque ce sont des informations et des dispositions spatiales de nature bien distinctes que l'examen fait ressortir pour chaque axe. Les facteurs sont hiérarchisés et prennent des parts décroissantes de la variance, les premiers axes concentrent généralement l'essentiel de l'information, ce qui facilite plus encore l'analyse.

Tableau 5-3. Valeurs propre λ_k et pourcentage de la variance expliquée par chaque axe factoriel.

Numéro facteur k	Valeur propre λ_k	Part de la variance totale expliquée (%) $\lambda_k / \Sigma \lambda_i$	Part de la variance totale expliquée (% cumulé) $(\Sigma \lambda_i) / \Sigma \lambda_i$
1	2,359	47,185	47,185
2	1,986	39,720	86,904
3	0,509	10,173	97,077
4	0,128	2,567	99,644
5	0,018	0,356	100,000

Dans notre diagnostic visuel, on peut déchiffrer dans la troisième colonne du tableau précédent que le premier axe de l'ACP, équivalant à la première valeur propre, concentre presque la moitié de l'ensemble de l'information à lui seul (47,185 %). Le deuxième et le troisième axe en rassemblant respectivement 39,720 % et 10,173 %, quasiment toute la variance (97,077 %) est illustrée par ses trois premiers axes, on tiendrait à négliger la quatrième et cinquième composante principale sans perdre trop de l'information contenue dans le tableau de départ.

V.1.3.2. Analyse des corrélations entre les variables et les facteurs

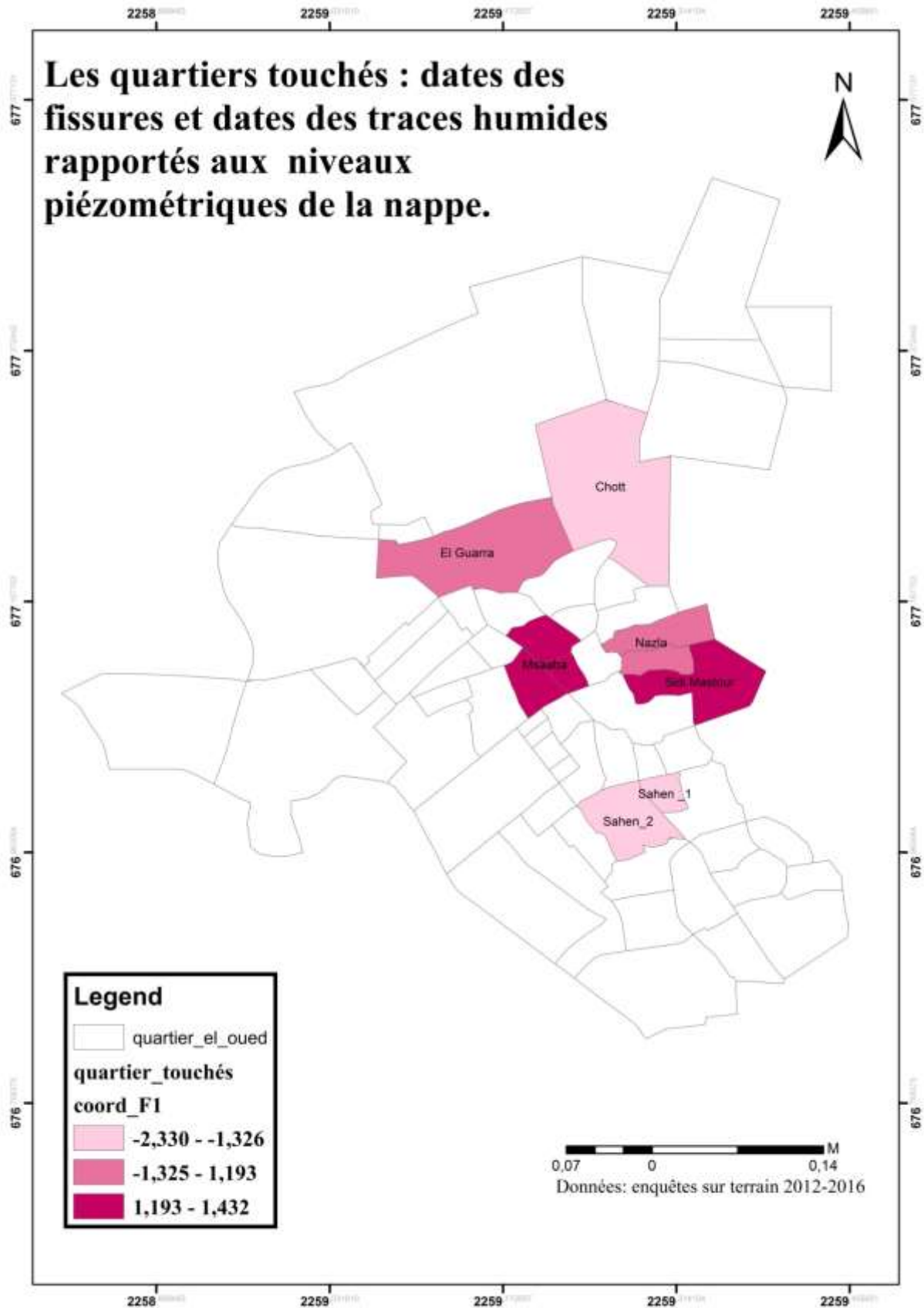


Graphique 5-1. Corrélations entre les 5 variables et les deux facteurs 1 et 2.

L'interprétation pour chacun des facteurs retenus des corrélations avec les 5 variables permet d'identifier leur signification concrète. Dans notre cas d'étude, on voit sur le cercle des corrélations entre les deux premières composantes principales et les 5 variables que le facteur 1 démontre être un délateur de désordres physiques. En conséquence, en projetant perpendiculairement les vecteurs sur cet axe 1, on constate des corrélations positives avec les indicateurs de dates des désordres de l'ancien au récent (dates des fissures, dates des traces humides.) Ainsi que de corrélation positive avec le niveau piézométrique.

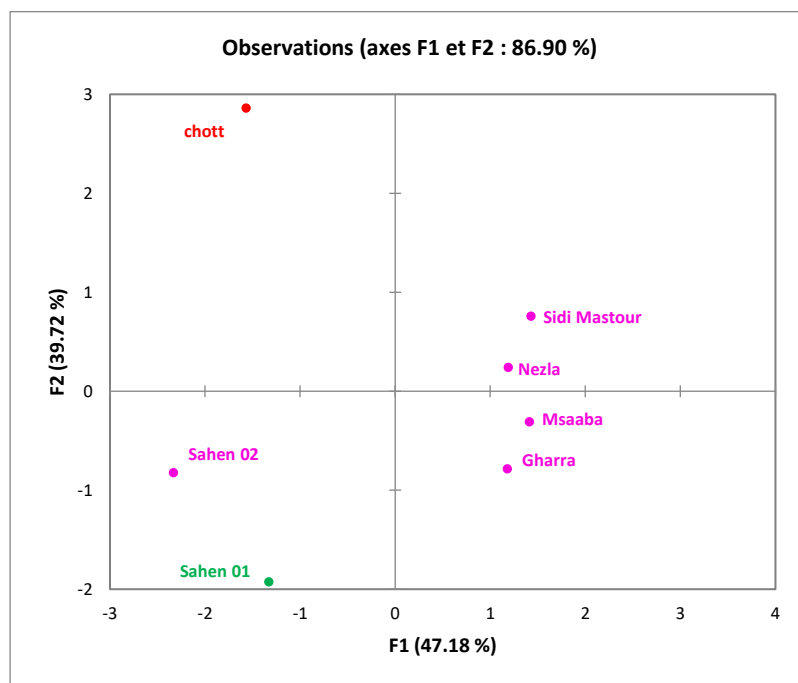
Une fois déterminés la signification du premier axe factoriel et le positionnement respectif des individus statistiques étudiés sur cet axe, on peut faire une représentation cartographique en faisant une partition de l'ensemble des individus en fonction de leurs coordonnées sur cet axe. Le nombre de classes retenues pour cette partition sera en fonction du degré de précision que l'on veut atteindre. Dans notre exemple, on peut répartir les sept individus statistiques (7quartiers) en 4 classes. Les quartiers qui ont les coordonnées positives les plus dominantes sur ce premier facteur sont donc les plus et anciennement touchés par les désordres de la bâtie Sidi Mastour, Msaaba en second lieu les désordres sont apparus au niveau des cités Nézla et El Garra, alors que ceux qui ont les coordonnées négatives tardivement touchées, donc ils finissent par l'apparition au niveau du Chott après Sahen02 et Sahen01.

Les premiers endroits étaient au centre de la ville (la forme de la topographie est une cuvette) endroits plus bas, les seconds au nord vers le sens d'écoulement de la nappe phréatique où le Chott est pris ce nom de sa nature topographique **le chott**, les derniers endroits au sud de la ville (Sahen02, Sahen01) ce sont les plus élevés par rapport au endroits étudiés parce que en absence d'exutoire naturel, la cuvette topographique se remplit jour après jour et l'eau apparaisse à la surface progressivement selon l'altitude.

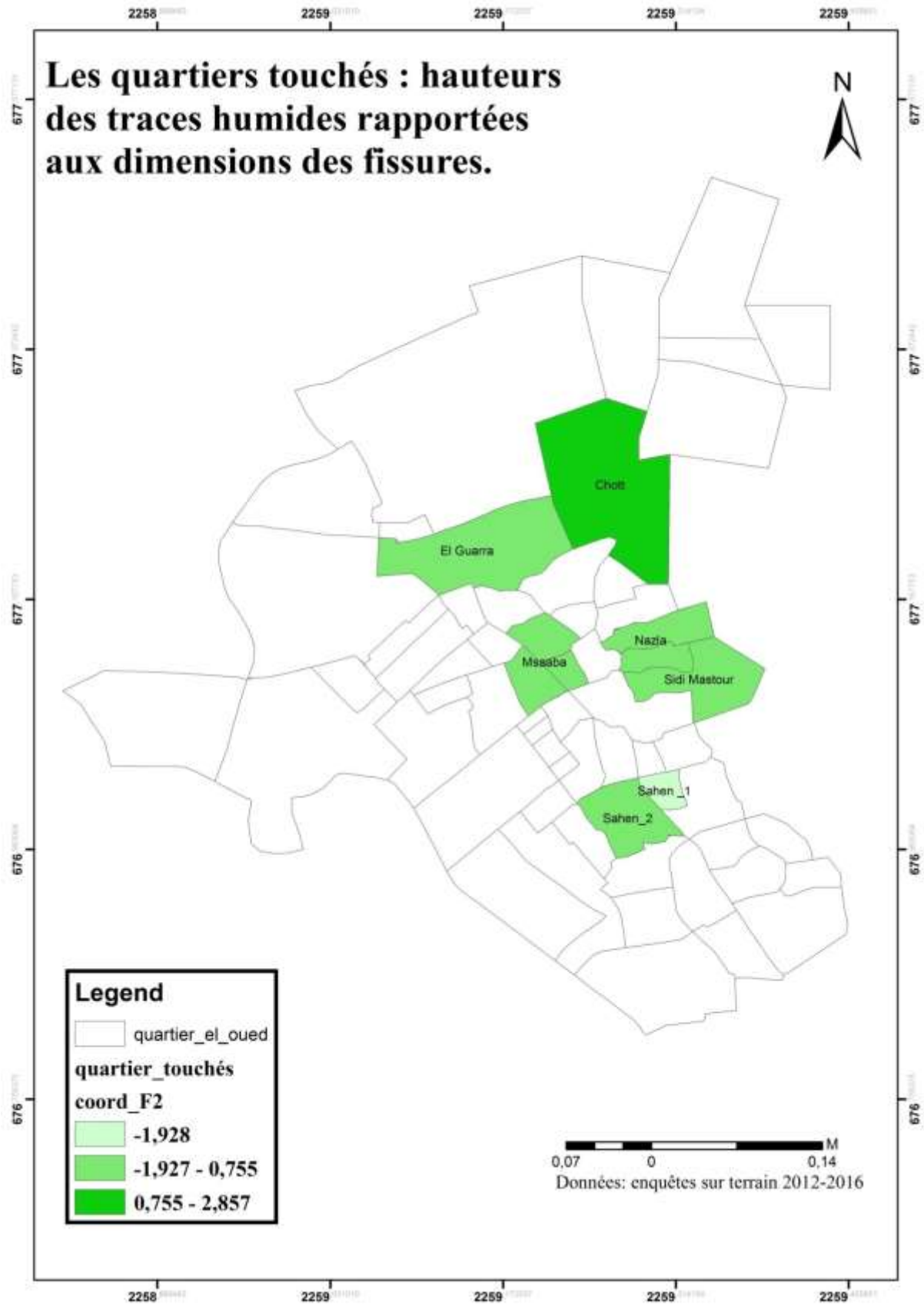


Carte 5.1. Les quartiers en fonction de leur coordonnées X_1 sur l'axe factoriel premier (Répartition spatiale selon les dates (récemment, anciennes))

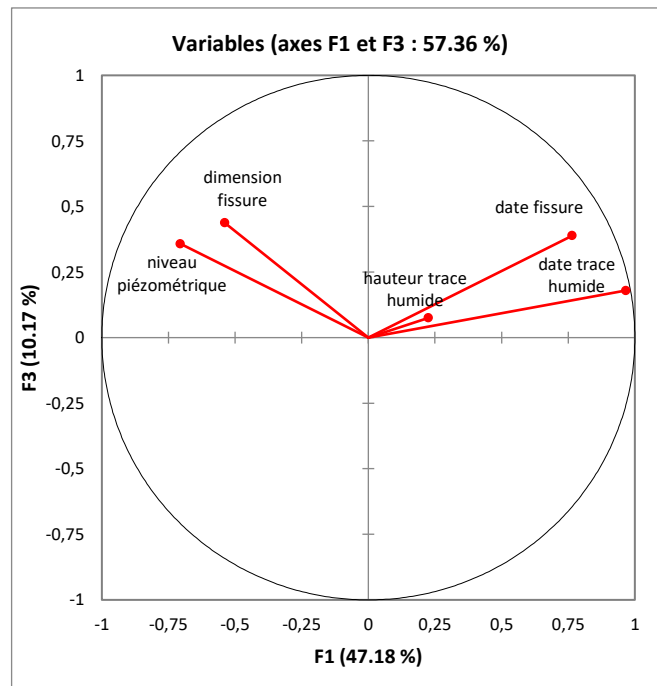
Même démarche pour l'axe factorielle 2, pour constater qu'il y a une corrélation positive entre les hauteurs des traces humides et les dimensions des fissures ; plus l'eau de la nappe est gonflée monte à travers les murs par le biais de la propriété capillaire, plus les réactions chimiques entre les matériaux et cette eau créeront des fissures de dimensions variables. À l'inverse avec des coordonnées négatives apparaissent les quartiers où le niveau de la nappe est moins élevé (Sahen1, Sahen2). Les dimensions les plus grandes sont au niveau du quartier Chott (1,695cm). La représentation cartographique fait apparaître un autre type de division spatiale, distinguant deux couloirs parallèles ; dans lesquelles plus on se dirige vers le Sud, plus le niveau d'eau visible en surface diminuait, plus les dimensions des fissures murales étaient petites, plus les traces humides sur les murs réduisent. Plus nous nous dirigeons vers l'Est, plus les désordres sont sévères (grandes dimensions, haute hauteur), le couloir oriental comprend, Chott (où les fissures ont les grandes dimensions et les hauteurs des traces humides sont plus hautes (la moyenne de 1.635 m), Nezla et Sidi Mastour, parce que ces trois derniers quartiers sont situés à la frontière de l'irrigation intensive au niveau des pivots. Quant au couloir occidental, il comprend la disposition El Guarra, Msaaba, Sahen2 et Sahen1. Il s'agit d'une conséquence logique inévitable du sens d'écoulement de la nappe du sud vers le nord et l'écoulement des eaux d'irrigation (la surexploitation de la source d'eau).



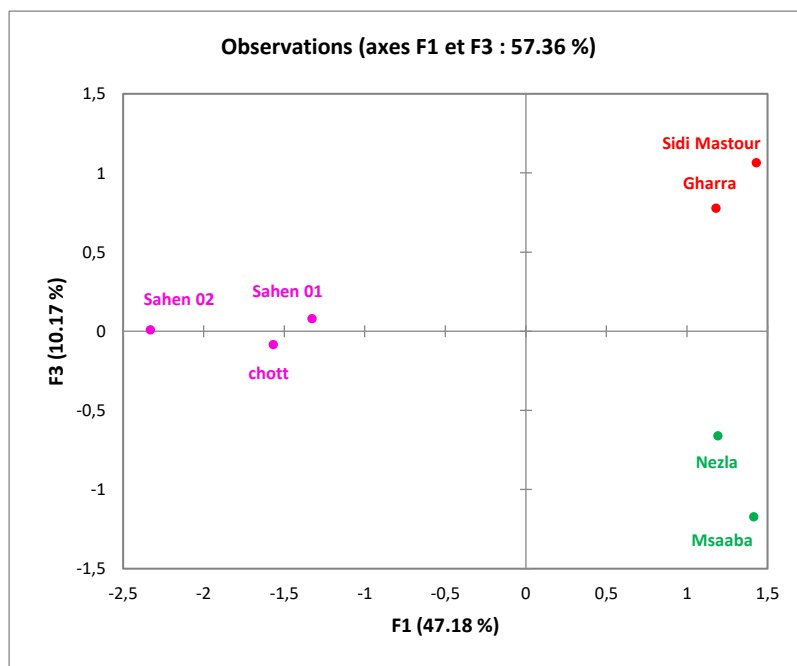
Graphique 5-2. Coordonnées des individus sur les axes factoriels F1 et F2.



Carte 5.2. Les quartiers en fonction de leurs coordonnées X_2 sur l'axe factoriel deuxième (les hauteurs des traces humides rapportées aux dimensions des fissures).

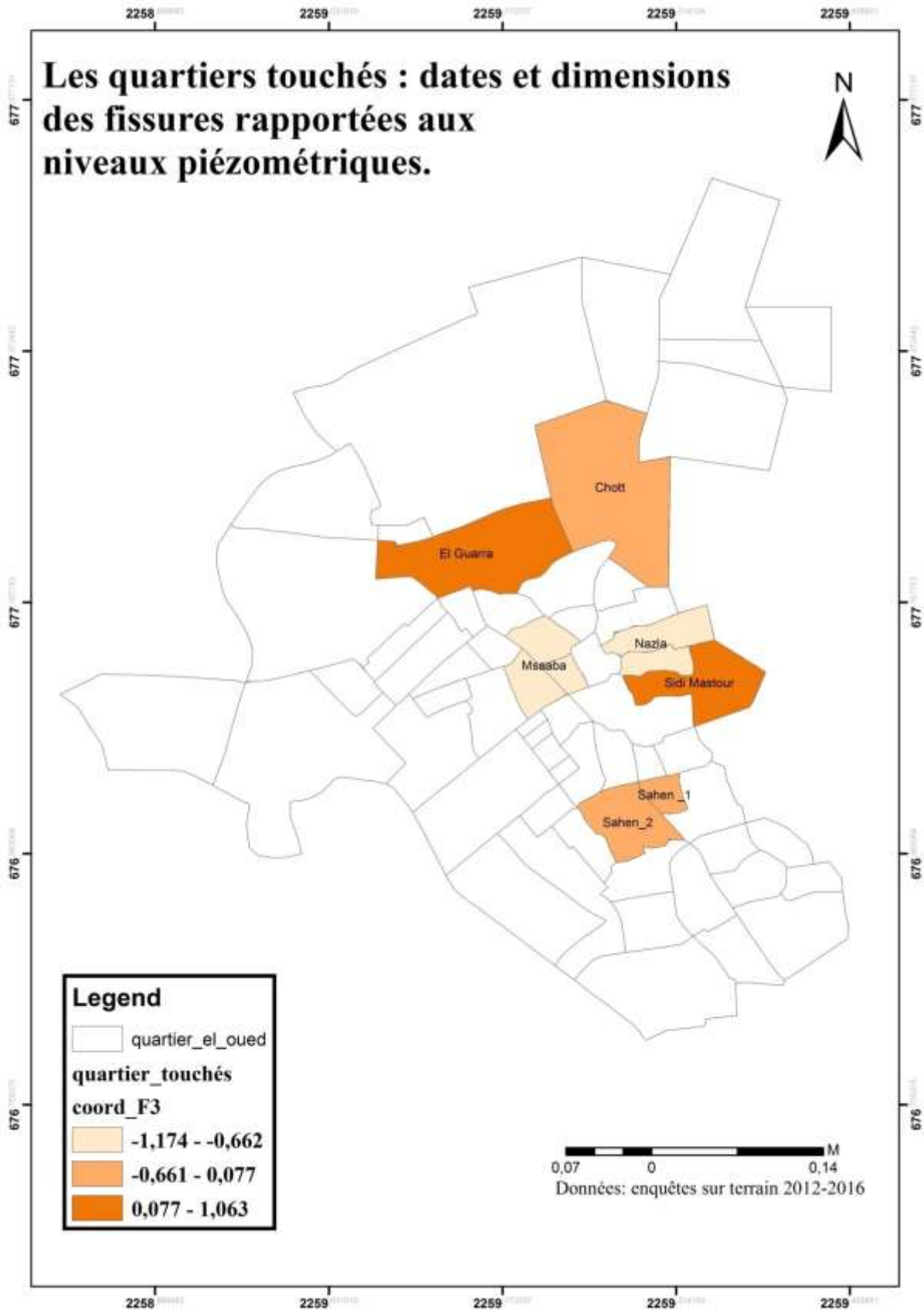


Graphique 5-3. Corrélations entre les 5 variables et les deux facteurs 1 et 3.



Graphique 5.4. Coordonnées des quartiers (individus) sur les deux facteurs 1 et 3.

En ce qui concerne l'axe 3, en adopte précisément la même démarche, on obtient des corrélations positives entre la date des fissures, date des traces humides et leurs auteurs, car l'angle de représentations des vecteurs est aigu ; l'angle entre les vecteurs de la date des fissures et les dimensions des fissures est obtuses cela signifie que la corrélation est négative cela veut dire que plus les traces humides et les fissures sont anciennes plus les dimensions sont grandes. Angle aigu entre vecteur de la dimension des fissures et celui du niveau d'eau.



Carte 5.3. Les quartiers en fonction de leurs coordonnées X_{3i} sur le troisième axe factoriel (Dates et dimensions des fissures rapportées aux niveaux piézométriques de la nappe phréatique piézométrique donc la corrélation est positive).

La présentation cartographique montre qu'au niveau du Sidi Mastour et Guarra il existe les plus vieilles fissures avec grandes dimensions de l'ordre de 1.35 cm, 1 cm sont corrélés avec l'existence d'un niveau piézométrique surélevé à la surface (-2m à Sidi Mastour, -1 à Guarra), au niveau du Msaaba et Nezla de vieilles, moins grandes fissures (0.81cm à Msaaba, 0.75 cm à Nezla), avec un niveau piézométrique le plus élevé (-2.5 à Msaaba, -2 à Nezla). Concernant Sahen1 et Sahen2, des petites fissures récentes (0.945 cm à Sahen1, 1.271cm à Sahen2), avec un niveau piézométrique le moins élevé à la surface -0.25 m. Finalement le Chott aussi à des fissures les plus récentes avec de grandes dimensions (moyenne 1.70 cm) avec un niveau piézométrique intéressant -1.75 m.

La représentation cartographique des quartiers selon le facteur 3 faits apparaissent un autre type de division spatiale, distinguant le Nord-Ouest et le centre Est (El Guara, Sidi Mastour) des quartiers de leurs centres (Msaaba).

On retiendra du diagnostic visuel des sept quartiers, que l'ACP nous a permis de compresser une somme importante d'information (648 données de départ), pour en dégager l'essentiel, à savoir trois grands types de divisions spatiales de nature distinctes :

- Centre/Nord/Sud pour les zones anciennement touchées,
- Bande est/ bande Ouest, pour les dimensions des fissures,
- Nord-Ouest /Centre-Est/centre / bande-Nord Sud, pour les désordres physiques leur cause principale est le gonflement de la nappe phréatique.

On a ainsi, en quelque sorte résumé 5 cartes en 3 avec une perte vraiment négligeable d'information, ce qui facilite évidemment d'autant l'analyse des tendances de l'organisation spatiale des effets de la remontée de la nappe.

V.2.ANALYSE CROISEE DES RESULTATS (ACM)

V.2.1. Résultats d'analyses en correspondances multiples :

L'ACM montre que certaines variables propres aux caractéristiques discriminantes aux désordres physiques et chimiques que les axes routiers, les réseaux d'infrastructure (alimentation en eau potable, Assainissement), le bâti et les Ghouts prirent dans les quartiers de représentation, ils sont caractérisés par une vulnérabilité aux problèmes conséquents à la remontée des eaux de la nappe phréatique, ne constituent pas des variables indépendantes, des relations existant entre les différentes variables.

V.2.1.1. LA VILLE D'EL OUED

V.2.1.1.1. Quartier, type d'axes, périodicité des fissures, périodicité des traces humides, périodicité d'effondrement sec, périodicité d'effondrement humide

L'ACM (**Graph 5-5**) prend en compte dans le cas présent, le quartier (S1Q01), type de l'axe (S2Q01) périodicité des fissures (S3Q02), périodicité des traces humides (S3Q03), périodicité d'effondrement sec (S3Q04), périodicité d'effondrement humide (S3Q05). Les modalités liées aux 5 variables retenues sont inscrites dans le tableau suivant :

Tableau 5-4. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, le type d'axe et les désordres d'axes (fissures, traces humides, effondrement sec, effondrement humide) :

Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Quartier	1. Chott
	2. Nezla
	3. Guarra
	4. Sahen 01
	5. Sahen 02
	6. Sidi Mastour
	7. Msaaba
S2Q01 : Type axe	1. Structurant
	2. Secondaire
	3. Tertiaire
S3Q02 : Périodicité des Fissures	1. pas de fissures
	2. après chaque réparation
	4. chaque (0-4mois)
	5. chaque (4-6 mois)
S3Q03 : Périodicité des traces humides	1. pas de traces humides
	3. toutes années
	6. 1 fois/ans
	7. Saison humide
S3Q04 : périodicité de l'effondrement sec	1. pas effondrement sec
	2. après chaque réparation
	3. toutes années
	4. chaque (0-4 mois)
	6. 1 fois/ans
S3Q05 : périodicité de l'effondrement Humide	1. pas effondrement humide
	2. après chaque réparation
	3. toutes années
	4. chaque (0-4 mois)
	6. 1 fois/ans

Sur la carte d'ACM, la référence S1Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S1Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 40,59 % à l'inertie totale.

Par rapport à la dimension F1, la contribution importante est celle de la modalité de la périodicité d'effondrement humide (21 %), la modalité de la périodicité des traces humides (17.9 %) et la modalité de la périodicité des fissures (15.8 %). Cette dimension réplique les désordres physicochimiques (sauf la périodicité de l'effondrement sec) que les axes subissent au niveau des endroits touchés.

Suivant la dimension F2, les contributions importantes sont liées à la modalité des quartiers (28.6 %) ou le quartier qui contribue le plus est Sidi Mastour (17,6 %), car c'est le seul quartier où nous avons noté des traces humides saisonnières (**photo 5.1**) dans 10 cas sur 37 cas d'observations. Ensuite la modalité du type d'axes avec une contribution de 17.3 % ; les axes structurants diagnostiqués visuellement sur terrain au niveau des quartiers de la ville d'El Oued qui ne souffrent pas de l'effondrement humide, au niveau du quartier Sahen01 (**photo 5.2, 5.3**) les axes étudiés sont du type secondaire et également à l'abri de ce type de désordre sauf un seul cas sur 17 qui souffre d'un effondrement humide une fois par an. Et enfin la modalité de la périodicité de l'effondrement sec (16.6 %).



Photo 5.1.a, b : Axe secondaire (quartier Sidi Mastour)



Photo 5.2 : Effondrement sec axe secondaire 1f/an (quartier Sahen01)



Photo 5.3 : Traces humides axe secondaire (quartier Sahen01)

De cette répartition, il ressort que les quartiers Chott (**photo 5.4**) Sahen02 Msaaba ont les mêmes désordres diagnostiqués au niveau des axes structurants et axes secondaires (**I**) où il y a une absence presque totale des fissures, des traces humides et de l'effondrement sec (fissures après chaque réparation au niveau des quartiers Sahen02 (**photo 5.5**). 9 cas sur 19 ; Msaaba 7 cas sur 17 ; un cas de fissures sur 25 chaque 4-6 mois, concernant l'effondrement humide a une périodicité après chaque réparation, un seul effondrement humide une fois par an au niveau du Msaaba (**photo 5.6, 5.7**) ; les axes du quartier Guarra (**photo 5.8**) souffrent des mêmes désordres en plus 11 cas sur 26 des traces humides annuelles (**photo 5.9**), 5cas d'effondrement après chaque réparation, 7 cas d'effondrement 1 fois/ an et 2 cas d'effondrement humide annuels.

Le quartier Sahen01 tous les axes diagnostiqués sont du type secondaire avec une périodicité d'une fois/ an pour les traces humides au niveau de 9 cas sur 18, avec 8 cas d'effondrement sec une fois/ ans (**II**).



Photo 5.4 : Effondrement sec d'un axe structurant (quartier Chott)



Photo 5.5 : Fissure après chaque réparation d'un axe structurant (Sahen02)



Photo 5.6 : Effondrement sec, déformation d'un axe tertiaire (quartier



Photo 5.7 : Effondrement humide d'un axe structurant (quartier Msaaba)



Photo 5.8 : Effondrement humide, traces humides (quartier Guarra)

Les désordres des axes au niveau du Nezla (**photo 5.9**) sont caractérisés par des fissures et effondrement sec ainsi que l'effondrement humide chaque 0 - 4 mois et 8cas d'effondrement humide 1 fois/ an (**photo 5.10**) (III). Les axes structurants au niveau du quartier Sidi Mastour (**photo 5.11**) sont déterminés avec un effondrement sec après chaque réparation et des fissures périodiques chaque 4 – 6 (**photo 5.12**) mois de l'autre face les axes tertiaires souffrent des traces humides chaque saison humide (**photo 5.13**) (VI).



Photo 5.9 : Fissures, effondrement sec (quartier Nezla)



Photo 5.10 : Effondrement humide (quartier Nezla)

Ce zonage est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (CAH) (**Graph 5-6**), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique).

Cette interprétation préliminaire a fait suite à une analyse entre les modalités des variables distinctes afin de mieux préciser les liens entre ces dernières.



Photo 5.11 : Effondrement humide (quartier Sidi Mastour)



Photo 5.12 Fissures périodiques (4 – 6 mois), effondrement sec (Sidi Mastour)



Photo 5.13 : Traces humides axe tertiaire (quartier Sidi Mastour)

V.2.1.1.1.1. Fissures chaque (0-4 mois), effondrement sec chaque (0-4 mois), effondrement humide chaque (0-4 mois) et effondrement humide 1 fois / ans :

Les valeurs testent calculées dans cette ACM, affichées dans le tableau ci-dessous sont significatives au seuil $\alpha = 0,05$, cela veut dire qu'il existe en effet un lien entre les désordres de la même périodicité de (0-4 mois) au niveau du quartier Nezla (fissures, effondrement sec, effondrement humide (cercle bleu) ; il existe aussi un lien entre ces dernières et l'effondrement humide d'une 1 fois par an. Même tableau montre le cosinus carré qui interprète la projection meilleure de ces modalités.

Tableau 5-5. Résultats statistiques partis 1 de la première ACM El Oued :

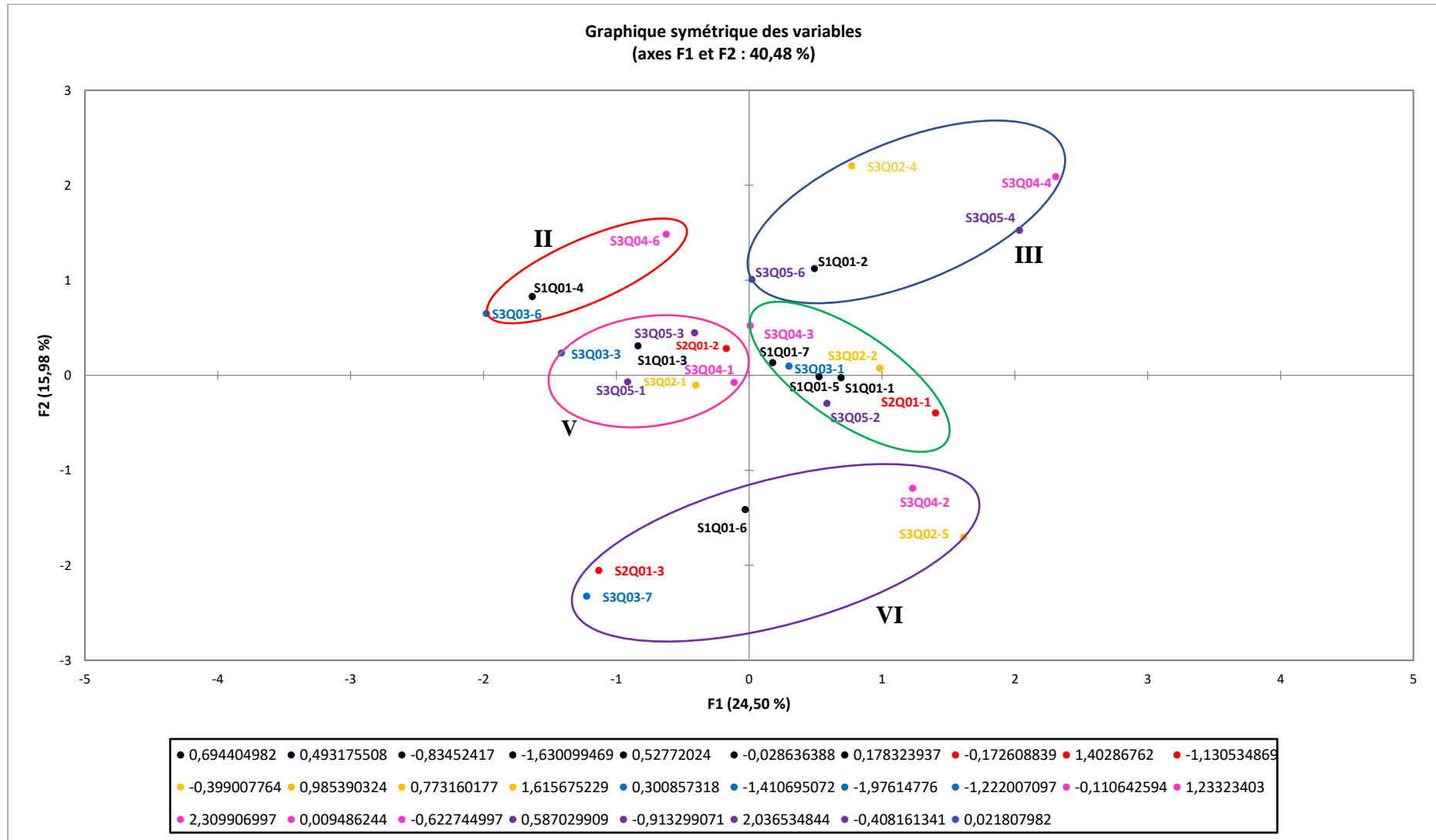
Modalités	Cosinus carrés	Valeurs test
S3Q02-4	24,5	6,755
S3Q04-4	08,7	4,023
S3Q05-4	09,1	4,106
S3Q05-6	14,9	5,269

V.2.1.1.1.2. Effondrement sec 1 fois / ans, traces humides une fois / ans

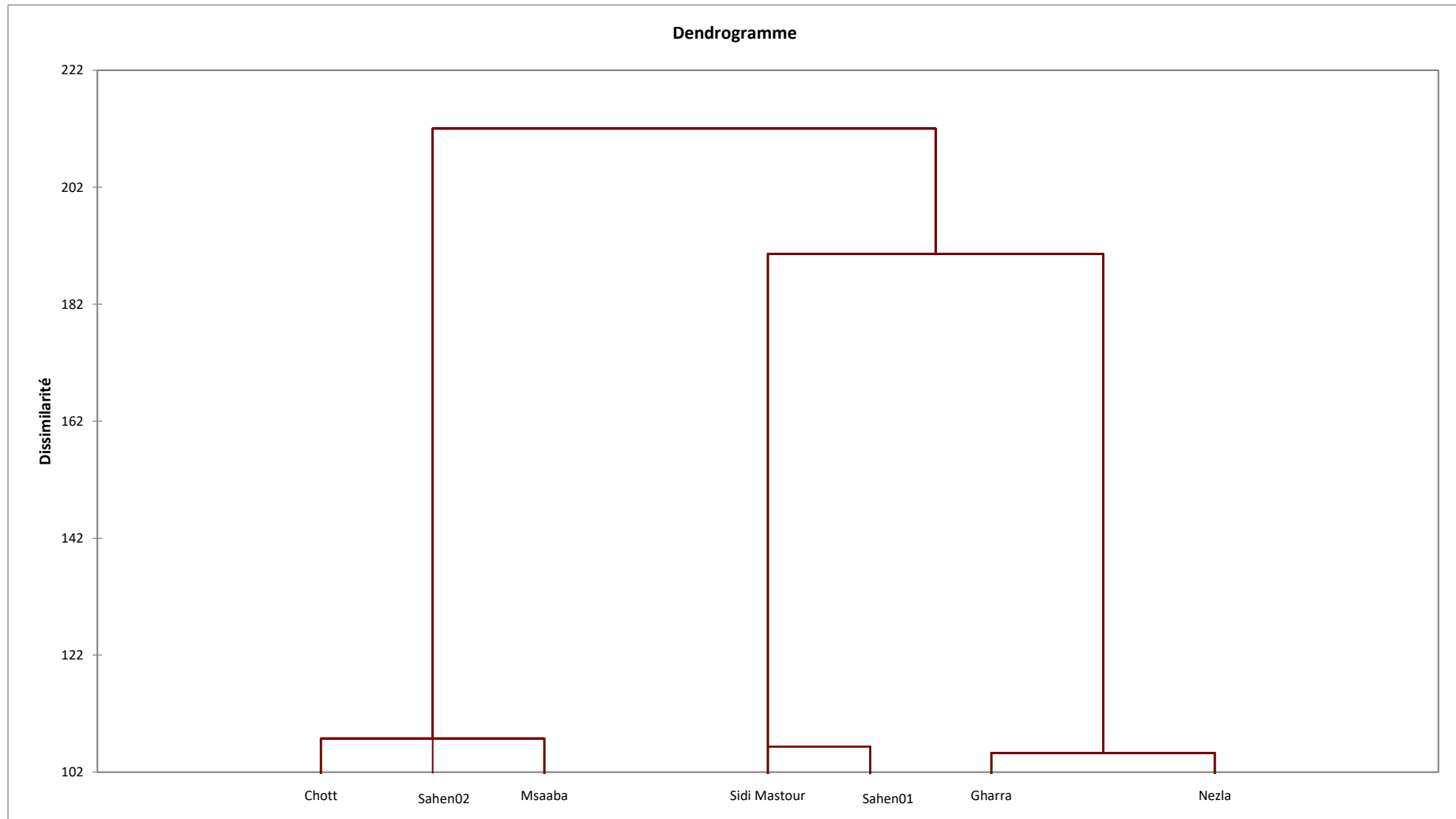
Au niveau du Sahen01 tous les désordres diagnostiqués sont au niveau des axes du type secondaire, la relation entre les traces humides, effondrement sec une fois par an et significatifs, car leurs valeurs test sont significatifs au seuil α , ils sont de l'ordre de (-6,060 et 6,185), les valeurs des Cosinus carrés de ces modalités sont identiques pour leurs contributions à la carte donc il existe réellement un lien entre ces types de désordres (cercle rouge).

Tableau 5-6. Résultats statistiques partis 2 de la première ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés	Valeurs test
S1Q01-4	0,283	-7,255
S3Q03-6	0,197	-6,060
S3Q04-6	0,206	6,185



Graphique 5-5. ACM portant sur Quartier, type d'axes, périodicité des fissures, périodicité des traces humides, périodicité d'effondrement sec, périodicité d'effondrement humide.



Graphique 5-6. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de Réponse des axes et leurs désordres.

V.2.1.1.1.3. Fissures chaque (4 – 6 mois), traces humides chaque saison humide, effondrement sec après chaque réparation

Dans notre carte d'ACM le cercle violet rassemble quelques désordres qui ont une corrélation au niveau des axes secondaires du quartier Sidi Mastour d'après les valeurs test significatives au seuil alfa mentionné dans le tableau ci-dessous. Il faut noter ici que les traces humides saisonnières ont un grand rapport, direct avec l'alimentation de la nappe phréatique durant la saison humide (cercle violet).

Tableau 5-7. Résultats statistiques partie 3 de la première ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
S2Q01-3	34,2	-7,973
S3Q02-5	08,0	-3,849
S3Q03-7	30,6	-7,547
S3Q04-2	13,3	-4,970

V.2.1.1.1.4. Fissures après chaque réparation, absence des traces humides effondrement sec toute l'année, effondrement humide après chaque réparation

Le cercle vert dans notre même carte d'ACM regroupe d'autres désordres que subissent les axes diagnostiqués sur le terrain (surtout les axes structurants) au niveau du Chott, Sahen02 et Msaaba le tableau suivant affiche les valeurs test significatives au seuil Alpha cela confirme que ces désordres ont une corrélation, sauf l'effondrement humide après chaque réparation qui a une valeur test supérieure au seuil. D'après le cosinus carré, les modalités des variables et les points d'observation sont interconnectés et ne sont pas indépendants.

Tableau 5-8. Résultats statistiques partie4de la première ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
S1Q01-1	11,5	4,624
S1Q01-5	03,1	2,420
S2Q01-1	36,1	8,197
S3Q02-2	25,6	6,899
S3Q03-1	45,5	9,204
S3Q05-2	32,0	7,712

V.2.1.1.1.5. Absence des fissures, traces humides toute année, pas effondrement sec, pas effondrement humide, effondrement humide toute année :

Au niveau du quartier Guarra (cercle rose), les relations entre les modalités de l'absence des fissures, les traces humides annuelles, l'absence d'effondrement sec et l'absence effondrement humide sont significatives leurs valeurs Alpha affichées ci-dessous. Par contre Il n'existe pas de relation entre l'effondrement humide annuel et les modalités précédentes, car sa valeur test est non significative (deux sur 25cas).

Tableau 5-9. Résultats statistiques partie 5 de la première ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
S1Q01-3	11,5	-4,574
S2Q01-2	26,2	6,982
S3Q02-1	40,3	-8,653
S3Q03-3	13,6	-5,038
S3Q04-1	05,1	-3,090
S3Q05-1	45,5	-9,199

V.2.1.1.2. Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement

L'ACM (graph 5-7) prend en compte dans cas actuel, périodicité de la corrosion du réseau d'alimentation de l'eau potable (S4Q01) et périodicité de la corrosion du réseau d'assainissement (S5Q01). Les modalités liées aux variables retenues sont inscrites dans le tableau suivant :

Tableau 5-10. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, corrosion du réseau d'alimentation en eau potable et corrosion du réseau d'assainissement (périodicité de la corrosion) :

Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Quartier	1. Chott
	2.Nezla
	3.Guarra
	4.Sahen 01
	5.Sahen 02
	6.Sidi Mastour
	7.Msaaba
S4Q01 : périodicité corrosion AEP	1.toute année
	2.saisons humides
	3.pas de corrosion
	5.chaque (4-6 mois)
S5Q01 : périodicité corrosion	1.toute année

CINQUIÈME CHAPITRE

Assainissement	2.saisons humides
	5.chaque (4-6 mois)
	6.pas d'assainissement

Sur la carte d'ACM (**Grphe 5.7**), la référence S4Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S4Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 74.74 % à l'inertie totale.

Par rapport à l'axe F1 les contributions importantes sont celles des quartiers (37.4%).

L'axe F2 oppose les modalités de réponse de la périodicité de la corrosion du réseau d'alimentation en eau potable (AEP : 40.2%) et les modalités de réponse de la périodicité de la corrosion du réseau d'assainissement (39.1%).

Le quartier Sahen01 où nous avons mentionné l'absence de la corrosion d'AEP sauf deux cas corrodés durant chaque saison humide, ainsi que ce quartier souffre d'une corrosion saisonnière du réseau d'assainissement. Le quartier de côté Sahen02 montre des désordres chimiques saisonniers d'AEP plus intéressante (12 cas), de corrosion humide et peut d'absence de corrosion (6 cas) ; en ce qui concerne l'assainissement il est corrodé toutes les saisons humides (**I**). (**Photo : 5.14, 5.15**)



Photo 5.14 : assainissement (quartier Sahen01)



Photo 5.15 : assainissement (Sahen02)

Sidi Mastour le quartier où en distingue une absence du réseau (**photo 5.16, 5.17**) d'évacuation des eaux usées (4 cas sur 38) ; là où il se trouve un réseau d'assainissement il y a une corrosion annuelle (22 cas) ; ainsi qu'une corrosion durant la saison humide (10 cas) et une corrosion périodique chaque 4-6 mois (2 cas), concernant l'alimentation en eau potable existante, mais corrodée ; corrosion annuelle (19 cas), chaque saison humide (15 cas) et chaque 4-6 mois (4 cas) (**II**).

Chott, Guarra (**photo 5.18, 5.19**), Nezla les quartiers où les désordres sont sévères, corrosion annuelle des deux types de réseau, il faut noter aussi l'absence du réseau d'assainissement au niveau du Nezla (8 sur 25 cas diagnostiqués visuellement) (**III**).

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) confirmée ce zonage (**Graphe 5-8**), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique).

Cette explication initiale a fait suite à une analyse multi variante et bivariante aussi distincte afin de mieux préciser les liens entre nos variables qualitatives.



Photo 5.16 : Raccordement au réseau d'assainissement (quartier Sidi Mastour)



Photo 5.17 : Raccordement au réseau d'assainissement, Axe tertiaire (S Mastour)



Photo 5.18 : Raccordement au réseau d'assainissement (quartier Guarra)



Photo 5.19 : implantation du réseau d'assainissement (quartier Guarra)

V.2.1.1.2.1. AEP corrodé chaque saison humide, AEP non corrodé, Assainissement corrodé chaque saison humide :

Dans les quartiers Sahen01, Sahen02 une relation de corrélation entre la corrosion d'AEP et d'assainissement durant la saison humide, cette relation est interprétée par les valeurs test significatives mentionnées ci-dessous. En ce qui concerne le réseau d'AEP saint (absence de corrosion) se localise au niveau du quartier Msaaba, car c'est un réseau renouvelé il faut noter qu'au niveau de ce quartier tout le réseau d'assainissement est corrodé (cercle bleu).

Tableau 5-11. Résultats statistiques partis 1de la deuxième ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
S1Q01-4	35,4	8,115
S1Q01-5	27,0	7,089
S1Q01-7	07,9	3,824
S4Q01-2	08,3	3,924
S4Q01-3	46,6	9,306
S5Q01-2	75,0	11,809

V.2.1.1.2.2. AEP corrodé chaque (4-6 mois), Assainissement corrodé chaque (4-6 mois), absence d'assainissement :

Les valeurs test calculées sont significatives au seuil α , il existe en effet un lien entre la corrosion d'AEP et d'Assainissement chaque (4-6 mois) donc une périodicité plus fréquente que la saison humide, ces modalités ont une projection meilleure dans cette carte d'ACM traduite par les valeurs élevées des cosinus carrés.

L'absence d'assainissement mentionnée au niveau du Sidi Mastour est aussi significative il est remplacé par des fosses perdues, car elle est au niveau du bâti traditionnel (2cas sur4) et bâti du type patrimoine (1 cas), les deux autres cas sont au niveau du bâti nouveau qui n'est pas encore habité par ces propriétaires, donc la quantité d'eaux usées à évacuées est faible ou nulle cela explique la corrosion d'AEP chaque saison humide et chaque (4-6 mois), l'absence d'assainissement augmente la gravité de la remontée des eaux (cercle rouge).

Tableau 5-12. Résultats statistiques partie 2 de la deuxième ACM El Oued :

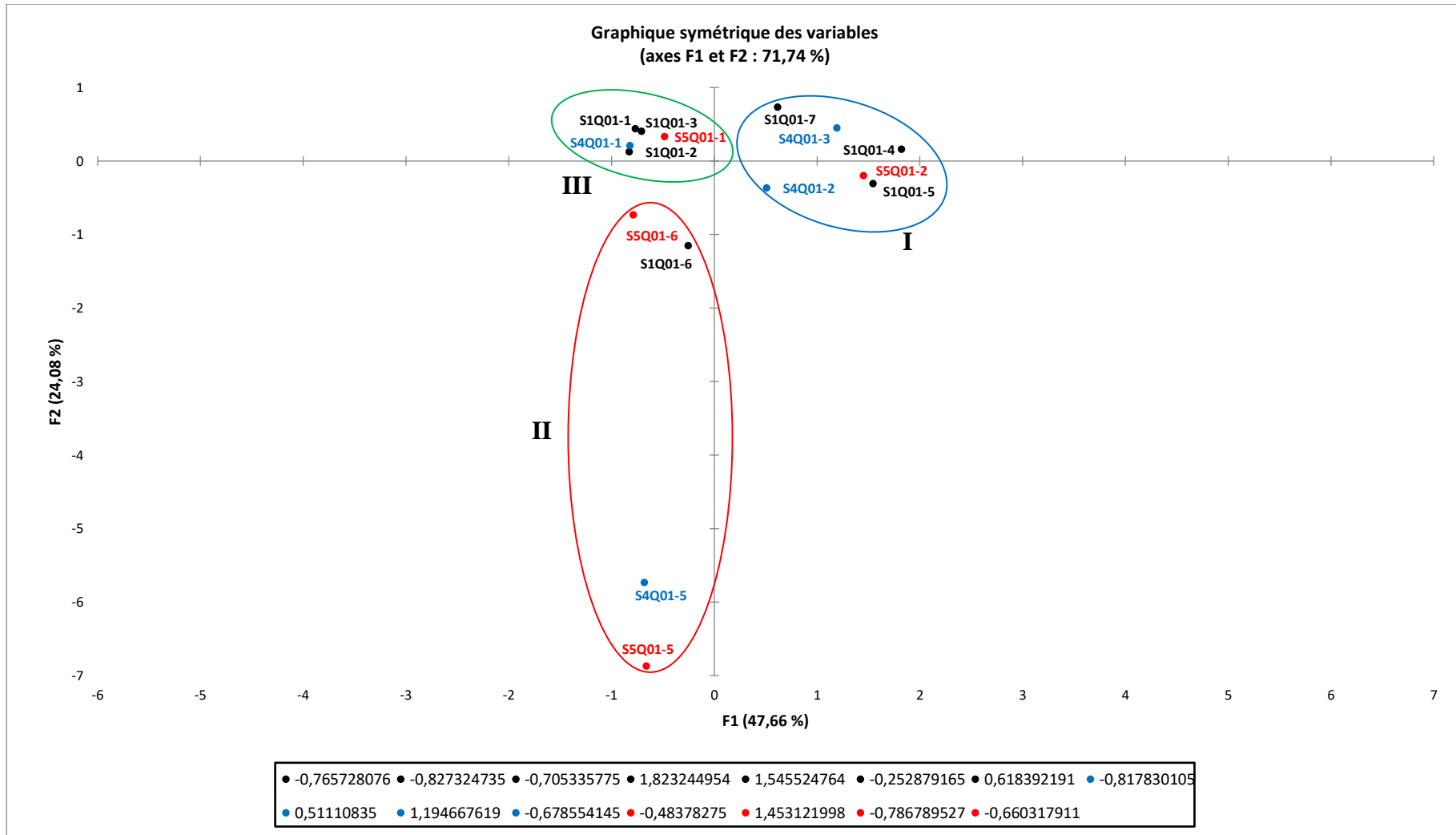
Modalités	Cosinus carrés %	Valeur test
S1Q01-6	0,339	-7,944
S5Q01-6	0,042	-2,810
S4Q01-5	0,719	-11,562
S5Q01-5	0,510	-9,742

V.2.1.1.2.3. AEP corrodé toute l'année, assainissement corrodé toute année

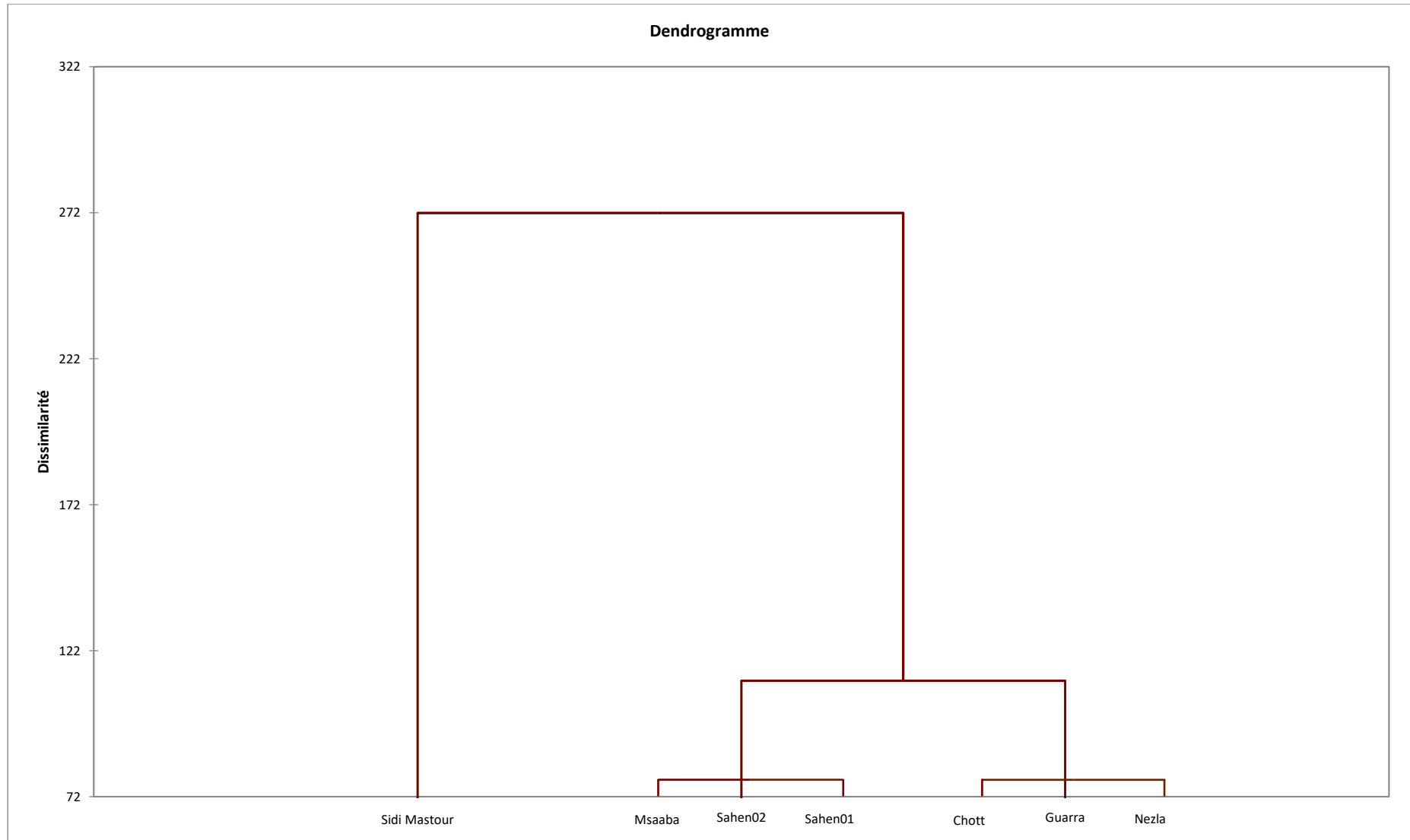
Même ACM montre à travers les valeurs tests significatives l'existence d'une corrélation entre les deux types de désordres au niveau des réseaux ; AEP et assainissement (cercle vert)

Tableau 5-13. Résultats statistiques partie 3 de la deuxième ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés %	Valeur test
S4Q01-1	0,648	-10,976
S5Q01-1	0,439	-9,039



Graphique 5-7. ACM portant sur les quartiers, corrosion d'AEP et corrosion d'assainissement.



