



Année Universitaire : 2014-2015



Master Sciences et Techniques : Hydrologie de Surface et Qualité des eaux

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Préparation des couches des paramètres de cartographie
des zones potentiellement inondables dans le bassin
versant de Guelmim**

Présenté par:

Mlle. Soukaina MANSOUR

Encadré par:

**-Mr Lahcan BENAABIDATE, FST-Fès
-Mr Zine EL Abidine ELMORJANI,**

Soutenu le 30 Juin 2015 devant le jury composé de:

**-Mr. Benabidate L.,
-Mr. El Morjani, Z.,
-Mr. Lahrach A.,
-Mr. Chaouni A.,**

Stage effectué à : Faculté des sciences d'Agadir

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail,

A mes parents,

Qui m'ont toujours entouré de leur amour et de leur tendresse.

Sans votre bonne éducation et vos nobles sacrifices je ne serai jamais.

Arriver là où je suis aujourd'hui.

A mes sœurs et frères,

Je vous dédie ce travail en témoignage des liens solides et intimes qui nous unissent en vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

A tout(es) mes fidèles amis(es),

Que notre amitié puisse durer éternellement. Puisse ce travail vous exprime mes souhaits de succès.

A tous ceux qui m'ont soutenu et qui me soutiennent encore,

Veillez accepter mes meilleurs vœux de prospérité.

Remerciements

Tout un travail réussi dans la vie nécessite d'abord la bénédiction d'ALLAH, et ensuite l'aide et le support de plusieurs personnes. Je tiens donc à le remercier en premier degré ensuite à adresser ma reconnaissance à toute personne qui m'a aidé de loin ou de près afin de réaliser ce travail.

Tout d'abord, j'adresse mon grand amour à mes parents ; ma mère pour sa tendresse et son sacrifice et mes frères et sœurs, c'est grâce à leur amour et leurs sacrifices que ce mémoire a été mené à bonne fin. Mon plus grand souhait dans cette vie, c'est de les voir toujours à côté de moi, en bonne santé ,heureux et que la paix soit avec eux.

Ensuite, je tiens à remercier très vivement mes encadreurs du mémoire, Monsieur **Lahcan BENAABIDATE** et Monsieur **Zine EL Abidine ELMORJANI**, pour ses qualités humaines et scientifiques. Je ne pourrai jamais oublier leur gentillesse, leur générosité, leur esprit de recherche et leurs commentaires efficaces. Un grand merci de m'avoir donné la chance de réaliser ce modeste travail.

Puis, je remercie les membres de jury pour le soutien et l'intérêt qu'ils ont portés à ce travail .

Après, mes remerciements vont également à l'ensemble de mes enseignants en graduation et en post graduation qui m'ont orienté vers le bon chemin de recherche et restaient disponibles à tout moment.

Et en fin, je remercie encore fois et de tout mon cœur tous les responsables de l'agence bassin hydraulique de Souss-Massa-Draâ et Guelmim , ainsi que tous mes amis pour l'appui moral qu'ils m'ont témoigné.

Résumé

La problématique des risques naturels en général et des Inondations en particulier est un sujet d'actualité qui marque une action mémorable dans le Maroc et spécifiquement en Guelmim, notamment au regard des dernières grandes crues catastrophiques. En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens disponibles possibles.

Dans ce travail, on a exposé la préparation des couches des paramètres de cartographie des zones potentiellement inondables dans le bassin versant de Guelmim par la méthode de spécialisation des zones d'inondation basé sur le type du sol, géologie ,couverture du sol, ainsi les précipitations et des MNT du bassin versant à travers les différents oueds qui drainent la ville ,en appuyant sur la contribution du système d'information géographique (Arc Gis) comme outils de cartographie des zones exposées. Cette cartographie semble comme l'un des moyens très efficace dans le cadre d'une gestion efficiente ; elle peut servir comme document de base aux pouvoirs publics pour définir les règles générales concourant à une meilleure gestion de l'espace urbain tout en constituant un moyen d'information de la population sur les risques d'inondations et un outil d'organisation aux décideurs qui sont pas forcément techniciens, et dont à eux appartient le choix final de la stratégie de lutte contre le risque inondation.

Mots clés : Cartographie, Aléa, Inondation ,Guelmim.

Summary

The problem of the natural risks in general and the Floods in particular is a subject of topicality which marks a memorable action in Maroc and specifically in Guelmim , in particular taking into consideration last great catastrophic risings. As a result , the management of this risk becomes more and more a need which must include e all the actors and all the mean s available possible.

This cartography seems as one of the methods very effective within the framework of an efficient management, it can be used Like background document for the public authorities to define the general rules contributing to a better management of urban space while constituting information means of the population on the risk s of floods and a tool of organization in the decision maker s who are not inevitably technicians, and who se to them returns the final choice of the fight plan against the flood risk

Key words: Cartography, Risk.

Table des matières

Dédicaces.....	1
Remerciements.....	2
Résumé.....	3
Introduction générale.....	11

Chapitre 1 : Généralités

1. Situation administrative et géographique.....	13
1.1. Sur le plan administratif.....	13
1.2. Sur le plan géographique.....	16
2. Caractéristique sociales de la ville de Guelmim	16
2.1 Population.....	16
3. Aménagement du territoire.....	17
3.1 Urbanisme.....	17
3.2 Routes et communication.....	17
4. Secteur d'assainissement de la ville.....	18
5. Activités économiques.....	19
5.1 Le secteur primaire.....	19
5.1.1 Agriculture et élevage.....	19
5.1.2 L'activité minière.....	20
5.2 Le secteur secondaire.....	20
5.3 Le secteur tertiaire.....	21
5.3.1 Commerce.....	21
5.3.2 Tourisme.....	21
6. Caractéristiques physiques	21
6.1 Pédologie	21

6.2 Topographique.....	22
6.2.1 Altitude.....	22
7. Milieu physique et biologique.....	23
7.1 Biodiversité.....	23
7.1.1 Les Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique exceptionnels.....	23
7.2 Zones humides.....	23
8. Erosion, désertification et ensablement.....	24
9. Cadre géologique de la plaine de Guelmim	25
9.1 Structure de la zone d'étude	26
9.1.1 Lithostratigraphie.....	26
9.1.1.1 Zone du socle.....	26
9.1.1.2 Terrains plioquaternaires de Guelmim	28
10. Cadre Climatologique	30
10.1 Données climatiques	30
10.1.2 Précipitations	30
10.1.3 Température.....	32
10.1.4 Evaporation.....	33
10.1.5 Vents	33
11. Ressources en eau, hydriques et besoin en eau	34
11.1 Ressources en eau de surface.....	34
11.1.2 Caractéristiques physiques des bassins versants	35
11.1.3 Débits hydrologiques des sous bassins versants.....	37
11.2 Ressources en eau souterraines.....	39
11.2.1 Nappe phréatique de la plaine de Guelmim.....	40
11.2.2 Les nappes profondes	40
11.2.2.1 Aquifère Adoudounien.....	40
11.2.2.2 Aquifère Géorgien	41
11.2.2.3 Les nappes alluviales.....	42
11.2.2 Eaux non conventionnelles	42

11.3	Besoin en eau	42
11.3.1	Besoins en eau potable et potable et industrielle	42
11.3.2	Besoins agricoles.....	43
11.3.3	Besoins environnementaux.....	44
11.4	Aménagements hydro-agricoles.....	45
11.4.1	ouvrages réalisés.....	45
11.4.2	ouvrages en projet.....	46
11.4.2.1	Mobilisation des eaux de surface.....	46
11.4.2.2	Mobilisation des eaux souterraines.....	47

Chapitre 2 : Méthode de préparation des couches des paramètres de cartographie des zones t inondables

1.	Démarche de cartographier du risque inondation.....	50
1.1	La méthode pour la spécialisation des zones inondables.....	50
1.1.1	Couverture de sol	51
1.1.2	Précipitations	52
1.1.3	MNT.....	54
1.	Altitude.....	54
2.	Pente.....	55
3.	Le réseau de drainage	57
1.2	Le poids pour chaque plan d'information	58
1.3	Résultats	60
Conclusion	61

Liste des tableaux

Tableau 1. Découpage administratif de la zone d'étude.....	14
Tableau 2 : Evolution de la population (RGPH, 2004).....	16
Tableau 3: Quantité des rejets liquides rejetés en 2012.....	18
Tableau 4 : Quantité des déchets solides rejetés en 2012.....	18
Tableau 5 : Effectif du cheptel.....	20
Tableau 6: Moyenne annuelle des jours de pluie.....	31
Tableau 7: Valeurs moyennes et maximales des précipitations maximales	31
Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles du bassin de Guelmim.....	31
Tableau 9: Températures moyennes à Guelmim.....	31
Tableau 10: paramètres physiques des bassins versants.....	35
Tableau 11: Récapitulatif global des apports en eau de surface actualisés.....	36
Tableau 12 : Débits hydrologiques des sous bassins versants.....	38
Tableau 13: Récapitulatif global du potentiel en eaux souterraines (Mm³).....	41
Tableau 14 : Besoins en eau potable et industrielle.....	42

Tableau 15: Projections de la demande en eau agricole (Mm³/an).....	44
Tableau 16: Besoins approximatifs pour les ceintures vertes.....	45
Tableau 17: reclassification de la couverture du sol de 1 et 5.....	51

Liste des figures

Figure 1 : Carte de découpage administrative de la province Guelmim.....	14
Figure 2 : Provinces du bassin hydraulique du Guelmim.....	15
Figure 3 : Evolution de la population dans la province.....	16
Figure 4 : Occupation des sols par type de culture.....	19
Figure 5 : Les différents types de sols dans la province de Guelmim.....	22
Figure 6: Colonne lithostratigraphie schématique du bassin de Guelmim.....	29
Figure 7 : Carte géologie de la zone d'étude.....	30
Figure 8: Pluie moyennes mensuelles du bassin de Guelmim.....	32
Figure 9: Découpage en bassin versant de Guelmim.....	34
Figure 10: Ressources en eau de surface.....	37
Figure 11 : Carte de couverture du sol de la zone d'étude.....	51
Figure 12 : reclassification de couverture du sol.....	52
Figure 13: Carte de pluviométrie moyenne de la zone d'étude.....	53
Figure 14: Carte de pluviométrie de la zone d'étude selon la reclassification de 1 et 5...	54
Figure 15 : Modèle numérique de terrain.....	55
Figure 16 : Carte de pente de la zone d'étude.....	56
Figure 17 : carte de reclassification de pente de 1 et 5.....	57
Figure 18 : Carte de réseau hydrographie de la zone d'étude par rapport au bassin.....	58
Figure 19 : Carte reclassification de réseau hydrographie de 1 et 5.....	59

Introduction

L'eau peut être une aubaine comme elle peut être une source de problèmes ; elle engendre des situations contradictoires d'une fois de pénuries et d'autre fois d'inondations. Pour ce dernier cas, sa gestion a une importance capitale dans le développement de l'occupation du territoire.

De ce fait, les inondations sont les catastrophes naturelles les plus spectaculaires qui produisent le plus de dégâts matériels et humaines.

Dans les pays en voie de développement comme le Maroc, les inondations ont marqué comme l'une des catastrophes naturelles les plus nombreuses dont plusieurs étaient dévastatrices, les plus récentes sont : l'inondation de Guelmim 2014.

Au niveau du bassin versant de Guelmim, les inondations constituent un réel danger à cause des nombreux oueds et des talwegs dormants qui drainent les eaux de ruissellement des massifs à forte pente, provoquent des pluies torrentielles en période de fore pluie ou d'orage d'été, ils sont au nombre trois cours d'eau :

- Oued Oum laâcher (principal cour d'eau)
- Oued Aman Ouchen et Assif Ouzrou, ainsi que les neufs chaâbas à partir de Jbel Tayart. Ces derniers (le chaâbas) sont drainées par deux canaux qui dévient l'eau vers l'aval de la ville l'un vers Assif Ouzrou et l'autre vers Aman Ouchen. Un problème qui réside cependant au niveau d'Oued laâchar.

D'après mon mémoire de fin d'étude, nous allons faire d'abord un inventaire général de la zone d'étude sur le plan administratif, socioéconomique et une présentation des caractéristique physiques, ensuite le milieu physique et biologique, par la suite l'érosion, désertification et ensablement, la géologie.

