

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran

Faculté des Sciences de la terre, de géographie et de l'aménagement du territoire

Département des sciences de la terre

Rapport en vue de l'obtention du
DIPLÔME de Master

OPTION : risques naturels et gestion

THEME

*Cartographie multirisque : sismicité, inondation, pollution potentielle
des eaux de surface de la dépression de la Macta*

Présenté par : Abed Amel Keltoum
Roukh Zine El Abidine

Soutenu le : 04 / 07 /2013

Jury composé de :

Mr. Foukrache

Université Oran (Président)

Mr. Zeroual Ibrahim

(Examineur)

Mr. Nadji Abdelmansour

(Rapporteur)

Mr. Dehni

(invité)

Année universitaire : 2012 / 2013

Remerciements

On remercie Dieu tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour entamer et achever ce travail, pour aller au bout de notre but.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur « Mr Nadji » qui nous a fait l'honneur de diriger notre travail, qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Merci à tous nos professeurs et camarades qui été toujours présent pour nous.

Ainsi, nos remerciements et l'expression de nos très respectueuses considérations vont aussi à Mr Dahni pour sa sympathie, sa disponibilité, ses idées et conseils, ainsi que pour son aide précieuse de tous les jours.

Enfin, on remercie nos parents, nos sœurs et nos frères qui nous ont aidés par leur présence, conseils, soutiens, leurs encouragements.

❧ Merci à tous ❧

<http://chezalix.com>



Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Généralités

1. cadre géographique et description du site	3
2. géologie et morphologie.....	5
3. tectonique ou description structurales.....	8
4. aperçu hydrologique.....	10
5. climatologie.....	13
6. agriculture.....	14
7. pédologie.....	14
8. écosystème.....	17

Chapitre II : SIG et télédétection

1. introduction.....	19
2. les éléments d'un SIG.....	20
3. les composantes principales d'un SIG.....	20
• gestion de base de données.....	20
• la restitution des données.....	20
• système de représentation cartographique et saisie numérique.....	21
4. SIG et notion de couches d'information.....	21
5. notion de croisement des cartes.....	21
6. aspects pratiques.....	21
7. méthodologie du travail.....	22
7.1 Acquisition des données.....	22
7.2 Traitement des données.....	22
7.3 Génération du MNT et produits dérivés.....	23
7.3.1 carte des pentes.....	23
7.3.2 carte des orientations.....	24
7.3.3 carte du réseau hydrographique.....	25
7.4. Élaboration de la carte d'occupation du sol.....	26
7.4.1. Traitement d'image.....	26
A. création de la composition colorée.....	26
B. classification de l'image.....	28

Chapitre III : Application

1ere partie : sismicité

1. introduction (activité sismique).....	30
2. caractéristiques des séismes.....	30
3. sismicité historique de l'Algérie du nord.....	32
4. sismotectonique.....	34
4.1. sismotectonique régionale.....	34
4.2. sismotectonique locale.....	36
4.3. intensité locale et cartes des isoeistes.....	37
4.4. Les mecanismes focaux.....	38
4.5. échelle de mesure d'intensité.....	39
5. répartition spatiale des épacentres séismiques.....	40
6. évaluation de l'aléa sismique.....	41
7. paramètres d'évaluation de l'aléa.....	42
8. approche déterministe d'évaluation de l'aléa.....	43
8.1. loi d'atténuation des PGA.....	43
8.2. évaluation du maximum crédible « earthquake » (MCE).....	44
9. cartographie de l'aléa sismique de la région d'étude.....	45
10. interprétation de la carte	46

2eme partie : inondation

1. généralités sur le risque inondation.....	48
2. description des phénomènes d'inondation en Algérie.....	48
2.1.définition d'une crue.....	48
2.2.définition d'une inondation.....	48
2.3.le processus conduisant aux crues et aux inondations.....	49
2.3.1. l'eau mobilisable.....	49
2.3.2. le ruissèlement.....	49
2.3.3. le temps de concentration (ou durée caractéristique).....	49
2.3.4. la propagation de la crue.....	49
2.3.5. le débordement.....	49
3. types d'inondation.....	49
3.1.crues de types torrentiel ou éclair.....	49
3.2.crues de plaines ou fluviales.....	50

3.3.le ruissellement en secteur urbain.....	50
4. les facteurs aggravant le risque.....	50
5. méthodologie de détermination des zones d'inondation.....	51
5.1.cartographie d'aléa inondation.....	51
5.2.cartographie de la vulnérabilité a l'inondation.....	52
6. organigramme de la démarche utilisée.....	53
• Carte d'aléa inondation.....	54
• Carte de vulnérabilité.....	54
- Carte des pentes.....	55
- Carte distance par rapport au cours d'eau.....	57

3eme partie : pollution

1. introduction.....	63
2. différentes sources de pollution.....	63
3. cartographie de la pollution potentielle des eaux de surfaces.....	66
3.1.constitution des indicateurs de sensibilité du milieu.....	66
• Pente.....	66
• Pédologie.....	66
• Carte du risque pollution potentielle des eaux de surfaces.....	68

Carte multirisques

• Elaboration de la carte multirisque	69
• Interprétation du résultat.....	71

Conclusion et recommandations générales.....	72
---	-----------

Liste des figures, photos et tableaux

• Figures

Fig.01 : carte localisation de la région d'étude	3
Fig. 02 : carte géologique de la zone d'étude.....	7
Fig. 03 : carte structural.....	9
Fig. 04 : le bassin versant de la Macta.....	10
Fig. 05 : sens de l'écoulement des eaux (tracé par Surfer 11).....	11
Fig. 06 : bloc digramme montrant les zones déprimées.....	12
Fig. 07 : Carte bathymétrique mettant en évidence les zones déprimées notamment la lagune de La Macta.....	12
Fig. 08 : carte pluviométrique (1942-1990).....	13
Fig. 09 : carte lithologique de la région d'étude.....	16
Fig. 10 : les diverses pressions sur l'environnement au niveau de la Macta.....	17
Fig. 11: modèle numérique de la région d'étude.....	23
Fig. 12 : carte des pentes.....	24
Fig. 13 : carte des orientations.....	24
Fig. 14 : Capture d'écran montrant la hiérarchisation du réseau hydrographique de la région de La Macta ainsi que les détails qui en découlent.....	25
Fig. 15 : capture d'écran des différents canaux utilisés afin d'obtenir une image colorée....	27
Fig. 16 : capture d'écran montrant la composition colorée obtenue.....	28
Fig. 17 : Carte d'occupation du sol extraite de la classification dirigée de l'image satellitaire LANDSAT ETM+ (27/02/2012).....	29
fig. 18 : types de failles.....	31
Fig. 19 : découpage structural (socotec export (1986) modifiée.....	35
Fig. 20 : Carte sismotectonique de la marge littorale / S-Bassin la Macta (in Nadji; 2010)...	37
Fig. 21 : carte d'iso intensité sismique de la zone d'étude durant la période (1790-1999) (craag in nadji 2010).....	38
Fig. 22 : les mecanismes focaux (Bufonet et al, 2004).....	39
Fig. 23 : capture d'écran de la base de donnée sous Excel (catalogue régional de la séismicité ; période (1790- 1999) Nadji.....	41

Fig. 24 : répartition spatiale des séismes de la zone d'étude.....	41
Fig. 25 : carte d'aléa sismique modifiée.....	45
Fig. 26 : carte d'aléa sismique de la région d'étude periode de retour 500 ans.....	46
Fig. 27 : organigramme de la démarche utilisée.....	52
Fig. 28 : carte d'aléa inondation.....	54
Fig. 29 : Les profils en long dans la région de la Macta.....	55
Fig. 30 : capture d'écran de l'histogramme utilisé dans la classification des pentes.....	56
Fig. 31 : carte des pentes classées (idrisi selva).....	56
Fig.32 : Capture d'écran sous SAGA montrant la distance par rapport au cours d'eau.....	57
Fig. 33 : carte distance par rapport au cours d'eau.....	58
Fig. 34 : carte de vulnérabilité à l'inondation.....	59
Fig. 35: carte du risque inondation.....	60
Fig. 36 : Modèle de simulation d'inondation projeté selon la hauteur de la lame d'eau (Global mapper).....	61
Fig. 37 : organigramme de la démarche utilisée.....	66
Fig. 38 : carte lithologique classée.....	67
Fig. 39: carte risque de pollution potentielle des eaux de surface.....	68
Fig. 40: (1, 2, 3) distribution des risques.....	70
Fig. 41 : carte multirisque de la zone d'étude	70
Fig. 42 : répartition des risques étudiés de la région d'étude.....	71

Photos

Photos 01/02 : Le cordon dunaire de la Macta.....	4
Photo 03 : la plaine de la Macta.....	4
Photo 04 : exutoire de la Macta.....	4
Photos 07/08 Agriculture 09/04/2013.....	14

Tableaux

Tableau 01 : séismicité historique (CRAAG, Roussel, Ambrasey) in (Benabdellah, 2010).....	32-33-34
Tableau 02 : les classes de pluviosité.....	52
Tableau 03 classification des pentes.....	56
Tableau 04 : classification des distances par rapport au cours d'eau.....	57
Tableau 05 : classification pédologique.....	67

Résumé

Ce rapport vise, à mettre en place une carte multirisque (sismicité, inondation et pollution) la dépression de la Macta. La région, devant ces contraintes ne peut être stable et se trouve simultanément exposée à plusieurs risques menaçant la stabilité de son environnement qui se répercute mal sur les activités socio-économiques.

Vue la situation marginale, la dépression de la Macta se trouve menacée par un aléa multirisque, en plus de sa situation marginal embarrassante par sa proximité à l'axe sismotectonique régionale embarrassante par sa proximité à l'axe sismotectonique régional qui traverse l'ensemble du littoral oranais.

L'association des contraintes morpho structurale, sismotectonique et de pollution sur le bassin marginal de la Macta, les conditions d'équilibre entre les composantes de l'écosystème connaissent désormais une instabilité croissante.

La connaissance des terrains, des facteurs environnementaux, la politique de développement de la région sur le plan socio-économique ont été nécessaire pour cerner ce problème et le présenter sous la forme la plus exploitable.

Les masses de données ont été rassemblée et devenues exploitables que grâce à l'outil informatique et les logiciels de cartographies spécialisés dans les SIG.

Les données satellitaires, l'imagerie numérique, le MNT sont devenus des outils incontournables pour notre étude.

Les cartes thématiques réalisées ont été associées par différents recoupements dans le but de faire ressortir les composantes du SIG pouvant contribuer à la prise de décision.

Parmi les types de risques naturels, ceux spécifiques dans la région relèvent des contextes géomorphologique (inondation), a la contrainte topographique, s'ajoute la présence de failles actives (séismes), en plus de la pression anthropique, on constate la persistance de la pollution.

Mots clefs : aléa multirisque, sismicité, inondation, pollution, SIG, Macta, risques naturels, sismotectonique.

Introduction générale

Introduction générale

Le développement socio-économique de notre société a révélé de très grands dysfonctionnements en matière de prévision et de maîtrise des risques naturels ou provoqués par l'homme.

En effet, qui n'a pas remarqué ces dernières décennies la recrudescence des catastrophes (naturelles ou non) ayant pour principale cause la cupidité de l'homme, sa soif au développement effréné en matière d'urbanisation, l'épuisement de toutes les richesses naturelles notamment fossiles (pétrole et autres), la course à la découverte de nouvelles énergies ne dépendant pas des hydrocarbures au mépris des retombées néfastes sur l'environnement, etc.

Le paradoxe dans tous ces agissements, c'est que nous trouverons facilement les adeptes de la protection de l'environnement (ils se sont même érigés en parti, les verts) alors qu'au même moment les destructeurs de la nature exercent en toute impunité.

La pollution, leitmotiv de toute la classe scientifique mondiale, forme un couple indissociable avec l'avancée technologique que prennent les industriels dont le seul souci est le gain d'argent.

Le réchauffement climatique (dont on parle beaucoup) semble être l'explication à laquelle tout le monde s'accroche pour justifier les inondations à répétition (en Europe centrale et de l'ouest surtout), les incendies, la fréquence grandissante des ouragans et des typhons, la désertification, et dernièrement même les séismes (histoire des barrages trop pleins qui exerceraient une pression énorme sur les couches sous-jacentes).

Le choix que nous avons entrepris dans ce travail, porte sur trois aspects bien connus en matière de risque à savoir : les inondations, les séismes et la pollution.

Si les deux premiers (séismes et inondations) pourraient être attribués à la nature (ce qui n'est pas forcément le cas) la pollution elle, est à mettre à l'actif de l'homme en termes de catastrophes la nature ayant pollué dans un souci d'équilibre et non l'inverse.

Pour cerner ce problème et le présenter sous la forme la plus exploitable, la connaissance du terrain, des facteurs environnementaux, d'origine naturelle ou introduits par l'homme, de la politique de développement d'une région sur le plan socio-économique ont été nécessaires.

Introduction générale

Ces masses de données n'ont été rassemblées et devenues exploitables que grâce à l'outil informatique et notamment les logiciels de cartographies spécialisés dans le domaine des SIG (qui connaissent un foisonnement et une fiabilité sans cesse grandissante).

Les données satellitaires, l'imagerie numérique, le MNT, sont devenus des outils incontournables pour mener à bien toute recherche dans le domaine des SIG. La rapidité et la fiabilité sont les deux principales qualités de ces traitements informatiques.

L'étude présentée dans ce rapport s'articule autour de trois grands chapitres à savoir :

1. Une présentation de la région du point de vue géographique, géologique, structural, géomorphologique, agronomique, et environnemental ;
2. Un bref aperçu sur les systèmes d'information géographiques (SIG) avec une présentation succincte des logiciels qui ont été utilisés pour la collecte, le traitement et l'analyse des données ;
3. La cartographie des trois aspects liés au risque leur analyse et leur interprétation c'est-à-dire :
 - a. Le risque lié à la sismicité ;
 - b. Le risque lié aux inondations ;
 - c. Le risque lié à la pollution.

Les cartes thématiques réalisées ont été associées par différents recoupements dans le but de faire ressortir les la (ou les) composante(s) du SIG pouvant contribuer à la prise de décision destinées plus particulièrement aux décideurs.

Une conclusion générale est présentée à la fin de ce travail pour souligner l'importance que revêt ce genre d'étude en matière de prévention et de sécurité environnementale.

Au terme de ce travail, nous n'insisterons jamais assez sur la nécessité de continuer ce qui a été entrepris bien avant qu'on en parle, c'est-à-dire la prise de conscience dont doit faire preuve chacun d'entre nous en matière de risque.

1. Cadre géographique et description du site :

La dépression de la Macta se situe sur le littoral Oranais au fond du golfe d'Arzew. Elle est constituée d'une dépression sub-littorale, occupée dans sa partie Sud par la plaine de l'Habra et dans sa partie Nord par les marais de la Macta.

En forme de triangle, elle est limitée par le plateau de Mostaganem au nord-est et le plateau d'Arzew au nord-ouest. Elle est limitée au sud par les monts des Béni Chougrane et au nord par la Méditerranée. Cette dépression est uniformément plate. Elle s'étend sur 30 Km dans sa plus grande longueur et sur 45 Km de largeur. Elle est inclinée du sud-est vers le Nord-Ouest (fig. 01).

A l'extrême Nord, au fond du golfe d'Arzew, s'ouvre un chenal à travers un cordon dunaire, qui la fait communiquer avec la mer (photo 01 et 02). Il correspond à l'exutoire naturel (photo 04) des eaux du marais (Oued Habra).

Cette plaine est à cheval sur les territoires de trois wilayas : Oran à l'ouest, Mostaganem à l'est et Mascara au sud.

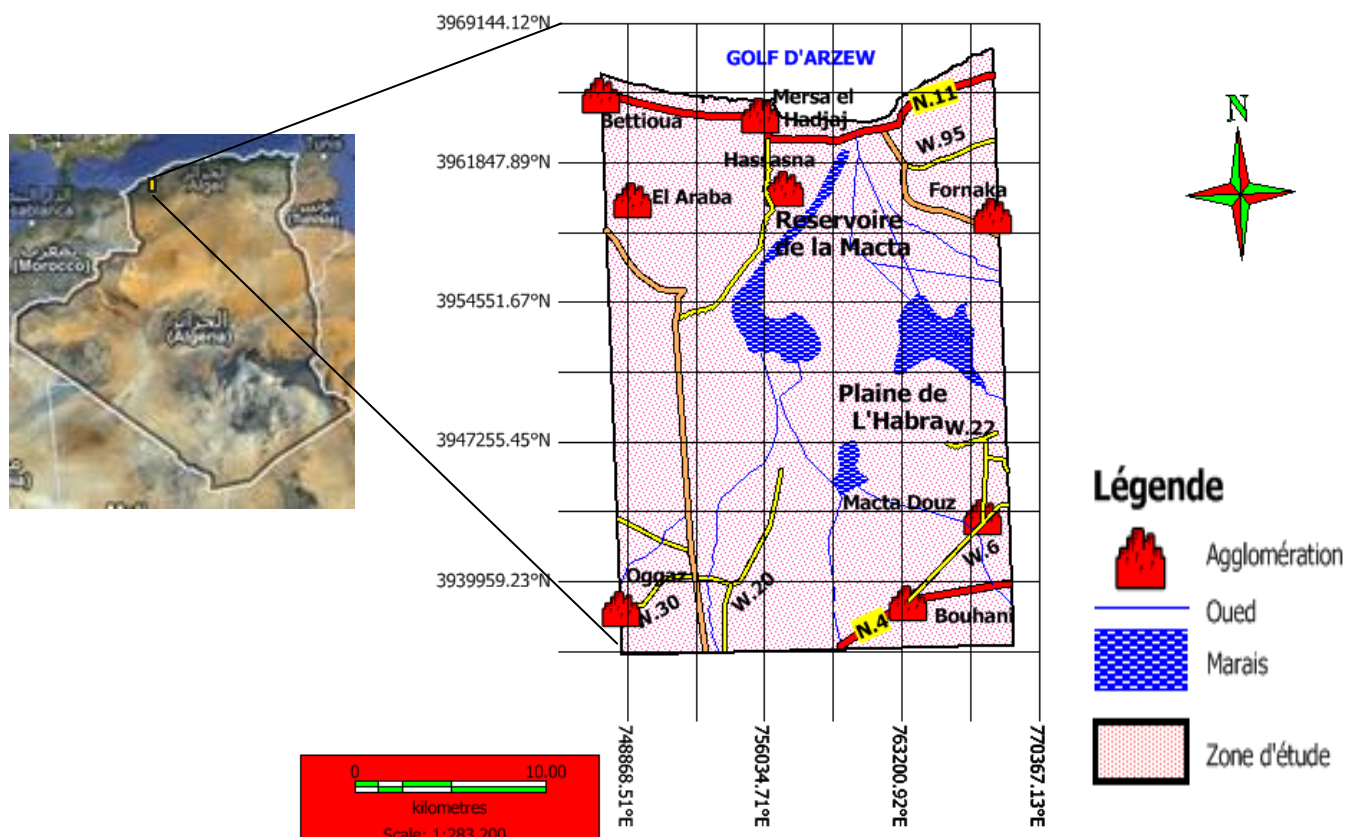


Fig. 01 : carte localisation de la région d'étude



Photos 01/02 : Le cordon dunaire de la Macta



Photo 03 : la plaine de la Macta



Photo 04 : exutoire de la Macta

2. Géologie et morphologie :

Cette région est une portion particulièrement instable du bassin miocène Nord-Tellien.

Des mouvements d'affaissement et de subsidence ont affecté la plaine de l'Habra jusque durant le Quaternaire,

Au Nord-Ouest les monts d'Arzew constituent un môle en surrection.

Au Sud l'érosion domine, prenant parfois des aspects grandioses. Au centre, dans les plaines de l'Habra, ce sont les phénomènes d'accumulation qui jouent: l'existence de sédiments saufs ères, l'absence de drainage et l'insuffisance des pluies sont à l'origine des sols salés qui occupent les zones les plus basses ou que l'érosion actuelle des oueds n'atteint pas.

La côte est très relevée, bordée par une flexure qui détermine des érosions ; elle est parsemée de dunes marines plus ou moins fixées.

Les monts d'Arzew, d'âge crétacé et probablement jurassique à la base, sont formés de schistes et de quartzites ; le Djebel Orouse est constitué de calcaires parfois dolomités ou marmorisés. En bordure de ce massif, les formations miocènes sont surtout marneuses : elles n'apparaissent que très localement et sont recouvertes par des formations quaternaires : au Sud de Fleurus, le Miocène apparaît sous un faciès gypseux qui existe aussi dans la forêt de Mouley Ismaël; un karst gypseux s'est constitué à l'emplacement de ces affleurements bien qu'ils soient souvent recouverts par des formations quaternaires.

La région comprise entre Gdyel Saint-Cloud, Marsat el hadjad Port-aux-Poules et Zahana Saint-Lucien constitue un plateau plio-quaternaire quelque peu déformé au sud-ouest par des bombements anticlinaux, depuis, le pliocène supérieur des formations continentales et marines ont recouvert cette région d'un manteau de matériaux généralement perméables : lumachelles, grès de plage et grès dunaires, limons, sables et cailloutis en bordure du massif en surrection.

Les mêmes formations néogènes bordent au Sud de Perrégaux la plaine de l'Habra. Le jeu des mouvements tectoniques et de l'érosion a permis l'affleurement de formations éocènes et crétacées sous des faciès généralement argileux et marneux. Le piémont Nord de cette zone montagneuse est formé d'alluvions quaternaires apportées par les oueds Sig, Habra et Melah.

Ces oueds ont constitué des cônes de déjections alluvionnaires et les sédiments les plus fins se sont accumulés dans la basse plaine de l'Habra dont le drainage superficiel s'effectue difficilement par le goulet de la Macta : la présence de sédiments salifères Miocène et du Trias dans les bassins versants des oueds ainsi que l'inexistence de drainage profond sont les causes principales, avec le climat, de l'existence de formations salées dans cette basse plaine.

Le plateau de Mostaganem est constitué par des rides anticlinales SW-NE, pliocènes et post-pliocènes recouvertes, soit par la lumachelle calabrienne, soit par des dunes. Pendant le Quaternaire les fleuves ont contourné cette région par l'W (Yellel-Mina) et par le N (Chélif). (Boulaine, 1955).

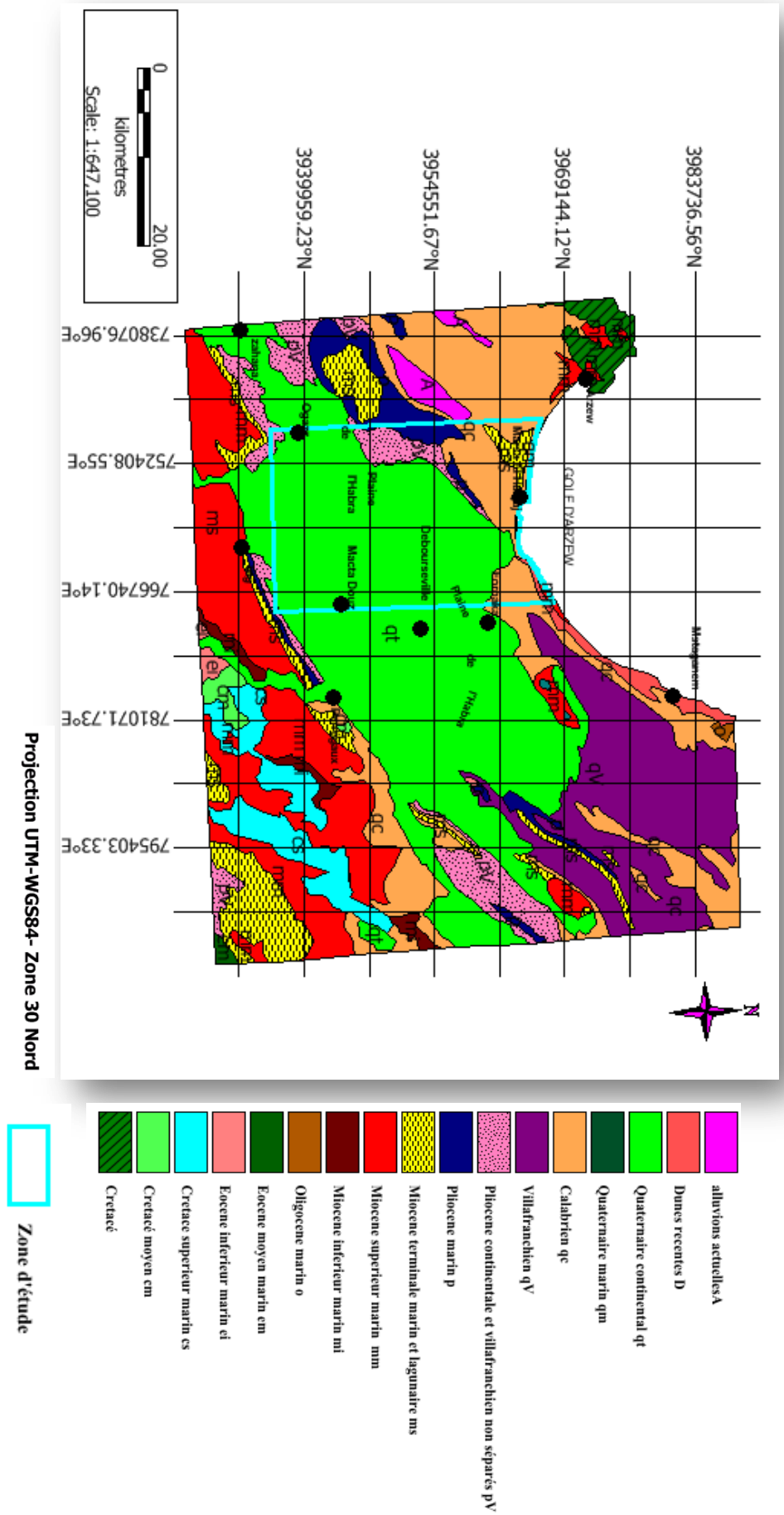


Fig.2 : Carte géologique de la région d'étude

3. Tectonique et description structurale :

La partie occidentale du bassin du bas Chélif est formé principalement par les deux grandes plaines de la Mléta et de l'Habra, séparées par le plateau de Boufatis (Saint-Louis).

L'extrémité occidentale du bassin constitue un plateau assez régulier. C'est une aire stable, peu ou pas subsidente. Ce socle, qui marque l'ennoyage progressif des monts des Trara, se prolonge d'une façon discontinue par les pointements de Terga (Turgot) et par les reliefs d'Oran et d'Arzew. Les levés de détail d'Y. Gourinard dans cette région ont montré que ces massifs ont surgi le long des failles à travers les terrains néogènes qu'ils ont traversés comme à l'emporte-pièce.

La tectonique de cette région paraît ainsi commandée par des jeux de compartiment du socle particulièrement importants dans cette partie du bassin.