Graphique 5-8. CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse de l'AEP et d'assainissement

V.2.1.1.3. Type du bâti, désordres physiques (traces humides, fissures), désordres chimiques (corrosion des murs, dégradation des contres forts)

L'ACM (**Grphe 5-9**) prend en compte dans le cas présent, les quartiers (S1Q01), type du bâti (S6Q01), périodicité des traces humides (S6Q02), périodicité des fissures (S6Q03), périodicité de la corrosion des murs (S7Q01), périodicité de la dégradation des contres forts (S7Q02). Les modalités liées aux six variables retenues sont notées dans le tableau suivant.

Tableau 5-14. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur les quartiers, type de bâti, traces humides, fissures, corrosion des murs et dégradation des contres fort (piliers)

Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Quartier	1 Chott
	2 Nezla
	3 Guarra
	4 Sahen 01
	5 Sahen 02
	6 Sidi Mastour
	7 Msaaba
S6Q01 : type de bâti	1 patrimoine architectural
	2 traditionnel
	3 nouveaux
	4 extensions urbaines
S6Q02 : traces humide	1 toute année
	2 saisons humides
	3 pas de traces humide
	4 chaque (0-4mois)
	5 chaque (4-6 mois)
	6 1fois/ans
S6Q03 : fissures des murs	1 toute année
	2 saisons humides
	4 chaque (0-4mois)
	5 chaque (4-6 mois)
	6 1fois/ans
	9 pas de fissures
S7Q01 : corrosion des murs	1 toute année
	2 saisons humides
	3 pas de corrosion
	4 chaque (0-4mois)
	5 chaque (4-6 mois)

	6 1fois/ans
S7QQ02 : dégradation des contres forts	1 toute année
	2 saisons humides
	5 chaque (4-6 mois)
	7 pas de dégradation
	8 pas de contres fort

Sur la carte d'ACM (**Graph 5-9**), la référence S1Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S1Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 54,24% à l'inertie totale.

Par rapport à la dimension F1, les contributions importantes sont celles des modalités de réponse de la périodicité de la corrosion des contres forts (25.4 %), les modalités de réponse de la périodicité de la corrosion des murs (21.2 %), modalités de réponse de la périodicité des fissures (19.3 %) et dernière contribution sont celles des modalités de réponse de différents types de bâti (18.9 %).

Suivant la dimension F2, les contributions sont liées aux différents quartiers (22.8 %), les modalités de réponse de la périodicité des traces humides (19.5 %).

Cette ACM se fonde sur le type de bâti dominant dans chaque quartier et les désordres qu'ils subissent.

De cette répartition, il ressort que Sidi Mastour (**photo 5.20, 5.21**) fait parmi les quartiers diagnostiqués visuellement sur terrain qui disposent le bâti du type patrimoine architectural, ce type de bâtis dominant à ce quartier-là subi des fissures chaque saison humide et des fissures chaque (0-4 mois), ces contres forts (piliers) qui sont l'une des caractéristiques du bâti de ce type, ils sont dégradés chaque saison humide (**I**).



Photo 5.20 : Corrosion, dégradation des murs et piliers (quartier Sidi Mastour)



Photo 5.21 : Fissures, corrosion murs et pilier (quartier Sidi Mastour)

Au niveau du Chott (**photo 5.22**) et Guarra (**photo 5.23**) le bâti diagnostiqué dominant est du type traditionnel il subit des désordres physicochimiques annuels (traces humides, fissures et corrosion murs, dégradation des piliers). Concernent les quartiers Msaaba (**photo 5.24**) et Sahen02 (**photo 5.25**) eux aussi ont le même type prédominant, mais avec des désordres moins fréquents et moins lourds. Donc les contres forts du bâti traditionnel diagnostiqués réellement dans cet endroit sont saints, mais les murs sont fissurés une fois / ans, il faut noter aussi que les murs sont annuellement corrodés (les 19 cas constatés au niveau du Sahen02 et 20cas sur 24 au niveau du Msaaba), même observation concernant les traces humides (**II**).



Photo 5.22 : Corrosion des murs et piliers (bâti du type traditionnel quartier Chott)



Photo 5.23 : corrosion des murs et pilier (bâti du type traditionnel quartier Guarra)



Photo 5.24 corrosion murs et pilier bâti du type traditionnel (quartier Msaaba)



Photo 5.25 corrosion murs et fissures bâti du type traditionnel (quartier Sahen02)

Le type d'extension urbaine est prédominant dans le quartier Sahen01 (**photo 5.26**) et le quartier Nezla (**photo 5.27**) où il est caractérisé par l'absence des contres forts ; la corrosion des murs est de deux fréquences ; chaque saison humide et chaque (4-6 mois), à ces endroits les fissures

ont une périodicité de chaque (4-6 mois), les traces humides ont une rotation saisonnière (chaque saison humide) (III).



Photo5.26 : traces humides, et corrosion (extension urbaine quartier Sahen01)



Photo5.27 : corrosion et fissures (quartier Nezla)

Le bâti du type nouveau qui est aussi diagnostiqué visuellement au niveau des sept quartiers il est caractérisé par absence des contres forts, absence des désordres physicochimiques (traces humides, fissures) et (corrosion des murs) (IV).



Photo 5.28 corrosion murs (bâti nouveau quartier Chott)



Photo 5.29 corrosion des fondations (quartier Sidi Mastour)

Ce zonage est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (CAH), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique) (Graphe 5-10).

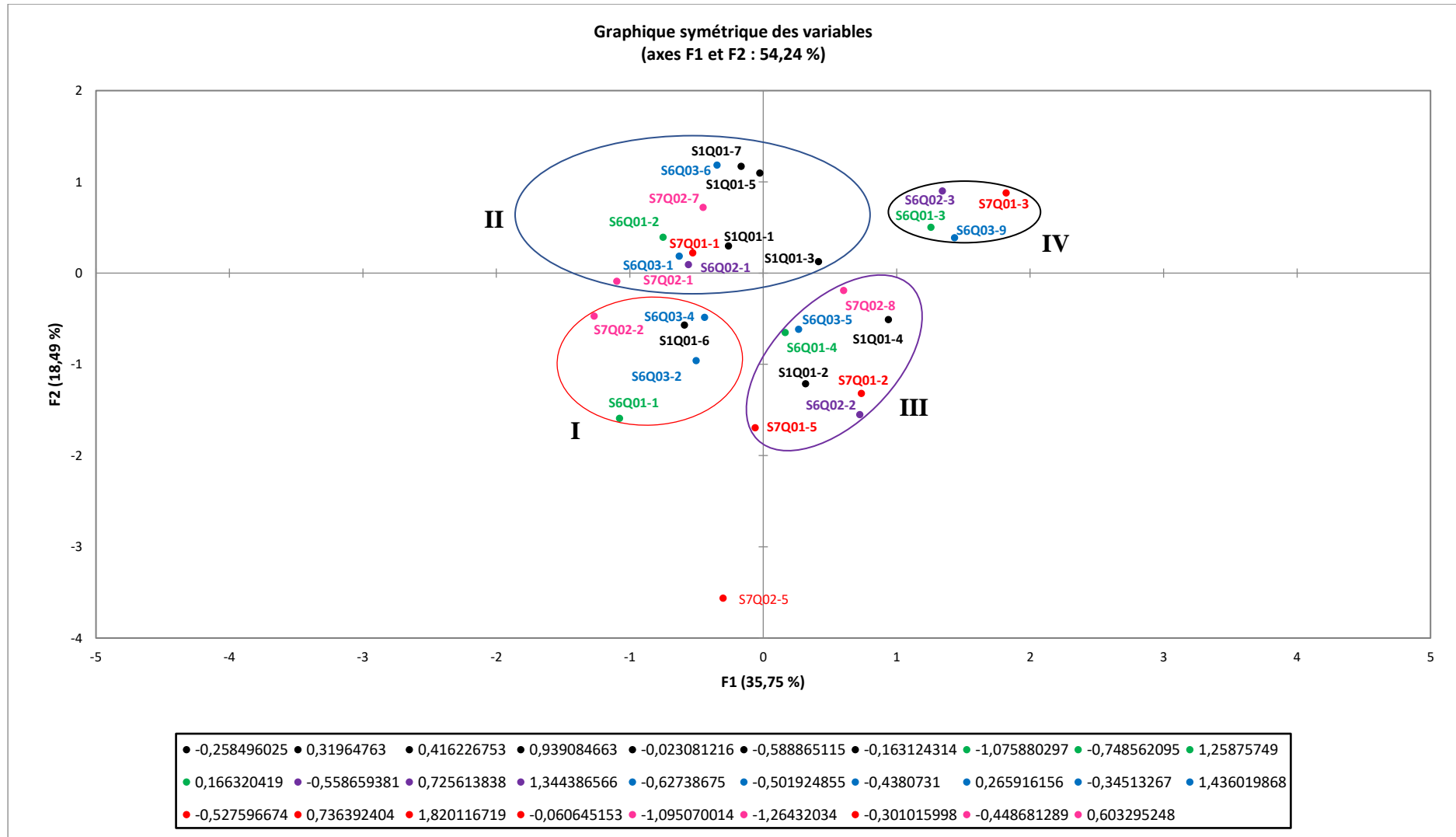
Afin de mieux préciser les liaisons entre les différentes variables, cette analyse exploratoire a fait suite à une analyse multi variante entre ces dernières.

V.2.1.1.3.1. Fissures chaque saison humide, fissures chaque (0-4 mois), dégradations des piliers chaque saison humide :

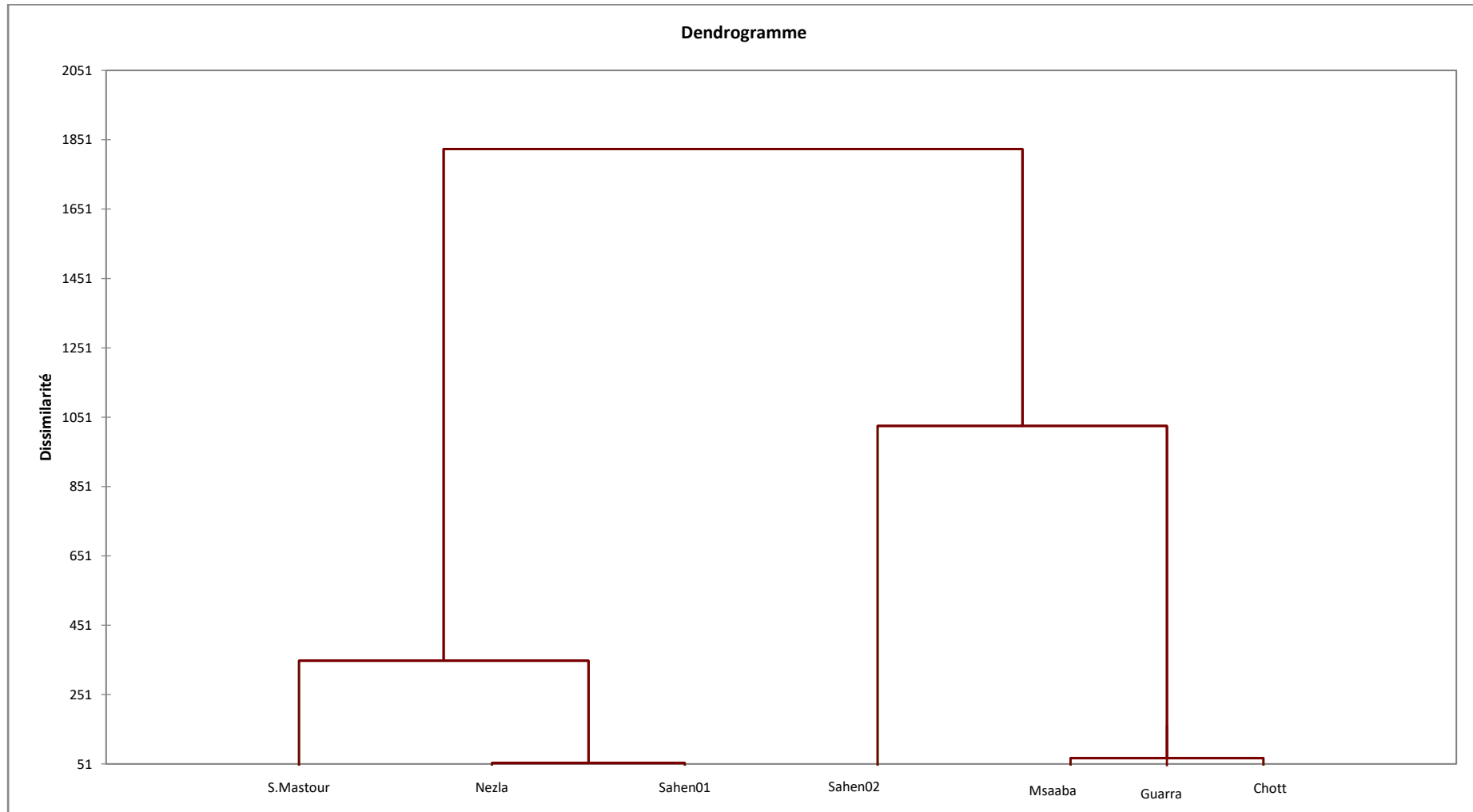
La relation entre les fissures saisonnières (saisons humides) et la dégradation saisonnière des contres forts est significative, il existe en effet un lien entre ces désordres, leurs valeurs test sont significative au seuil α , ici les fissures de la périodicité (4-6 mois) sont non significatives et la projection de cette modalité de réponse est de qualité faible interprétée par le cosinus carré 0,07 % (cercle rouge).

Tableau 5-15. Résultats statistiques partis 1 de la troisième ACM El Oued :

Modalités	Cosinus carrés%	Valeurs test
S6Q01-1	08,4	-3,957
S6Q03-2	27,7	-7,172
S6Q03-4	0,07	-1,104
S7Q02-2	0,44	-2,858



Graphique 5-9. ACM portant sur le type de bâti, désordres physiques et désordres chimiques.



Graphique 5-10. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse du bâti et ses désordres.

V.2.1.1.3.2. Traces humides annuelles, fissures annuelles, corrosions annuelles des murs, dégradation annuelle des contres forts :

Deux quartiers limitrophes, Chott et Guarra ; le bâti prédominant du type traditionnel dans ces deux derniers a des désordres annuels corrélés il existe un lien entre eux, leurs valeurs test est significatives affichées ci-dessous.

D'autres désordres du type de fissures une fois / ans et les contres forts saints (la non-dégradation des contres forts) diagnostiqués visuellement sur terrain au niveau du quartier Msaaba et le quartier Sahen02 ; ces désordres ont une corrélation, il existe un lien entre les fissures rares et les piliers saints cela veut dire que les piliers se dégradent seulement par les corrosions qui sont la réaction chimique entre l'eau et les contres forts.

Tableau 5-16. Résultats statistiques partis 2 de la troisième ACM El Oued :

Type bâti	Quartier	Modalités	Cosinus carrés%	Valeurs test
S6Q01-2	S1Q01-1	S6Q02-1	60,0	-10,562
		S6Q03-1	14,4	-5,169
	S1Q01-3	S7Q01-1	58,9	-10,469
		S7Q02-1	27,6	-7,167
	S1Q01-5	S6Q03-6	23,5	6,612
	S1Q01-7	S7Q02-7	05,7	5,182

V.2.1.1.3.3. Fissures chaque (4-6 mois), absence des contres forts, corrosion murs chaque saison humide, traces humides chaque saison humide, corrosion murs chaque (4-6 mois)

La relation entre l'absence des contres forts et le bâti de l'extension urbaine, qui est le prédominant dans les quartiers Sahen01 et Nezla est significative, car c'est un élément (pilier) caractéristique du bâti du type traditionnel ou du type patrimoine architectural, une corrélation aussi avec les fissures des murs chaque (4-6 mois) est significatives au seuil α .

Un lien existant entre les traces humides durant toutes les saisons humides et la corrosion des murs durant la même période, ainsi que les corrosions chaque (4-6 mois), est particulier, les valeurs tests affichées ci-dessous sont significatives au seuil α . Ce lien entre ces types de désordre se trouve au niveau de Nezla, un quartier topographiquement plus bas que Sahen01 est moins bas que Sidi Mastour, Chott et Guarra c'est pour cela que ces désordres sont plus sévères que celle de Sahen01 est moins sévère qu'au niveau du Sidi Mastour, Chott et Guarra.

Tableau 5-17. Résultats statistiques partis 3 de la troisième ACM El Oued :

Type bâti	Quartier	Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs Test
S1Q01-4		S6Q03-5	04,8	-3,000
		S7Q02-8	46,6	9,311
S6Q01-4	S1Q01-2	S6Q02-2	42,6	4,153
		S7Q01-2	36,0	-8,187
		S7Q01-5	06,3	-3,420

V.2.1.1.3.4. Absence des traces humides, absence des fissures, absence de corrosion des murs :

Notre ACM confirme la corrélation entre l'absence des traces humides et l'absence de corrosion au niveau du bâti prédominant dutype nouveau, les murs saints dans les sept quartiers diagnostiqués visuellement sur terrain.

Tableau 5-18. Résultats statistiques partis 4 de la troisième ACM El Oued :

Type bâti	Valeurs test	Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
S6Q01-3	9,239	S6Q02-3	43,1	9,239
		S6Q03-9	57,9	10,378
		S7Q01-3	48,8	9,525

V.2.1.1.4. Caractéristiques désordres diagnostiqués au niveau des Ghouts : traces humides, inondations, roseaux

L'ACM (**Grphe 5-11**) prend en compte dans ce dernier cas, les quartiers (S1Q01), périodicités des traces humides (S8Q01), périodicités de l'inondation (S8Q02), périodicités des roseaux (S8Q03). Les modalités liées aux six variables retenues sont notées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5-19. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur les quartiers, les périodicités des traces humides, les périodicités de l'inondation, périodicité des roseaux

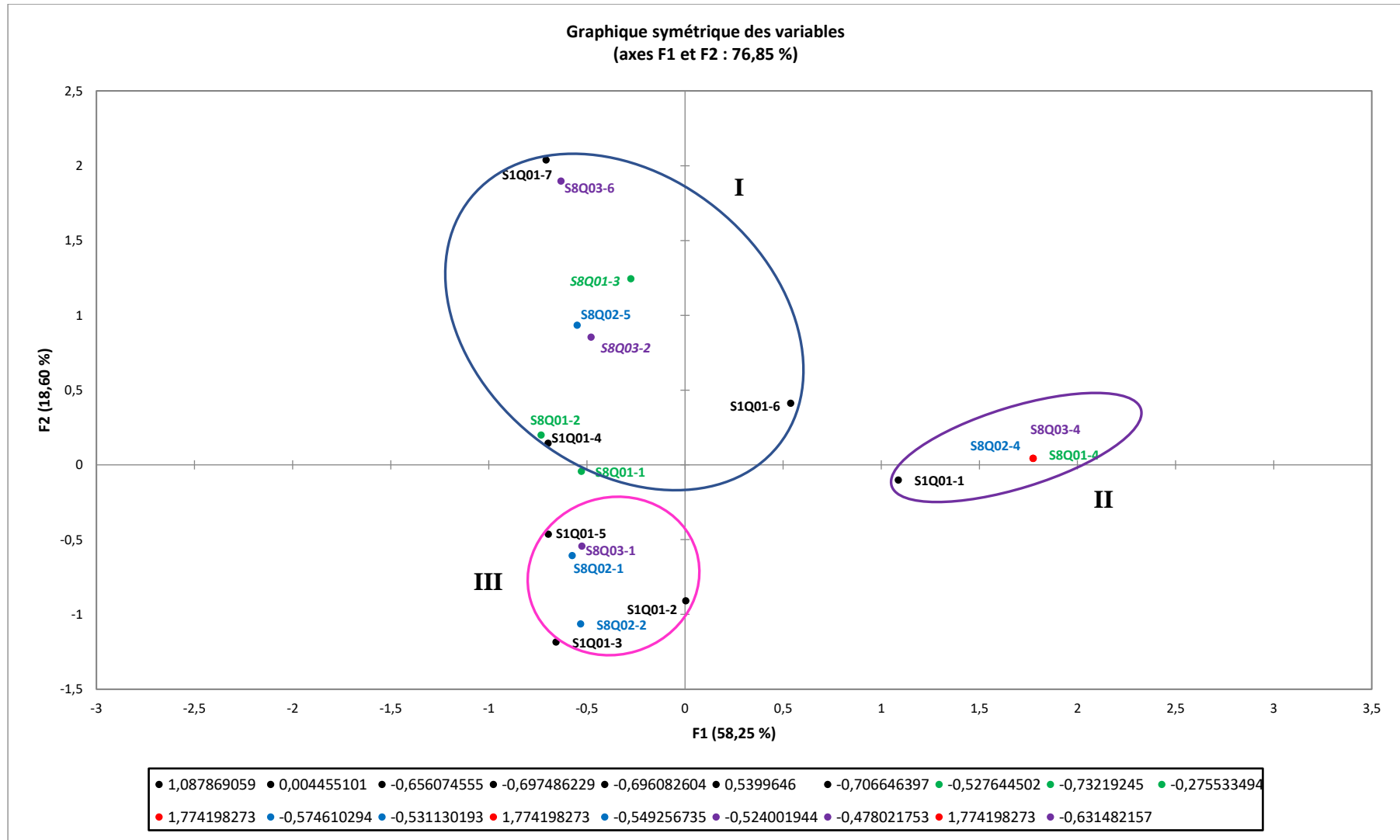
Les Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Quartier	1 Chott
	2 Nezla
	3 Guarra
	4 Sahen 01
	5 Sahen 02
	6 Sidi Mastour
	7 Msaaba
S8Q01 : périodicités traces humides	1 toute année
	2 saisons humides
	3 pas de traces humides
	4 pas de Ghout
S8Q02 : périodicités inondation des Ghouts	1 toute année
	2 saisons humides
	4 pas de Ghout
	5 pas d'inondation
S8Q03 : périodicités des roseaux	1 toute année
	2 saisons humides
	4 pas de Ghout
	6 pas de roseaux

Sur la carte d'ACM, (**Graph 5-11**) la référence S1Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S1Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 76,85 % à l'inertie totale.

Par rapport à la dimension F1, les contributions importantes sont celles de la périodicité des traces humides (29,1 %).

Suivant la dimension F2, les contributions sont liées aux quartiers (38,2%) et périodicités inondation des Ghouts (29,1%) et la périodicité des roseaux (32,1%).

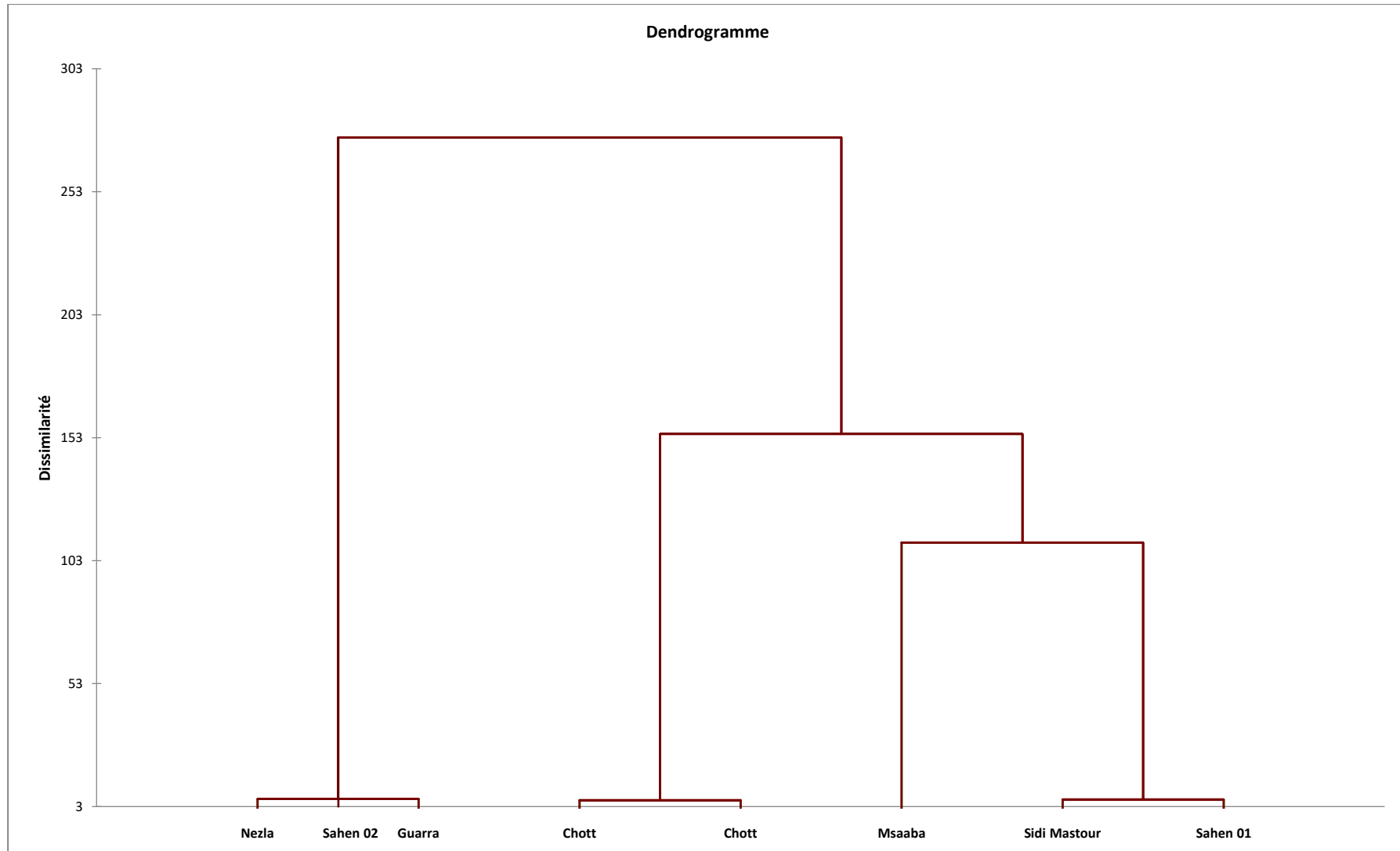


Graphique 5-11. ACM portant sur les désordres au niveau des Ghouts.

ACM vise à mettre en évidence les caractéristiques qui distinguent chaque quartier du reste des variables ; traces humides annuelles (24 cas), absence d'inondations (24 cas), les désordres dans le quartier Sidi Mastour. Elles sont réparties sur 38 endroits observés sur le terrain, les Ghouts existant sont de nombre de 22 Ghouts, annuellement humides sauf un où il n'y a pas de trace humide. Parmi c'est dernier ; deux Ghouts inondés chaque saison humide et un seul Ghout est annuellement inondé, ce qui est mis en évidence c'est l'absence des inondations au niveau des 19 Ghouts équivalant à 90,47 % de la totalité. Concernant les roseaux annuels dans 15 Ghouts, un cas particulier chaque saison humide et finalement 6 Ghouts sans roseaux, au niveau du quartier Sahen01 18 cas d'étude dévoilent que 80% des Ghouts sont annuellement humides, 20% des Ghouts humides chaque saison humides ; 16,66% (3 Ghouts) inondés durant les saisons humides ce qui était mis en évidence par notre ACM et 94,44% ont des roseaux toute l'année **(I)**. Le quartier Chott ; sur 36 cas de diagnostic, il y a 22 cas qui ne contient pas de Ghouts et 14 cas humides contient des roseaux toute l'année. L'inondation annuelle est au niveau des 3 Ghouts, inondation saisonnière dans 4 Ghouts et absence d'inondation dans 7 Ghouts, notre ACM a mis en évidence la modalité de réponse pas de Ghouts pour les variables quantitatives suivantes : périodicité des traces humides, périodicité des inondations, périodicité des roseaux, car leur pourcentage est de 61,11% et c'est l'observation qui caractérise le plus le Chott **(II)**. Les quartiers Nazla et Guarra se distinguent par un nombre important, mis en évidence des cas d'inondation durant les saisons humides 20 cas sur 26 pour Nezla et 24 cas sur 26 pour Guarra. Les Ghouts à ce niveau-là ont des traces humides annuelles avec l'existence annuelle des roseaux (20 cas pour Nezla, et 26 cas pour Guarra). Concernant Sahen02 66,66 % (12 cas sur 18) de ces Ghout sont humides et inondés toute l'année sur laquelle ACM a mis l'accent, et 33,33% (6 cas sur 18) sont humides durant les saisons humides, quant aux roseaux, ils sont présents toute l'année au niveau des 18 cas d'étude soulignés par notre ACM **(III)**.

Ce zonage que nous avons fait pour interpréter l'ACM des Ghouts a été confirmé par une HCA (**Graph 5-12**) afin de rassurer la lecture et retirer les ressemblances importantes entre les quartiers touchés cette confirmation apparaît sur le dendrogramme ci-dessous.

Cette analyse exploratoire a fait suite à une analyse bivariante et multi variante entre les différentes variables afin de mieux préciser les liaisons entre ces dernières.



Graphique 5-12. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse des désordres des Ghouts.

V.2.1.1.4.1. Absence de traces humides, absence d'inondations, roseaux chaque saison humides et absence de roseaux

Selon les valeurs test affichées, la relation entre l'absence d'inondations et l'absence des roseaux est significative il existe un lien entre les deux cas, les roseaux ne poussent qu'aux endroits très humides ou inondés, la projection interprétée par le cosinus carré, de ces deux modalités est meilleure. (Cercle bleu)

La relation entre l'absence des traces humides et l'apparition des roseaux chaque saison humide est non significative leurs valeurs test 1,243 1,207 sont non significative au seuil α

Tableau 5-20. Résultats statistiques partis 1 de la quatrième ACM El Oued :

Quartiers	Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
Sidi Mastour (photo 2.30)	S8Q01-3	0,8	1,243
	S8Q02-5	53,2	9,944
Msaaba (photo 2.31)	S8Q03-2	0,8	1,207
	S8Q03-6	68,7	11,301



Photo5.30 : Pas d'inondation, pas de roseaux Ghout Quartier Sidi Mastour.



Photo5.31 : Ghout non inondée, pas de roseau (quartier Msaaba)



Photo 5.32 pas d'inondation, ni roseau (Ghout quartier Sahan01)

V.2.1.1.4.2. Traces humides toute l'année, traces humides chaque saison humides

Des valeurs significatives indiquent une corrélation entre les traces humides annuelles et les traces humides saisonnières. Sidi Mastour fait partie des zones basses des villes en plus il existe 4 cas avec absence du réseau d'évacuation des eaux usées et 20 avec corrosion annuelle, donc il y a toujours des eaux parasites qui alimentent la nappe phréatique, où les Ghouts sont les premiers endroits où on détecte l'humidité annuelle, Sahen01 et plus élevé topographiquement, comme conséquence les traces humides n'apparaissent que durant la suralimentation de la nappe phréatique. (Cercle bleu)

Tableau 5-21. Résultats statistiques partis 2 de la quatrième ACM El Oued :

Modalités	Modalités	Cosinus carrés (%)	Valeurs test
S1Q01-1(Sidi Mastour) (photo 2.33) S1Q01-7 (Msaaba) S1Q01-5 (Sahen02) (photo 2.34)	S8Q01-1	60,4	-10,599
S1Q01-5 (Sahen02)	S8Q01-2	04,3	-2,841



Photo5.33 Ghout annuellement humide (quartier Sidi Mastour)



Photo 5.34 : Ghout annuellement humide (quartier Sahen02)

V.2.1.1.4.3. Absences des Ghouts :

Une seule modalité de réponse pas de Ghout pour trois variables qualitatives ; périodicité des traces humides, périodicité des inondations et périodicités des roseaux ; leur projection parfaite est mesurée par le pourcentage élevé du cosinus carré, sachant que dans ACM, la distance réelle

entre deux observations est petite si elles ont le même niveau, deux niveaux de deux variables différentes sont proches s'ils appartiennent aux mêmes observations (ici pas de Ghout) (cercle violet)

Tableau 5-22. Résultats statistiques partis 3 de la quatrième ACM El Oued :

Quartiers	Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
Chott	S8Q01-4	96,9	13,422
	S8Q02-4	96,9	13,422
	S8Q03-4	96,9	13,422

V.2.1.1.4.4. Inondations annuelles, inondations chaque saison humide, roseaux toute l'année

Une corrélation entre l'inondation annuelle (photo 5-36) ou l'inondation durant les saisons humides des Ghouts et l'existence annuelles des roseaux, cette corrélation est interprétée par les valeurs test significatives au seuil α , de l'eau pendant une périodicité assez longue permis l'a poussé des roseaux. (Cercle rose)

Tableau 5-23. Résultats statistiques partie 4 de la quatrième ACM El Oued :

Quartiers	Modalités	Cosinus carrés %	Valeurs test
Sahan02 (photo 2.35)	S8Q02-1	04,2	-2,791
Sidi Mastour	S8Q03-1	43,2	-8,969
Nezla (photo 2.37)	S8Q02-2	44,9	-9,134
Guarra (photo 2.38)	S8Q03-1	43,2	-8,969



Photo 5.35 : Roseaux toute l'année, annuellement inondée (Sahan02)



Photo 5.36 : Ghout annuellement inondé (quartier Chott)



Photo 5.37 : Ghout annuellement inondé avec roseau (quartier Nezla)



Photo 5.38 : Ghout saisonnièrement humide, roseau toute année (Guarra)

V.2.1.1.5. Synthèse des caractéristiques de détériorations causées par les eaux sur les axes, AEP, assainissement, bâti et Ghouts dans les quartiers vulnérables de la ville d'el oued :

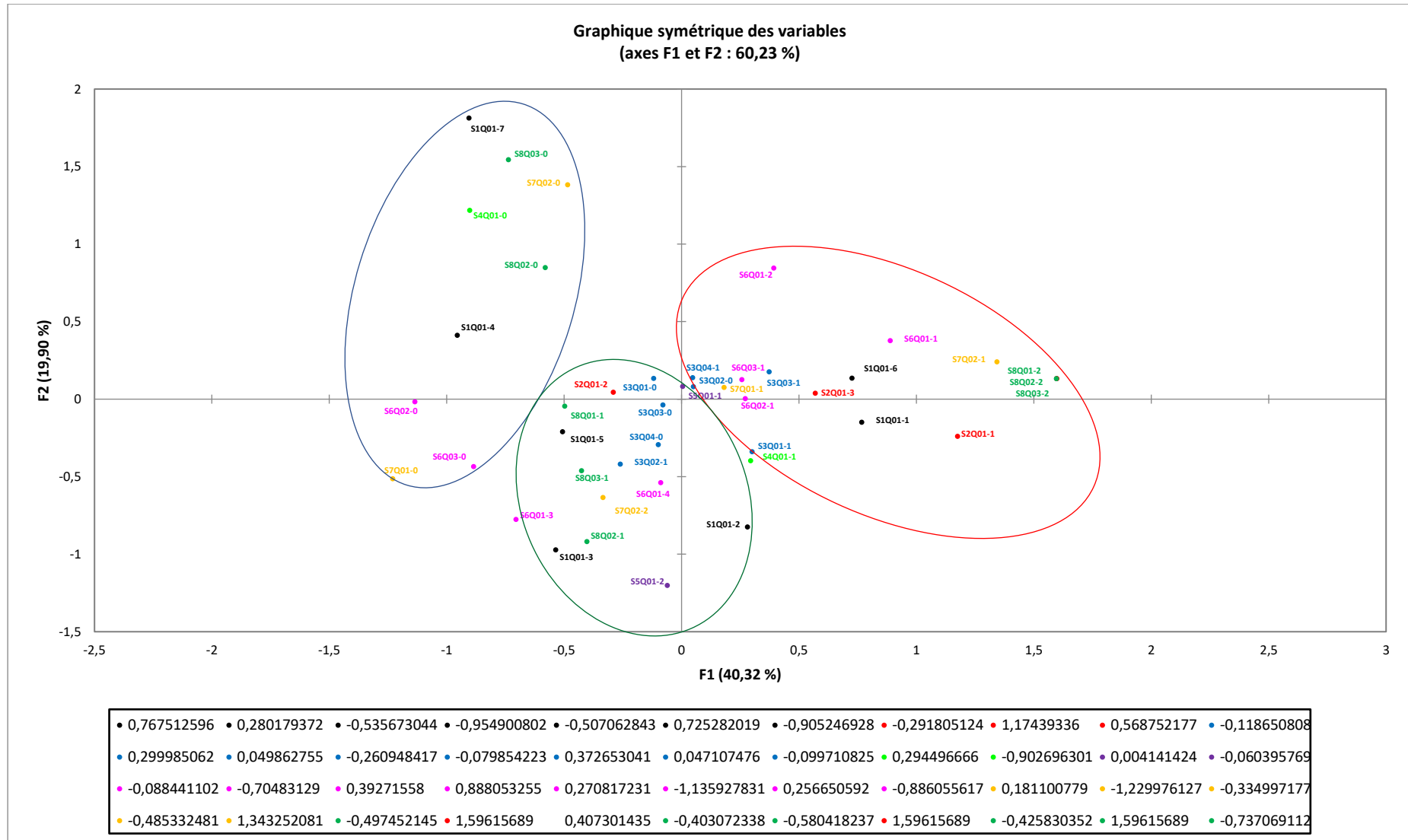
Une ACM finale afin de synthétiser notre diagnostic visuel comprendre les quartiers (S1Q01), type d'axes (S2Q01), fissures (S3Q01), traces humides (S3Q02), effondrement sec (S3Q03), effondrement humide (S3Q04), corrosion (AEP) (S4Q01), corrosion d'assainissement (S5Q01), type de bâti (S6Q01), trace humide (S6Q02), fissures (S6Q03), corrosion murs (S7Q01), dégradation des contres forts (S7Q02), Ghout humide (S8Q01), Ghout inondé (S8Q02), Ghout avec roseaux (S8Q03). Les modalités de réponse liées aux 16 variables retenues sont inscrites dans le tableau suivant :

Tableau 5-24. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, le type d'axe et les désordres d'axes (fissures, traces humides, effondrement sec, effondrement humide), corrosion d'AEP, corrosion d'assainissement, type de bâti et ses désordres (trace humide, fissures, corrosion murs, dégradation des contres forts), désordres des Ghouts (humidité, inondation, roseaux)

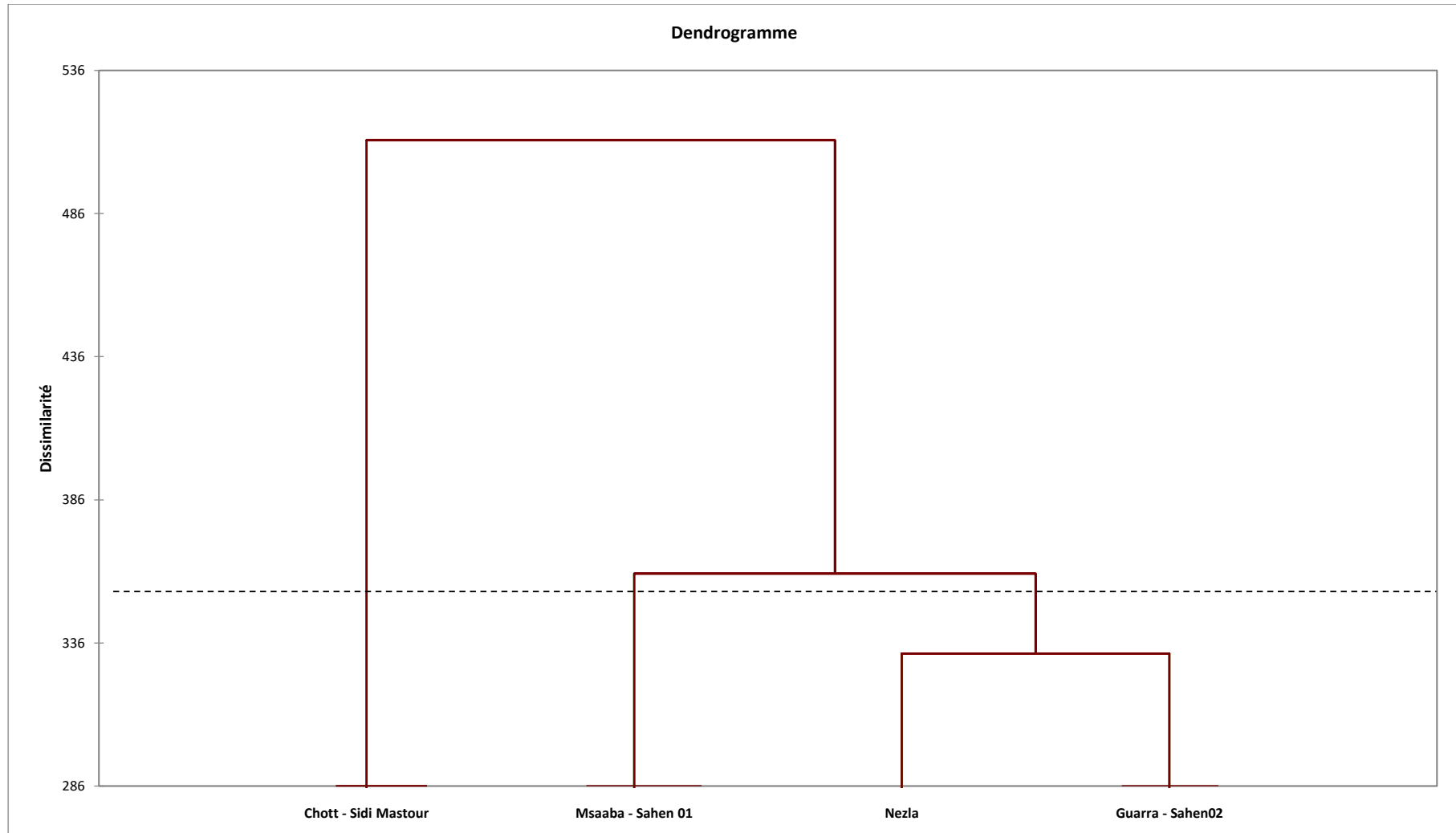
Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Quartier	1 Chott
	2 Nezla
	3 Guarra
	4 Sahen 01
	5 Sahen 02
	6 Sidi Mastour
	7 Msaaba

CINQUIÈME CHAPITRE

S2Q01 : Type Axe	1 Structurant
	2 Secondaire
	3 Tertiaire
S3Q01 : Les Fissures	0 Non
	1 Oui
S3Q02 : Les traces Humides	0 Non
	1 Oui
S3Q03 : Effondrement Sec	0 Non
	1 Oui
S3Q04 : Effondrement Humide	0 Non
	1 Oui
S4Q01 : Corrosion AEP	0 Non
	1 Oui
S5Q01 : Corrosion d'Assainissement	0 Non
	1 Oui
	2 pas d'assainissements
S6Q01 : Type de Bâti	1 patrimoine architectural
	2 traditionnel
	3 nouveaux
	4 extensions urbaines
S6Q02 : Traces Humide	0 Non
	1 Oui
S6Q03 : Fissures des Murs	0 Non
	1 Oui
S7Q01 : Corrosion des Murs	0 Non
	1 Oui
S7Q02 : Dégradation des Contres Forts	0 Non
	1 Oui
	2 pas de contres fort
S8Q01 : Traces Humides des Ghouts	0 Non
	1 Oui
	2 pas de Ghouts
S8Q02 : Inondation des Ghouts	0 Non
	1 Oui
	2 pas de Ghouts
S8Q03 : Les Roseaux	0 Non
	1 Oui
	2 pas de Ghouts



Graphique 5-13. ACM de SYNTHÈSE portant sur tous types de désordres au niveau des axes, des réseaux, des bâtis et des Ghouts



Graphique 5-14. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon toutes les modalités de réponse

Sur la carte d'ACM (**Graph 5-13**), la référence S1Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S1Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 60,23% à l'inertie totale.

Par rapport à la dimension F1, la contribution importante est celle de la modalité des Ghouts humides (15,8 %), la modalité des Ghouts inondés (15,9 %), l'inertie de cette dimension est de 40,32 %. La dimension F2 oppose comme importantes contributions les différents quartiers (17,8 %), la dégradation des contres forts du bâti du type traditionnel et patrimoine (17,2 %) l'inertie de cette dimension égale à 19,90 %.

Le zonage effectué pour lire la synthèse du travail est établi suite au résultat d'une HCA appliquée pour classifier les mêmes données, affichée sous forme d'un dendrogramme ci-dessus.

ACM vise à souligner les caractéristiques qui différencient chaque quartier étudié du reste, cela veut dire que tous les cas d'études contiennent des caractéristiques communes, qui ne pas surgir autour des observations sur carte.

Au niveau du Sahen02, Guarra et Nezla, les axes diagnostiqués sont du type secondaire sauf 9 cas structurants sur 26 cas à Nezla sont dans l'ensemble saint, absence des différents désordres étudiés sauf des traces humides visualisées à l'Guarra (11cas sur 26 cas). Les réseaux d'AEP sont corrodés sauf au Sahen02 6cas sur 19 saints, tout le réseau d'Assainissement et corrodés avec une absence de ce dernier à Nezla (8 cas sur 26), le bâti majoritairement est du type nouveau ou l'extension urbaine (en plus 9cas à Nezla sont du type traditionnel) donc la modalité de réponse d'absence des contres forts est pertinente, les Ghouts de ces trois quartiers sont humides, inondées et autant de roseaux qui poussent (**I**).

À Sidi Mastour et Chott, tous les axes du type secondaire, tertiaire et structurant subissent les désordres diagnostiqués. Sauf une absence totale des traces humides au niveau du Chott (36 cas) et 28 cas sur 38 à Sidi Mastour, corrosion totale d'AEP et assainissement, absence des Ghouts (16 cas sur 38 à Sidi Mastour, 26 cas sur 36 cas d'études au Chott), le type de bâti dominant est du traditionnel, patrimoine architectural ils se caractérisent majoritairement par des murs humides, corrodés fissurés, et des contres fort dégradés (**II**).

Concernant Msaaba Sahen01 les modalités de réponses apparaît sur l'ACM qui caractérise le plus ces deux quartiers sont l'AEP saint non corrodé, le bâti aussi ; murs non corrodés, tous les contres forts non dégradés (26 cas), sur Msaaba les Ghouts sont humides pas de roseaux ni inondation, sur Sahen1 les Ghouts sont inondés, l'implantation des roseaux touche la totalité des cas étudiés (18 cas) avec trois Ghouts inondés.

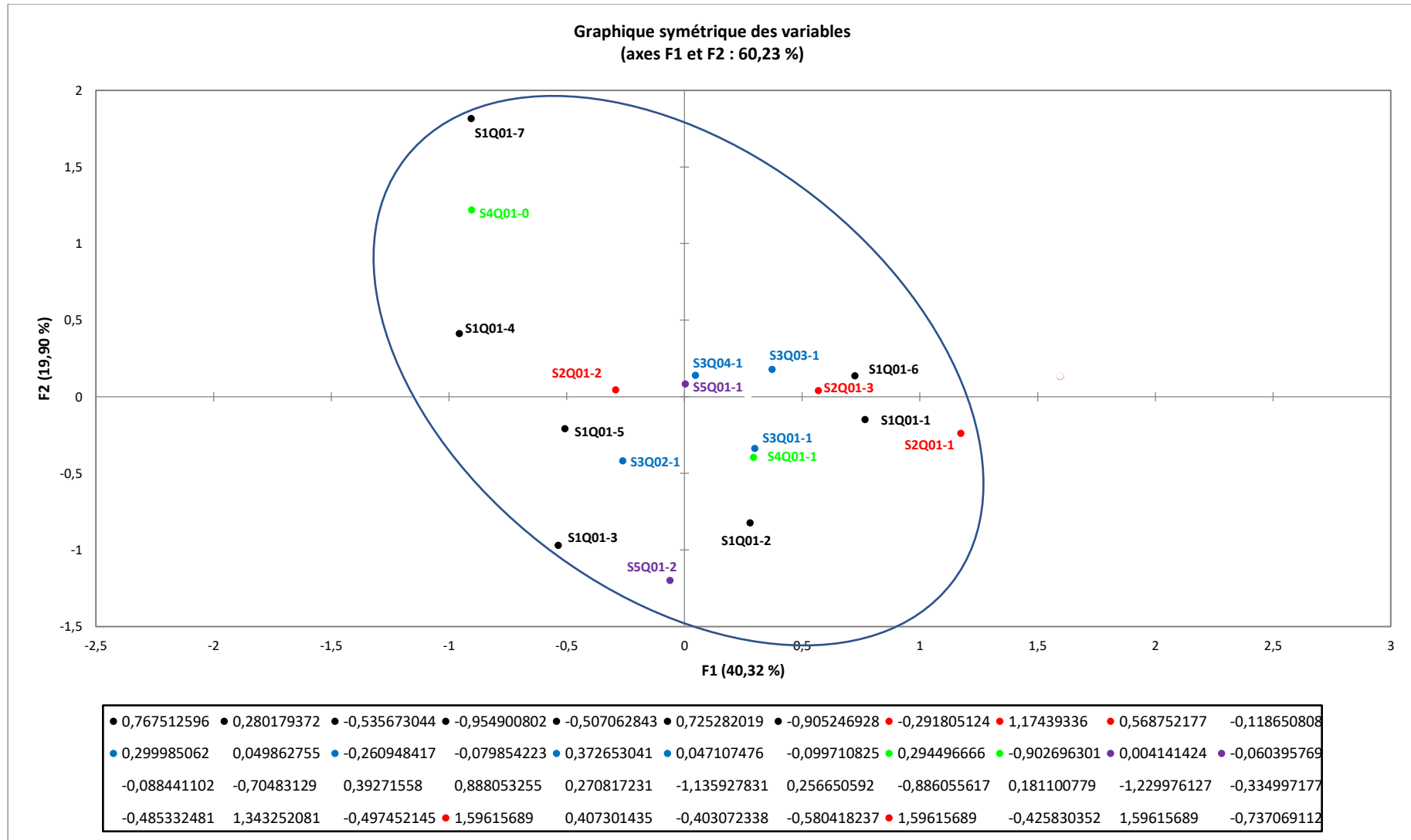
Cet examen préliminaire est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (CAH) (**Grappe 5-14**), a fait suite à une analyse bivariante et multi variante entre les variables distinctes pour déterminer les corrélations entre ces dernières.

V.2.1.1.5.1. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissement, Désordre d'axes

Il existe une relation entre la corrosion d'AEP, la corrosion d'assainissement, les fissures, les traces humides, l'effondrement sec et l'effondrement humide les valeurs tests affichées dans le tableau sont significatives (**Grappe 5-13a**)

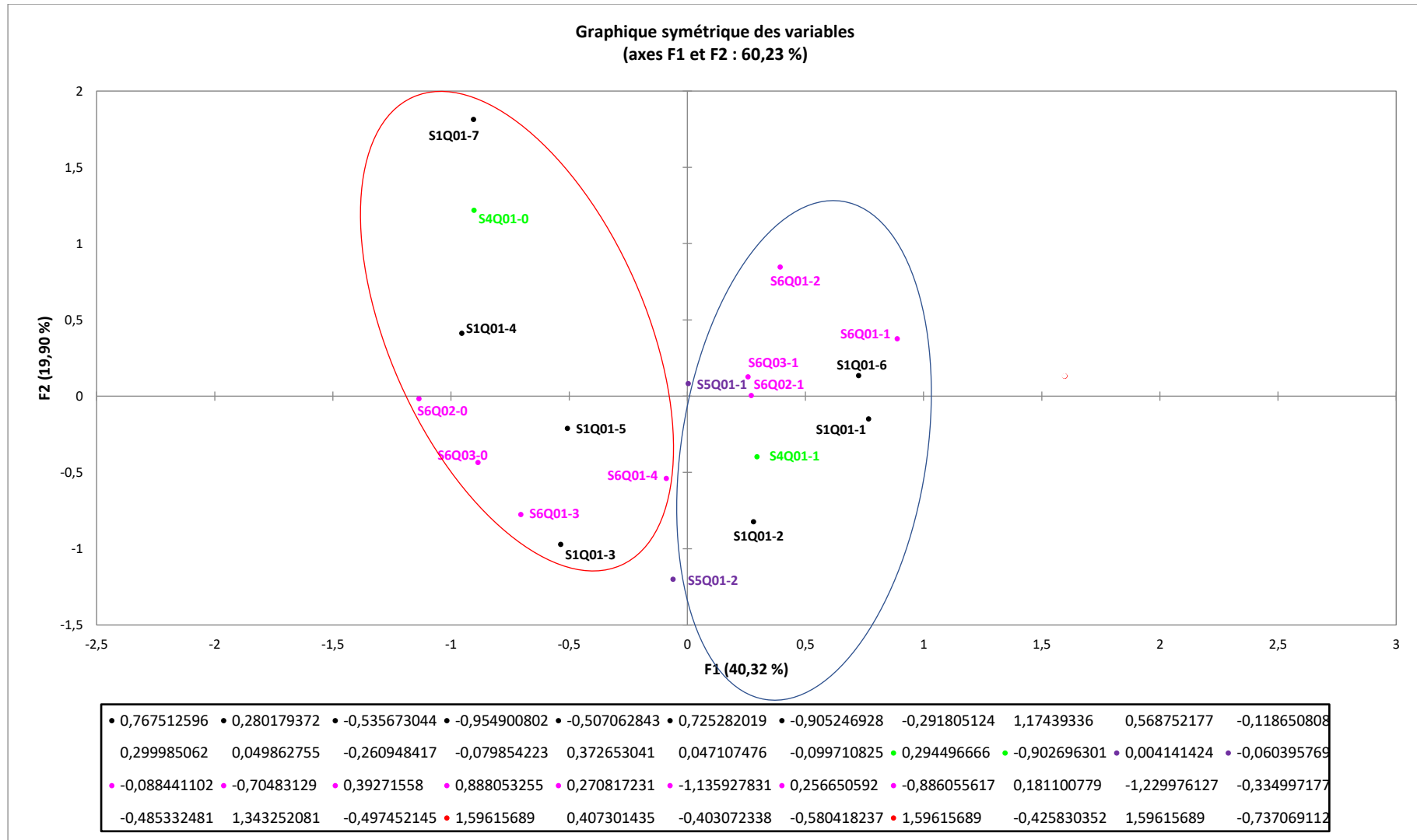
Tableau 5-25. Résultats statistiques partis 1 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued

Modalités de réponse	Valeurs test
S4Q01-1 : corrosion d'AEP	-9,488
S5Q01-1 : corrosion d'assainissement	-4,288
S3Q01-1 : fissures	-2,909
S3Q02-1 : traces humides	-2,497
S3Q03-1 : effondrement sec	2,353
S3Q04-1 : effondrement humide	2,757



Graphique 5-13 a. Partie 1 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types d'axes et désordres, Corrosion AEP, corrosion assainissement.

CINQUIÈME CHAPITRE



Graphique 5-13b. Partie 2 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types des bâties et ces désordres physiques, corrosion AEP, corrosion assainissement

V.2.1.1.5.2. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissement, désordres physiques du bâti :

L'absence d'assainissement la corrosion d'AEP au niveau du Nezla et Sidi Mastour et la corrosion d'assainissement existant sur les mêmes endroits ainsi que la corrosion d'assainissement et d'AEP du quartier Chott a un lien de corrélation avec les fissures, les traces humides sur les murs du bâti du type patrimoine architectural et du type traditionnel ont un lien entre eux est traduit par les valeurs test affichées dans le tableau 5-24, (**Grphe 5-13b**)

Tableau 5-26. Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités de réponse	Valeurs test	Modalités de réponse	Valeurs test
S4Q01-1 : cors ⁽¹⁾ /AEP	-9,488	S6Q01-1 : patrimoine archi ⁽³⁾	2,205
S5Q01-1 : cors ⁽¹⁾ /assai ⁽²⁾	-4,288	S6Q01-2 : traditionnel	9,548
S6Q02-1 : trace humide	7,564	S6Q03-1 : fissures	6,504

(1) Corrosion du réseau (2) Assainissement (réseau d'évacuation des eaux usées)
(2) Architectural

V.2.1.1.5.3. Absence de la corrosion du réseau d'AEP saint, bâti saint

Au niveau du Mssaba le réseau d'AEP est renouvelé ce que signifie l'absence de la corrosion de ce dernier, celons les valeurs test il ya une corrélation entre cet état du réseau d'AEP et l'absence des fissures et des traces humides (désordres physiques) sur les murs du bâtiment nouveau et l'extension urbaine (**Grphe 5-13b**).