Nous allons par la suite faire, l'étude du cadre climatologie, hydrologie.

La Préparation des couches des paramètres de cartographie des zones potentiellement inondables dans le bassin versant de Guelmim vont nous permettre de réaliser par l'outil SIG des cartes de précipitation, altitude, pente, réseau hydrographie.

Ce travail vas aboutir par des recommandations qui serviront par la suite aux décideurs pour définir les niveaux de protections à apporter aux aménagements existants.

Chapitre 1 :

Généralités

1. Situation administrative et géographique

1.1. Sur le plan administratif

Selon le découpage administratif, la province de Guelmim a été créée par le Dahir n°1-74-688, le 3 avril 1975. Elle fait partie de la région de Guelmim-Es Smara et s'étale sur une superficie de 9690 Km². Elle comprend 4 cercles (Laqsabi, Guelmim, Bouizakarne, Fask), et 20 communes dont 2 communes urbaines (Guelmim et Bouizakarne).

Elle est limitée au Nord par la province de Sidi Ifni, à l'Est par celle de Tata, au Sud par la province de Assa Zag et Tan tan et à l'Ouest par l'Océan Atlantique.

Le bassin de Guelmim s'étend sur la majorité de la province de Guelmim et intègre partiellement des parties relevant des provinces de Tiznit et de Tata:

- **Province de Guelmim** : elle couvre 8650 km² soit 84% de la superficie totale du bassin. Elle comprend les municipalités de Guelmim et de Bouizakarne et dix huit communes rurales ;

- **Province de Tiznit** : elle occupe 1300 Km² de la superficie de ce bassin à l'extrémité nord, elle comprend douze communes rurales ;

- **Province de Tata** : représentée par une petite partie de la commune rurale Tamanart (256 km²);

- **Province d'Assa Zag** : le bassin inclut une petite partie de la commune rurale Aouint Yghomane (34 km²).

Région	Provinces	Nombre de cercles	Nombre de communes			Superficie km ²
			Urbaines	Rurales	Total	
Guelmim-Es Smara	Guelmim	4	3	18	21	8650
	Tata	1		1	1	256
	Assa-Zag	1		1	1	34
Souss Massa Draa	Tiznit	3		14	14	1300
	Total	9	3	34	37	10240

Tableau 1. Découpage administratif de la zone d'étude.

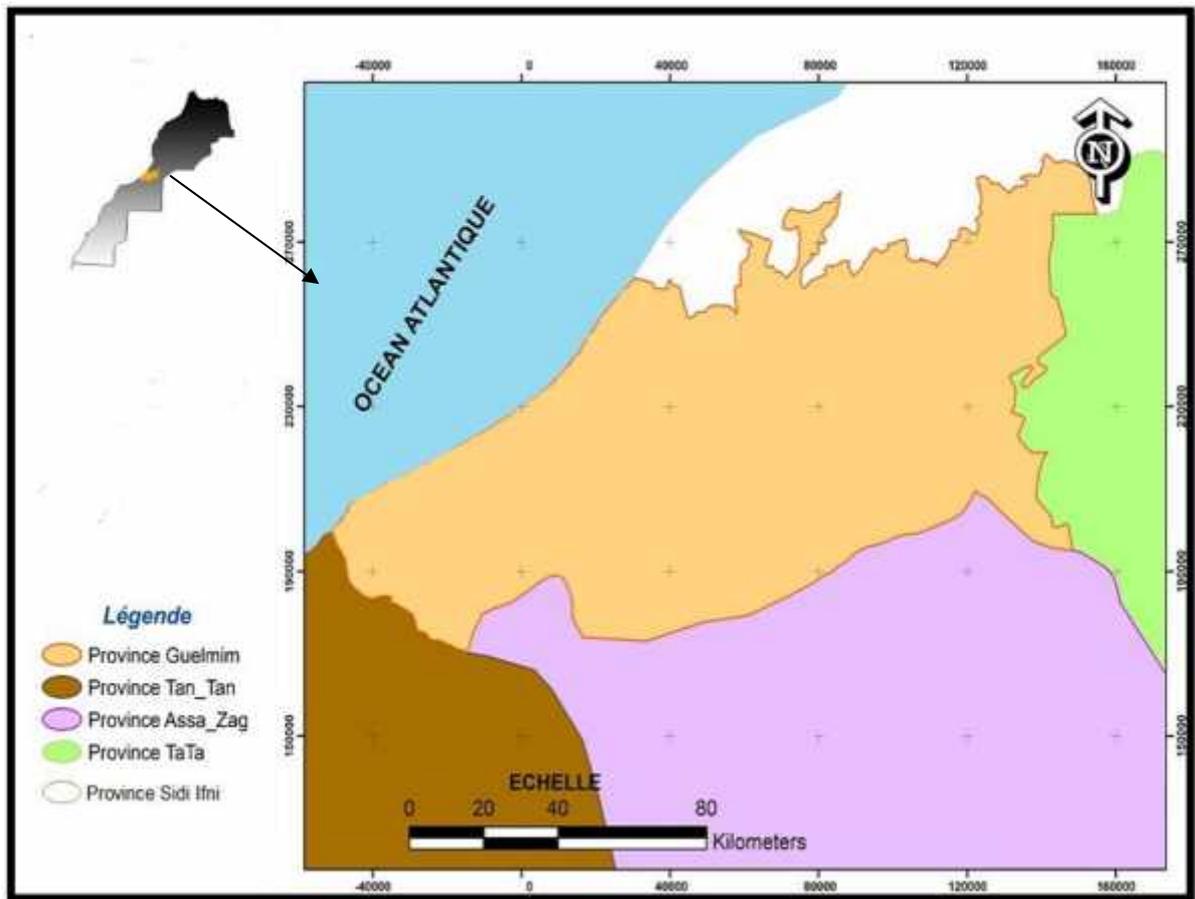


Figure 1 :Carte de découpage administrative de la province Geulmim.

L'aire de la présente étude correspond au Bassin hydrologique de Guelmim d'une superficie de 10240 km². Il est limité au Nord par le bassin hydraulique de Souss -Massa, à l'Ouest par l'océan Atlantique sur une longueur d'environ 120 km de côtes.

Au sud et à l'Est, la limite est soulignée par le bassin hydraulique de Draa, et s'étend essentiellement sur la province du même nom, qui fait partie de la région économique Guelmim- Essmara.

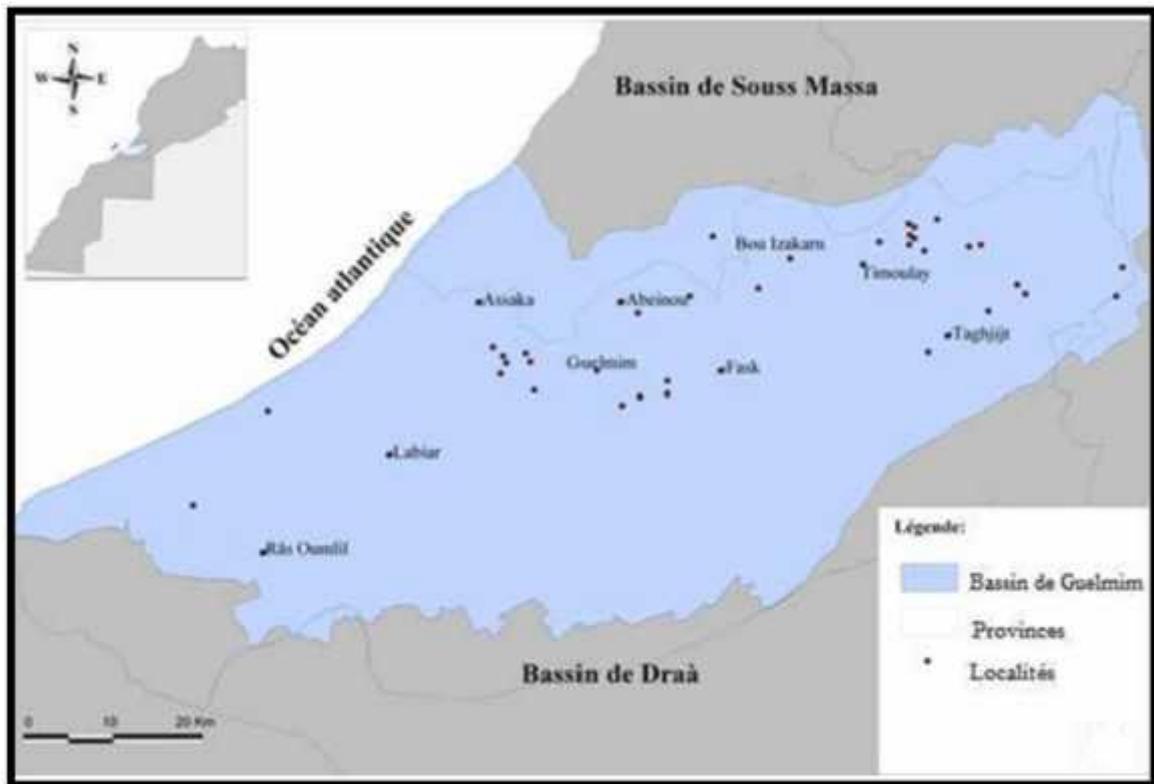


Figure 2 : Provinces du bassin hydraulique du Guelmim (ABHSMD, 2010).

La plaine de Guelmim fait partie de la chaîne de l'Anti-Atlas occidental et plus précisément du grand bassin hydraulique du Bas Draa. Elle se présente sous forme d'un synclinorium, dont le centre est représenté par le Jbel Tayert, et dont les bordures constituées :

- au Nord-Est par les plateaux d'Akhssas ;
- au Nord-Ouest par les premières chaînes du môle d'Ifni ;
- au Sud par le Jbel Taïssa, se continuant vers l'Ouest et le Sud-Est par les zones synclinales ouvertes vers Tan-Tan et le Bani.

Le Jbel Tayert qui occupe le centre de la plaine de Guelmim, sépare les bassins de l'oued d'Oum Al Achar au Nord et celui des oueds Seyyad et Ouerguennoun au Sud. Elle comprend plusieurs dépressions ou Feijas dont les plus importantes: -au Nord la grande «Feija interne» de Guelmim-Bouizakerne qui suit la retombée sud des calcaires primaires de l'Anti-Atlas ; elle va en s'élargissant d'Est en Ouest, jusqu'à atteindre 7 à 10 Km dans la vallée de l'oued Oum Al Achar, entre le massif d'Aït Ba Amrane et le Jbel Tayert ; son altitude varie de 600m au nord à 200m au sud ;

-au centre, la vallée de l'oued Seyyad-Ouerguennoun, constituée de massifs précambriens et géorgiens, forme une «Feija externe» large de 5 Km en moyenne ;

- au Sud ouest, le flanc nord du Jbel Guir-Taïssa, où apparaissent des gouttières étroites et parallèles entre les crêtes quartzitiques de la partie supérieure de l'Acadien et celles de l'Ordovicien des Aït Lahcen, atteignent 350 à 550 m d'altitude. (Choubert 1952 ; Dijon 1969)

1.2. Sur le plan géographique

Les Coordonnées géographiques sont :

Latitude : 28.979679° 0'0" nord.

Longitude : -10.061519999999973° 0'0" ouest.

2. Caractéristique sociales de la ville de Guelmim

2.1 Population

La population totale de ce bassin s'élevait, en 2004, à 166 685habitants dont 74% sont des ruraux. (Soit 0,56 %de la population totale du Royaume), répartis par milieu de résidence comme suit :(Recensement général de l'habitat, 2004):

– 114 714 habitants en milieu urbain (soit 0,7 % de la population urbaine du Royaume et 69 %de la population totale de la province) ;

– 51 971 habitants en milieu rural (soit 0,39%de la population rurale du Royaume et 31 %de la population totale de la province) ;

Le taux d'accroissement moyen est de 1.26 % Le tableau suivant illustre les résultats du recensement de 2004 :

1994		2004		Taux d'accroissement
Population	Ménages	Population	Ménages	1.26%
147124	25279	166685	32272	

Tableau 2 : Evolution de la population (RGPH, 2004).