En l'absence de données de subsurface, on peut concevoir la plaine de la Mléta comme un vaste synclinal, probablement complexe, se relevant régulièrement au N, et plus faiblement à l'W, sur les massifs jurassiques.

Cette aire synclinale est limitée au S par une succession de flexures brusques et de failles qui limitent les monts de Tessala. Cette ligne, qui n'a cessé de jouer un rôle de limite paléogéographique importante au cours du néogène, correspond à une zone de changement de facies et d'amincissement des séries qui facilitent par ailleurs le développement des accidents tectoniques. Ces flexures, qui prennent souvent un aspect en escalier, sont séparées par des plis en genou formant replat.

Le plateau de Boufatis (Saint-Louis) est une région tabulaire limitée et découpée par des flexures quaternaires individualisant des zones synclinales plus ou moins importantes. Il laisse apparaître dans sa partie sud-est plusieurs ondulations alignées suivant la direction générale NE-SW. Le calabrien monte régulièrement vers le NW contre le massif d'Arzew. Le Pliocène se relève légèrement au S, dessinant une aire synclinale allongée qui s'élargit vers l'E pour former la plaine de Télamine.

Ce synclinal est bordé au S par un anticlinal dissymétrique qui porte le télégraphe de Debbi, entièrement dessiné dans le pliocène. Ce pli est limité au S par une flexure plongeant d'une vingtaine de degrés.

Une deuxième ride anticlinale plus complexe, à cœur miocène supérieur, s'allonge parallèlement à ce dernier. Entre le djebel Djira et Marsat el Hadjadj (port aux poules) cette structure est limitée au SE, par une flexure de 15 à 20°, la séparant de la plaine de l'Habra. C'est un anticlinal de style légèrement coffré dont la partie axiale forme un plateau tabulaire, recouvert par des formations marines quaternaires dans la région des Hamyane et par des recouvrements villafranchiens dans la partie sud.

Le plateau de Boufatis (Saint-Louis) est limité au N du golf d'Arzew par une flexure côtière affectant le quaternaire marin et formant une falaise morte.

La présence d'importants niveaux de gypse à faible profondeur engendre localement une tectonique aberrante et superficielle, notamment sur la bordure orientale de la plaine de Têlamine.

La plaine de l'Habra est une région basse et marécageuse affectée, au moins depuis le pléistocène, d'une active subsidence qui se poursuit de nos jours.

Cette plaine est limitée d'une façon presque continue par une série de flexures affectant le calabrien. Sa bordure orientale, perpendiculaire à la direction des plis, est moins nette. On voit ainsi l'axe anticlinal du djebel milar s'avancer comme un éperon au milieu de la plaine.

Cette aire synclinale s'ouvre au N entre Marsat el Hadjadj (Port aux poules) et le marabout de sidi Mansour, sur le golfe d'Arzew. L'ennoyage des plis du plateau de Mostaganem vers l'W laisse supposer la possibilité de plissement des couches néogènes en profondeur (Perrodon, 1957).

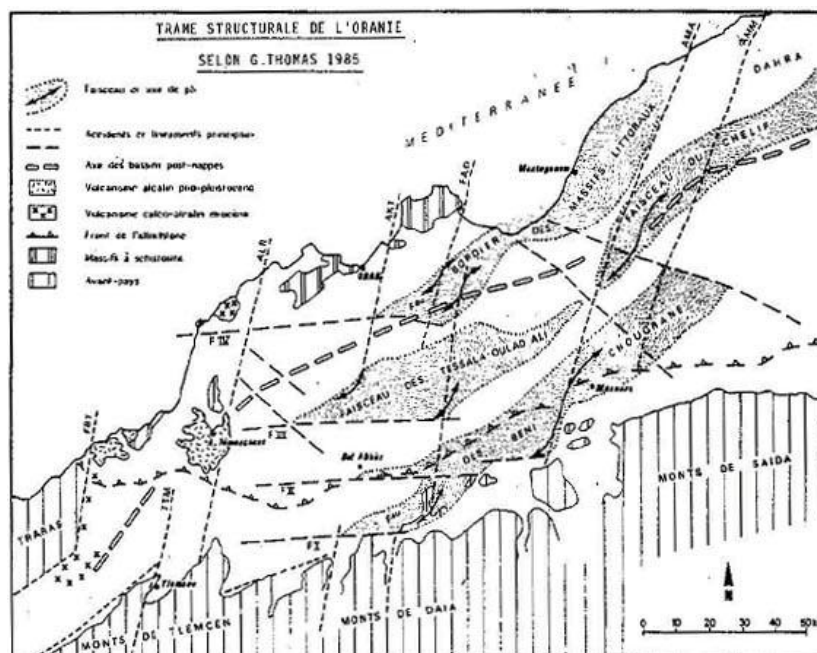


Fig. 03: carte structurale ((Thomas, 1985),in (benabdellah, 2010)

4. Aperçu hydrologique :

La région d'étude se situe à l'aval du bassin versant de la Macta (14 390 Km²). Ce dernier est drainé par deux principaux cours d'eau : oued mebtouh, à l'ouest, et l'oued el hammam à l'est (fig. 04).

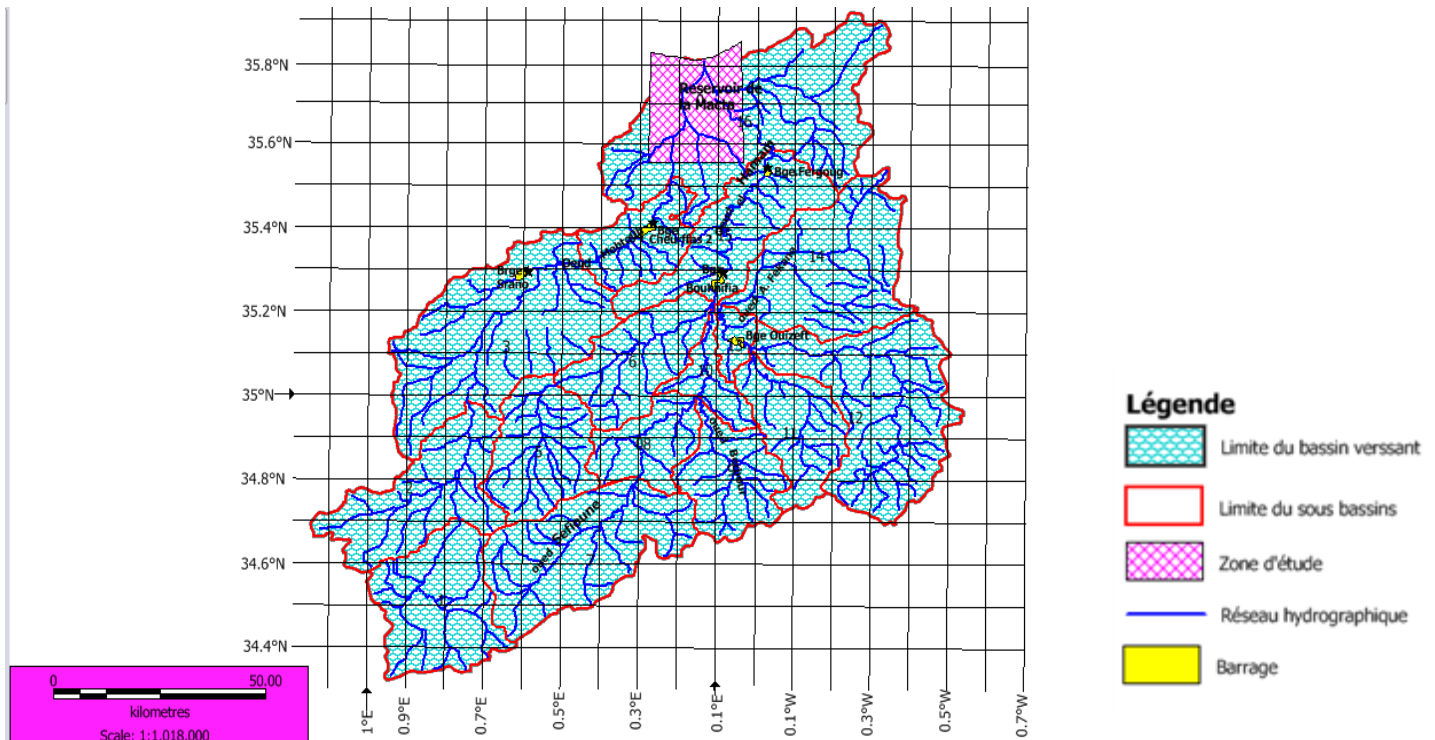


Fig. 04 : bassin versant de la macta

Les alluvions de la plaine, formés de strates sableuses et surtout argileux-limoneux discontinues se biseautant, conditionnent un système aquifère anisotrope de perméabilité horizontale supérieure à la perméabilité verticale dans ce secteur la perméabilité décroît en relation avec l'alluvionnement, de plus en plus fin, et en relation avec la puissance décroissante des oueds vers leurs extrémités. En réalité l'alluvionnement du premier réseau hydrographique (oueds : Habra, Melah, Mecralouf, Tinn) était plus important que celui du deuxième réseau. Ce dernier est composé des oueds Sig, Tankrara, Oggaz et krouf, (fig. 04) cette différence s'explique par une très grande étendue du bassin versant et une faible couverture végétale. La surface d'altération et d'érosion est donc plus importante pour le premier réseau.

Les alluvions de ce dernier empiètent sur le deuxième réseau. L'alluvionnement de cette partie de la plaine est accentué aussi bien par le flan Ouest du plateau de Mostaganem et du

flanc Est du plateau d'Arzew à travers des oueds secondaires. Ce moyen participe dans les périodes pluvieuses à la recharge en eau et en sédiments, des oueds de la plaine.

Le sens de l'écoulement (fig. 05) est orienté dans le sens SSW-NNW.

Les eaux souterraines circulent dans deux directions : une subhorizontale sud-ouest selon la pente, et l'autre ascendante selon un gradient dirigé de bas en haut, qui dépend du coefficient de drainage vertical et la perte de charge hydraulique.

Cette dernière direction occasionne des émergences à la surface des terrains dans les zones déprimées au Nord, au niveau des marais de la Macta formant ainsi des lagunes.

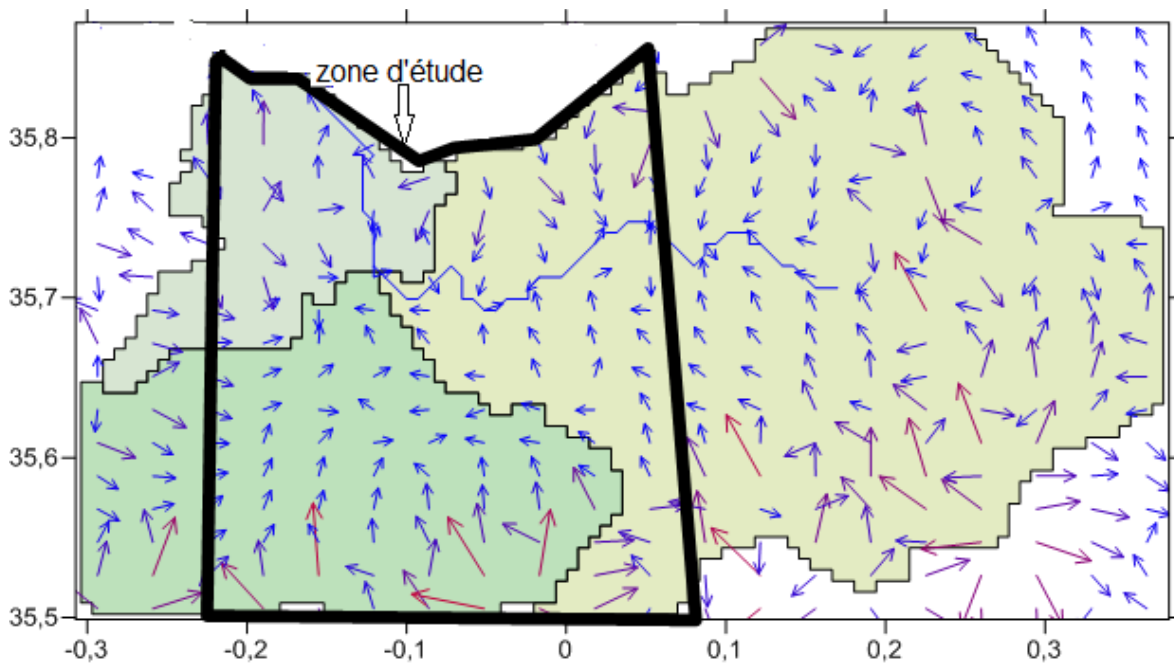


Fig. 05 : sens de l'écoulement des eaux (tracé par Surfer 11)

La carte des sens d'écoulement (et indirectement celle des pentes) montre clairement la tendance générale à savoir une convergence vers les zones déprimées comme le fait apparaître le bloc diagramme ci-dessous :

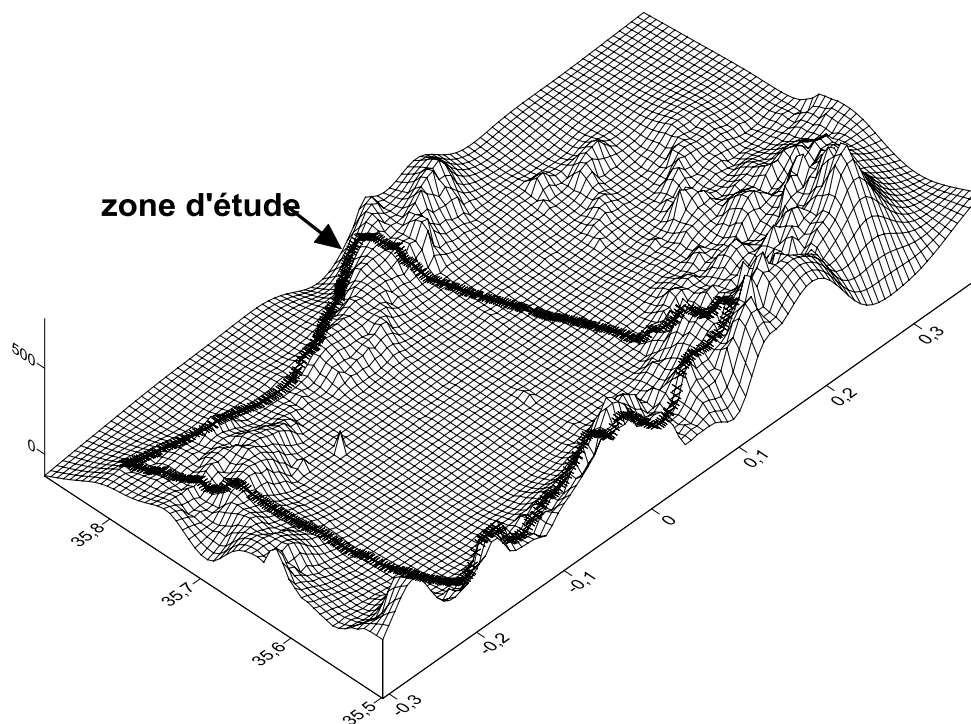


Fig.06 : Bloc diagramme montrant les zones déprimées

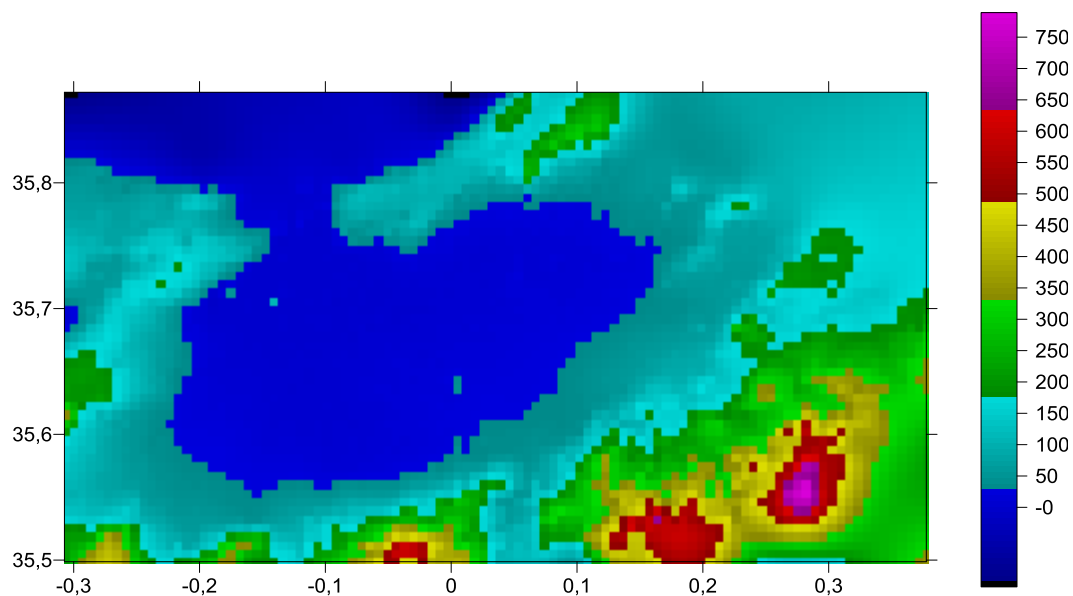


Fig.07 : Carte bathymétrique mettant en évidence les zones déprimées notamment la lagune de La Macta

5. Climatologie :

Le climat de la région est semi-aride, caractérisé par des pluies souvent violentes. Les pluies dans cette région ont souvent un caractère torrentiel et tombent en moyenne une cinquantaine de jours par an d'octobre à avril- mai. La période hivernale se caractérise aussi par une température clémente. La saison sèche s'étend de juin à septembre, juillet et août étant presque absolument secs et très chauds. Les précipitations annuelles moyennes sont de 300 à 400 mm sur les deux dernières décennies (Agence de Bassin, 2009). La température moyenne du mois le plus chaud est de 33° C alors que celle du mois le plus froid est de 8°C. Ces plaines sont balayées par des vents qui selon leur origine et la saison adoucissent ou exacerbent le climat.

Ce sont surtout des vents du nord-ouest ou de l'ouest, plus rarement du nord sauf en été .Un vent du Sud, le sirocco, peut se manifester qu'elle que soit la saison. (Ameur, 2001)

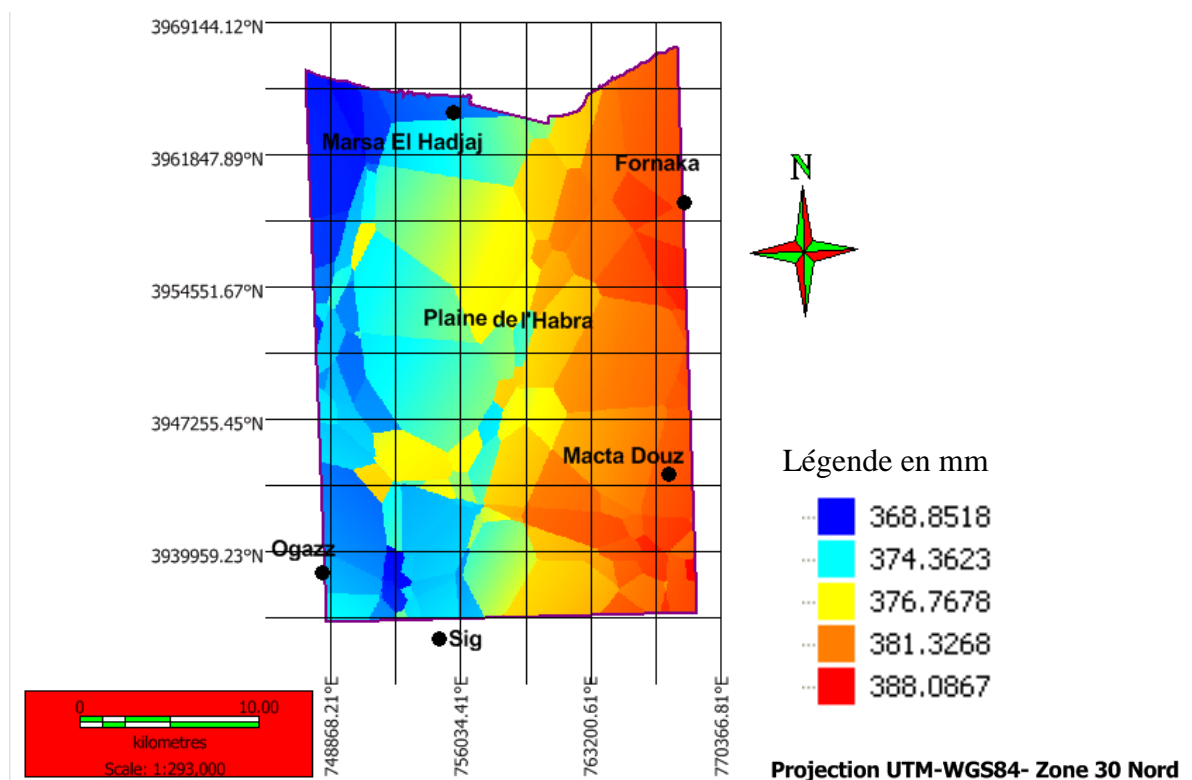


Fig.08 : carte pluviométrique 1942-1990
(Dehni, CNTS)

La répartition des pluies semblent être prédominantes de l'est à l'ouest sans doute influencée par le relief de la région notamment les piémonts s'étalant sur une bande au nord Bouhenni, Mohammadia

6. Agriculture

La région de la Macta présente aussi des potentialités économiques importantes, basées essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. La zone agricole de la Macta est la première région oléicole et agrumicole de l'Ouest algérien, malgré les difficultés que connaissent ces activités depuis l'indépendance. À titre d'exemple, 3000 tonnes d'olives de table ont été exportées vers les autres régions d'Algérie en 2009. Le développement agricole n'est pas très ancien. Il a plutôt suivi les travaux d'assèchement et de drainage, et la mise en place par les colons français de réseaux d'irrigation et de drainage au début du siècle dernier. (Ghodbani et al, 2011)



Photos : 07/08 Agriculture (09/04/2013)

7. Pédologie :

L'échelle, la nature des sols et la classification employée nous ont amené à faire un grand usage de la notion d'association de sols. Celle-ci

- **sol salins** (*Les solontchaks sensu lato* ou sols de prairies à soudes) : On groupe sous ce terme de nombreuses variétés de sols qui ont en commun une teneur en Cl supérieure à 1,8 %> et qui sont normalement recouverts par une végétation à base de salsolacées ; ils sont souvent très argileux. Parmi ses sols.

Les solontchaks recouvrent le centre de la plaine de l'Habra, ils constituent une auréole autour de la sebkha d'Arzew, de la daya de Telamine et du lac Oum El Rhelaz.

- **Les « *éo-solonetz* »** Les produits de l'érosion éolienne des solontchaks *sensu stricto* s'accumulent rapidement et forment des reliefs appelés bourrelets dunaires. Lorsque le matériau est argileux, Ces sols existent au N de la plaine de l'Habra et de part et d'autre du lac Oum El Rhelaz, et au Sud de Bou Guirate.
- **Les « *éo-solods* »** Lorsque le matériau des solontchaks *sensu stricto* est sableux ou limono-sableux, les bourrelets dunaires qui se constituent affectent des formes allongées sous le vent, digitées et passant progressivement à des dunes ordinaires. Les sols de ces bourrelets dunaires sont très lessivés, le calcaire s'accumule en profondeur, le gypse plus profondément encore et les chlorures disparaissent. La migration de la matière organique est notable et le pH est inférieur à 7 pour certains horizons. Ces sols existent autour de la daya de Telamine au Sud de Bou Guirate et dans la partie orientale des Bordjias au NE de la plaine de l'Habra.
- **Sols insaturés** : Ces sols se forment sur les roches non calcaires et perméables des monts d'Arzew.
- **Sols de marais** : Ces sols sont caractérisés par leur couleur noire due à l'accumulation des matières organiques et à la prédominance des composés réducteurs
 - *Sols de marais associés aux sols salés de la plaine de l'Habra* Dans la plaine de l'Habra, les apports des eaux d'hiver créent des sols moins salés au centre de la plaine.
- **Sols a encroûtement** (*Sols à encroûtement calcaire*) : A l'W de la Daya de Telamine et au NE de la plaine de l'Habra on trouve dans les bas-fonds, des *sols* gris à noir riches en matières organiques et qui possèdent un horizon calcaire très dur, renfermant des géodes terreux. Ces sols sont améliorables par le drainage et par le sous-solage.
- **Sols dunaires** (*Sols dunaires basiques*) : Ce sont les dunes du littoral, calcaires et recouvertes d'une maigre végétation.
- **Sols alluviaux** : Les alluvions des oueds principaux forment des sols profonds, limoneux ou argileux,- parfois menacés par le salant en bordure des zones salées, calcaires, généralement très riches. Ces sols peuvent porter des cultures très riches et sont souvent irrigués (Boulaine, 1955).