Tableau 5-27. Résultats statistiques partis 3 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités de réponse	Valeurs test
S4Q01-0 : AEP non corrodés	9,488
S6Q02-0 : absence de traces humides	-7,564
S6Q03-0 : absence de fissures	-6,504
S6Q01-3 : bâti nouveau	-5,698
S6Q01-4 : bâti de l'extension urbaine	-5,240

V.2.1.1.5.4. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissement, désordres chimiques du bâti.

Des valeurs test significatives au seuil α (tableau) dévoilent la relation significative entre la corrosion du réseau d'AEP, la corrosion d'assainissement (dans Nezla Chott et Sidi Mastour), l'absence d'assainissement (au niveau du Nezla et Sidi Mastour), la corrosion des murs et la

dégradation des contres forts du bâti du type patrimoine architectural (Sidi Mastour), et du type traditionnel (Nezla Chott Sidi Mastour), (**Graphe 5-13c**).

Tableau 5-28. Résultats statistiques partis 4 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test
S5Q01-2	-4,288	S1Q01-2	-4,515
S7Q01-1	6,437	S1Q01-6	4,995
S7Q02-1	9,708		
S4Q01-1	-9,488	S1Q01-1	5,111
S5Q01-1	4,288	S1Q01-2	-4,515
S6Q01-2	9,548	S1Q01-6	4,995
S6Q01-1	2,205	S1Q01-6	4,995

Une corrélation entre l'absence de la corrosion d'AEP, l'absence de la dégradation des contres forts (du bâti du type traditionnel au niveau du quartier Mssaba), l'absence des corrosions des murs de tous types de bâti (Mssaba, Guarra, Sahen01 et Sahen02). ACM affiche la modalité de réponse d'absence de contre fort, car c'est un élément manquant dans la composante du bâti nouveau (**Graphe 5-13c**).

Tableau 5-29. Résultats statistiques partis 5 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités	Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test
S1Q01-3	S4Q01-0	9,488	S4Q01-0	9,488		
S1Q01-4					S1Q01-7	9,492
S1Q01-5	S7Q01-0	-6,437	S7Q02-0	9,991		
S1Q01-7						

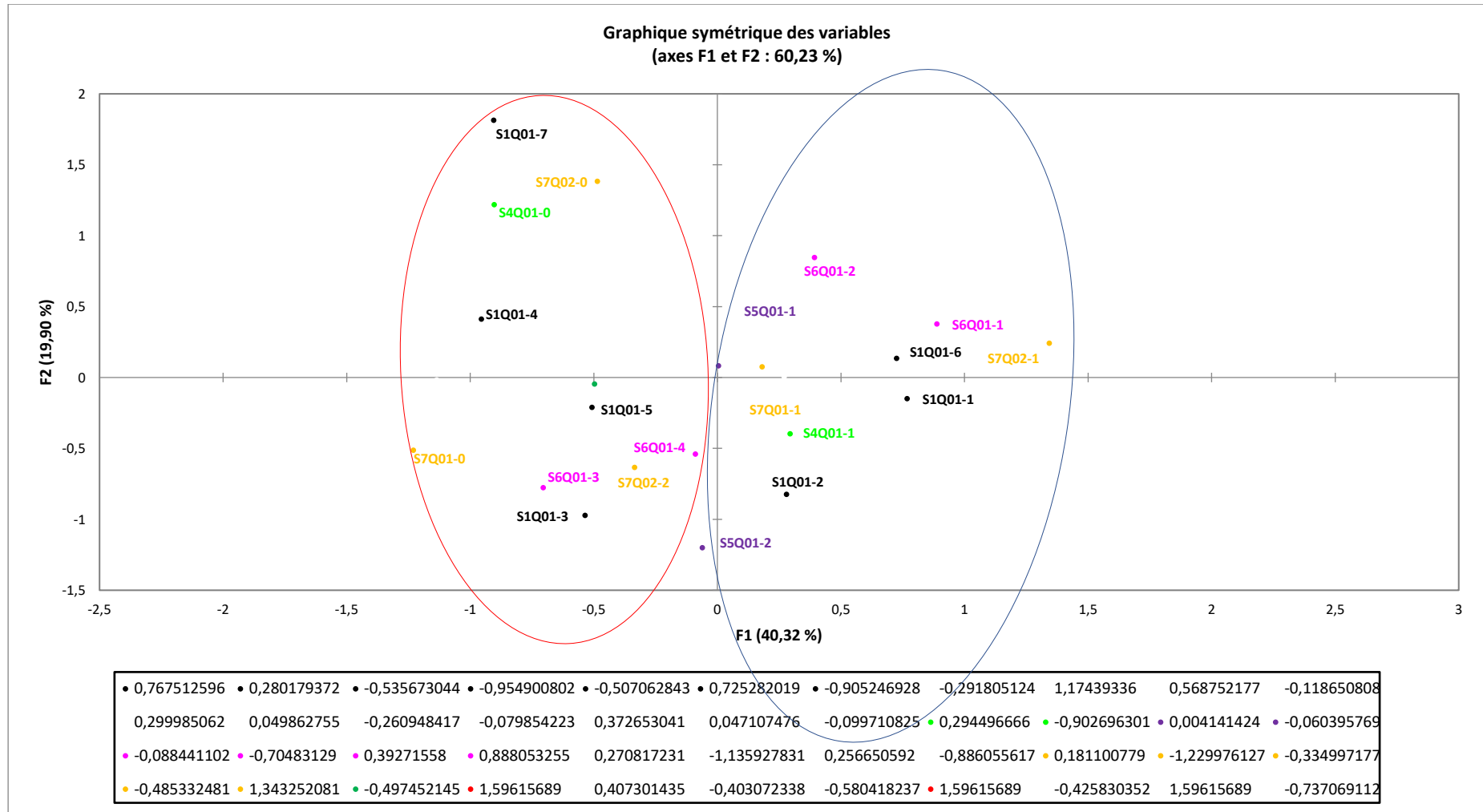
V.2.1.1.5.5. L'existence des désordres d'axes, l'existence des désordres du bâti :

Une corrélation entre l'existence des désordres au niveau des axes (fissures, traces humides, effondrement sec, effondrement humide) et les désordres au niveau du bâti (fissures, traces humides, corrosion des murs, dégradation des contres forts) leurs valeurs test calculées par l'ACM sont significatives par rapport au seuil α , les désordres touchent ou ce localise le bâti du type architectural ou du patrimoine (**Graphe 5-13d**)

Tableau 5-30. Résultats statistiques partie 6 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test
				S3Q01-1	-2,909
				S3Q03-1	2,353
S6Q01-1	2,205	S6Q01-2	9,548	S3Q04-1	2,757
				S6Q02-1	7,564
				S6Q03-1	6,504

Concernant la projection de la modalité de réponse l'absence des traces humides qui se trouve dans le cercle bleu (existence des désordres) elle est associée à ce qui est plus lourd et plus dangereux, c'est -à-dire l'effondrement humide des axes (**Graphe 5-13d**)



Graphique 5-13c. Partie 3 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types des bâtis et ces désordres chimiques, corrosion d'AEP, corrosion d'Assainissement.

V.2.1.1.5.6. L'absence des désordres d'axes, l'absence des désordres de bâti

Les valeurs tests calculées par l'ACM montrent la corrélation entre l'absence des désordres au niveau des axes (pas de fissures, pas de traces humides, pas d'effondrement sec, pas d'effondrement humide) et l'absence des désordres au niveau du bâti (pas de fissures, pas de traces humides, pas de corrosion des murs, pas de dégradation des contres forts).

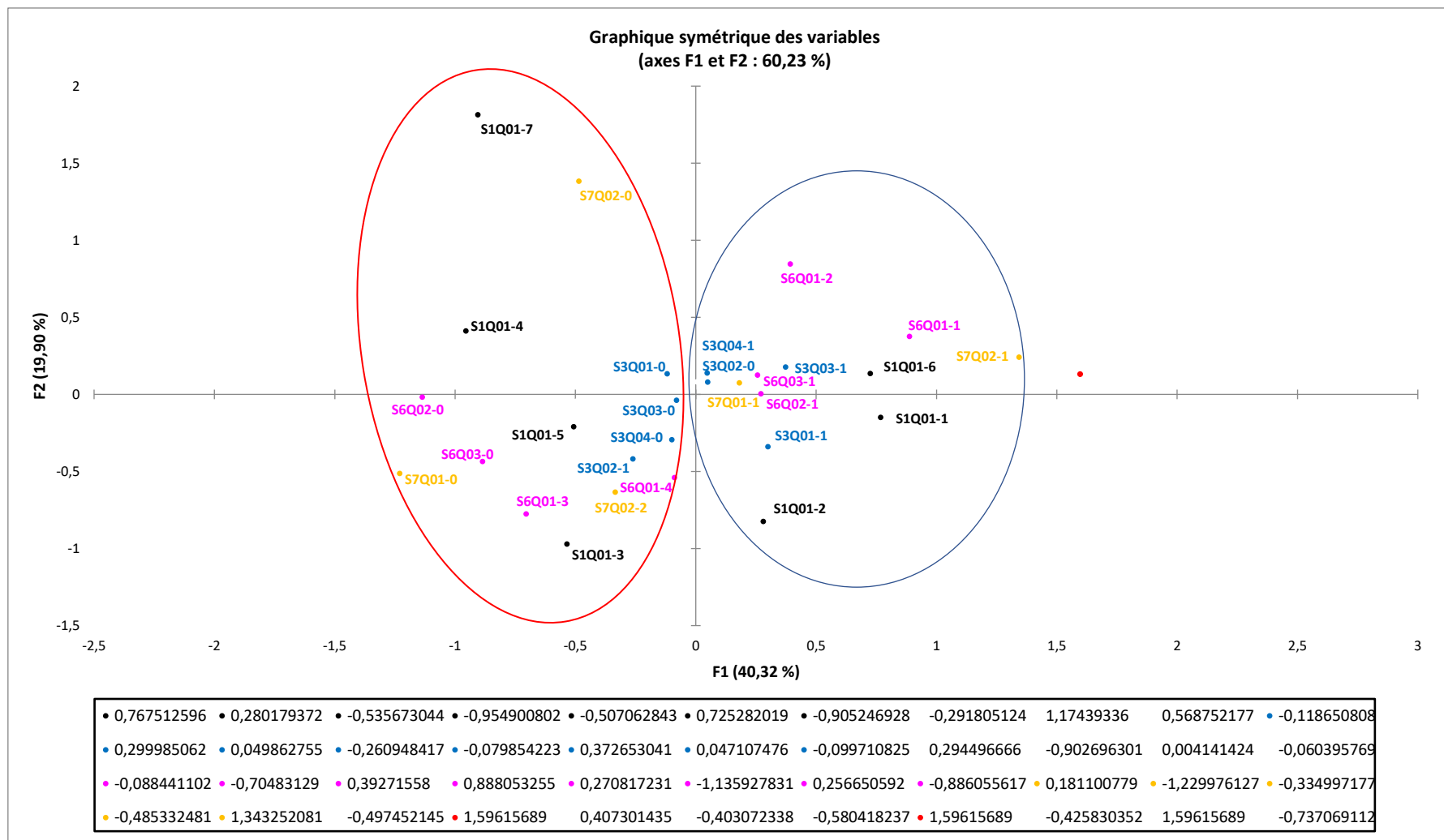
L'absence totale de ces désordres est mentionnée au niveau de la plupart du bâti du type nouveau ou l'extension des quartiers étudiés.

Tableau 5-31. Résultats statistiques partie 7 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test
				S3Q01-0	2,909
				S3Q03-0	-2,353
S6Q01-3	-5,698	S6Q01-4	-5,240	S3Q04-0	-2,757
				S6Q02-0	-7,564
				S6Q03-0	-6,504

La projection de la modalité de réponse l'existence des traces humides qui se trouve dans le cercle rouge (absence des désordres) elle a un rapport avec l'état des Ghouts dont nous parlerons plus tard.

CINQUIÈME CHAPITRE



Graphique 5-13 d. Partie 4 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, désordres d'axes, types de bâti et leurs désordres physicochimiques.

V.2.1.1.5.7. Désordres Ghouts, désordres axes, désordres réseaux :

Le Ghout est l'endroit le plus bas de la ville, il est très vulnérable aux problèmes liés à la remontée des eaux de la nappe phréatique causées par sa suralimentation avec les eaux d'irrigation et la surexploitation des eaux domestiques, il est le premier composant affecté par la remontée des eaux, les réseaux d'infrastructure en second et le bâti en troisième lieu. Il existe une relation entre les désordres des différents axes (fissures, traces humides, effondrement sec et effondrement humide) corrosion d'AEP corrosion d'assainissement et absence d'assainissement et les désordres des Ghouts (traces humides, inondations, roseaux) ; où il existe un niveau hydrostatique de la nappe phréatique proche de la surface en distinguant les désordres causés par l'eau (c'est évident que le Ghout est l'endroit premier où on les découvre) **(Graphe 5-13e)**

Il faut noter que tous les Ghouts diagnostiqués visuellement sont annuellement humides (sauf 14 cas sur 187 qui sont humides que durant les saisons humides), plus l'humidité est élevée, plus le désordre est important, de l'humidité à la croissance des roseaux, à l'apparition d'eau à la surface et l'inondation.

Tableau 5-32. Résultats statistiques partie 8 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités de réponse	Valeurs test	Modalités de réponse	Valeurs test
S3Q01-1 : fissures axes	2,573	S5Q01-1 : corrosion assai ⁽¹⁾	-4,288
S3Q02-1 : traces humides axes	-2,497	S5Q01-2 : absence assai ⁽¹⁾	-4,288
S3Q03-1 : effondrement sec	2,353	S8Q01-1 : Ghout humide	-12,052
S3Q04-1 : effondrement humide	2,757	S8Q02-1 : Ghout inondé	-9,910
S4Q01-1 : corrosion AEP	-9,488	S8Q03-1 : roseaux ⁽²⁾	-7,781

⁽¹⁾ Assainissement.

⁽²⁾ Implantations des roseaux

D'autre part aussi l'absence des désordres au niveau d'AEP a un lien avec l'absence d'inondation et absence de l'implantation des roseaux dans les Ghouts cela est localisé que dans les endroits topographiquement élevés, donc le niveau piézométrique est loin de la surface sauf durant les saisons humides (8 cas sur Sahen01, 6 cas sur Sahen02).

Tableau 5-33. Résultats statistiques partie 9 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités de réponse	Valeurs test
S4Q01-0 : AEP non corrodés	9,488
S8Q02-0 : Ghouts non inondés	9,057
S8Q03-0 : pas de roseaux	9,205

V.2.1.1.5.8. Désordres des Ghouts, désordres de bâti

ACM (**Graphe 5.13e**) montre toujours la corrélation entre les désordres du bâti et les désordres des Ghouts.

Tableau 5-34. Résultats statistiques partie 10 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités	Valeurs test	Modalités	Valeurs test
S6Q02-1 : murs humides	7,564	S8Q01-1 : Ghout humide	-12,052
S6Q03-1 : murs fissurés	6,504	S8Q02-1 : Ghout inondé	-9,910
S7Q01-1 : murs corrodés	6,437	S8Q03-1 : roseaux ⁽²⁾	-7,781
S7Q02-1 : contres forts dégradés	9,708	⁽²⁾ implantations roseaux	

Des liens de corrélation prouvés par des valeurs tests significatives montrent que le Ghout est le premier maillon d'une chaîne de désordres causés par l'utilisation excessive de la source d'eau.

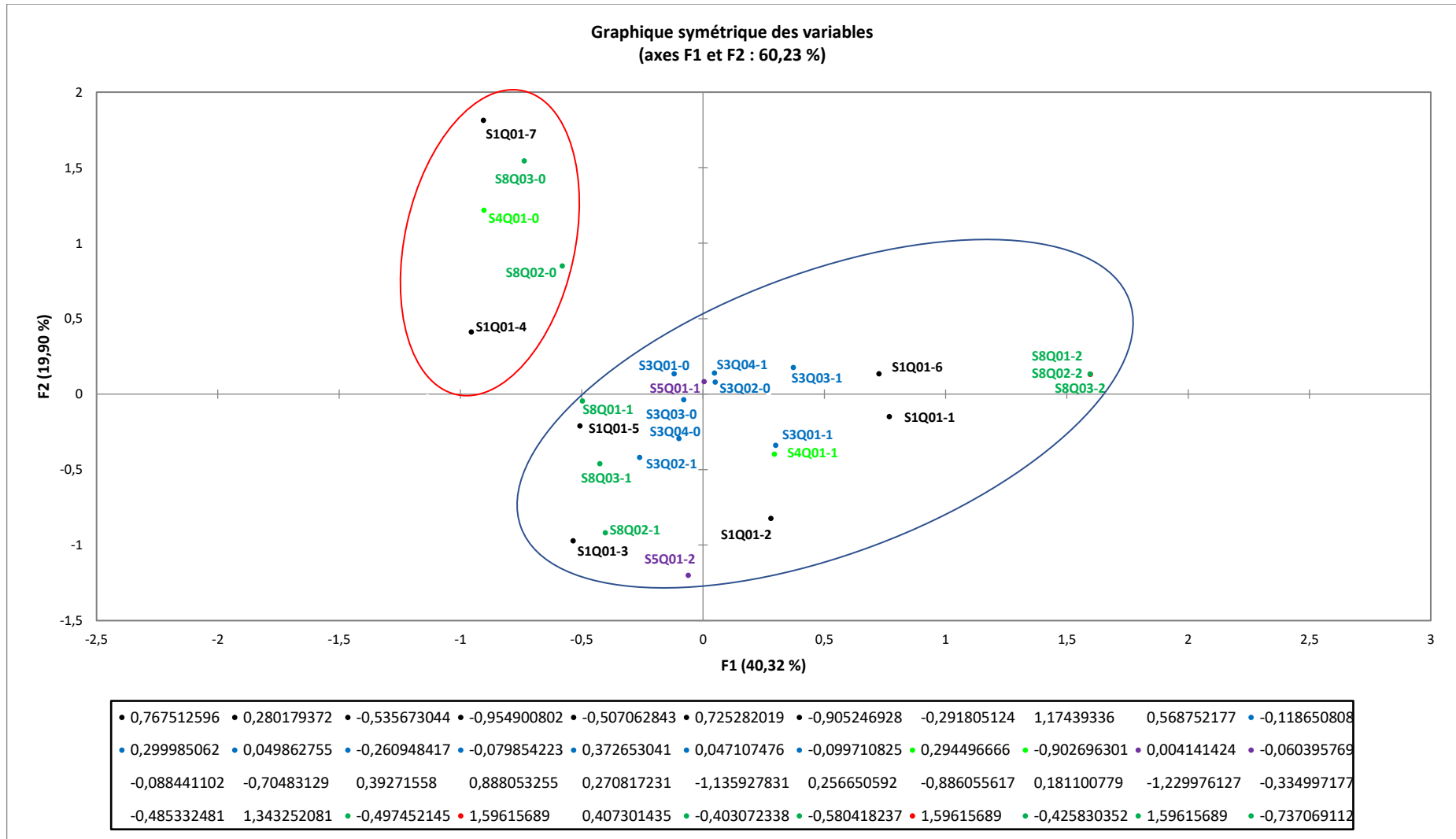
V.2.1.1.5.9. Absence des désordres des Ghouts, absence des désordres de bâti

Même ACM montre une corrélation entre l'absence de désordres au niveau des Ghouts et l'absence des désordres des murs et des piliers (**Graphe 5-13f**).

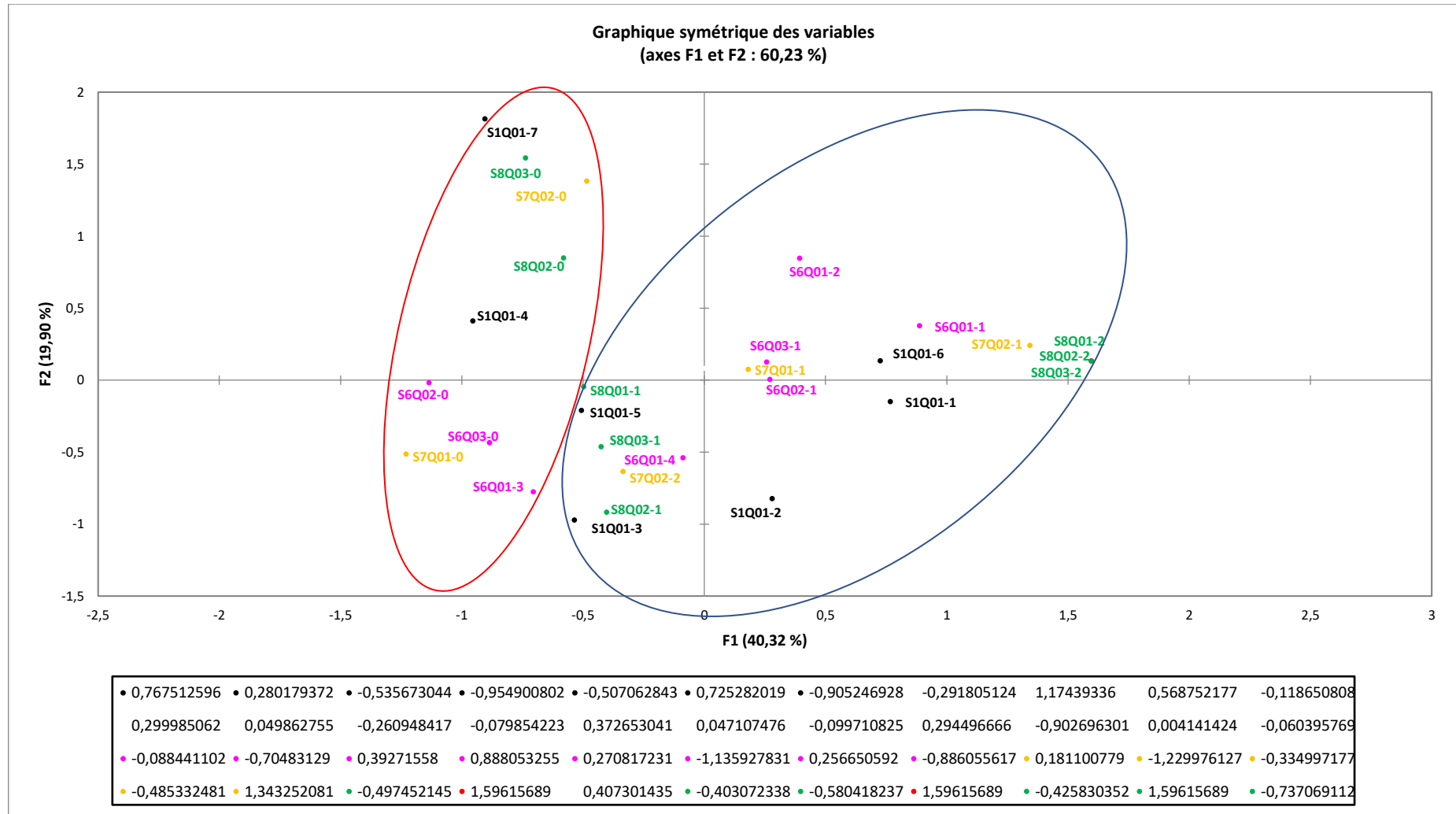
Tableau 5-35. Résultats statistiques partie 11 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued :

Modalités de réponse	Valeurs tests
S6Q02-0 : pas de traces humides (murs)	-7,564
S6Q03-0 : pas de fissures	-6,504
S7Q01-0 : pas de corrosion murs	-6,437
S7Q02-0 : pas de dégradation des contres forts	9,991
S8Q02-0 : pas d'inondation (Ghouts)	9,057
S8Q03-0 : pas de roseaux	9,205

La présence d'eaux dans le sol provoque la corrosion de tous comme une réaction chimique qui donne un entassement du sol traduit par l'effondrement des axes les corrosions des réseaux, dégradation des contres forts, fissures et corrosion des murs (**Graphe 5-13f**).



Graphique 5-13 e. Parti 5 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, désordres d'axes, Corrosion AEP, corrosion assainissement, Ghout et ces désordres.



Graphique 5-13 f. Partie 6 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types de bâti et leurs désordres physicochimiques, Ghouts et leurs désordres.

V.2.1.2. La villa de Bayadha

V.2.1.2.1. Type de bâti, désordres physiques des murs (traces humides et fissures), dégradation des contres forts et les Ghouts inondés :

L'analyse préliminaire (Analyse en Composantes Multiples-ACM) et bivariante montre que certaines variables propres aux caractéristiques.

L'ACM (**Graphe 5.15**) prend en compte dans le cas présent, les cas (observations) de diagnostic visuel (S1QO1), type bâti (S6QO1), trace humide (S6QO2), fissures (S6QO3), périodicité trace humide (S6QO4), périodicité fissure (S6QO5), périodicité de la dégradation des contres forts (S74QO5), périodicité inondation des Ghouts (S8QO6). Les modalités liées aux variables retenues sont notées dans le tableau suivant :

Tableau 5-36. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Bayadha, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (contre forts (piliers))

Variables qualitatives	Modalités de réponse
S1Q01 : Observations	1. Bayadha est (vers Enakhla) 2. Est mosquée Arahma 3. Est mosquée El Salem 4. Est Cimetièrre 5. Bayadha est 6. Bayadha est (vers Sidi Slimen) 7. Bayadha Nord-est 8. Bayadha est CCP 9. Station M, S Ayadi 10. Est mosquée El Salem 11. Est mosquée Arahma 12. Bayadha est 13. Est mosquée El Salem 14. L'bbama (près de la mosquée Abi Bakr Essedik) 15. L'bbama (près de la mosquée Abi Bakr Essedik) 16. Cité L'bbama 17. Cité L'bbama est 18. Cité L'bbama (l'est de la mosquée Abi bakr Assidik) 19. Cité L'bbama (l'est de la mosquée Omar B'nou El Khatab) 20. Cité L'bbama est 21. Cité Ftahza est 22. Cité Ftahza est 23. Cité Ftahza (sud près de la station, sBousbia) 24. Cité Ftahza est (vers El Nakhla) 25. Cité Ftahza (Sud Est d'Bayadha) 26. CW vers EL Nakhla (Sud el Bayadha)
S1Q02 : type Axe	1. Structurant 2. Secondaire
S6Q01 : type bâti	2. Traditionnel 3. Nouveau 4. Extension urbaine
S6Q02 : trace humide	1. Oui 2. Non
S6Q03 : fissures	1. Oui 2. Non
S6Q04 : périodicité trace humide	1. toute année 2. Saison humide 3. Pas de traces
S6Q05 : périodicité fissure	1. toute année 2. Saison humide 9. Pas de fissure
S7Q01 : corrosion mures	1. Oui 2. Non

CINQUIÈME CHAPITRE

S7Q02 : périodicité corrosion murs	1. toute année	2. Saison humide	3. Pas de corrosion
S7Q03 : contre forts (piliers)	1. Oui	2. Non	
S7Q04 : dégradation contre forts	1. Oui	2. Non	
S7Q05 : périodicité dégradation contre forts	1. toute année 2. Saison humide 7. Pas de dégradation 8. Pas de contre forts		
S8Q06 : périodicité inondation des Ghouts	1. toute année	2. Saison humide	

Sur le Graphe, la référence S1QO1-1 correspond à la modalité 1 de la question S1QO1

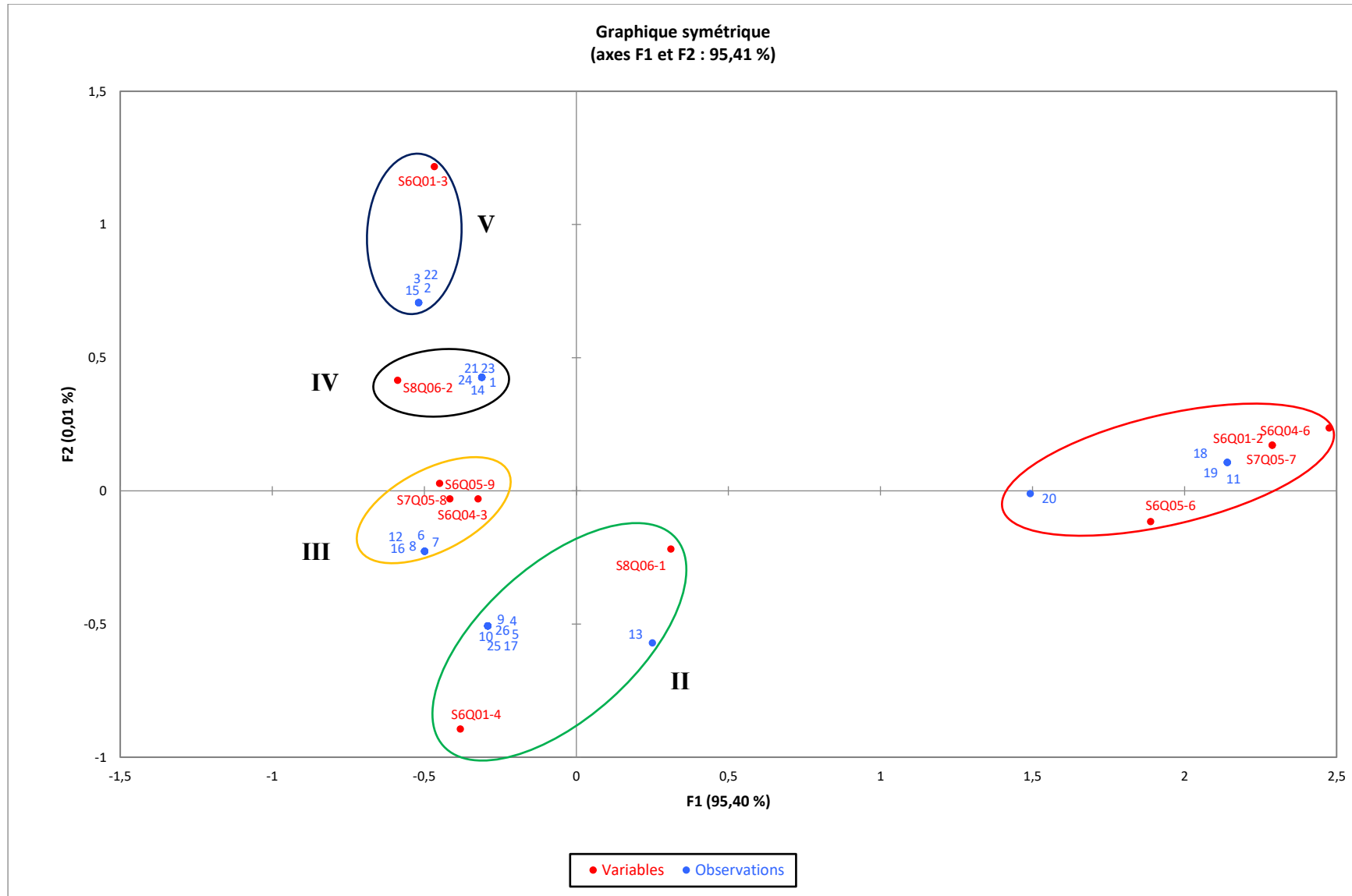
Les deux axes contribuent à hauteur de 95,41 % à l'inertie totale.

Par rapport à la dimension F1, les contributions importantes sont celles des modalités de réponse de la dégradation des contres forts (25,5 %), les modalités de réponse de la périodicité des fissures (22,8 %) et les modalités de réponse de la périodicité des traces humides (21,4 %). L'inertie de cette dimension égale à 95,39%.

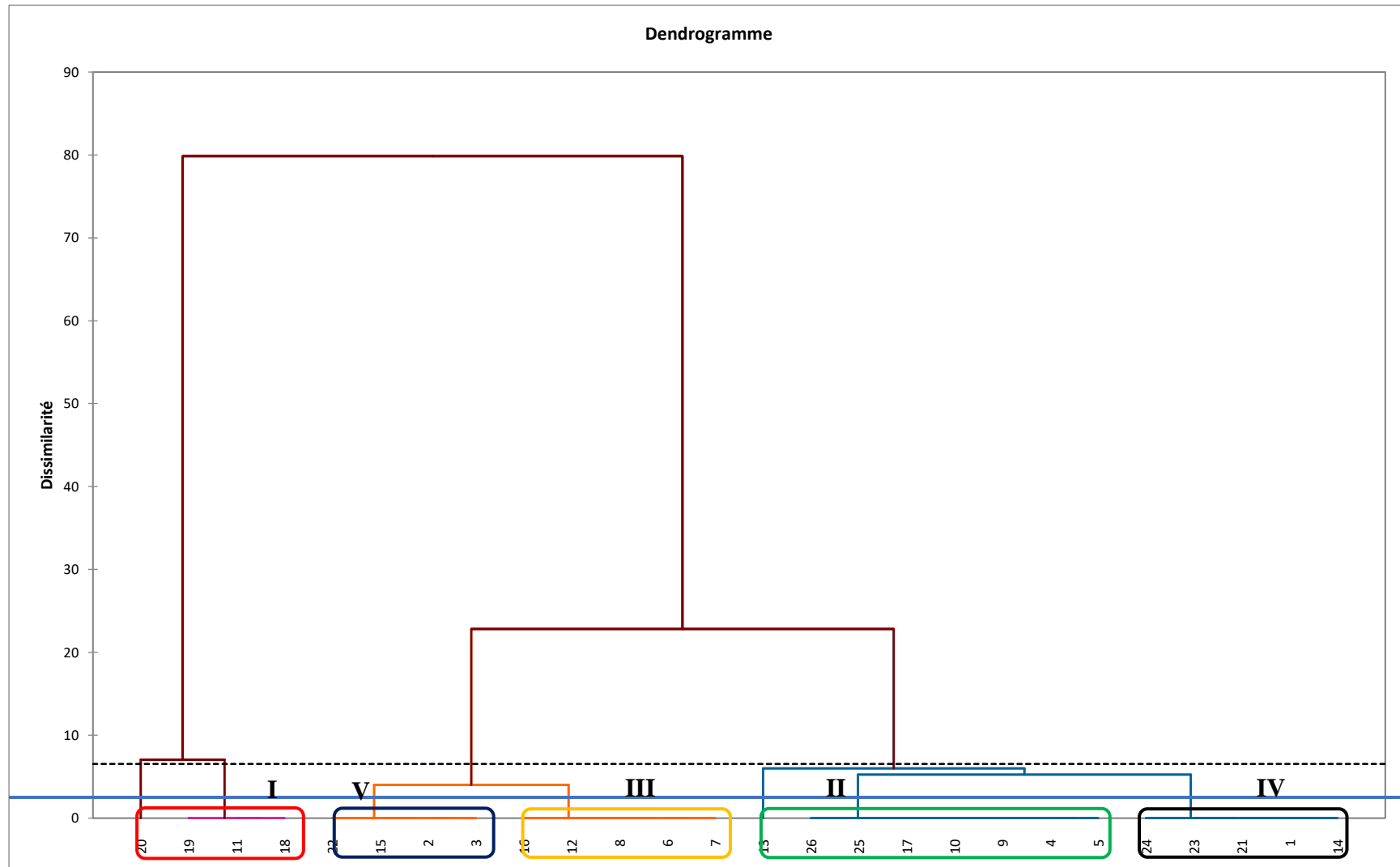
La deuxième dimension F2, les contributions importantes sont liées aux types de bâti (89,6%). Cet axe réplique le bâti du type traditionnel, les désordres chimiques et physiques que subis dans les différents points d'observation. L'inertie de la deuxième dimension est de 0.007 %.

De cette répartition, il ressort que le désordre physicochimique (**photo 5.39**) (traces humides – fissures) du bâti traditionnel est annuelle ainsi que l'absence totale de la dégradation des contres forts, détectés au niveau des endroits du diagnostic visuel suivants : Cité L'bbama est ; Cité L'bbama (l'est de la mosquée Abi Bakr Assidik) ; Cité L'bbama (l'est de la mosquée Omar B'nou El Khatab) ; est mosquée Arahma (**I**). Même ACM combine l'existence des Ghouts annuellement inondés au niveau de l'extension de la ville d'El Bayadha précisément aux : Bayadha Est ; Station multiservices Ayadi ; est mosquée El Salem ; Cité L'bbama Est (**photo 5.41**) ; Cité Ftahza (Sud Est d'Bayadha) (**photo 5.40**) ; CW vers EL Nakhla (Sud el Bayadha) (**II**). Même carte regroupe les observations Bayadha est (vers Sidi Slimen) ; Bayadha Nord Est ; Bayadha Est CCP ; Bayadha Est ; Cité L'bbama, où leur cadre bâti est saint de tous types de désordres (**III**). Même ACM indique que les lieux ou les Ghouts sont inondés chaque saison humide sont Bayadha est (vers Enakhla) ; L'bbama (près de la mosquée Abi Bakr Essedik) ; Cité Ftahza est ; Cité Ftahza (Photo 2.42) (sud près de la station multiservice Bousbia ; Cité Ftahza Est (vers El Nakhla) (**IV**), les endroits suivants présentent une concentration du bâti nouveau : Est mosquée Arahma ; est mosquée El Salem ; Cité Ftahza Est ; L'bbama (près de la mosquée Abi Bakr Essedik) (**V**).

Ce zonage est confirmé par une analyse du type d'une classification accédante hiérarchique (CAH), représenté par le dendrogramme suivant (**Graphe5-16**)



Graphique 5-15. ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville Bayadha.



Graphique 5-16. Dendrogramme de l'CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits d'observations dans la ville Bayadha.

— Ligne de la coupe de l'arbre.

Cette analyse primitive a fait suite à une analyse multi variante entre les différentes modalités afin de mieux définir les liens entre ces dernières.

V.2.1.2.1.1. Bâti traditionnel, désordres physique et chimique, Ghouts inondés :

D’après l’analyse les valeurs test calculées d’alpha pour le bâti du type traditionnel, les désordres physiques qui apparaissent 1fois /ans (traces humides, fissures), et les Ghouts annuellement inondés sont des valeurs significatives au seuil $\alpha=0,05$, ainsi que les cosinus carrés élevés qui traduisent leurs bonnes projections, cela montre que la relation entre ces modalités est significative il existe en effet un lien entre ces dernières, modalités liées non indépendantes (**Grphe 5-15**, Cercle rouge et vert). Le lien est traduit par la suralimentation annuelle de la nappe phréatique par les eaux d’irrigation, ou les eaux remonte à la surface au niveau des Ghouts (l’eau est visible à ces endroits, car ils sont les points les plus bas topographiquement) cette remontée est traduite par des traces humides et des fissures comme des réactions chimiques entre l’eau et les éléments de construction.

Tableau 5-37. Résultats statistiques partis 1 l’ACM de la ville Bayadha :

Modalités	Valeurs Test	Cosinus Carrés (%)
S6Q01-2 : bâti traditionnel	4,879	95,2
S6Q04-6 : traces humides 1 fois / ans	4,471	79,9
S6Q05-6 : fissures 1 fois / ans	4,608	84,9
S7Q05-7 : contres forts (piliers) non dégradés	4,879	95,2
S8Q06-1 : Ghouts inondés toute année	2,137	18,3



Photo5.39 : Fissures, traces humides bâties du type traditionnel (Bayadha Est cité L’ebbama)



Photo5.40 : Ghout inondé avec roseau (Bayadha Sud Est)



Photo5.41 : Ghouts annuellement inondé avec roseaux (Bayadha L'ebbama Est)

V.2.1.2.1.2. Bâtis nouveau, extension urbaine, désordres physique et chimique, Ghouts saisonnièrement inondé :

La relation entre les Ghouts inondés chaque saison humide, l'absence de tous types de désordres sur le bâti du type nouveau est révélatrice, car les valeurs tests sont significatives au seuil α , valeurs des cosinus carrés de ces modalités et identiquement pour leurs contributions à la carte donc il existe réellement un lien entre ces types de modalités de variables (cercle orangé, noir et bleu). L'alimentation en eau est naturelle saisonnière pour cela le niveau d'eau est visible au niveau des Ghouts

Tableau 5-38. Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de la ville Bayadha :

Modalités	Valeurs Test	Cosinus Carrés (%)
S6Q01-3 : bâti nouveau	4,425	78,3
S6Q01-4 : extension urbaine	-4,473	80,0
S6Q04-3 : pas de traces humides	-4,471	79,9
S6Q05-9 : pas de fissures	-4,608	84,9
S7Q05-8 : pas de contres forts	-4,879	95,2
S8Q06-2 : Ghout inondée chaque saison humide	-2,137	18,3



Photo5.42 : Ghout saisonnièrement inondé avec roseau, extension cité Ftahza)

V.2.1.3. La ville de Robbah

V.2.1.3.1. Type de bâti, désordres physiques des murs (traces humides et fissures), dégradation des contres forts et les Ghouts inondés :

L'ACM ci-dessous prend en compte dans le cas présent, les cas de diagnostic visuel (S1Q01), type d'axe (S1Q02), type bâti (S6Q01), périodicité fissure (S6Q05), périodicité inondation des Ghouts (S8Q06). Les modalités liées aux variables retenues sont notées dans le tableau suivant :

Tableau 5-39. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Kouinine, type d'Axe, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (murs ; contre forts (piliers))

Variables qualitatives	Modalités de réponse		
S1Q01 : Observations	1. Zaouia Est 01 4. Zaouia Est 04 7. Zaouia Est 07 10. Zaouia Est 10 13. Chaabna Est 02 16. Chaabna Est (vers Nekhla) 02 18. Chaabna Est 06 20. Chaabna (entre Robbbah et nezllet chaabna) 22. Chaabna Est 07 23. Chaabna (vers Nekhla) 05 25. Chaabna Est 09 27. ChaabnaEst 10	2. Zaouia Est 02 5. Zaouia Est 05 8. Zaouia Est 08 11. Chaabna Est 01 14. Chaabna Est 03 17. Chaabna Est 05 19. Chaabna Est (vers Nekhla) 03 21. ChaabnaEst (vers Nekhla) 24. Chaabna Est 08 26. ChaabnaEst (vers Nekhla) 06 28. Chaabna Est 11	3. Zaouia Est 03 6. Zaouia Est 06 9. Zaouia Est 09 12. Chaabna Est (vers Nekhla) 01 15. ChaabnaEst 04 17. Chaabna Est 05 19. Chaabna Est (vers Nekhla) 03 21. ChaabnaEst (vers Nekhla) 24. Chaabna Est 08 26. ChaabnaEst (vers Nekhla) 06 28. Chaabna Est 11
S1Q02 : type Axe	1. Structurant	2. Secondaire	
S6Q01 : type bâti	2. Traditionnel	3. Nouveau	4. Extension urbaine
S6Q05 : périodicité fissure	1. toute année	2. Saison humide	9. Pas de fissure
S8Q06 : périodicité inondation des Ghouts	1. toute année	2. Saison humide	

Sur le **Graph 5- 17**, la référence S1QO1-1 correspond à la modalité 1 de la question S1QO1.

Les deux axes contribuent à hauteur de 79,97 % à l'inertie totale.

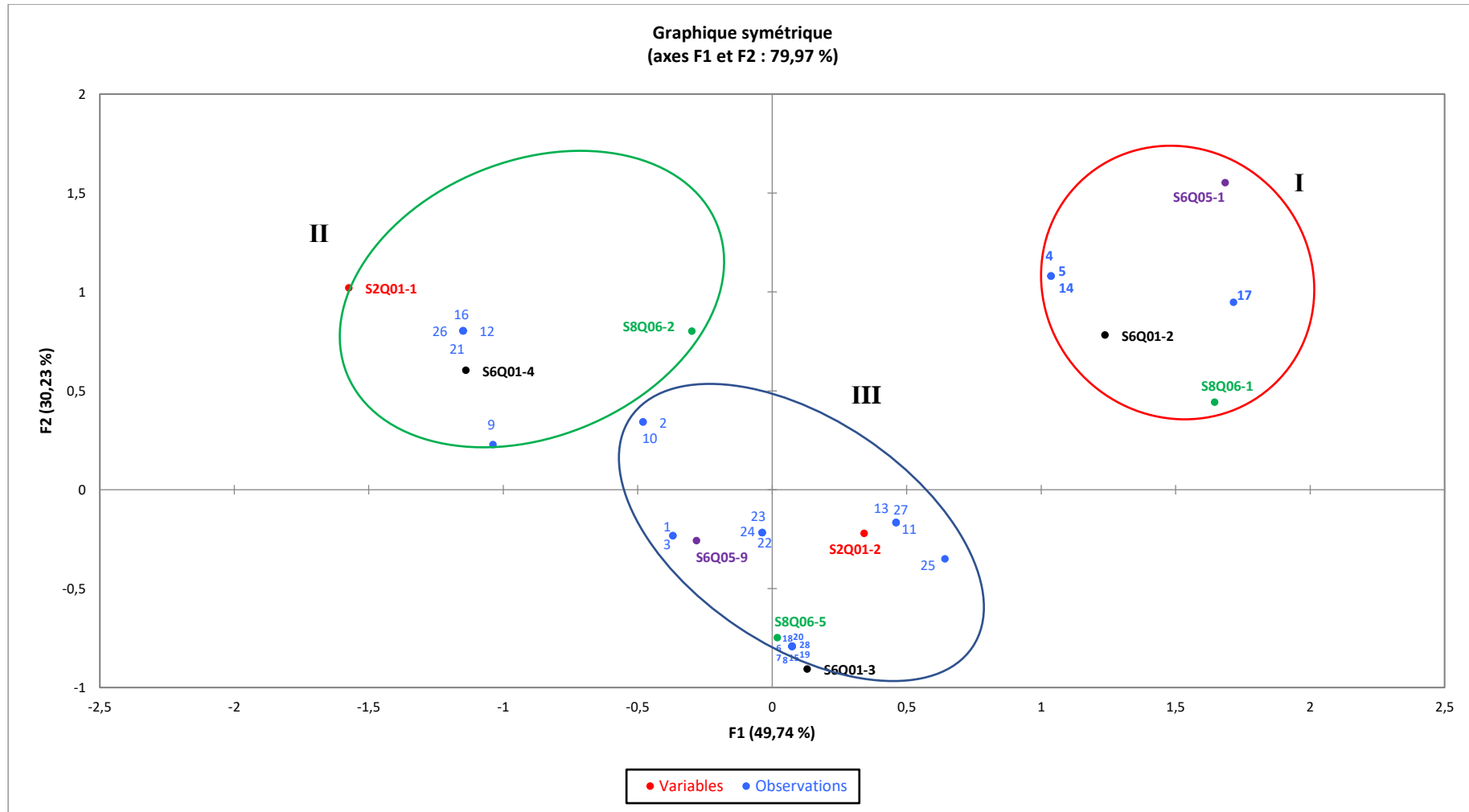
Par rapport à la dimension F1, les contributions intéressantes sont celle des modalités de réponse du type de bâti (39,4 %) des axes (26,3 %), les modalités de réponse de la périodicité des fissures (23,1 %). Cet axe réplique les axes structurants ou l'extension de la ville est eu lieu. L'inertie de la dimension F1 égale à 49,73 %.

Suivant la deuxième dimension, les contributions sont liées aux modalités de réponse des Ghouts inondés (31,3 %). L'inertie de la seconde dimension F2 équivalents à 30.23 %.

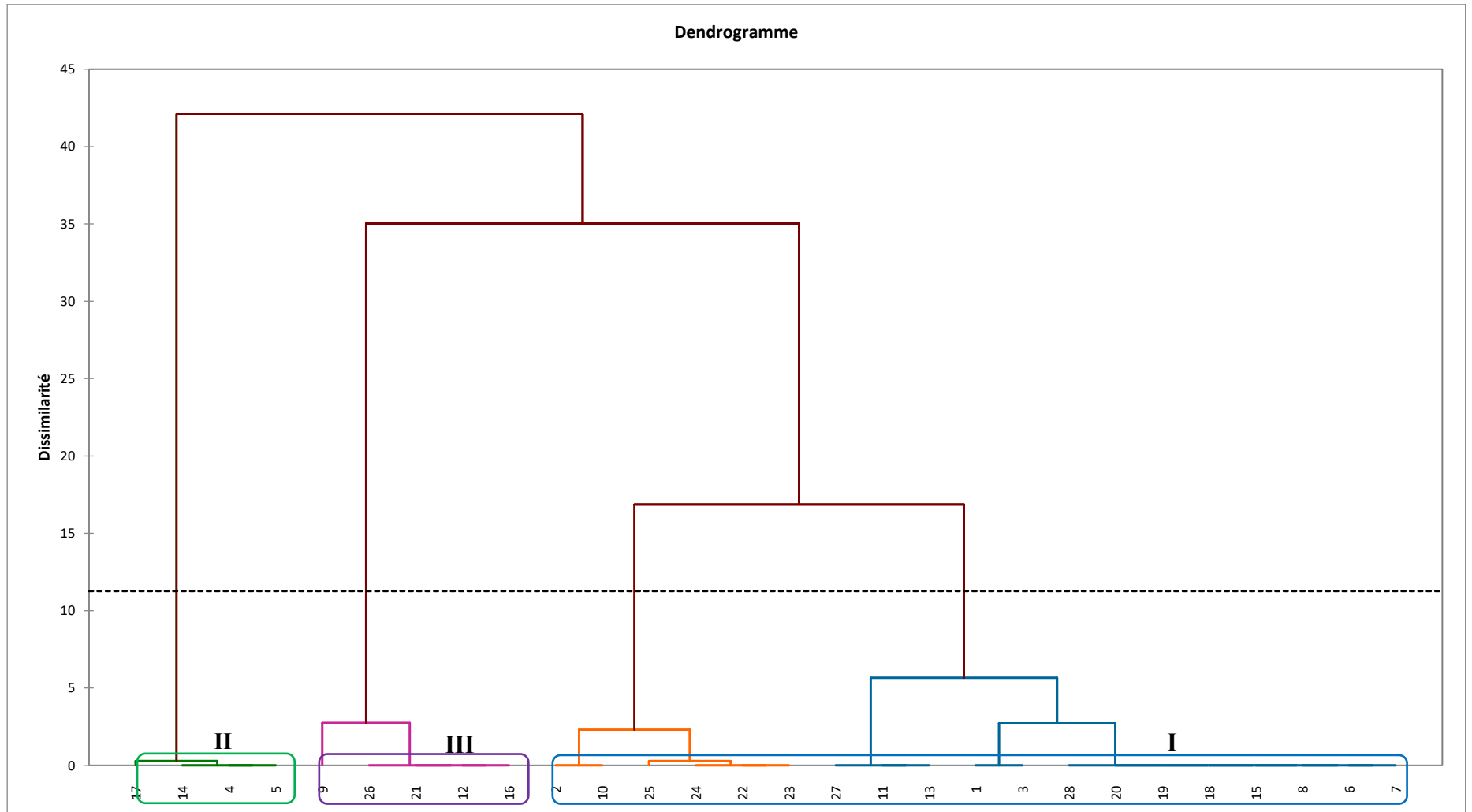
De cette répartition l'ACM (**Graph 5.17**), il ressort quels axes sont du type secondaire, le bâti du type traditionnel localisé au niveau du Zaouia Est (observation 4,5), Chaabna Est (observation 14,17) subit des fissurations annuelles des murs les Ghouts des endroits (4, 5, 14) sont inondés chaque saison humide avec l'implantation annuelle des roseaux concernant le cas 17 le Ghout est humide, inondé avec roseaux durant toute l'année (**I**). Vers Nekhla au niveau du Chaabna (observations 21, 12, 26,16) et une observation (observation 9) les axes sont du type structurant, où se localisent l'extension urbaine de ces quartiers (extension urbaine de la ville vers l'Est), les Ghouts sont annuellement humides avec l'implantation annuelle des roseaux, saisonnièrement inondés (chaque saison humide) (**II**). Le reste des cas d'étude (observations 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28) où tous les axes sont du type secondaire, le bâti est majoritairement du type nouveau ces murs sont saints pas de fissures, les Ghout sont annuellement humides non inondés avec l'implantation annuelle des roseaux (**III**).

Ce zonage est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (CAH), notre CAH (**Graph 5-18**) organise les 28 observations, définies par 10 modalités, en les regroupant de façon hiérarchique apparaissent sur le dendrogramme présenté ci-dessous.

Cette analyse préalable a fait suite à une analyse multi variante entre les distinctes variables afin de mieux définir les liens entre ces dernières.



Graphique 5-17. ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville de Robbah.



Graphique 5-18. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits d'observations dans la ville de Robbah.

V.2.1.3.2. Bâti traditionnel, fissures annuelles, Ghouts annuellement inondés :

Les relations entre la modalité de réponse des Ghouts inondés toute l'année (**photo 5.43**), bâtis traditionnels et les fissurations annuelles des murs (**photo 5.44**), sont significatives, car les valeurs tests sont considérables (les valeurs affichées en gras) par rapport au seuil Alpha il ya un lien un rapport entre la montée de l'eau qui stagne à la surface au niveau des Ghouts tout au long de l'année sont aux désordres de fissures permanentes aux bâti traditionnels. Ces désordres physicochimiques sont localisés à l'est de la ville de Robbah, traduisent les réactions entre la qualité chimique de l'eau montante et les matériaux qui composent le tissu traditionnel. Les projections des modalités sont acceptables surtout celle du bâti traditionnel (cercle rouge).

Tableau 5-40. Résultats statistiques partie 1 de l'ACM de la ville Robbah :

Modalités	Cosinus carrés (%)	Valeurs test
S6Q05-1 : fissures toute année	47,3	3,574
S6Q01-2 : bâti traditionnel	51,1	3,716
S8Q06-1 : Ghout inondé toute l'année	20,8	2,373



Photo 5.43 : Ghout annuellement inondé (Robbah cité Chaabna Est)



Photo 5.44 : fissuration permanente bâtie du type traditionnel (Robbah/Chaabna Est)

V.2.1.3.3. Axes structurants, bâti du type extension urbaine, Ghouts inondés chaque saison humide :

Un lien entre les axes structurants et l'extension urbaine (**photo 5.45**) ce qui est évident, ces endroits sont localisés topographiquement un peu plus élevés que les cas précédents, un lien significatif, car les valeurs tests sont considérables (les valeurs affichées en gras) par rapport au seuil Alpha (cercle vert).

Tableau 5-41 : Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de la ville Robbah :

Modalités	Cosinus carrés (%)	Valeurs test
S8Q06-2 : Ghouts inondés chaque saison humide	06,6	3,603
S6Q01-4 : extension urbaine	48,1	-4,069
S2Q01-1 : axes structurant	53,8	-3,813



Photo 5.45 : Axe structurant, Ghout saisonnièrement inondé, parti de l'extension urbaine de la ville du Robbah

V.2.1.3.4. Axes secondaires, pas de fissures des murs, pas d'inondation des Ghouts :

Une corrélation entre les axes saints, l'absence des fissures (**photo 5.46**) et l'absence d'inondation au niveau des Ghouts donc plus le niveau piézométrique est loin de la surface plus les désordres sont moins sévères, certainement que les Ghouts non inondés sont annuellement humides avec roseau (**photo 5.47**) parce qu'ils sont les points les plus proches de la nappe phréatique et les premiers où les désordres apparaissent (cercle bleu).