Le taux de croissance de la Province 1994 et 2004 est légèrement inférieur au taux de croissance moyen du royaume (1.4 %). La densité de la population est estimée à 17 habitants/km².La tendance future de la population est indiquée dans le graphique suivant :

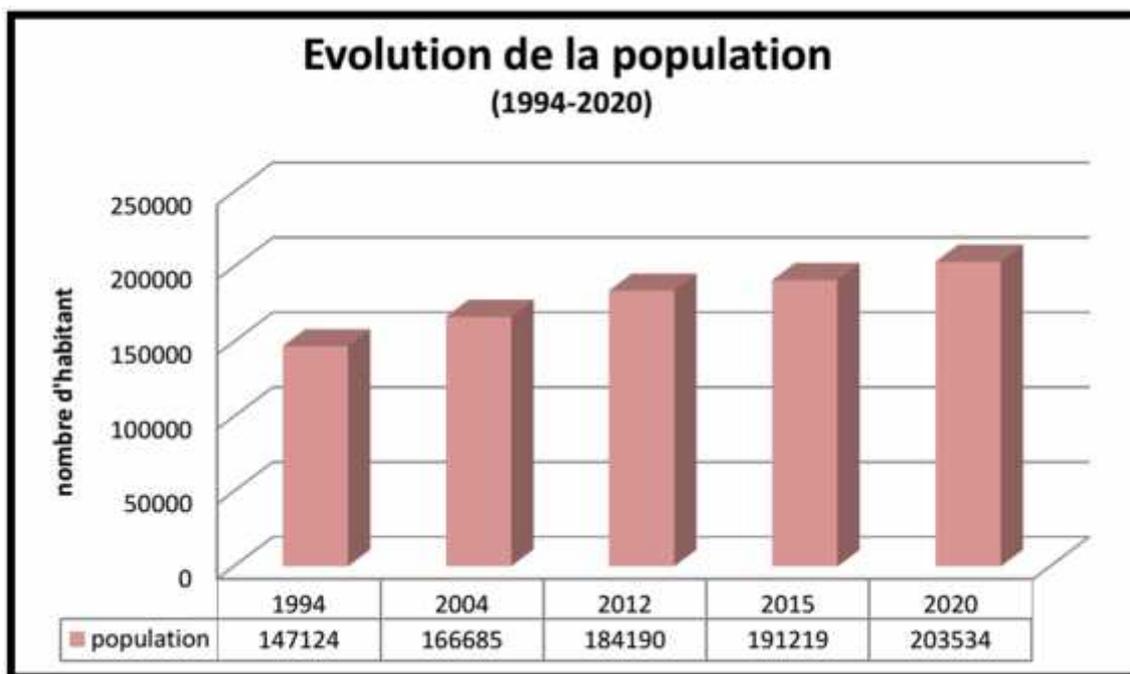


Figure 3 : Evolution de la population dans la province

La population évoluera de 166 685 habitants en 2004 à 203534 habitants en 2020, soit une augmentation de 36849 habitants en 16 ans.

3. Aménagement du territoire

3.1 Urbanisme

La province de Guelmim est caractérisée par une urbanisation rapide. En effet, au lendemain de la marche verte, ces régions ont bénéficié d'investissements considérables dans différents domaines en rapport avec l'urbanisation, notamment l'implantation de nombreux équipements collectifs.

Avec le développement de l'urbanisation, la province de Guelmim a connu le lancement de six opérations de lotissement et la restructuration de six quartiers au niveau de la ville de Guelmim. Le programme des lotissements vise l'équipement d'environ 43 hectares et la production de 1762 unités.

3.2 Routes et communication

La position géographique de la province de Guelmim, en tant que zone tampon, entre le nord et le sud du Royaume a permis un développement notable du secteur des transports. Le réseau routier de la province dessert 21 communes rurales et urbaines. Le réseau routier compte une longueur totale de 1108 km, où les routes nationales représentent 247 km, les routes

régionales 63Km et les routes provinciales 798 km. Ce réseau compte également 596 km de routes non revêtues, toutes catégories confondues.

4. Secteur d'assainissement de la ville

Le réseau d'assainissement à la ville est défaillant et insuffisant. Plusieurs quartiers y demeurent non desservis par le réseau d'égout, ils sont assainis en autonome par des puits perdus où sont évacuées les eaux vannes ; les eaux ménagères sont rejetées directement dans la voie publique.

Les apports en eaux pluviales des bassins internes de la ville ne sont pas négligeables et présentent des risques d'inondation des habitations riveraines de l'Assif Ouzro et à Targa Oufella.

Le produit de curage des puits perdus est rejeté directement dans le milieu naturel en l'absence d'une station d'épuration ou d'une décharge contrôlée pour le stabiliser. Les eaux usées de l'abattoir municipal et les résidus des abats connaissent le même sort. A défaut d'une station d'épuration, l'exutoire du réseau d'égout est placé dans le lit d'oued Seyad ; les eaux usées véhiculées le long d'une grande partie de cet oued contaminent la nappe phréatique.

Population 2012	Charge polluante DBO5(2012) (T/J)	Charge polluante DBO5 (2012)(T/an)
184190	106	38555

Tableau 3: Quantité des rejets liquides rejetés en 2012

Population 2012	Quantité (T/j)	Quantité(T/an)
184190	4.76	1737

Tableau 4 : Quantité des déchets solides rejetés en 2012

5. Activités économiques

5.1 Le secteur primaire

5.1.1 Agriculture et élevage

L'agriculture constitue l'activité principale dans la province de Guelmim. Elle est localisée essentiellement dans la plaine de Guelmim où on rencontre plusieurs systèmes agricoles :

- Palmeraies traditionnelles, irriguées à partir de sources (entre 1500 et 2000 ha) ;
- Périmètres d'épandage des eaux de crue (superficie variable selon l'hydraulicité de l'année, avec un maximum de l'ordre de 15000 ha);
- Exploitations individuelles, irriguées par pompage dans la nappe (système en cours de développement);
- Agriculture non irriguée (bour), très aléatoire, en fonction des conditions climatiques (sur une superficie de 500 à 7000 ha).

La superficie agricole utile est de l'ordre de 100.000 ha, soit 9 % de la superficie de la province. La partie irriguée compte 5000 ha.

Les périmètres irrigués restent dispersés et faibles par rapport à la superficie totale de la province.

Les assolements les plus pratiqués dans la province sont présentés dans le graphe suivant :

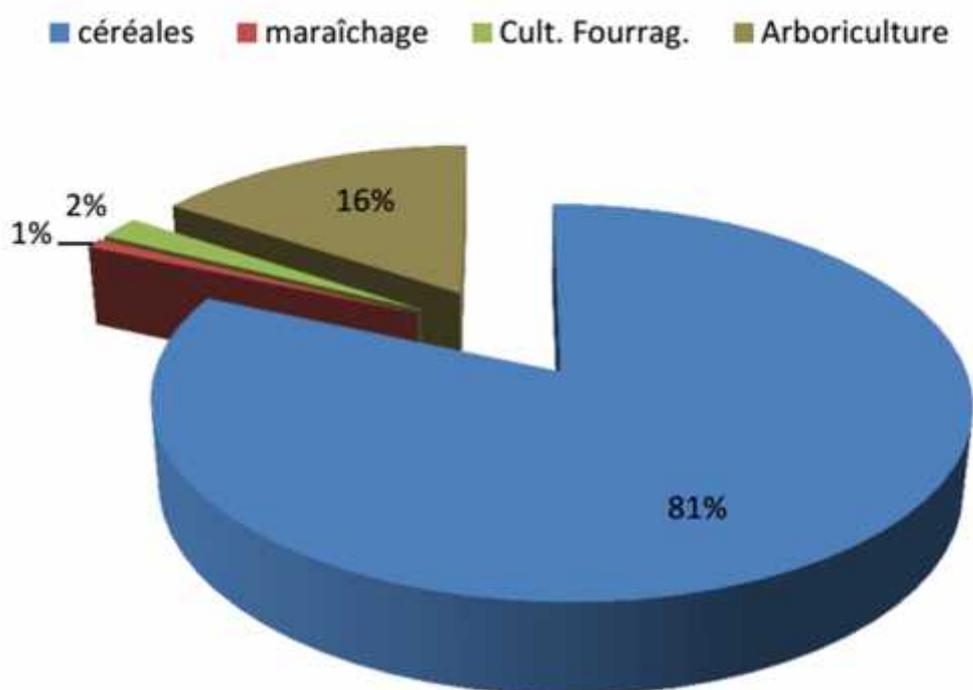


Figure 4 : Occupation des sols par type de culture

- Les céréalicultures occupent la première position avec 81% de la superficie cultivée.
- L’arboriculture occupe le deuxième rang avec un pourcentage de 16%.

L’élevage extensif constitue l’activité principale et primordiale de la population de la province de Guelmim. L’étendu des terrains de parcours (440000 ha) est l’un des facteurs qui a permis à l’élevage des ovins, caprins et camélidés. Malgré son caractère traditionnel et sa faible rentabilité, ce type d’élevage demeure le plus important et le plus dominant de la région avec 55 000 caprins et 3 000 camélidés.

Les principales races de bétail élevé par la population de la province sont :

	Bovins		Ovins		Caprins		Camelins	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Statistiques	5502	3.49	70023	44.37	76676	48.59	5616	3.56

Tableau 5 : Effectif du cheptel

On remarque la dominance d’espèce Caprin avec un effectif qui représente 49% du cheptel, ce qui reflète les conditions climatiques arides et le relief montagneux de la région qui favorise l’élevage de cette espèce.

5.1.2 L’activité minière

Les ressources minières se limitent dans la Province aux gisements d’argile de Taghijjt. Un gisement de zircon et de titane a été découvert à la plage Blanche.

5.2 Le secteur secondaire

L’activité industrielle à Guelmim reste peu développée ; comme établissement industriel important, on recense une minoterie qui emploie 130 personnes. De même, l’artisanat reste une activité locale peu développée ; la ville de Guelmim qui est une destination touristique a vu se développer un artisanat local ; on y travaille le cuivre, l’argent ainsi que le cuir.

5.3 Le secteur tertiaire

5.3.1 Commerce

Le commerce est une des activités ancestrales et traditionnelles de la population locale qui s'est développée historiquement en corrélation avec le mode de vie nomade. En effet, cette région a été un carrefour d'échanges commerciaux (route de l'or et du sel) entre le Nord (Marrakech, Fès, Sijilmassa, etc.) et le Sud (l'actuel Sénégal, Mali et le Niger). Depuis cette époque, le commerce reste une activité importante dans la région, surtout dans le milieu urbain.

5.3.2 Tourisme

Le tourisme est l'un des principaux atouts de la province grâce aux potentialités touristiques très importantes parfois inexploitées dont il dispose tels que les plages, les dunes de sable, le soleil, la pêche, le désert, et autres dont les sites d'intérêt touristiques tels qu'embouchures de l'oued Draâ, la plage Blanche... Le taux de visiteurs reste faible et ce secteur est pénalisé par l'éloignement des aéroports, l'absence d'une communication qui valorise les atouts de la province et surtout actuellement par manque d'une infrastructure d'accueil de qualité.

- Tourisme thermal : La région abrite les sources thermales Lalla Mellouka et Abainou.
- Tourisme d'aventure et de découverte : secteur profitant des données géographiques et d'un naturel encore peu commun du tourisme (Fort Boujerif- Tafnidilt- Oasis Aourioura).
- Eco Tourisme : Palmeraies de Taghijjt, Ifrane, Timoulay, Asrir, et Tighmart comptent, parmi les palmeraies les plus importantes du Sud du Maroc.

Par ailleurs, tourisme cinématique, balnéaire, spéléologique, et culturel sont autant de filières disposant de potentialités importantes et appelées à se développer au niveau du bassin.