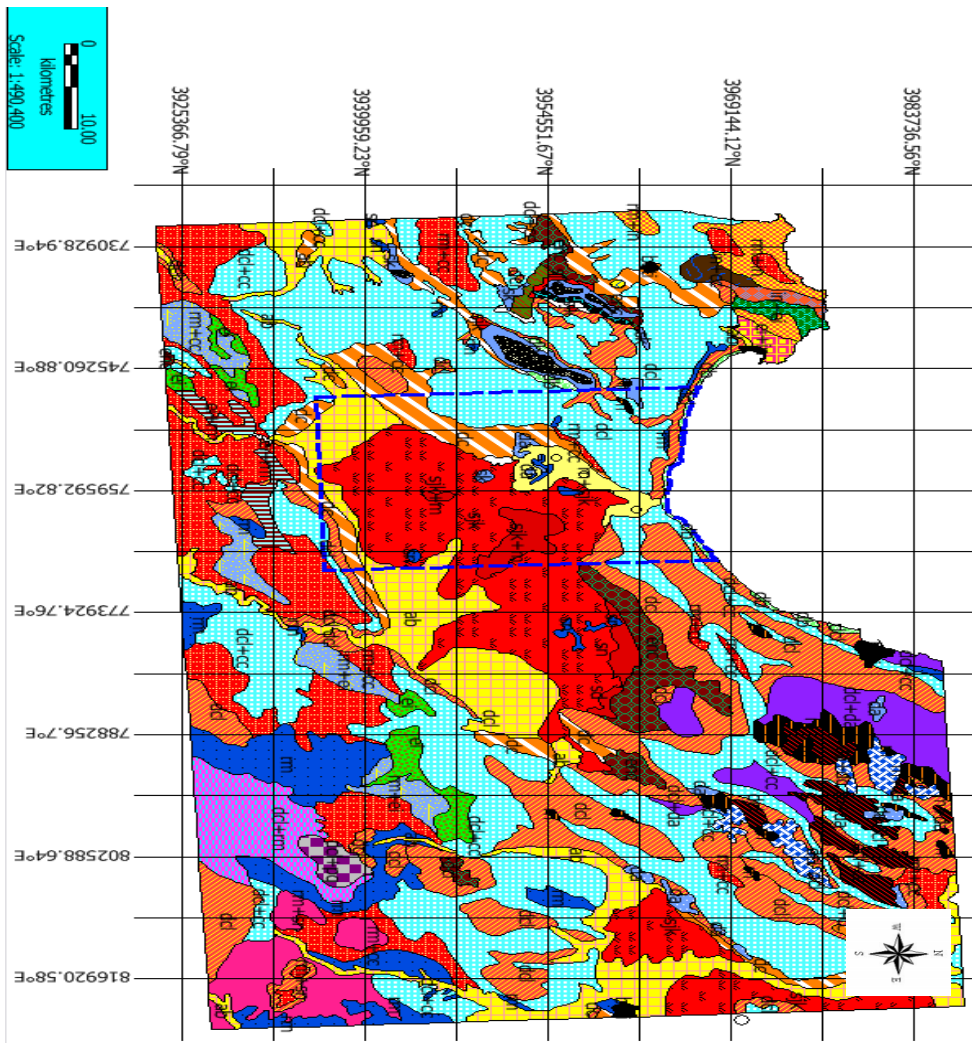
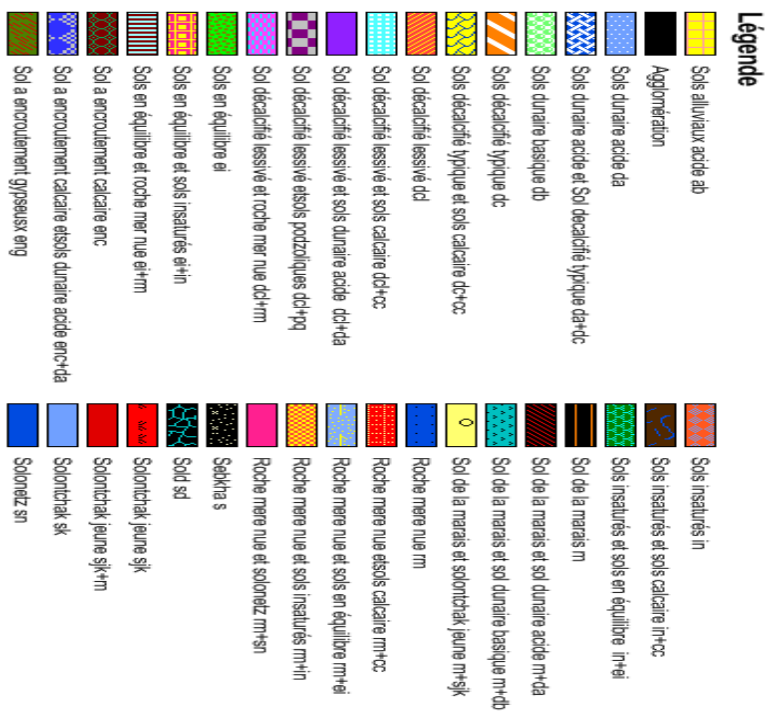


Fig.9 : Carte pédologique de la région d'étude



Projection UTM-WGS84- Zone 30 Nord

8. Ecosystème

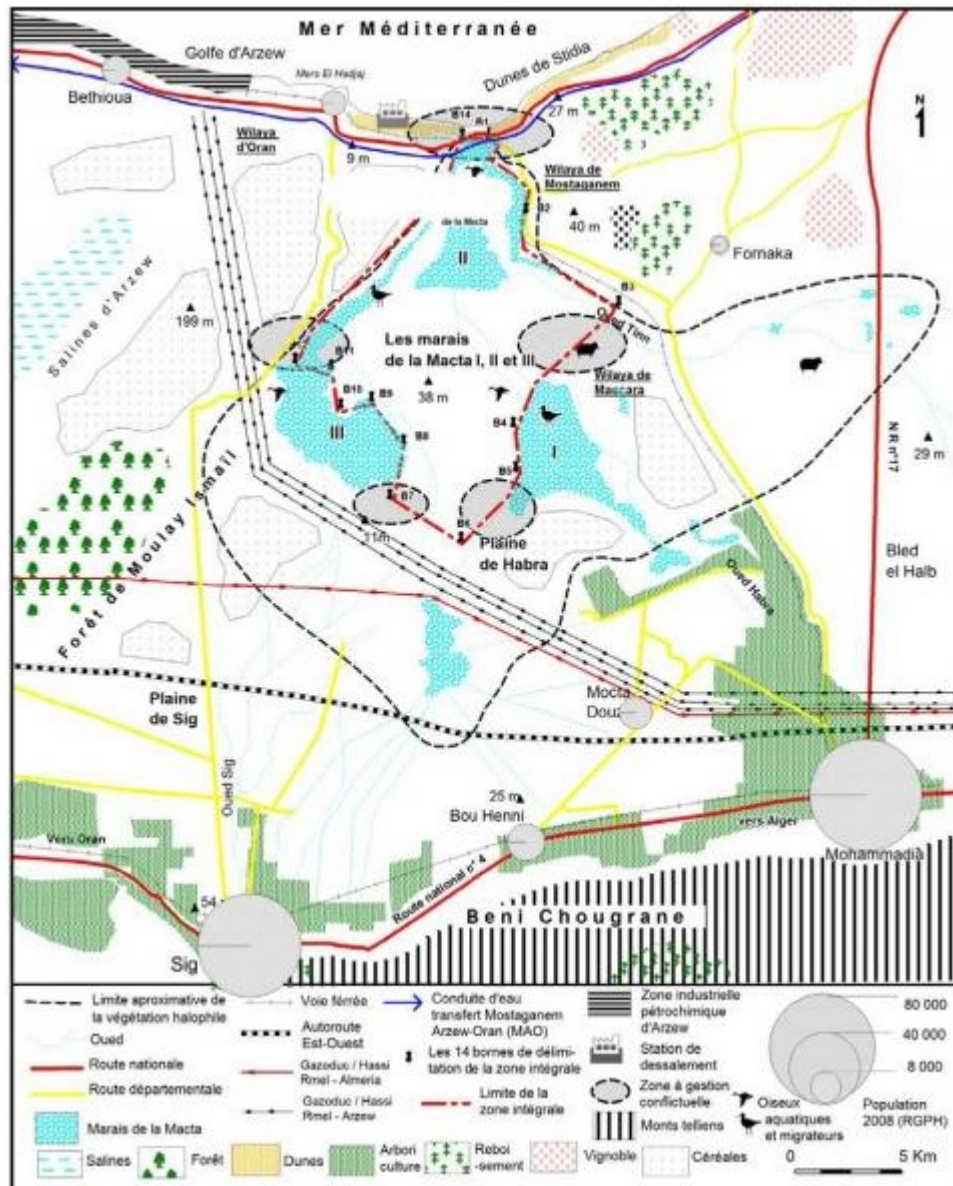


Fig. 10 : Les diverses pressions sur l'environnement au niveau de la Macta.

Source : Cartes INC Sig et Mohammadia au 1/50000 et enquête de terrain 2009-2010.

On peut distinguer au niveau de la plaine plusieurs habitats, ceux constitués de marais et de basse plaine, de lacs de petites superficies, ainsi que des zones steppiques formées par des groupements végétaux halophiles, des zones boisées et enfin des zones cultivées. La plaine de la Macta comporte à la fois des plans d'eau, des marais et des steppes plus ou moins humides situées en général au-dessous de 9 mètres d'altitude. Ses limites Nord et Ouest sont bien marquées ; celles du Sud-Ouest, c'est-à-dire les marais proprement dits, sont généralement bien visibles grâce à l'existence de barrières argileuses. A l'Ouest de la plaine, on rencontre

des pièces d'eau libre pourvues de végétation, en étroite relation avec ces marais. Les étangs, alimentés en eau par l'Oued Sig. A l'Ouest de l'Oued Tinn, se trouvent quelques grands plans d'eau temporaires, peu profonds, entourés de vastes broussailles et de tamaris. Le voisinage de l'Oued Habra présente également des zones de tamaris inondables difficilement accessibles. Les zones steppiques, dans les basses plaines, occupant de très grandes surfaces couvertes d'halipède, assurent la transition entre les zones humides et les zones cultivées, elles servent de lieux de nidification aux oiseaux et de zones de pâtures pour le bétail. Des champs de céréales et de vignobles (fig.10) se rencontrent sur les plateaux et dans les plaines qui ne sont pas atteintes par la salinité. Les zones boisées sont essentiellement constituées de pin d'Alep sur les contreforts des collines de Sig, et de genévrier sur les dunes de la Macta. Les forêts de tamaris qui occupaient de grandes superficies ont régressé, ce ne sont plus que de très petits bosquets.

1. Introduction

La cartographie connaît depuis une dizaine d'années une véritable révolution qu'elle doit principalement à deux disciplines associées, la télédétection et l'informatique, la 1^{ère} lui a considérablement ouvert son champ d'application en élargissant ses sources d'informations d'abord à la photographie aérienne, puis de plus en plus à l'imagerie satellitaire, la seconde démultiplie ses possibilités presque à l'infini, en mettant à sa disposition ses capacités de mémoire, de visualisation et de traitement graphique de plus en plus importantes et sophistiquées, en particulier, la floraison actuelle des systèmes d'information géographique (SIG) en constitue l'illustration la plus accomplie. (steinberg,2010)

Plusieurs définitions du système d'informations géographiques ont été proposées par les auteurs mais toutes ces définitions donnent une idée générale sur ce terme qui est :

Un SIG est un système informatisé d'acquisition, de gestion, d'analyse et de représentation des données à référence spatiale.

La définition la plus adoptée pour le terme SIG est la suivante : « Un SIG est un système informatique conçu pour la collecte, le stockage et l'analyse d'objets et de phénomènes où la localisation géographique est une caractéristique importante ou critique pour l'analyse.

L'abréviation d'un SIG est expliquée de la façon suivante :

- **S** : Elle englobe l'ensemble des potentialités et des contraintes liées aux systèmes matériels et logistiques ;
- **I** : Décrit les flux d'informations, leurs auteurs, leurs destinataires et leur contenus ;
- **G** : Concerne les données géographiques elles-mêmes, notamment la distribution spatiale des thèmes traités et leur représentation symbolique.

Les Systèmes d'Informations Géographiques ont plusieurs avantages selon les domaines d'étude. (Bahri, 2002)

2. Les éléments d'un SIG

Un SIG performant comporte au moins deux séries d'éléments fonctionnant en parfaite synergie :

- un système de gestion de base de données (SGBD) qui n'est autre qu'un logiciel de traitement d'une information plus ou moins « classique » ;
- une base de données géographique permettant de localiser avec précision les données du SGBD. L'échelle et le ressort géographique de cette base peuvent être très variés : de la parcelle cadastrale au monde entier en passant par la commune, le département, la région, etc...

La base géographique est accordée à un système de coordonnées terrestres, généralement les méridiens et les parallèles, dans le cadre d'une projection cartographique donnée. C'est le géoréférencement : tout point de la base, et par conséquent tout objet intégré au SGBD sont identifiés spatialement en x et en y avec précision. (steinberg, 2010)

3. Les composantes principales d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est composé généralement de trois composantes principales:

- la composante acquisition et collecte des données ;
- la composante restitution des données ;
- la composante gestion de la base de données. (bahri, 2002)

➤ Gestion de la base des données

La composante base de données géographiques est formée d'un ensemble de données cartographiques géoréférencées pour aboutir à des cartes numériques et leurs informations associées, sous forme de table attributaire ; donc le stockage des données, leur mise à jour.

➤ La restitution des données

C'est la dernière étape qui est la présentation et l'analyse des résultats. Les produits de cette étape sont à l'écran (forme numérique) ou sous forme imprimé (élaboration des cartes).

➤ **Système de représentation cartographique et saisie numérique**

La première étape lors de l'élaboration d'un SIG est la recherche, la récupération et la collecte de l'information géographique propre à l'application en question.

La deuxième phase correspond à la saisie de ces informations et de les transformer en format numérique. C'est la vectorisation des données.

Les modalités de saisie des données sont multiples:

- la vectorisation ou la digitalisation à l'aide de la table de digitalisation et d'un ordinateur muni de logiciel (Map info11);
- la saisie par balayage ou scannage des cartes (sous Idrisi selva)
- la saisie par importation des fichiers déjà numériques, par un système de traitement de Cartographie Assistée par Ordinateur (CAO). (Bahri, 2002)

4. SIG et la notion de couche d'information

La plupart des systèmes d'information géographiques comportent la notion de couches d'information géographiques. Cette notion est très importante, car elle permet un raffinement de l'analyse des données avec un gain de l'espace mémoire alloué. Le monde réel est modélisé sous la forme de couches d'information indépendantes offre la possibilité de produire différentes cartes thématiques qui seront autant des réponses à des requêtes d'analyse spatiale, et avoir la possibilité de faire des interrogations, (steinberg, 2010)

5. Notion de croisements des cartes

Il s'agit de la combinaison de deux ou plusieurs couches d'information qui nécessite des éléments d'appréciation de la cohérence des données : la résolution, l'échelle, la structure de données, le format de stockage, le système de projection...etc.

6. Aspects pratiques

Les logiciels utilisés dans notre étude sont :

- le logiciel 'Map Info 11' : c'est un SIG qui traite les cartes digitalisées. Il rend possible toute manipulation (création de légendes, modification et gestion des données, changement d'échelle,...)

- le logiciel 'Idrisi Selva' : c'est un SIG dont les données sont structurées en mode raster (SIG matriciel), Idrisi donne à l'utilisateur la possibilité de création de modules indépendants.
- Saga Gis (System for Automated Geoscientific Analyses) est un logiciel de système d'information géographique (SIG) libre multiplate-forme est un outil puissant et facilement utilisable destiné aux traitements spatiaux aussi bien de type raster que vecteur. Le logiciel est décomposé en modules³, en nombre sans cesse croissant selon les versions.

7. Méthodologie du travail

7.1. Acquisition des données

L'acquisition des données altimétriques a été faite par numérisation des courbes de niveau à partir des cartes topographiques à l'échelle de 1/50 000.

7.2. Traitement des données

A l'aide du module (vertical mapper 3), les courbes de niveau sont transformées en points avec la fonction 'poly2point' qui permet de transformer les polygones en points en sauvegardant les mêmes attributs d'origine, cette transformation est une étape nécessaire pour faire l'interpolation et générer le MNT et ces dérivés.

On peut résumer notre démarche pour la génération du MNT comme suit :

- digitalisation des courbes de niveau ;
- transformation des polygones en points ;
- rasterisation sous MAP INFO
- interpolation par la méthode de triangulation avec lissage ;
- obtention du MNT et ces dérivés.

7.3. Génération du MNT et produits dérivés

La fonction EXPORT/IMPORT dans MAP INFO 11 permet d'exporter MNT vers IDRISI SELVA pour générer les différents produits dérivés (carte des pentes (fig. 12), carte des aspects (fig. 13)) La carte ci-dessous présente le MNT de la région étudiée

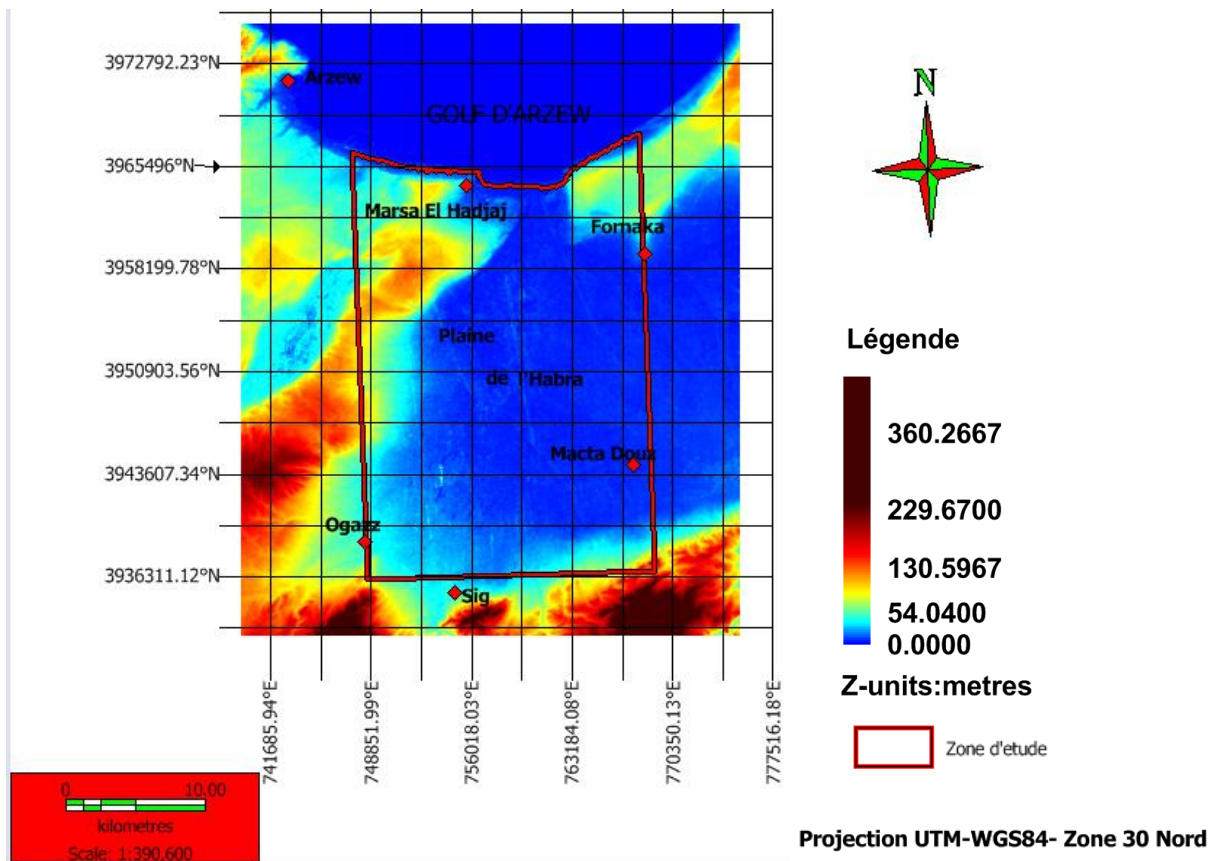


Fig. 11 modèle numérique du terrain

7.3.1. Carte des pentes

La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degrés ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. L'information de la pente est utilisée pour ajouter des critères de sélections dans les classifications thématiques. Le changement de pente est une réalité terrain qui a une grande importance surtout pour les études de ressources en eau.

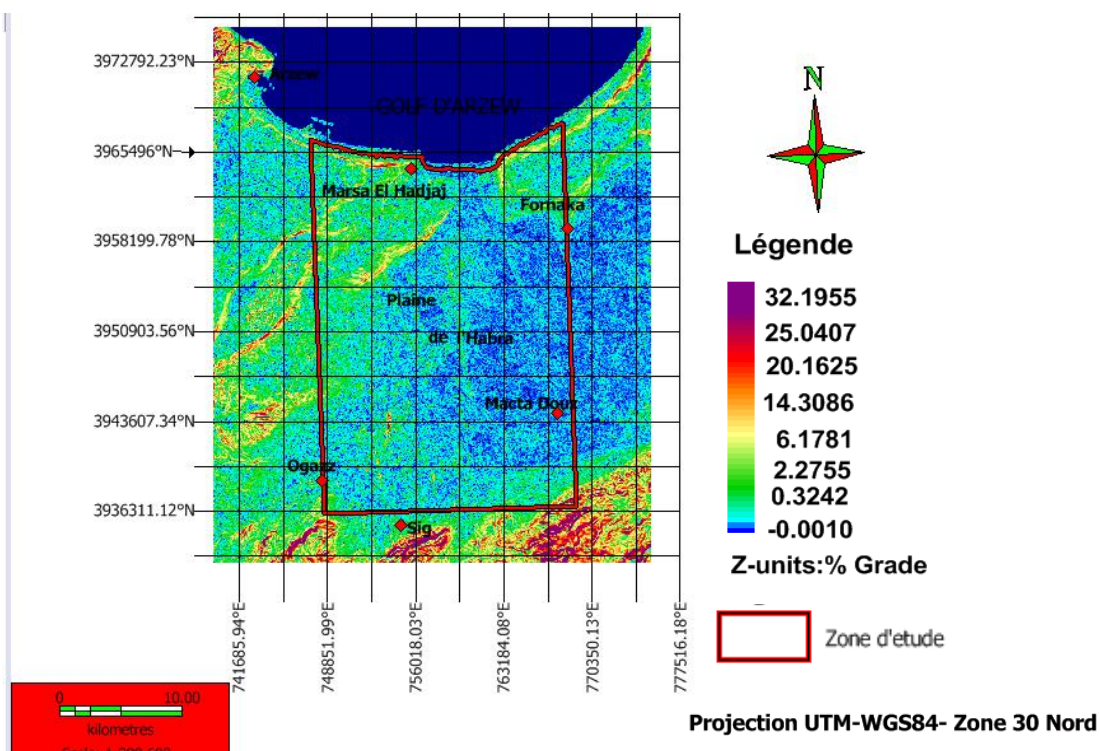


Fig. 12 : carte des pentes de la région d'étude

7.3.2. Carte des orientations

Fichier raster géoréférencé indiquant pour chaque pixel l'angle d'orientation azimutal du pente

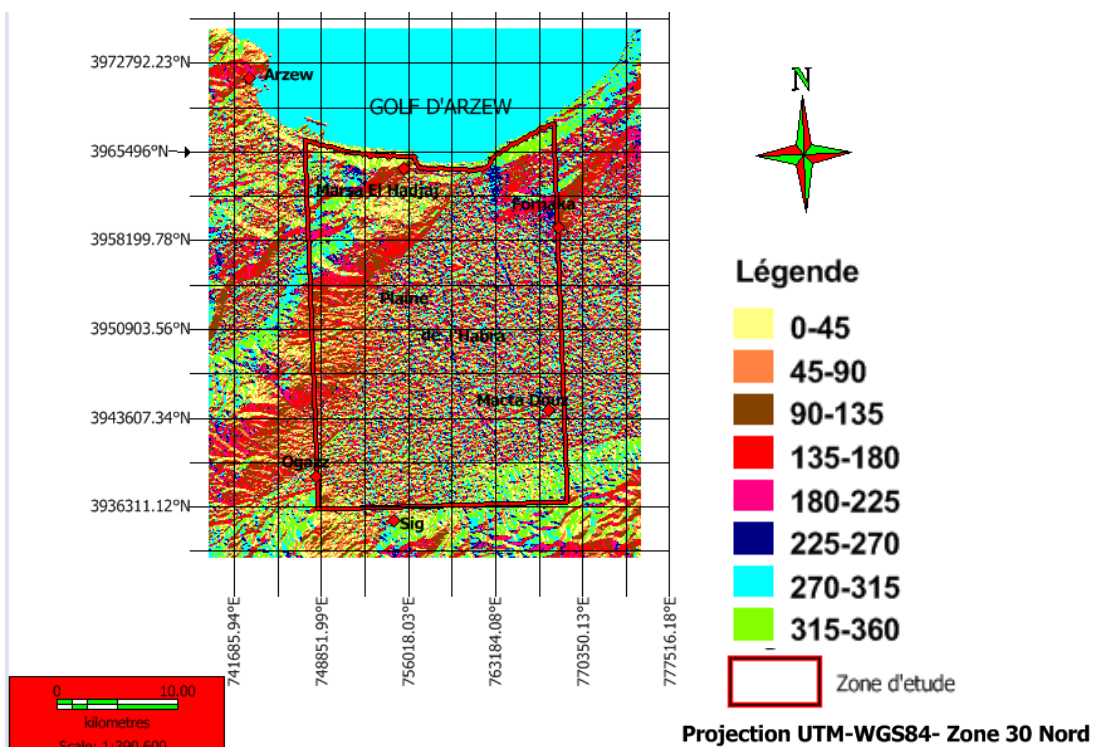


Fig. 13 : carte des orientations des segments morphologiques

7.3.3. Carte du réseau hydrographique

On désigne par un réseau hydrographique un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le drainage superficiel, permanent ou temporaire, d'un bassin versant ou d'une région donnée, le réseau hydrographique de la zone d'étude (fig. 14) a été obtenu du MNT de la région d'étude

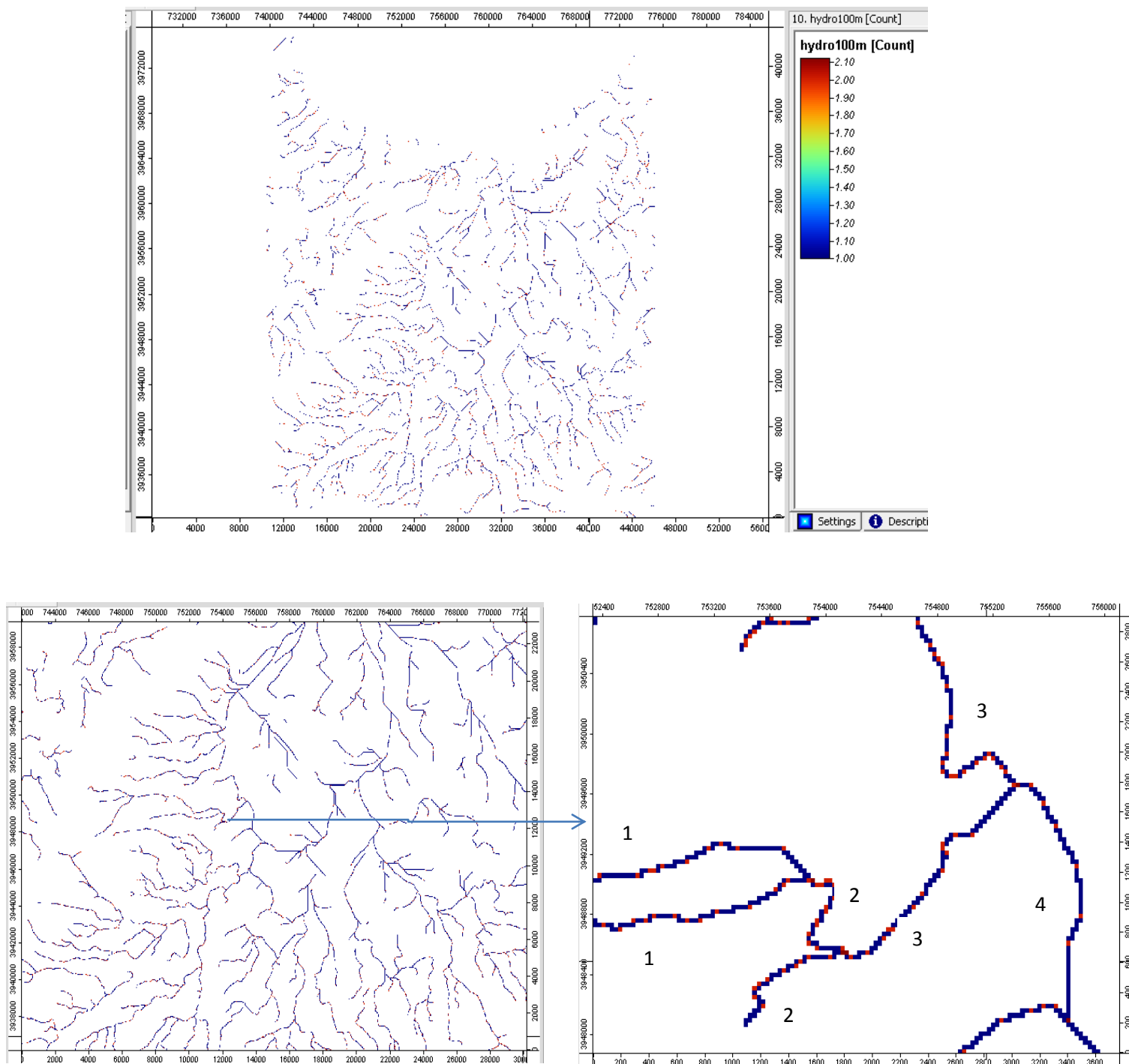


Fig. 14 : Capture d'écran montrant la hiérarchisation du réseau hydrographique de la région de La Macta ainsi que les détails qui en découlent

On remarque aisément la densité de ce réseau qui témoigne d'une infiltration vertical assez faible pour avancer que cette région présente une prédisposition aux risques d'inondation.