Tableau 5-42. Résultats statistiques partie 3 de l'ACM de la ville Robbah :

Modalités	Cosinus carrés (%)	Valeurs test
S2Q01-2 : axes secondaires	53,8	3,813
S8Q06-5 : Ghouts humides non inondés	56,2	-3,894
S6Q05-9 : pas de fissures (murs)	47,3	-3,574



Photo 5.46 : Murs saint sans fissures (Robbah cité Zaouia Est)



Photo 5.47 : Ghout non inondé, annuellement humide, implantation annuelle de roseau

V.2.1.4. La ville de Kouinine

V.2.1.4.1. Axes routiers, type de bâti, désordres physiques des murs, désordres chimiques des murs et contre fort et les Ghouts inondés :

L'ACM (**Grphe 5-15**) prend en compte dans le cas présent, les cas de diagnostic visuel (S1Q01), type d'axe (S1Q02), type bâti (S6Q01), trace humide (S6Q02), fissures (S6Q03), périodicité trace humide (S6Q04), périodicité fissure (S6Q05), corrosion des murs (S7Q01), périodicité corrosion murs(S7Q02), contre forts (piliers) (S7Q03), dégradation contre forts (S7Q04), périodicité dégradation contre forts (S74Q05), périodicité inondation des Ghouts (S8Q06). Les modalités liées aux variables retenues sont notées dans le tableau suivant :

Tableau 5-43. Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Kouinine, type d'Axe, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (murs ; contre forts (piliers))

Variables qualitatives	Modalités de réponse		
S1Q01 : Observations	1. Sud mosquée El Arkam 2. Sud Zaouia Tidjania 3. Sud mosquée El Kaouarir 4. Est mosquée El Kaouarir 5. Kouinine centre East 6. Kouinine East ₂ 7. Kouinine centre 8. Kouinine centre (est RN48) 9. Nord-est mosquée El Arkem 10. Kouinine Nord Est 11. Kouinine Nord Est 12. Kouinine Nord-est 13. Kouinine Nord-est 14. Kouinine Nord Est 15. Kouinine Nord-est 16. Kouinine Sud-est 17. Kouinine Sud-est 18. Kouinine Sud-est 19. Kouinine Sud-est 20. Kouinine Sud-est 21. Kouinine Sud-est 22. Kouinine Sud-est (RC 110) 23. Kouinine Sud-est (RC 110) vers UNIV 24. Kouinine Sud est ₁ 25. Kouinine Sud est ₂ 26. Kouinine Sud est ₃		
S1Q02 : type Axe	1. Structurant	2. Secondaire	
S6Q01 : type bâti	2. Traditionnel	3. Nouveau	4. Extension urbaine
S6Q02 : trace humide	1. Oui	2. Non	

S6Q03 : fissures	1. Oui	2. Non	
S6Q04 : périodicité trace humide	1. toute année	2. Saison humide	3. Pas de traces
S6Q05 : périodicité fissure	1. toute année	2. Saison humide	9. Pas de fissure
S7Q01 : corrosion murs	1. Oui	2. Non	
S7Q02 : périodicité corrosion mures	1. toute année	2. Saison humide	3. Pas de corrosion
S7Q03 : contre forts (piliers)	1. Oui	2. Non	
S7Q04 : dégradation contre forts	1. Oui	2. Non	
S7Q05 : périodicité dégradation contre forts	1. toute année	2. Saison humide	7. Pas de dégradation 8. Pas de contre forts
S8Q06 : périodicité inondation des Ghouts	1. toute année	2. Saison humide	

Sur le Graphe, la référence S1Q01-1 correspond à la modalité 1 de la question S1Q01.

Les deux axes contribuent à hauteur de 94,30 % à l'inertie totale.

Par rapport à l'axe F1, la contribution importante est celle de la modalité de la dégradation des contres forts (18 %), les modalités ; périodicité des traces humides, périodicité des fissures, périodicité des corrosions des murs chacune de ces modalités ont le même pourcentage de contribution (17.9 %). L'inertie de la dimension F1 égale à 51,73 %.

Cet axe réplique les types de bâtis sauf le bâti du type patrimoine, ici le type le plus pertinent c'est celui du type traditionnel dans lequel les contres forts sont considérées comme l'une des caractéristiques les plus importantes et les désordres chimiques et physiques que subit ce type de bâti.

Suivant l'axe 2, les contributions importantes sont liées à la périodicité de la dégradation des contres forts (19.6 %), les modalités ; périodicité des traces humides, périodicité des fissures, périodicité des corrosions des murs chacune de ces modalités ont le même rapport de contribution (19.5 %). Cette dimension réplique principalement le type de bâti patrimoine architectural (ainsi que les différents types sauf le traditionnel), et les désordres physicochimiques diagnostiqués visuellement au niveau de ces éléments caractéristiques (contre forts). L'inertie de cette dimension égale à 42,55 %.

De cette répartition figurée via notre dernière ACM (**Graph 5-19**), il ressort que la dégradation chimique annuelle (**photo 5.48**) du bâti du type traditionnel (murs, contre forts) est localisée au Centre-Est de la ville de Kouinine (observation 5 ; 6 ; 7 et 8) où en trouvent des Ghouts inondés toute l'année (**photo 5.49**) qui reflètent le niveau piézométrique élevé dans cet endroit (I). Même représentation combine l'existence des axes secondaires avec le patrimoine architectural. Ce qui est logique pour la ville arabo- musulmane, Sud mosquée El Arkam, Sud mosquée El Kaouarir le vieux centre de la ville (observation 1 ;2 ;3 ;4), les désordres

physicochimiques saisonniers de ce type (traces humides ; fissures, corrosions mûrs) (**photo 5-49**). Mais à ces endroits en note l'absence totale du désordre de la dégradation des contres forts (piliers), cette ACM combine ces endroits avec l'inondation saisonnière des Ghouts ce qui dévoile la résistance des matériaux de construction des piliers devant la qualité chimique des eaux montantes. Concernant l'observation 9 du type traditionnel combinée avec les Ghout saisonnièrement inondé les désordres que subis cet endroit sont de périodicité saisonnière (**II**). Même ACM regroupe les observations (de 10 à 26) où se localise le bâti du type nouveau et l'extension urbaine du tissu, ces points d'observation sont exempts de tout problème mentionné plus haut (**III**).



Photo 5.48 : bâti du type traditionnel corrosion chimique annuel

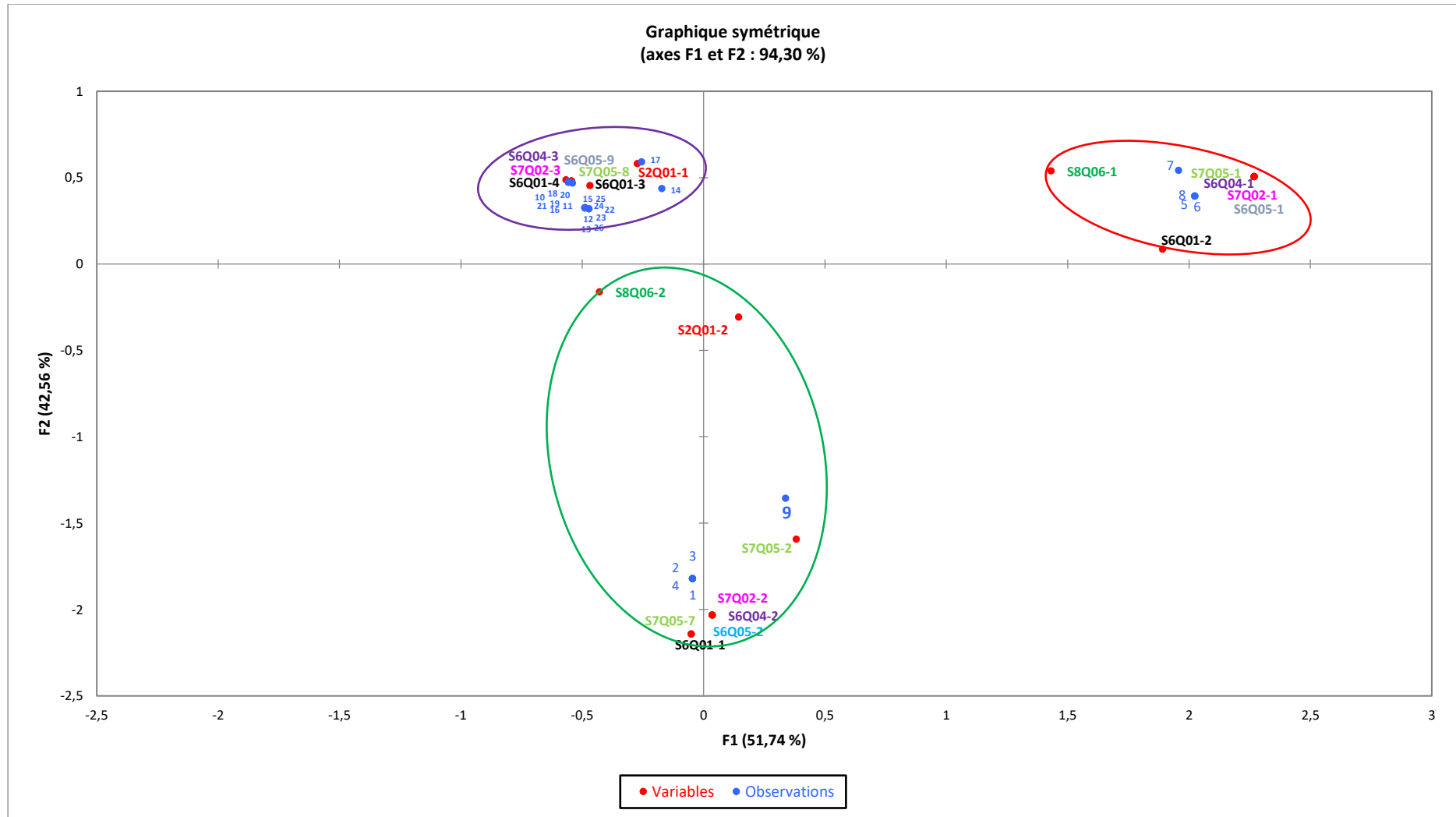


Photo 5.49 Ghout annuellement inondable avec implantation des roseaux

Ce zonage est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (**Graphe 5-20**), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique). Les liens hiérarchiques apparaissent sur le dendrogramme présenté ci-dessous (**Graphe 5-15**). Cette analyse préalable a fait suite à une analyse multi variante entre les distinctes variables afin de mieux définir les liens entre ces dernières.



Photo 5.50 : patrimoine architectural subis des désordres physicochimiques



Graphique 5-19. ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville de Kouinine

Ce zonage est confirmé par une classification ascendante hiérarchique (CAH), celle-ci est réalisée avec un paramétrage standard (distance euclidienne, méthode de Ward, troncature automatique). Les liens hiérarchiques apparaissent sur le dendrogramme présenté ci-dessous (**Graphe 5-20**).

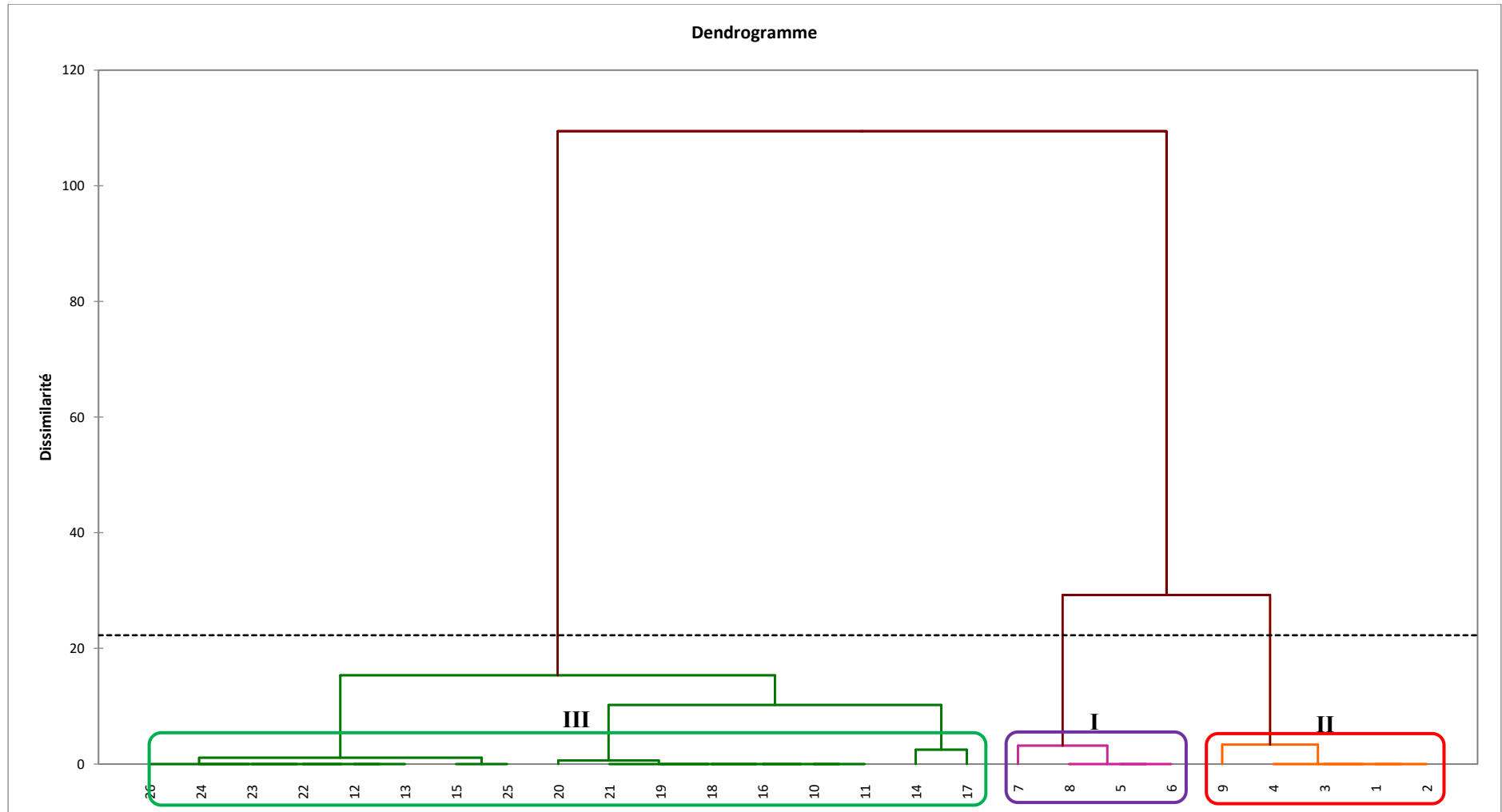
Cette analyse préalable a fait suite à une analyse multi variante entre les distinctes variables afin de mieux définir les liens entre ces dernières.

V.2.1.4.2. Le bâti traditionnel, dégradation des contres forts, corrosion murs, trace humide, fissures annuelles, Ghouts annuellement inondés

Les relations significatives entre la modalité des Ghouts annuellement inondés, bâti traditionnel et la dégradation annuelle des contres forts, d'une part et corrosion des murs toute l'année ainsi que les fissures annuelles d'autres part. Elles sont, car les valeurs tests sont considérables (les valeurs affichées en gras) par rapport au seuil Alpha il y a un lien un rapport entre la montée de l'eau qui se reflète dans les Ghouts submergées tout au long de l'année est aux désordres permanents aux bâtis traditionnels (cercle rouge). Ces désordres physicochimiques sont localisés au Centre Est de la ville de Kouinine. La relation entre la modalité des Ghouts inondées et le type d'axes secondaires n'est pas significative.

Tableau 5-44. Résultats statistiques partie 1 de l'ACM Kouinine :

Modalités (Variables)	Valeur Test	Cosinus Carrés
S8Q06-1 : Ghouts inondés toute année	3,920	61, 5
S2Q01-1 : axe secondaire	0,995	17,8
S6Q01-2 : bâti traditionnel	4,613	85,1
S6Q04-1 : traces humides toute année	4,835	93,5
S6Q05-1 : fissures caque toute année	4,835	93,5
S7Q02-1 : corrosion murs chaque toute année	4,835	93,5
S7Q05-1 : dégradation des contres fort toute année	4,835	93,5



Graphique 5-20. Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits D'observations dans la ville de Kouinine.

V.2.1.4.3. Patrimoine architectural dégradation des contres forts, corrosion murs, trace humide, Ghouts saisonnièrement inondés

Un lien de corrélation entre les désordres saisonniers (fissures, corrosion) des murs du patrimoine architectural (du vieux centre de Kouinine) et les Ghouts saisonnièrement inondés. Malgré l'endroit vulnérable aux remontées saisonnières des eaux de la nappe phréatique, mais les piliers du patrimoine sont saints aucune dégradation observée sur le terrain (cercle vert). Même tableau présent une valeur test non significative au seuil alpha entre les Ghouts inondés et la dégradation saisonnière des contres forts, car la modalité (S7Q05-2) concerne le cas 9 qui représente le bâti traditionnel.

Les valeurs COS^2 c'est la qualité de présentation des modalités entre la modalité et sa projection.

Tableau 5-45. Résultats statistiques partis 2 de l'ACM Kouinine :

Modalités de réponses	Valeur Test	Cosinus Carrés	Observation
S8Q06-2 : Ghouts inondés chaque saison humide	-3,92	61,5	1, 2, 3, 4,9
S2Q01-2 : Axe secondaire	-2,111	17,8	1,2,3,4,9
S6Q01-1 : patrimoine architectural	-4,566	83,4	1,2,3,4
S6Q04-2 : Traces humides chaque saison humide	-4,958	98,3	1,2,3,4,9
S6Q05-2 : Fissures chaque saison humide	-4,958	98,3	1,2,3,4,9
S7Q02-2 : Corrosion murs chaque saison humide	-4,958	98,3	1,2, 3, 4,9
S7Q05-2 : Dégradation des contres forts chaque saison humide	0,382	10,2	9
S7Q05-7 : Pas de dégradation des contres forts	-4,566	83,4	1,2,3,4

V.2.1.4.4. Bâti nouveau, extension de la ville, corrosion murs, trace humide, fissures, Ghouts inondés

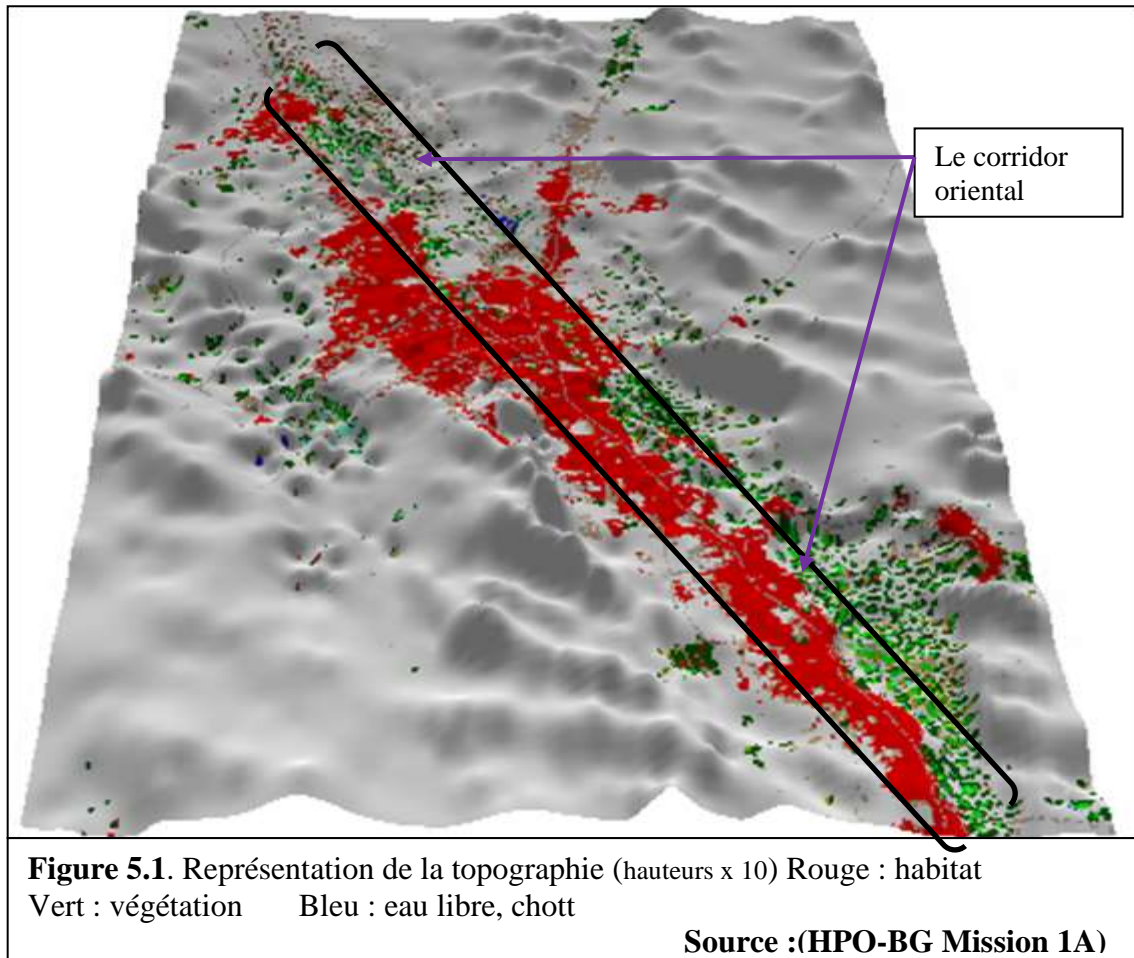
Les valeurs calculées pour le bâti nouveau et l'extension de la ville, l'absence des corrosions des murs, absence des fissures, et absence des traces humides sont significatives en référence à la valeur seuil il existe un lien entre ces modalités (cercle bleu).

Tableau 5-46. Résultats statistiques partis 3 de l'ACM Kouinine :

Modalités de réponses	Valeur Test	Cosinus Carrés
S2Q01-1 : Axe structurant	2,111	17,8
S6Q01-4 : extension de la ville	2,433	32,2
S6Q04-3 : pas de traces humides	3,290	55,9
S6Q05-9 : pas de fissures	3,290	55,9
S7Q02-3 : pas de corrosion murs	3,290	55,9
S7Q05-8 : pas de contres forts (piliers)	3,290	55,9

V.2.2. Discussions des résultats d'ACMs :

Les études de l'ANRH et ENHPO (HPO-BG Mission 1A), confirment que le pendage général de la zone d'étude est orienté Sud/Nord, avec une pente moyenne très faible (au mieux de l'ordre de 0.002 m/m à 0.003 m/m)



Selon la représentation topographique (**figure 5.1**) la partie est et sud-est est plus élevée que l'Est et moins basse en allant vers le nord, les ancêtres soufis ont implanté leurs Ghouts dans les endroits les plus bas en raison d'irriguer les palmiers directement par la nappe phréatique et ils ont habité les régions les moins reculées pour réduire la distance quotidienne entre la maison et le travail dans les Ghouts. Au fil des années et en cours de l'extension urbaine, le tissu des villes a atteint les Ghouts exactement par le corridor oriental illustré au figure 5.1 dans la ville d'El Oued, Bayadha, Robbah et Kouinine ; où les Ghouts sont transformés en servitudes, les villes s'étendent à différentes directions, en particulier les routes nationales. Cela veut dire que les endroits à faible gravité et faible altitude sont habités par l'homme.

Durant notre travail en ont découvert les désordres saisonniers (chaque saison humide) donc le gonflement de la nappe phréatique dans cette période et lié par les précipitations cela veut dire l'infiltration des eaux en aval ce qui un phénomène inévitable et totalement naturel. La question à poser est d'où vient l'eau qui cause les différents désordres (annuels) étudiés dans ce chapitre ? Ce fléau d'eau plus qu'elle n'est censée être raisonnable est causé par l'eau d'irrigation ; en effet le système agraire non oasisien (pivot) a alimenté le milieu (système fermé) avec un immense excès d'eau à évacuer. D'après les résultats obtenus par Daddi, B et al (juin 2011) les eaux phréatiques se transforment de plus en plus visible à la surface et salées, de transition des Ghouts secs vers ceux humides et inondés. L'urbanisation et économique vécu par la région ont provoqué l'utilisation lourde du complexe terminal et du continental intercalaire. Cela a produit en l'absence d'un système de drainage agricole et d'assainissement des eaux usées (les autres agglomérations de la vallée), la remontée des eaux phréatiques qui a permis l'aggravation de la salinité des sols sableux, modérément gypseux et relativement calcaires, la salinité des sols change entre les situations sèches et inondées, de 1,23 à 3,34 dS.m⁻¹ (Daddi et al, 2011). Les sels s'amassent par dynamique montante des eaux phréatiques contrairement à un sol irrigué (Daddi B, MBrinis L, 1997). Tout désordre diagnostiqué dans le tissu urbain n'est que des réactions chimiques entre les matériaux de construire et l'eau montante de qualité chimique dure.

Conclusion

La viabilité économique locale que notre aire d'étude a connue à impliquer l'abus des nappes profondes surtout dans le domaine d'irrigation dans les pivots ; le rejet des eaux usées, l'absence d'un réseau indispensable de drainage agricole sont autant de facteurs, renforçant la vulnérabilité du milieu face aux aléas des fluctuations de la nappe phréatique. Les effets désastreux développés de salinisation et qualités chimiques des eaux ont contribué à la dégradation de l'environnement. En effet, si cette calamité n'est pas stoppée et prise en charge par les pouvoirs publics locaux, les conséquences seront plus graves sur le patrimoine architectural et le patrimoine culturel (système Ghout), qui risquerait de disparaître avec un risque réel de désertification et des résultats socio-économiques catastrophiques sur toute la région d'Oued Souf. On ce qui concerne la deuxième conurbation (Guemar et Taghzout), aucun cas n'a été signalé inhérent à la moindre détérioration, mais aussi aucune preuve de vulnérabilité n'a été recensée. On ce qui concerne la deuxième conurbation (Guemar et Taghzout), aucun cas n'a été signalé inhérent à la moindre détérioration, mais aussi aucune preuve de vulnérabilité n'a été recensée.


SIXIÈME CHAPITRE

Sixième Chapitre :

Décider face à la complexité du contexte urbain et environnemental : L'utilisation des sols en adéquations avec les extensions urbaines

Introduction

Dans la modélisation SIG, certaines approches analytiques peuvent être établies pour estimer des différents scénarios de risque ou d'adéquation du site. Ces scénarios admettaient d'examiner, d'analyser, d'étudier et de comparer des démarches de substitution et remplacement d'évolution de croissance avant d'adopter des décisions ou des engagements décisifs (Albrecht 1996). L'analyse de l'adéquation des terres à la croissance urbaine future est estimée ainsi la préférable et la plus efficace méthode pour atteindre des zones adaptées qui fonctionnent avec différents critères qui suggestionnent l'implantation dans un endroit et qui ont un certain poids (Javadian M, et all 2011). Ce chapitre traite la démarche de l'adéquation des terres à l'extension urbaine face aux complexités de l'espace de la ville du Souf et sa conurbation, une complexité sévère à plusieurs piliers ; un espace désertique avec un système hydrique fermé bouleversé grâce à la surexploitation des nappes souterraine qui a fini par troubler le fonctionnement de la nappe phréatique (remontée des eaux), Le réseau routier qui n'est pas uniformément réparti sur l'ensemble de la zone étudiée, topographiquement l'aire d'étude est une surface plane monotone et sans exutoire naturel ; Avec des pentes faibles a très faible, l'évacuation des eaux posse de sérieux problèmes. Un taux d'urbanisation très élevé égale à 91,48 % tandis que celui de toute l'Algérie égale à 65,95 % et le Sud Est algérien est de 56,14 %, un taux d'accroissement égale à 2,53 % (Armature urbaine 2008) ; Cette croissance démographique étonnante donne lieu à la consommation spontanée et involontaire des terres



agricoles entourant la ville et sa conversion en propriété bâtie, cette consommation exige un contrôle et des mesures définitive, dans notre zone ; ce problème n'a pas été abordé pour être traité de manière scientifique de ce type afin de définir les sites les plus appropriées pour la consommation urbaine du foncier .

Le processus de la hiérarchie analytique, permis de prendre un scénario logique est correct pour choisir les sites adéquats à la future extension de l'AUIC.

L'approche repose sur la sélection des critères, donc ces derniers se fondent de l'accessibilité des documentations. Nous n'avons pas pris en considération les composants géologiques car dans notre zone d'étude le bassin oriental est constitué des dépôts méso-cénozoïques d'une puissance considérable que couvre une épaisse formation quaternaire représentée par des dunes de sable donnant naissance à un immense Erg qui fait partie du Grand Erg Oriental (carte géologique 500000^e. 1951). L'impossibilité de trouver la carte piézométrique de la nappe phréatique plus ou moins récente.

VI.1. Un exemple de cas d'étude

Quatre communes limitrophes englobent la conurbation qui se développe et connaît la croissance la plus rapide analysée et expliquée dans les chapitres précédents, est située dans la partie centre et sud de la vallée du Souf. Cet espace très étendu est organisé en Agglomération Urbaine Inter Communales (AUIC).

VI.2. Matériels et méthode

VI.2.1. Données et Matériels

Quatre images sentinelles avec une très haute résolution spatiale sont utilisées pour l'extraction de la couverture terrestre (**tableau 6-1**). Les images satellites sont acquises en juin 2019, suite à ce lien de téléchargement gratuit <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Dans ce travail le traitement de chaque image comprend l'empilement de couches pour combiner trois bandes de l'ordre de, la bande 3, bande 2, la bande 1 en une seule mosaïque pour couvrir toute la zone d'étude. Par la suite, l'image mosaïquée est découpée pour acquérir un sous-ensemble d'images correspondant aux limites administratives de la zone d'étude. La classification supervisée des images est utilisée pour résulter les types d'occupation du sol disponible. Des multiples polygones sont utilisés comme zones tracées pour extraire la couverture terrestre. Les zones de formation sont réalisées pour toutes les classes d'occupation des sols à l'aide de la bonne connaissance du terrain, et les données de vérité à la base map et de Google Earth. Plusieurs zones d'entraînement ont été utilisées pour représenter chaque type d'occupation des sols. Les échantillons d'apprentissage sont enregistrés en tant que fichier de signature supervisé. Une analyse de séparabilité comprenant le tracé moyen et la matrice de divergence est utilisée pour évaluer et examiner si les signatures supervisées sont séparables ou non. L'algorithme de classification à maximum de vraisemblance (MLC) est appliqué pour une extraction précise de la couverture terrestre. L'évaluation ou la validation de l'exactitude est une étape importante pour valider et évaluer le processus de classification des images.

Tableau 6-1. Quelques propriétés des images Sentinelles :

Image Sentinelles	Résolution	Date	Composite des bandes
T32 SKC N 0208 R022	10 m	18/06/2019	Bande 3, 2, 1 (Red, Green, Bleu)
T32 SLC N0207 R022	10 m	18/06/2019	Bande 3, 2, 1 (Red, Green, Bleu)
T32 SLB N0207 R022	10 m	18/06/2019	Bande 3, 2, 1 (Red, Green, Bleu)
T32 SKB N0207 R022	10 m	18/06/2019	Bande 3, 2, 1 (Red, Green, Bleu)

Une deuxième mosaïque établie dans l’ArcGIS 10.7 à partir de quatre images ASTER (DEM téléchargé gratuitement à partir de ce site <https://earthexplorer.usgs.gov/>) avec une résolution spatiale de 30 m est coupé selon la zone d’étude, et utilisé pour générer la carte des élévations et la carte des pentes ainsi que la carte de la distance euclidienne des routes (**tableau 6-2**).

Tableau 6-2. Quelques propriétés des DEM :

Model Numérique d'Elévations	Résolution	High	Low	Zone UTM
n33_e007_1arc_v3	30 m	183	-22	32
n33_e006_1arc_v3	30 m	249	-60	32
n33_e007_1arc_v3	30 m	280	69	32
n33_e006_1arc_v3	30 m	199	60	32

Des données du réseau routier de la zone d’étude téléchargé gratuitement à partir de ce site d’internet <https://hub.arcgis.com/content/e646719bc3284a3d9d81e02b3d5abc53/about>, sélectionnées et stocké dans une Géodatabase depuis éditeur ArcGIS pour Open Street Map 10.7.x Desktop, ces données utilisées pour calculer la distance euclidienne de tous types de routes.

La direction des ressources en eau et l’hydraulique a fourni des données concernant la partie exploitée et la remontée de la nappe phréatique, ce qui a permis d’établir la carte de la profondeur de la nappe phréatique.

La densité de la population dans chaque commune de l'AUIIC est estimée à partir des projections de population du nombre d'habitants en 2008 (données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat) en utilisant la formule mathématique suivante :

$$P_n = P_0 \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Les données de critères de différents référentiels ont été compilées cartographiées dans l'ArcGIS 10.7

VI.2.2. METHODE

VI.2.2.1. Approche : MCDM - Méthode AHP

L'approche vise à définir l'aptitude des terres à la croissance urbaine future dans la zone d'étude, en combinant le potentiel de manipulation et d'analyse des données spatiales fournies par les techniques SIG avec MCDM en utilisant la méthode AHP.

L'AHP est une méthode utilisée pour dériver des poids prioritaires à travers des comparaisons par paires (Saaty, 1980, 2008), un outil ordinaire pour étudier des difficultés spatiales complexes axées sur le choix de sites, la planification urbaine et l'analyse de la sensibilité aux risques naturels (Ayalew et al., 2004). Une approche de prise de multicritères introduite par Saaty (1977, 1994), dans laquelle une série de comparaisons par paires entre les critères se développera pour créer un ensemble de préférences à l'échelle (Tomas L.SAATY). Les étapes développées dans l'environnement SIG comme sont illustrées à la **figure 6.1**.

VI.2.2.1.1 Construire une structure hiérarchique

Le choix de critères appropriés et significatifs est la première phase pour calculer convenablement la zone conforme pour n'importe quel objectif, bien que la sélection finale des critères dépende également de la disponibilité des données (Aburas MM, et al 2015).

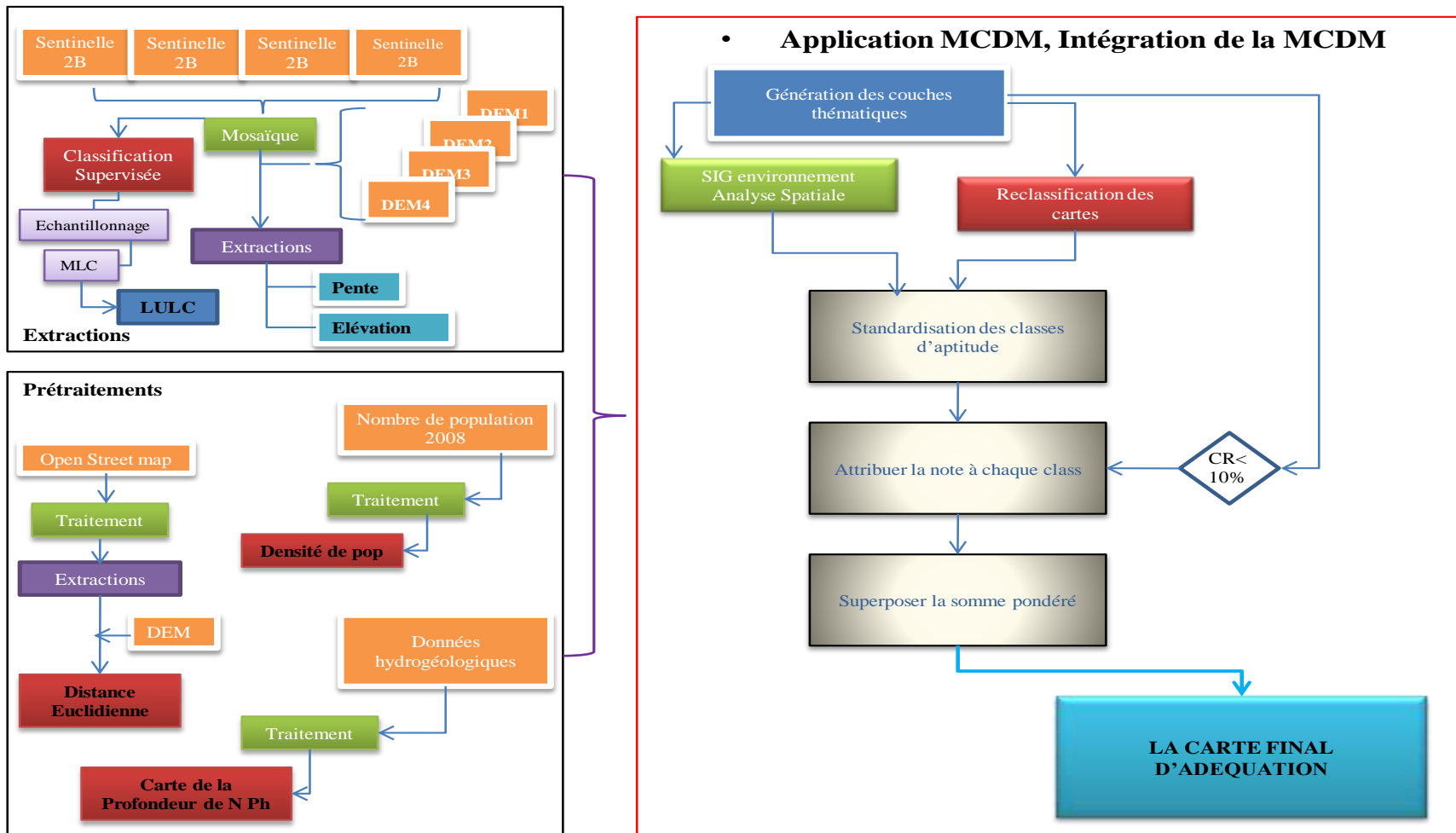


Figure 6.1 Organigramme par étapes de la méthodologie basée sur le SIG-AHP pour identifier les endroits appropriés pour le développement bâti

SIXIÈME CHAPITRE

Le choix des critères pour la zone adéquate à l'extension urbaine varie d'un chercheur à l'autre et d'une zone d'étude à l'autre, mais les critères peuvent être tous rassemblés en quatre critères principaux, à savoir l'accessibilité, le facteur des données spatiales physiques, socio-économique et environnemental. Ici les multicritères sont la distance des routes, critère environnemental (types d'occupation des sols) critère hydrogéologique (la profondeur de la nappe phréatique) deux critères physiques (la pente et l'élévation) un critère socio-économique (densité de population). Par la suite, la division, la décomposition continue de définir les sous-critères de ces six critères principaux. La composition hiérarchique consécutive est montrée illustrée à la **figure 6.2**.

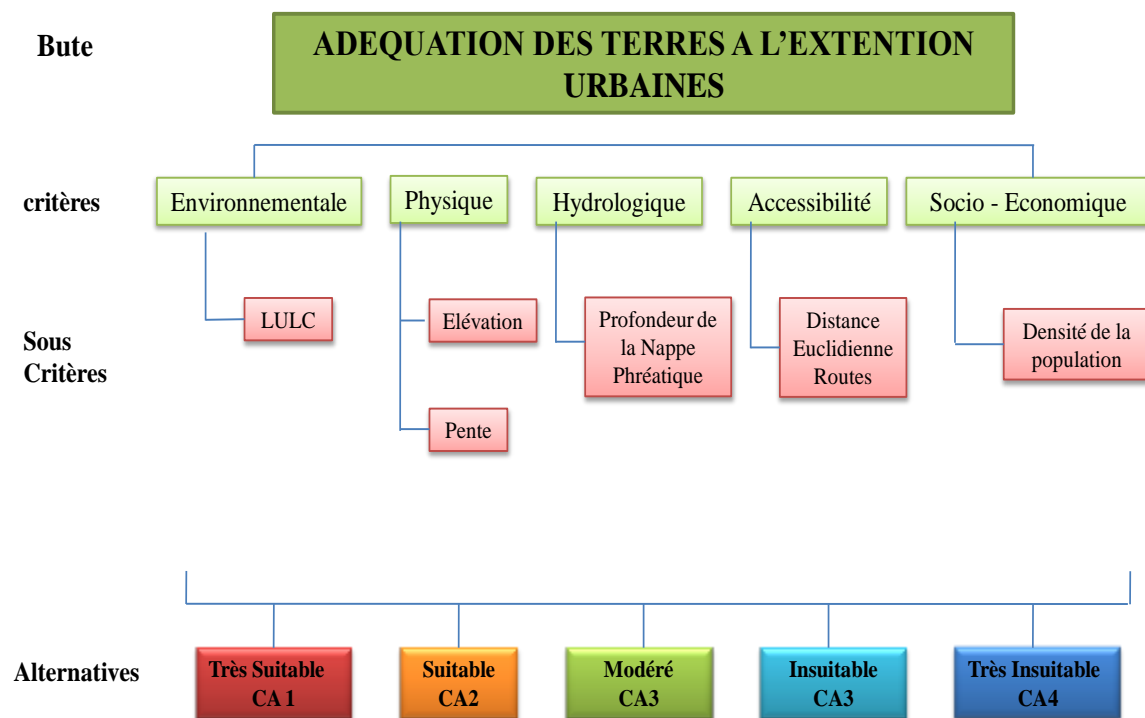


Figure 6.2. Structure hiérarchique pour l'aptitude définie des terres

L'objectif de cette procédure est de déterminer certains critères qui influencent l'aptitude des terres, qui peuvent être évalués quantitativement. À titre de l'exemple, il n'est pas facile d'estimer numériquement comment que quelques critères topographiques affectent la capacité des terres pour l'extension future en général. Néanmoins, quand elle est décomposée dans un

arbre de décision en sous-critères (variables) d'élévations et des pentes, chacune de ces sous-critères peut être simplement quantifiée pour servir une évaluation plus faisable (Aldababseh et al, 2018). Un exemple d'arbre de décision pour quelques critères topographiques est illustré dans le **tableau 6-3**.

Tableau 6-3. Arbre de décision des critères topographiques :

Pente (%)	Elévation (m)	Classement D'adéquation
0 - 2	36 - 61	CA 4
2 - 4	61 - 85	CA 3
4 - 7	85 - 110	CA 2
7 - 11	110 - 134	CA 2
11 - 45	134 - 159	CA 5

VI.2.2.1.2 Standardisation (uniformisation) des critères

Les critères d'estimations dans l'analyse de l'adéquation des terres sont décrits par des valeurs ou des classes qualitatives, montrant le degré d'adéquation et d'aptitude qui sera représenté dans la carte finale (Prakash TN, 2003). Selon le **tableau 6-4**, (**CA1, CA2, CA3, CA4 et CA5**) par la suite, les classes d'adéquation (**tableau 6-4**) ont été évaluées pour déterminer leur valeur relative dans les principaux critères et pour dresser numériquement comment elles concourraient à la carte d'adéquation finale. La **figure 6.3** montre un exemple de processus de la standardisation pour les critères topographiques.

SIXIÈME CHAPITRE

Tableau 6-4. Structure hiérarchique et classification des sous-critères à l'aide des classes d'adéquation :

Critères	Unité de Mesure	Très Adéquat	Adéquat	Modéré	Inadéquat	Très Inadéquat
Occupation et Utilisation des Terres						
Utilisation des Terres	Qualitative	Sable	Dune	Inondée	Bâti	Voiries, Pivot
Distance des Routes	Mètre (m)	6154	12308	18462	24616	30770
Profondeur de la Nappe Phréatique						
Profondeur de la Nappe Phréatique	Mètre (m)	N7, N8	N5, N6	N3, N4	N1, N2	N-1, N0
Élévation et Pente						
Élévation	Mètre (m)	61	85	110	134	159
Pente	pourcentage (%)	2	4	7	11	45
Densité	habitant/ Km ²	125	287	580	2309	/

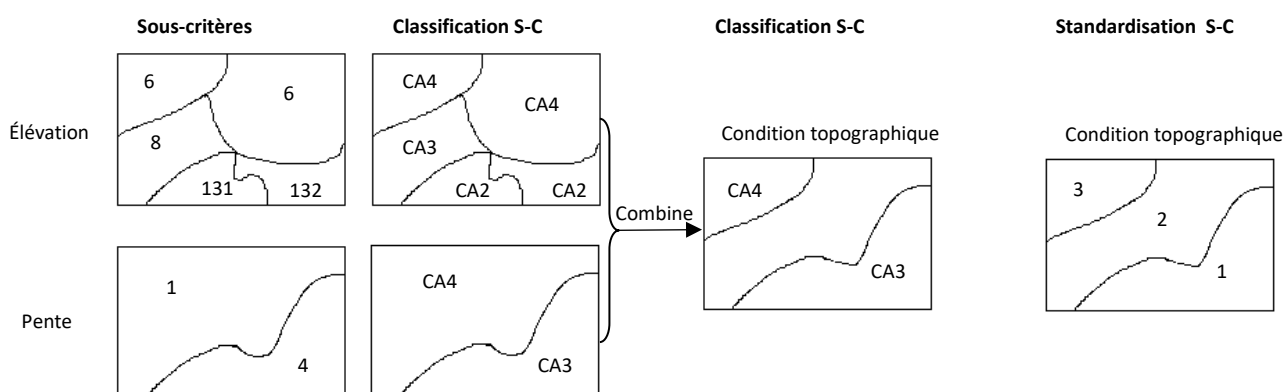


Figure 6.3 Processus de Standardisation (normalisation) des critères topographiques

VI.2.2.1.3 Estimations des poids et de la cohérence

Au départ, sur Excel une matrice de comparaison par paires où les six critères capitaux ont été comparés avec eux-mêmes a été fondée en utilisant la mesure de l'échelle de Saaty pour attribuer la valeur relative d'un critère par rapport à un autre. Les poids des critères ont été évalués en moyen du vecteur propre correspondant à la plus grande valeur net de la matrice (λ_{max}) puis en normalisant le total des composants avec une deuxième matrice dite la matrice de comparaison de paires normalisée. Avec les poids définis, la suivante étape comprend de vérifier la cohérence de la matrice de comparaison par paires acquises. En utilisant λ_{max} évalué antérieurement et un indice aléatoire identique aux six critères, l'indice de cohérence (IC) et par

SIXIÈME CHAPITRE

la suite le ratio de cohérence (**CR**) ont été évalués pour valider et confirmer la cohérence de la matrice, montrant si les valeurs pour la comparaison par paires des critères ont été attribuées par coïncidence.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

OÙ

IC : est l'indice de cohérence,

n : est le nombre de paramètres de vulnérabilité comparés,

λ max : est la plus grande valeur de la matrice du vecteur propre.

$$CR = \frac{IC}{IR}$$

OÙ

CR : Le ratio de cohérence,

IC : l'indice de cohérence,

IR : l'indice aléatoire.

Un exemple de cette action est illustré à la **figure 6.4**, où p est le poids des critères correspondants.

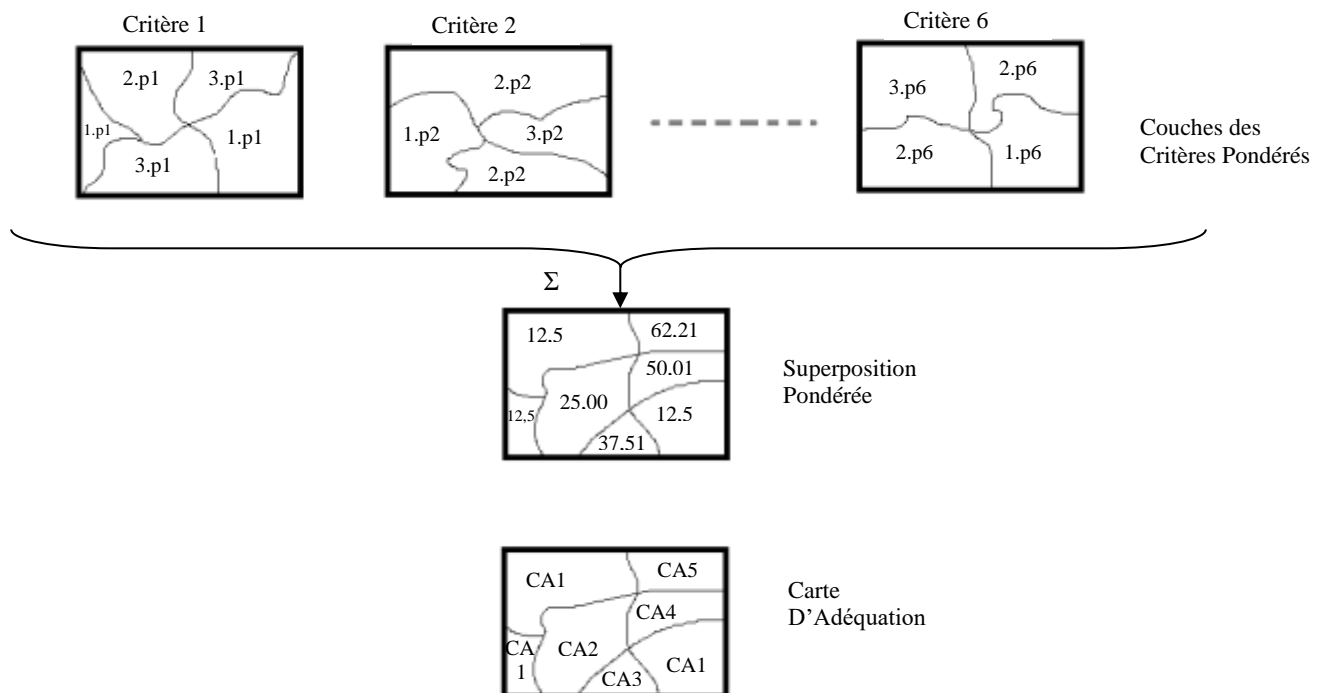


Figure 6.4 : Processus de superposition pondéré utilisé afin d'obtenir la carte finale d'adéquation pour l'extension urbaine.

VI. 2.2.1.4. Préparation des cartes d'adéquation

Une fois les poids des critères estimés et la cohérence validée, les critères ont été intégrés sous forme de couches d'informations au format raster dans un environnement SIG utilisant ArcMap. Chaque poids de critère et sous-critères a été ajusté en s'assurant que la somme de tous les poids de critère doit être égale à 1. Des tableaux par critères avec ces variations de poids ont été créés et stockés dans l'environnement SIG et analysée spatialement en utilisant une fonction d'union de superposition, générant des cartes d'aptitude des terres unifiées qui ont ensuite été reclassées en cinq classes.

VI.3. Résultats et discussion

Dans le monde des pays en développement, les villes se développent au hasard, la reconnaissance de sites adaptés pour une croissance urbaine durable adéquate est devenue une tâche indispensable et importante pour ces villes. L'analyse plus approfondie du site approprié a été effectuée en utilisant six paramètres, et la fusion de ces derniers a aidé à trouver des différents endroits appropriés pour une construction future.

VI.3.1. Facteur environnemental

Dans le travail de la recherche des endroits approprié pour toute extension urbaine l'environnement et ses facteurs jouent un rôle incontournable, bien que ces données ne sont pas toujours disponibles (surtout notre zone d'étude). Avec les améliorations des techniques satellitaires, les méthodes traditionnelles ont été pour la majorité convertie par l'analyse des données de télédétection pour surveiller les changements de LULC (Sertel, E. ; Akay, S.S. (2015)). Dans ce travail L'occupation et l'utilisation du sol (**carte 6.1, tableau 6-5**) est constaté comme un paramètre fondamental pour comprendre la distribution et la dynamique de la croissance urbaine dans la zone d'étude. La précision globale de la classification LULC s'est avérée être de 94,63 %, ce qui a été évalué à l'aide de la matrice d'erreur et un ensemble de points aléatoires ajustés est distribué dans chaque classe LULC réalisait une référence au type de terrain physique dans la zone d'étude, y compris les infrastructures urbaines et bâties (6,94 % de la surface totale), le sable (84,14 %) les dunes (4,17 %), l'agriculture (4,47 %) et les Ghouts inondés (0,28 %). Dans l'analyse plus approfondie, les endroits bâtis ont été considérés comme un sou critère très limité puisque à l'avenir aucune nouvelle construction ne peut se faire, et comme la croissance verticale est la plus dominante dans notre zone, ce travail tente principalement de trouver les endroits qui sont vacants, à titre d'exemple les Ghouts inondée

qui peuvent être aménagés et intégrés dans le tissu autant qu’espaces publics. Les pivots sont considérés comme terres restreintes car ils sont des terres agricoles. Les sables et les dunes des terres considérés comme très adaptés à adaptés à l’extension urbaine future dans l’AUIIC.

Le tableau 6-5. La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de LULC.