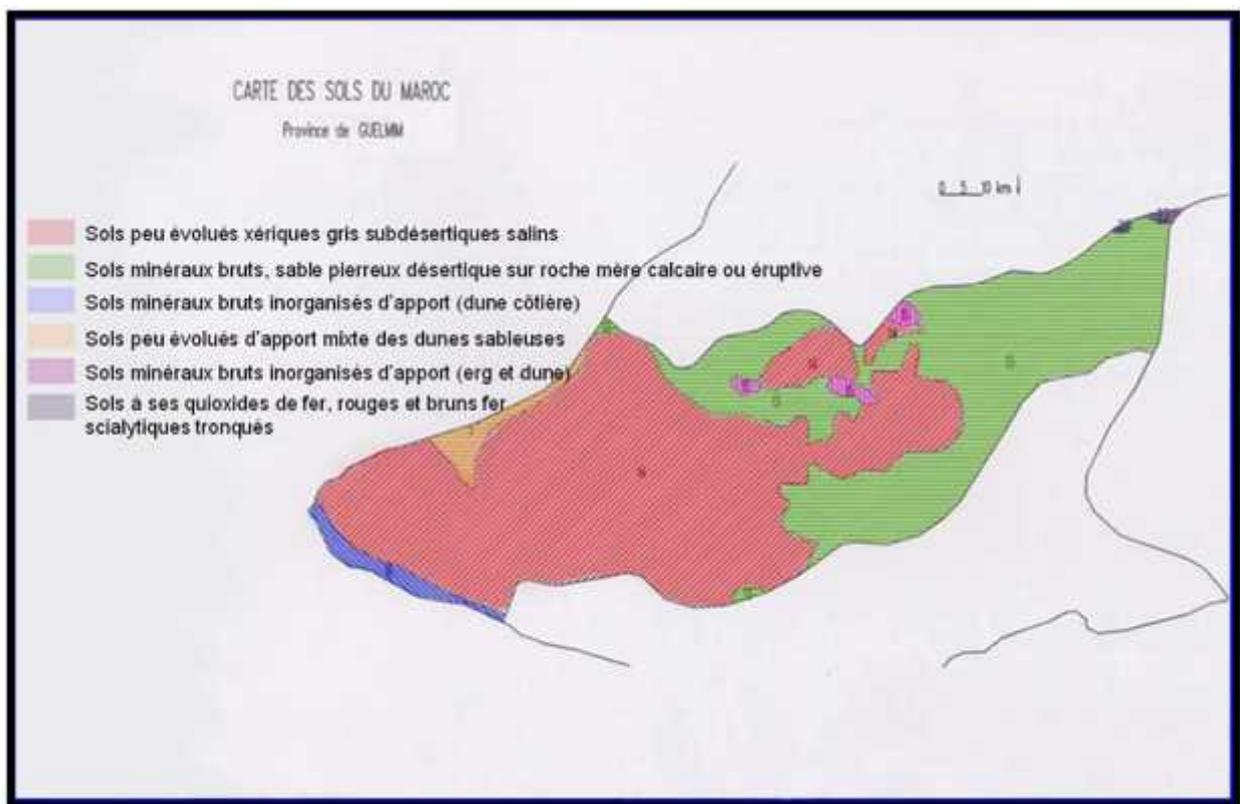
Le tourisme dans la province de Guelmim est encore embryonnaire. Sa mise en valeur est indispensable pour le développement économique de cette région.

6. Caractéristiques physiques

6.1 Pédologie

La pédologie caractéristique du territoire de la province est formée essentiellement :

- Sols minéraux bruts, sables pierreux désertiques sur roche mère calcaire ou éruptive qui se développent sur des formations paléozoïques de l'Anti-Atlas occidental, et qui dominent la quasi-totalité de la région Est de la province ;
- Sols minéraux bruts inorganisés d'apport, correspondant aux ergs et dunes du quaternaires, et ceux correspondant aux dunes côtières ;
- Sols peu évolués xériques, grés subdésertiques salins qui dominent la région Ouest de la province, et qui se développent sur des formations paléozoïques et formations inhérentes à la couverture néocène et quaternaire ;
- Sols peu évolués d'apport mixte des dunes sableuses du quaternaire. Outre ces deux types de sols, l'on note la présence à l'état de trace des sols à ses qui oxyde de fer rouges et bruns fersialitiques tronqués développés notamment sur un matériel du cambrien.



**Figure 5 : Les différents types de sols dans la province de Guelmim .
(ABSHSMS ,2015).**

6.2 Topographique

6.2.1 Altitude

La nature des terrains fait partie au domaine Appalachienn caractérisé par un relief moins élevé et des structures érodées et L'ensemble des communes se localisent sur des altitudes élevées avec des pentes assez fortes. La province est caractérisée par un relief montagneux qui occupe plus de la moitié de son territoire. Les altitudes varient de 0 m à 1455 m (commune rurale Amtdi).

7. Milieu physique et biologique

7.1 Biodiversité

Le bassin de Guelmim est remarquable par la richesse et la diversité de sa biodiversité, et également par l'endémisme de certaines des espèces qui s'y trouvent. Mais encore de nombreuses espèces demeurent peu ou pas connues, et la biodiversité de la zone a encore bien des secrets à révéler.

De manière générale, à l'échelle du bassin de Guelmim, les écosystèmes les plus présents sont constitués d'arganiers (86% de la superficie boisée totale), de thuyas (8%) et d'acacia (6%).

7.1.1 Les Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique exceptionnels

Sur le territoire du PDAIRE de Guelmim, deux SIBEs sont identifiés :

-**SIBE de Foug Assaka** : Classé en priorité 1 , ce SIBE littoral de 19.000 ha est situé à l'embouchure de l'Oued Seyyad, cours d'eau permanent en milieu aride présaharien, constituant un carrefour biogéographique exceptionnel.

-**SIBE de la Plage Blanche**, classé en priorité 3, se trouve à quelques dizaines de kilomètres au sud ouest de Guelmim, près des oueds Aoreora et Boussafen. L'immensité de la plage constitue une sorte de protection de la faune, peu dérangée, et permet aux oiseaux d'hiverner.

7.2 Zones humides

Les zones humides dans la zone du PDAIRE, peuvent être inventoriées selon la typologie suivante :

- **Zones Humides Naturelles** : il peut s'agir d'eaux stagnantes (lacs, dayas, pelouses humides), d'eaux courantes (ripisylves, etc.), ou de sources. Concernant particulièrement les ripisylves, notons les précisions suivantes : A titre de rappel, les ripisylves des rives des

oueds et des rivières jouent un rôle très important dans le fonctionnement hydrologique et écologique des écosystèmes humides de bord d'eau. Les ripisylves assurent les fonctions suivantes :

- Lutte contre l'érosion (facilite l'infiltration au lieu du ruissellement),
 - Rôle épurateur (échange entre la rivière et sa nappe d'accompagnement),
 - Maintien des berges (système racinaire très dense),
 - Prévention des inondations,
 - Fonctions écologiques (habitats naturels originaux et diversifiés),
 - Fonction économique (production de bois, unités fourragères, réservoir génétique,...),
 - Fonction sociale (biens intangibles, chasse, pêche, paysage, tourisme,...).
- **Zones Humides Artificielles** : il s'agit des retenues des barrages, des séguias, des canaux d'irrigations, etc. Soulignons que tous les lacs des différents barrages et les plans d'eau collinaires, constituent des sites humides privilégiés, en zones arides et semi-arides de la zone d'étude. Les lacs des barrages, les plus anciens de la zone, constituent des opportunités pour les peuplements de la faune sauvage, notamment les mammifères, les oiseaux d'eau et les poissons.

8. Erosion, désertification et ensablement

La topographie du bassin de Guelmim, par endroits relativement accidentée, la diversité lithologique, les climats semi-arides et variables, la proximité du désert et les vents forts, la faible densité de la couverture végétale tous ces facteurs rendent cette région très sensible à l'érosion et à la désertification. La démographie et les transformations agricoles aggravent la situation en amenuisant les ressources naturelles, telle la végétation naturelle et l'eau. Dans l'unité de Guelmim, on rencontre un phénomène d'érosion hydrique, lié à la dynamique de l'eau dans les différents faciès, et également de l'érosion éolienne.

La désertification menace d'ensablement une grande partie du territoire agricole et particulièrement les communes de Laksabi, Fask et Asrir. La lutte contre ce phénomène de désertification constitue l'une des priorités de l'aménagement de la région : elle est l'une des préoccupations mises en évidence par le Schéma Régional d'Aménagement du Territoire de la région de Guelmim Es-Smara.

Soulignons enfin, le fait que le phénomène d'ensablement peut également être causé par l'érosion de type éolien, c'est-à-dire à cause de vents violents combinés à des périodes de forte Sécheresse. L'érosion éolienne menace non seulement les espaces limitrophes de la côte, mais également les terres intérieures du bassin de Guelmim.

9. Cadre géologique de la plaine de Geulmim

Le bassin de Guelmim est structuré en synclinal, centré sur le Jbel Tayert couronné par les barres quartzitiques de l'Acadien terminal. Les terrains de remplissage de part et d'autre de ces reliefs sont constitués par des dépôts de couverture plio-quadernaire surmontant les schistes acadiens du substratum (Nacer 2006).

Les bordures de la plaine sont constituées par des terrains plus anciens qui correspondent à des cœurs d'anticlinaux qui font remonter le Précambrien du côté des boutonnières d'El Kerdous au NE et d'Ifni au NO et au niveau des Jbel Taïssa et Guir au SO. Au SE affleurent des terrains plus récents datés de l'Ordovicien, correspondant au flanc SE de l'anticlinal, dont le cœur serait situé dans l'axe de Jbel Taïssa.

9.1 Structure de la zone d'étude

La structure de la région est sous forme d'un synclinal entouré au Nord, à l'Ouest et au Sud par trois boutonnières anticlinales qui sont Kerdous, Ifni et Jbel Guir. Le cœur du synclinal est représenté par les affleurements de l'Acadien supérieur formé généralement de schistes et dont la partie terminale est constituée de barres quartzitiques qui apparaissent au centre de la plaine au niveau du Jbel Tayert. Les schistes de l'Acadien supérieurs surmontent les calcaires du Géorgien, qui reposent à leur tour sur les terrains anciens du Précambrien. Les schistes qui constituent ainsi, le substratum des dépôts plioquadernaires, affleurent au niveau des bordures de la plaine de Guelmim où apparaissent aussi les terrains les plus anciens.

Au niveau de la plaine, les dépôts Plioquadernaires masquent le substratum schisteux de l'Acadien. (GEOATLAS, 1997).

9.1.1 Lithostratigraphie

Dans la zone d'étude, les formations lithologiques sont orientées suivant une direction NESW et présentent une structure synclinale dont le centre est constitué par le Jbel Tayert. Les formations primaires les plus récentes datées de l'Acadien occupent le centre de la plaine (Jbel Tayert) et les plus anciennes d'âge Précambrien affleurent au niveau des bordures (boutonniers d'Ifni, Kerdous, Jbel Taïss).

9.1.1.1 Zone du socle

a- Précambrien

Il est constitué de formations rhyolitiques, andésitiques et basaltiques témoignant d'une activité volcanique importante dans le massif d'Ifni. Ces formations sont les plus anciennes et affleurent dans les boutonnières d'Ifni et de Kerdous ainsi qu'au niveau de Jbel Taïssa. Toutes les couches de ces formations sont compactes dans leur masse, mais présentent des fissurations superficielles importantes et des zones d'altération ou d'accumulation détritique.

b- Infracambrien

✓ Série de base

Les formations cristallines du Précambrien sont transgressées par des conglomérats grossiers à éléments éruptifs surmontés eux même par la série schisteuse de base épaisse d'une centaine de mètres. Ces conglomérats de base attribués à l'Adoudounien inférieur affleurent particulièrement le long de la route de Guelmim-Ifni et au nord d'Abaynou à l'entrée du village de Tagounfil, où leur épaisseur dépasse 100 m.

✓ Calcaires « Inférieurs »

Cette série, d'âge Adoudounien inférieur, est formée essentiellement par des calcaires dolomitiques et dolomies avec quelques intercalations schisteuses à la base. La puissance de la série varie entre 3000 m aux Akhssas et 1000 m à l'est, où les intercalations schisteuses de base disparaissent.

Il s'agit de bancs métriques formant des montagnes à reliefs mous entourant la boutonnière d'Ifni. Ces faciès s'observent bien le long de la piste menant d'Abaynou à Tagounfil.

✓ **Série lie de vin**

Elle est de nature calcaire à l'ouest d'Akhsass et schisto-calcaire et argileuse vers l'est et le Sud. La puissance de la série est de 600 m à l'ouest et diminue vers l'Est et le Sud. Cette série est décrite dans cette région comme des dolomies à intercalations schisteuses, attribué au Talwinien et constituant une zone tendre dans la géomorphologie.

✓ **Géorgien**

La série infracambrienne se poursuit sans discontinuité lithologique dans le Cambrien inférieur et la limite stratigraphique est donc difficile à préciser. La série est connue sous le nom de calcaires supérieurs.