7.4. Elaboration de la carte d'occupation du sol

Cette partie concerne la classification des imageries LANDSAT 24/02/2012. Le but attendu de cette classification est de simplifier la réalité de ce paysage pour pouvoir l'interpréter et traiter aisément notre thématique. Cela consiste, à simplifier la radiométrie de l'image brute par la discrétisation de classes de terrain de natures semblables et l'élaboration d'une carte d'occupation du sol.

L'élaboration de la carte d'occupation du sol a pour buts de :

- pallier le manque d'informations géographiques.
- Offrir des supports informationnels qui participent dans les programmes de suivi et d'impacts environnementaux

7.4.1. Traitement d'image

Avant d'exploiter l'information spatiale de l'image satellitaire, il est nécessaire de faire certains traitements :

A. Création de la composition colorée

La composition colorée est un traitement utile et largement utilisé pour mieux visualiser la distribution d'objets en surface, il consiste à superposer des images de différents canaux (fig. 15).afin d'obtenir une image colorée.

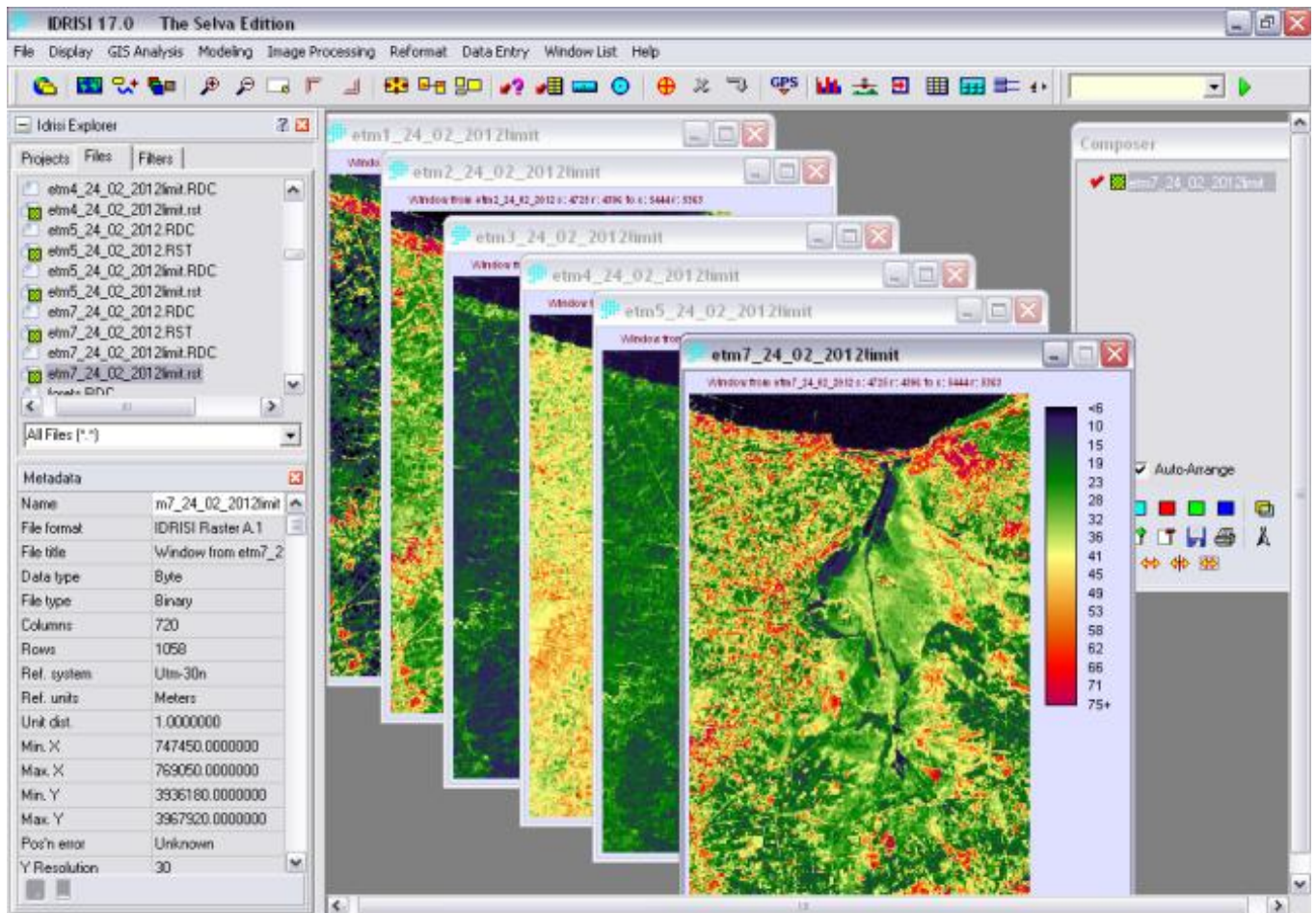


Fig. 15 : capture d'écran des différents canaux utilisés afin d'obtenir une image colorée (idrisi selva)

Pour notre étude, une composition colorée a été faite par la superposition des trois canaux proche infrarouge, rouge et vert des données LANDSAT (1, 2, 3) avec l'affectation des trois couleurs primaires dans l'ordre respectif rouge, vert et bleu.

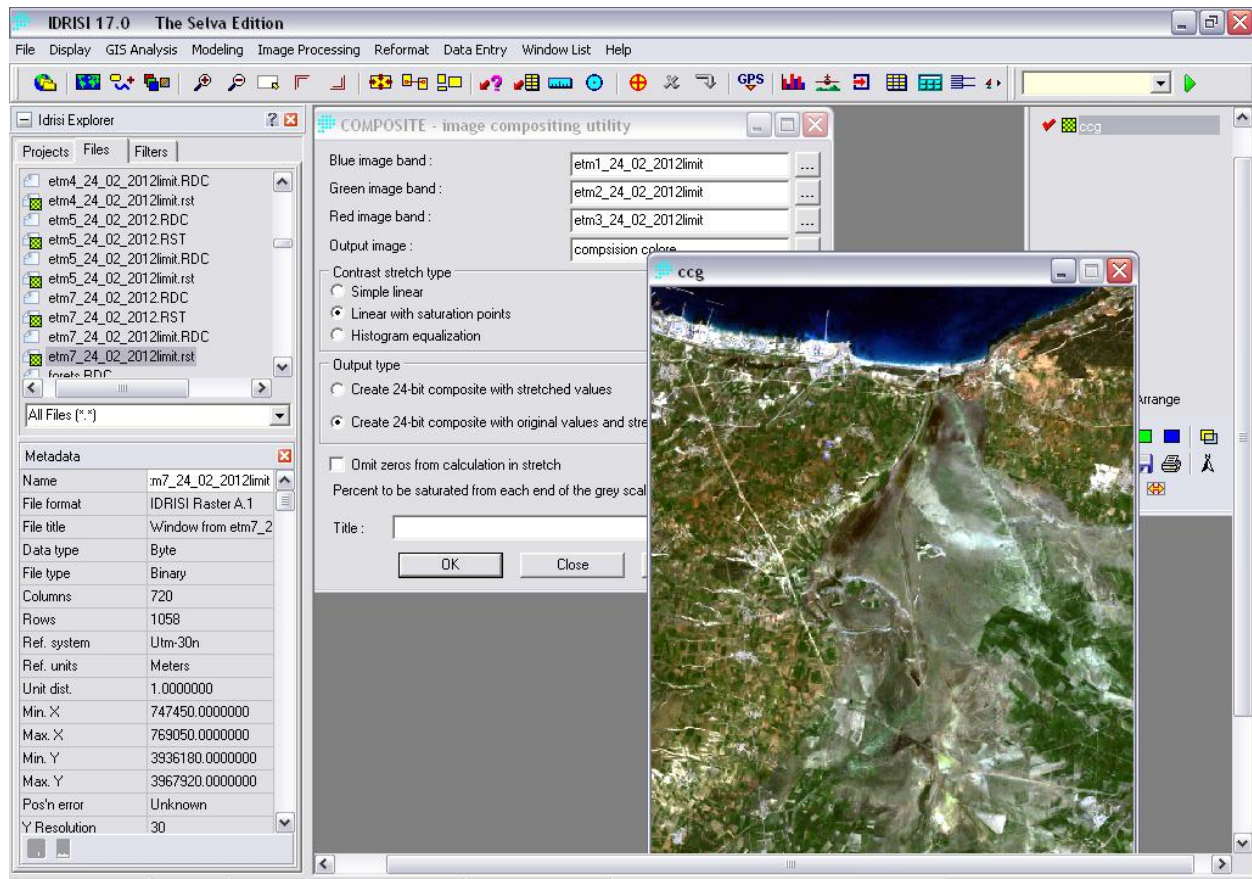


Fig. 16 : capture d'écran montrant la composition colorée obtenue (idrisi selva)

B. classifications de l'image

La classification des images en télédétection consiste en une reconnaissance automatique des réflectances. Deux grandes familles de classification existent :

- Classifications non supervisées
- Classifications supervisées

Dans le cadre de ce travail, nous avons opté pour l'approche de classification supervisée avec la méthode de maximum de vraisemblance. Il s'agit d'affecter le pixel à la classe la plus probable à partir des aires d'entraînement.

D'après nos observations sur terrain on a pu définir les classes suivantes :

1. sable
2. agriculture
3. urbain
4. industrie
5. sol nu
6. marais
7. mer
8. foret

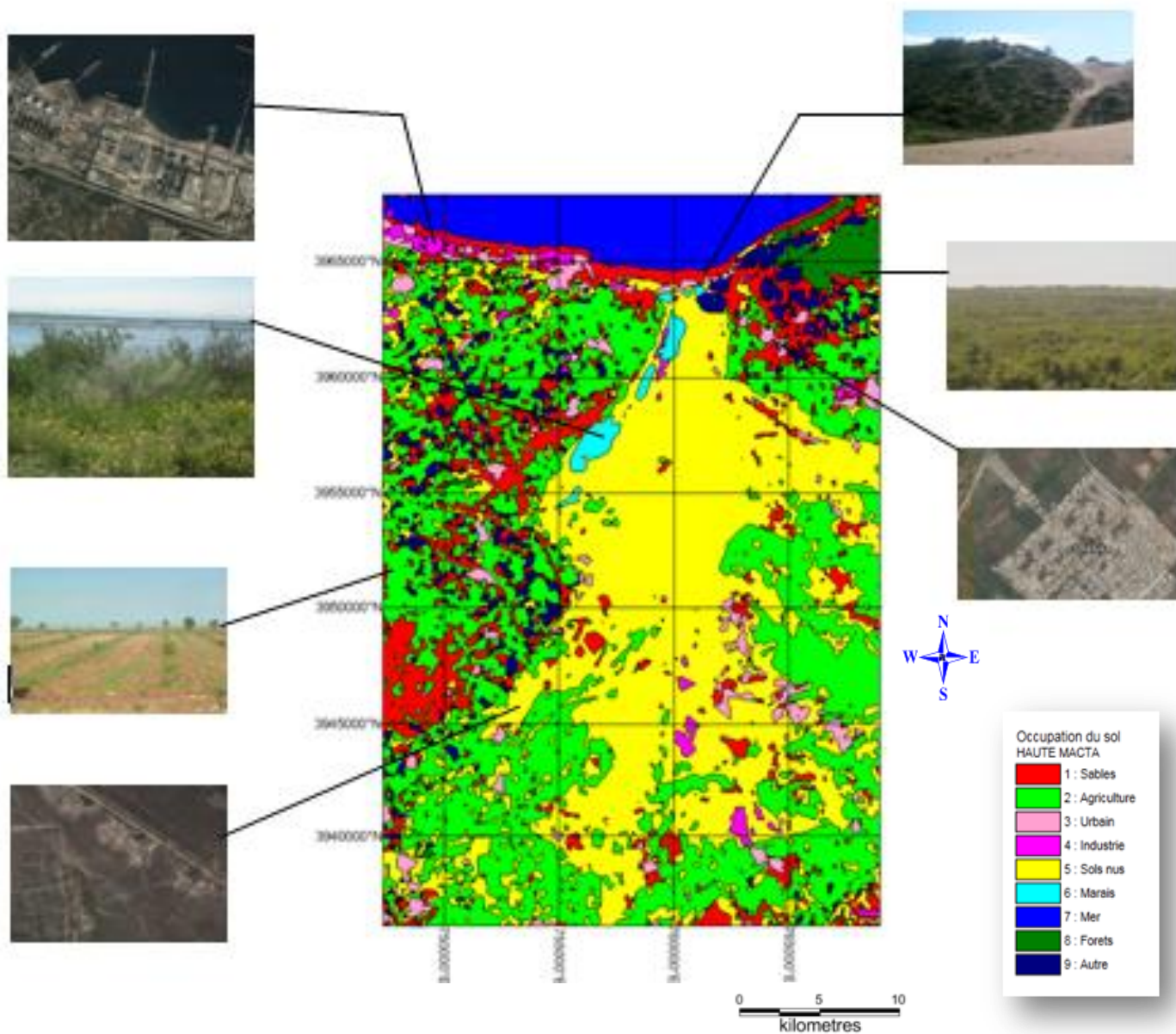


Fig. 17 : Carte d'occupation du sol extraite de la classification dirigée de l'image satellitaire LANDSAT ETM+ (27/02/2012)

1. Introduction

Un séisme ou un tremblement de terre correspond à une secousse ou une série de secousses du sol plus ou moins violentes, liées au passage d'ondes élastique. Il est déclenché par la libération brutale d'une certaine quantité d'énergie. Suivant leurs causes, les séismes peuvent être naturel (tectonique, volcanique) ou artificiels (pompages de fluides souterrains, extraction minière, explosions et essais nucléaires).

Les séismes tectoniques sont de loin les plus fréquents et dévastateurs. La majorité d'entre eux se produit aux frontières des plaques tectoniques, ou existe un glissement entre deux milieux rocheux. Ce glissement, localisé sur une ou plusieurs failles, est bloqué durant les périodes inter sismiques et l'énergie s'accumule par la déformation élastique des roches. Lors des séismes, le glissement se débloque et l'énergie est brusquement relâchée, généralement en plusieurs secousses. Il peut se produire plusieurs réajustements avant de retrouver une configuration stable. Ainsi, on constate des répliques suites à la secousse principale d'un séisme d'amplitude décroissante, et sur une durée allant de quelques minutes à plus d'un an. Ces secousses secondaires sont parfois plus dévastatrices que la secousse principale car elles agissent sur les infrastructures déjà fragilisées par la secousse principale.

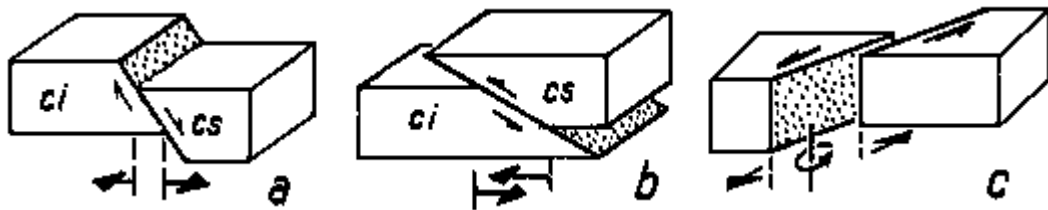
On constate que les épicentres des séismes récents se répartissent en trois zones principales qui représentent 80% de l'activité sismique annuelle : péripacifique, arc des Antilles, dorsale océanique et une zone située à la limite des continents eurasiatique et africain.(Nadji, 2010)

2. Caractéristiques des séismes

A l'échelle humaine, les séismes se produisent sur des failles préexistantes sur lesquelles se sont déjà produits des séismes. On a initialement appelé cycle sismique la répétition au cours du temps de l'ensemble séisme et déformation inter sismique. Ce modèle s'apparente à celui d'un rebond élastique. C'est une façon imagée d'exprimer le fait que, lors d'un séisme, la partie fragile de la croûte fait un rebond pour rattraper le retard accumulé pendant la période inter sismique. Aujourd'hui, on considère que ce cycle comporte trois, voire quatre périodes. On appelle mécanisme

au foyer le mécanisme permettant de définir le type de faille qui intervient dans le tremblement de terre, ainsi que l'orientation de la faille et la direction de glissement des compartiments sur cette faille (Frédéric et al, 2010). On peut ainsi définir la nature convergente ou divergente des mouvements à l'origine des séismes. Il existe trois sortes de failles et trois sortes de mécanismes au foyer :

- **Les failles normales** : la déformation entraîne un étirement des roches initiales. Elles résultent des mouvements d'écartement (divergence).
- **Les failles inverses** : la déformation entraîne un raccourcissement des terrains initiaux. Elles résultent de mouvement de rapprochement (convergence).
- **Les failles en décrochement** : elles provoquent un déplacement des blocs uniquement dans le sens horizontal.



ci= compartiment inférieur; cs = compartiment supérieur

a) failles **normales** ; b) failles **inverses** ; c) failles de **décrochement**

fig. 18 : types de failles

- **Les ondes sismiques** sont des ondes élastiques qui traversent un milieu sans le modifier durablement. L'impulsion de départ est transmise de particules en particules et les vibrations engendrées par un séisme se propagent dans toutes les directions. On distingue les ondes de volume qui traversent la terre et les ondes de surface qui se propagent parallèlement à sa surface. Ces deux trains d'ondes se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres leurs vitesses de propagation et leurs amplitudes sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux

enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure (Frédéric et al, 2010).

- **La magnitude** d'un séisme est une valeur intrinsèque au séisme, indépendante du lieu d'observation, des effets et des témoignages de la population. La magnitude de Richter mesure la part d'énergie émise sous forme d'ondes élastiques. Elle se calcule à partir des différents types d'ondes sismiques en tenant compte de paramètres comme la distance à l'épicentre, la profondeur de l'hypocentre, la fréquence du signal, le type de sismographe utilisé (Frédéric et al, 2010).

3. Sismicité historique de l'Algérie du nord

Localité	Date	I	Victimes	Observations
Alger	03/01/1365	Forte	Plusieurs	Destructeurs : Alger complètement détruite. 100 répliques pendant la nuit. Une partie d'Alger fut inondée.
Oran	09/10/1790	X	3000	Destructeur : l'ancienne ville fut presque totalement détruite. Roussel, 1973
Béni Chougrane (el kalaa)	29/11/1897	IX-X (VIII)	20	Destructeur : el Kalaa et Dehba : une mosquée ainsi que plusieurs maisons ont été détruites. Thiouanet : importants dégâts (80 maisons ont été complètement détruites). Ressenti à Oran, Arzew, Rélizane, Mostaganem et Mascara. Forte réplique ressentie quelques minutes apres. Roussel 1973
Oran	12/12/1989	VII	?	A 20 km NE (canastel)
El Abbadia (Carnot)	07/09/1934	IX (VII)	Aucune	Dégâts à Carnot, st Cyprien et el- Attaf. Des glissements de terrain ont été observés au nord. Ressenti à Alger. 92 répliques entre 07-30/90

Chellif (Orléansville el Asnam)	09/09/1954	X-XI	1243	Destructeur : 20.000 habitations détruites. Effets observés : glissement de terrain et liquéfaction du sol. Mouvement vertical maximum (10) (1.33m) au voisinage de ouled Abbas. Plusieurs répliques.
Mansourah	24/11/1973	VII	4	Degats aa mansourah, medjana, el-mehir et theniet enasr. 50 blessés. Plusieurs personnes ont été portées disparues. Répliques (24-25-26/11).
Chlef	10/10/1980	IX	2633	Destructeur : 8369 blessés, 348 portés disparus, 6.778.948 sinistrés, 70% des habitations détruites ; une faille inverse sismogène a été observée (36Km) un mouvement vertical maximum (11) de 6 m a été mesuré entre Zebabdja et ouled-abbas une forte réplique a été enregistrée une heure après le choc principal (M=6.5)
Mascara	18/08/1994	VII		Ce seisme survenu la nuit, a été largement ressenti, l'intensité VII a été atteinte à Hacine et Shadlia, ou d'importants dégats ont été occasionnées, des destructions ont été observées dans les villages avoisinants et ceci sur un rayon de 15 Km autour de Hacine.
Alger	04/09/1996	VII		Ce seisme qui a été ressenti jusqu'à Dellys à l'Est, Menaceur à l'Ouest et Berrouaghia au Sud, a atteint l'intensité VII à Ain-Benian, Cheraga et Staoueli, appartenant à la région épiscopale. Le rayon macrosismique moyen est de 140 Km.
Ain-Temouchent	22/12/1999	VII	Plusieurs	Ce seisme a atteint une intensité maximale de VII a occasionné dans la région Pléistoséiste qui regroupe Ain-Temouchent, Ain-Tolba, Ain-Kihal et Sidi-Ben-Adda, des dégats matériels importants et la perte de plusieurs vie humaines, la surface macrosismique dépasse 260 Km de rayon.

Oran	06/06/2008	$M_L=5,5$?	
------	------------	-----------	---	--

Tableau 01 : sismicité historique (CRAAG, Roussel, Ambrasey) in (Benabdellah, 2010)

4. Sismotectonique

4.1. Sismotectonique régionale

La compréhension des correspondances qui se dégagent entre traits structuraux (failles, chevauchement, plis...) et activité séismique (épicesentres des séismes connus, magnitudes, profondeur focale,..) permet de délimiter les zones étudiées en plusieurs provinces et de les caractériser en fonction de la spécificité de leur activité séismique. L'examen des provinces telles que définies par SOCOTEC EXPORT (1986) sur la carte sismotectonique régionale (fig 19), autorise les remarques suivantes :

- **Mesta oranaise** : la Mesta oranaise fait partie du domaine atlasique au sein duquel elle constitue un ensemble rigide limité à l'ouest par le moyen atlas et au nord par le sillon sud tellien. Sa sismicité est faible ; elle reste superficielle (< 4Km).
- **Zone tellienne** : dans cette province on enregistre les évènements séismiques les plus forts ($M= 6.5$ à Orléansville en 1954, et $M=7.3$ à el Asnam en 1980) dévoilant une activité séismique potentiellement élevée. Les profondeurs focales restent en général inférieures à 15 Km.
- **Moyen atlas** : le moyen atlas est une zone située entre la Mesta oranaise à l'est, et la Mesta marocaine à l'ouest. L'activité séismique y est caractérisée par des séismes de magnitude en général faible (-5). Leur foyer est, en grande majorité, à moins de 15 Km de profondeur.
- **Zone rifaine** : elle s'étend au sud, par la zone pré-rifaine. Cette dernière est limitée à l'est par la faille du nekor d'orientation NE-SW et au N-W par le bloc rifain. Le biseau, formé par ce bloc, est en même temps découpé à l'est par la faille de Melilla, et en partie chevauché, au N-W, par la sous plaque Alboran.
- **Bassin algérien** : la partie occidentale de ce bassin est caractérisée par des contraintes E-W à NE-SW. Les magnitudes, en général faibles (inférieures à 5), ont des profondeurs focales inférieures à 40 Km.
- **Zone sub-bétique-Baléares** : dans cette zone, reliée à la cordillère sud bétique, aucun épicesentre n'est enregistré. Cette inactivité séismique serait due à l'absence de mouvement relatif avec le bassin nord algérien.