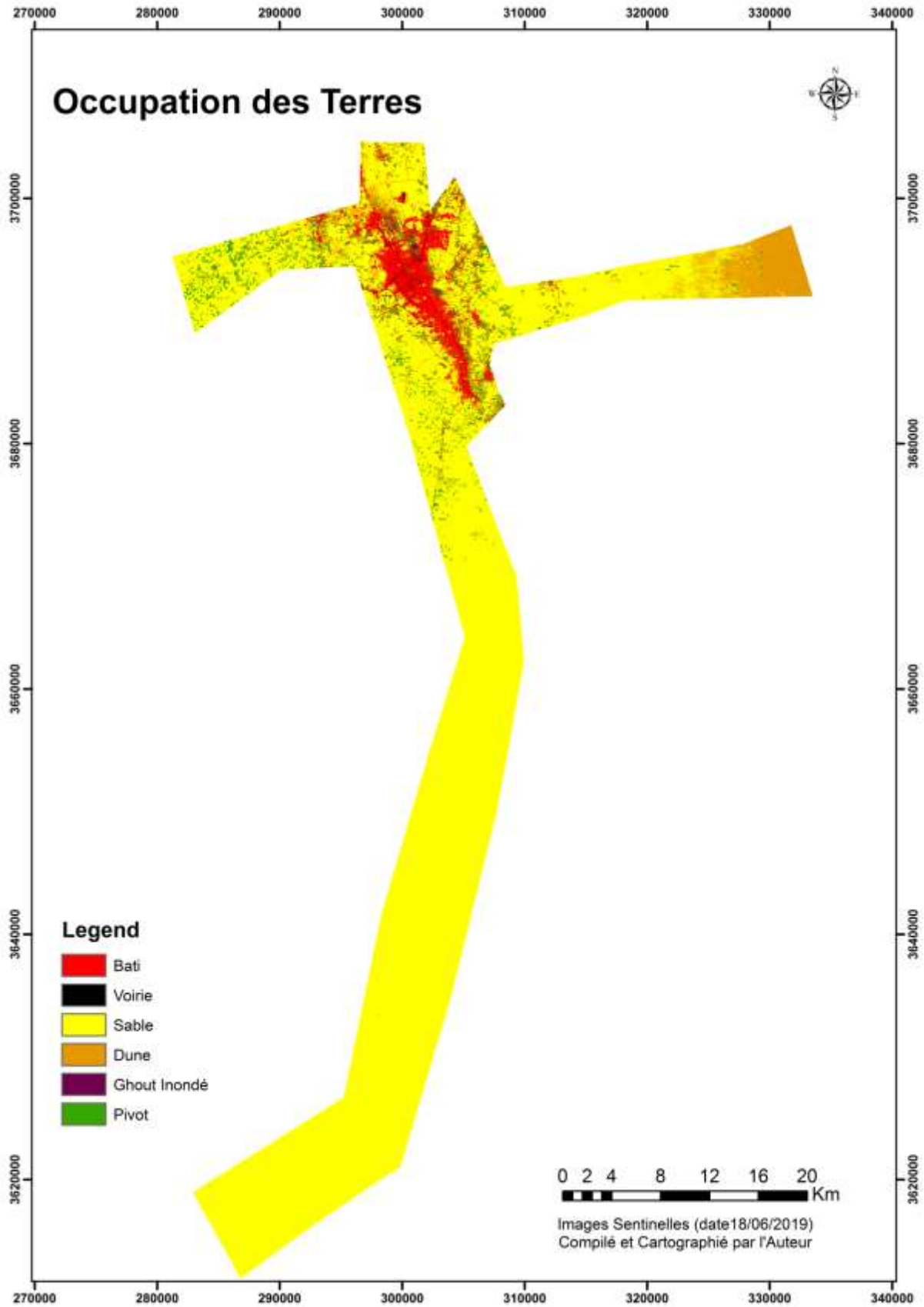
Critères	Sous Critères	Surface (Km²)	Surfaces (%)
LULC	Sable	708,66	84,14
	Dune	35,16	4,17
	Ghout Inondé	2,38	0,28
	Pivot	37,62	4,47
	Bâti	56,57	6,72
	Voirie	1,89	0,22

VI.3.2. Facteur socioéconomique

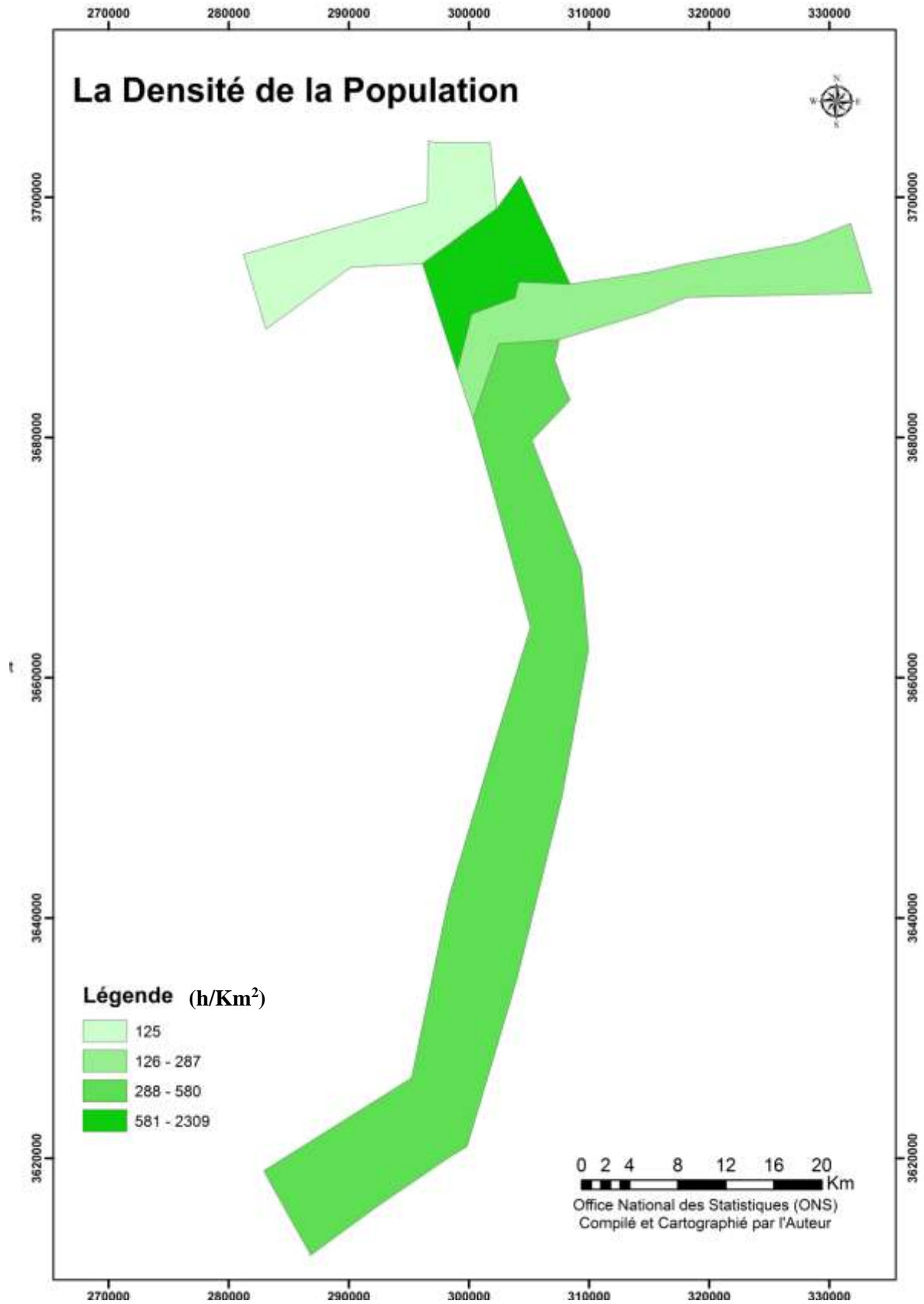
La densité de la population la plus élevée et corrélé avec la surconsommation de la source en eau par les eaux ménagères, et toute activités économiques ; industrielle qui abuse la source en eau. La densité la plus élevée et la plus faible sont au niveau d’El Oued (2309 hab/km²) et Robbah (580 hab/km²), Bayadha (287 hab/km²) et Kouinine avec une densité de 125 h/ km². Dans ce travail les endroits de faible densité sont considérés comme les plus adéquates à l’extension future (cartes 6.2, tableau 6-6).

Le tableau 6-6. La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de densité de la population.

Critères	Sous Critères	Surface (Km²)	Surfaces (%)
Densité (hab/km²)	< 125	113,37	13,46
	125 - 287	140,33	16,66
	287 - 580	509,85	60,53
	580 - 2309	78,74	9,35



Carte 6.1 : LULC date 16 Juin 2019.



Carte 6.2 : La densité de la population

VI.3.3. Facteur d'accessibilité

Des déplacements efficaces et un raccordement fameux avec la totalité de la ville et d'autres lieux sont le besoin primordial pour un être humain de mettre en place une nouvelle bâtisse à des objectifs résidentiels ou commerciaux parce que les gens visent à s'installer dans un endroit qui a déjà une meilleure desserte routière. Pour cela, la proximité de la route joue un rôle important. L'implantation d'une nouvelle route coûte cher, l'état fourni de nouvelles routes à un endroit qui compte un grand nombre d'établissements. La distance euclidienne de notre zone étude reflète une couverture importante vue le caractère désertique de la zone, les résultats dévoile qu'un peu plus que la moitié de l'aire d'étude et couverte de moins de 6154 m. Le tableau ci-dessous montre les surfaces des tous types de distance euclidienne.

Le tableau 6-7. La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de distance euclidienne des routes.

Critères	Sous-critères (m)	Surface (Km ²)	Surfaces en pourcentage
	0 - 6154	429,79	51,04
Distance	6154 - 12308	112,44	13,35
des routes	12308 - 18462	120,37	14,29
	18462 - 24616	101,09	12,00
	24616 - 30770	78,41	9,31

Dans ce travail, pour découvrir l'accessibilité dans toute l'AUIC, nous avons pris en considération toutes les routes principales, toutes les routes nationales, routes de willaya, et chemins communaux il faut noter l'absence de gare routière ou gare de métro, et l'aéroport existe au Nord Est à Guemar. Pour trouver une meilleure accessibilité et aussi pour trouver les meilleurs emplacements pour les routes existantes, une carte de distance euclidienne à intervalles égaux (**carte 6.3**) et leur importance pour la croissance urbaine future a été identifiée par classement.

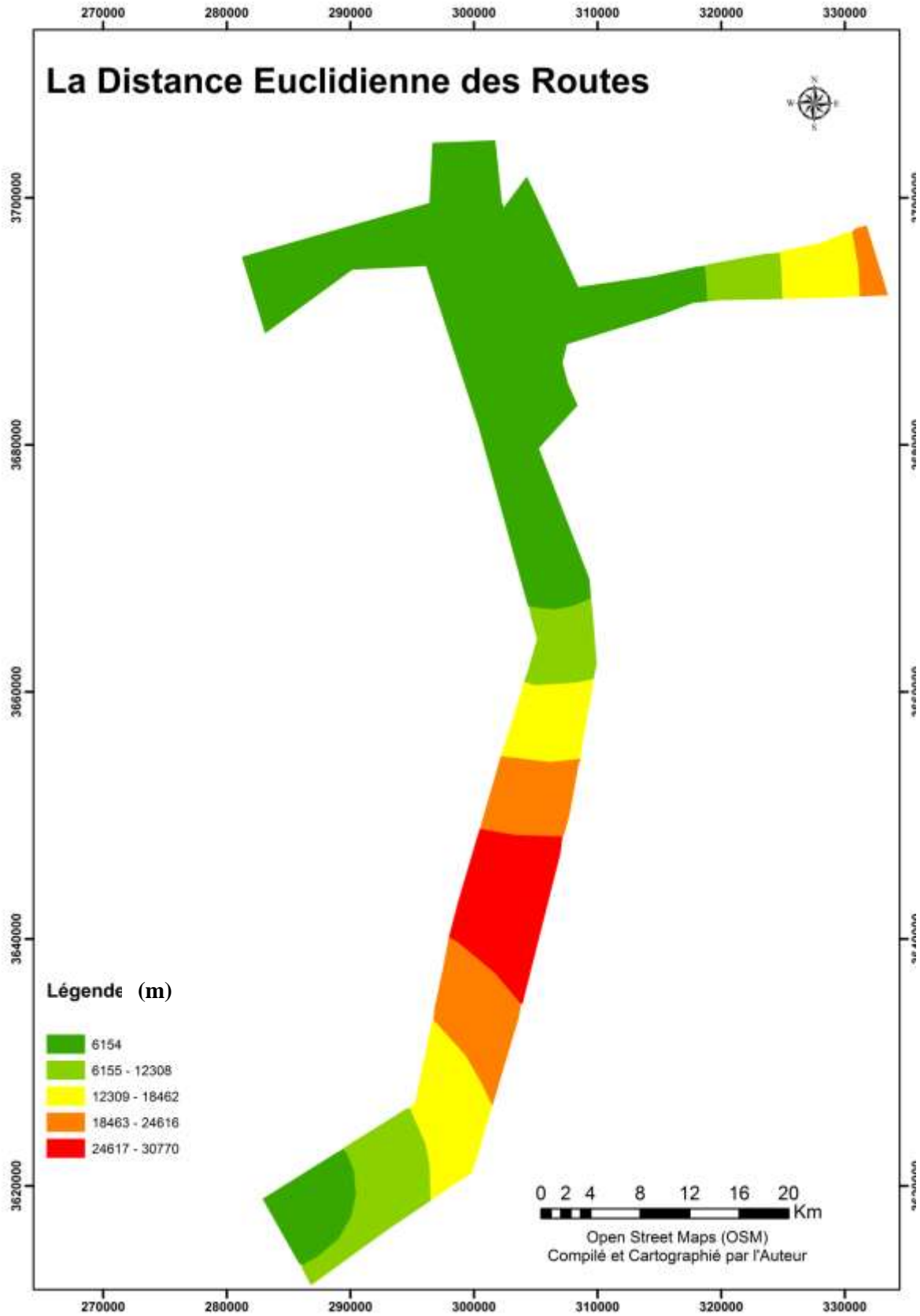
VI.3.4. Facteur hydrogéologique

La nappe phréatique est un élément très important pour décider l'adéquation des sites pour l'extension future (**carte 6.4**). Car son système hydrique fermé est bouleversé par les surconsommations de la source en eau et a l'exploitation abusée des deux autres les nappes souterraines (CT CI), il faut noter l'absence totale de données sur la piézométrie ; la profondeur

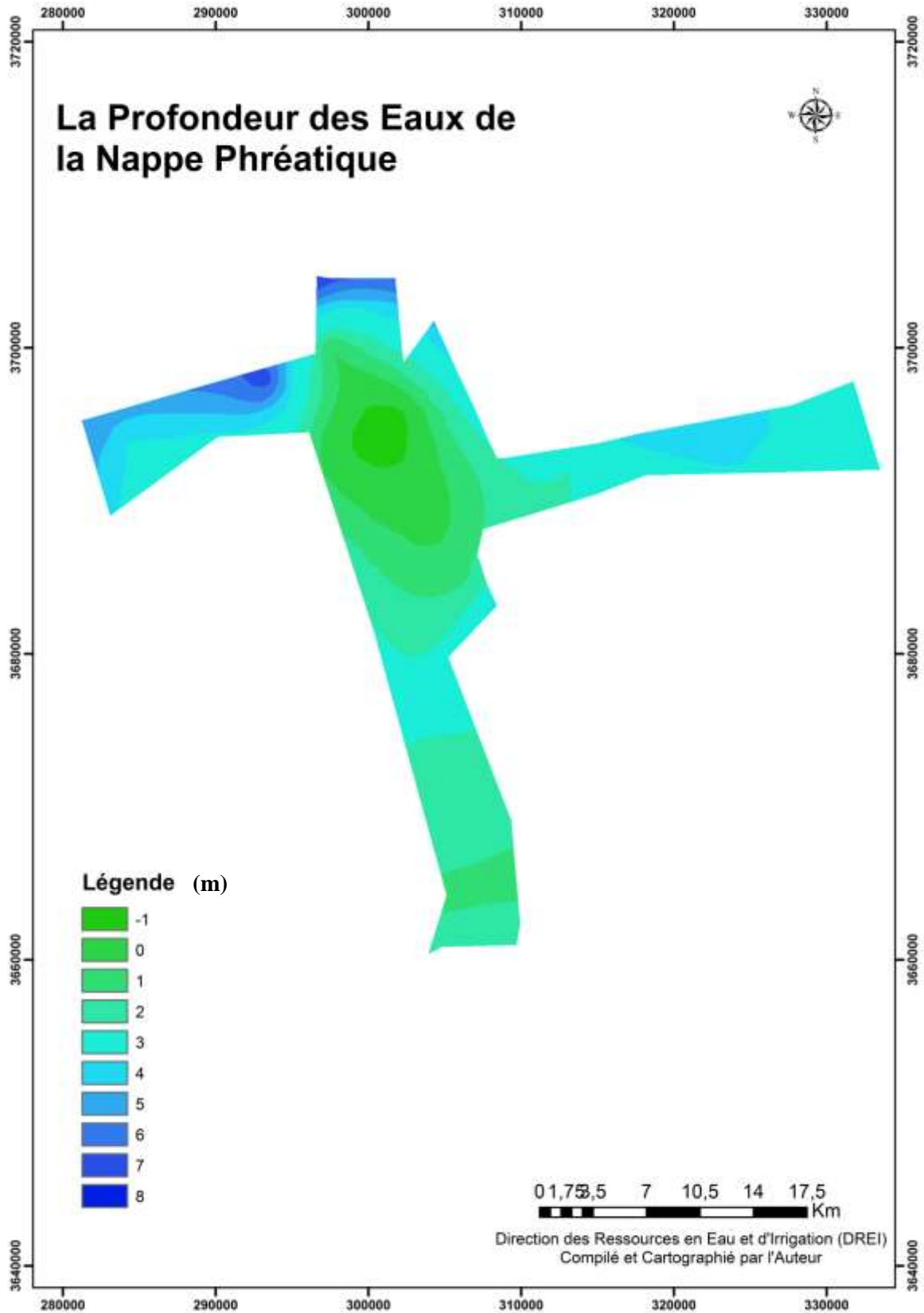
SIXIÈME CHAPITRE

de la nappe vers le sud (le sud de Robbah) car il n'y a pas d'agglomérations ou d'exploitation intéressante ni d'activité agricole, qui veut dire pas d'irrigations cela aussi veut dire que l'écosystème fermé du cycle d'eau est encore saint au Sud. Ce qui est plus important les piézomètres sont implantés le long des axes routiers ; cela veut dire pas de routes pas de piézomètres, pas de cartes piézométriques ni de cartes de profondeur.

Afin de trouver les endroits adéquats, une carte de profondeur de la nappe phréatique est établie par cinq classes.



Carte 6.3 : La distance euclidienne à intervalles égaux



Carte 6.4 : la profondeur des eaux de la nappe phréatique

Le tableau 6-8. La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de profondeur de la nappe phréatique.

Critères	Sous Critères (m)	Surface (Km²)	Surfaces (%)
Profondeur de la nappe phréatique	N -1 m	11,94	2,71
	N 0 m	54,56	12,38
	N 1 m	73,51	16,68
	N 2 m	85,95	19,51
	N 3 m	134,78	30,59
	N 4 m	48,06	10,91
	N 5 m	19,89	4,51
	N 6 m	9,50	2,16
	N 7 m	2,41	0,55
	N 8 m	0,02	0,01

VI.3.5. Facteurs physiques

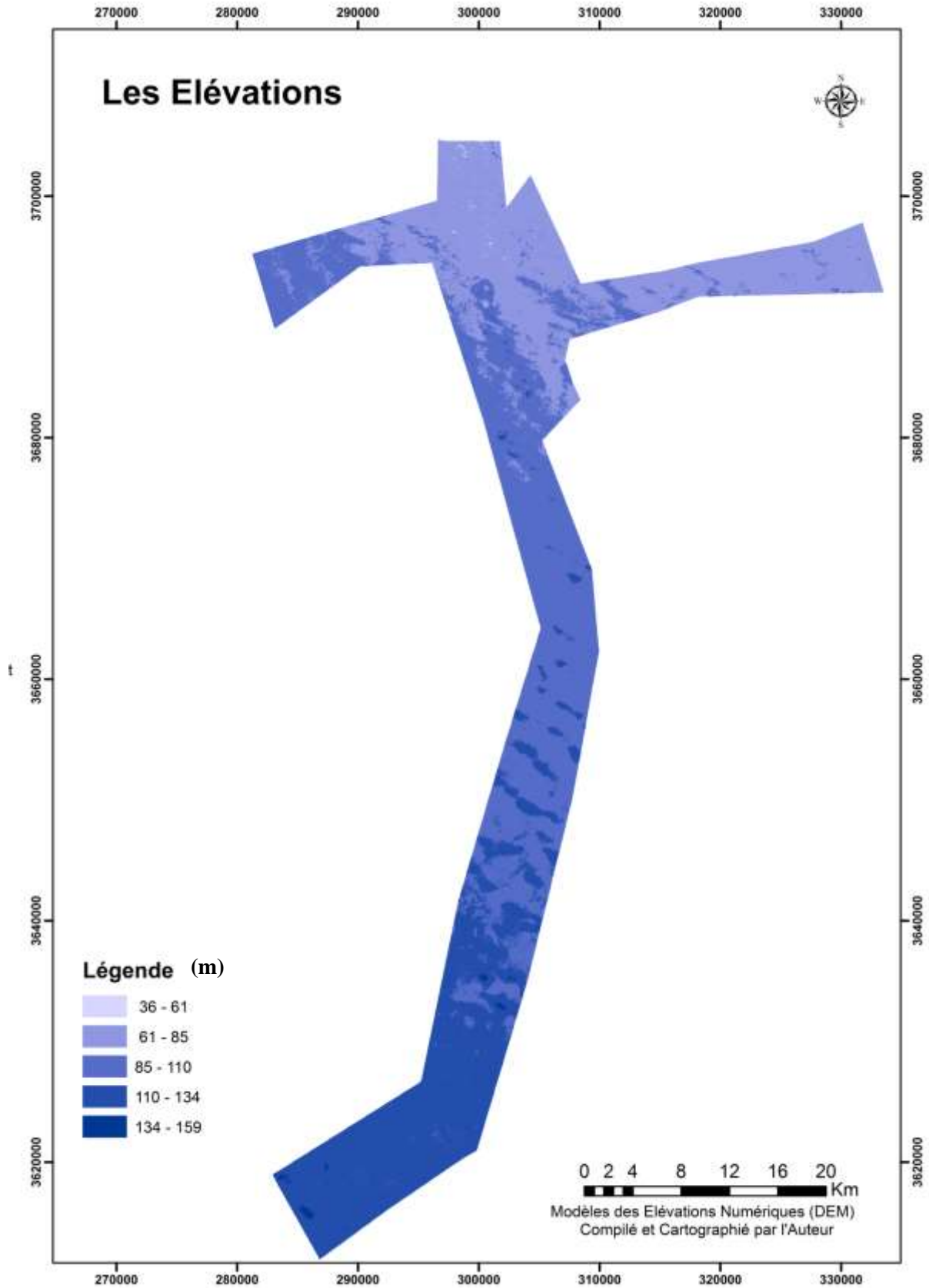
Les facteurs physiques, comme l'altitude et la pente, sont les paramètres de base pour la mise en place des établissements. Les terrains à forte pente ne conviennent à aucun type de construction car ils nécessitent des coûts de construction plus élevés et sont également risqués. Les éléments topographiques (**cartes 6.5, carte 6.6**) ou Les sites à élévation et pente importantes ont la priorité pour localiser les lieux de construction appropriés afin de maîtriser l'évacuation des eaux usées, et d'éviter les zones basses vulnérables à la remontée des eaux de la nappe phréatique comme les quartiers étudiés dans le chapitre précédent (Nezla, Sidi Mastour, Chott,....).

Les paramètres d'adéquation des sites à l'extension urbaine (environnemental, physiques et sociales) sont classés en cinq catégories, à savoir ; très bon, bon, modéré, mauvais, très mauvais et attribués respectivement aux rangs quantitatifs 1, 2, 3, 4 et 5.

SIXIÈME CHAPITRE

Le tableau 6-9 : 6-9a). La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types d'élévation.

Critères	Sous-critères (m)	Surface (Km ²)	Surfaces (%)
Elévation	36 - 61	1,19	0,14
	61 - 85	257,92	30,62
	85 - 110	338,26	40,16
	110 - 134	242,65	28,81
	134 - 159	2,26	0,27



Carte 6.5 : les élévations



Carte 6.6 : les pentes

Tableau 6-9b). La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de pente

Critères	Sous-critères		
	(%)	Surface (Km ²)	Surfaces en pourcentage
Pente	0 - 2	277,06	16,45
	2 - 4	356,51	21,16
	4 - 7	165,16	9,80
	7 - 11	35,95	2,13
	11 - 45	7,46	0,44

VI.3.6. Matrice de comparaison par paire et matrice de comparaison par paire normalisée

Dans ce travail on a pris six critères selon les données disponibles. Un total de 15 questions a été formé dans le formulaire. Ensuite, les formulaires ont été remplis par 3 experts selon l'échelle à 9 points de Saaty (Annexe) et parmi leurs points de vue, on a choisi le plus approprié a été adopté pour la suite de l'analyse. Dans le tableau de la matrice (la table matricielle) de comparaison par paires, il y a 36 cases et nous avons rempli 15 cases en fonction de la valeur que nous obtenons du questionnaire. La valeur diagonale sera toujours 1 car l'influence entre les mêmes critères sera identique. Les restes des cases sont complétés par la valeur réciproque de la valeur principale respective (tableau 6-10).

Tableau 6-10. Matrice de comparaison par paire par AHP

Matrice comparaison par paire						
Critère	LULC	Densité	De Routes	P-NPh	Elévations	Pente
LULC	1	2	0,5	3	6	5
Densité	0,5	1	0,3333333	0,5	7	4
De Routes	2	3	1	5	5	7
P-NPh	0,33333333	2	0,2	1	5	2
Elévations	0,16666667	0,14286	0,2	0,2	1	0,25
Pente	0,2	0,25	0,1428571	0,5	4	1

LULC utilisation du sol occupation du sol, De distance euclidienne, P-NPh profondeur de la nappe phréatique.

Autre matrice de comparaison par paires normalisées est la deuxième étape après la première matrice de comparaison par paires pour obtenir la pondération finale de chaque critère. La valeur normalisée a été calculée, ensuite, pour trouver le poids de chaque critère, la méthode de la moyenne arithmétique a été utilisée par ligne (**tableau 6-11**).

Tableau 6-11. Les résultats de la matrice normalisée :

Critères	Poids des critères	Poids (%)	Rang
LULC	0,242492929	24,25	2
Densité de la population	0,147548155	14,75	3
D-e Routes	0,38114714	38,11	1
P-NPh	0,130389673	13,04	4
Élévation	0,034863549	3,49	6
Pente	0,063558554	6,36	5
Total	1	100	

La distance euclidienne des routes est le critère d'influence le plus élevé car la valeur de poids est de 38,11 %, suivie de l'occupation et l'utilisation du sol (24,25 %), tandis que l'élément topographique l'élévation ont le moins d'influence sur les individus à établir leurs résidences. car son poids ne marque que 3,49 %.

VI.3.7. Calcul du rapport de consistance

À fin que notre travail soit logique et correct, il est nécessaire d'examiner le degré de cohérence de nos jugements. Avant de calculer la valeur de **CR**, la valeur de l'indice de cohérence (**IC**) et doivent être calculées, la valeur de lambda (λ **max**) aussi doit être calculé. Le résultat du ratio de cohérence (**CR**) est inférieur à 10 % (**tableau 6-12**), on peut donc dire que le jugement est cohérent et qu'il est autorisé pour une analyse plus approfondie.

Tableau 6-12. Rapports de consistance :

Lambda (λ) max	6,57
L'indice de Cohérence (CI)	0,11
Le Ratio de Cohérence (CR)	0,09
Ratio de cohérence CR (%)	9,18

VI.3.8. Analyse de la d'adéquation

Par la suite, du calcule les poids finaux de chaque critère et chaque sous critères, et préparées des cartes thématiques dans la plate-forme SIG, toutes les couches cartographiques sont converties au format de données raster à l'aide d'un outil de conversion dans l'Arctoolbox pour une analyse d'adéquation plus détaillé. Ces cartes sont ensuite intégrées, et la reclassification des sous-couches de chaque carte a été réalisée car l'outil de reclassification est utilisé pour convertir à une échelle de 5 niveaux (Mishra AK et all. 2015) pour l'adéquation des terres et en utilisant l'outil d'analyse de superposition pondérée, les sites adéquats pour les prospectives de l'extension urbaine ont été limité. La carte d'aptitude finale a été classée en cinq catégories, très suitable, suitable, moderer, insuitable, très insuitable

III.3.8.1 Adéquation de l'occupation et de l'utilisation du sol

En suivant toutes les étapes prescrites avant à-propos le critère de LULC nous avons créé la matrice (**tableau 6-13**) de comparaison par paires pour les sous critères, matrice de comparaison par paires normalisées et calcul de la pondération des sous critère, calcul du vecteur de cohérence nous avons calculé l'indice de cohérence, la valeur aléatoire de l'IC pour n = 6 est 1,24 et λ max.

Tableau 6-13. La matrice de la comparaison par paires pour les sous-critères de l'occupation et l'utilisation du sol

Sous-critères	Ghout					
	Sable	Dune	Inondé	Pivot	Bâti	Voirie
Sable	1	4	6	9	7	8
Dune	0,25	1	5	8	3	4
Ghout Inondé	0,16666667	0,2	1	3	1	1
Pivot	0,11111111	0,125	0,33333333	1	1	1
Bâti	0,14285714	0,33333333	1	1	1	1
Voirie	0,125	0,25	1	1	1	1

Tableau 6-14. Rapports de consistance pour sous-critères d'LULC

Lambda	6,27
CI	0,05
CR (%)	4,31

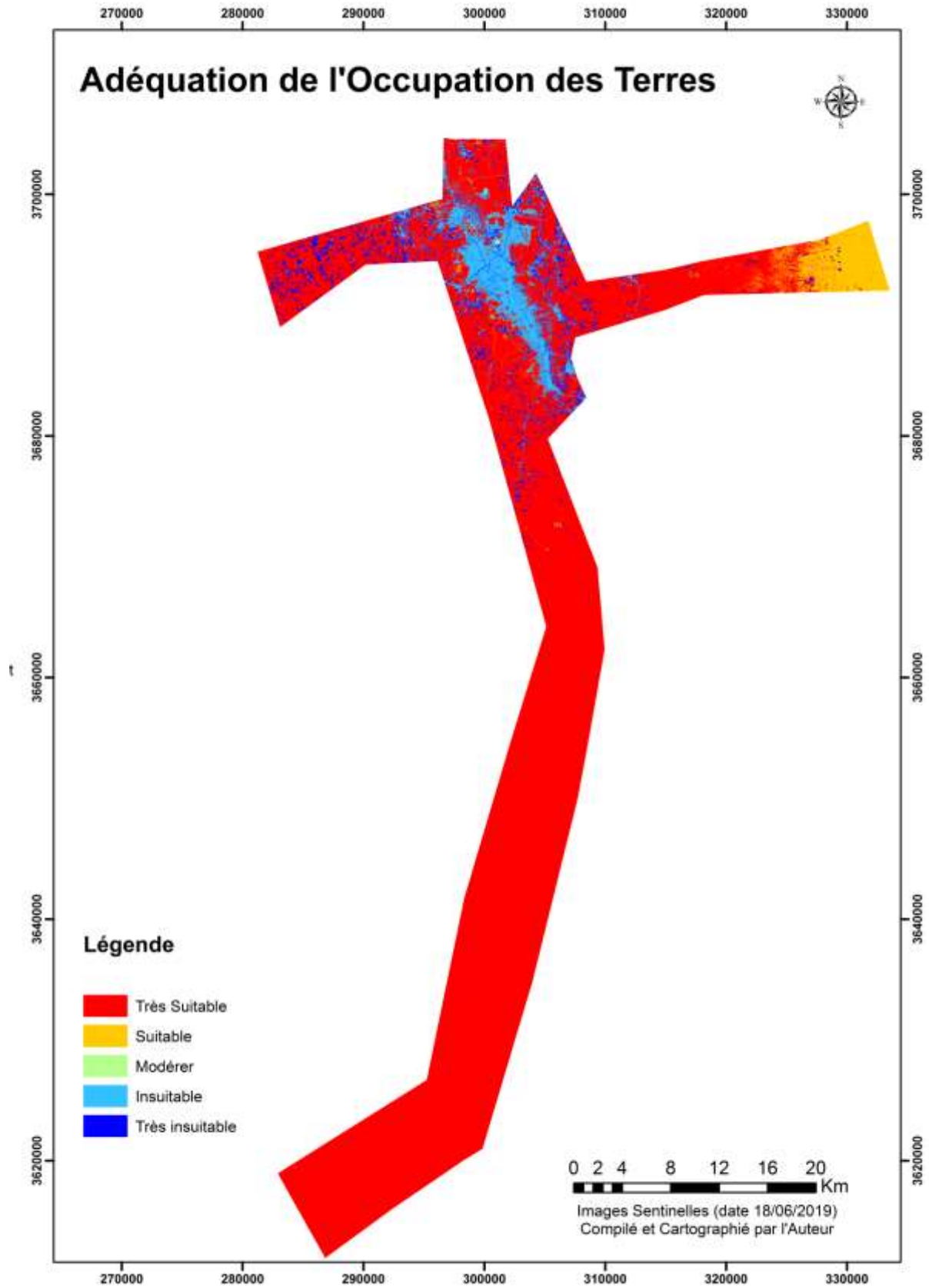
SIXIÈME CHAPITRE

Afin d'établir la carte de suitability de LULC (**carte 6.7**) à l'extension urbaine nous avons calculé les poids, le niveau d'adéquation résumé dans le tableau suivant

Tableau 6-15. Synthèse de LULC et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.

Critère	Poids		Niveau		Rang	Poids Total	Surface (Km ²)
	(Cr)%	Sous Critères	(SCr) %	Adéquation			
LULC	23,60	Sable	50,73	Très suitable	1	1196,98	708,661107
		Dune	24,49	suitable	2	577,84	35,161778
		Ghout Inondé	7,68	moderer	3	181,21	2,376555
		Pivot	4,73	Très insuitable	5	111,60	37,619998
		Bâti	6,39	insuitable	4	150,77	56,572976
		Voiries	5,99	Très insuitable	5	141,33	1,888596

D'après les résultats d'analyse les terres adéquates à l'extension urbaine sont les sables, les dunes et les Ghouts inondée avec des taux de l'ordre de 15,23 %, 0,76 et 0,05 % de la surface totale de l'adéquation des sous critères. Même analyse montre que les terres très non suitable à non suitable sont répartis entre les terres à agriculture irriguée et le cadre bâti ainsi que la non bâti (bâti, voirie) de l'ordre de 1,22 %, 0,85 % de la surface totale de l'adéquation des sous-critères (**tableau 6-16**)



Carte 6.7 : L'adéquation de l'occupation des terres

SIXIÈME CHAPITRE

Tableau 6-16. Les taux de surfaces des sous-critères de LULC par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères :

Critère	Sous Critères	Surface%
LULC	Sable	15,23
	Dune	0,76
	Ghout Inondé	0,05
	Pivot	0,81
	Bati	1,22
	Voiries	0,04

Les couleurs conviennent aux classes d'adéquation

VI.3.8.2 Adéquation de la densité de la population

Les différentes valeurs de la densité par commune sont aussi comparées entre eux selon la méthode AHP par le biais de la matrice de comparaison par paires (**tableau 6-17**), et en suivant tout le processus de la méthode ; la matrice de comparaison par paires normalisées et calcul de la pondération des sous critères, calcul du vecteur de cohérence nous avons calculé l'indice de cohérence la valeur aléatoire de l'IC pour $n = 4$ est 0,90, et λ_{max} .

Tableau 6-17. La matrice de la comparaison par paires pour les sous-critères de la densité de la population

Densité (hab/km ²)	0 - 125	125 - 287	287 - 580	580 - 2309
0 - 125	1	3	5	7
125 - 287	0,33333333	1	4	5
287 - 580	0,2	0,25	1	4
580 - 2309	0,14285714	0,2	0,25	1

Tableau 6-18. Rapports de consistance pour sous-critères de la densité de la population

λ_{max}	4,25
CI	0,08
CR	0,09
CR (%)	9,32

SIXIÈME CHAPITRE

CR est inférieur de 10 cela signifie que notre comparaison est cohérente, cette cohérence nous a permis d'établir la carte de suitability (carte 6.8) (Adéquation) à l'extension urbaine des différents endroits répartis selon la densité nous avons calculé les poids, le niveau d'adéquation résumé dans le tableau ci-dessous

Tableau 6-19. Synthèse de la densité et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.

Critère	Poids (Cr)%	Sous Critères	Poids (SCr) %	Niveau Adéquation	Rang	Poids total	Surface (Km ²)
Densité	14,43	< 125	54,26	très suitable	1	782,699	113,374601
		125 - 287	27,70	uitable	2	399,567	140,334002
		287 - 580	12,71	moderer	3	183,331	509,8537
		580 - 2309	5,33	insuitable	4	76,955	78,735944

La classe des endroits très suitable à l'extension urbaine sont au niveau de la commune de Kouinine ensuite Bayadha, et modérément Robbah. Concernant El Oued elle non adéquate a l'extension le tableau suivant affiche les pourcentages de surface des sous-critères par rapport à la d'équation globale.

Tableau 6-20. Les taux de surfaces des sous-critères de la densité de la population par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères

Critère	Sous Critères	Surface%
Densité	< 125	2,44
	125 - 287	3,02
	287 - 580	10,96
	580 - 2309	1,69

Les couleurs conviennent aux classes d'adéquation



Carte 6.8 : L'adéquation de la densité de la population

VI.3.8.3 Adéquation de la distance euclidienne des routes

L'analyse de la suitability de ce critère est traitée de la même chose, mêmes étapes, la matrice ci-dessous affiche la comparaison par paires entre les différents sous-critères de la distance euclidienne des routes, la matrice de comparaison par paires normalisées et calcul de la pondération des sous critères.

Tableau 6-21. La matrice de la comparaison par paires pour les sous-critères de la distance euclidienne des routes :

Distance des routes	0 - 6154	6154 - 12308	12308 - 18462	18462 - 24616	24616 - 30770
0 - 6154	1	3	4	5	7
6154 - 12308	0,333333333	1	3	4	6
12308 - 18462	0,25	0,333333333	1	3	5
18462 - 24616	0,2	0,25	0,333333333	1	3
24616 - 30770	0,142857143	0,166666667	0,2	0,333333333	1

La confirmation de la cohérence de la matrice et prouvé d'après le calcul de lambda max et le CR (tableau 6-22), la valeur aléatoire de l'IC pour n = 5 est 1,12.

Tableau 6-22. Rapports de consistance pour sous-critères de la distance des routes

<i>λ max</i>	5,29404892
CI	0,07351223
CR	0,06563592
CR (%)	6,56359201

Toujours pour afficher les résultats de notre analyse multicritères intégrés avec la méthode hiérarchique nous synthétisons (tableau 6-23, carte 6.9) les poids de la distance des routes et les poids de ces sous-critères ainsi que le poids final.

SIXIÈME CHAPITRE

Tableau 6-23. Synthèse de la distance euclidienne des routes et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.

Critère	Poids (Cr)%	Sous-critères (m)	Poids (SCr) %	Niveau		Poids total	Surface (Km ²)
				Adéquation	Rang		
Distance EU des Routes	38,11	0 - 6154	47,29	Très suitable	1	1802,44	429,786141
		6154 - 12308	23,57	uitable	2	898,36	112,437871
		12308 - 18462	16,53	moderer	3	630,04	120,367805
		18462 - 24616	8,33	insuitable	4	317,50	101,090104
		24616 - 30770	4,27	Très insuitable	5	162,75	78,406699

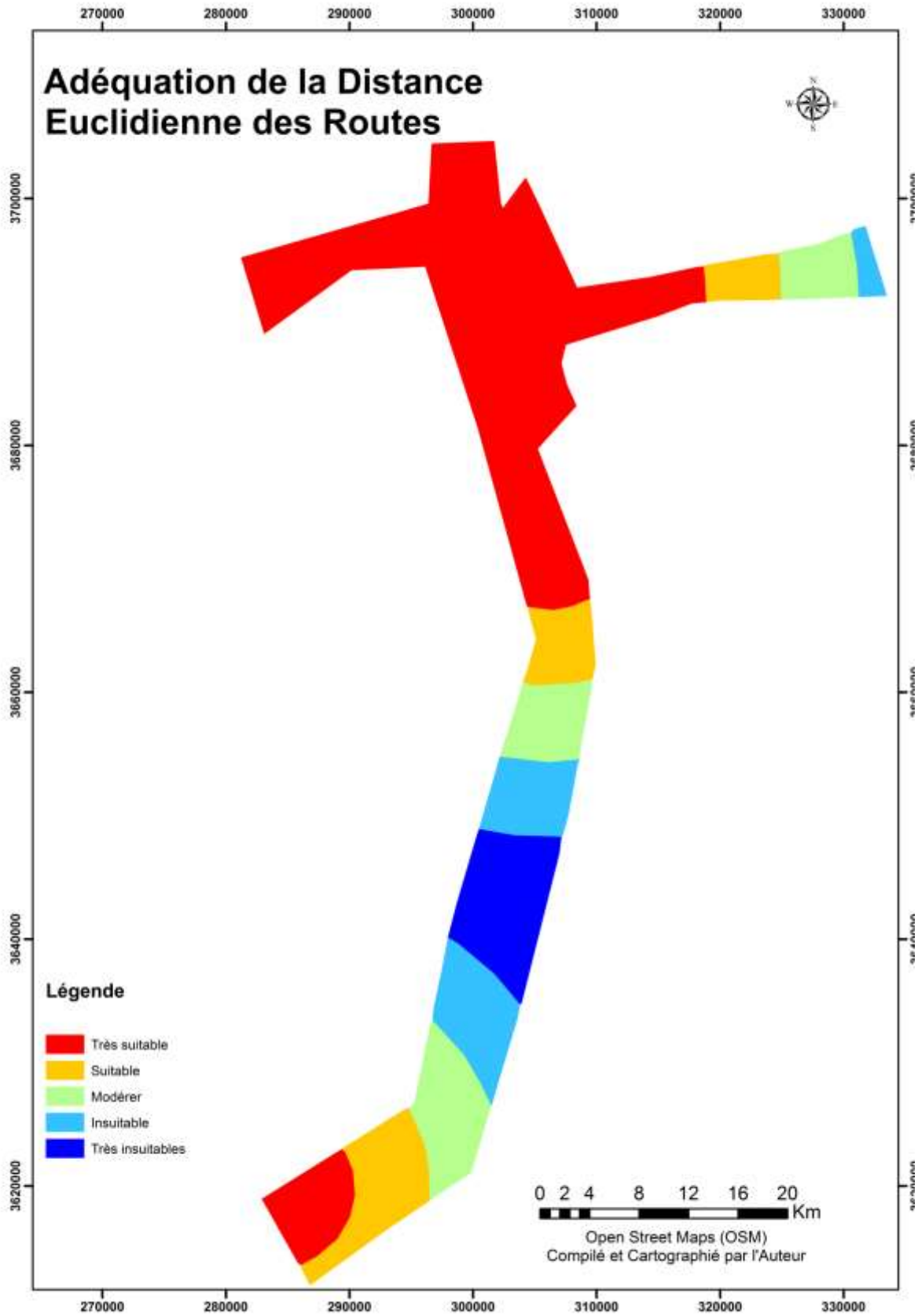
EU euclidienne

La distance euclidienne des routes est le critère qui a la pondération la plus élevée dans la matrice mère (**tableau 6-10**) il est classé le premier vu son importance. Pour les sous-critères la pondération lourde était le premier, la distance est entre 0 – 6154 m de 47,29 %, la pondération légère concerne le dernier sous critère elle est de 4,27 %, donc plus le réseau est dense plus l'adéquation est très bonne, plus la distance est élevée plus l'adéquation est mauvaise le tableau suivant montre les pourcentages des surfaces d'adéquation.

Tableau 6-24. Les taux de surfaces des sous-critères de la distance euclidienne des routes par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères :

Critère	Sous-critères (m)	Surface (%)
Distance EU des Routes	0 - 6154	9,24
	6154 - 12308	2,42
	12308 - 18462	2,59
	18462 - 24616	2,17
	24616 - 30770	1,69

EU euclidienne



Carte 6.9 : L'adéquation de la distance euclidienne des routes

VI.3.8.4 Adéquation de la profondeur de la nappe phréatique

La matrice suivante (**tableau 6-25**) présente la comparaison par paires entre les sous-critères de la profondeur, la matrice de comparaison par paires normalisées et calcul de la pondération des sous critères nous a permis de confirmer la cohérence de la matrice par la détermination de $\lambda \text{ max}$, l'indice de cohérence (**IC**), la valeur aléatoire de l'IC pour n = 10 est 1,49.

Tableau 6-25. La matrice de la comparaison par paires pour les sous-critères de la profondeur de la nappe phréatique :

Sous-critères	N -1	N 0	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	N 7	N 8
N -1	1	0,5	0,33333333	0,25	0,2	0,16666667	0,14285714	0,125	0,11111111	0,11111111
N 0	2	1	0,5	0,25	0,16666667	0,14285714	0,14285714	0,125	0,125	0,11111111
N 1	3	2	1	0,33333333	0,25	0,2	0,16666667	0,14285714	0,14285714	0,125
N 2	4	4	3	1	0,33333333	0,25	0,2	0,16666667	0,14285714	0,14285714
N 3	5	6	4	3	1	0,33333333	0,25	0,2	0,16666667	0,16666667
N 4	6	7	5	4	3	1	0,33333333	0,25	0,2	0,2
N 5	7	7	6	5	4	3	1	0,5	0,33333333	0,25
N 6	8	8	7	6	5	4	2	1	0,5	0,33333333
N 7	9	8	7	7	6	5	3	2	1	0,5
N 8	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Les cases transparentes sont les valeurs de la réciproque

Le ratio de cohérence (**RC**), $\lambda \text{ max}$, **IC** sont affichées (**tableau 3-26**) :

Tableau 6-26. Rapports de consistance pour sous-critères de profondeur, de la nappe phréatique :

$\lambda \text{ max}$	11,08
CI	0,12
CR (%)	8,07

Cette analyse finie toujours par les poids et la pondération générale (**carte 6.10**) le tableau suivant synthétise l'analyse multicritère

SIXIÈME CHAPITRE

Tableau 6-27. Synthèse de la profondeur de la nappe phréatique et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.

Critère	Poids (Cr)%	Sous-critères (m)	Poids (SCr) %	Niveau Adéquation	Rang	Poids total	Surface (Km ²)
Profondeur de Nappe Phréatique	12,50	N -1	1,51	Très insuitable	5	18,88	11,936708
		N 0	1,83	Très insuitable	5	22,88	54,555406
		N 1	2,54	insuitable	4	31,75	73,510596
		N 2	3,96	insuitable	4	49,51	85,950735
		N 3	5,88	moderer	3	73,51	134,777075
		N 4	8,24	moderer	3	103,01	48,057311
		N 5	11,77	suitable	2	147,15	19,887872
		N 6	15,78	suitable	2	197,28	9,49851
		N 7	21,02	Très suitable	1	262,79	2,405835
N 8	27,49	Très suitable	1	343,67	0,023686		

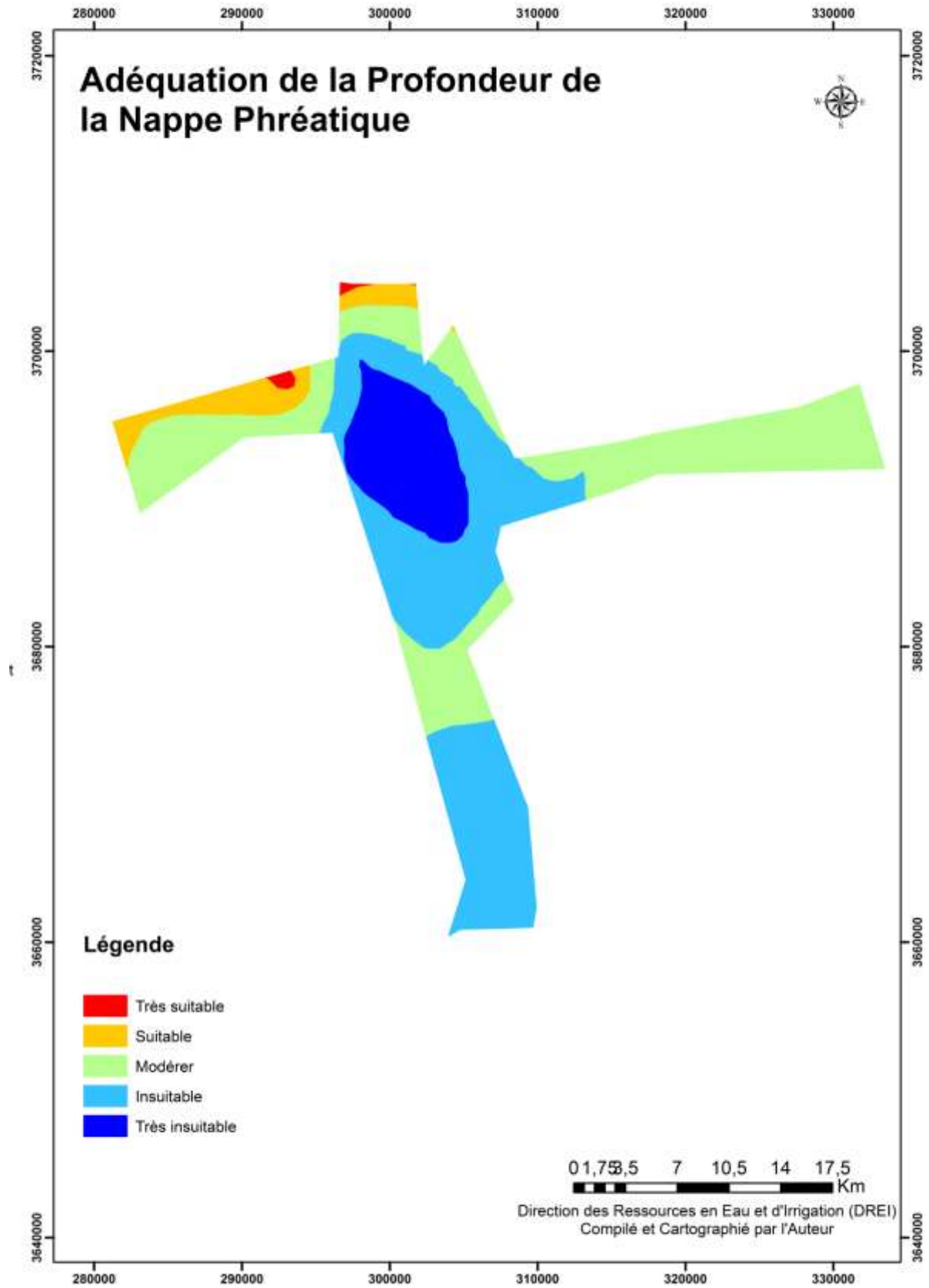
L'échelle de comparaison binaire adoptée, confirme que plus la profondeur de la nappe est importante plus le site est très adéquat pour l'extension urbaine, donc niveau 7 et 8 m est très suitable, niveau 5 et 6 m est suitable, ce qui moins important est le niveau 3 et 4m. Là où se trouve une profondeur de 1, 2m est non adéquate. L'endroit où l'eau est visible à la surface d'un maitre ou égale au niveau topographique 0 est très non suitable toujours le rang est de 1 jusqu'au 5. La pondération totale est de 343,67 à 18,88. Les totaux de surfaces des catégories d'adéquations sont montrés ci-dessous.

SIXIÈME CHAPITRE

Tableau 6-28. Les taux de surfaces des sous-critères de la profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères :

Critère	Sous Critère (m)	surface (%)
Profondeur de la Nappe Phréatique	N -1	0,26
	N 0	1,17
	N 1	1,58
	N 2	1,85
	N 3	2,90
	N 4	1,03
	N 5	0,43
	N 6	0,20
	N 7	0,05
	N 8	0,00

Très peu de surfaces sont classées très mauvaises 0,05 % car notre aire d'étude souffre de la remontée des eaux de la nappe phréatique qui est due à la surexploitation de la source, sans oublier le manque des données dans les zones inhabitées et économiquement inexploitées.



Carte 6.10 : L'adéquation de la profondeur de la nappe phréatique

VI.3.8.5 Adéquation de l'élévation

L'élévation est un critère qui est aussi décomposé en cinq sous critère dans le but de retirer leurs pondérations car ces dernières sont utilisées pour avoir la pondération de l'élévation. Comme tous les sous-critères précédant l'établissement d'une matrice de comparaisons binaires (**tableau 6-29**), une matrice de comparaison par paires normalisées, calcul de la pondération des sous critères et le calcul du vecteur de cohérence.

Tableau 6-29. La matrice de comparaison par paires des sous critères de l'élévation

Sous- critère (m)	36-61	61-85	85-110	110-134	134-159
36-61	1	0,2	0,11111111	0,14285714	1
61-85	5	1	0,14285714	0,33333333	5
85-110	9	7	1	5	9
110-134	7	3	0,2	1	7
134-159	1	0,2	0,11111111	0,14285714	1

Toujours cette matrice et vérifier par la détermination de λ_{max} , l'indice de cohérence (**IC**), la valeur aléatoire de l'IC pour n = 5 est 1,12. (**Tableau 6-30**)

Tableau 6-30. Rapports de consistance pour sous-critères de l'élévation :

λ_{max}	5,38
CI	0,10
CR	0,09
CR (%)	8,58

Nos appréciations se sont finies par le classement affiché ci-dessous, quatre classes d'adéquation (**tableau 6-31**) ou la catégorie très suitable est de 85 à 110 m, la suitable est de 110 à 134 m, ensuite la modérée de 61 à 85 m fini par l'insuitable la catégorie qui rassemble 36 à 61 m, 134 à 159 m par apport au niveau 0 m (**carte 6.11**).

SIXIÈME CHAPITRE

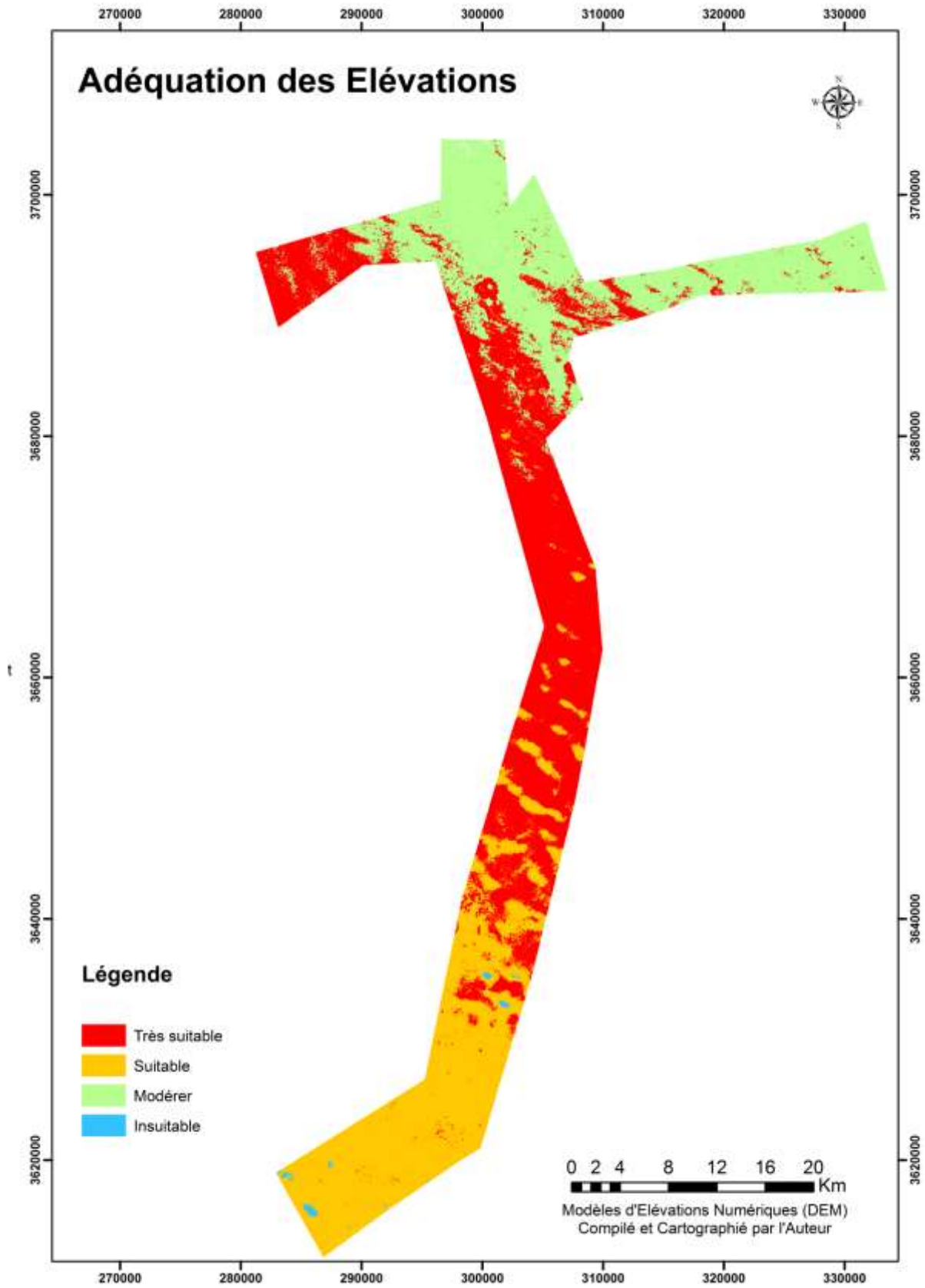
Tableau 6-31. Synthèse d'élévation et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe :

Critère	Poids (Cr)%	Sous Critère (m)	Poids (SCr) %	Niveau Adéquation	Rang	Poids total	Surface (Km ²)
Elévation	3,24	36 - 61	3,94	insuitable	4	12,75	1,187205
		61 - 85	13,28	moderer	3	42,97	257,920334
		85 - 110	55,82	très suitable	1	180,63	338,261401
		110 - 134	23,01	suitable	2	74,46	242,64574
		134 - 159	3,94	insuitable	4	12,75	2,257621

La pondération la plus élevée est de 180,63 % pour l'élévation de 85 à 110 m, la pondération la plus faible est 12,75 pour l'élévation de 36 à 61 et de 134 à 159 m. Les totaux de surfaces des différents sous critère sont affichés dans le **tableau 6-32**, la classe la plus suitable est de 7,27 %, la classe suitable et la classe modéré leur superficie est similaire un peu plus de 5%.

Tableau 6-32. Les totaux de surfaces des sous-critères de l'élévation par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères :

Critère	Sous Critère (m)	Surface (%)
Elévation	36 - 61	0,03
	61 - 85	5,54
	85 - 110	7,27
	110 - 134	5,22
	134 - 159	0,05



Carte 6.11 : L'adéquation des élévations

VI.3.8.6 Adéquation de la pente

Le critère de la pente est aussi analysé de la même façon, il a subi les mêmes étapes une matrice de comparaison par paires de cinq entrés (**tableau 6-33**), une matrice de comparaison par paires normalisées, calcul de la pondération des sous-critères et le calcul du vecteur de cohérence.