Dans la partie supérieure, à l'entrée de la gorge empruntée par la route Guelmim-Ifni, on observe des bancs épais de calcaires noirs. La série présenterait au total une épaisseur de 400 à 500 m au sud d'Abaynou. Cette unité se distingue par des reliefs plus accentués, avec une couleur claire caractéristique sur les images satellites. Le Géorgien se termine par une série schisto-calcaire avec des niveaux de schistes (parfois bien développés) et des grès au nord de la plaine de Guelmim et surtout dans la plaine d'Asrir au sud (Jbel Taïssa). Les grès terminaux ou grès d'Asrir, recouvrent cette unité. Ils affleurent bien sur le flanc sud du synclinal de Guelmim.

➤ **Acadien**

La série acadienne comprend deux termes principaux :

- ✓ A la base, les schistes verts ou schistes de Féijas internes constituant le substratum de la plaine. Ce sont les schistes à Paradoxidès qui apparaissent très localement, sur la route menant vers la plage blanche où à la faveur des petites collines jalonnant souvent les accidents tectoniques dans la plaine de Guelmim. La puissance de cette série a été estimée par Dijon et al(1986) entre 500 et 1000 m. Selon l'étude de sismique réflexion (GéoAtlas, 1997), cette formation atteint 2500m d'épaisseur à Guelmim.
- ✓ Au sommet, on trouve des grès et quartzites qui affleurent au niveau du Jbel Tayert.

Cette unité est dénommée barre de Guelmim.

9.1.1.2 Terrains plioquaternaires de Guelmim

La stratigraphie des formations Plioquaternaires de la plaine de Guelmim est analysée grâce aux résultats des différentes campagnes de forages et de géophysique.

La structure générale du bassin de Guelmim est constituée de la succession lithologique suivante de bas en haut :

- un niveau argileux et argilo-sableux, comportant parfois des traces d'alluvions très perméables ;

- deux niveaux se présentent le plus souvent en alternance :

- un niveau calcaire plus ou moins marneux, quelquefois encroûté en surface;

- Un niveau marneux, marno-argileux ou marno-calcaire mais à forte teneur en marnes, remplacé par un horizon de marnes sableuses dans la région de Bouizakarène;

- un niveau constitué de formations récentes peu épaisses comportant des alluvions polygéniques, des limons d'épandage, des galets et des sables hétérogènes.

Ces différents niveaux lithologiques présentent tous d'importantes variations d'épaisseur qui varie entre 10 et 90 m et sont parfois totalement absents, comme c'est le cas de la bordure NE de la plaine.

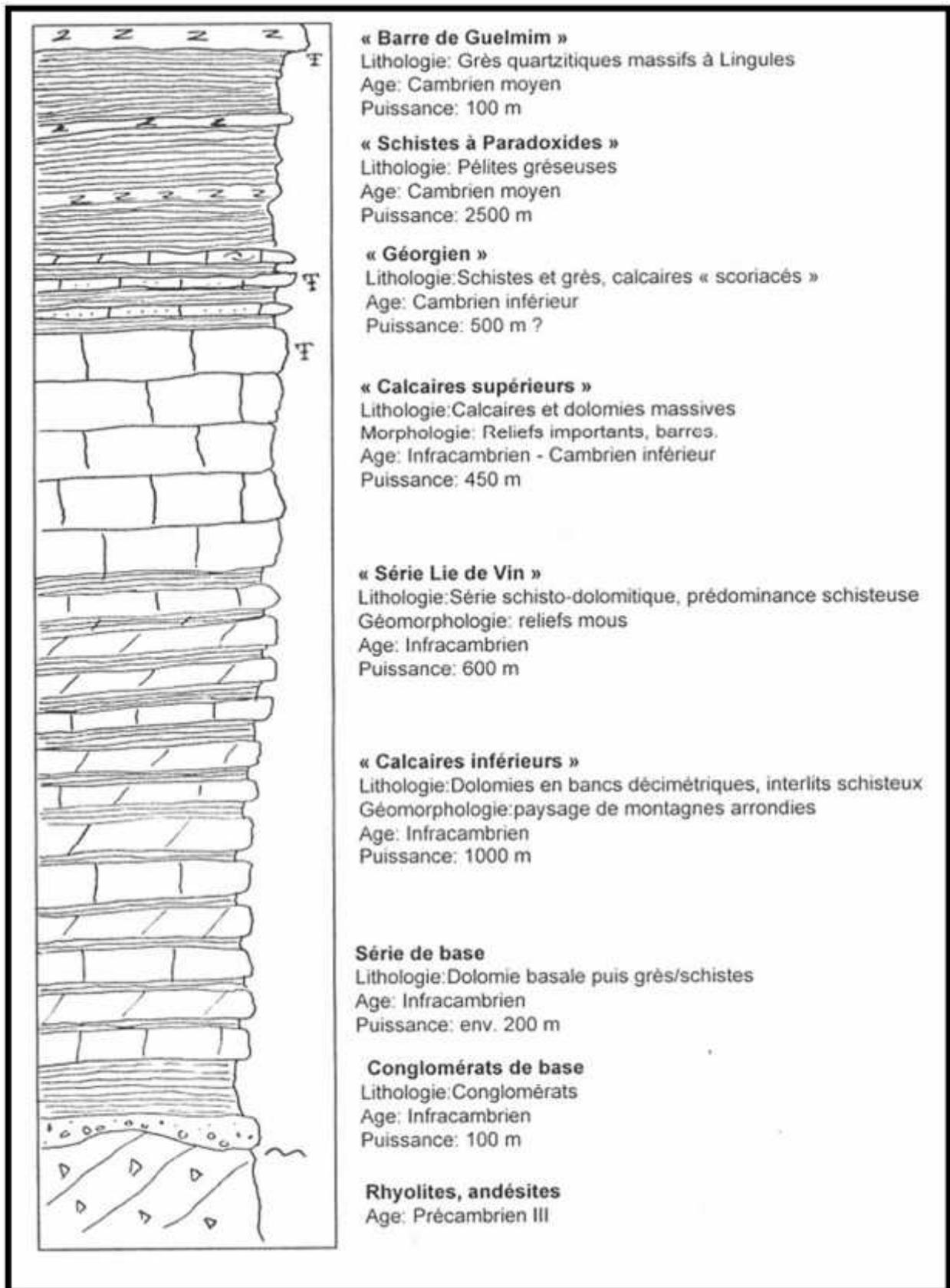


Figure 6: Colonne lithostratigraphie schématique du bassin de Geulmim (oliva,1972).

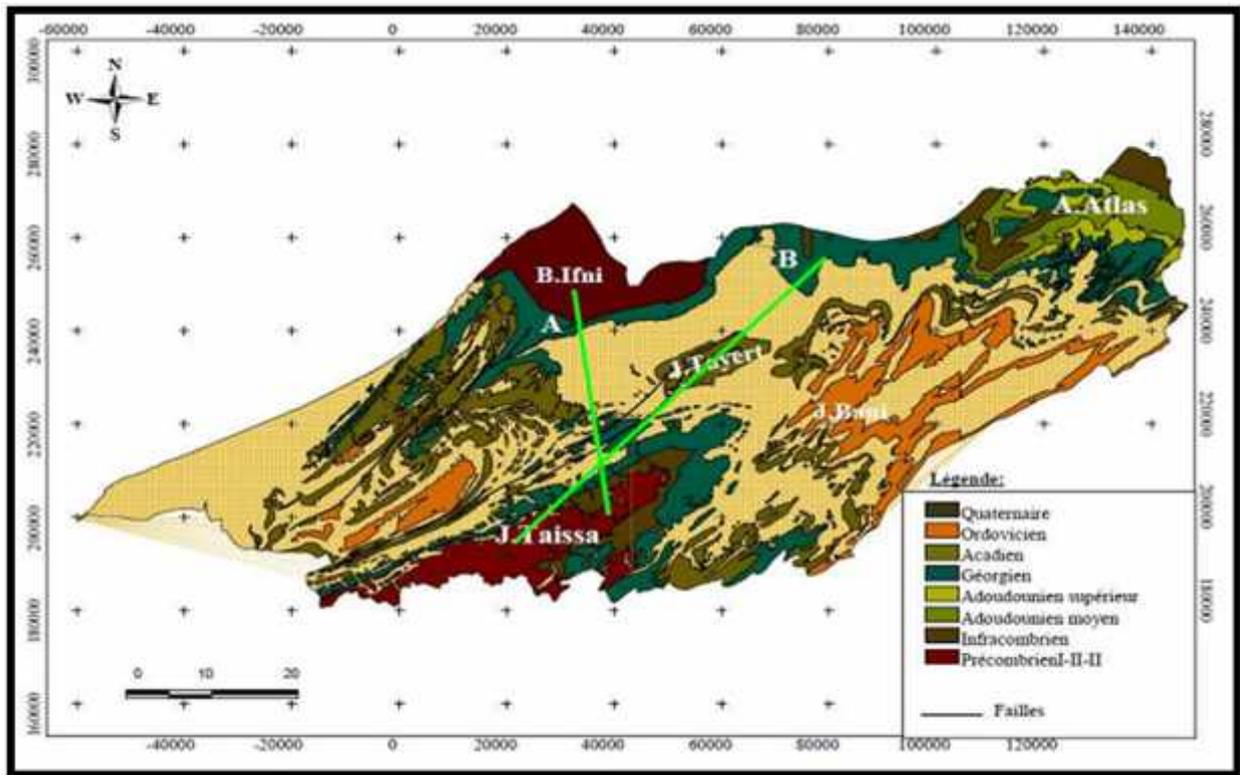


Figure 7 : Carte géologie de la zone d'étude (extraits des : cartes géologiques de Foug El Hassan-Assa et Guelmim-Draa inférieur à 1/200 000, CHOUBERT et al ; 1952).

10. Cadre Climatologique

10.1 Données climatiques

La zone d'étude est caractérisée par une aridité sévère, en raison de la présence de la chaîne du Haut Atlas faisant obstacle aux perturbations pluvieuses en provenance du Nord. Malgré la latitude, la proximité de l'océan atlantique atténue l'effet de la continentalité saharienne pour la partie proche de l'océan. La province est caractérisée par des vents très fréquents provoquant des accumulations sableuses de différentes formes durant toute l'année et qui peuvent atteindre 4.70 m/s.

10.1.2 Précipitations

Les moyennes mensuelles montrent que la saison des pluies s'étale de Septembre jusqu'à Mars, en général, elle représente plus de $\frac{3}{4}$ des précipitations annuelles, avec une moyenne maximale au mois de Novembre (30 mm). La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 120 mm à Guelmim, mais avec une irrégularité aléatoire très importante, entre 15 mm et 300 mm. Il peut pleuvoir entre 5 et plus de 15 jours par an, mais l'on peut rencontrer une

succession de plusieurs années sèches, comme durant les campagnes 1992-93, 1993-94, 1994-95 (respectivement 24mm, 52mm et 72mm).

La moyenne annuelle des jours de pluie est faible ; elle est présentée ci-dessous :

Poste	Guelmim	Bouizakarne	Ifrane	Taghjicht	O. Ouerguennoun	Assaka
Moyenne	15	19	16	15	17	32

Tableau 6: Moyenne annuelle des jours de pluie.

Les valeurs moyennes et maximales des précipitations journalières enregistrées chaque année pour les différents postes sont présentées ci-dessous :

Poste	Guelmim	Bouizakarne	Ifrane	Taghjicht	O. Ouerguennoun	Assaka
Moy. Pj (mm)	21,0	31,2	35,2	30,2	33,7	54,5
Max. Pj (mm)	50,0	69,0	76,0	95,0	41,0	134

Tableau 7: Valeurs moyennes et maximales des précipitations maximales journalières.

Ces deux tableaux montrent que :

- Le régime annuel des précipitations est du type saharien, caractérisé par une concentration des pluies qui se traduit par des crues rares mais violentes et de longues périodes de sécheresse ;
- La moyenne des précipitations maximales journalières est assez forte: plus de 20 mm dans la journée pour la plupart des postes;
- Le nombre de jours de pluies augmente avec l'altitude et la proximité de la côte.