- **Le couloir Nekor-Melilla** : le couloir nekor-melilla est un faisceau de discontinuités parallèles profondes d'orientation SW-NE. Des épicentres sont enregistrés à des profondeurs supérieures à 40 Km.
- **Sous plaque Alboran** : en chevauchement sur la cordillère bétique, la sous plaque Alboran est la zone la plus active sur le plan séismique. Les magnitudes restent inférieures à 6. les profondeurs focales les plus courantes sont situées entre 15 et 40 Km. (Benabdellah, 2010)

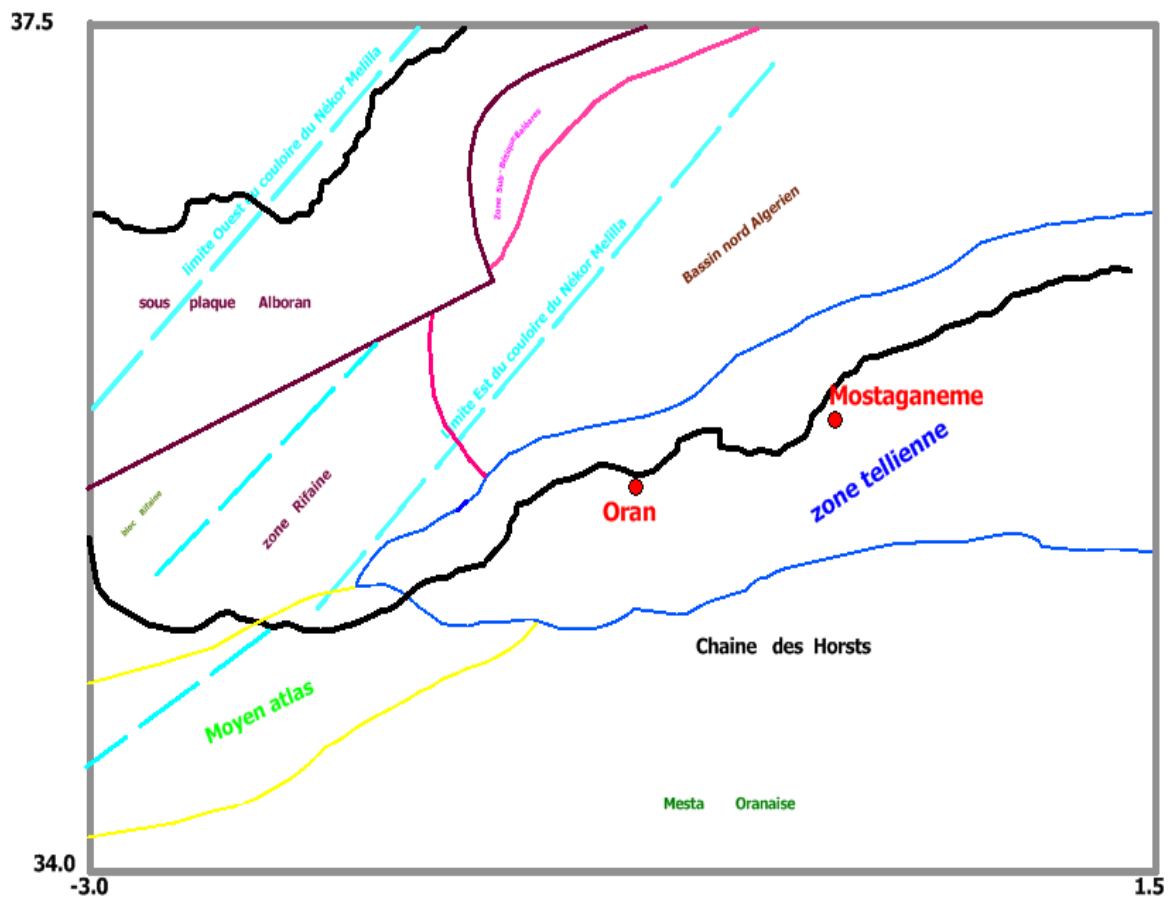


Fig. 19 : carte de seismotectonique régionale (socotec export (1986)) modifiée

4.2. Séismicité locale :

D'après SOCOTEC (1986), des bandes parallèles orientées vers le N-E correspondant à un mécanisme de horst et graben. Les horsts, représentés par les massifs côtiers et le tell méridional de même âge (anté – miocène), enserrent le sillon sebkha-Chéelif, en subsidence, datant du miocène supérieur (Benabdellah, 2010)

- **Massifs côtiers et tell méridionale** : sur le plan géologique, les massifs côtiers présentent la particularité de contenir des fossés miocènes bordés par des horsts apparemment séismogènes, très localisés, tels que ceux d'Oran et Mostaganem. Les profondeurs focales se situent entre 4 et 15 Km, les magnitudes restent inférieures à 6.0, tandis que les intensités ne dépassent pas X.
- **Dépression Mleta - Habra** : la dépression Mleta - Habra est définie comme un fossé subsident à séismicité superficielle (moins de 4 km) et nettement moins active qu'au niveau des horsts qui la bordent (magnitude ≤ 5). Cette dépression semble être limitée à l'est par la transversale Saida – Relizaine, à l'ouest par le massif volcanique d'Ain Temouchent. Les limites septentrionale et méridionale sont données respectivement par la limite sud du massif côtier et par la rupture de pente qui amorce le pied du tell méridional.
- **Bassin du bas Chéelif** : la partie occidentale du bassin du bas Chéelif présente une sismicité beaucoup plus modérée que celle d'el Asnam sensu stricto. Dans cette province l'aléa crée par la zone sismogène d'el Asnam est nettement atténué par la distance. Cependant les séismes se distinguent par des foyers qui restent proches de la surface (moins de 15 Km) (benabdellah, 2010)

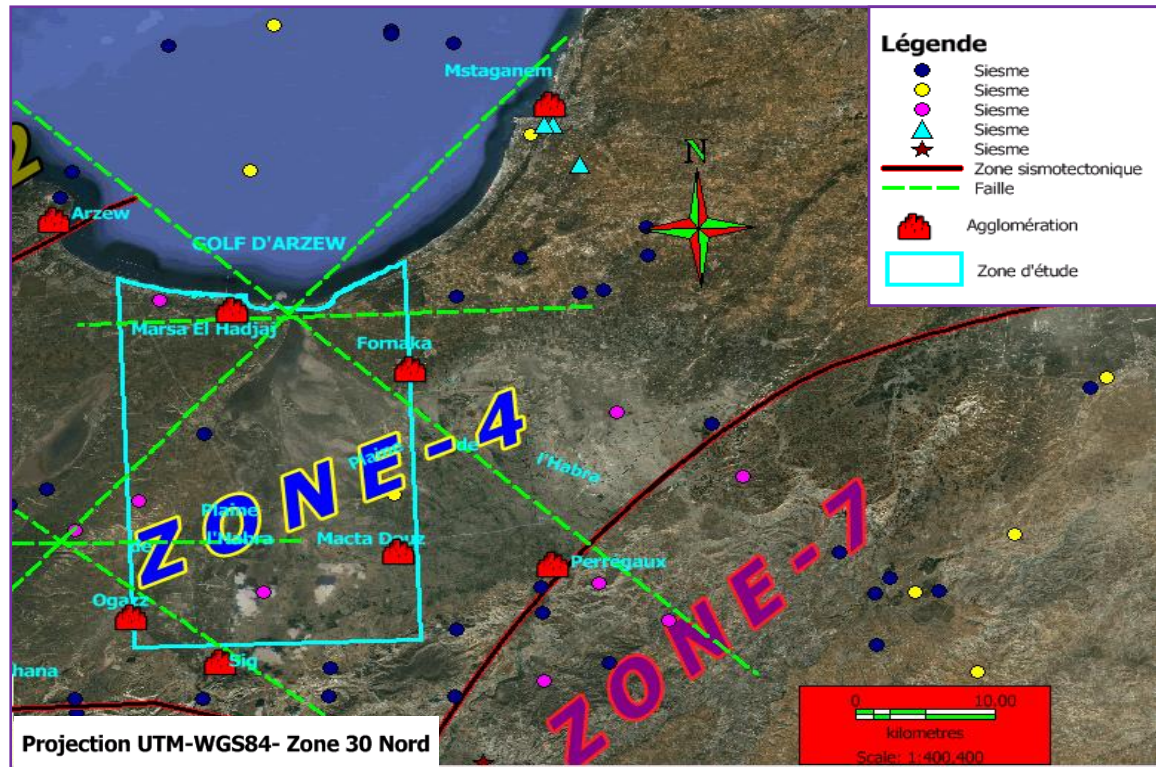


Fig. 20 : Carte sismotectonique de la marge littorale / Sous-Bassin la Macta (in Nadji, 2010)

4.3. Intensités locale et cartes isoséistes :

Elle mesure en un lieu des effets du séisme, en termes de perception par la population (II à VI), désordres sur les constructions (VI à X), bouleversements sur l'environnement (X à XII). Après un séisme on établit les courbes isoséistes ou courbes d'égale intensité (ou égale accélération). La localisation et la géométrie de la source ainsi que les conditions géologiques de la région sont des facteurs déterminants des isoséistes. En raison de la propagation radiale des ondes, la profondeur du séisme est un des paramètres de l'espacement des isoséistes, donc de l'étendue du territoire concerné par les séismes. (Nadji, 2010)

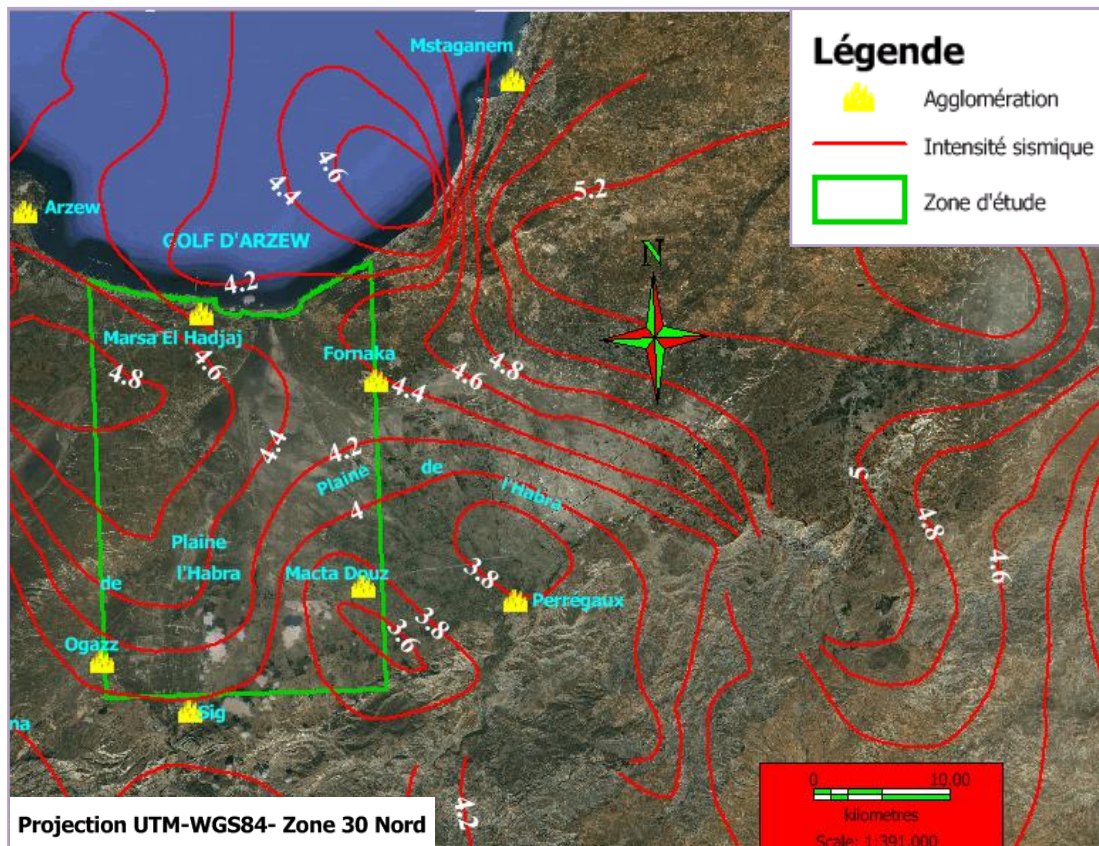


Fig. 21 : carte d'iso intensité séismique de la zone d'étude durant la période (1790-2006) modifiée, (Nadji, modifiée)

4.4. Les mécanismes focaux :

La partie mécanisme focal du littoral oranais est d'une activité sismique modérée à moyenne, les sources sismiques de magnitude supérieure >4 se caractérisent par un mécanisme de cisaillement en l'occurrence avec quelque cas (mécanismes) exemple Ain temouchent qui sont en compression, les profondeurs des épicentres sismiques d'après (Bufornet et al, 2004) varient entre 5Km jusqu'à 30 Km.

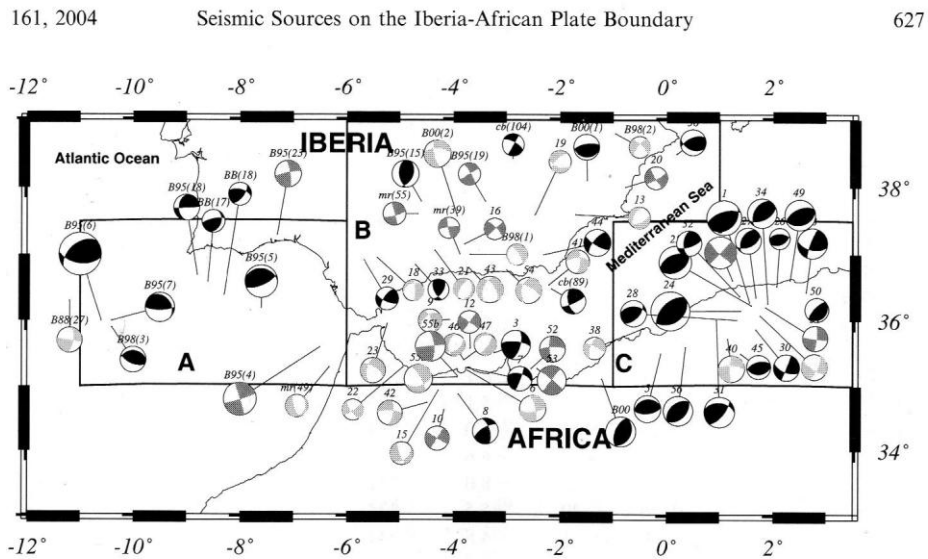


Fig. 22 : les mécanismes focaux (Bufronet et al, 2004)

4.5. Echelle de mesure d’intensité :

L’indexation d’échelle de mesure des effets locaux d’un séisme revient à mercalli (1902), cette dernière a été modifiée en 1931 pour évaluer l’intensité d’un séisme sur une échelle discrète fermée de 12 degrés (de I à XII). L’intensité est déterminée pour chaque site d’observation lors des enquêtes macrosismiques par l’ampleur des dégâts causés par un séisme et par la perception qu’a eu la population du séisme. Il s’agit d’une évaluation qui fait appel à une certaine subjectivité.

‘I’ : aucun mouvement n’est perçu.

‘II’ : quelques personnes peuvent sentir un mouvement si elles sont au repos et/ou dans les étages élevés de grands immeubles.

‘III’ : à l’intérieur des bâtisses, beaucoup de gens sentent un léger mouvement. Les objets suspendus bougent. En revanche à l’extérieur, rien n’est ressenti.

‘IV’ : à l’intérieur, la plupart des gens ressentent un mouvement. Les objets suspendus bougent, mais aussi les fenêtres, plats, assiettes et portes.

‘V’ : la plupart des gens ressentent le mouvement. Les personnes sommeillant sont réveillées. Les portes claquent, la vaisselle se casse, les tableaux bougent, les arbres oscillent, les liquides peuvent déborder de récipients ouverts.

‘VI’ : tout le monde sent le tremblement de terre. Les gens ont la marche troublée, les objets, tableaux tombent, le plâtre des murs peut se fendre, les arbres et les buissons sont secoués ; des dommages légers peuvent se produire dans des bâtiments mal construits mais aucun dommage structural.

‘VII’ : les gens ont du mal à tenir debout. Les conducteurs sentent leur voiture secouée. Quelques meubles peuvent se briser. Des briques peuvent tomber des immeubles. Les dommages sont modérés dans les batiments bien construits, mais peuvent etre considerable dans les autres.

‘VIII’ : les chauffeurs ont du mal à conduire. Les maisons avec de faibles fondations bougent. De grandes structures telles que les cheminées ou des immeubles, peuvent se tordent et se briser. Les bâtiments bien construits subissent de légers dommages, contrairement aux autres qui en subissent de sévères. Les branches des arbres se cassent. Les collines peuvent se fissurer si la terre est humide. Le niveau de l’eau dans les puits peut changer.

‘IX’ : tous les immeubles subissent de gros dommages. Les maisons sans fondations se déplacent. Quelques conduits souterrains se brisent. La terre se fissure.

‘X’ : la plupart des bâtiments et leurs fondations sont détruits. Il en est de même pour quelques ponts. Des barrages sont sérieusement endommagés. Des éboulements se produisent. L’eau est détournée de son lit. De larges fissures apparaissent sur le sol. Les rails de chemin de fer se courbent.

‘XI’ : la plupart des constructions s’effondrent. Des ponts sont détruits. Les conduits souterrains sont détruits.

‘XII’ : presque tout est détruit. Le sol bouge en ondulant. De grands pans de roches peuvent se déplacer. (Nadji, 2010)

5. Répartition spatiale des épicentres séismiques sur le littoral oranais

la base de donnée a été créée sous Excel (.xls) (fig. 23) (catalogue régional de la sismicité ; période (1790- 1999) Nadji) et ouverte sur Map info11 pour créer fichier (.Tab), l’outil création de point sur Map info11 nous a permis de visualiser la distribution des séismes superposée sur un support sous la projection UTM/WGS84N30 (fig. 24).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Années	Mois	Jours	Heures	MINUTESECONDE	Lat.	Long.	Mb	Ms	Ml	Int.	Orig.	Lieu	
2	1790	10	9	1	15	0	35.70	-0.70	0.000	0.000	0.000	10	IGN	ORAN
3	1791	10	29	0	0	0	35.40	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
4	1819	3	0	0	0	0	35.40	0.10	0.000	0.000	0.000	8	IGN	MASCAR
5	1836	9	27	0	0	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	6	IGN	ORAN
6	1849	6	30	0	0	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	5	IGN	ORAN
7	1854	2	1	10	0	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
8	1856	7	3	2	20	0	35.40	0.10	0.000	0.000	0.000	0	IGN	MASCAR
9	1857	2	2	0	0	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
10	1857	12	14	0	0	0	35.53	-0.20	0.000	0.000	0.000	0	IGN	STDEMIS
11	1858	3	2	0	0	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
12	1858	5	31	1	0	0	35.83	-0.33	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ARZEW
13	1859	12	22	1	23	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
14	1861	7	26	17	20	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	6i	IGN	ORAN
15	1862	10	1	10	20	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
16	1864	1	3	5	30	0	35.75	0.55	0.000	0.000	0.000	0	IGN	RELIZANE
17	1867	2	15	3	20	0	35.70	-0.67	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
18	1871	2	7	0	0	0	35.93	0.08	0.000	0.000	0.000	0	IGN	MOSTAGA
19	1871	11	23	0	0	0	35.38	-0.12	0.000	0.000	0.000	0	IGN	MASCAR
20	1871	3	1	0	0	0	35.70	-0.67	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
21	1872	7	29	8	15	0	36.93	0.10	0.000	0.000	0.000	6i	IGN	MOSTAGA
22	1887	11	29	13	30	0	35.58	0.33	0.000	0.000	0.000	10	IGN	ELBORDJ
23	1889	5	21	4	15	0	35.70	-0.60	0.000	0.000	0.000	6i	IGN	ORAN
24	1889	11	27	15	0	0	35.70	-0.80	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
25	1890	7	30	0	0	0	35.70	0.50	0.000	0.000	0.000	6i	IGN	RELIZANE
26	1892	1	18	0	0	0	35.40	0.10	0.000	0.000	0.000	0	IGN	MASCAR
27	1894	6	19	1	0	0	35.70	-0.50	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN
28	1894	9	18	0	0	0	35.93	0.10	0.000	0.000	0.000	0	IGN	MOSTAGA
29	1897	10	23	7	20	0	35.70	-0.67	0.000	0.000	0.000	0	IGN	ORAN

Fig. 23 : capture d'écran de la base de donnée sous Excel (catalogue régional de la sismicité ; période (1790- 1999) (Craig in Nadji, 2010)

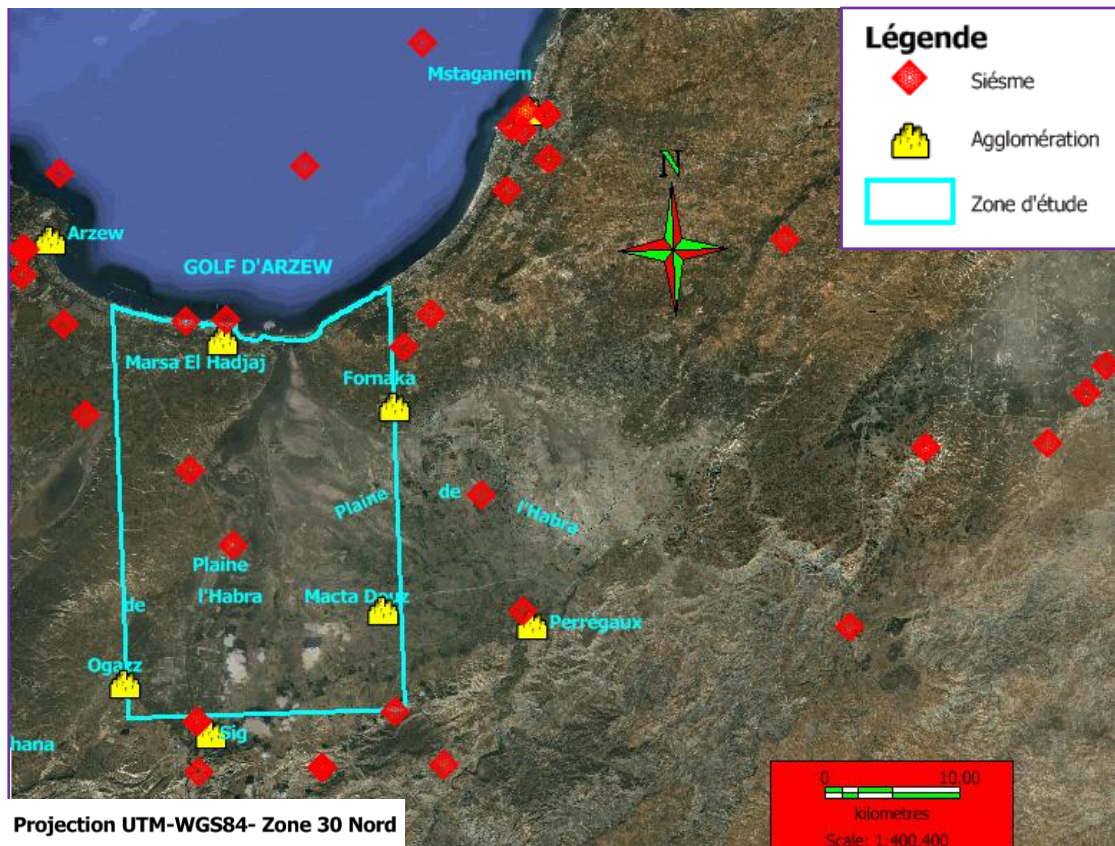


Fig. 24 : répartition spatiale des séismes de la zone d'étude

6. Evaluation de l'aléa sismique

D'après nos enseignements l'évaluation de l'aléa sismique nécessite de définir l'intensité maximale de certaines sources sismiques. Une bonne connaissance sur la nature des terrains et leur état en matière de stabilité contribueront à l'estimation du

risque par le biais du calcul de l'aléa et du zonage sismique. Le calcul de l'aléa sismique représente une composante importante dans les traitements des programmes socio-économiques d'un pays. Le choix des normes parasismiques devient une nécessité pour l'emplacement des ouvrages qui répondent aux paramètres de la résistance des matériaux, de leur longévité en l'occurrence d'intensité séismique, et de la période de retour de cet événement. (Nadji, 2010)

7. Paramètres d'évaluation de l'aléa

D'après Nadji L'un des paramètres fondamentaux dans la définition de l'aléa sismique revient au mouvement du sol ; liés notamment aux enregistrements de l'accélération, ou de la vitesse des ondes sismiques, le temps ou durée du séisme, ainsi que la fréquence de sa résonance.

La base de l'élaboration des normes parasismique des ouvrages tient compte de la définition des caractéristiques du mouvement du sol ; donnés par les 'puncted acceleration ground' ; PAG relatifs des futurs séismes à périodes de retours distinctes (50, 100, 250, et 500 ans) qui correspondent généralement à la demi vie de la compétence d'un ouvrage civil ou industriel.

Le calcul de l'aléa se base sur les théories mathématiques du domaine des probabilités statistiques qui ont un grand ressort pour définir le nombres d'événements pouvant se produire durant une période donnée et de calculer la probabilité d'occurrence moyenne et annuelle pour un seuil donné d'intensité et/ou de magnitude pour un site dont il découle l'aléa sismique de ce dernier. Le produit de la valeur d'aléa avec l'intensité ou l'amplitude de l'événement caractérisera le risque recherché. (Nadji, 2010)

La détermination de la fréquence des séismes pour chaque source (zone) de la sismicité pour marquer la dépendance des événements en fonction de la relation de Gutenberg et Richter donnée par :

$$\text{Log } N(M)=a - b*M$$

L'aléa sismique correspond au calcul de la probabilité d'occurrence d'apparition d'un séisme ayant une magnitude donnée durant une période de temps donnée. Dans le calcul de l'aléa sismique, on utilise fréquemment une probabilité de dépassement ($p=10\%$) pour estimer dans un temps moyen de $t=50$ années ; qui correspond à une durée de la demi-vie d'un bâtiment.

Pour une période du retour ($T_r=475$ années). L'estimation de la périodicité se réalise par la relation suivante : $T_r = -t / \ln(1-p)$

8. Approche déterministe d'évaluation de l'aléa

Elle a pour but l'évaluation de l'événement sismique le plus violent pouvant atteindre le substrat (rocher) d'un site, ou d'une région. La démarche pour cette évaluation est :

- 1- Analyse sismotectonique de la région (données structural et sismologie)
- 2- Détermination des différentes unités sismotectoniques (failles, zones ou domaines de failles)
- 3- Identification du séisme maximum connu pour chaque domaine, du séisme maximal historiquement vraisemblable (S.M.H.V) et de ses paramètres (magnitude M , profondeur focale h)
- 4- Rapprochement du séisme maximum de chaque domaine sur le point du domaine le plus proche du site étudié.
- 5- Application des lois d'atténuation pour chacun de ces séismes possibles (cf. Loi d'Esteva)

L'évaluation déterministe de l'aléa sismique régional est la première étape d'une protection 'totale' des ouvrages contre les séismes. Elle est obligatoire pour les ouvrages à risque spécial, pour lesquels on n'admet pas d'échec.

8.1. Loi d'atténuation des (PGA)

La caractérisation d'évaluation de l'atténuation du mouvement du sol en fonction de la distance entre la source sismique et un site donné constitue une

première étape d'évaluation de l'aléa sismique connaissant de façon précise la magnitude maximale et les paramètres géométriques de la source sismique.

L'évaluation s'exprime par des équations calculant les rapports entre l'atténuation du sol, la magnitude et la distance séparant le site de la source. Les mouvements du sol sont répartis selon l'intensité maximale atteinte lors de l'événement. On fait appel à l'accélération (PGA), ou parfois à la vitesse maximum (PGV) selon le type de données instrumentales disponibles.