Tableau 6-33. Matrice de comparaison par paires des sous critères de la pente :

Sous - critère	0 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 45
0 - 2	1	1	0,14285714	0,11111111	1
2 - 4	1	1	0,14285714	0,11111111	2
4 - 7	7	7	1	0,2	7
7 - 11	9	9	5	1	9
11 - 45	1	0,5	0,14285714	0,11111111	1

Toujours besoin de confirmer la cohérence de nos appréciations grâce à la détermination de λ_{max} , l'indice de cohérence (**IC**), constamment la valeur aléatoire de l'IC pour n = 5 est 1,12. (**Tableau 6-34**)

Tableau 6-34. Rapports de consistance pour sous-critères de la pente

λ_{max}	5,295777649
CI	0,073944412
CR	0,066021797
CR (%)	6,602179674

Étends donner que la valeur du ratio de cohérence est inférieure de 10, donc en termine notre analyse (**tableau 6-35**) ; par extraction des classes de suitability des sous-critères de pente, ces dernières variantes entre suitable à très suitable, modéré, de l'insuitable au très insuitable (**carte 6.12**). La pondération lourde appartenait à la quatrième catégorie de pente de 7 – 11 %, pondération moins lourde concerne la catégorie troisième de 4 à 7 %, ensuite dixième catégorie de 2 – 4 %, puis première de 0 – 2 % et la dernière de 11 à 45 %.

SIXIÈME CHAPITRE

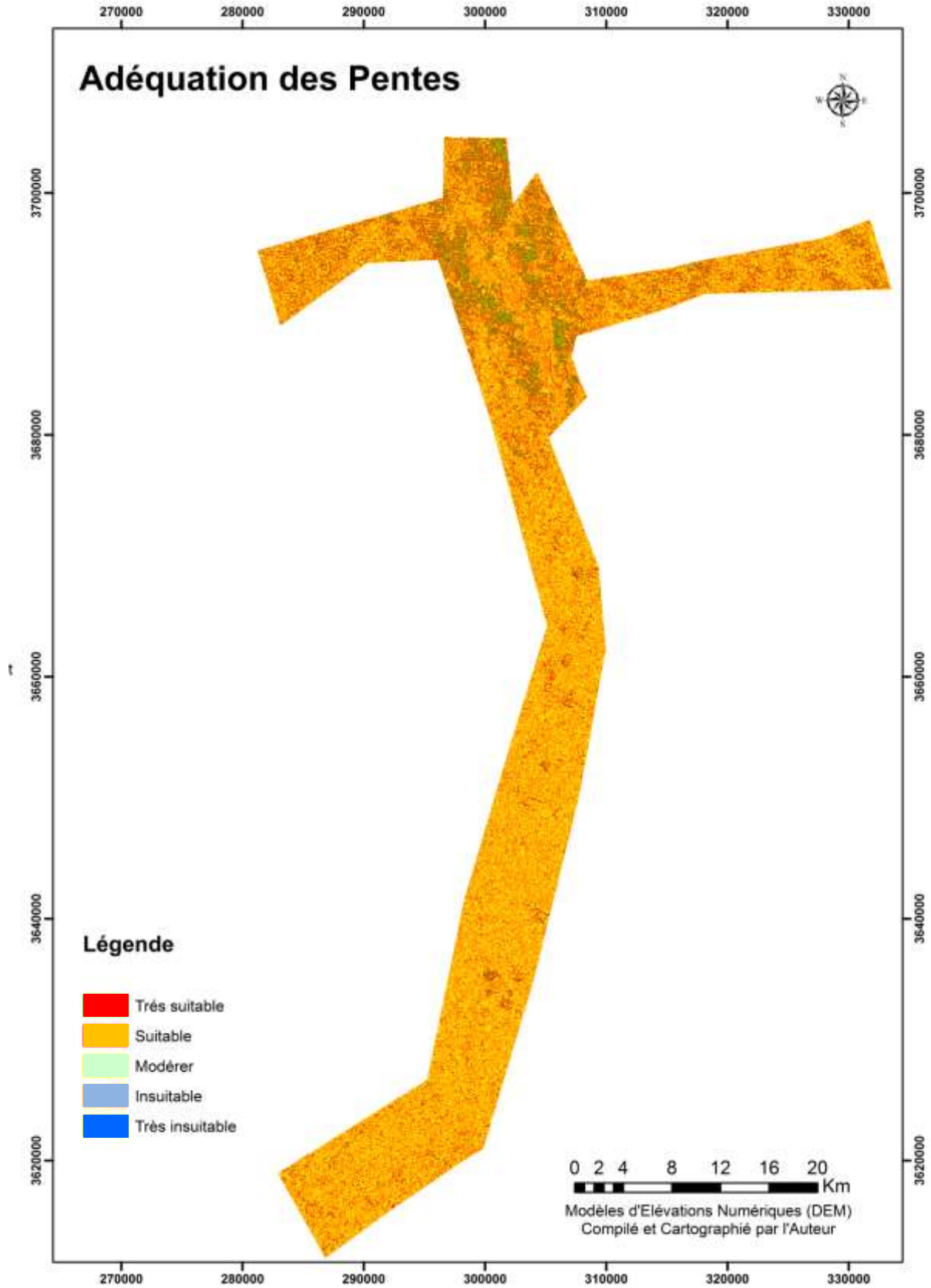
Tableau 6-35. Synthèse de l'analyse du critère pente et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe :

Critère	Poids (Cr)%	Sous Critère (%)	Poids (SCr) %	Niveau Adéquation	Rang	Poids total	Surface (Km ²)
Pente	6,06	0 - 2	5,03	insuitable	4	30,51	277,0633
		2 - 4	6,03	moderer	3	36,57	356,506176
		4 - 7	27,66	suitable	2	167,75	165,155337
		7 - 11	56,8	très suitable	1	344,47	35,952574
		11 - 45	4,49	très insuitable	5	27,23	7,464687

Nous finissons l'analyse par le calcul des surfaces d'adéquation pour l'extension urbaine (**tableau 6-36**), très peu de surface très bonne 0,77 %, faible surface bonne 3,55 %, la surface la plus importante et de qualité moyennement adéquate 7,66 %, et enfin 6,12 % de la superficie total des sous-critères globaux varient entre adéquations mauvaises à très mauvaise.

Tableau 6-36. Les totaux de surfaces des sous-critères pente par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous-critères.

Critère	Sous-critères (%)	Surface (%)
Pente	0 - 2	5,96
	2 - 4	7,66
	4 - 7	3,55
	7 - 11	0,77
	11 - 45	0,16



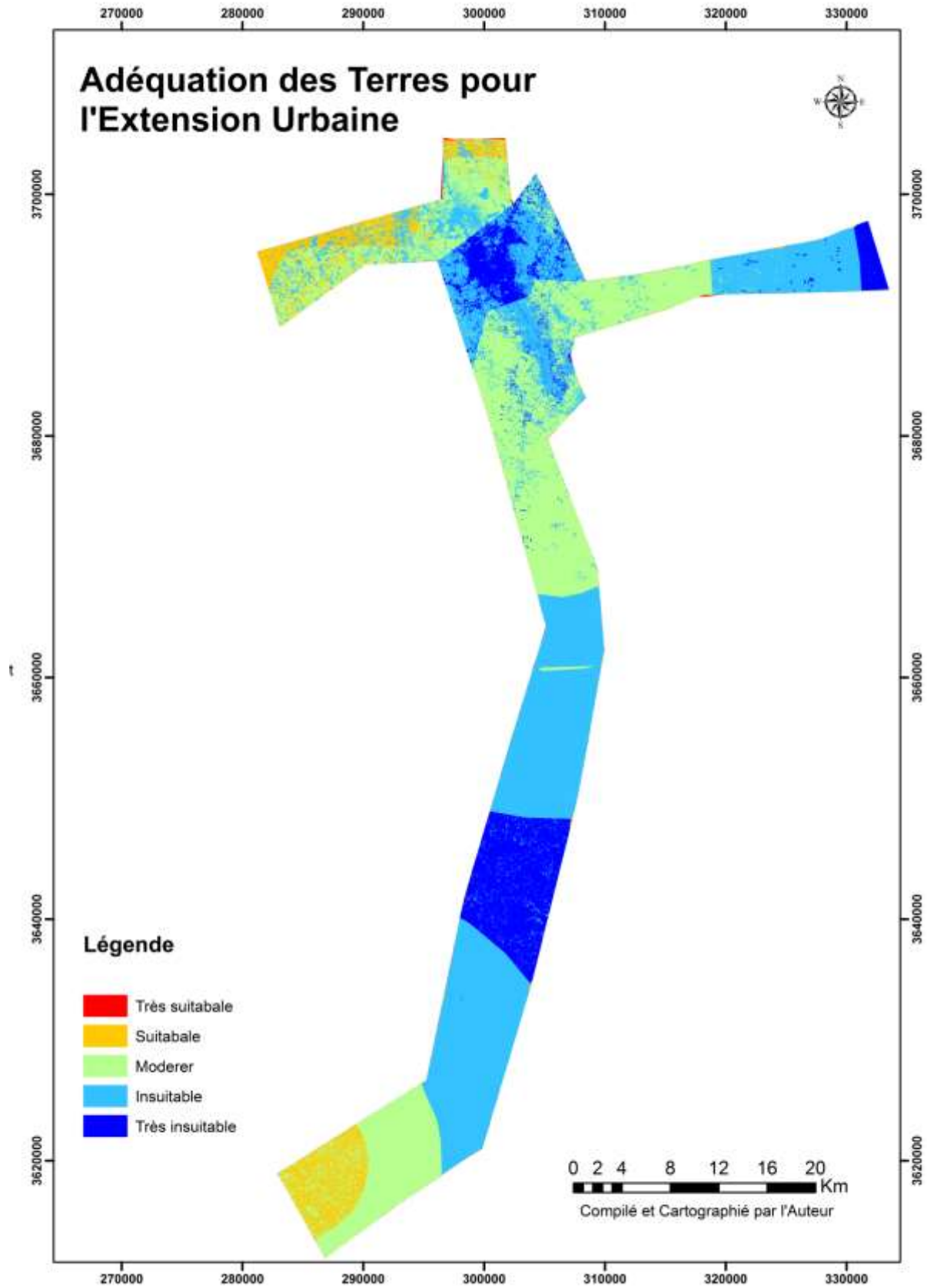
Carte 6.12 : L'adéquation des pentes

VI.3.8.7 Analyse de la d'adéquation globale :

On termine notre analyse de décision multicritères, par un SIG final (**carte 6.13**). Le **tableau 6-37** montre les surfaces classées dans chaque zone d'aptitude. Environ 0.35 % de la surface total équivalant à 3 km² classés parmi la zone très favorable, moins importante (surface) parmi les différentes zones, cela signifie que toute nouvelle construction peut être réalisée dans cette zone qui comprend des terres proches au réseau routier, à altitude et pente convenable ainsi qu'avec une profondeur d'eau souterraine suffisante. Vraiment très peu de terres ont rempli les critères entiers qui démontrent également que cette zone est désormais aux mieux positionnés par ses particularités intégrées. Des terres favorables avec surface modeste de 60,12 Km² équivalents de 7,11 % de la surface totale ; certaines parties du Nord, du Nord-ouest de la commune de Kouinine, et extrême Sud de la commune de Robbah. De 294,09 Km² des terres dont leur adéquation est modérée toujours au niveau de la commune de Kouinine et Sud de Robbah. Les sites défavorables et très défavorables évaluer de 57,73 %, un peu plus que la moitié de la surface totale de la AUIC, sont localisés au niveau de la commune d'El Oued, car elle est l'endroit le plus populairement dense, avec un taux d'accroissement naturel élevé, ainsi que la suralimentation d'eaux pour ; consommation domestique industrielle et agriculture irriguée. Cette ville contient plus d'endroits bas dans toute la vallée elle restera à désormais celle qui rupture le plus le système hydraulique fermé. La classe d'adéquation est focalisé à l'Est de la commune de Bayadha et le centre de la commune Robbah, sauf que ces deux derniers endroits sont défavorables à très défavorables à cause de l'absence totale des réseaux routiers. On peut prédire que si ces tendances actuelles de croissance de la population et de l'agglomération se poursuivent, alors dans le futur, la portion maximale des terres agricoles, principalement là où se trouvent les pivots, disparaîtront.

Tableau 6-37. Catégories d'adéquation globale et leurs surfaces :

Catégories d'Adéquation	Surface (km²)	Surface en %
Très Sutable	3,00	0,35
Sutable	60,12	7,11
Modéré	294,09	34,80
Insutable	367,87	43,53
Très Insutable	119,96	14,20



Carte 6.13 : l'adéquation des terres pour l'extension urbaine

Conclusion :

La complexité de l'environnement dans lequel le Souf et sa conurbation vive de nos jours exige un nouveau raisonnement, une façon récente de faire face à la multiplicité des paramètres qui agissent dans la réalisation des buts et dans la cohésion de nos évaluations pour en tirer des conclusions valables. La méthode hiérarchique multicritères doit s'expliquer en faisant appel à notre logique et à notre sagesse, la **MHM** doit être d'une facilité et simplicité qui la rendait accessible à l'utilisateur qui est en possession de cet outil universel de la réflexion (**MHM**). La **MHM** basée sur le SIG est une technique simple et rentable qui peut identifier des différentes catégories d'adéquation des terres à l'extension urbaine future.

Dans notre travail nous avons déterminé cinq classes d'adéquations entre terres très adéquates, adéquates, adéquation modérée, mauvaise adéquation et très mauvaise adéquation. Ce classement est basé sur des critères ; environnementales, physiques, hydrologiques, socio-économique et critère d'accessibilité d'où nous avons retiré c'est sous-critères de l'ordre de ; l'occupation et l'utilisation des sols, élévations, pentes, profondeurs de la nappe phréatique, distance euclidienne des routes et enfin la densité de la population.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'eau partout dans le monde est source de vie, très précieuse, notamment dans les régions arides et semi-arides. Dans ces régions les aquifères profonds sont des ressources naturelles les plus considérables, surtout si la nappe phréatique garde sa stabilité, et son équilibre naturel. La zone d'étude est considérée comme étant celle où un équilibre similaire assure et préserve la stabilité humaine et économique, en particulier agricole, parce que le Souf dispose d'un système agricole ingénieux traditionnel classé comme patrimoine culturel mondial.

Après l'indépendance l'Algérie a adopté des scénarios de développement dans tout le pays, afin de résoudre les problèmes des disparités spéciales héritées de la période de colonisation et les disparités frontalières, et en particulier au Sahara, dans le cadre du programme du Fonds de développement du Sud.

Ce volontarisme, qui commence par une promotion administrative de l'année 84 jusqu'au plan quinquennal en 2014, a engendré des mobilisations intenses des ressources en eau pour répondre au besoin de ses conséquences ; l'urbanisation, alimentation en eau potable, l'industrie et agriculture. L'innovation endogène par pivot artisanal a aggravé la situation non seulement de passer d'un système hydrique fermé à un système hydrique en rupture, la situation est allée au-delà, d'une augmentation de la salinité et de la pollution d'eau de la nappe phréatique qui continue à menacer la pérennité de l'agriculture irriguée dans la région. La ville a dévoré les

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ghouts, puis les a étranglés par trop d'eau, le patrimoine culturel mondial est disparu dans les villes et leurs environs voisins.

Ce volontarisme est censé être conditionnel à la pensée d'un réseau de drainage, un réseau d'assainissement et de système épuratoire parce que les fluctuations de la nappe phréatique entraînant un déséquilibre dans le bilan hydrique entre entrées et sorties.

Entre l'urbanisation, ignorances et les besoins, la ville au désert est devenue très vulnérable à la problématique de la remontée des eaux ; détérioration de l'identité architecturale, l'identité culturelle ; la santé publique et la dégradation de l'environnement. Nonobstant la mise en place d'un réseau d'assainissement, un réseau de drainage, et un système d'épuration étudié et programmer par ENHPO mais les problèmes environnementaux existent toujours.

La démarche appliquée pour étudier et évaluer la vulnérabilité à la remontée des eaux comprend deux étapes : le diagnostic visuel sur terrain qui a duré quatre ans, nos traitements ; des données qualitatives récoltées par analyses en composantes multiples dans les résultats sont prouvées par des classifications ascendantes hiérarchiques ; des données qualitatives par des analyses en composantes principales. Nos analyses dévoilent les liens et les corrélations de la vulnérabilité de la ville d'El Oued et sa conurbation.

La viabilité économique locale que notre aire d'étude a connue, a impliqué l'abus des nappes profondes surtout dans le domaine d'irrigation par les pivots ; le rejet des eaux usées, l'absence d'un réseau indispensable de drainage agricole sont autant de facteurs, renforçant la vulnérabilité du milieu face aux fluctuations de la nappe phréatique. Les effets désastreux développés, la salinisation et qualité chimique des eaux ont contribué à la dégradation de l'environnement. En effet, si cette calamité n'est pas stoppée et prit en charge par les pouvoirs publics locaux, les conséquences seront plus graves sur le patrimoine architectural et le patrimoine culturel (système Ghout), qui risquerait de disparaître complètement avec un risque réel de désertification et des résultats socio-économiques catastrophiques sur toute la région du Souf.

Halte à la planification aléatoire aveugle et sans logique, un nouveau raisonnement une exécution récente d'affronter le nombre important des facteurs qui entreprend dans l'accomplissement des objectifs, une façon contemporaine de rendre nos évaluations en concordance, en homogénéité pour prélever des planifications fondées.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'affirmation de notre hypothèse à travers la méthode hiérarchique multicritères basée sur le SIG, nous a permis de déterminer la disposition des distinctes classes de conformité, d'adéquations des terres à l'expansion future des villes.

À côté de ceux-ci, ce travail de planification serait utile pour, les décideurs politiques, les planificateurs, ce qui leur permet d'identifier les secteurs où des projets de développement peuvent être mis en œuvre de façon raisonnable, facile et efficace.

Sans oublier que la **mise en place d'un DRAINAGE AGRICOLE est primordiale**, pour drainer le surplus des eaux d'irrigations.

Afin de parachever, ces résultats mettent en évidence l'importance de l'usage de la télédétection et des SIG pour la quantification, le suivi de l'étalement qui a fini par conurbation et la modélisation de l'adéquation des terres à l'extension urbaine future. L'approche mise en œuvre dans ce travail a favorisé l'utilisation de méthodes mathématique et statistique de suivi auparavant expérimenté et commodément reproductible. Ces tendances et doctrines peuvent instituer un cadre référentiel pour d'autres études similaires.

Dans le cadre de ce travail, ce que nous n'avons pas pu le faire, c'est étudier la résistance des matériaux de constructions locales, à la salinité et à la pollution de l'eau montante, c'est un travail qui nécessite un laboratoire de recherche et une équipe multidisciplinaire.

BIBLIOGRAPHIE

A

Aldababseh, A., Temimi, M., Maghelal, P., Branch, O., & Wulfmeyer, V. (2018). Multicriteria evaluation of irrigated agriculture suitability to achieve food security in an arid environment. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030803>

Albrecht JH (1996) Universal GIS operations for environmental modeling. Proceedings of the 3rd International Conference/ Workshop on Integrating Geographic Information Systems and Environmental Modeling, Santa Fe, NM, January 21–25, CDROM, National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA)

Acourene S, Allam A, Taleb B, Tama M (2007) Inventaire des différents Cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) des régions de Oued-Righ et de Oued-Souf (Algérie). *Sécheresse* 18:135–142. [https://doi: 10.1684/sec.2007.0078](https://doi.org/10.1684/sec.2007.0078).

A. Guendouz • A. S. Moulla • B. Remini (2005) • Hydrochemical and isotopic behaviour of a Saharan phreatic aquifer suffering severe natural and anthropic constraints (case of Oued-Souf region, Algeria) *Hydrogeology Journal* (2006) 14: 955–968. DOI 10.1007/s10040-005-0020-1.

Adnane Souffi Moulla, Abdelhamid Guendouz, Zineb Reghis, 1997: Hydrochemical and isotopic investigation of rising piezometric levels of saharan phreatic aquifers in the Oued-Souf region (grand erg oriental basin, algeria), *International Conference Water In The Mediterranean, Collaborative Euro-Mediterranean Research: state of the art, results and future priorities Istanbul (Turkey)*.

Ayalew, L.; Yamagishi, H.; Ugawa, N. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides* 2004, 1, 73–81.

Albrecht JH (1996) Universal GIS operations for environmental modeling. Proceedings of the 3rd International Conference/ Workshop on Integrating Geographic Information Systems and Environmental Modeling, Santa Fe, NM, January 21–25, CDROM, National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA).

Asmala Ahmad, Shaun Quegan (2012) Analysis of Maximum Likelihood Classification Technique on Landsat 5 TM Satellite Data of Tropical Land Covers, 2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, Penang, Malaysia.

Amare Gebre Medhin, Welday Biruh, Vanum Govindu, Biadgilgn Demissie, AbadiMehari (2019) Detection of Urban Land Use Land Cover Dynamics Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of AXUM Town, Northern ETHIOPIA. Journal of the Indian Society of Remote Sensing <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00974-y>.

Aburas MM, Abdullah SH, Ramli MF, Ashaari ZH (2015) A review of land suitability analysis for urban growth by using the GIS based analytic hierarchy process. Asian J ApplSci 3(6):869–876.

Aldababseh, A., Temimi, M., Maghelal, P., Branch, O., & Wulfmeyer, V. (2018). Multicriteria evaluation of irrigated agriculture suitability to achieve food security in an arid environment. Sustainability (Switzerland), 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030803>.

ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) (1993) Etude hydrogéologique de la région d'El-Oued: contribution au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique. ANRH, Ouargla, 47 pp.

ANRH (2000) : Note relative à la remontée des eaux dans la vallée du Souf. Ministère des ressources en eau, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud Ouargla.

ANRH (1999) : Contribution a l'étude de la remontée des eaux dans les Ghouts agricoles (W. El Oued). Ministère de l'équipement et l'aménagement du territoire, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Direction régionale Sud-Ouargla.

ANRH (1999) : Rapport de synthèses sur la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'Oued Souf. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud/Ouargla.

ANRH (1999) : Inventaire de forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya d'El Oued. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud-est, Ouargla.

ANRH (1994) : Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf. Campagne piézométrique (Basses eaux 1994). République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud/Ouargla. Rapport n° 02.

ANRH (1994) : Réglementation technique pour l'exécution et le contrôle des forages hydrauliques dans les aquifères du Sahara septentrional. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement, Agence nationale des ressources hydrauliques. Rapport.

ANRH (1993) : Etude hydrogéologique de la région d'El Oued. Contribution au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement, Agence nationale des ressources hydrauliques, Antenne régionale sud.

ANRH (1994) : Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf. Campagne piézométrique (Basses eaux 1994). République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud/Ouargla. Rapport n° 02.

ANRH (1999) : Rapport de synthèses sur la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'Oued Souf. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud/Ouargla.

ANRH (1999) : Inventaire de forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya d'El Oued. République algérienne démocratique et populaire, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud-est, Ouargla.

ANRH, 1999 Agence Nationale Des Ressources Hydriques Direction Régionale Sud /Ouargla. Rapport de synthèse sur la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'oued Souf, étude réalisée par S. BENHAMIDA, R. MEDJABER, A. MAAMERI octobre 1999 p 7.

ANAT Agence National d'Aménagement du Territoire (juin 2003) éléments prospectifs pour l'aménagement de la wilaya d'el oued, mission I phase 2 page 26.

ANAT Agence National d'Aménagement du Territoire (Décembre 2003) Etude prospective de développement et d'aménagement de la wilaya d'El Oued, mission II.

Armature Urbaine –2008– Office National des Statistiques, Septembre 2011, La Direction Technique Chargée des Statistiques Régionales, l'Agriculture et de la Cartographie, Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Collections Statistiques N° 163/2011.

Armature urbaine 1987, ONS, les collections de statistiques, 4src.

B

Berrah Said (2009) Contribution à l'étude spatiale de la remontée de la nappe phréatique : problèmes posés et conséquences sur le système agricole " Ghout" à Oued Souf.

Bousmaha Ahmed, 1994, Petites villes et urbanisation dans la région centrale du tell de l'est Algérien, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Nice. UFR des lettres, arts et sciences humaines Soutenue en 1994 à Nice.

- **Bousmaha Ahmed, 2014**, le rôle des petites villes dans le mouvement d'urbanisation en Algérie : le cas de la région centrale du tell de l'est algérien. Sciences & Technologie D - N°39, Juin (2014). pp.29-44.

Bousmaha Ahmed, Zeraib Salah, Benhassine Nassira, Kouba Yacine 2021, Growth and hierarchy of cities in Algeria: Application of the Rank-Size rule, Preprint, DOI: 10.20944/preprints202109.0306.v1

Boualem Bouselsal et Nacer Kherici 2014, Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (SE Algérie).

Boualem BOUSELSAL et Nacer KHERICI (2014) Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (SE Algérie) Afrique SCIENCE 10(3) (2014) 161 - 170 161 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.

Bataillon C, 1960. Ressources et vie de relation du Sahara : l'exemple du Souf. Annales de Géographie 69 (375) : 493-507. doi: 10.3406/geo.1960.14732.

Remini B, 2006. La disparition des Ghouts dans la région d'El Oued (Algerie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 05, Juin 2006, pp.49-62.

BAILLY (A.), BÉGUIN (H.), 1995, Introduction à la géographie humaine, Paris, Masson, 5e édition, 192 p. DOI : 10.3917/arco. baill.2016.01.

BOUHOUN, M, DADDI. ; Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas du M'Zab ; Mémoire de magister ; INA, Alger, p 180 (1997).

Béguin M., Pumain D., 2000 (2e ed.), La représentation des données géographiques, statistique et cartographie, Paris, Armand Colin.

Bakour, M. &Baouni, T. (2015) Étalement urbain et dynamique des agglomérations à Alger : quel rôle pour la promotion administrative ? Cahiers de géographie du Québec, 59 (168), 377– 406. doi: 10.7202/1037255ar.

Bisson Jean.Mutin Georges, Mythes et réalités d'un désert convoité : le Sahara. In : Annales de Géographie, t. 113, n°640, 2004. P 652;
https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_2004_num_113_640_1965

Bonnard & Gardel Ingénieurs-conseils (BG) Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Vallée du Souf - Schéma directeur d'assainissement pages 65, 66, 67, 68 janvier 2003.

Ballais J-L. (1993) Formations éoliennes et phases arides quaternaires dans le Bas-Sahara algéro-tunisien, wurzb. Geogr.Aeb. wurzburg, 87, p. 107-119.

Ballais J-L., Ben Ouezdouh H (1987) formes et dépôts du Quaternaire continental de la bordure présaharienne du Maghreb oriental : essai de synthèse provisoire, colloque PICG 210, Marrakech, 2 p.

Ballais J-L (1985). Zonation et aridification au Quaternaire moyen dans l'Atlas saharien oriental, Physio-Géo, Paris, n°14-15, p. 125-130.

Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER) (1992) Etude d'un plan directeur de développement de l'agriculture dans la wilaya d'El-Oued. Rapport No.3. Analyse diagnostique de la situation actuelle. Direction des Services Agricoles d'El-Oued. Rep DE/302/92-3.

BNEDER (1993) : Schéma directeur de mise en valeur de la wilaya. Projet type d'exécution (zone du Souf). République algérienne démocratique et populaire. Wilaya d'El Oued, Direction des services agricoles. Bureau national d'études pour le développement rural. Rapport DE/302/93/08, 191 p.

BNEDER (1994) : Bureau national d'études pour le développement rural ; Schéma directeur de développement agricole de la wilaya d'El Oued. Synthèse et recommandations. République algérienne démocratique et populaire. Ministère de l'agriculture, Direction des services agricoles (El Oued). Rapport DE/302/94/13, 66 p.

BNEDER (1992) : Etude d'un plan directeur de développement de l'agriculture dans la wilaya d'El Oued. Rapport n° 3, Analyse diagnostic de la situation actuelle. République

algérienne démocratique et populaire, Wilaya d'El Oued, Direction des services agricoles. Bureau national d'études pour le développement rural. Rapport DE/302/92-3, 159 p.

BNEDER avril 1994 Synthèse et Recommandations, Schéma directeur de Développement Agricole de la Wilaya d'El Oued

Bel F, Cuche D (1970) Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la reconstruction du modèle mathématique (Investigation of the Complexe Terminal aquifers of lower Sahara : geological and hydrogeological data for the reconstruction of the mathematical model). Tech Rep, Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Ouargla, Algeria

Barkat, A, Bouaicha, , Bouteraa, O, Mester, T, Ata, B, Balla, D, Rahal, Z, Szabó, G (2021) Assessment of Complex Terminal Groundwater Aquifer for Different Use of Oued Souf Valley (Algeria) Using Multivariate Statistical Methods, Geostatistical Modeling, and Water Quality Index. Water 2021, 13, 1609. <https://doi.org/10.3390/w13111609>

Bel F, Demargne F (1966) Etude géologique du Continental Intercalaire (Geological study of the Continental Intercalaire aquifer). Tech Rep ANRH, Algiers

Bonnard D, Gardel A (1998) Etude de la remontée des de la nappe phréatique de la région de Oued Souf, Wilaya d'El-Oued-Algérie.

BENDER (1999) Etude du plan directeur général de développement des régions Sahariennes. Lot I: Etudes de base. Phase II: Synthèse et croisement des connaissances. Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BENDER), Tipaza, Algérie, p 124.

Belguidoum Saïd. Urbanisation et urbanité au Sahara. In: Méditerranée, tome 99, 3-4-2002. Le Sahara, cette «autre Méditerranée» (Fernand Braudel) pp. 53-64; doi : <https://doi.org/10.3406/medit.2002.3261>

https://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_2002_num_99_3_3261

Bouzidi Z, Abdellaoui EH, Faysse N, Billaud JP, Kuper M, Errahj M. 2011. Dévoiler les réseaux locaux d'innovation dans les grands périmètres irrigués. Cah Agric 20: 34–9. doi: 10.1684/agr.2011.0471.

BOUHOUN, M, DADDI (1997) ; Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas du M'Zab ; Mémoire de magister ; INA, Alger, p 180.

Bonnard D, Gardel A (1998) Etude de la remontée des de la nappe phréatique de la région de Oued Souf, Wilaya d'El-Oued-Algérie.

Bel F, Cuche D, Schoute M, Lefort O (1970) Etude du Complexe Terminal. Données hydrogéologiques et géologiques (Study of the Complexe Terminal aquifer, hydrogeological and geological data). Rep ERESS Project, Ouargla.

Bel F, Cuche D (1970), Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la reconstruction du modèle mathématique (Investigation of the Complexe Terminal aquifère of lower Sahara : geological and hydrogeological data for the reconstruction of the mathematical model). Tech Rep, Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Ouargla, Algeria.

Bousalsal Boualem, (2016), Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère libre d'El Oued Souf (SE Algérie), Un doctorat en sciences en hydrogéologie, Faculté des Sciences de la Terre Département de Géologie, Universite Badji Mokhtar, Annaba.

C

Coque R. (1961) la Tunisie présaharienne. Etude géomorphologique, A.Colin, Paris, 476p.

Coque R, Gachelin C. (1975) problèmes géomorphologiques du Bas-Sahara algéro-tunisien, Mélanges G. Viers, Université Toulouse-Le Mirail, p. 161-169.

COTE, M. (1996): l'Algérie, espace et société, Armand colin, Paris, France.

COTE, M. (1993): Une région saharienne malade de trop d'eau. Le Souf. Rapport, 17 p.

COTE, M. (2001) Souf 2001 : l'Agriculture peut-elle résoudre le problème de la remontée de la nappe BG. Lausanne.

Chaouche-Bencherif Meriama (2007), La Micro-urbanisation et la ville-oasis ; une alternative à l'équilibre des zones arides pour une ville saharienne durable CAS du Bas-Sahara, Mémoire de Doctorat en Sciences.

CONRAD, G. ; MARCE, A. & OLIVE, Ph (1975) : Mise en évidence, par le tritium, de la recharge actuelle des nappes libres de la zone aride saharienne (Algérie). Journal of Hydrology, vol. 27, pp. 207-224.

CHEBBAH Mohamed and ALLIA Zineb 2015: Geochemistry and hydrogeochemical process of groundwater in the Souf valley of Low Septentrional Sahara, Algeria African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 9(3), pp. 261-273, March 2015 DOI: 10.5897/AJEST2014.1710

Cote, M., 2005.La ville et le désert : Le Bas-Sahara algérien, Paris/Aix-en-Provence, Karthala/IREMAM.

Cote, M., 2006. Si le Souf m'était conté : Comment se fait et se défait un paysage. Média-Plus, Constantine.

Côte M. (dir.) 2005, La Ville et le désert. Le Bas Sahara algérien,

D

DRE, 2013 Documents techniques. Alger, la Direction des Ressources en Eau. Wilaya d'El-Oued.

DPAT Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de la wilaya d'el oued (2005).

Drouiche Abdelmalek (2014), Impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la Vallée du Souf (Sud-est Algérien), thèse de doctorat en sciences en hydrogéologie, Faculté des Sciences de la Terre Département de Géologie, universite Badji Mokhtar Annaba.

Direction des statistiques et de la comptabilité nationale (1979) Répartition de la population par commune et dispersion, évolution 1966-1977. Avril 1979.

Diagi Bridg et Edewede (2018) Assessment of Changes in Landcover and Land use in Ebonyi State, Using Remote Sensing Technique. Journal of Environment and Earth Science www.iiste.org ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online) Vol.8, No.9.

DRE (2015) Inventaire des puits traditionnels de la wilaya d'El-Oued. Direction des Ressources en Eau de Wilaya (DRE), El-Oued, p 9.

DADDI BOUHOUN Mustapha, SAKER Mohamed Lakhdar, HACINI Messaoud, OULD EL HADJ Mohamed Didi et BRINIS Louhichi. Effets de la remontée des eaux phréatiques sur la salinisation des sols dans les Ghouts à Oued Souf (Sud Est Algérien) ; Annales des Sciences et Technologie ; Vol. 3, N° 1, Juin 2011.

DADDI BOUHOUN M. et BRINIS L ; Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla ; J. Algérie. Région. Arides, N° spécial, pp 17-20 (2006).

Daviault L, 1974. Le Souf (sud Constantinois). La bibliothèque de travail 53 : 3-32. <https://www.icem-freinet.fr/archives/bt/bt53/bt53.pdf>.

Dervieux F (1956) La nappe phréatique du Souf (Algérie). Etude du renouvellement de la nappe. Contribution à l'étude des phénomènes capillaires dans un milieu pulvérulent (The Souf's phreatic aquifer, A study of the aquifer replenishment: a contribution to the investigation of capillary phenomena taking place in a pulverulent environment). Terres et eaux 29:5–39.

Despois J (1958) Le Souf et le Gourara (Sahara). Annal Géographie 67:263–264.

Dubief J (1959) Le climat du Sahara. Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, Alger.

E

ENHPO-BG vallée du Souf études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Géomorphologie de la vallée du Souf. Influence, sur le comportement de la nappe phréatique.

ENHPO-BG, (Juillet 2004) essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de

réhabilitation, de protection des ressources en eau. MISSION II Rapport Final Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique République Algérienne Démocratique et Populaire Office National de l'Assainissement, page 35.

ENHPO BG (Février) 2002b. Vallée du Souf, étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesure complémentaire de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Étude d'impact sur l'environnement. Mission III-B : caractérisation environnementale de la situation actuelle.

ENAGEO : Etude topographique de la région du Souf. Nivellements des puits d'eau. République algérienne démocratique et populaire, Wilaya d'El Oued, Direction de l'hydraulique. Entreprise nationale de géophysique, Direction hydrogéologie topographie, Département topographique.

ENAGEO : Etude topographique de la région du Souf. Coordonnées de piézomètres. République algérienne démocratique et populaire, Wilaya d'El Oued, Direction de l'hydraulique. Entreprise nationale de géophysique, Direction hydrogéologie topographie, Département topographique.

ENAGEO : Etude topographique de la région du Souf. « Rapport technique ». République algérienne démocratique et populaire, Wilaya d'El Oued, Direction de l'hydraulique. Entreprise nationale de géophysique, Direction hydrogéologie topographie, Département topographique.

ENAGEO : Etude topographique de la région du Souf. Coordonnées des puits d'eau. République algérienne démocratique et populaire, Wilaya d'El Oued, Direction de l'hydraulique. Entreprise nationale de géophysique, Direction hydrogéologie topographie, Département topographique.

Edmunds WM, Guendouz A, Mamou A, Moulla AS, Shand P, Zouari K (2003) Groundwater evolution in the continental intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: trace element and isotopic indicators. Appl Geochem 18(6):805–822.

Edmunds WM, Shand P, Guendouz A, Moulla AS, Mamou A, Zouari K (1997) Recharge characteristics and groundwater quality of the Grand Erg Oriental basin, final

report. EC (Avicenne), Contract CT93AVI0015, BGS Tech Rep WD/97/46R, Hydrogeology Ser.

Epstein, J. Payene, K. Kremer, E. 2002 Techniques of mapping suburban sprawl
Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68(9):913-918

F

Farehi.f (2014) Les établissements Humains Sahariens Entre Localisation et Accessibilité des Nœuds et efficacité des Arêtes Cas d'étude : La wilaya d'El Oued Magistère en Architecture.

Flavia Di Palma, Federico Amato, Gabriele Nolè, Federico Martellozzo, BeniaminoMurgante (2016) A SMAP Supervised Classification of Landsat Images for Urban Sprawl Evaluation. International journal of Geo-Information. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 5, 109; doi: 10.3390/ijgi5070109.

Ferdinand Bonn., Guy Rochon., Précis de télédétection, volume 1 principes et méthodes. Presses de l'université de Québec, 1996. P13.

Fontes JCh, Yousfi M, Allison GB (1986) Estimation of longterm, diffuse groundwater discharge in the northern Sahara using stable isotope profiles in soil water. J Hydrol 86:315-327.

G

Gihen Ream Abdaoui, Ahmed Amine Tabet, Foued Bouaicha, Ahmed Bousmaha, and Salah Bouchemal (July 2020) Sprawl, Specificity and Dynamics of Inter-Municipal Urban Agglomerations of the Souf Valley (South East Algeria): Using GIS Techniques. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 29 No. 4 Jul. 2020, pp. 991-1014.

Guendouz A, Moulla AS, Edmunds WM, Shand P, Zouari K, Mamou A (2003) Hydrogeochemical and isotopic evolution of the Complexe Terminal groundwaters in the Algerian Sahara. Hydrogeol J 11:483–495

Gilles pison (2009) Atlas de la population mondiale : faut-il craindre la croissance démographique et le vieillissement ?

Guendouz A, Moulla AS, Edmunds WM, Shand P, Zouari K, Mamou A (2003) Hydrogeochemical and isotopic evolution of the Complexe Terminal groundwaters in the Algerian Sahara. *Hydrogeol J* 11:483–495

H

Hakim Saibi , Ahcene Semmar , Mohamed Mesbah, Sachio Ehara (2009) Variographic analysis of water table data from the Oued-Souf phreatic aquifer, northeastern part of the Algerian Sahara. *Arab J Geosci* 2, 83–93 (2009). <https://doi.org/10.1007/s12517-008-0021->

HPO – BG Mission II Deuxième campagne de mesures hydrogéologiques Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique Projet El Oued Vallée du Souf Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Agence Nationale l'Eau Potable et de l'Assainissement Industrielle (AGEP). 19 décembre 2001.

HPO-BG Mission 1A (2001) : Vallée du Souf. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires contre la remontée de la nappe phréatique. Mission 1A Diagnostic Réseaux eaux usées. Rapport de synthèse. République Algérienne démocratique et Populaire, AGEP. 6002.01/RNO16.

Huang, Y.; Zhao, C.; Yang, H.; Song, X.; Chen, J.; Li, Z. (2017) Feature Selection Solution with High Dimensionality and Low-Sample Size for Land Cover Classification in Object-Based Image Analysis. *Remote Sens.* 2017, 9, 939.

I

Ishak Messekher, Nabil Chabour, Mohamed Redha Menani (2012) remontée de la nappe phréatique du souf. Conséquences et solutions envisagées, *Analele Universității București*, Bucharest, pages 179-197.

Ibrahim Rizk Hegazy , Mosbeh Rashed Kaloop(2015)Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of SustainableBuiltEnvironment*4, 117–124.

Javadian M, Shamskooshki H, Momeni M (2011) Application of sustainable urban development in environmental suitability analysis of educational land use by using AHP and GIS in Tehran. *ProcediaEng* 21:72–80

J

J.-M. Burri / J.-P. Burri (Juillet 2004) : Investigations, essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de réhabilitation, de protection des ressources en eau. Rapport Final, mission II. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Vallée du Souf Office National de l'Assainissement (ONA)

K

Khezzani B, Bouchemal S, Halis Y (2016) Some agricultural techniques to cope with the fluctuation of the groundwater level in arid environments: case of the Souf Oasis (Algerian Sahara) *J Aridland Agri* 2:26–30. <https://doi.org/10.19071/jaa.2016.v2.3060>.

Khezzani Bachir (2018), Exploitation des ressources en eau dans la vallée du Souf, une étude pour la gestion durable de l'environnement, Thèse en science naturelle et vie. Université Larbi Ben Mhidi, Oum El Bouaghi. (En Arabe).

Khezzani B, Bouchemal S (2013) L'utilisation des ressources en eaux dans le Souf et leur impact sur le patrimoine agricole (le Ghout). Conference paper, El-Oued.

Khezzani B Bouchemal S (2018) Variations in groundwater levels and quality due to agricultural over exploitation in an arid environment: the phreatic aquifer of the Souf oasis (Algerian Sahara). *Environnemental Earth Sciences* (2018) 7:142 <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7329-2>

Kadri.S.R, Chaouche. M (2018) La remontée des eaux dans la région du Souf : une menace sur un écosystème oasien [Algérie]. *Cahiers d'EMAM*, 01/06/2018, n.30, p. 1- 20. <http://doi.org/10.4000/emam.1554>.

Khechana S, 2008. Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée d'Oued Souf (Sud-est algérien). Thèse magister, université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 131p.

Khechana Salim (2014), Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-est Algérien), thèse de doctorat en sciences en hydrogéologie, Faculté des Sciences de la Terre
Département de Géologie, université Badji Mokhtar Annaba.

KHECHANA Salim et DERRADJI El-Fadel (2014) Qualité des Eaux Destinées à la Consommation Humaine et à l'Utilisation Agricole : Cas des Eaux Souterraines d'Oued-Souf SE Algérien Rev. Sci. Technol., Synthèse 28 : 58-68

Khadraoui Abderrazak. (2006), « Eaux et impact environnemental dans le sahara Algérien, ressources en eau », Edition ABHS, 2006, Algérie, pp.123.

Kherici N, Zouini D, Kherici H (1996) Origine de la remontée des eaux de la nappe superficielle de Souf (Nord-Est du Sahara Septentrional Algérien). Association Espanola de Hidrologia Subterranea. Hidrogeologia 12 :49–59.

Kholladi Mohamed-Khireddine (November 2005) SIG pour le suivi de la remontée des eaux de la wilaya d'El Oued Souf, Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences
Département d'Informatique, Laboratoire Lire - Equipe Vision & Infographie.

Khechana Salim 2008, « La remontée des eaux de la nappe phréatique dans la vallée d'Oued-Souf : Problématique et vision historique », Actes des premières journées d'étude sur la remontée des eaux dans la région d'El-Oued, 20-21 avril 2008, Présentation PowerPoint, El-Oued, Algérie.

Kouzmine Yaël, Jacques Fontaine 2018, « Démographie et urbanisation au Sahara algérien à l'aube du XXIe siècle », Les Cahiers d'EMAM [En ligne], 30 | 2018, mis en ligne le 18 avril 2018, consulté le 26 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/emam/1426> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/emam.1426>

L

Levassor A (1978) Simulation et gestion des systèmes aquifères. Application aux nappes du Complexe Terminal' du bas Sahara, Algérie (Modeling and management of aquifers: application to the Complexe Terminal aquifer in the lower Sahara, Algeria), Thesis. Paris-VI University, Paris.

LAYEB. H (1999) Volontarisme spatial et promotion administrative en Algérie. In : Méditerranée, tome 91, Littoralisation et disparités spatiales Machrek Maghreb. pp. 85-91 ; doi.org/10.3406/medit.1999.3090.

Leila M. G. Fonseca, Laércio M. Namikawa and Emiliano F. Castejon (2009) “Digital Image Processing in Remote Sensing”, Tutorials of the XXII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, 978-0-7695-3815-0/09 IEEE.

Lehuraux L, 1934. Le Sahara ses oasis. Alger : Baconnier. 202 p.

LAOUICI, S: Inventaire et enquête sur les débits extraits de la Wilaya d’El Oued, ANRH. (1991).

M

Mainguet M, Chemin M-C (1987) images satellites et mesures de terrain pour une approche quantitative des systèmes dunaires du Grand Erg Oriental. Relation avec l’ensablement des oasis périphériques, Stuttgarter Studien, 106, p. 145-160.

Miloudi. A, Remini.B (2018) the Ghout of Souf: An original hydro agricultural system Geosciences Engineering Volume LXIV (2018), No. 3 <http://gse.vsb.cz> p. 30-37, ISSN 1802-5420.

Moulla AS, Guendouz A, Reghis Z (1996) Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique de la région d’Oued-Souf. Rapport final de synthèse, Centre de Développement des Techniques Nucléaires (CDTN), Algérie, 19 pp.

Mission IB : schéma directeur d’Assainissement, Vallée du Souf, Etudes d’assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d’irrigation, HPO-BG, Ministère des Ressources en Eau 07 octobre 2002.

Medareg Narou, B. H. & Farhi, A. (2009). Le rôle des services et des investissements dans l’hypertrophie de la ville d’El Oued au bas Sahara algérien. Environnement Urbain / Urban Environment, 3, c-1–c-18. <https://doi.org/10.7202/044600ar>.

Mahmon.Nur.Anis, Ya’acob.Norsuzila, Yusof.Azita.Lail., (2015) Differences of Image Classification Techniques for Land Use and Land Cover Classification, IEEE 11th

International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA), Kuala Lumpur, Malaysia.

Morgan. R. S, Rahim. I. S, Abd El-Hady M, (2015) A Comparison of Classification Techniques for the Land Use/ Land Cover Classification, Global Advanced Research Journal of Agricultural Science (ISSN: 2315-5094) Vol. 4 (11) pp. 810-818.

Merlyn.S, Noba. H, Ronald. G, Aldrin. J. H, Aldin. A and Cristino. T (2019) Land Use/Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis in the Mount Makiling Forest Reserve Watersheds and Buffer Zone, Philippines. *Environments*, 6, 9; doi: 10.3390/environments 6020009.

Mumtaz Khan M, Prathapar SA (2012) Water management in date palm groves. In: Manickavasagan A, Mohamed Essa M, Sukumar Dates: production, processing, food, and medicinal values. CRC Press, London, pp 45–65.

Merabet B, Souissi D, Chaouch M (2007) Irrigation of date palm and associated crops. In: Workshop on irrigation of date palm and associated crops, Damascus University, Syrian Arab Republic, pp 16–24.

Marc Guerrien, « L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales », *Cahiers des Amériques latines* [En ligne], 43 | 2003, mis en ligne le 10 août 2017, consulté le 11 octobre 2017. URL : <http://cal.revues.org/7364> ; DOI : 10.4000/cal.7364.

Mishra AK, Deep S, Choudhary A (2015) Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *Egypt J Remote Sens Space Sci*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.06.005>.

Messekher I, Menani MR, 2010. Evolution de la piézométrie de la ville d'Oued Souf (Entre 1993, 2002 et 2007) : Perspectives de la maîtrise du phénomène de la remontée de la nappe phréatique. *J Int Net Env Manag Confl* : 259–266. <http://annalsreview.geo.unibuc.ro/2012/Ishak>.

Messekher I, Chabour N, Menani MR, 2010. Remontée de la nappe phréatique du Souf. *Annales de l'université Bucaresti, Roumanie*, 1(1) : 259-266.

Meziani A, Meziani S, Dridi H, Kalla, 2009. La remonté des eaux profondes dans le Souf Sahara Algérien : conséquence de la mauvaise gestion des ressource en eaux souterraines. Actes du colloque international : énergie, changement climatiques et développement durable, Djerba, (15-17 Juin 2009), Tunisie, 8 p.

MEISSA Brahim 2016. L'eau et l'espace agraire dans l'Oued Souf : cas de l'ancienne palmeraie.

Mishra AK, Deep S, Choudhary A (2015) Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. Egypt J Remote Sens Space Sci. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.06.005>.

Mestfaoui Amar (2018), La problématique du développement des territoires sahariens, cas du Souf, thèse de doctorat en science en Aménagement du Territoire, Faculté Science de la terre, Géographie et Aménagement, Université Frères Mantouri, Constantine 1. (En Arabe)

O

OSS (2003) Système Aquifère du Sahara Septentrional (The northern Sahara aquifer system, the mathematical model). Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), Mode`le Mathématique, vol4.

Office National des Statistiques (ONS), Direction Population, données par wilaya recensement général de la population et de l'habitat 20 mars 1987, n°46.

Office National des Statistiques (ONS), Armature urbaine 1987, les collections de statistiques, 4src.

Office National des Statistiques (ONS) statistiques, RGPH, 2008

Office National des Statistiques (ONS) (1998) Armature Urbaine, collections statistiques, recensement de la population et de l'habitat 1998, N°97 pages 158-159.

Office National des Statistiques (ONS) 1987, évolution des agglomérations 1966-1977-1987, n° : 38.

Office National des Statistiques (ONS), Armature Urbaine (2008) Recensement de la population et de l'habitat 1998, N°97 pages 158-159.

ORGM (2000) : Rapport de mission sur les travaux de reconnaissance. Effondrements dans la région d'El M'Rara, Wilaya d'El Oued. Office National de la Recherche Géologique et Minière, Division du Service Géologique de l'Algérie.

(**OSS**) Observatoire du Sahara et du Sahel Octobre 2003. Système aquifère du Sahara Septentrional.

Ould Rebai Abdelkrim (2020), Conception et mise en œuvre d'une démarche d'ingénierie en appui aux innovations des acteurs locaux : cas du pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara Algérien), thèse de doctorat en sciences, option sciences agronomiques, Génie Rural, Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

Ould Rebai A, Hartani T, Chabaca MN, Kuper M. 2017. Une innovation incrémentielle : la conception et la diffusion d'un pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara algérien). Cah. Agric. 26 : 35005.

Otmane T, Kouzmine Y. 2013. Bilan spatialisé de la mise en valeur agricole au Sahara algérien. Cybergeog : European Journal of Geography. Espace, Société, Territoire 632. doi: 10.4000/ cybergeog.25732. Disponible sur <http://cybergeog.revues.org/25732>.

P

PAEPEGAEY pierre Yves, SEYNAVE Olivier, SAADI Nourredine (2011) Étanchéité de lagunes aérées dans la vallée du Souf par géomembrane bitumineuse ; rencontres Géosynthétiques.

Paix P (1956) Les nappes artésiennes de l'Oued Rhir (Artesian aquifers of the wadi Rhir valley), Thesis. Algiers University, Algeria.

Pushendra Singh Sisodia, Vivekanand Tiwari, Anil Kumar (2014) Analysis of Supervised Maximum Likelihood Classification for Remote Sensing Image, IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE), Jaipur, India.

Prakash TN. (2003). Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach.

PNUD (1983) Actualisation de l'Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional. Proj. RAB 80/011 Service de l'hydraulique et de l'équipement rural. Service central des études générales et des grands travaux (1957) : Influence de la température sur le niveau de la nappe dans le sable d'El-Oued. Réf. C.E.B.T.P. Paris, Dr. N° SF.723.1.219, PH/MCT

R

Rahim Aguejdad. Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole. Géographie. Université Rennes 2, 2009. Français.

Ridd., M.K. and Liu, J., 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. Remote Sensing of Environment, vol. 63, 95-100.

Roszkowaska E (2013) Rank ordering criteria weighting methods -a comparative overview. Optim Studia Economic zne 5(65):15–33.

RAFFESTIN (C.), TURCO (A.), 1991, « Épistémologie de la géographie humaine » in : Les concepts de la géographie humaine/sous la direction d'A. Bailly et al, Paris, Masson, 247 p.

Remini B, Souaci BE, 2019. Le Souf : quand le forage et le pivot menacent le ghout! Larhyss Journal 37 : 23-38.

Remini B, 2006. La disparition des Ghouts dans la région d'El Oued (Algérie). Larhyss Journal 5, ISSN 1112-3680, n° 05, Juin 2006, pp.49-62.

S

Savornin J (1945) Le plus grand appareil hydraulique du Sahara (nappe artésienne dite de l'Albien). Travaux Institut de Recherche Saharien., IV, 26-66.

Saibi H (2003) Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée de l'Oued Souf et impact sur l'environnement, région aride a semi-aride d'El-Oued. Thèse de magister, Université Houari Boumediene, Alger, 200p

Saibi.H, M. Mesbah, A. S Moulla, A. H. Guendouz, S. Ehara (2016) Principal component, chemical, bacteriological, and isotopic analyses of Oued-Souf groundwaters(revised) Environ Earth Sci (2016) 75:272 DOI 10.1007/s12665-015-4878-5.

Soha A. Mohamed, Mohamed E. El Raey (2019) Vulnerability assessment for flash floods using GIS spatial modeling and remotely sensed data in El Arish City, North Sinai, and Egypt. Natural Hazards <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03571-x>.

Sankhala, S. Singh, B. K. (2014) Evaluation of Urban Sprawl and Land use Land cover Change using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Japer City, India. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 1.

Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York : McGraw-Hill.

Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Sciences, 1(1), 83-98

Saaty, T.L., 1977.Teory of Measurement of Impact and Interaction in Systems. Proceedings of the international Conference on Applied General Systems Research: Recent developments and Trends. Binghamton, New York, 1977.

Saaty, T.L., 1994. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP. RWS Publications, Pittsburgh, PA, U.S.A.

Sertel, E.; Akay, S.S. High resolution mapping of urban areas using SPOT-5 images and ancillary data. Int. J.Environ. Geoinform. 2015, 2, 63–76.

SONATRACH (2000) : Evaluation du phénomène d'apparition de fissures dans La région de M'rara, Wilaya d'El Oued. Branche Exploration et Recherche.

SONATRACH : Direction de l'hydraulique, Wilaya des Oasis. Puits d'eau albien M'rara 1 a. Rapport fin de sondage. Direction des travaux pétroliers. Département forage. Service Puits d'eau.

Salim KHECHANA, Ali GHOMRI, Mohamed MANI, Tarek DJEDID et Abdelmonem MILOUDI (2020), Identification de la cause directe générant le problème de la remontée

des eaux de la nappe libre d'oued Souf (se algérien) conférence paper, november 2020
<https://www.researchgate.net/publication/345759929>

T

Thomas-H Wonnacott Ronald-J Wonnacott : Statistique : Economie - Gestion - Sciences – Médecine (avec exercices d'application) Broché – 21 juin 1999.

Thomas L. SAATY, « Décider face à la complexité » une approche analytique multicritère d'aide à la décision. Traduit de l'anglais par Lionel Dahan. Adaptation française par Georges Hirsch. COLLECTION UNIVERSITE – ENTREPRISE. Dirigée par Alain Chevalier et Georges Hirsch, 1984.

U

UNESCO (1972) : Projet REG. 100. Algérie-Tunisie. (ERESS) Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport sur les résultats du projet. Conclusion et Recommandations. 78 p.

UNESCO (1972) Projet ERESS Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final (ERESS Project: study of the northern Sahara water resources. Final report). United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO), Paris.

Y

Younes Halassa, Aziez Zeddouri, Ould Babasy Mouhamadou, Rabah Kechiched, and Abdeldjebbar Slimane Benhamida (2018) Hydrogeological study of the aquifer system of the northern Sahara in the Algero-Tunisian border: A case study of Oued Souf region Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability AIP Conf. Proc. 1968, 030010-1–030010-14; <https://doi.org/10.1063/1.5039197>.

Yousfi Badreddine (2017), « Les territoires sahariens en Algérie. Gouvernance, acteurs et recomposition territoriale », L'Année du Maghreb, 16 | 2017, 53-69.

Youdjou Nacima (2016). Quantification des potentialités en eau de la vallée de l'oued Souf région aride à semi-aride de la wilaya d'El Oued.