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	fév	mars	Avr	mai	Juin	Juillet	Aout
Assaka		4.88	11.93	24.32	33.92	37.74	23.74	21.73	8.55	4.28	1.42	0.62
Taghjjit	6.30	9.66	19.47	33.40	14.72	27.14	19.33	4.08	3.11	1.21	2.29	5.87
Ain Erraha	2.17	20.06	7.65	21.89	20.92	13.36	19.22	16.63	6.00	2.50		12.00
Bouizakarn	5.51	10.47	17.74	27.02	30.30	22.35	14.49	8.56	1.35	0.08	0.18	1.67
Geulmim	4.88	10.26	17.32	24.94	16.15	15.15	13.01	6.01	4.08	0.32	0.06	1.32

Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles du bassin de Guelmim (ABHSM, 2010)

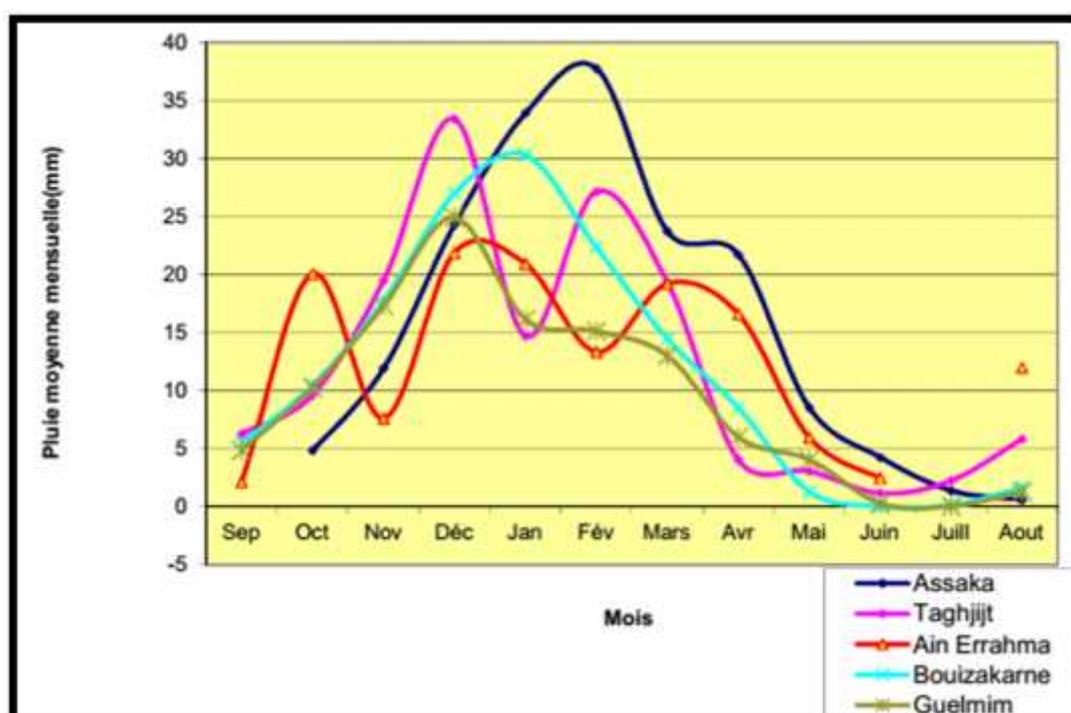


Figure 8: Pluie moyennes mensuelles du bassin de Guelmim (PDAIRE,2010)

A l'échelle interannuelle, le climat du bassin est marqué par la grande amplitude de la variabilité des précipitations.

10.1.3 Température

La température moyenne et l'écart thermique augmentent notablement du Nord-Ouest vers le Sud-Ouest, compte tenu de la diminution de l'influence océanique. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 21°C à Guelmim. La moyenne mensuelle de maxima atteint 35 à 36°C en Juillet- Août, avec des pointes dépassant 38°C. Les minima descendent à 10° en Janvier-Février, parfois Jusqu'à 7°C. La saison chaude pendant laquelle les maxima dépassent 28° dure cinq mois (Juin-Octobre).L'amplitude thermique est en moyenne de 12°C. Sur les

reliefs, les températures peuvent descendre en dessous de 0°C en hiver, et dépassent les 40°C en été. Les données des températures à Guelmim sont présentées dans le tableau suivant :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp.moy.max	21.3	22,3	25,4	26.6	28.1	30.2	25.0	36.3	32.1	32.0	28.0	22.8
Temp.moy.min	10.6	9,9	11,2	12.5	13.8	15.6	17.8	17.8	15.9	14.7	12.8	11.1
Temp.moy	16.0	16.1	18.3	19.5	21.0	22.9	26.4	27.0	24.0	23.3	20.4	17.0

Tableau 9: Températures moyennes à Guelmim

10.1.4 Evaporation

L'évaporation est très importante dans la région. Elle est de 2890 mm dans le bac classe A. L'évaporation affectant un plan d'eau a été estimée à 2120 mm/an.

10.1.5 Vents

Les vents dominants sont le Gharbi (NW/SE) et le Chergui (E/O). Les vitesses du vent et le taux d'humidité relative mesurés à la station de Tarhijjt 1987/1998 varient respectivement de 1,42 à 4,70 m/s et de 25 à 63%. La région connaît régulièrement de violentes tempêtes de sable.

Les vents dominants sont de secteurs du NORD-OUEST et de l'OUEST (origine océanique), ils sont doux et humides .pendant l'été, un vent chaud et sec (chergui) souffle des secteurs EST et SUD-EST (Agoussine, 1993).

11. Ressources en eau, hydriques et besoin en eau

11.1 Ressources en eau de surface

Les ressources en eau disponibles peuvent être inventoriées selon trois catégories :

- Les eaux de crues des oueds avec principalement : Oued Sayed, Oued Noun, Oued Draa et Oued Laachar,
- Les eaux de sources et les résurgences,
- Les eaux souterraines captées par les Khetaras, les puits et forages.

La région de Guelmim comprend trois bassins versants :

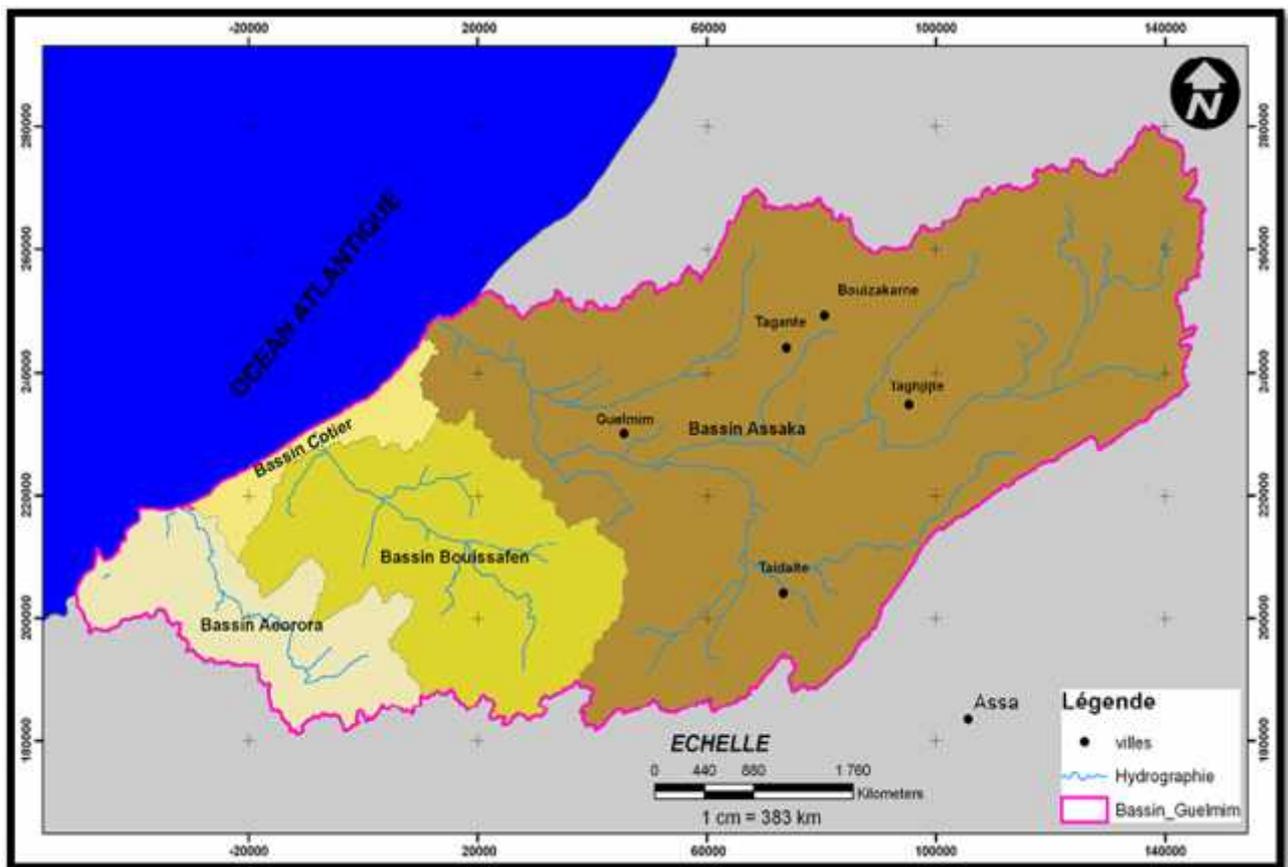


Figure 9: Découpage en bassin versant de Geulmim

– Le bassin versant de l’oued Assaka qui s’étend sur une superficie totale de 6500 km², constitué par un réseau d’oueds le long desquels il y a plusieurs périmètres d’épandage des eaux de crue.

Le réseau hydrographique est composé par 3 sous-bassins versants des oueds principaux suivants : oued Seyyad, oued Ouerguennoun et oued Oum Al Achar ;

- Le bassin versant de l’oued Bouissafen ;
- Le bassin versant de l’oued Aoréora.
- Le bassin versant côtiers.

11.1.2 Caractéristiques physiques des bassins versants

Bassin	Superficie (Km ²)	Périmètre(Km)
Assaka	6896	699.28
Bouissafen	1932	355.61
Aeorora	1048	291.72
Côtiers	333	146.42

Tableau 10: paramètres physiques des bassins versants

a - Bassin versant Assaka

Composé de deux sous bassins :

i. Sous-bassin versant Seyyad

L’oued Seyyad prend naissance à 1200 m d’altitude sur les versants de l’anti-atlas, constitué en majorité de roches imperméables et reçoit de nombreux affluents surtout de rive droite dont les plus important sont : Kelmt, Tanzizt, Taouimarht, Ben Rhezzou et Oum Laachar. Le bassin Seyyad s’étend sur une superficie de 2920 km² dont 10% en plaine. Il se divise en trois sous-bassins : la partie Nord est drainé par les sous-bassins Kalmt et Ifrane, et la partie Sud est drainée par l’oued Seyyad. L’oued Seyyad et son affluent l’oued Ifrane (au niveau du barrage Id m’hand) drainent un bassin imperméable de faibles précipitations. Les eaux de crue sont dérivées par des barrages importants : Ait h’mad (2500ha), Ait Messaoud (1500 ha), Id m’hand (1500 ha), Oum Aghanim (3100 ha) et Taghjijt (1000 ha).

ii. Sous-bassin versant de l’oued Ouerguennoun

Le massif du Bani est drainé par les principaux affluents (N’mait, Taidalt, Annela, Tizgui...) quiconvergent dans la Feija limitée par le Jbel Taïssa et une succession de

synclinaux puis s'unissent pour former l'oued Ouerguennoun qui prend une direction plein W dans la Feija interne et circule parallèlement à l'oued Seyyad.

Aux environs de Abouda, il prend de nouveau une direction S-N et conflue avec l'oued Seyyad à l'aval de Taliouine. Son bassin versant a une superficie d'environ 2250 km² dont 15% en plaine.

L'oued Ouerguennoun draine la zone où les lits des cours d'eau peu marqués, ce qui favorise l'épandage naturel des crues de maaders d'Iroualene (3900 ha) et d'Asrir (1000 ha).

iii. Sous bassin versant de l'oued Oum Laachar

C'est le troisième bassin après Ouerguennoun et Seyyad qui composent le bassin de l'oued Assaka. Il a une superficie de 930 km². Il prend naissance dans le massif de l'Akhsass à 1150 m d'altitude. Il passe par le couloir entre le Jbel Tayert et Adrar N'tiguedjit puis longe Guelmim à l'W. Ses affluents principaux sont : Talmaadert, N'tiktane, Talat N'tramt, Id Daoued et N'gouli.