Chaque mouvement correspond à une portion de la bande passante d'énergie rayonnée lors de la durée de l'événement sismique. Le PGA de 0,2, correspondent à une énergie de période courte qui aura le plus grand effet sur une période courte. Les valeurs PGA sont aussi corrélées directement aux forces latérales qui endommagent la courte période (1.0, 2.0, etc.) les rapports de l'atténuation du mouvement peuvent être déterminés de deux manières différentes : empiriquement, utilisant des mouvements du sol enregistrés dans le passé, ou théoriquement, utilisant les modèles sismologiques pouvant produire des mouvements synthétiques qui expliquent la probabilité de dépassement de 10% dans les 50 années à Tr=475 années, la fonction d'atténuation utilisée dans l'ibéro-Maghreb et précisément en Algérie correspond à :

$$\text{PGA} = 5600 * e^{0.8M} / (R_h + 4.0)^2 \text{ cm/s}^2 \quad (\text{relation d'Esteva}).$$

8.2. Evaluation du maximum crédible 'earthquake' (MCE)

Le MCE 'maximum crédible of earthquake': ce facteur désigne le plus fort séisme concevable, sur des bases rationnelles dans le contexte tectonique de la région étudiée. Quant à l'adjectif crédible du 'MCE', vise la qualification d'une appréciation objective, à partir des données disponibles sur le potentiel sismique maximal qui peut être produit par le système de failles tectoniques (séismogènes). Sa détermination pratique est non précise car notre connaissance en géologie structurale et en séismologie reste encore insuffisante. (Nadji, 2010)

9. Cartographie de l'aléa sismique de la région d'étude

- Géoréférencement de la carte d'aléa (A, NADJI)
- Numérisation des courbes de niveau

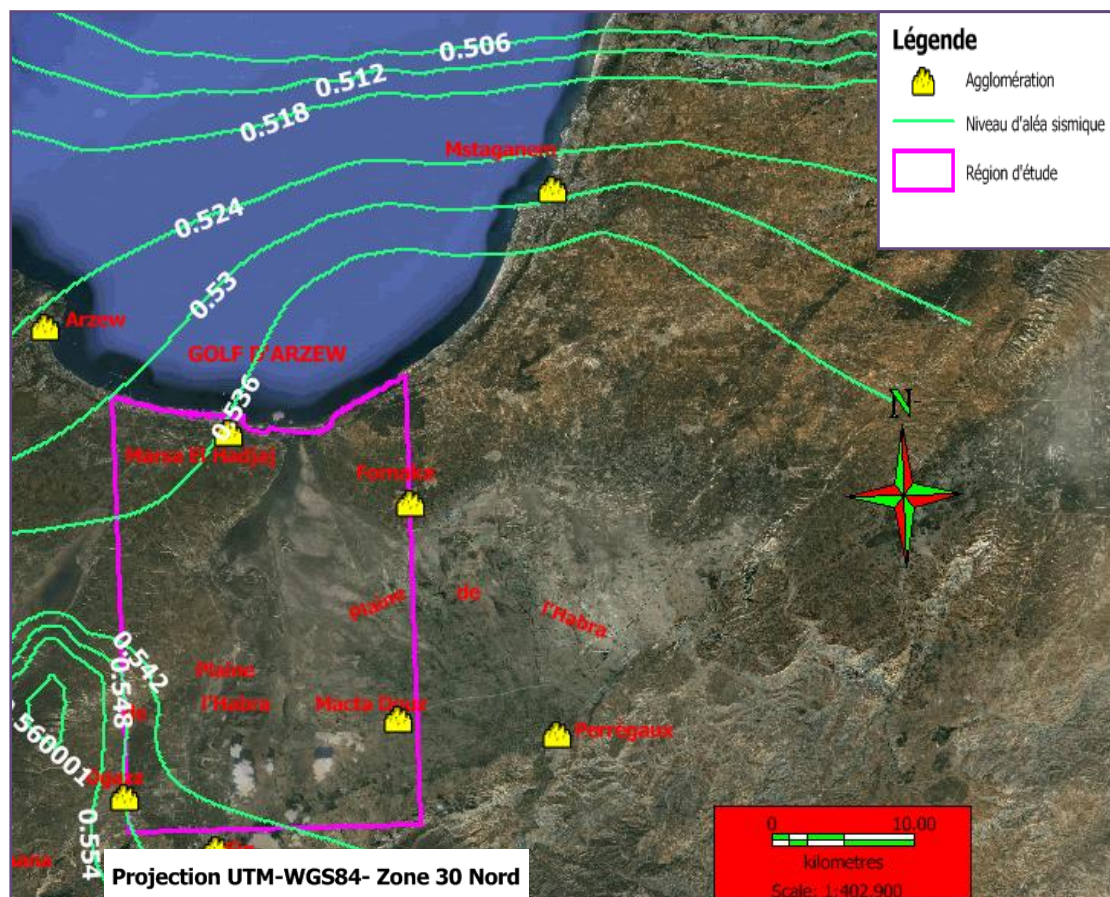


Fig. 25 : carte d'aléa sismique (in Nadji. 2010) modifiée

- Transformation des courbes en point avec la fonction 'poly2point'
- Interpolation des points

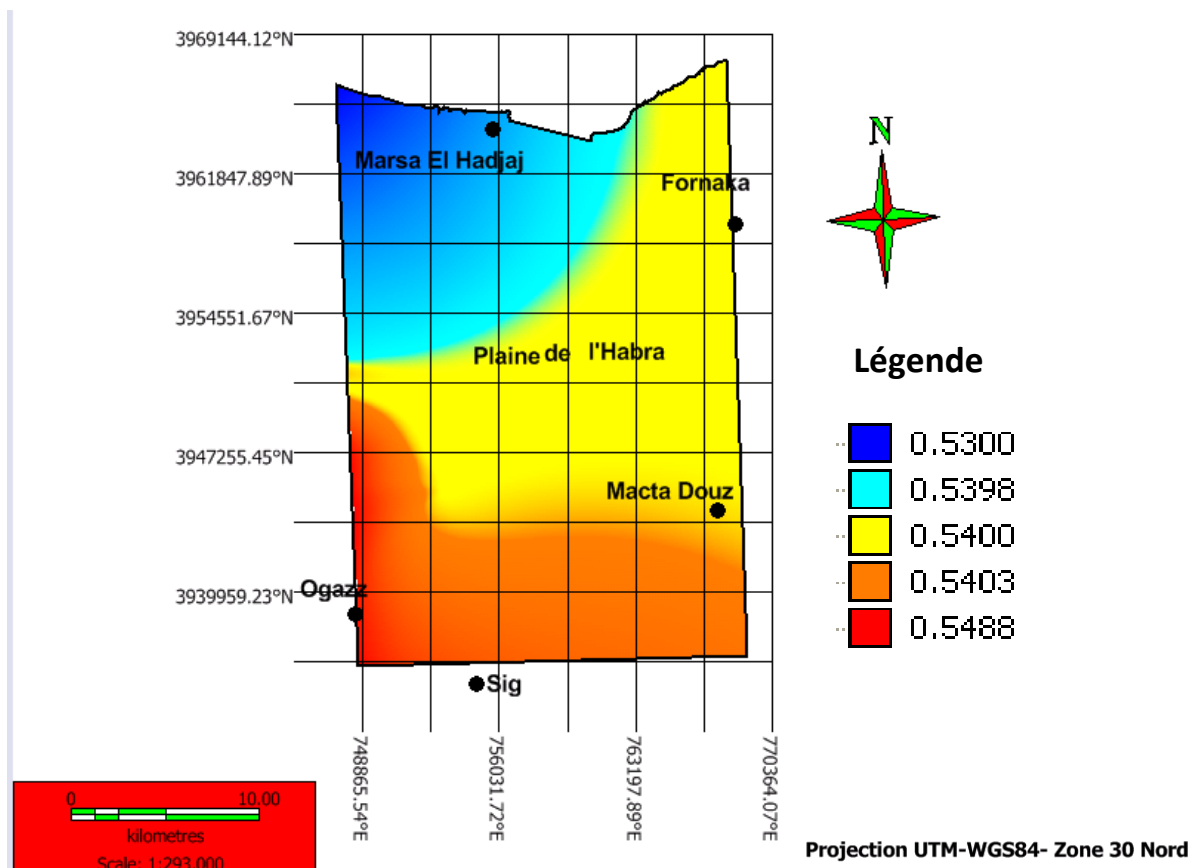


Fig. 26 : carte d'aléa sismique de la région d'étude période de retour 500 ans (Nadji, 2010)
modifiée

10. Interprétation de la carte

D'après la carte d'aléa sismique édifiée on distingue 3 classes :

- Fort de 0.5488 à 0.5403
- Moyen 0.5400
- Faible de 0.5398 à 0.5300

D'après le zonage de la carte de répartition des aléas tout laisse supposer qu'il y a un accroissement des valeurs distribuées selon une bande orientée globalement nord-est sud-ouest avec les $\frac{3}{4}$ situées dans le continent sur la terre ferme, en plus des zones internes de Sig, Bouhenni, Mohammedia là où la néotectonique est active.

Selon la carte de la figure 28, l'intérieur des terres semble inapproprié à tout développement urbain et nécessite une révision minutieuse en cas d'implantation d'infrastructures socio- économique.

1. Généralités sur le risque inondation

Comme définition générale le risque est la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un danger, c'est la composante de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences.

Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : que sont la **Vulnérabilité** et **L'aléa**.

Il y a risque lorsque nous sommes sur une parcelle avec une occupation du sol incompatible avec l'aléa. Le risque étant déterminé par le croisement entre l'aléa et la vulnérabilité, il faut être capable de les comparer. Ceci est possible avec les modèles hydrologiques en débit, durée et fréquence qui permettent de traduire dans la même unité les deux facteurs.

Si la vulnérabilité est plus faible que l'aléa, nous considérons la parcelle comme ne présentant pas de risque. Elle est correctement protégée, voire surprotégée. Dans le cas contraire, nous aurons une parcelle à risque qu'il faudra protéger ou évacuer

2. Description des phénomènes d'inondations en Algérie :

Comprendre le processus à l'origine des crues et des inondations suppose analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau, pour se faire, il est utile, au préalable de retenir une définition pour chacun de ces termes (crues, inondation, processus conduisant aux inondations).

2.1. Définition d'une crue :

Une crue correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau au-delà d'un certain seuil auquel toute analyse doit faire référence. Elle est décrite à partir de trois paramètres : le débit, la hauteur d'eau et la vitesse du courant.

2.2. Définition d'une inondation :

Une inondation désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les talwegs ou les dépressions

2.3. Le processus conduisant aux crues et aux inondations

Le phénomène inondation est la conséquence de plusieurs processus qui sont :

2.3.1. L'eau mobilisable : Dans notre pays la cause fondamentale de la plupart des inondations est l'arrivée d'importantes chutes de pluies parfois exceptionnelles.

2.3.2 Le ruissellement : Le ruissellement dépend de la nature du sol et de son occupation de surface. Il correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou ressurgir très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain. L'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation (infrastructures, constructions) le favorisera.

2.3.3. Le temps de concentration (ou durée caractéristique) : Il est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire. Il est donc fonction de la taille et de la forme du bassin versant, de la topographie et de l'occupation des sols.

2.3.4. La propagation de la crue : L'eau de ruissellement se rassemble dans un axe drainant ou elle forme une crue qui se propage vers l'aval ; le débit de pointe de la crue est d'autant plus amortie et sa propagation ralentie que le champ d'écoulement est plus large et que la pente est plus faible ;

2.3.5. Le débordement : Il est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur dont la capacité est généralement limitée à des débits de crues, de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans. Il peut se produire une ou plusieurs fois par an ou seulement tous les dix ans en moyenne, voire tous les cent ans

3. Types d'inondations

Selon les caractéristiques des crues, leurs étendues, et leurs durées, les inondations sont de trois types :

3.1. Crues de type torrentiel ou éclair

Dès que les cours d'eau ont une pente plus forte, en zone montagneuse, ou à l'aval immédiat des reliefs marqués, l'écoulement des rivières en crue est beaucoup plus rapide et peut charrier des volumes importants de matériaux. Ces crues sont souvent la conséquence d'orages violents qui affectent des petits bassins versants de quelques dizaines de Km² sont

particulièrement dangereuses et les délais de prévision, souvent trop courts, laissent très peu de temps pour réagir.

Les crues de ce type sont particulièrement dangereuses en raison de la soudaineté et de la rapidité avec lesquelles elles se produisent, les ruissellements extrêmement rapides et violents peuvent intervenir moins d'une heure après la pluie et les débits des oueds passent de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s en 02 ou 03 heures seulement.

3.2. Crues de plaine ou fluviales

Elles se caractérisent par des montées relativement lentes des eaux et peuvent être prévues plusieurs heures, voire plusieurs jours à l'avance. En dépit de leur évolution lente, les crues de plaine peuvent être accompagnées localement de phénomènes très dangereux, notamment lors d'une débâcle, c'est à dire lors de la rupture d'un obstacle d'un cours d'eau, après que l'écoulement des flots ait été bloqué par des embâcles (amoncellement de débris) sous les ponts.

C'est le cas des inondations de grands bassins versants ; elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leur quantité et leur durée qui peut atteindre 10 à 15 jours. Les crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisible sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents avals plus courts et plus rapides.

3.3. Les ruissellements en secteur urbain

En secteur urbain, des orages intenses peuvent occasionner un très fort ruissellement en dehors des lits des cours d'eau proprement dit, lorsque l'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses. Ce fut le cas des inondations de Bâb El Oued du 10 novembre 2001, Des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40 km², de l'ordre de 214 mm pendant 24h, ont causé 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10000 familles sinistrées

4. Les facteurs aggravant le risque :

Ils sont presque toujours dus à l'intervention humaine et correspondent essentiellement à :

- La concentration des personnes et l'accumulation des biens dans le champ d'inondation. (Cas des inondations de Bâb El Oued du 10 novembre 2001)
- La défiance des dispositifs de protection (digues, déversoirs).

- Le transport et dépôt de produits indésirables : Tels que des produits polluants, des matières toxiques ou des germes pathogènes. Ces produits sont particulièrement abondants en zones urbaines ou industrielles.
- La formation et la rupture d'embâcles : Les matériaux flottants transportés par le courant (arbres, buissons, mais aussi caravanes et véhicules divers) s'accumulent en amont des passages étroits et s'y enchevêtrent au point de former des embâcles qui surélèvent fortement le niveau de l'eau. La rupture éventuelle de ces embâcles provoque une onde puissante et dangereuse en aval ;
- La surélévation de l'eau en amont des obstacles : Tout obstacle à l'écoulement (pont, remblai, mur) provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés des cours d'eau.

5. Méthodologie de détermination des zones d'inondation

4.3. Cartographie spatiale par combinaison multicritère

L'étude du phénomène d'inondation est complexe et il apparaît utile de préciser les paramètres pris en compte.

Ces paramètres sont constitués des variables environnementales et naturelles dont la susceptibilité à produire une inondation est effective. Il s'agit des modelés, des systèmes de pentes, du réseau hydrographique, de l'occupation du sol et de la pluviométrie. Une analyse de ces facteurs conduit à définir deux descripteurs de l'inondation : la vulnérabilité du terrain à l'inondation et l'aléa hydroclimatique. Dans ce travail, les facteurs sont considérés comme ayant la même importance et, par conséquent, interviennent avec la même pondération lors des croisements dans le SIG. (Saley et al, 2005)

5.1. Cartographie de l'aléa

L'aléa fait référence aux phénomènes hydroclimatiques et à leurs conséquences sur l'écoulement des eaux. C'est la pluviosité qui déclenche les inondations. En effet, l'occurrence et l'intensité des pluies, paramètres naturels qui ne sont pas maîtrisables, quelles que soient les dispositions de prévention, sont les paramètres prépondérants de l'inondabilité (saley et al, 2005). Vue l'absence des données de pluies maximale journalière on utilise des données de précipitations moyenne annuelle (période 1942-1990, la carte pluviométrique a été établie (fig. 08)).

Quatre classes de pluviosité sont définies :

faible	368,8518 – 375, 2634
modérée	375,2638 – 381,6751
forte	381,6751 – 388,0867

Tableau 02 : les classes de pluviosité

5.2. Cartographie de la vulnérabilité à l'inondation

Les caractéristiques géomorphologiques (pente du terrain (fig.31), distance par rapport au cours d'eau (fig.33)) de la région sont les différents facteurs pris en compte dans la cartographie de la vulnérabilité à l'inondation.

Le traitement des données relatives à ces différents facteurs a permis d'établir des cartes thématiques. L'une des cartes est celle des pentes, produit dérivé du MNT, Des classes de faible, moyenne, forte et très forte sont définies (Tab.03). Le réseau hydrographique sert également à la classification des zones à proximité des cours d'eau (saley et al, 2005).

L'analyse croisée de ces facteurs (même pondération pour tous les facteurs) dans le SIG permet l'élaboration de la carte de vulnérabilité à l'inondation de la zone d'étude (fig.34)

6. Organigramme de la démarche utilisée :

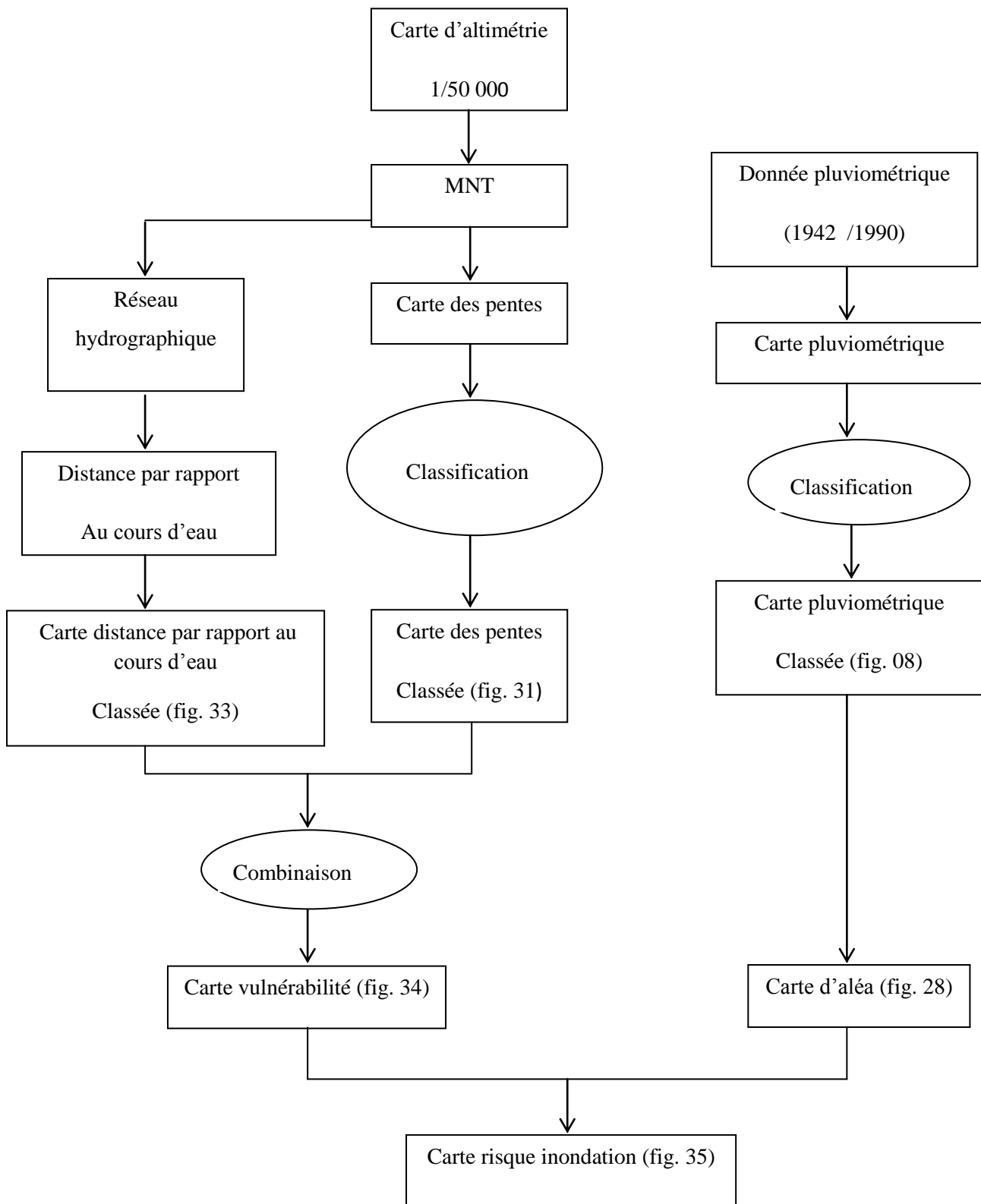


Fig. 27 : organigramme de la démarche utilisée

• **Carte d'aléa inondation**

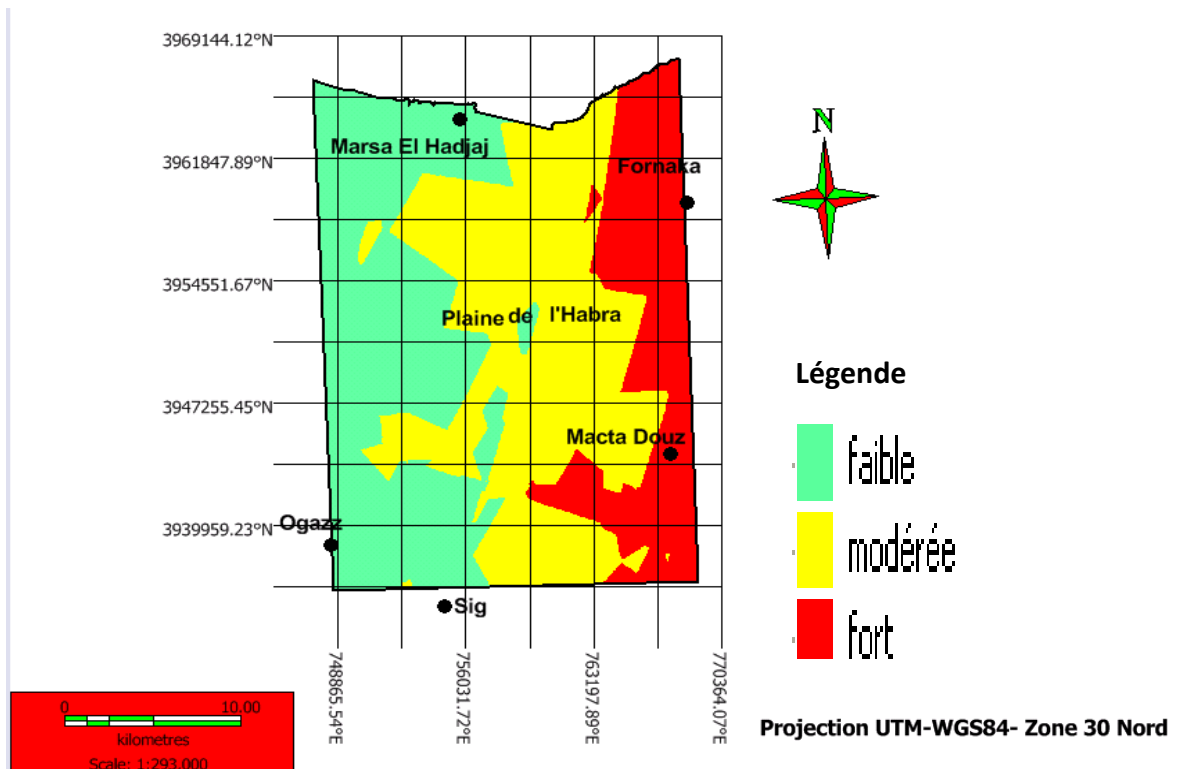


Fig. 28 : carte d'aléa inondation

• **Carte de vulnérabilité**

C'est le produit final de croisement de deux cartes : carte des pentes (fig. 31), et distance par rapport au cours d'eau (fig. 33)

Les profils en long dans la région de la Macta

Les deux profils réalisés selon une direction Nord-Est, Sud-Ouest (profil 1) et Sud-Est, Nord-Ouest (profil 2) montrent clairement la dépression de la Macta et le redressement des bords de la cuvette qui confirment sa prédisposition à une stagnation des eaux de ruissellement.

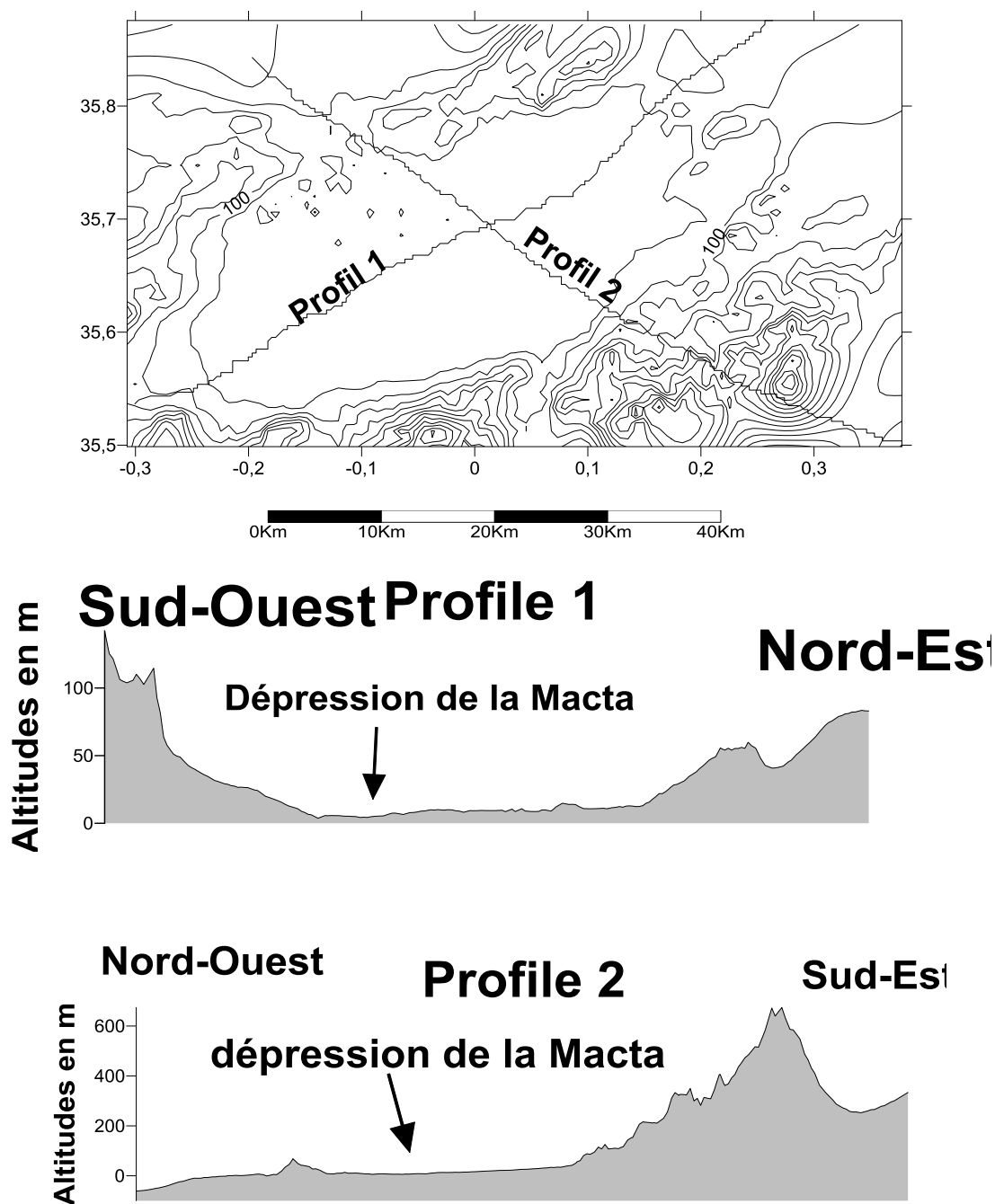


Fig. 29 : Les profils en long dans la région de la Macta

- **Carte des pentes**

La carte des pentes (fig.12) a été classée selon l’histogramme obtenu du logiciel IDRISI Selva (fig. 31).