Z

Zine Brahim, Zaiz Issam 2017 Piezometric variation of the water table in the Municipality of El-Oued, south-east Algeria international Journal of Energetica (IJECA) <https://www.ijeca.info> ISSN: 2543-3717 Volume 2. Issue 1. 2017.

ZINE Brahim La remontée des eaux souterraines en surface : mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas d'Oued Souf) université de Batna.

Zella L, Smadhi D (2006) Gestion de l'eau dans les oasis Algériennes. Larhyss J 5:149–156.

Sites internet

<https://earthexplorer.usgs.gov/>.

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

<https://hub.arcgis.com/content/e646719bc3284a3d9d81e02b3d5abc53/about>,

Liste des sigles et acronymes

ACM	: Analyse en Composante Multiple
ACP	: Analyse en composantes principales
ACL	: Agglomération chef lieux
AEP	: Alimentation des eaux potable
ANRH	: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
ANAT	: Agence National d'Aménagement du Territoire
AS	: Agglomération secondaire
AUIC	: Agglomération Urbaine Intercommunales
ENHPO	: Entreprise national de l'hydraulique projet de l'ouest
BG	: Bonnard & Gardel Ingénieurs-conseils
BNEDER	: Bureau national d'études pour le développement rural
CAH	: Classifications ascendantes hiérarchiques
CI	: Continental Intercalaire
CR	: Ratio de Cohérence
CT	: Complexe Terminal
DEM	: Modèle numérique de terrain
DHW	: Direction de l'Hydraulique de Wilaya
D.S.A	: Direction des Services Agricoles
E.NA.GEO	: l'Entreprise Nationale de Géophysique
ETP	: Evapotranspiration potentielle
IC	: Indice de cohérence
LULC	: Land Use Land Cover
MCDM	: Multiple Criteria Decision Making : Prise de décision à critères multiples
MHM	: Méthode Hiérarchique Multicritères
MLC	: Classification à Maximum de vraisemblance
N PH	: Nappe Phréatique
ONA	: Office National de l'Assainissement
O.N.M	: Office National de la Météorologie
PDAU	: Plan Directeur d'Aménagement Urbaine
PUD	: Plan d' Urbanisme Directeur
RGPH	: Recensement général de la Population et de l'Habitat
SIG	: Système d'Informations Géographique
UTM	: projection Transverse Universelle de Mercator

LISTE DES SCHEMAS

Numéro	Titre	Page
Schéma 1.	Conception idiographique, et les volets méthodologiques de la recherche	7
Schéma 2.	Structure de la thèse	13

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 1.1	Situation de la zone d'étude	15
Figure 1.2	Système Hydraulique Fermé	18
Figure 1.3	Système Hydraulique en Rupture	18
Figure 1.4	Carte en isohyètes moyennes annuelles du Sahara Algérien	20
Figure 2.1	Carte du bassin sédimentaires de l'Afrique du Nord (Boudjamaa.A ; 1987)	33
Figure 2.2	Carte géologique du Sahara d'après G. Busson (1970) AB = Coupe hydrogéologique.	34
Figure 2.3	Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)	35
Figure 2.4	Direction du flux dans l'aquifère CT en Algérie (Section transversale hydrogéologique) (Guendouz et al. 2003)	37
Figure 2.5	Bilan d'eau	39
Figure 2.6	Schéma simplifié du bilan d'eau	40
Figure 3.1	Evolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1980.	46
Figure 3.2	Evolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1986.	47
Figure 3.3	Evolution des palmeraies autour d'El Oued. Situation en 1993	47
Figure 3.4	Situation des profils de la nappe phréatique (ENHPO-BG)	53
Figure 3.5	Profil Nord-Sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia – El Oued - Oglia	54
Figure 3.6	Profil est-ouest de la nappe phréatique passant par Magrane	54
Figure 3.7	Profil est-ouest de la nappe phréatique par Taghzout	55
Figure 3.8	Profil est-ouest de la nappe phréatique par El Oued	55
Figure 3.9	Profil est-ouest de la nappe phréatique par Oglia	56
Figure 3.10	Variante 2 : drainage horizontale	67
Figure 4.1	Les deux conurbations soufienne	75
Figure 4.2	Le réseau routier de l'aire d'étude	77
Figure 5.1	Représentation de la topographie (hauteurs x 10)	196

Figure 6.1	Organigramme par étapes de la méthodologie basée sur le SIG-AHP pour identifier les endroits appropriés pour le développement bâti	204
Figure 6.2	Structure hiérarchique pour l'aptitude définie des terres	205
Figure 6.3	Processus de Standardisation (normalisation) des critères topographiques	207
Figure 6.4	Processus de superposition pondéré utilisé afin d'obtenir la carte finale d'adéquation pour l'extension urbaine.	208

LISTE DES GRAPHIQUES

Numéro	Titre	Page
Graphique 1-1	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (mm) durant la période (1978-2015)	20
Graphique 1-2	Histogramme des températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1978-2015)	21
Graphique 1-3	Diagramme pluviothermique de la région d'étude pendant la période (1978-2015)	23
Graphique 1-4	Histogramme de l'humidité mensuelle en pourcentage (1978-2015)	24
Graphique 1-5	Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne (mm) durant la période (1978-2013).	25
Graphique 1-6	Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s) durant la période (1978-2015)	26
Graphique 1-7	Histogramme de moyennes mensuelles de l'insolation (h) durant la période (1978-2008)	27
Graphique 4-1	Evolution de la population des villes.	78
Graphique 4-2	Répartition du taux d'urbanisation selon les 2 conurbations, le Sud Est et l'Algérie	80
Graphique 4-3	Le rythme de l'urbanisation de l'aire d'étude face au rythme du Sud Est et le rythme de l'Algérie	81
Graphique 4-4	Relation entre l'emprise urbaine et la population urbaine de la Conurbation 1(Guemar, Taghzout).	103
Graphique 4-5	Relation entre l'emprise urbaine et la population urbaine de la Conurbation 2 (Kouinine, El Oued, Bayadha, Robbah).	105
Graphique 4-6	L'évolution de l'exploitation des eaux souterraines selon les types de secteurs de 1991 à 2015 (Khezzani, Bouchemal, 2018).	110
Graphique 4-7	Evolution de l'utilisation des terres agricoles et des méthodes d'irrigation (1991-2015) (B, Khezzani, S, Bouchemal, 2018).	111
Graphique 5-1	Corrélations entre les 5 variables et les deux facteurs 1 et 2.	117
Graphique 5-2	Coordonnées des individus sur les axes factoriels F1 et F2.	120

Graphique 5-3	Corrélations entre les 5 variables et les deux facteurs 1 et 3.	122
Graphique 5-4	Coordonnées des individus sur les deux facteurs 1 et 3.	122
Graphique 5-5	ACM portant sur Quartier, type d'axes, périodicité des fissures, périodicité des traces humides, périodicité d'effondrement sec, périodicité d'effondrement humide	133
Graphique 5-6	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de Réponse des axes et leurs désordres.	134
Graphique 5-7	ACM portant sur les quartiers, corrosion d'AEP et corrosion d'assainissement.	141
Graphique 5-8	CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse de l'AEP et d'assainissement	142
Graphique 5-9	ACM portant sur le type de bâti, désordres physiques et désordres chimiques.	148
Graphique 5-10	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse du bâti et ses désordres.	149
Graphique 5-11	ACM portant sur les désordres au niveau des Ghouts	153
Graphique 5-12	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon les modalités de réponse des désordres des Ghouts.	155
Graphique 5-13	ACM de SYNTHÈSE portant sur tous types de désordres au niveau des axes, des réseaux, des bâtis et des Ghouts	161
Graphique 5-14	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des quartiers selon toutes les modalités de réponse	162
Graphique 5-13a	Partie 1 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types d'axes et désordres, Corrosion AEP, corrosion assainissement.	165
Graphique 5-13b	Partie 2 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types des bâtis et ces désordres physique corrosion AEP, corrosion assainissement.	166
Graphique 5-13c	Partie 3 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types des bâtis et ces désordres chimiques, corrosion d'AEP, corrosion d'Assainissement	170

Graphique 5-13d	Partie 4 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, désordres d'axes, types de bâti et leurs désordres physicochimiques.	172
Graphique 5-13e	Parti 5 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, désordres d'axes, Corrosion AEP, corrosion assainissement, Ghout et ces désordres.	175
Graphique 5-13f	Partie 6 d'ACM de SYNTHÈSE portant sur les quartiers, types de bâti et leurs désordres physicochimiques, Ghouts et leurs désordres.	176
Graphique 5-15	ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville Bayadha	179
Graphique 5-16	Dendrogramme de l'CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits d'observations dans la ville Bayadha	180
Graphique 5-17	ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville de Robbah	185
Graphique 5-18	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits d'observations dans la ville de Robbah.	186
Graphique 5-19	ACM portant sur les désordres physique et chimique dans la ville de Kouinine	192
Graphique 5-20	Dendrogramme CAH portant sur les classes hiérarchiques des endroits d'observations dans la ville de Kouinine.	194

LISTE DES CARTES

Numéro	Titre	Page
Cartes 3.1	Cartes piézométriques : à gauche mars – avril 2001 à droite septembre 2001	50
Carte 3.2	Carte piézométrique en avril 2002	52
Carte 3.3	Carte des anomalies de la nappe phréatique en avril 2002.	57
Carte 3.4	Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et mars 2001	59
Carte 3.5	Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et avril 1993	62
Carte 3.6	Schéma directeur d'assainissement (HPO-BG Mission IB)	64
Carte 4.1	Surface interpolatrice de l'altitude	74
Carte 4.2	Occupation des sols 1972	86
Carte 4.3	Occupation des sols 1987	87
Carte 4.4	Occupation des sols 1995	88
Carte 4.5	Occupation des sols 2005	89
Carte 4.6	Occupation des sols 2016	90
Carte 4.7	L'emprise urbaine en 1972	92
Carte 4.8	L'emprise urbaine en 1987	96
Carte 4.9	L'emprise urbaine en 1995	97
Carte 4.10	L'emprise urbaine en 2005	101
Carte 4.11	L'emprise urbaine en 2016	102
Carte 4.12	Evolution de l'emprise urbaine de la première conurbation du 1972 au 2016	104
Carte 4.13	Evolution de l'emprise urbaine de la deuxième conurbation du 1972 au 2016	108
Carte 5.1	Les quartiers en fonction de leur coordonnées X_1 sur l'axe factoriel premier (Répartition spatiale selon les dates (récemment, anciennes))	119
Carte 5.2	Les quartiers en fonction de leurs coordonnées X_2 sur l'axe factoriel deuxième (les hauteurs des traces humides rapporté aux dimensions des fissures,)	121
Carte 5.3	Les quartiers en fonction de leurs coordonnées X_{3i} sur le troisième axe factoriel (dates et dimensions des fissures rapportés aux niveaux piézométriques de la nappe phréatique piézométrique donc la corrélation est positive.	123

Carte 6.1	LULC date 16 – Juin - 2019	211
Carte 6.2	La densité de la population	212
Carte 6.3	La distance euclidienne à intervalles égaux	215
Carte 6.4	La profondeur des eaux de la nappe phréatique	216
Carte 6.5	Les élévations	219
Carte 6.6	Les pentes	220
Carte 6.7	L'adéquation de l'occupation des terres	225
Carte 6.8	L'adéquation de la densité de la population	228
Carte 6.9	L'adéquation de la distance euclidienne des routes	231
Carte 6.10	L'adéquation de la profondeur de la nappe phréatique	235
Carte 6.11	L'adéquation des élévations	238
Carte 6.12	L'adéquation des pentes	241
Carte 6.13	L'adéquation des terres pour l'extension urbaine	243

LISTE DES PHOTOS

Numéro	Titre	Page
Photo 1.1	Le Ghout	17
Photo 4.1	Cité Sidi Mastour Ghout inondée Envahie par les joncs Mars 2006.	106
Photo 4.2	Cité Chott Point noir de pollution Mars 2006	106
Photo 4.3	Cité Nezla Effondrement des bâtis Mars.2006.	107
Photos 5.1.a, b	Axe secondaire (quartier Sidi Mastour)	127
Photo 5.2	Effondrement sec axe secondaire 1f/an (quartier Sahen01)	128
Photo 5.3	Traces humides axe secondaire (quartier Sahen01)	128
Photo 5.4	Effondrement sec d'un axe structurant (quartier Chott)	129
Photo 5.5	Fissure après chaque réparation d'un axe structurant (quartier Sahen02)	129
Photo 5.6	Effondrement sec, déformation d'un axe tertiaire (quartier Msaaba)	129
Photo 5.7	Effondrement humide d'un axe structurant (quartier Msaaba)	129
Photo 5.8	Effondrement humide, traces humide (quartier Guarra)	129
Photo 5.9	Fissures, effondrement sec (quartier Nezla)	130
Photo 5.10	Effondrement humide (quartier Nezla)	130
Photo 5.11	Effondrement humide (quartier Sidi Mastour)	130
Photo 5.12	Fissures périodiques (4 – 6 mois), effondrement sec (Sidi Mastour)	131
Photo 5.13	Traces humides axe tertiaire (quartier Sidi Mastour)	131
Photo 5.14	Assainissement (quartier Sahen01)	137
Photo 5.15	Assainissement (Sahen02)	137
Photo 5.16	Raccordement au réseau d'assainissement (quartier Sidi Mastour)	138
Photo 5.17	Raccordement au réseau d'assainissement, Axe tertiaire (S Mastour)	138
Photo 5.18	Raccordement au réseau d'assainissement (quartier Guarra)	138
Photo 5.19	Implantation du réseau d'assainissement (quartier Guarra)	138
Photo 5.20	Corrosion, dégradation des murs et piliers (quartier Sidi Mastour)	144
Photo 5.21	Fissures, corrosion murs et pilier (quartier Sidi Mastour)	144
Photo 5.22	Corrosion des murs et piliers (bâti de type traditionnel quartier Chott)	145
Photo 5.23	Corrosion des murs et pilier (bâti de type traditionnel quartier Guarra)	145
Photo 5.24	Corrosion murs et pilier bâti de type traditionnel (quartier Msaaba)	145
Photo 5.25	Corrosion murs et fissures bâti de type traditionnel (quartier Sahen02)	145

Photo 5.26	Traces humides, et corrosion (extension urbaine quartier Sahen01)	146
Photo 5.27	Corrosion et fissures (quartier Nezla)	146
Photo 5.28	Corrosion murs (bâti nouveau quartier Chott)	146
Photo 5.29	Corrosion des fondations (quartier Sidi Mastour)	146
Photo 5.30	Pas d'inondation, pas de roseaux Ghout Quartier Sidi Mastour	156
Photo 5.31	Ghout non inondée, pas de roseau (quartier Msaaba)	156
Photo 5.32	Pas d'inondation, ni roseau (Ghout quartier Sahan01)	156
Photo 5.33	Ghout annuellement humide (quartier Sidi Mastour)	157
Photo 5.34	Ghout annuellement humide (quartier Sahen02)	157
Photo 5.35	Roseaux toute l'année, annuellement inondée (Sahan02)	158
Photo 5.36	Ghout annuellement inondé (quartier Chott)	158
Photo 5.37	Ghout annuellement inondé avec roseau (quartier Nezla)	159
Photo 5.38	Ghout saisonnièrement humide, roseau toute année (Guarra)	159
Photo 5.39	Fissures, traces humide bâti de type traditionnel (Bayadha Est cité L'ebbama)	181
Photo 5.40	Ghout inondé avec roseau (Bayadha Sud Est)	181
Photo 5.41	Ghouts annuellement inondés avec roseaux (Bayadha L'ebbama Est)	182
Photo 5.42	Ghout saisonnièrement inondé avec roseau, extension cité Ftahza)	182
Photo 5.43	Ghout annuellement inondé (Robbah cité Chaabna Est)	187
Photo 5.44	Fissuration permanentes bâti de type traditionnel (Robbah/Chaabna Est)	187
Photo 5.45	Axe structurant, Ghout saisonnièrement inondé, partie de l'extension urbaine de la ville du Robbah	188
Photo 5.46	Murs saints sans fissures (Robbah cité Zaouia Est)	189
Photo 5.47	Ghout non inondé, annuellement humide, implantation annuelle de roseau	189
Photo 5.48	Bâti de type traditionnel corrosion chimique annuel	191
Photo 5.49	Ghout annuellement inondable avec implantation des roseaux	191
Photo 5.50	Patrimoine architectural subis des désordres physicochimiques	191

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau 1-1	Précipitations moyennes mensuelles durant la période (1978-2015)	19
Tableau 1-2	Températures moyennes mensuelles durant la période (1978-2015)	21
Tableau 1-3	Classement en fonction de l'indice d'aridité (Emmanuel De Martonne)	22
Tableau 1-4	Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle	23
Tableau 1-5	Humidité Valeurs relatives moyennes mensuelle (1978-2015)	24
Tableau 1-6	Evaporation moyenne mensuelle (1978-2015)	25
Tableau 1-7	Vitesses moyennes mensuelles des vents (1978-2015)	26
Tableau 1-8	Répartition moyenne mensuelle d'insolation (1976 - 2008)	27
Tableau 1-9	Résultat global hydro climatique durant la période (1978-2015)	30
Tableau 2-1	Bilan d'eau de la zone d'étude (en 2001)	41
Tableau 2-2	Bilan d'eau de la ville d'El Oued en 2001	42
Tableau 4-1	Altitude moyenne des communes principales	73
Tableau 4-2	Evolution démographique	79
Tableau 4-3	La mesure du rythme d'urbanisation	80
Tableau 4-4	Précision des causes et raisons de choix de dates des images	83
Tableau 4-5	Caractéristiques techniques et géographiques des images retenues	83
Tableau 4-6	Les classes de l'information retirées en utilisant la méthode de classification supervisée du logiciel ARCGIS	85
Tableau 4-7	Évolution des agglomérations principale de la vallée du Souf, 1966-1987	94
Tableau 4-8	Évolution des agglomérations principale de la vallée du Souf, 1987-1998	95
Tableau 4-9	Evolution des agglomérations principales de la vallée 1998/2008	99
Tableau 4-10	Population, densité et surface des agglomérations principale de la vallée du Souf, 1972-1987-1995-2005-2016	100
Tableau 4-11	Evolution de l'exploitation des eaux souterraines en fonction des aquifères et des types de secteurs de 1991 à 2015	109
Tableau 5-1	Nombre des cas d'observation et diagnostique dans chaque ville	114
Tableau 5-2	Matrice des corrélations entre les cinq variables.	116

Tableau 5-3	Valeurs propre λ_k et pourcentage de la variance expliquée par chaque axe factoriel.	116
Tableau 5-4	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, le type d'axe et les désordres d'axes (fissures, traces humides, effondrement sec, effondrement humide)	126
Tableau 5-5	Résultats statistiques partis 1 de la première ACM El Oued	131
Tableau 5-6	Résultats statistiques partis 2 de la première ACM El Oued	132
Tableau 5-7	Résultats statistiques partie 3 de la première ACM El Oued	135
Tableau 5-8	Résultats statistiques partie 4 de la première ACM El Oued	135
Tableau 5-9	Résultats statistiques partie 5 de la première ACM El Oued	136
Tableau 5-10	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, corrosion du réseau d'alimentation en eau potable et corrosion du réseau d'assainissement (périodicité de la corrosion)	136
Tableau 5-11	Résultats statistiques partis 1 de la deuxième ACM El Oued	139
Tableau 5-12	Résultats statistiques partie 2 de la deuxième ACM El Oued	140
Tableau 5-13	Résultats statistiques partie 3 de la deuxième ACM El Oued	140
Tableau 5-14	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur les quartiers, type de bâti, traces humides, fissures, corrosion des murs et dégradation des contres fort (piliers)	143
Tableau 5-15	Résultats statistiques partis 1 de la troisième ACM El Oued	147
Tableau 5-16	Résultats statistiques partis 2 de la troisième ACM El Oued	150
Tableau 5-17	Résultats statistiques partis 3 de la troisième ACM El Oued	151
Tableau 5-18	Résultats statistiques partis 4 de la troisième ACM El Oued	151
Tableau 5-19	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur les quartiers, les périodicités des traces humides, les périodicités de l'inondation, périodicité des roseaux	152
Tableau 5-20	Résultats statistiques partis 1 de la quatrième ACM El Oued	156
Tableau 5-21	Résultats statistiques partis 2 de la quatrième ACM El Oued	157
Tableau 5-22	Résultats statistiques partis 3 de la quatrième ACM El Oued	158
Tableau 5-23	Résultats statistiques partie 4 de la quatrième ACM El Oued	158
Tableau 5-24	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur le quartier, le type d'axe et les désordres d'axes (fissures, traces humides, effondrement sec, effondrement humide), corrosion d'AEP, corrosion d'assainissement, type de bâti et ses désordres (trace humide, fissures, corrosion murs, dégradation des contres forts), désordres des Ghouts (humidité, inondation, roseaux)	159
Tableau 5-25	Résultats statistiques partis 1 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	164
Tableau 5-26	Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	167

Tableau 5-27	Résultats statistiques partis 3 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	167
Tableau 5-28	Résultats statistiques partis 4 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	168
Tableau 5-29	Résultats statistiques partis 5 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	168
Tableau 5-30	Résultats statistiques partie 6 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	169
Tableau 5-31	Résultats statistiques partie 7 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	171
Tableau 5-32	Résultats statistiques partie 8 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	173
Tableau 5-33	Résultats statistiques partie 9 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	173
Tableau 5-34	Résultats statistiques partie 10 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	174
Tableau 5-35	Résultats statistiques partie 11 de l'ACM de SYNTHÈSE d'El Oued	174
Tableau 5-36	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Bayadha, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (contre forts (piliers))	177
Tableau 5-37	Résultats statistiques partis 1 l'ACM de la ville Bayadha	181
Tableau 5-38	Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de la ville Bayadha	182
Tableau 5-39	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Kouinine, type d'Axe, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (murs ; contre forts (piliers))	183
Tableau 5-40	Résultats statistiques partie 1 de l'ACM de la ville Robbah	187
Tableau 5-41	Résultats statistiques partis 2 de l'ACM de la ville Robbah	188
Tableau 5-42	Résultats statistiques partie 3 de l'ACM de la ville Robbah	188
Tableau 5-43	Variables et modalités de réponse pour l'analyse portant sur la ville de Kouinine, type d'Axe, type de bâti, désordre physique du bâti (traces humides, fissures), désordre chimique cadre bâti (murs ; contre forts (piliers))	189
Tableau 5-44	Résultats statistiques partie 1 de l'ACM Kouinine	193
Tableau 5-45	Résultats statistiques partis 2 de l'ACM Kouinine	195
Tableau 5-46	Résultats statistiques partis 3 de l'ACM Kouinine	195
Tableau 6-1	Quelques propriétés des images Sentinelles	202
Tableau 6-2	Quelques propriétés des DEM	202

Tableau 6-3	Arbre de décision des critères topographiques	206
Tableau 6-4	Structure hiérarchique et classification des sous critères à l'aide des classes d'adéquation	207
Tableau 6-5	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de LULC.	210
Tableau 6-6	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de densité de la population.	210
Tableau 6-7	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de distance euclidienne des routes.	213
Tableau 6-8	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de profondeur de la nappe phréatique.	217
Tableau 6-9a)	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types d'élévation	218
Tableau 6-9b)	La répartition de la superficie de chaque zone qui relève de différents types de pente	221
Tableau 6-10	Matrice de comparaison par paire par AHP	221
Tableau 6-11	Les résultats de la matrice normalisée	222
Tableau 6-12	Rapports de consistance	222
Tableau 6-13	La matrice de la comparaison par pair pour les sous-critères de l'occupation et l'utilisation du sol	223
Tableau 6-14	Rapports de consistance pour sous critères d'LULC	223
Tableau 6-15	Synthèse de LULC et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	224
Tableau 6-16	Les taux de surfaces des sous critères de LULC par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères	226
Tableau 6-17	La matrice de la comparaison par paires pour les sous-critères de la densité de la population	226
Tableau 6-18	Rapports de consistance pour sous critères de la densité de la population	226

Tableau 6-19	Synthèse de la densité et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	227
Tableau 6-20	Les taux de surfaces des sous critères de la densité de la population par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères	227
Tableau 6-21	La matrice de la comparaison par pair pour les sous-critères de la distance euclidienne des routes	229
Tableau 6-22	Rapports de consistance pour sous critères de la distance des routes	229
Tableau 6-23	Synthèse de la distance euclidienne des routes et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	230
Tableau 6-24	Les taux de surfaces des sous critères de la distance euclidienne des routes par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères	230
Tableau 6-25	La matrice de la comparaison par pair pour les sous-critères de la profondeur de la nappe phréatique	232
Tableau 6-26	Rapports de consistance pour sous critères de profondeur de la nappe phréatique	232
Tableau 6-27	Synthèse de la profondeur de la nappe phréatique et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	233
Tableau 6-28	Les taux de surfaces des sous critères de la profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères	234
Tableau 6-29	La matrice de comparaison par pair des sous critères de l'élévation	236
Tableau 6-30	Rapports de consistance pour sous critères de l'élévation	236

Tableau 6-31	Synthèse d'élévation et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	237
Tableau 6-32	Les totaux de surfaces des sous critères de l'élévation par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères.	237
Tableau 6-33	Matrice de comparaison par pair des sous critères de la pente	239
Tableau 6-34	Rapports de consistance pour sous critères de la pente	239
Tableau 6-35	Synthèse de l'analyse du critère pente et poids, sous-critères et poids, niveau d'adéquation, classement des sous-critères, pondération total et surface de chaque classe.	240
Tableau 6-36	Les totaux de surfaces des sous critères pente par rapport à la surface globale de l'adéquation de la totalité des sous critères.	240
Tableau 6-37	Catégories d'adéquation globale et leurs surfaces	242

ANNEXE

Annexe III.2 : Campagnes de mesures par l'ANRH, DHW

Fig 17. Carte piézométrique du Souf "Avril 1993"

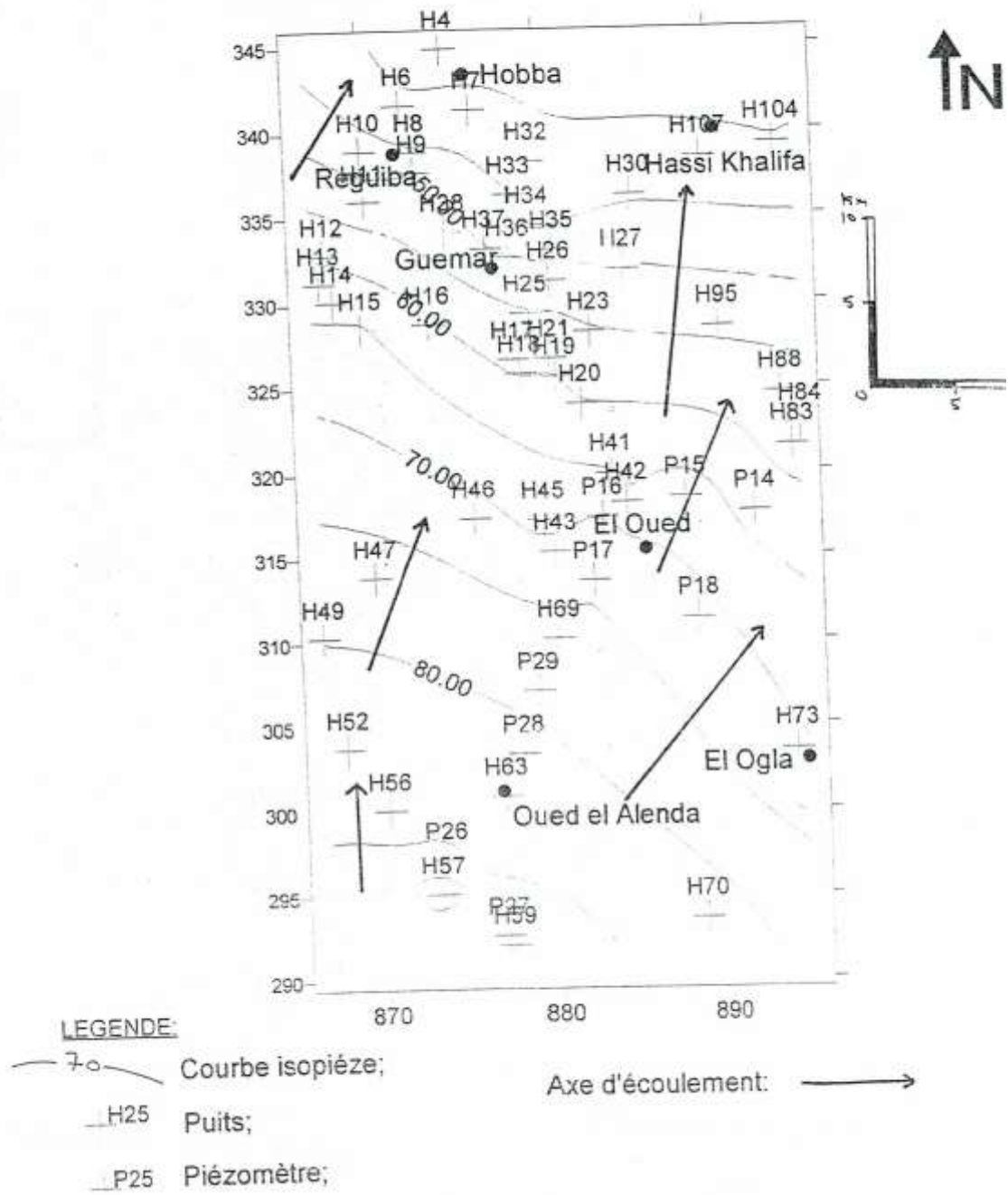
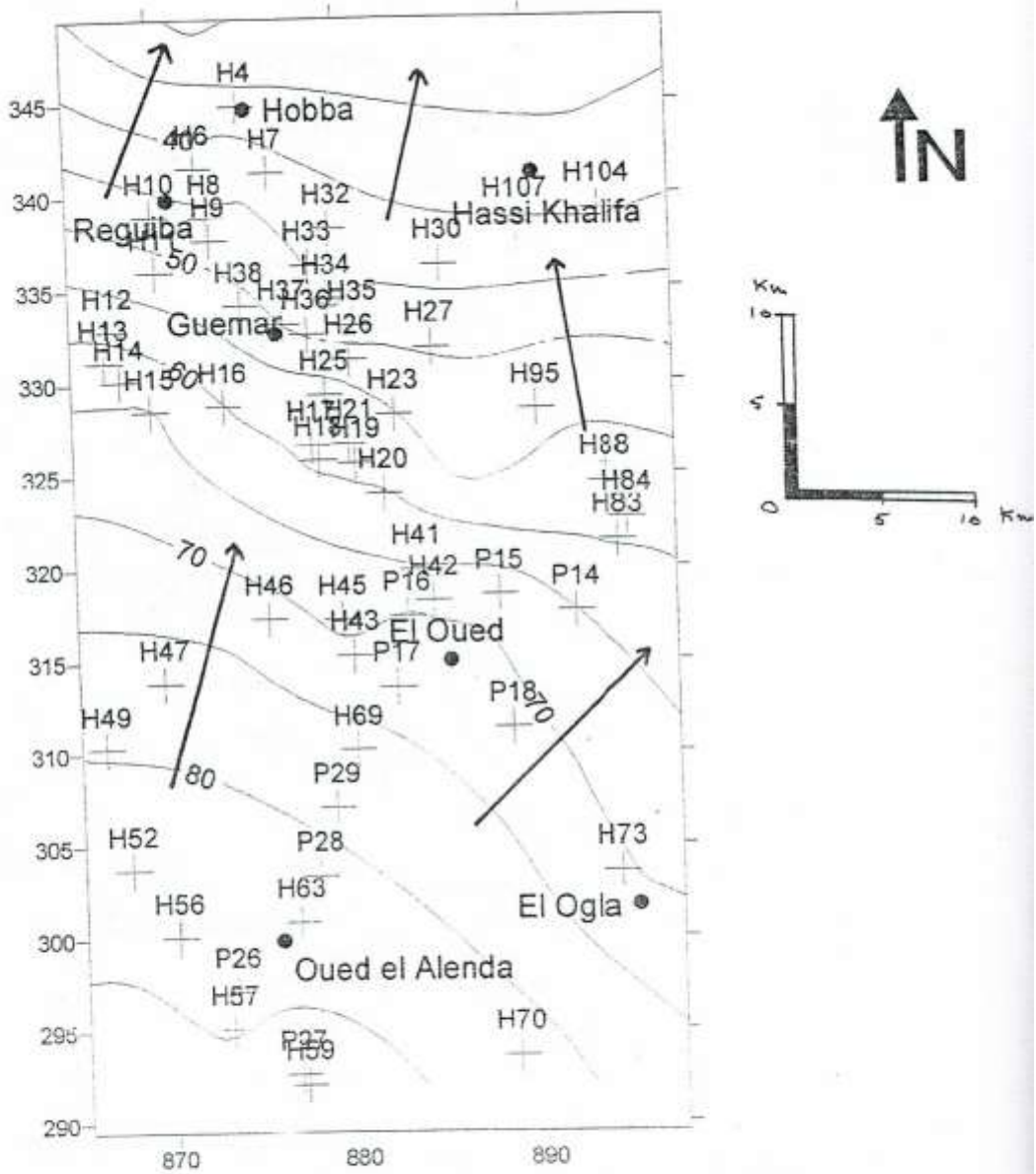


Fig 18. Carte piézométrique du Souf "Mai 1994"



LEGENDE:

- 70 — Courbe isopièze;
- H25 — Puits;
- P25 — Piézomètre;

Axe d'écoulement: →

D'après L'ANRH

Fig 19. Carte piézométrique du Souf "Juillet 1995"

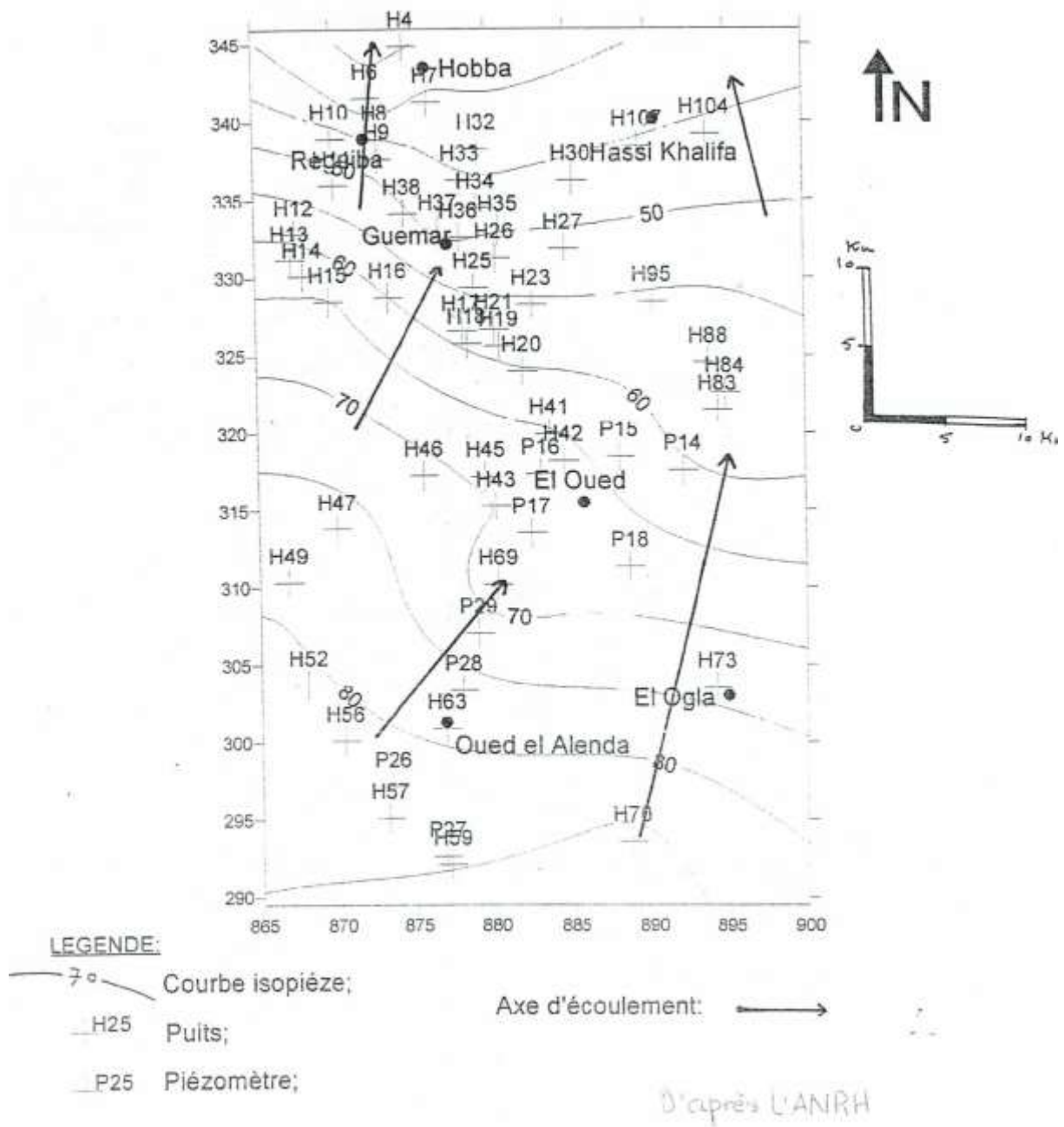
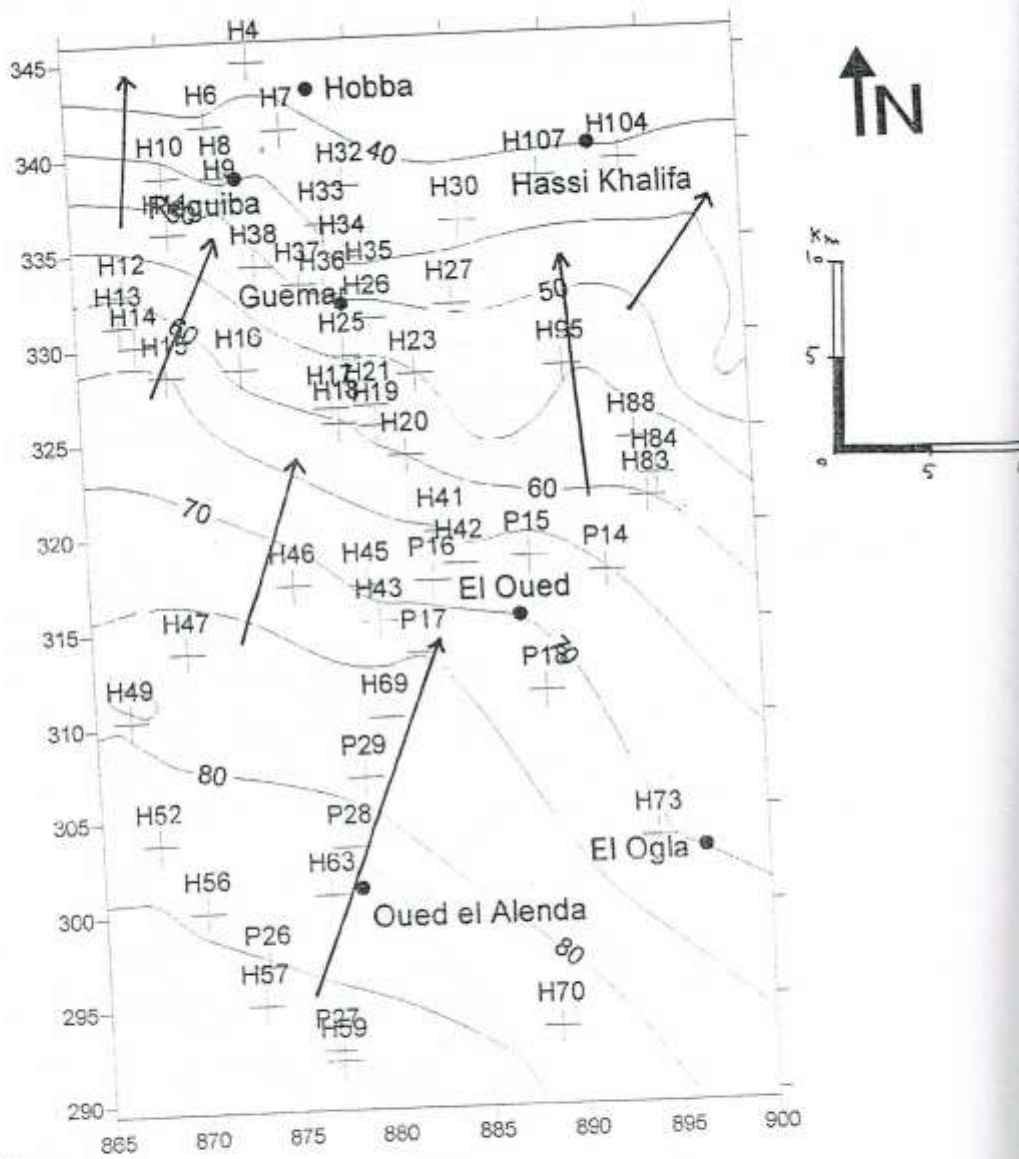


Fig 20 Carte piézométrique du Souf "Mars1998"

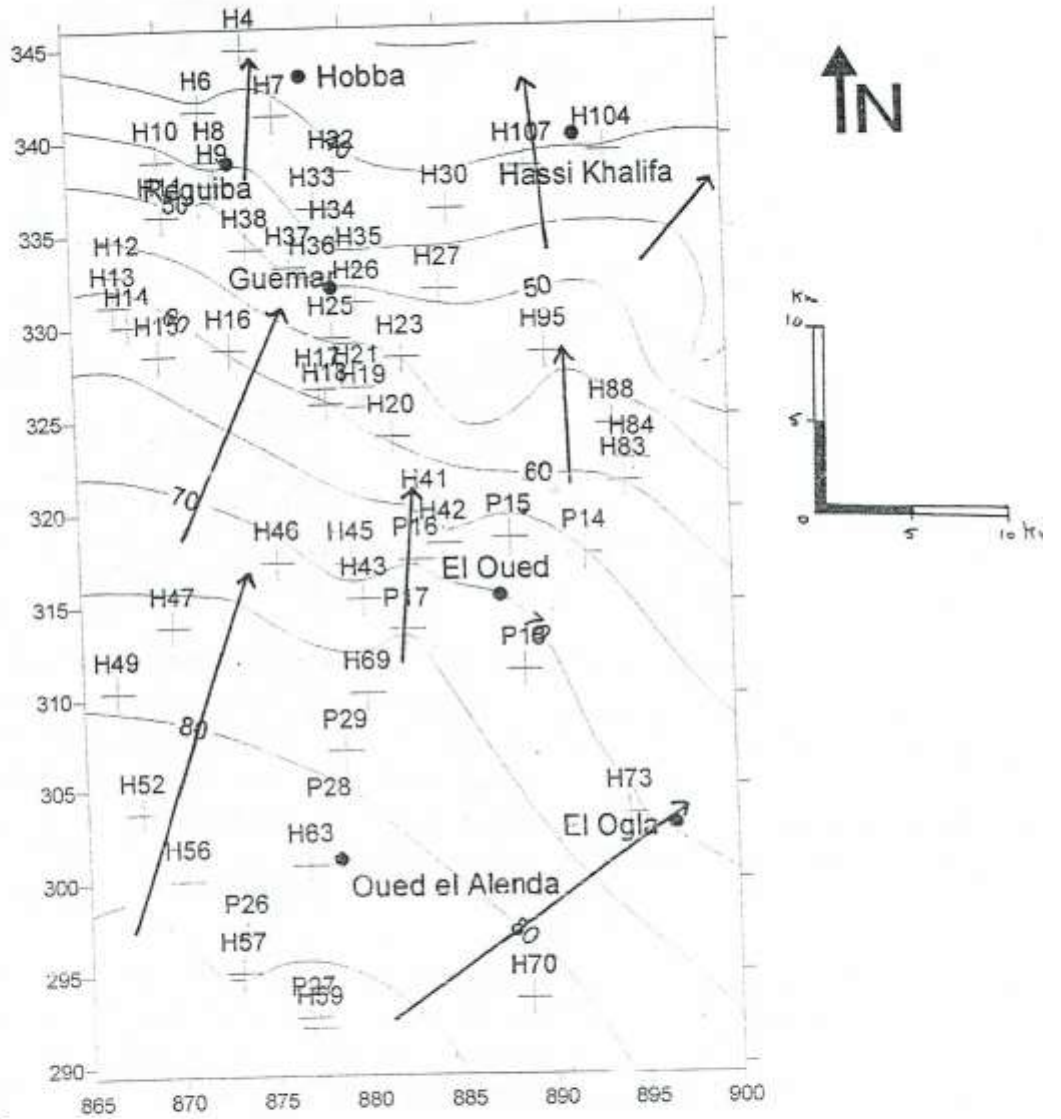


LEGENDE:

-  Courbe isopièze;
 -  H25 Puits;
 -  P25 Piézomètre;
- Axe d'écoulement: 

D'après l'ANRH

Fig 2.1. Carte piézométrique du Souf "Mars2000"



- LEGENDE:**
- 70 — Courbe isopiéze;
 - H25 — Puits;
 - P25 — Piézomètre;

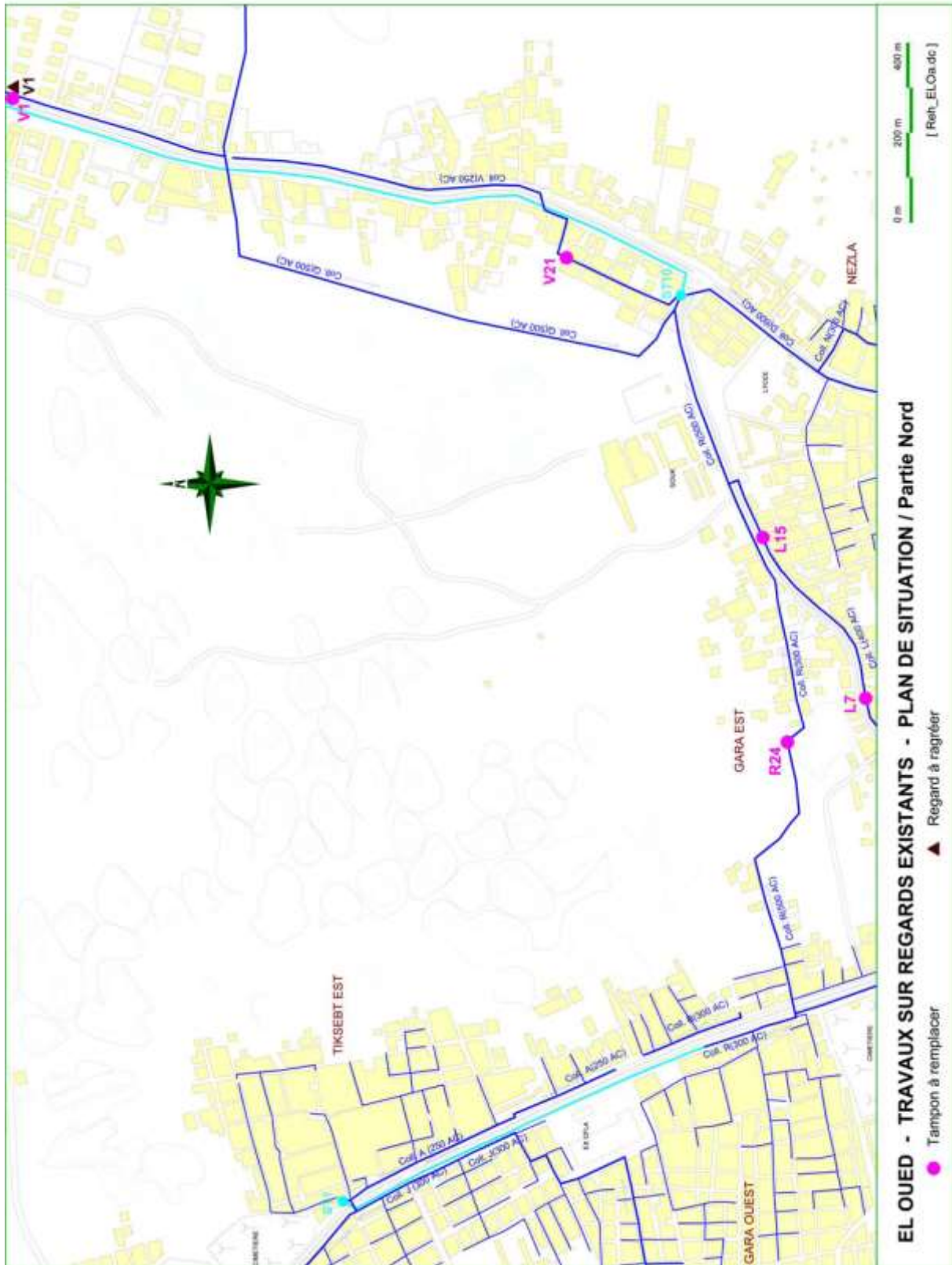
Axe d'écoulement: →

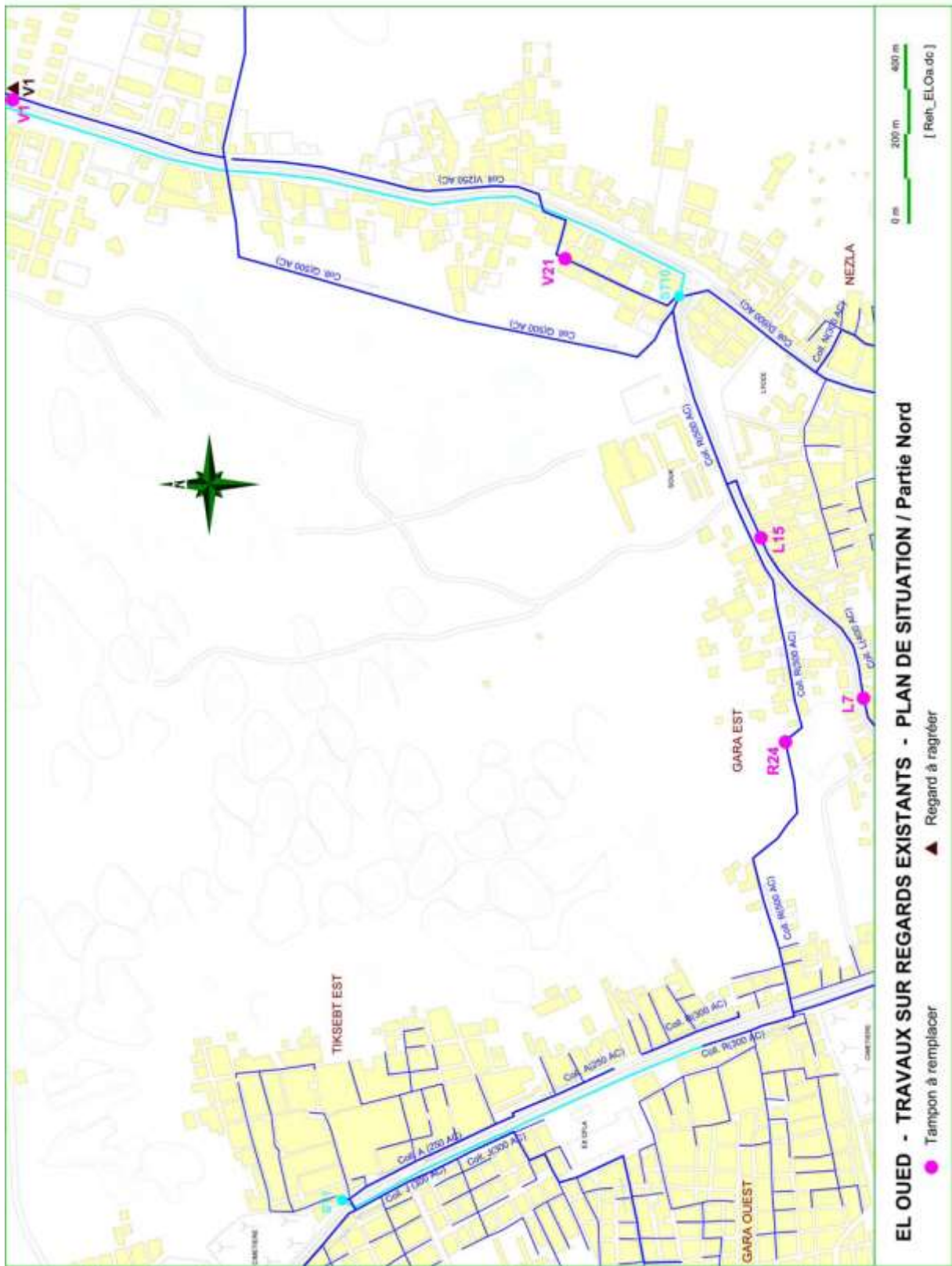
D'après L'ANRH

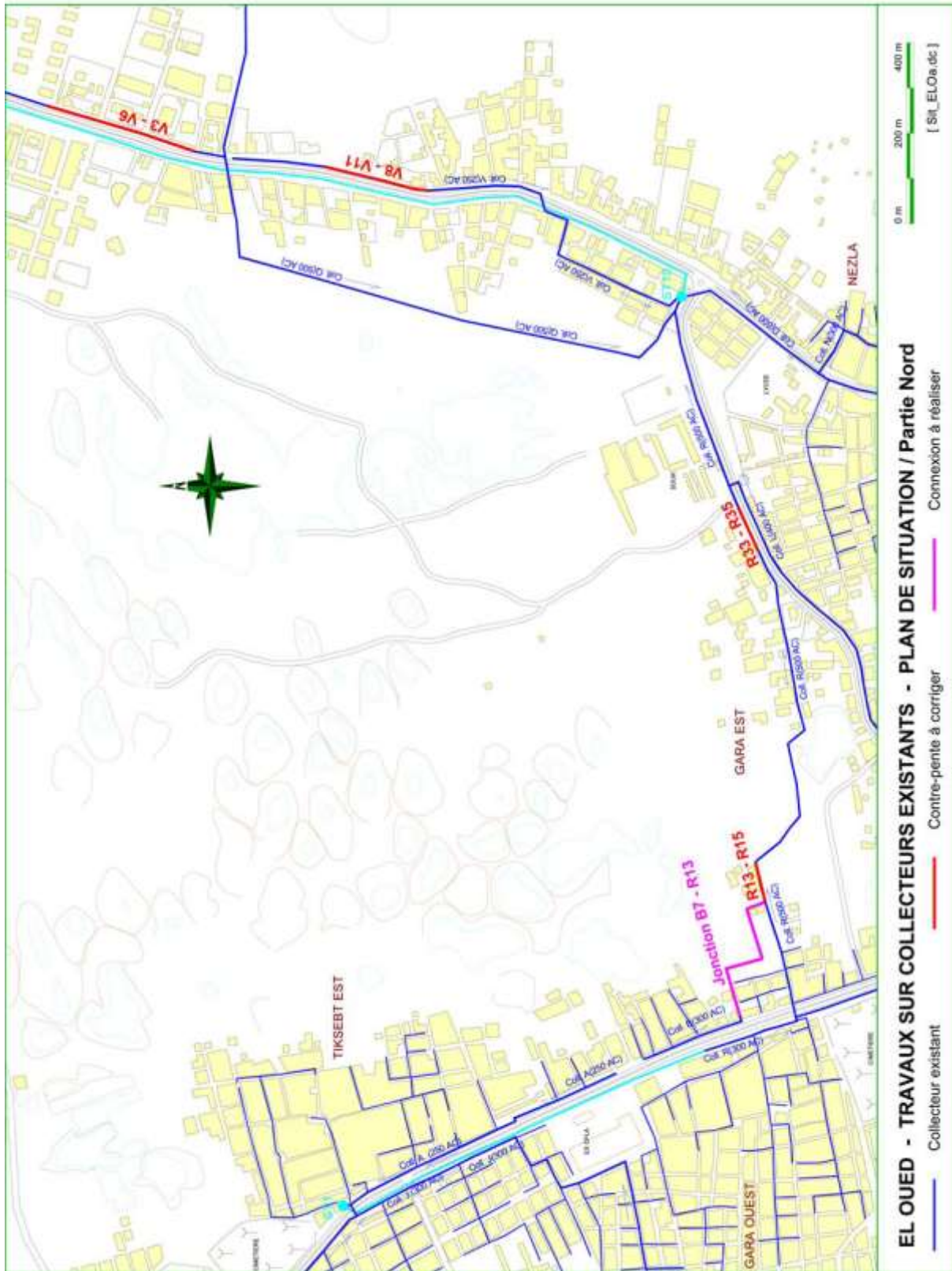
Annexe III.5 Réhabilitation des collecteurs existants d'El Oued