A l'aval de Taliouine, l'oued Oum Al Achar traverse une plaine large de 7 km et située entre le Jbel Tayert et le massif de Sidi-Ifni. Il draine le versant S du massif des Akhsass. Les crues sont également dérivées par des barrages vers les périmètres de Oum Al Achar (2000 ha), Talmaadert (1000 ha) et Tagant (1000 ha). Cette configuration est la cause de nombreux talwegs et oueds, drainant la région, tous les ruissellements se trouvent ainsi dirigés vers la ville de Guelmim qui est donc soumise à un régime hydrologique de surface non régularisé.

Apport	Mm ³ /an
Bassin Seyyad	50
Bassin Bouysaffen	5
Bassin Aoreoura	2
Total	57

Tableau 21: Récapitulatif global des apports en eau de surface actualisés (Mm³)

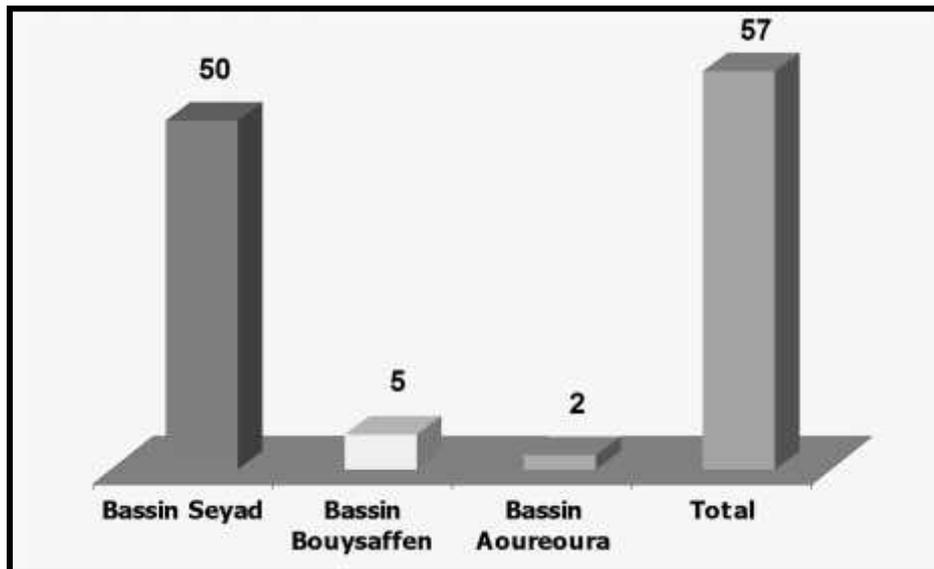


Figure 10: Ressources en eau de surface

b - Bassins versants des oueds Bouissafen et Aoréora

Au sud de l'Oued Assaka, les bassins de l'oued Bouissafen et de l'oued Aoréora débouchent de part et d'autre de la "plage blanche" et drainent un bassin montagneux composé de schistes et de grès.

11.1.3 Débits hydrologiques des sous bassins versants

Les débits hydrologiques des sous bassins versants ont été récapitulés dans le tableau suivant :

Nom ou situation	Q5	Q10	Q50	Q100	Q1000	Débit dérivé
	(m ³ /s)					
<u>Sous-bassin Oued Seyad</u>						
Touflit Ait Hmad	200	300	500	580	900	30
Oum Aghanim	400	610	1478	1908	-	30
Assaka	560	860	1590	-	1920	-
<u>Sous-bassin Oued Noun</u>						
Maader Tambardout	28	55	125	150	280	-
<u>Sous-bassin O. Laachar</u>						
Oum Laachar	57	91	-	681	1033	30
Tagant	40	70	150	186	320	30
Talmaadert	15	25	50	70	110	12

Tableau 12 : Débits hydrologiques des sous bassins versants

Le territoire dispose de 9 stations pluviométriques, 4 stations météorologiques et 2 stations hydrométriques réparties sur le bassin.

Les apports moyens actualisés sont alors de 57 Mm³/an dont 50 Mm³/an pour le bassin de l'oued Seyyad et 7 Mm³/an pour les bassins méridionaux de Bouissaffen et Aouiroera. Les écarts par rapport à l'évaluation 2006 (SAIRE) s'étant adressée aux mêmes bassins hydrologiques sont minimes, (tableau 4).

Les apports annuels moyens au niveau des 7 sous-bassins de l'oued Assaka (6500 km² Totalisent 62 Mm³ et se répartissent comme suit :

Bassins partiels	Superficie (km ²)	Apports moyens (Mm ³)
Oued Seyad jusqu'à Tarhijjt	1400	12
De Tarhijjt à Fask	1060	10
De Fask à Guelmim 460	460	5
De Oum El Achar à Taghant	280	3
De Taghant à Guelmim	650	7
Oued Ourg	1740	12
Bassin complémentaire jusqu'à Assaka	910	9
Total	6500	58

Pour ce qui est de l'Oued Bouissafen, les apports sont estimés à 7 Mm³ et ceux d'Aoreora avoisinent les 3 Mm³.

11.2 Ressources en eau souterraines

L'essentiel des ressources en eau souterraines est localisé dans l'aquifère plioquaternaire de la plaine de Guelmim. Elle est formée de dépôts plioquaternaires d'origines variées répartis de manière hétérogène sur les formations schisteuses de l'Acadien.

Trois types d'aquifères renferment les ressources en eau souterraine du bassin :

- L'aquifère de la nappe phréatique de la plaine de Guelmim, circulant dans le remplissage plio-quaternaire au centre du bassin, autour du Jbel Tayert ;
- Les nappes alluviales d'étendue limitée longeant les principales vallées, notamment dans la partie montagneuse au NE du bassin ;
- Les aquifères profonds de l'Adoudounien et du Géorgien qui circulent dans des formations calcaires dolomitiques. Ils affleurent au niveau de l'Anti Atlas au nord et au niveau de Jbel Taïssa au Sud.

11.2.1 Nappe phréatique de la plaine de Guelmim

L'aquifère plio-quadernaire est contenu dans le bassin hydrogéologique de Guelmim, qui occupe la partie centrale du bassin versant de l'oued Assaka. Il s'étend sur une superficie d'environ 1 000 km² entre les limites suivantes :

- Les affleurements des formations géorgiennes (calcaires supérieurs et schisto-calcaire) au nord et au nord-est;
- Les affleurements des schistes et grès acadiens à l'ouest, constituant le Jbel Ait Lahcen;
- Les affleurements des calcaires dolomitiques de l'Adoudounien au sud, au niveau des Jbel Taïssa;
- Les affleurements quartzitiques (de l'Ordovicien) du Banni plissé au sud-est.

Le bassin est percé dans sa partie centrale par le jbel Tayert qui est constitué essentiellement par les affleurements acadiens (schistes et grès).

11.2.2 Les nappes profondes

11.2.2.1 Aquifère Adoudounien

La nappe adoudounienne circule dans des formations carbonatées constituées essentiellement des calcaires dolomitiques et dolomies résultant de la transgression marine de l'Infracambrien ayant couvert tout l'Anti-Atlas occidental et une partie de l'Anti-Atlas central. L'épaisseur de ces formations est très importante, dépassant les 1 000 m par endroits. Elles affleurent dans le plateau de l'Akhsas au nord du bassin et dans le Jbel Guir Taïssa au sud. Cette nappe est surmontée par une formation schisto-calcaire (série « Lie de Vin », résultant de la régression marine, constituant son toit. L'eau circule dans des fissures et fractures affectant les calcaires et dolomies, notamment dans la région de Lakhsass. La source thermale d'Abaynou est une manifestation de cette nappe adoudounienne au niveau de la limite nord du bassin de Guelmim.

11.2.2.2 Aquifère Géorgien

Cette nappe circule dans les calcaires et dolomies du Cambrien inférieur, d'une épaisseur dépassant les 500 m, qui témoigne une nouvelle transgression marine.

Les formations de la nappe géorgienne affleurent sur une grande étendue de l'Anti-Atlas occidental (reliefs de Lakhssas, Ait Erkha et d'Ifrane) au Nord du bassin de Guelmim et dans le massif du Bas-Drâa (Jbels Guir et Taïssa).

Au niveau de la plaine de Guelmim, la nappe des calcaires du Géorgien se manifeste à travers des sources situées au niveau des bordures nord et nord-est (sources Timoulay et Iguissel au N-E). Dans ces secteurs, les formations aquifères sont en contact direct avec la couverture plio-quadernaire, siège de la nappe phréatique.

11.2.2.3 Les nappes alluviales

Situées dans la partie montagneuse du bassin de Guelmim, ces nappes linéaires d'extension limitée se développent au niveau des formations fissurées sous les lits des cours d'eau. Ces nappes sont captées par environ 257 points d'eau dont 236 sondages, 12 forages, 6 sources et 3 puits. La qualité des eaux de ces nappes est variable. Dans la partie Est et Sud du bassin, les eaux sont généralement de qualité bonne à moyenne. En allant vers l'ouest et le sud-ouest, l'eau devient de qualité moyenne à mauvaise. Dans la partie avale du bassin d'Aouiroera, les eaux sont de bonne qualité.

Nappe phréatique Guelmim	29
Nappes profondes du Georgien	12
Nappe profonde de l'Adoudounien	8
sous total eaux souterraines	49

Tableau 13: Récapitulatif global du potentiel en eaux souterraines (Mm³)

11.2.2 Eaux non conventionnelles

Le débit de pointe journalier pour la satisfaction de la station touristique de la plage blanche est estimé sur la base des ratios validés par l'ONEP à 150 l/s. La solution technique la plus indiquée pour l'alimentation en eau potable de cette station, est le dessalement de l'eau de mer, par la construction en deux phases, de deux unités de dessalement à osmose inverse.

Trois ressources potentielles d'eau non conventionnelles ont été mises en évidence, à savoir :

- **Eaux usées:** Il s'agit principalement des eaux usées de la ville de Guelmim et du centre de Taghijit ainsi que d'autres centres ruraux importants.

Le potentiel envisageable pourrait se rapprocher des 6 Mm³/an à l'horizon du Plan ;

- **Eau de mer dessalée:** Cette ressource est d'une grande qualité et son utilisation pourrait être envisagée pour l'AEP de la ville Tan-Tan, ce qui permettrait d'envisager l'option de renforcement de l'AEP de Guelmim par la restitution de la dotation de 1.4 Mm³ transférés actuellement vers la ville de Tan-Tan à partir de la nappe de Guelmim ;

- **Eau saumâtre déminéralisée:** Cette ressource est aussi de bonne qualité et peut contribuer à l'approvisionnement en eau potable et industrielle ou l'irrigation agricole dans certains contextes.

11.3 Besoin en eau

11.3.1 Besoins en eau potable et potable et industrielle

Les besoins en eau potable et industrielle comportent totalisent actuellement 5 Mm³/an et évolueront vers 14 Mm³/an en 2030, dont environ la moitié pour la composante touristique (projet plage blanche), 5.4 Mm³/an pour l'AEPI des centres urbains de Guelmim et Bouizakarne et 2.5 Mm³/an pour le milieu rural.

		2010	2015	2020	2025	2030
Centres urbains	Guelmim	3.25	3.53	3.85	4.26	4.7
	Bouizakarne	0.41	0.47	0.54	0.6	0.66
Touristique	Plage blanche		3.96	4.8	5.64	6.48
Centres ruraux		0.8	0.9	1.3	1.4	2.4
Cheptel		0.16	0.18	0.19	0.2	0.22

Tableau 14 : Besoins en eau potable et industrielle.

11.3.2 Besoins agricoles

Les superficies irriguées actuellement sont de 45160 ha dans les périmètres d'épandage des crues, 2170 ha d'oasis et 2900 ha dans les périmètres des pompages privés. La demande globale en eau d'irrigation actuelle dans le bassin est de l'ordre de 143 Mm³/an : 90 Mm³/an pour les périmètres d'épandage des eaux des crues, 36 Mm³/an pour les oasis et 17 Mm³/an pour les périmètres de pompage.