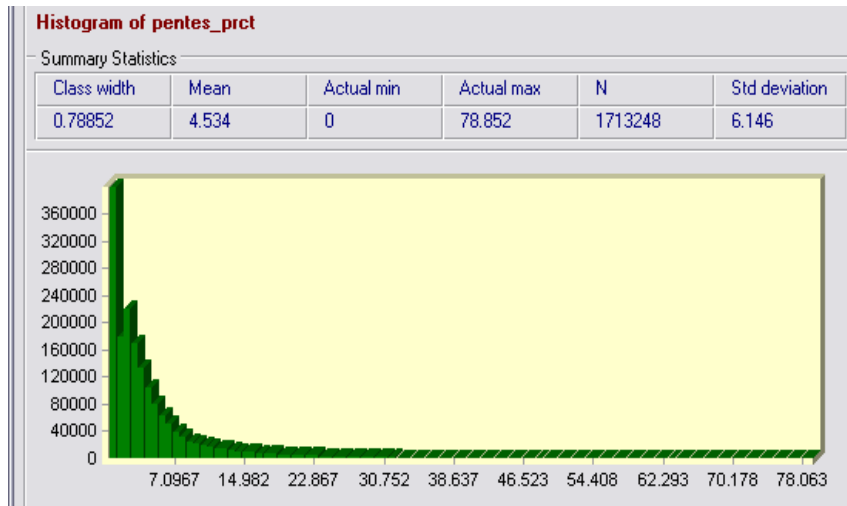


Fig. 30 : capture d'écran de l'histogramme utilisé dans la classification des pentes

La capture d'écran ci-dessus (fig. 30) illustre assez bien la prédominance des pentes faibles par rapport aux pentes fortes.

Pente	classe
0 – 2	forte
2 – 5	moyenne
5 et plus	faible

Tableau 03 : classification des pentes

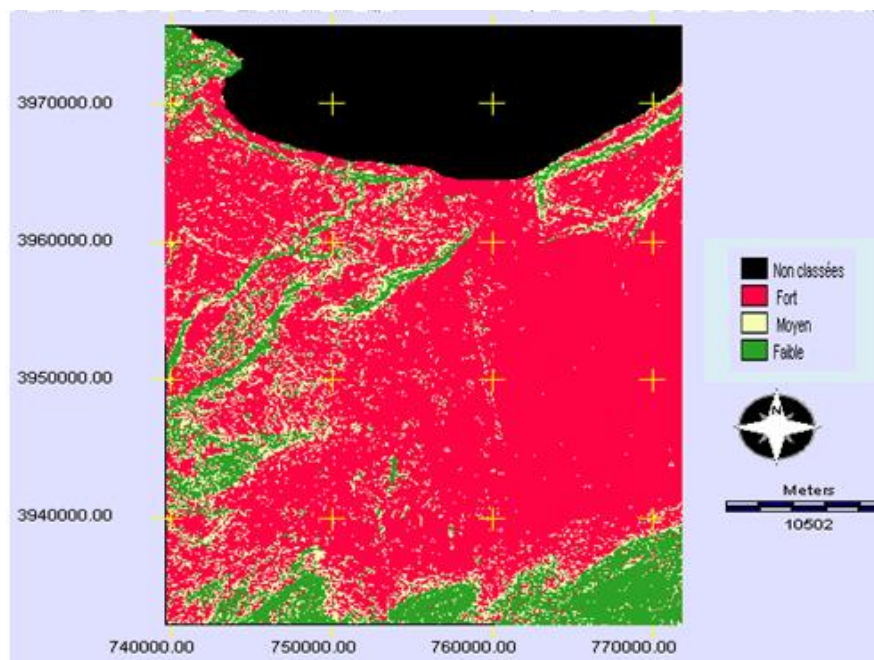


Fig. 31 : carte des pentes classées (idrisi selva)

la classification des pentes représentent le principal facteur d'accumulation et de circulation des flux générées par les cours d'eau de la région.

En effet, deux actions combinées dues à la particularités des pentes peuvent accentuer ou au contraire reduire l'action des cours d'eau dans une région ; en d'autre termes les pentes fortes avantages les écoulements torrentielles au contrairte de pentes faibles à nulles qui favorisent l'accumulation et la stagnation des eaux.

C'est le cas de la région étudiée, où les pentes faibles à nulles prédominent (expliquées par la présence de la cuvette et les parties déprimées) donnant ainsi l'aspect marécageux à ces terrains.

- **Carte distance par rapport au cours d'eau**

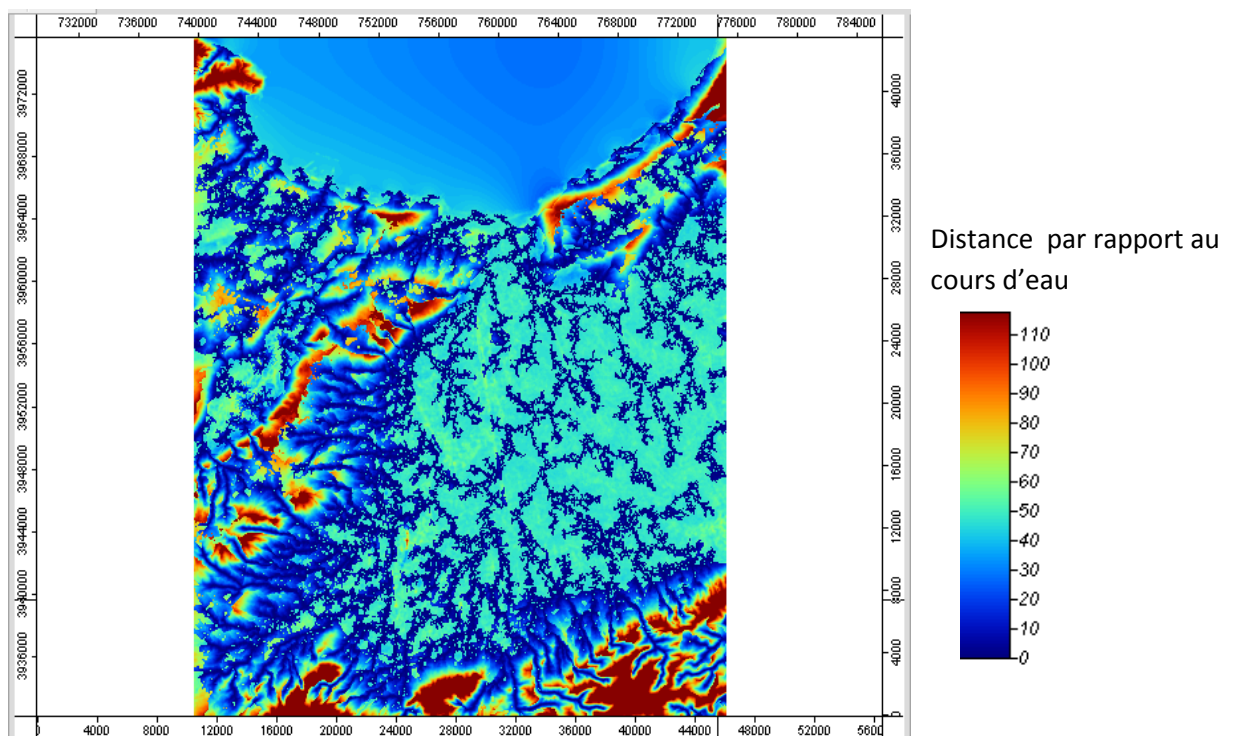


Fig.32 : Capture d'écran sous SAGA montrant la distance par rapport au cours d'eau

Distance	Note
< 30m	Fort
30 < d < 100	Moyen
> 100 m	Faible

Tableau 04 : classification des distances par rapport au cours d'eau

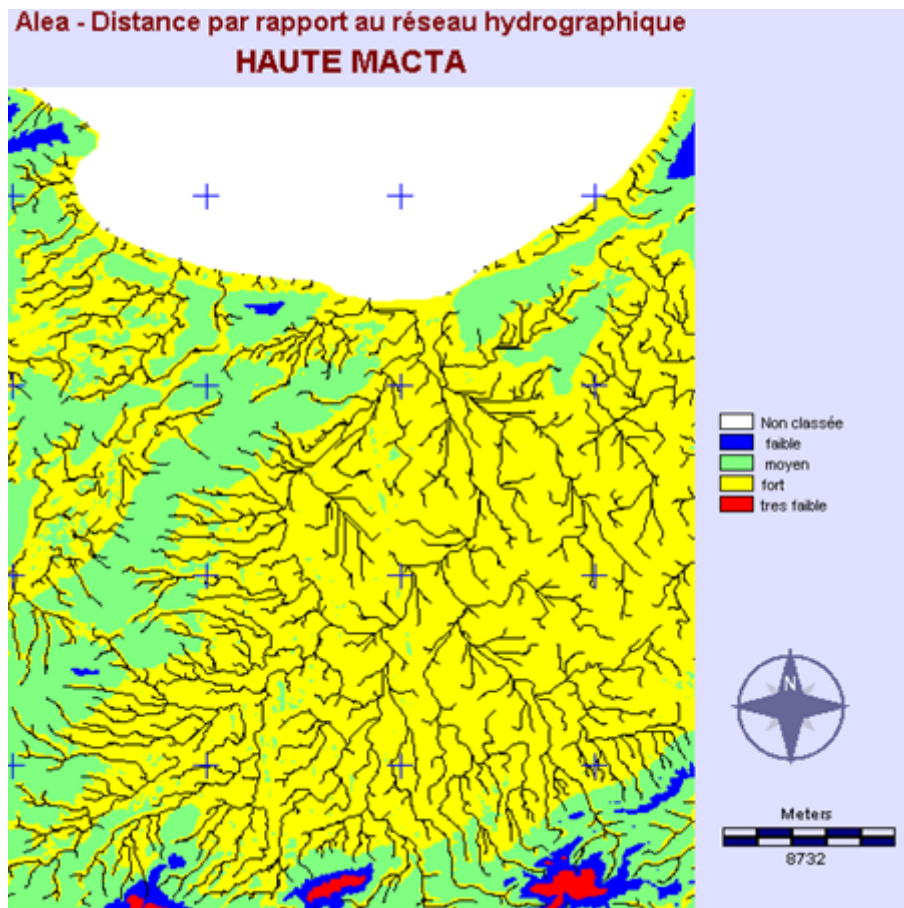


Fig. 33 : carte distance par rapport au cours d'eau

La densité du chevelu hydrographique indique clairement que les écoulements de surface sont beaucoup plus importants que les infiltrations. En effet, la zone étudiée représente un réceptacle à toutes sortes de transport solide où les sédiments les plus fins (donc une prédisposition à l'imperméabilité) se déposent aisément à cause des faibles pentes et des dépressions.

- **Carte de vulnérabilité du risque inondation**

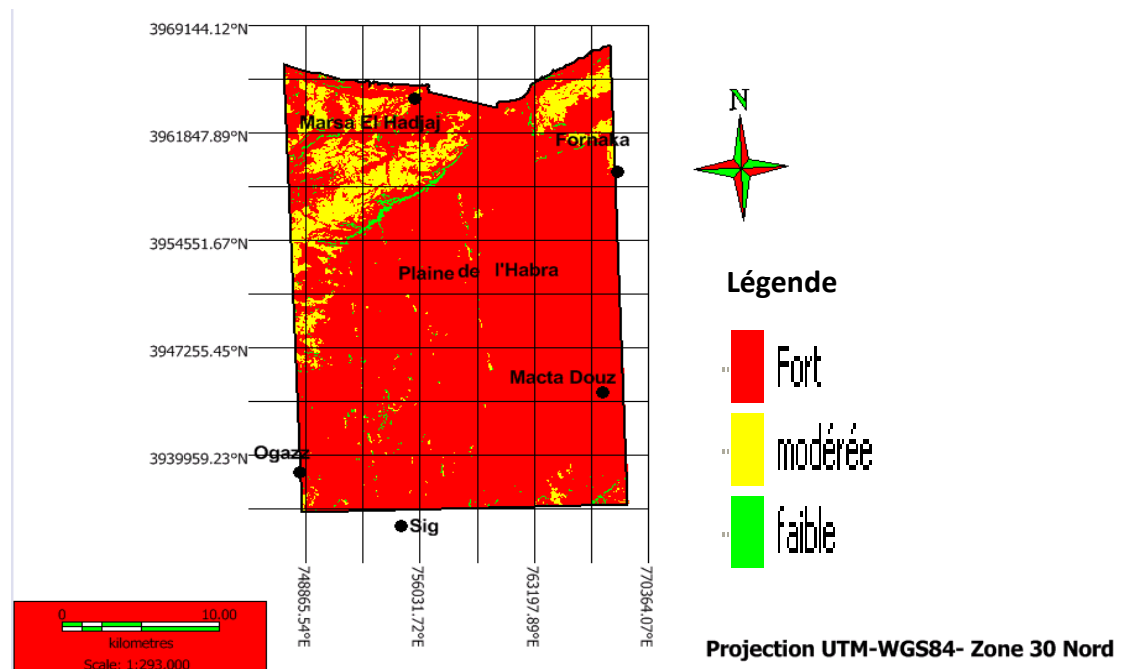


Fig. 34 : carte de vulnérabilité à l'inondation

Du croisement des deux cartes précédentes (carte des pentes voir (fig. 31) et carte des distances par rapport au cours d'eau voir (fig. 33)) résulte celle de la vulnérabilité illustrée par la carte suivante (fig. 34) où ressortent parfaitement les zones présentant une concordance parfaite avec les différentes analyses morphologique de la région.

Les zones en rouge sur la carte coïncident globalement avec les dépressions que compte la région de la Macta à savoir la partie nord-ouest occupée par le tissu urbain de la ville de Marsat El Hadjaj, de la localité de l'Alaimia, Ras El Ain Amirouche et Fornaka où la vulnérabilité est de forte à modéré.

De ce fait l'extension urbaine de ces localités se trouve normalement (s'il n'y a pas d'autorisation d'urbanisation) bloquée à l'est par la cuvette marécageuse qui occupe les $\frac{3}{4}$ de la zone de la Macta.

- **Carte du risque inondation**

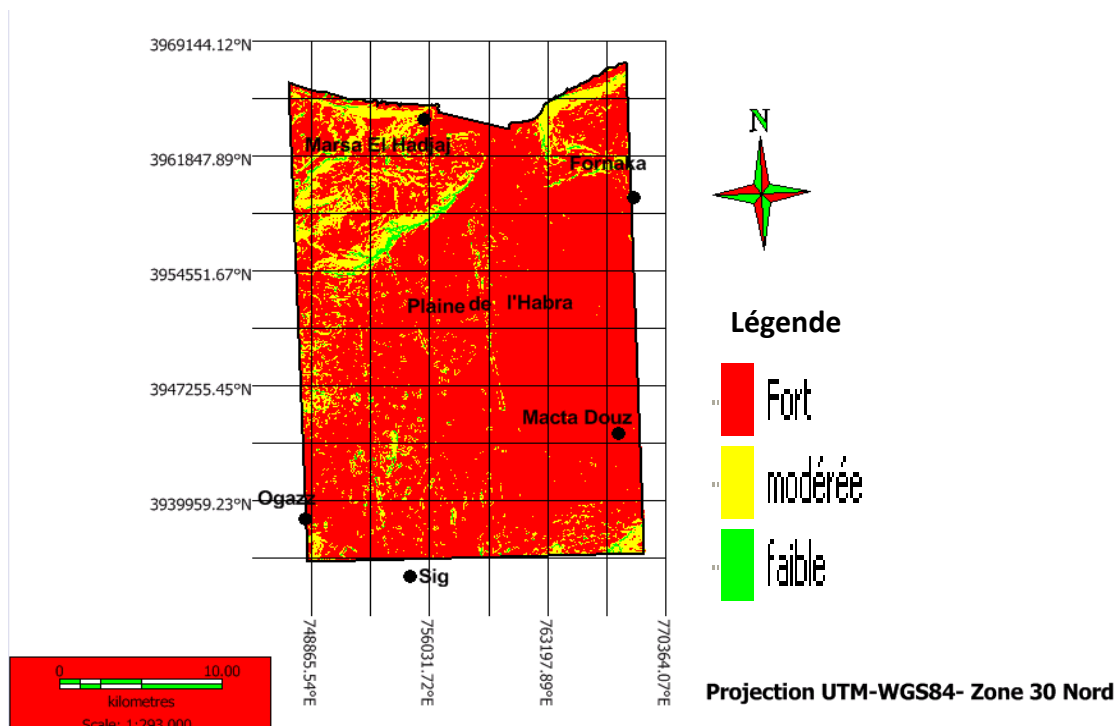


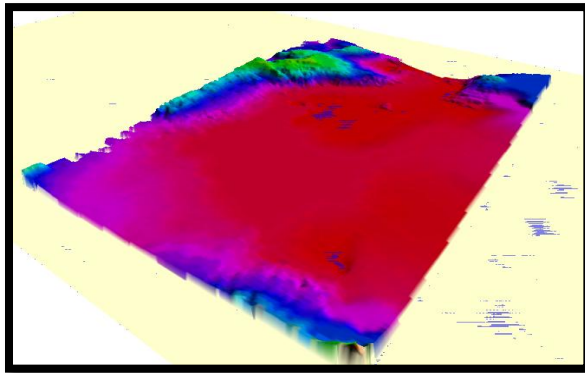
Fig. 35 : carte du risque inondation

Le croisement des deux cartes obtenues (aléas et vulnérabilité) confirme les analyses faites tout au long des résultats cartographiques obtenus à savoir :

- Une zone à faible risque située dans la partie surélevée marquée par une forte urbanisation (Marsat el Hadjad) proche du littoral ; elle occupe le quart nord-ouest de la zone étudiée ;
- La deuxième quart se situe dans une bande s'étalant du nord au sud dans la partie ouest de la zone étudiée, elle occupe les redressements des bords de la cuvette de la lagune de la Macta ;
- Le reste de la zone c'est-à-dire la moitié de la zone étudiée est occupé par « les basses terres » de la Macta en l'occurrence la lagune de la Macta.

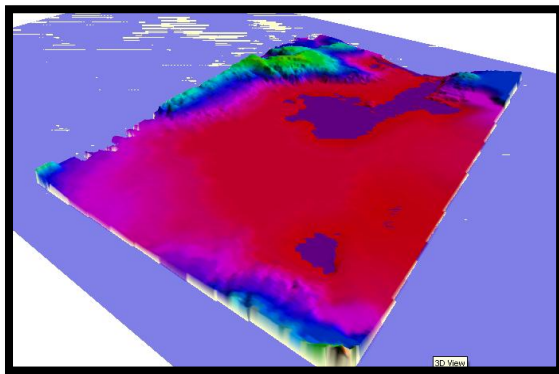
- **Modèle de simulation d'inondation projeté selon la hauteur de la lame d'eau (Global mapper).**

Les cartes proposées ci-dessous (fig. 36) montrent le résultat de 4 hauteur de lame : 10m, 13m, 17.50m et 20m



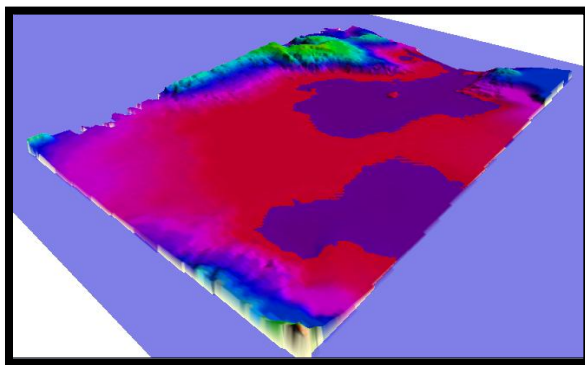
10m

A 10m, seules les parties au voisinage immédiat des bords de la cuvette sont immergées.



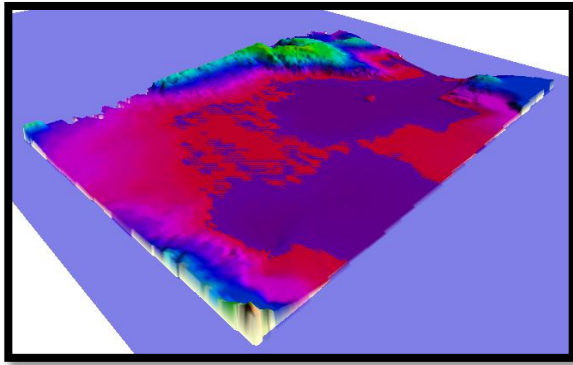
13m

A 13m, l'eau commence à s'installer dans la cuvette et les marge de celles-ci sont presque sous l'eau.



17.50m

A 17.5m, la cuvette est 70% inondée avec l'avancée des marges vers le centre de celle-ci.



20m

A 20m, toute la zone semble prise par la lame d'eau.

Fig. 36 : Modèle de simulation d'inondation projeté selon la hauteur de la lame d'eau

1. Introduction

Depuis presque une décennie, la pression anthropique sur l'exploitation des ressources s'est accentuée dans la région d'étude et l'on a assisté à l'émergence de nouveaux facteurs de dégradation, tels que la pollution, le braconnage et l'urbanisation (GHOBANI T. 2009).

En plus de la pression anthropique, on constate la persistance de la pollution et plusieurs zones de marais souffrent actuellement d'une forte eutrophisation. Les rapports de force entre les utilisateurs et l'émergence de conflits d'usage constituent de fortes contraintes dans la gestion de cet espace. Les stratégies mises en œuvre par les différents acteurs réduisent ainsi fortement l'efficacité des outils de gestion et de contrôle.

2. Différentes sources de pollution

La pollution est devenue l'un des facteurs du déséquilibre environnemental de la zone humide de la Macta.

- La position géographique des marais, à l'aval d'un grand bassin versant, multiplie les risques de pollution par les substances chimiques d'origine agricole et urbaine, charriées par le réseau hydrographique. Ce dernier draine les eaux usées de villes intérieures importantes comme Saïda, Sidi-Bel-Abbès et Mascara.
- La pollution générée par l'utilisation de pesticides dans l'agriculture et de potassium dans la conservation des olives à Sig, ainsi que par le rejet dans la nature d'eaux usées industrielles non traitées, peut être nocif pour beaucoup d'espèces d'oiseaux, comme la cigogne
- L'état actuel d'un nombre élevé de cours d'eau ou de petits lacs montre une eutrophisation avancée, liée aux rejets d'eaux usées domestiques et agricoles, riches en matière organique, dans le réseau hydrographique. L'impact principal est l'asphyxie graduelle du milieu aquatique. Il peut en résulter, avec le temps, une déstabilisation de la chaîne trophique et la disparition, en haut de la chaîne alimentaire, d'espèces telles que les poissons et les oiseaux.
- La multiplication des décharges sauvages, recevant tous types de déchets solides (ménagers, hospitaliers et industriels), contribue aussi à la pollution des eaux

superficielles et souterraines. Elle favorise la prolifération de certaines espèces, comme le goéland brun ou le goéland argenté (*Larus fuscus*, *Larus argentatus*). Selon plusieurs spécialistes, une dilatation des niches écologiques altère la diversité spécifique (B. BRUN, 2000). Des données recueillies par les Services d'Hygiène Communales montrent que les plaines de la Macta, de Sig et de l'Habra regroupent un total de 25 décharges dont 8 sauvages et 7 autorisées mais non contrôlées. Ces sites reçoivent tous les types de déchets, sans tri ou traitement préalables.

- Les usines réfractaires déversent à longueur d'année des tonnes de rejets de déchets industriels dans les zones humides pourtant protégées par la convention de Ramsar (Iran), signée par le gouvernement le 2 février 1971. Il s'agit des usines polluantes implantées dans la localité d'Arzew, où se concentre le gros de ces entités industrielles. En l'absence d'un système de régulation des zones humides, le monde industriel, submergé par ses propres déchets toxiques, en laisse partout. Il est extrêmement important de protéger les zones humides afin de préserver la végétation et les oiseaux qui jouent un rôle majeur dans le cycle de l'oxygénation de cette région. Déjà au début des années 1980, les spécialistes de renom, Ledant et Van Dick, ont tiré la sonnette d'alarme sur la nécessité d'abandonner tout projet industriel dans la région avifaune des zones humides.
- Outre la pollution d'origine terrestre, les pollutions marine et atmosphérique, générées par l'industrie pétrochimique le long du golfe d'Arzew, pourraient aussi avoir des conséquences irréversibles sur la zone humide de la Macta si des mesures ne sont pas prises.
- Au cours des quarante dernières années, plus de la moitié de la zone humide de la Macta ont disparu par assèchement, destruction ou prise en culture. Les forêts des Tamaris qui recouvraient plus de 1 500 hectares au siècle passé ont presque totalement disparu, seules subsistent des broussailles localisées principalement le long des oueds de la Macta. En l'absence d'un système de régulation de la zone humide, le monde industriel, submergé par ses propres déchets, en laisse partout.
- La Macta est lasse de recevoir toutes sortes de scories, d'ordures et de déchets toxiques, détruisant ainsi doucement mais sûrement l'écosystème. "La disparition des bois de Tamaris est en train d'entraîner la destruction de certains milieux avifaunes. Il en va de même surtout pour le littoral de la Macta où le couvert

forestier de la partie dunaire de l'Est est fortement dégradé", avertit un spécialiste avifaune. (GHOBANI T. 2009).

- Quant à l'estuaire de Mers El-Hadjadj, il subit la dégradation des émanations de gaz naturel et propane, des plagistes et des touristes peu regardants sur l'environnement. Dans notre sillage, des riverains angoissés nous invitent à faire un long tour. Sur des centaines d'hectares, s'étalent à perte de vue les zones humides de la Macta : oued Macta, plaine de la Macta, marais de la Macta, oued Habra, marais de Mengdoub, oued Tinn, oued Tlelat, mare de Boufatis, sebkha d'Arzew, lac de Telamine, lac des Gharabas, oued Sig. (GHOBANI T. 2009).
- Outre l'habitat, ces régions comportent à la fois des plans d'eau, des marais et des steppes plus ou moins humides situées en général en dessous de 9 mètres et en plein lit de l'oued hammam
- Autre variante, la variation du niveau de base (rivage). comme la zone est située sur la cote, elle est sujet de tempête et de houle littoral (courant de dérive littoral).
- Cette zone humide se trouve sujet de pollution multi-sources.