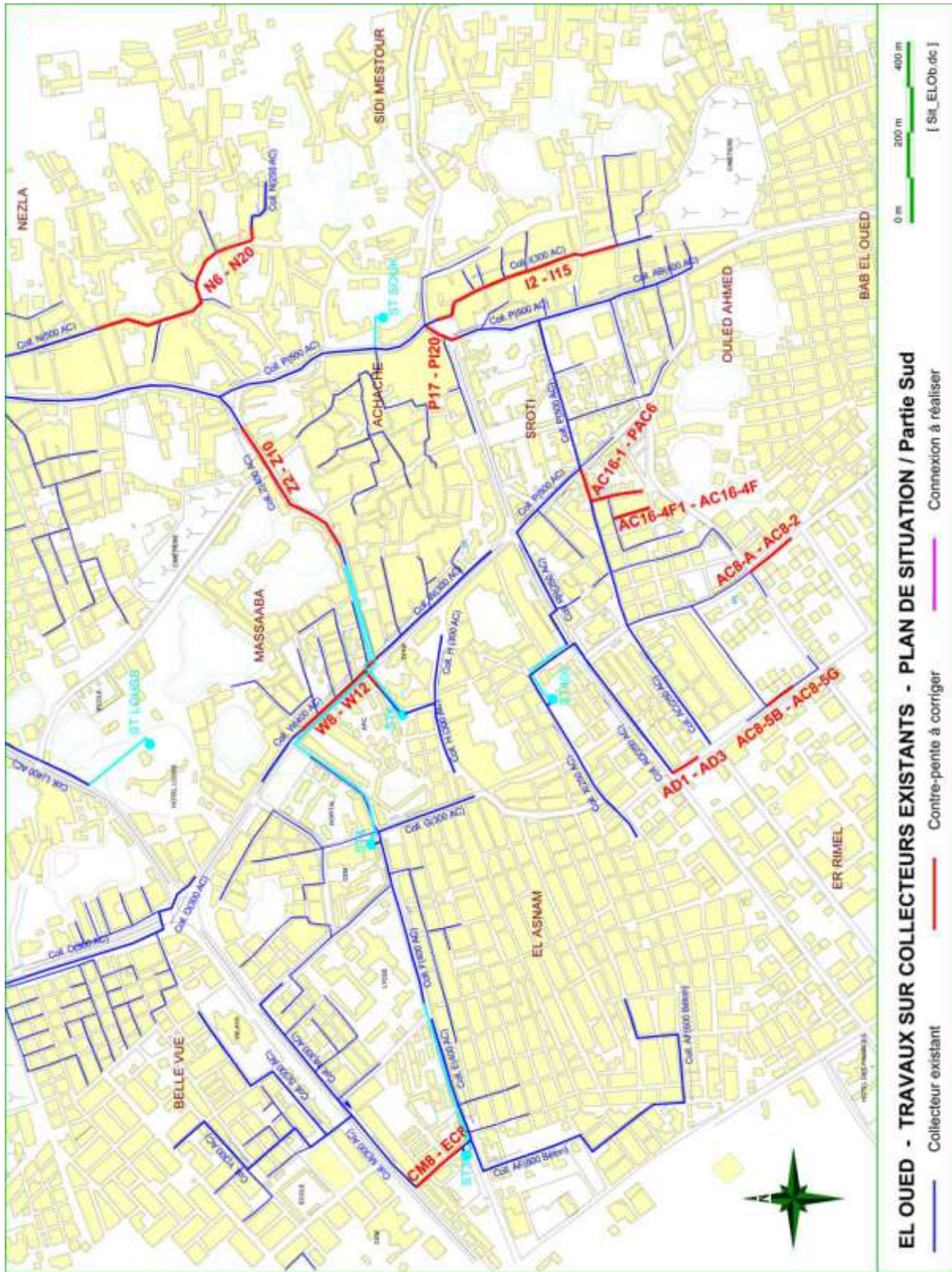
III.5.1. Réseaux d'assainissement

Réhabilitation des réseaux déjà existant d'El Oued, sa station de pompage N10



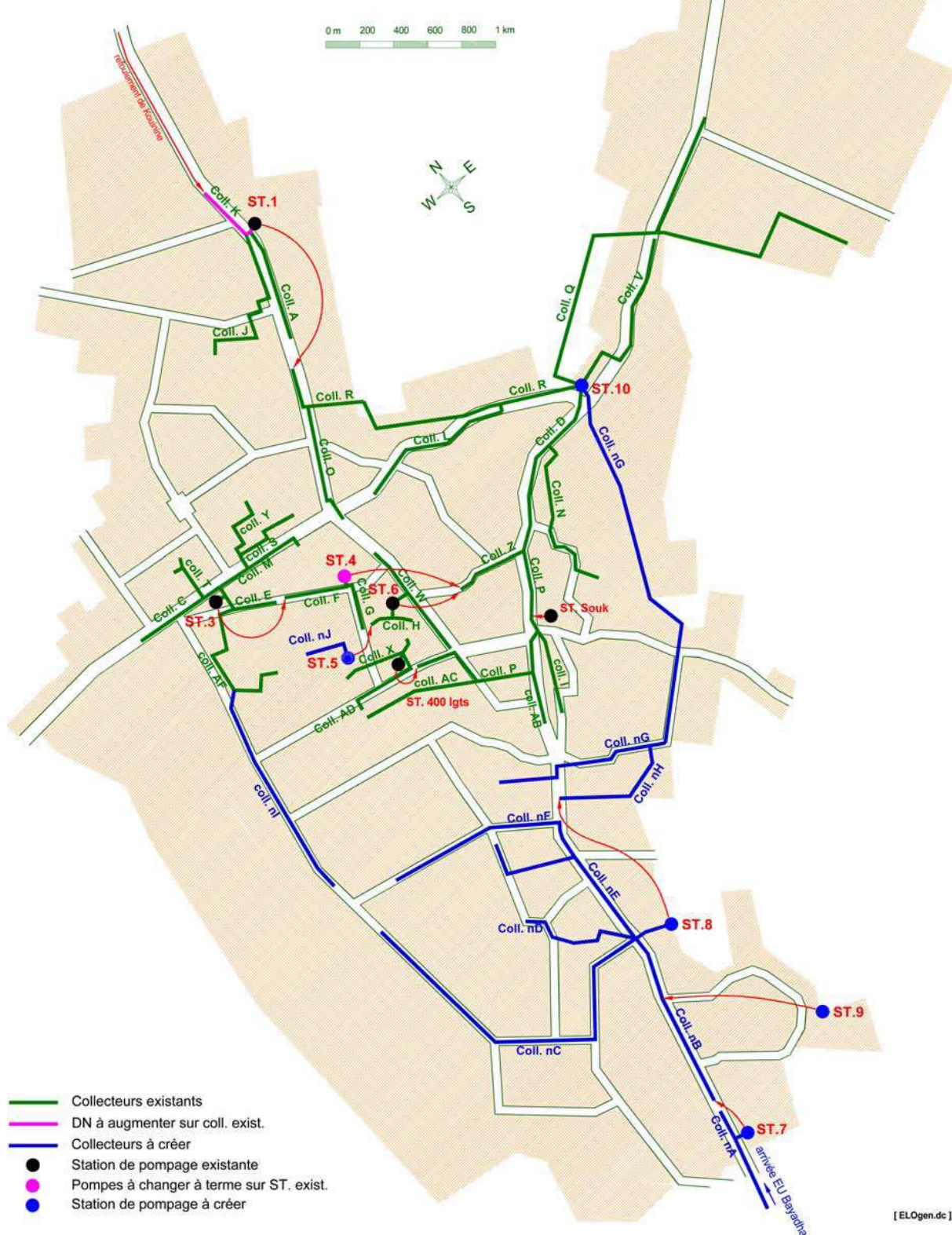






Ossature du réseau d'eaux usées d'El Oued

TRAVAUX D'EXTENSION OU RENFORCEMENT A REALISER



- Collecteurs existants
- DN à augmenter sur coll. exist.
- Collecteurs à créer
- Station de pompage existante
- Pompes à changer à terme sur ST. exist.
- Station de pompage à créer

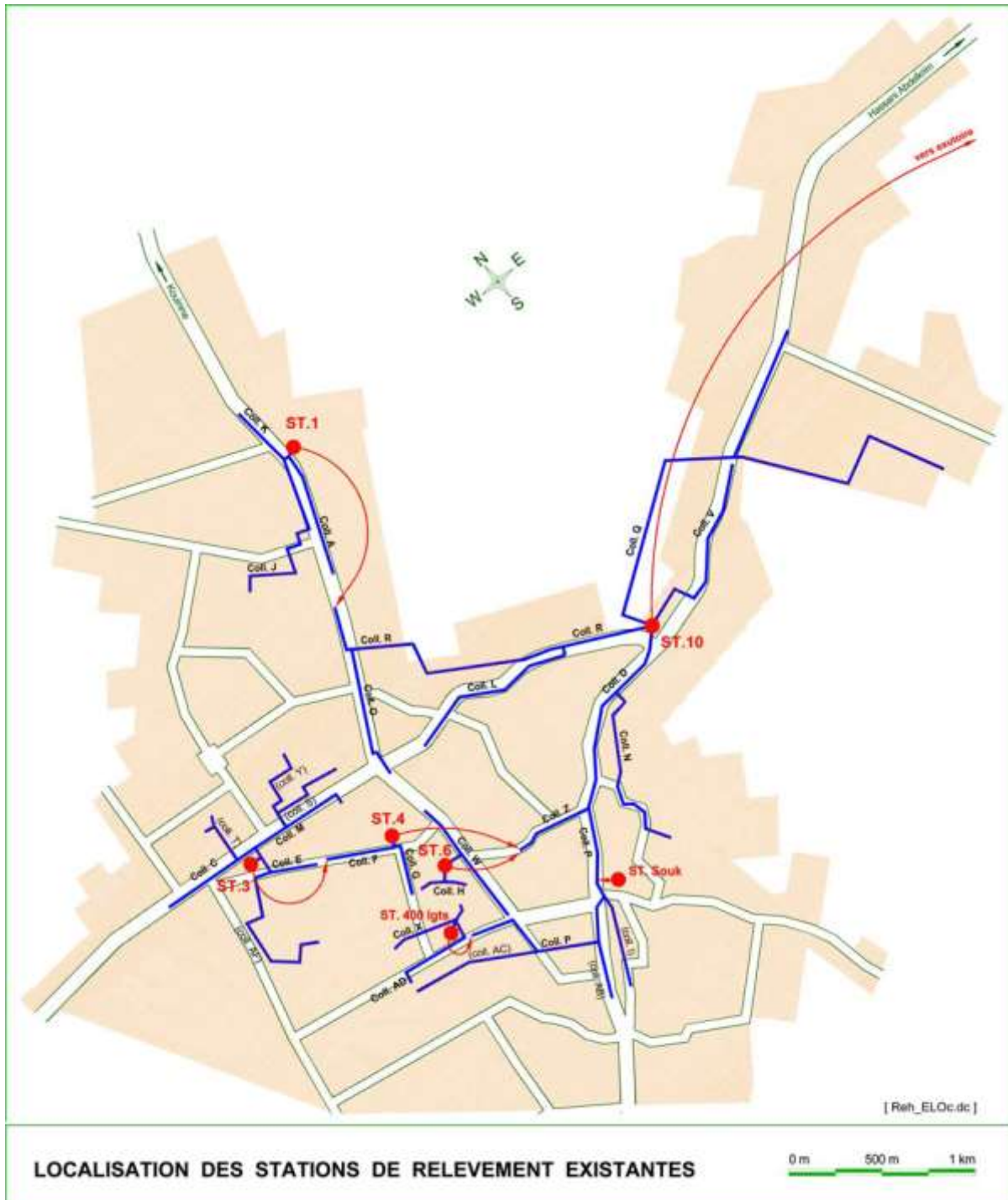
[ELOgen.dc]

Ossature du réseau d'eaux usées d'El Oued Superposition des districts de population

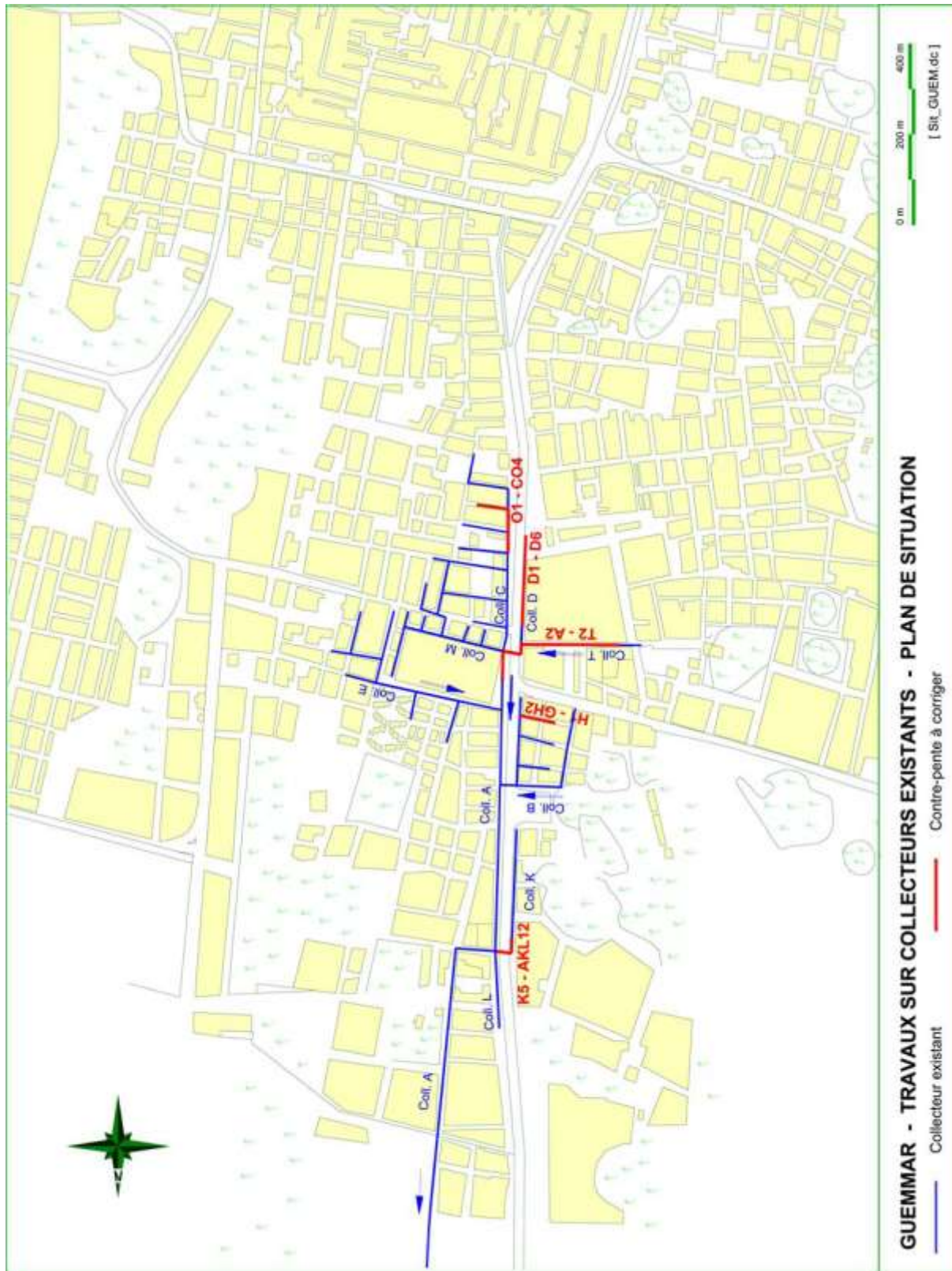


[tvEL.Ogen.de]

III.5.1.2 Réhabilitation des stations de pompage d'El Oued

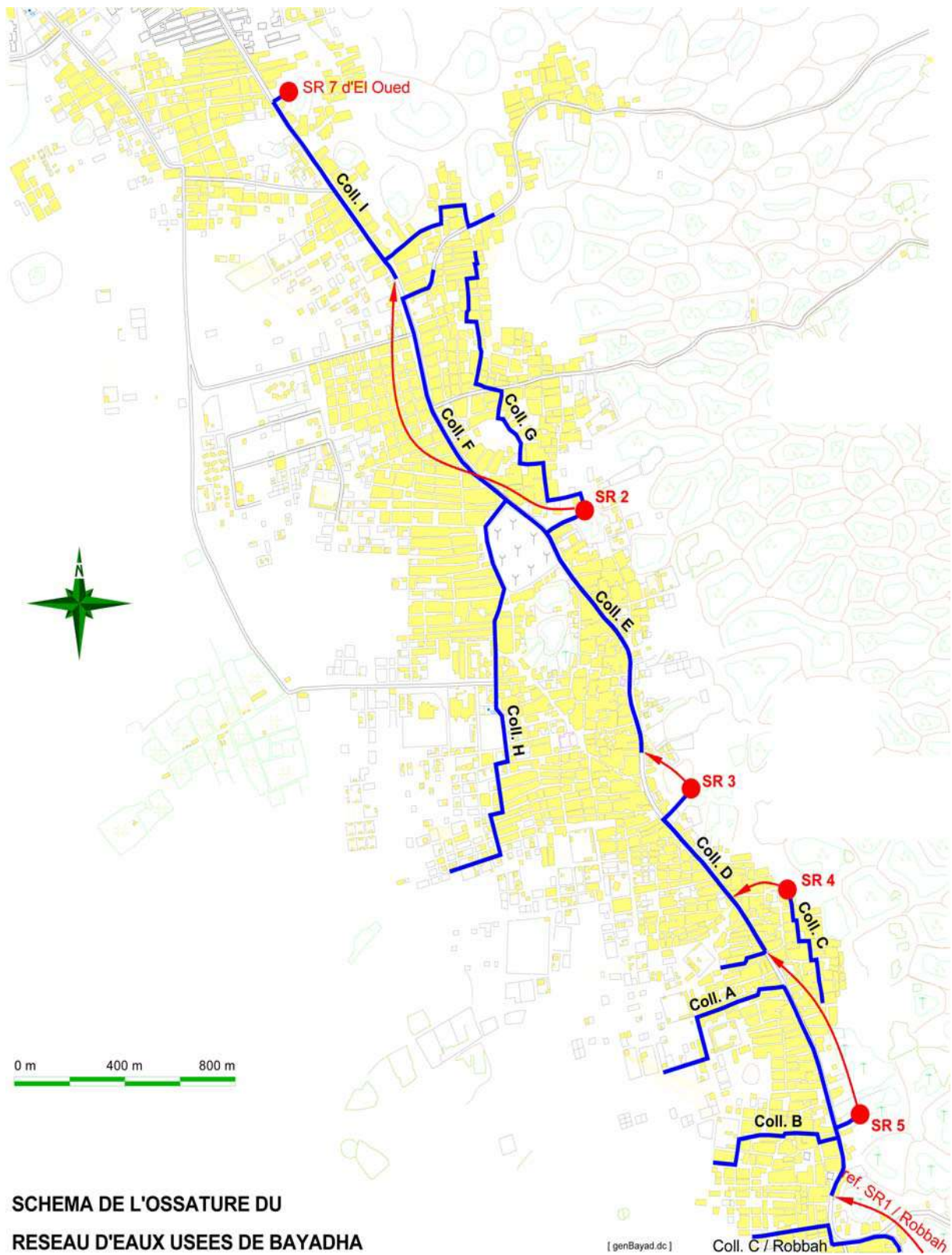


III.5.1.2 Réhabilitation du réseau de Guemar



III.5.1.2 Le réseau des autres Communes

- Bayadha

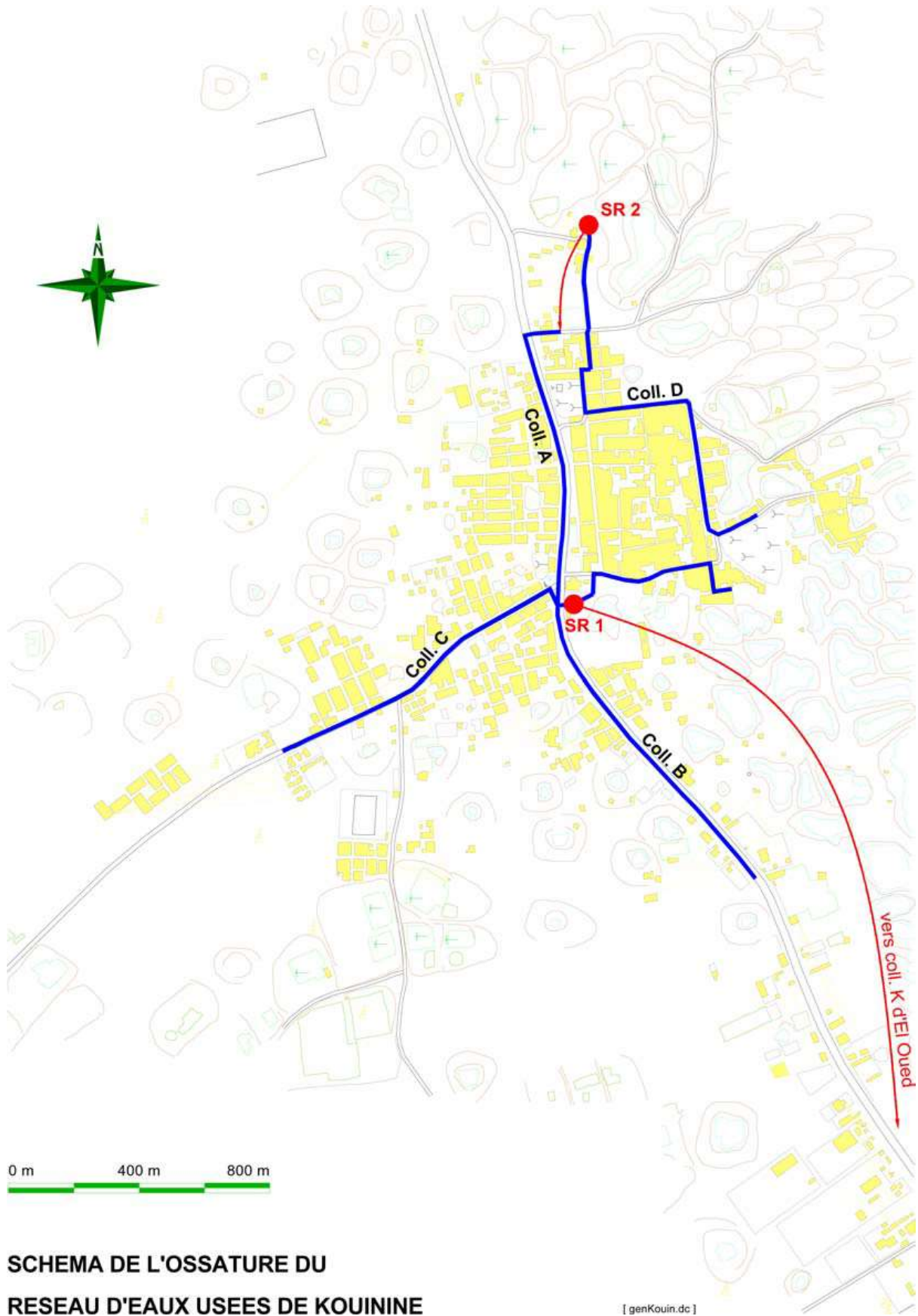


SCHEMA DE L'OSSATURE DU
RESEAU D'EAUX USEES DE BAYADHA

[genBayad.dc]

Coll. C / Robbah

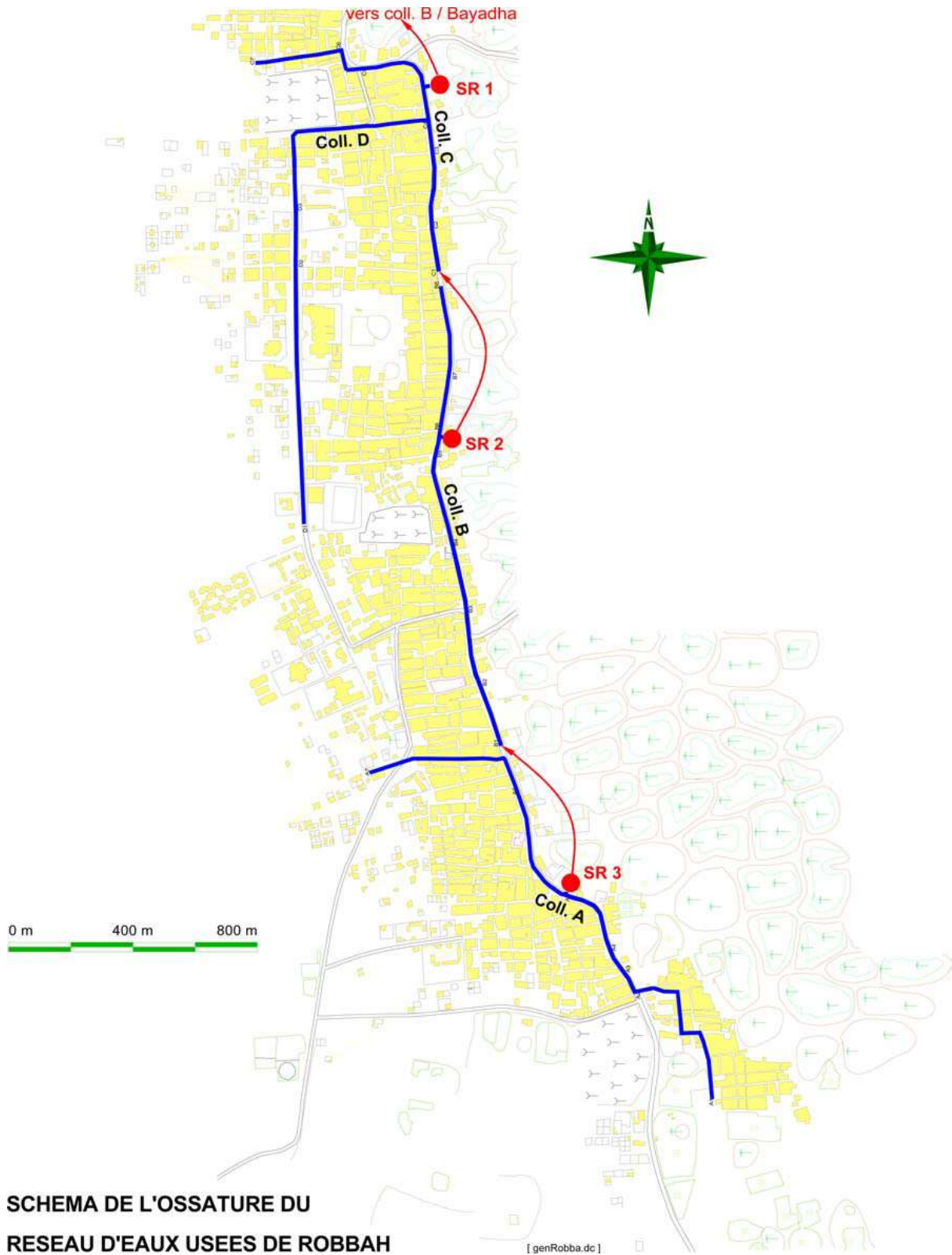
- Kouinine



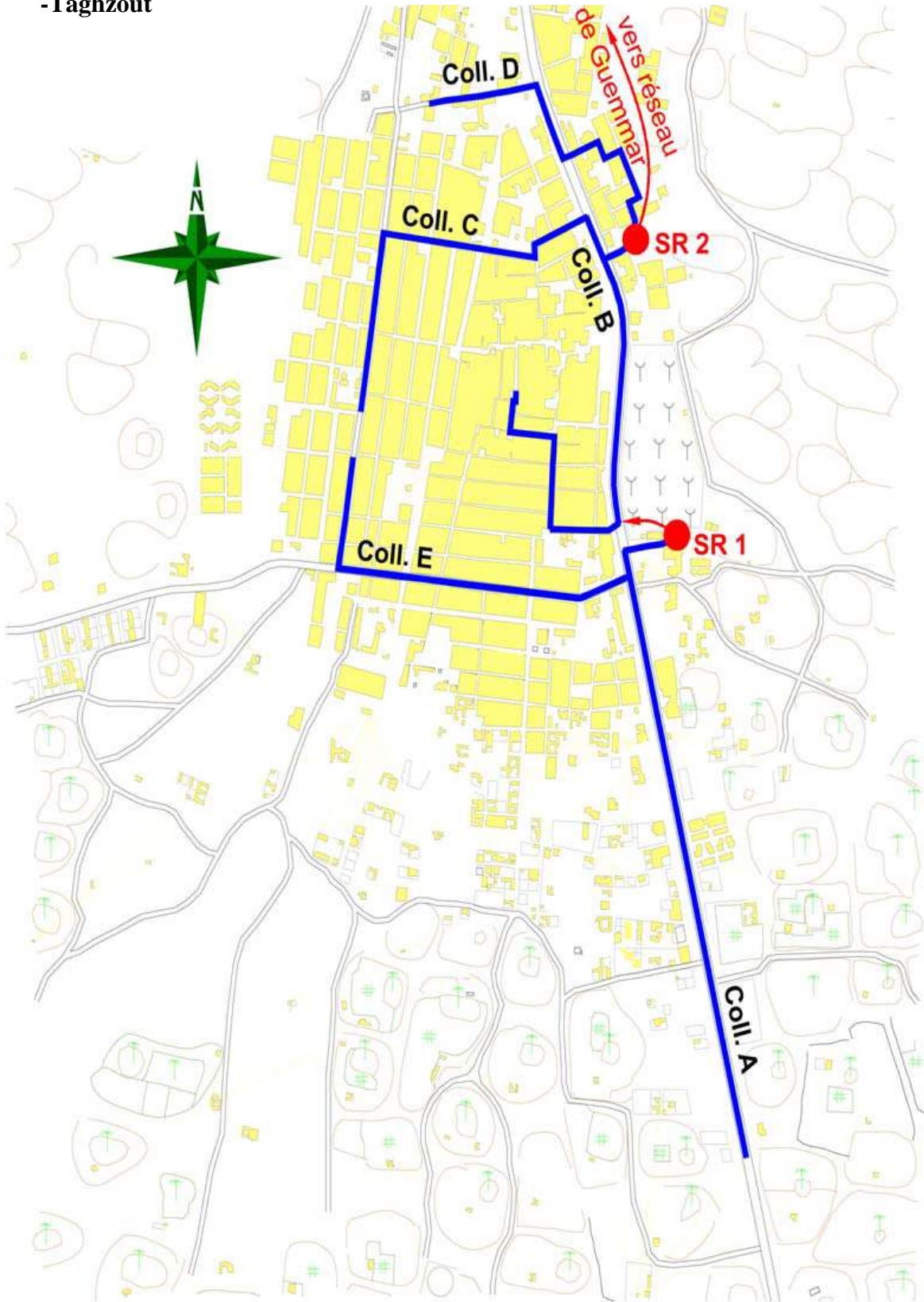
**SCHEMA DE L'OSSATURE DU
RESEAU D'EAUX USEES DE KOUININE**

[genKouin.dc]

- Robbah



-Taghzout



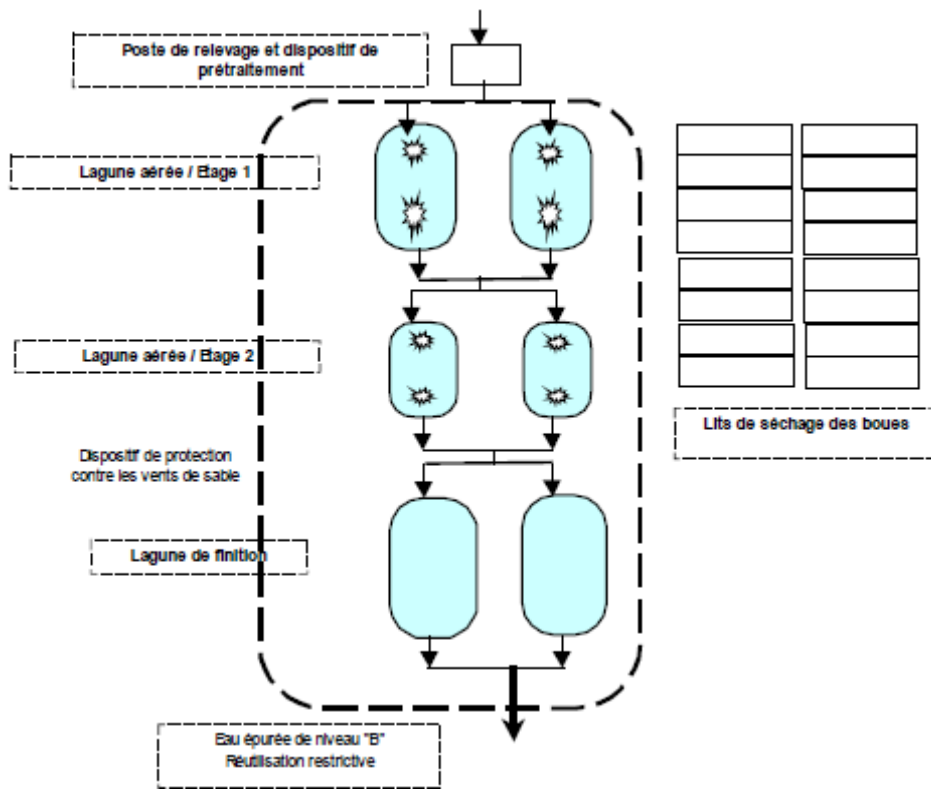
**SCHEMA DE L'OSSATURE DU
RESEAU D'EAUX USEES DE TAGHZOUT**



[genTaghz.dc]

Volet épuration des eaux

- **Schéma type :** El Oued



SCHEMA DE PRINCIPE

Communes : Bayadha, Robbah

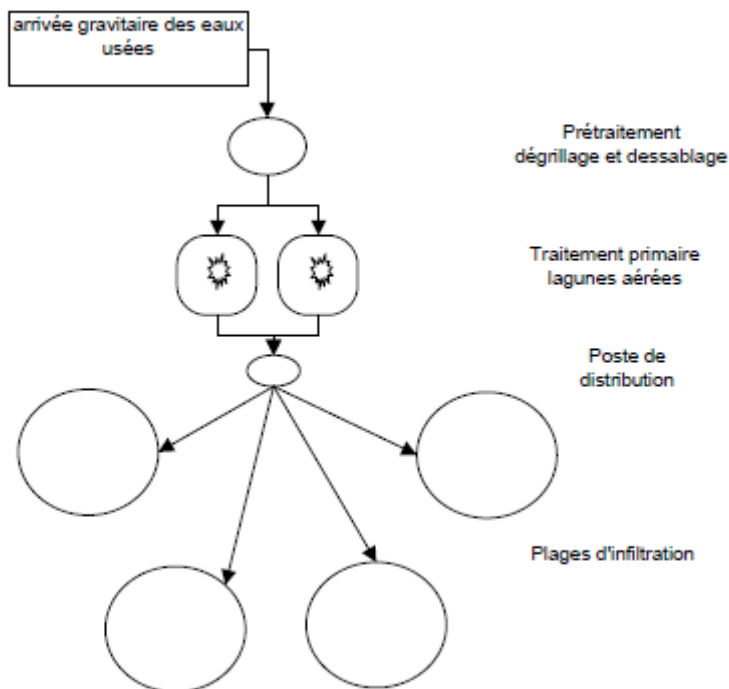


Tableau : Index aléatoire (IR) selon l'ordre de la matrice par paires.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

VI.3.6. L'échelle de comparaisons binaires

Degré D'importance	Définition	Explication
1	Importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété
3	faible importance d'un élément par rapport à une autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possibles
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations
Réciproques	Si l'activité i se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'elle est comparée à l'activité j, j a donc la valeurs réciproque lorsqu'on la compare à i	

Source : Thomas L. SAATY, « Décider face à la complexité » une approche analytique multicritère d'aide à la décision. Traduit de l'anglais par Lionel Dahan. Adaptation française par Georges Hirsch. COLLECTION UNIVERSITE – ENTREPRISE. Dirigée par Alain Chevalier et Georges Hirsch, 1984. Page 81.

V. Diagnostic visuel

Axe premier : Action mécanique

1/ réseaux routiers :

A- Type d'axes :

- Axe structurant, axes principale : nom d'axe :
- Axe secondaire : nom d'axe :

B- Type de détérioration

- Déformation
- Fissures
- Effondrements sec
- Effondrement humide
- Effondrement inondé.

B- Périodicité de détérioration

- Déformation :
 - Une fois par semaine
 - Une fois par mois
 - Une fois chaquemois
 - Une fois par ans
 - Une fois après chaque réparation
- Fissures
 - Une fois par semaine
 - Une fois par mois
 - Une fois chaquemois
 - Une fois par ans
 - Une fois après chaque réparation
- Effondrements (sec, ou humide, ou inondé)
 - Une fois par semaine
 - Une fois par mois
 - Une fois chaquemois
 - Une fois par ans
 - Une fois après chaque réparation

2/ Cadre bâtie :

Nom du quartier :

A-Type du bâti :

- Patrimoine architectural
- Ancien
- Nouveau
- Extension

B-Type de détérioration

- Traces humides :
 - hauteur des traces :m
 - hauteur des traces :cm
- Fissures :
 - Dimension des fissurescm
 - Dimension des fissurescm

C- Périodicité de détérioration

- Traces humides :
 - chaque jours
 - chaque..... jours par semaine
 - chaque semaine
 - chaque mois
 - chaque.....mois
 - chaque saison humide
 - chaque année

B-2 périodicité de détérioration

- chaque jours
- chaque..... jours par semaine
- chaque semaine
- chaque mois
- chaque.....mois
- chaque saison humide
- chaque année

2/le cadre bâti :

Nom du quartier :.....

A-Type du bâti :

- Patrimoine architectural
- Ancien
- Nouveau
- Extension

B- détérioration

- Type du bâti :**
- Patrimoine architectural
 - Ancien

Type détérioration

- Corrosion, dégradation des murs
- cas du bâti de type patrimoine architectural : corrosion des piliers (contres forts)

C- Périodicité de détérioration

- Corrosion, dégradation des murs: chaque jours chaque mois chaque année
- chaque..... jours par semaine chaque.....mois
- chaque semaine chaque saison humide
- Corrosion des piliers chaque jours chaque mois chaque année
- chaque..... jours par semaine chaque.....mois
- chaque semaine chaque saison humide

D- Détérioration

- Type du bâti :**
- Nouveau
 - Extension

Type détérioration

- Corrosion, dégradation des murs

C- Périodicité de détérioration

- Corrosion, dégradation des murs: chaque jours chaque mois chaque année
- chaque..... jours par semaine chaque.....mois
- chaque semaine chaque saison humide

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Introduction Générale.....	1
Premier Chapitre : Le cadre d'étude et les caractéristiques naturels : faible altitudes, Absence d'un exutoire naturel.....	14
Introduction.....	14
I.1. Situation géographique.....	15
I.2. Relief.....	16
I.3. Topographie.....	16
I.4. Absence d'un exutoire.....	17
I.5. Hydro climatologie.....	19
I.5.1. Climat.....	19
I.5.1.1. La précipitation moyenne mensuelle.....	19
I.5.1.2. La température moyenne mensuelle.....	21
I.5.1.3. Combinaison climatique.....	22
I.5.1.3.1. Indice d'aridité.....	22
I.5.1.3.2. Diagramme pluviothermique.....	23
I.5.1.4. L'Humidité de l'air.....	24
I.5.1.5. L'évaporation.....	25
I.5.1.6. Le Vent.....	25
I.5.1.7. L'insolation.....	26
I.5.1.8. L'évapotranspiration.....	27
I.5.1.8.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	27
I.5.1.8.1.1. Selon le calcul de THORNTHWAITE.....	28
I.5.1.8.1.1.1. L'évapotranspiration réelle (ETR).....	28
I.5.1.8.1.2. Calcul de Turc.....	28
I.5.1.8.1.3. Méthode de Blanney – Criddle.....	29
I.5.1.8.2. Évaluation de la réserve facilement utilisable (RFU).....	29
I.5.1.8.3. Ruissellement.....	30
Conclusion.....	31
Deuxième Chapitre : Géologie, Hydrogéologie et bilan d'eau : De grands réservoirs surexploités.....	32
Introduction.....	32
II.1. Géologie.....	33
II.1.1. Géologie régionale.....	33
II.2. Hydrogéologie.....	34
II.2.1. La nappe du continental intercalaire (CI).....	35
II.2.2. La nappe du complexe terminal (CT).....	36
II.2.3. La nappe phréatique.....	37
II.3. Un bilan hydrique déficitaire.....	38
II.3.1. Le bilan d'eau de la ville d'El Oued.....	42
Conclusion.....	44
Troisième Chapitre : Fluctuation de la nappe phréatique et étude piézométrique : Variation Entre montée et rabattement.....	45

IV.1.1.5. Contextes économiques : les zones d'activités multiples, souk.....	81
IV.2. L'évolution des taches urbaines : la dynamique spatiale des villes.....	82
IV.2.1. La classification supervisée : méthode pour reconstituer la conurbation soufienne.....	82
IV.2.2. Les images satellitaires utilisées pour rétablir l'expansion urbaine	83
IV.2.3. L'établissement des cartes d'occupation des sols.....	84
IV.3. La dynamique spatiale des agglomérations.....	85
IV.3.1. La prédominance rurale claire (1966-1977).....	85
IV.3.2. Le commencement de la dynamique de croissance 77-1987.....	91
IV.3.3. L'annonce d'un déclenchement d'une urbanisation accélérée.....	93
IV.3.4. URBAN SPRAWL, l'étalement urbain, diffus des ACL et AS.....	93
IV.3.5. Relation entre l'évolution de la population urbaine et de la surface Urbanisée.....	103
IV.4. La surconsommation de l'eau.....	109
Conclusion.....	112
Cinquième Chapitre : La vulnérabilité et la détérioration physique dans l'espace urbain : Diagnostic visuel du terrain.....	113
Introduction.....	113
V.1. Les RESULTATS ET DISCUSION DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP).....	114
V.1.1. L'aire d'étude : Répartition des différents cas enquêtés.....	114
V.1.2. Matériels et méthodes.....	114
V.1.3. Lecture de la matrice des corrélations.....	115
V.1.3.1. Part de la variance expliquée par les axes factoriels.....	116
V.1.3.2. Analyse des corrélations entre les variables et les facteurs.....	117
V.2. ANALYSE CROISEE DES RESULTATS (ACM).....	125
V.2.1. RESULTATS D'ANALYSES EN CORRESPONDANCES MULTIPLES.....	125
V.2.1.1. La ville d'el oued.....	125
V.2.1.1.1. Quartier, type d'axes, périodicité des fissures, périodicité des traces humides, périodicité d'effondrement sec, périodicité d'effondrement humide.....	125
V.2.1.1.1.1. Fissures chaque (0-4 mois), effondrement sec chaque (0-4 mois), effondrement humide chaque (0-4 mois) et effondrement humide 1 fois / ans.....	131
V.2.1.1.1.2. Effondrement sec 1 fois / ans, traces humides une fois / ans.....	132
V.2.1.1.1.3. Fissures chaque (4 – 6 mois), traces humides chaque saison humide, effondrement sec après chaque réparation.....	135
V.2.1.1.1.4. Fissures après chaque réparation, absence des traces humides effondrement sec toute l'année, effondrement humide après chaque réparation.....	135

V.2.1.1.1.5. Absence des fissures, traces humides toute années, pas d'effondrement sec, pas d'effondrement humide, effondrement humide toute années.....	136
V.2.1.1.2. Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement.....	136
V.2.1.1.2.1. AEP corrodé chaque saison humide, AEP non corrodé, Assainissement corrodé chaque saison humide.....	139
V.2.1.1.2.2. AEP corrodé chaque (4-6 mois), Assainissement corrodé chaque (4-6 mois), absence d'assainissement.....	139
V.2.1.1.2.3. AEP corrodé toute l'année, assainissement corrodé toute année.....	140
V.2.1.1.3. Type du bâti, désordres physiques (traces humides, fissures), désordres chimiques (corrosion murs, dégradation des contres forts).....	143
V.2.1.1.3.1. Fissures chaque saisons humides, fissures chaque (0-4 mois), dégradations des piliers chaque saisons humides.....	147
V.2.1.1.3.2. Traces humides annuelles, fissures annuelles, corrosions annuelles des murs, dégradation annuelle des contres forts.....	150
V.2.1.1.3.3. Fissures chaque (4-6 mois), absence des contres forts, corrosion murs chaque saisons humides, traces humides chaque saison humide, corrosion murs chaque (4-6 mois)...	150
V.2.1.1.3.4. Absence des traces humides, absence des fissures, absence de corrosion des murs.....	151
V.2.1.1.4. Caractéristiques désordres diagnostiqués aux niveaux des Ghouts : traces humides, inondations, roseaux.....	151
V.2.1.1.4.1. Absence de traces humides, absence d'inondations, roseaux chaque saisons humides et absence de roseaux.....	156
V.2.1.1.4.2. Traces humides toutes l'année, traces humides chaque saisons humides.....	157
V.2.1.1.4.3. Absences des Ghouts.....	157
V.2.1.1.4.4. Inondations annuelles, inondations chaque saisons humides, roseaux toute l'année.....	158
V.2.1.1.5. SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES DE DETERIORATIONS CAUSEES PAR LES EAUX SUR LES AXES, AEP, ASSAINISSEMENT, BATI ET GHOUTS DANS LES QUARTIERS VULNERABLES DE LA VILLE D'EL OUED...	159
V.2.1.1.5.1. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissement, Désordre d'axes.....	164
V.2.1.1.5.2. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissent désordres physiques du bâti.....	167
V.2.1.1.5.3. Absence de la corrosion du réseau d'AEP saint, bâti Saint.....	167

V.2.1.1.5.4. Corrosion des réseaux AEP, corrosion assainissement, désordres chimiques du bâti.....	167
V.2.1.1.5.5. L'existence des désordres d'axes, l'existence des désordres du bâti.....	168
V.1.3.1.5.6. L'absence des désordres d'axes, l'absence des désordres de bâti.....	171
V.2.1.1.5.7. Désordres Ghouts, désordres axes, désordres réseaux.....	173
V.2.1.1.5.8. Désordres des Ghouts, désordres de bâti.....	174
V.2.1.1.5.9. Absence des désordres des Ghouts, absence des désordres de bâti.....	174
V.2.1.2. La villa de Bayadha.....	177
V.2.1.2.1. Type de bâti, désordres physiques des murs (traces humides et fissures), dégradation des contres forts et les Ghouts inondés.....	177
V.2.1.2.1.1. Bâti traditionnel, désordres physique et chimique, Ghouts inondés.....	181
V.2.1.2.1.2. Bâti nouveau, extension urbaine, désordres physiques et chimiques, Ghouts saisonnièrement inondés.....	182
V.2.1.3. La ville de Robbah.....	183
V.2.1.3.1. Type de bâti, désordres physiques des murs (traces humides et fissures), dégradation des contres forts et les Ghouts Inondés.....	183
V.2.1.3.2 Bâti traditionnel, fissures annuelles, Ghouts annuellement inondés.....	187
V.2.1.3.3. Axes structurants, bâti de type extension urbaine, Ghouts inondés chaque saison humide.....	187
V.2.1.3.4. Axes secondaires, pas de fissures des murs, pas d'inondation des Ghouts.....	188
V.2.1.4. La ville de Kouinine.....	189
V.2.1.4.1. Axes routiers, type de bâti, désordres physiques des murs, désordres chimiques des mures et contre fort et les Ghouts inondés.....	189
V.2.1.4.2. Le bâti traditionnel, dégradation des contres forts, corrosion murs, trace humide, fissures annuelles, Ghouts annuellement inondés.....	193
V.2.1.4.3. Patrimoine architectural dégradation des contres forts, corrosion murs, trace humide, Ghouts saisonnièrement inondés.....	195
V.2.1.4.4. Bâti nouveau, extension de la ville, corrosion murs, trace humide, fissures, Ghouts inondés.....	195
V.2.2. Discussions des résultats d'ACMs.....	196
Conclusion.....	198

Sixième Chapitre : Décider face à la complexité du contexte urbain et Environnemental : L'utilisation des sols en adéquations avec les

extensions urbaines.....	199
Introduction.....	199
VI.1. Un exemple de cas d'étude.....	201
VI.2. Matériels et méthode.....	201
VI.2.1. Données et Matériels.....	201
VI.2.2. METHODE.....	203
VI.2.2.1. Approche : MCDM - Méthode AHP.....	203
VI.2.2.1.1 Construire une structure hiérarchique.....	203
VI.2.2.1.2 Standardisation (uniformisation) des critères.....	206
VI.2.2.1.3 Estimations des poids et de la cohérence.....	207
VI. 2.2.1.4. Préparation des cartes d'adéquation.....	209
VI.3. Résultats et discussion.....	209
VI.3.1. Facteur environnemental.....	209
VI.3.2. Facteur socioéconomique.....	210
VI.3.3. Facteur d'accessibilité.....	213
VI.3.4. Facteur hydrogéologique.....	213
VI.3.5. Facteurs physiques.....	217
VI.3.6. Matrice de comparaison par paire et matrice de comparaison par paire normalisée.....	221
VI.3.7. Calcul du rapport de consistance.....	222
VI.3.8. Analyse de la d'adéquation.....	223
VI.3.8.1 Adéquation de l'occupation et de l'utilisation du sol.....	223
VI.3.8.2 Adéquation de la densité de la population.....	226
VI.3.8.3 Adéquation de la distance euclidienne des routes.....	229
VI.3.8.4 Adéquation de la profondeur de la nappe phréatique.....	232
VI.3.8.5 Adéquation de l'élévation.....	236
VI.3.8.6 Adéquation de la pente.....	239
VI.3.8.7 Analyse de la d'adéquation globale.....	242
Conclusion.....	244
CONCLUSION GENERALE.....	245
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	248
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES.....	271
LISTE DES SCHEMAS.....	272
LISTE DES FIGURES.....	273
LISTE DES GRAPHIQUES.....	275
LISTE DES CARTES.....	278
LISTE DES PHOTOS.....	280
LISTE DES TABLEAUX.....	282
ANNEXE.....	288
TABLE DES MATIERES.....	310
RÉSUMÉ.....	316
ABSTRACT.....	317
الملخص.....	318

Résumé :

L'urbanisation rapide qui est due à la croissance démographique, aux volontarismes économique et administratif, est responsable de graves problèmes liés à la remontée des eaux de la nappe phréatique, cette remontée bien qu'elle apparaisse dans quelques quartiers, même si la majeure partie du tissu urbain est exposée à cette problématique. C'est pourquoi le choix des terres privilégiées pour l'urbanisation est basé sur le fait que ces dernières sont à l'abri du problème de la remontée des eaux, cela est devenu une part inéluctable d'une planification urbaine adéquate. La ville d'El Oued et sa conurbation ont été choisies pour ce travail afin de trouver les meilleurs endroits pour la construction future. Il s'agit de déterminer le degré d'adéquation des différentes catégories d'occupation des sols, ce qui constitue une nouveauté de ce manuscrit. Les travaux ont été exécutés au moyen d'une analyse multicritères fondée sur le SIG, et un total de six critères ont été utilisés pour trouver les endroits adéquats pour le développement bâti. Le processus de hiérarchie analytique ou AHP a été utilisé pour calculer les poids de chaque critère en utilisant une matrice de comparaison par paires. La carte finale d'adéquation du site a été préparée avec cinq classes différentes : très adéquate, adéquate, modérée, inadéquate, très inadéquate et restreinte, le pourcentage de terrain est élevé dans la catégorie inadéquate qui est de 43,53 %, ce pourcentage qui couvre, principalement les terres les plus populairement denses et les terres qui ont plus de difficulté d'accessibilité. Les résultats de ces travaux seraient fructueux pour les décideurs, les intervenants et les planificateurs, en déterminant les endroits idéals pour les projets de développement intense dans un avenir proche.

Mots-clés : Conurbation – Nappe Phréatique – Vulnérabilité - Analyse en Composantes Multiples - Adéquation des terres - Multicritères - Processus de Hiérarchie Analytique.

Abstract

The rapid urbanization which is due to demographic growth and to economic and administrative voluntarism, is responsible for serious problems linked to the rise in the water level of the water table, this rise although it appears in some districts, even if the major part of the urban fabric is exposed to this problem. This is why the choice of preferred land for urbanization is based on the fact that the latter are sheltered from the problem of rising waters, this has become an inevitable part of adequate urban planning. The city of El Oued and its conurbation were chosen for this work in order to find the best places for future construction. It is a question of determining the degree of adequacy of the different categories of land use, which constitutes a novelty of this manuscript. The work was carried out using a multi-criteria analysis based on the GIS, and a total of six criteria were used to find suitable locations for built development. The analytical hierarchy process or AHP was used to calculate the weights for each criterion using a pair comparison matrix. The final site suitability map has been prepared with five different classes: very adequate, adequate, moderate, inadequate, very inadequate and restricted, the percentage of land is high in the inadequate category of 43.53%, which covers, mainly the most densely populated lands and the lands that have more difficulty of accessibility. The results of this work would be fruitful for decision makers, stakeholders and planners, identifying the ideal locations for intense development projects in the near future.

Keywords: Conurbation – groundwater- Vulnerability - Multiple component analysis - Land suitability - Multicriteria - Analytical hierarchy process.

الملخص

التحضر السريع المترتب عن سياسات التنمية الاقتصادية، الترقية الإدارية والنمو السكاني، كان مسؤولاً عن مشاكل خطيرة تتعلق بارتفاع منسوب مياه الطبقة الحرة، وإن كانت المياه الصاعدة تظهر في أحياء دون غيرها، رغم أن معظم النسيج الحضري معرضاً لهذه المشكلة . لهذا السبب، فإن اختيار الأراضي المفضلة للتوسع الحضري يستند إلى ضرورة أن تكون هذه الأخيرة محمية من مشكلة ارتفاع منسوب المياه أصبح جزءاً لا مفر منه من التخطيط الحضري الملائم . اختيار التجمع الحضري ما بين البلديات الواد-كوينين-البياضة والرباح نموذجاً لهذا العمل من أجل إيجاد أفضل الأماكن للبناء في المستقبل . وهي مسألة تحديد درجة ملائمة استخدام الأراضي حسب مختلف الفئات، هذه الأعمال تشكل حادثة لهذه المخطوطة . أنجز العمل باستخدام تحليل متعدد المعايير يستند إلى نظام المعلومات الجغرافية، واستخدم ما مجموعه ستة معايير لإيجاد مواقع مناسبة للتنمية المبنية . تم استخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي أو AHP لحساب الأوزان لكل معيار فرعي باستخدام مصفوفة مقارنة زوجية. تم إعداد خريطة الملائمة النهائية للموقع بخمس فئات مختلفة فهي: كافية للغاية، كافية، معتدلة، غير كافية وغير كافية جداً، النسبة المئوية المرتفعة للأراضي كانت في الفئة غير الكافية حيث بلغت 43.53%، والتي تغطي في المقام الأول الأراضي ذات الكثافة السكانية الكبرى والأراضي التي تفتقر إلى الطرقات . إن نتائج هذا العمل ستكون مثمرة لصانعي القرار وأصحاب المصلحة والمخططين، مع تحديد المواقع المثالية لمشاريع التنمية المكثفة في المستقبل القريب.

الكلمات الدالة: التلاحم العمراني، الطبقة السطحية الحرة، الهشاشة، تحليل متعدد العناصر، ملائمة الأراضي، متعدد المعايير، عملية التسلسل الهرمي التحليلي.