3. Cartographie de la pollution potentielle des eaux de surfaces

Selon le travail élaboré par (M. Balestrat 2006), nous avons établi notre travail selon les données disponibles, la démarche suivie est représenté dans l'organigramme suivant :

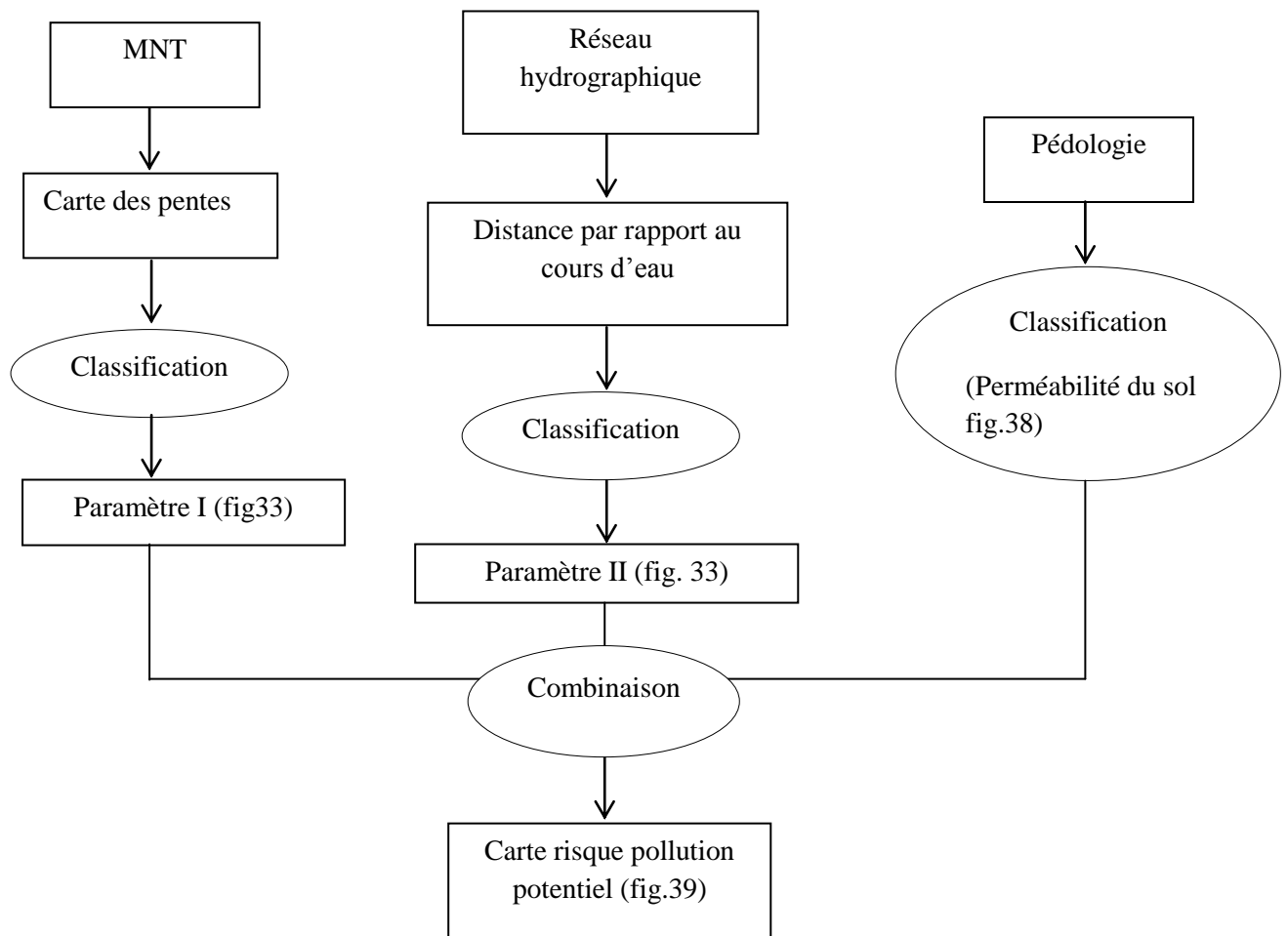


Fig. 37 : organigramme de la démarche utilisée

3.1. Constitution des indicateurs de sensibilité du milieu

- **Pente** (voir fig.31) et **Distance aux cours d'eau** (voir fig. 33) (même paramètres utilisé dans la cartographie du risque d'inondation)
- **Pédologie** :

Les principaux modes de transport des pesticides sont le ruissellement de surface, les écoulements latéraux sous la surface du sol sur une couche moins perméable ou le drainage agricole. Le transfert peut se faire soit sous forme soluble dans l'eau de ruissellement, soit sous forme absorbé e aux particules de sol érodé. Les produits présents sur les surfaces

végétales empruntent préférentiellement la voie soluble, tandis que ceux présents à la surface du sol sont entrainés dans des phénomènes complexes de désorption, diffusion, turbulence, dissolution et érosion (Balestrat).

Au regard des types d'écoulement, nous avons noté les types de sol, selon leur importance dans le mécanisme de transfert des pesticides en nous appuyant sur l'étude de (Boulaine, 1955) nous avons établi le tableau suivant :

dc	fort
da	
dcl	
db	
Dcl+ cl	moyen
Rm+ cc	
Croute greseux calcaire	
sjk	faible
ab	
m+sjk	
rm	
Sol de marais	
sk	
Rm+cc	

Tableau 05 : classification pédologique

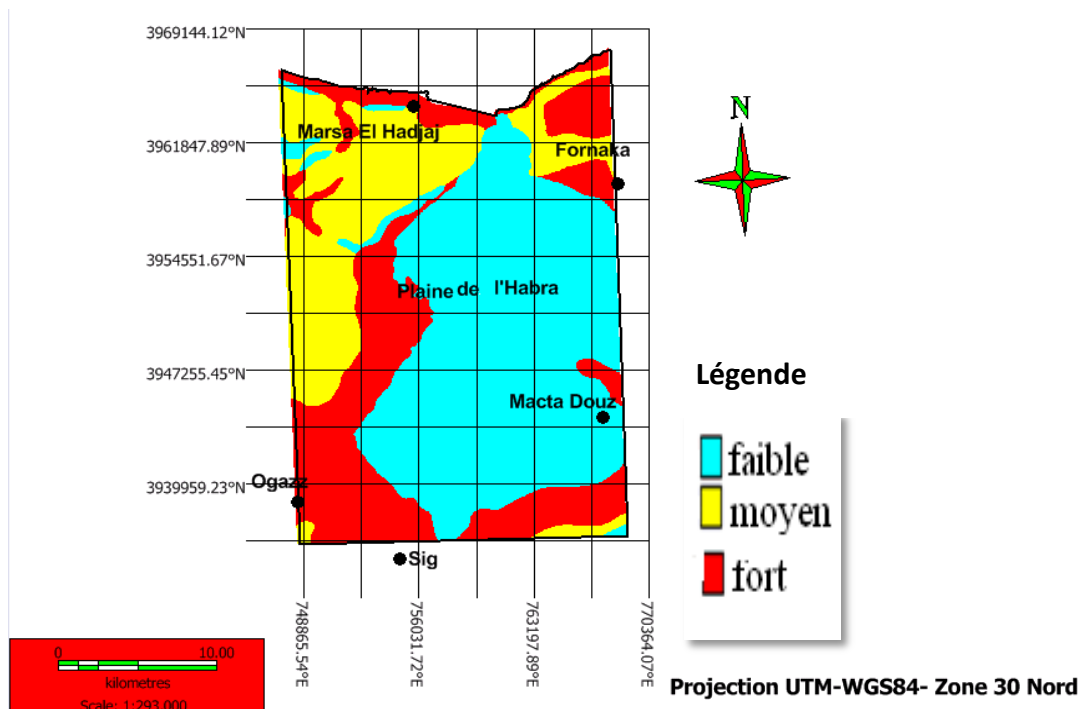


Fig. 38 : carte lithologique classée

- **Carte du risque de pollution potentielle des eaux de surface**

La carte du risque potentielle de pollution (fig. 39) a été réalisée après la combinaison des cartes des trois paramètres utilisés dans notre étude, pentes (fig. 31), distance au cours d'eau (fig. 33) et pédologie (fig. 39).

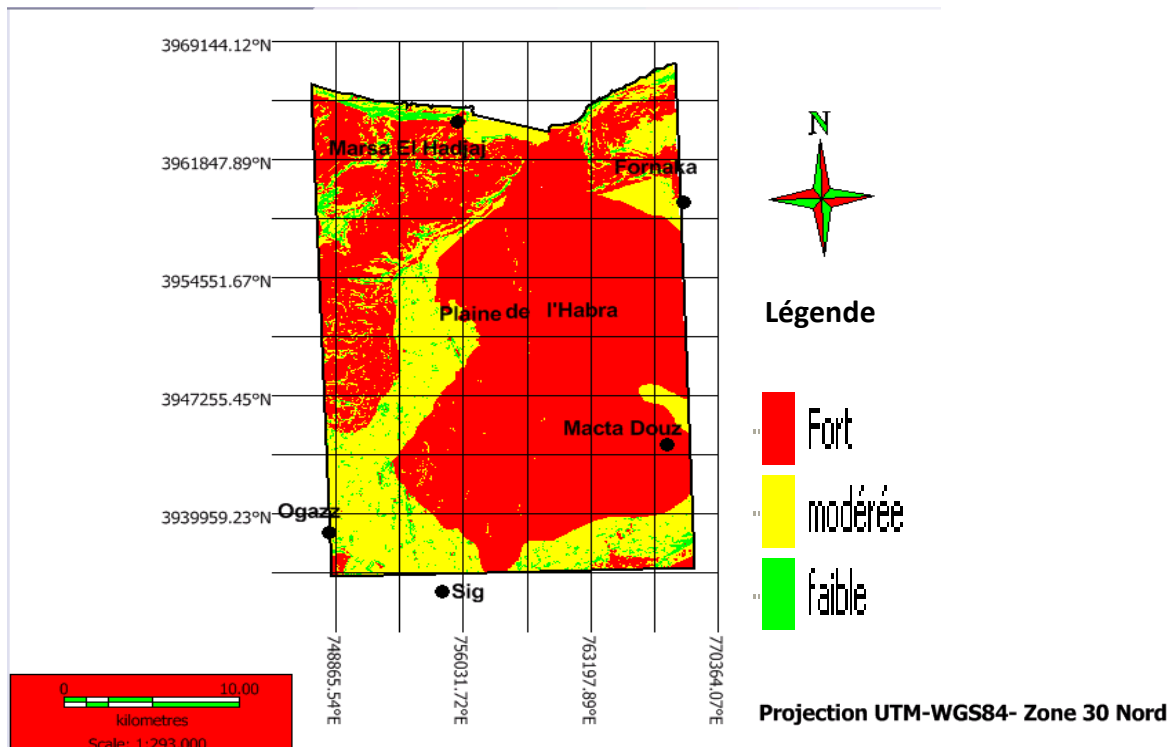


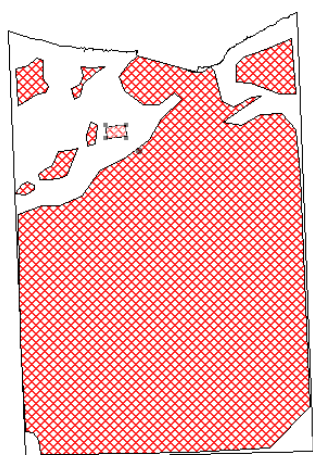
Fig. 39 : carte risque de pollution potentielle des eaux de surface

Carte multirisque

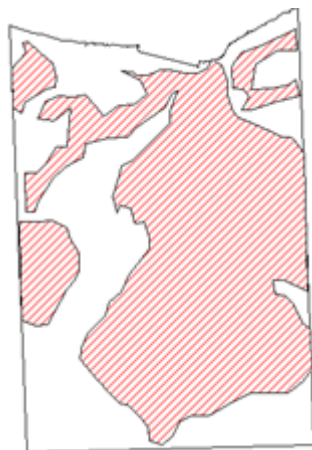
• Elaboration de la carte multirisque :

L'estimation du risque multicritères fait partie de la combinaison des trois cartes (carte du risque inondation, pollution potentiel des eaux de surface et sismique) ; suite au croisement du degré des trois risques (fort, moyen et faible) nous avons réalisé la carte multirisque de la région d'étude (fig. 40).

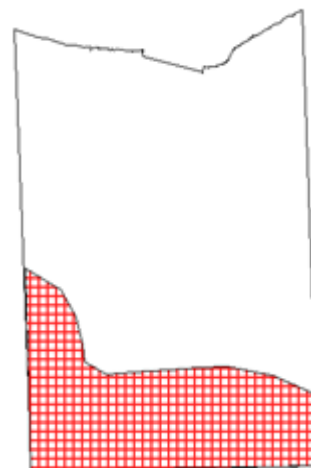
1 Les risques forts



a) Inondation



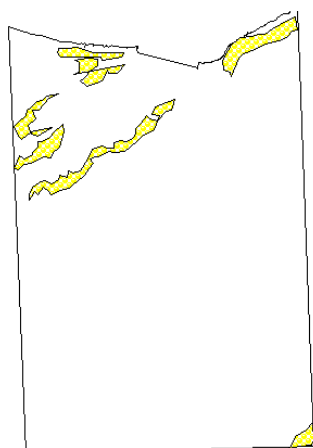
b) pollution



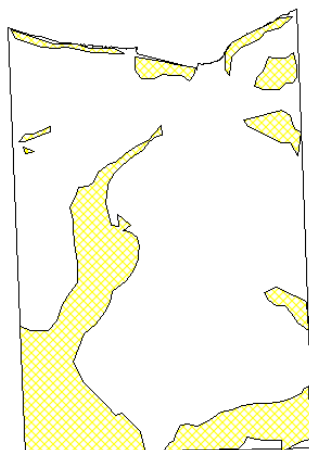
c) sismicité



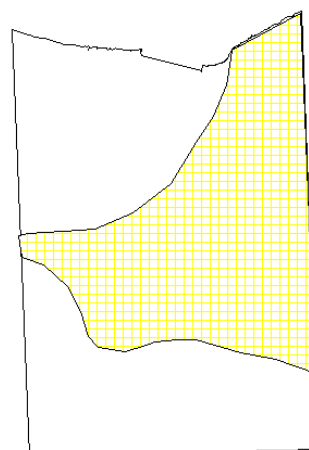
2 Les risques faibles



a) Inondation



b) pollution



c) sismicité

Carte multirisque

3 Les risques faibles

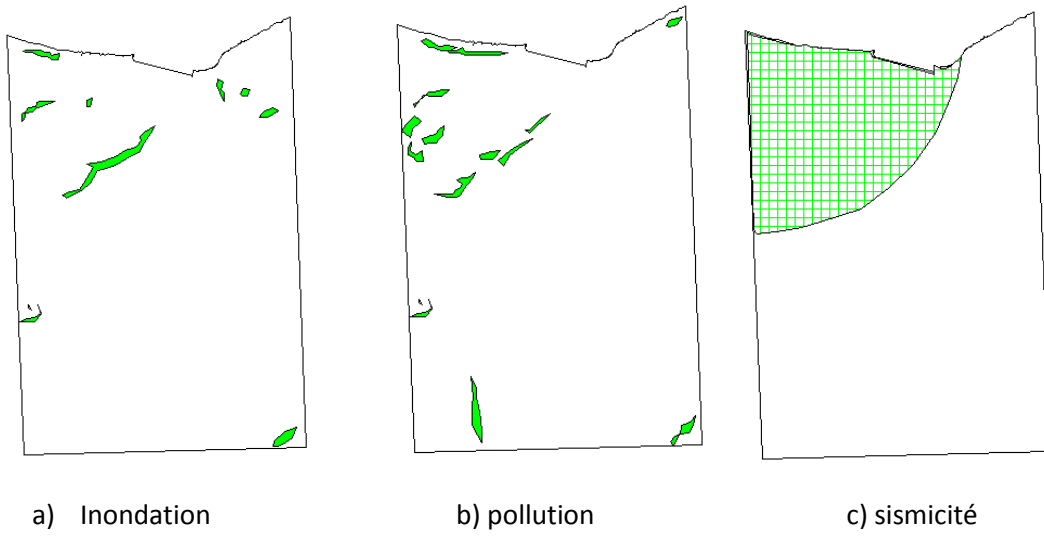


Fig. 40: (1, 2, 3) distribution des risques

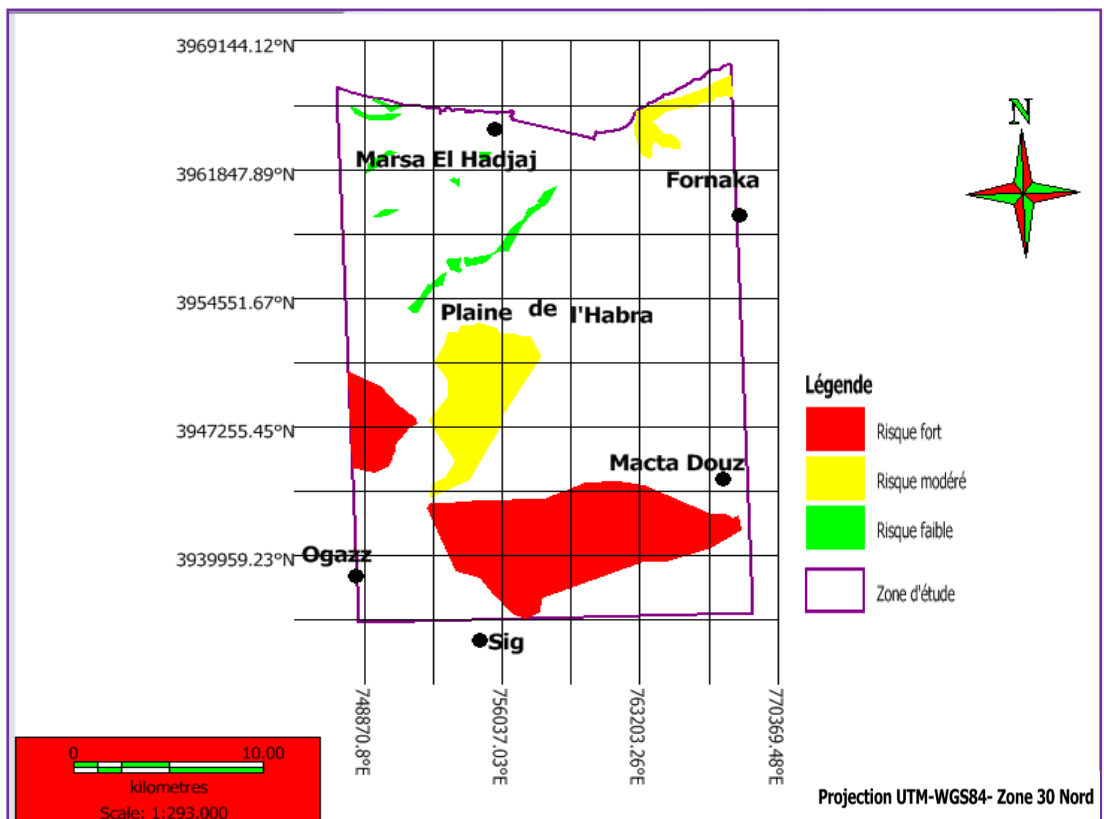


Fig. 41 : carte multirisque de la zone d'étude

Carte multirisque

- **Interprétation du résultat :**

D'après l'interprétation de la répartition du risque multicritère, la région se divise en trois zones définies :

- Zone à risque fort se situe entre le centre de la plaine d'El Habra et le Nord de la région de Sig.
- Zone à risque modéré se situe au centre de la plaine d'el Habra et la région Est (nord de Fornaka).
- Zone à risque faible se situe au Nord-Ouest de la plaine d'El Habra

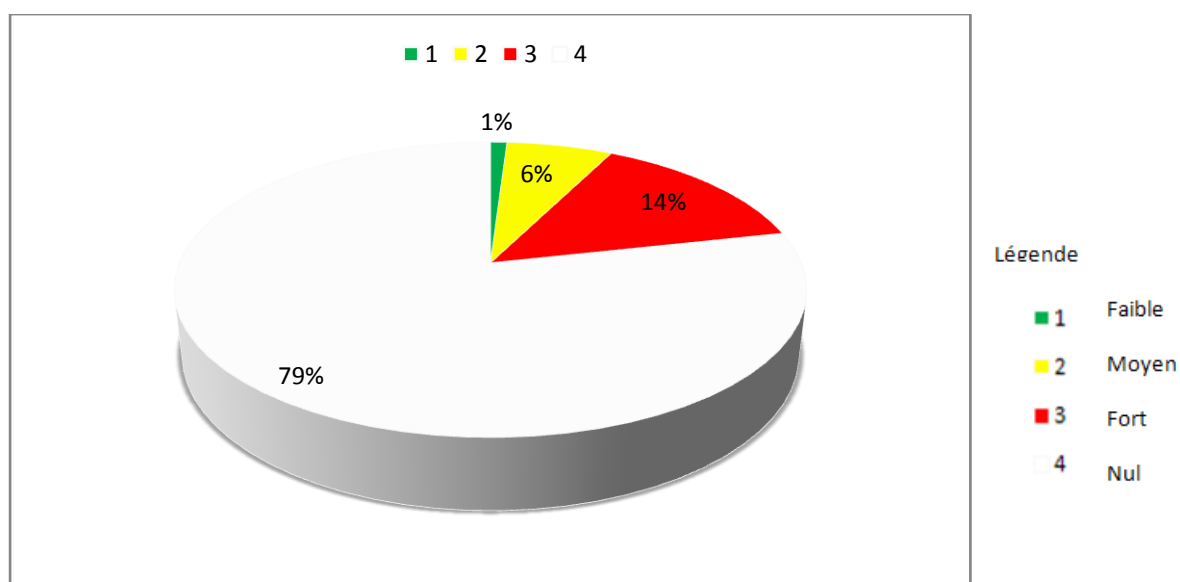


Fig. 42 : répartition des risques étudiés de la région d'étude

Conclusion et recommandations générales

Conclusion et recommandations générales

A travers l'étude que nous avons présenté, l'occasion nous a été donné de découvrir l'efficacité et la nécessité de l'outil informatique dans le traitement, l'analyse et la présentation des résultats.

L'utilisation simultanée des logiciels appropriés comme SAGA, IDRISI SELVA, MAP INFO 11, SURFER 11, ont montré combien il était nécessaire et difficile d'aborder un problème aussi crucial vu la complexité des paramètres responsables des dysfonctionnements de nature.

Si on se limite aux trois aspects étudiés dans le cadre du thème choisi, la sismicité, les inondations et la pollution, nous dirons sans hésitation que les deux derniers représentent pour nous la préoccupation majeure.

Les séismes étant imprévisibles, l'homme et la science sont restés impuissants en matière de lutte et de prévention ; par contre là où l'homme a une grande part de responsabilité dans la dégradation de son espace vital c'est bien la pollution qu'il produit à une cadence exponentielle et les inondations où il est en train de dépasser les causes naturelles.

La région de la Macta, à l'instar de toutes les régions côtières d'Algérie, qui se trouvent à proximité des grandes métropoles, (Oran, Mostaganem, Arzew, Alger, Skikda, Annaba), jouent le rôle de réceptacle à tout ce qui est rejet domestique ou industriel. Il faut ajouter à cela la situation géomorphologique de la Macta qui occupe une grande partie de l'exutoire de tous les bassins versants des régions de Mascara, Sig et Mostaganem.

La combinaison des trois cartes de risque (sismique, inondation et pollution), nous a permis de finaliser notre travail avec la réalisation de la carte multirisque de la zone d'étude.

La carte multirisque obtenu nous a permis de concevoir les risques potentielles dans cette région, la répartition des risques étudiée varie de :

- Les régions à risque faible présentent 1% du total
- Les 6% concernent les régions à risques moyens
- Les 14% pour les régions à fort risque
- Les risques étudiés sont présents dans les 79% de la région mais à différents degrés

Conclusion et recommandations générales

La région présentant un risque moyen à fort, l'étendue de ces zones mérite un suivi et une surveillance en vue de sécuriser les populations et les infrastructures socio-économique de la région.

La vulnérabilité de la région de la Macta semble s'accroître de jour en jour avec les avancées urbanistiques et industrielles des agglomérations avoisinantes. Ces avancées sont en train de « phagocyter » tous les espaces restés inoccupés jusqu'à présent ignorant toutes les conséquences désastreuses qui peuvent en découler.

En définitif, nous ne saurions insister sur la nécessité de donner une priorité à ce genre d'études (cartographie par les SIG) afin de mettre à la disposition des décideurs des documents les aidant à prendre les orientations qui s'imposent.

La connaissance et la manipulation de logiciels appropriés à ce genre d'étude s'imposent à plus d'un titre.

Les rejets industriels et l'urbanisation sauvage constituent à notre avis les deux dossiers qui mériteraient une attention particulière pour la région de la Macta.

Références bibliographiques

- **FREDERIC L., Nancy M et FREDDY V. (2010)** – aléas naturels et gestion des risques, édit. PUF (presse universitaire de France, 2010), pp 95-99
- **HAMMOUDI A.K., BENZAZA A.M. (1998)** – l’embouchure de la Macta approche globale par un système d’information géographique, Mem. Univ. Oran.
- **NADJI A. (2010)** - étude sismotectonique du littoral oranais – contribution à l’aléa sismique.Th. Univ. Oran.
- **PERRODON A. (1957)** – étude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l’Algérie occidentale. Th. Univ. Oran, pp 257-261
- **STEINBERG J. (2010)** – cartographie systèmes d’information géographique et télédétection. Edit. Cécile Geiger.

Webographie

- **AMEUR N. (2001)** – fiche descriptive sur les zones humides ramsar[en ligne]. Disponible sur <http://sites.wetlands.org/reports/ris/1DZ011fr.pdf>
- **BALESTRAT M. (2006)** – usage de la télédétection et du Sig pour construire une méthode d’évaluation du risque potentiel de pollution diffuse des eaux de surface par les produits phytosanitaires, adaptée au transfert d’échelle spatiale sur les coteaux de gascogne (Gers), RAPP. (PDF)
- **BOULAIN J. (1955)** – notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d’Algérie [enligne]. Disponible sur http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00000229_001.pdf
- Etude de l’assainissement du périmètre de l’Habra : dossier A1 études du milieu[en ligne]. Disponible sur http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i26398_001.pdf
- **GHOBIANI T., AMOKRANE K.**, la zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l’Algérie[en ligne]. Disponible sur <http://physio-geo.revues.org/3228>
- **LAID K., CHIKH M.** – système d’information environnementale approche globale par un système d’information à référence spatiale (SIRS) et la télédétection pour analyse, spatialisation et suivi de l’environnement – application et suivi de l’environnement – application à la wilaya d’Oran[en ligne]. Disponible sur http://www.reseautd.cict.fr/alger/Articles_PDF_apres_correction_et_evaluation/A17_Kamel-Laid_JAS09.pdf

- **MEDDI M., TALIA A., MARTIN C.** –évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (nord ouest de l'Algérie)[en ligne]. Disponible sur <http://physio-geo.revues.org/686>
- **Ministère de l'écologie et du développement durables (MEDD)** – les inondations[en ligne]. Disponible sur http://90.80.175.228:8080/GEIDEFile/49_dossier_d_information_inondation_v1_2.pdf?Archive=191449191962&File=49_dossier-d-information-inondation-v1-2_pdf
- **SALEY M. B., KOUAME F. K., PENVEN M. J., BIEMI J., KOUADIO H. B. (2004)** – cartographie des zones à risque d'inondation Dans la région semi-montagneuse à l'ouest de La côte d'ivoire : apports des MNA et de L'imagerie satellitaire[enligne].Disponible sur <http://www.teledetection.net/upload/teledetection/pdf/20051024135538.pdf>
- <http://mohammadia.forumactif.org/t166-marais-de-la-macta>
- <http://dzairinfos.com/article/une-equipe-de-specialistes-de-canadiens-evalue-les-degats-a-arzew-des-dechets-in>