Dans les trois catégories, les projections effectuées à ce stade de l'étude ne considèrent pas d'extension touchant les superficies irriguées. Les paramètres à fort impact sur la demande en eau (de manière intrinsèque) passent par des mesures d'économie d'eau et sont la conversion à la micro-irrigation pour les périmètres des pompages privés, l'amélioration des rendements dans les oasis et l'amélioration des efficacités dans les périmètres de dérivation des eaux des crues.

Pour les périmètres d'épandage des eaux de crues, en termes de perspectives, les superficies irriguées varient d'année en année selon l'hydraulicité. Le principal paramètre inhérent à la demande en eau de manière intrinsèque est le facteur « efficacité » à l'intérieur des périmètres de dérivation, traditionnels comme équipés. La rusticité des aménagements laisse espérer un taux moyen global de 20%, soit le niveau d'une dotation annuelle à l'hectare de 1000 m³. L'ensemble des actions dans ce domaine nous conduirait vers une 'demande en eau' de 72 Mm³/an en 2030 pour irriguer la totalité des 45 160 ha. Ce chiffre est indicatif, il correspond à une demande en eau 'maximale'

Pour les oasis, le principal paramètre envisageable (en matière d'impact sur la ressource) pour l'évolution de la demande en eau des oasis est l'amélioration des rendements hydrauliques. En termes de superficies, on ne peut envisager d'extension vu que le contexte oasien est un milieu ancestralement stable sur les plans morphologie, du sol, de l'eau, du peuplement et de

l'activité. Ainsi, un gain en rendement de 20% (pour évoluer de 20 à 70%) à terme, situerait la demande en eau à 29 Mm³/an.

Pour les périmètres de pompage privés, les principaux facteurs pouvant intervenir sont la conversion à la micro-irrigation et l'adaptation des assolements dans le sens de l'économie d'eau. La superficie actuelle sera retenue comme superficie moyenne irriguée par les pompages. Des fluctuations d'amplitude décroissante peuvent survenir autour de cette superficie moyenne en fonction de l'hydraulicité de l'année.

Le paramètre appelé à entraîner un impact significatif sur les ressources en eau est la conversion à la micro-irrigation. Nous intégrons ici les gains d'eau envisageables en matière d'assolement dans l'économie d'eau apportée par la conversion à la micro-irrigation, sur la base d'un gain de 6000 m³ par hectare converti.

Le scénario adopté prévoit la généralisation de la micro-irrigation. La demande en eau future du secteur des pompages privés passera de cette manière de 17 Mm³/an actuellement à 9 Mm³/an en 2030.

La demande globale future passera à 109 Mm³/an en 2030 : 77 Mm³/an pour les périmètres d'épandage des eaux des crues, 30 Mm³/an pour les oasis et 9 Mm³/an pour les périmètres de pompage privés.

	2010	2015	2020	2025	2030
Pompages privés	17	12	11	10	9
Oasis	36	30	29	29	28
Périmètres d'épandage	90	86	81	77	72

Tableau 15: Projections de la demande en eau agricole (Mm³/an)

11.3.3 Besoins environnementaux

Il s'agit principalement de la demande des écosystèmes naturels (massifs forestiers : faune et flore) et des ceintures vertes urbaines.

Pour les premiers, il n'y a pas de chiffres précis en matière de demande en eau, mais il s'agit d'améliorer, par des techniques innovantes, la collecte des eaux pluviales (ralentissement des ruissellements) au niveau des bassins versants afin de faire profiter au maximum la végétation

naturelle des eaux de précipitation.

Pour les besoins en eau des ceintures vertes, sur la base d'un besoin unitaire de 2000 m³/ha.an, la demande en eau se situera autour de 1.7 Mm³/an en 2030.

	2010	2015	2020	2025	2030
Superficie (ha)	120	220	250		280
Mm³/an	0.7	1.3	1.5	0.0	1.7

Tableau 16: Besoins approximatifs pour les ceintures vertes.

11.4 Aménagements hydro-agricoles

La plaine de Guelmim a fait l'objet de plusieurs aménagements visant la mobilisation des eaux de crue, la protection contre les inondations et l'amélioration de la recharge de la nappe. La carte suivante montre l'implantation des aménagements existants et projetés du bassin de Guelmim et les différents périmètres d'épandage d'eau de crue.

11.4.1 Ouvrages réalisés

Les principaux affluents de l'Oued Assaka (Seyyad et Oum Al Achar) ont fait l'objet d'aménagements pour l'épandage des eaux de crues. Ainsi, 10 seuils de dérivation en béton, maçonnerie ou gabions ont été construits et permettent de dériver des débits importants de 15 à 30 m³/s par ouvrage, pour une capacité de dérivation totale de 174 m³/s. Le débit dérivé est véhiculé par des canaux en tête de périmètre.

Dans l'état actuel, le volume annuel moyen dérivé dans le bassin Assaka est de 27 Mm³. Le volume effectif dérivé par les seuils de dérivation existants est de 17 Mm³/an pour une superficie dominée de 12 500 ha. Le reste, soit 10 Mm³/an, correspondant aux dérivations traditionnelles et à l'épandage naturel sur une superficie de 19 000 ha.

Dans les bassins de Bouissafen et Aoréora, les apports d'eau qui sont estimés à près de 10 Mm³/an (7 Mm³/an pour Bouissafen et 3 Mm³/an pour Aoréora) sont entièrement exploités en irrigation par épandage.

Les eaux de surface globales utilisées par épandage de crues sont estimées donc à près de 40 Mm³/an pour l'irrigation de près de 38 000 ha. Outre les eaux de crues, les eaux pérennes des sources sont estimées à 22 Mm³/an, entièrement utilisées pour l'irrigation de près de 2000 ha. Les principaux périmètres irrigués par épandage totalisent une superficie totale de

35 000 ha dont 15 300 ha équipés par des barrages de dérivation, auxquels il faut ajouter 2000 ha du périmètre Igharghar, dont le seuil sur Oued Ifrane a été aménagé récemment.

De plus, à l'amont du bassin versant de l'Oued Oum Al Achar, deux ouvrages d'écrêtement des eaux de crue ont été réalisés dans le cadre d'un Don Italien et sous la supervision de la FAO. Les objectifs principaux attendus de ces deux ouvrages sont résumés comme suit :

- Amélioration de la recharge de la nappe souterraine de la plaine de Guelmim.
- La réduction du débit de pointe des crues qui causent des dégâts sur les ouvrages d'irrigation.
- Maîtrise et meilleure mobilisation des eaux par une mise en place de nouvelles techniques d'épandage à caractère organisationnel ;
- Contribution à la protection de la ville de Guelmim contre les violentes crues exceptionnelles et de courte durée de l'Oued d'Oum Al Achar ;

11.4.2 Ouvrages en projet

11.4.2.1 Mobilisation des eaux de surface

Selon un bilan effectué dans le cadre de l'étude de contribution des ressources en eau au développement socio-économique dans les bassins du Sud (Secrétariat de l'état chargé de l'eau, 2004), l'apport total des eaux de crues dans l'unité de Guelmim est de 72 Mm³/an, ce qui laisse un volume résiduel qui se perd en mer de près de 32 Mm³/an essentiellement dans le bassin d'Assaka. La mobilisation de ce volume permettra d'améliorer le taux de couverture des besoins en eau des périmètres d'irrigation par épandage et de renforcer la recharge de la nappe de Guelmim sujette à de fortes sollicitations.

Ainsi, en plus du renforcement des barrages de dérivation existants, deux sites de grands barrages ont été identifiés dans le bassin de l'oued Assaka pour la mobilisation des eaux de crues : le barrage Fask sur l'oued Seyyad et le barrage Assaka à quelques kilomètres en amont de l'embouchure. Selon l'étude du plan directeur, le volume résiduel à Assaka serait en moyenne de 15,7 Mm³/an après le renforcement des barrages de dérivation des eaux de crues existants et la réalisation du barrage Fask.

a - Renforcement des barrages de dérivation

Plusieurs aménagements sont programmés par la Direction Provinciale d'Agriculture de Guelmim pour l'amélioration du taux de mobilisation des eaux de crues pour les périmètres d'épandage. Ces aménagements comprennent la réhabilitation des barrages de dérivation existants (Aït Hmad, d'Oum Ghanim, ...) et la création de nouveaux barrages de dérivation en

remplacement des seuils traditionnels existants. Le volume supplémentaire des eaux de crues qui sera mobilisé par ces aménagements en moyenne est de 7,9 Mm³/an.

b - Barrage Fask

Etant donné le système d'irrigation par épandage des eaux de crues déjà pratiqué en aval du site de ce barrage situé à 30 km à l'Est de la ville de Guelmim, le barrage Fask a été envisagé surtout pour la fonction d'écrêtement des crues en vue d'augmenter la durée de dérivation, et par conséquent des volumes dérivés au niveau des périmètres d'épandage des eaux de crue situés à son aval qui totalisent une superficie de 10400 ha. En outre, pour contribuer à l'amélioration de la recharge de la nappe, l'aménagement de seuils (6 environ) implantés le long des 10 premiers Km de l'oued a été envisagé.

Le barrage permettra également la protection des agglomérations, infrastructures et ouvrages existants à son aval contre les inondations causées par les crues violentes de l'oued Seyyad, dont le débit de pointe de la crue centennale est estimé à 2200 m³/s.

c - Barrage Assaka

Le barrage Assaka, situé à 20 km au nord-ouest de la ville de Guelmim, a été proposé par le plan directeur en tant que barrage réservoir pour régulariser les eaux résiduelles de crues du bassin de l'oued Assaka avec pour objectifs :

- De garantir le débit pérenne de 100 l/s (3,1 Mm³/an), provenant des résurgences de la nappe de Guelmim, utilisé pour l'irrigation du périmètre de de Targa Wassay (120 ha) situé immédiatement à l'aval du site d'Assaka ;
- De fournir un débit régularisé qui permettra de créer un périmètre d'irrigation pérenne de 1500 ha environ en amont de la retenue. L'alimentation du périmètre s'effectuera par pompage des eaux dans la retenue.

11.4.2 Mobilisation des eaux souterraines

Le schéma d'aménagement de 1996 préconise de réserver la nappe phréatique de Guelmim en priorité à l'alimentation en eau potable des agglomérations et d'arrêter les extensions des périmètres irrigués par pompage qui dépassent actuellement 2000 ha. Comme on le verra plus loin les études sur l'irrigation privée ont recensées plus de 1000 exploitations pratiquant les pompes qui irriguent plus de 3000 ha.

Chapitre 2 :
Méthode de préparation des
couches des paramètres de
cartographie des zones t
inondables

La complexité des variables qui interviennent dans l'identification et l'analyse des risques d'origine naturelle implique pour cette étude l'utilisation de plusieurs données. Afin de bien gérer ces données et d'avoir une meilleure analyse et interprétation des résultats, les cartes ont été réalisées suivant la démarche géomatique.

La géomatique : un outil essentiel pour l'étude des risques.

Pour déterminer les zones à risques naturels, il faut manipuler des données spatiales. Pour ce faire, l'outil le mieux approprié est sans aucun doute la Géomatique qui peut se définir comme "L'application de l'informatique aux sciences de la Terre et de la Société" (Asté, 2001). Elle s'est développée avec la vulgarisation des Systèmes d'Information Géographiques ou SIG qui, en tant qu'outils d'aide à la décision, permettent une meilleure gestion des données à références spatiales de sources.

De façon plus simple, le SIG, "c'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision" (Didier, 1990). Cette définition convient mieux à notre étude, dans la mesure où le SIG est bien un outil utilisé pour extraire des informations synthétiques pertinentes d'un ensemble de données géographiques. En effet, l'analyse des risques et des catastrophes passe forcément par une bonne localisation des phénomènes (aléas) et des conséquences qu'ils peuvent avoir sur les populations, les bâtiments, les activités, les ouvrages, etc. (enjeux). Cela suppose que l'on mette en place un SIG dans lequel on intègre les facteurs naturels susceptibles d'intervenir dans la manifestation d'un aléa tels que la pente du relief, la nature et la résistance des roches, le niveau de protection du sol, les pluies et les éléments qui pourraient être endommagés à savoir la population et l'habitat à travers sa densité et les matériaux de construction utilisés, ainsi que bien d'autres se rapportant à la vulnérabilité. Ces facteurs et éléments subissent divers traitements qui vont de la numérisation à la sortie des différentes cartes, en passant par leur hiérarchisation puis différentes combinaisons entre eux en fonction de l'objectif visé.

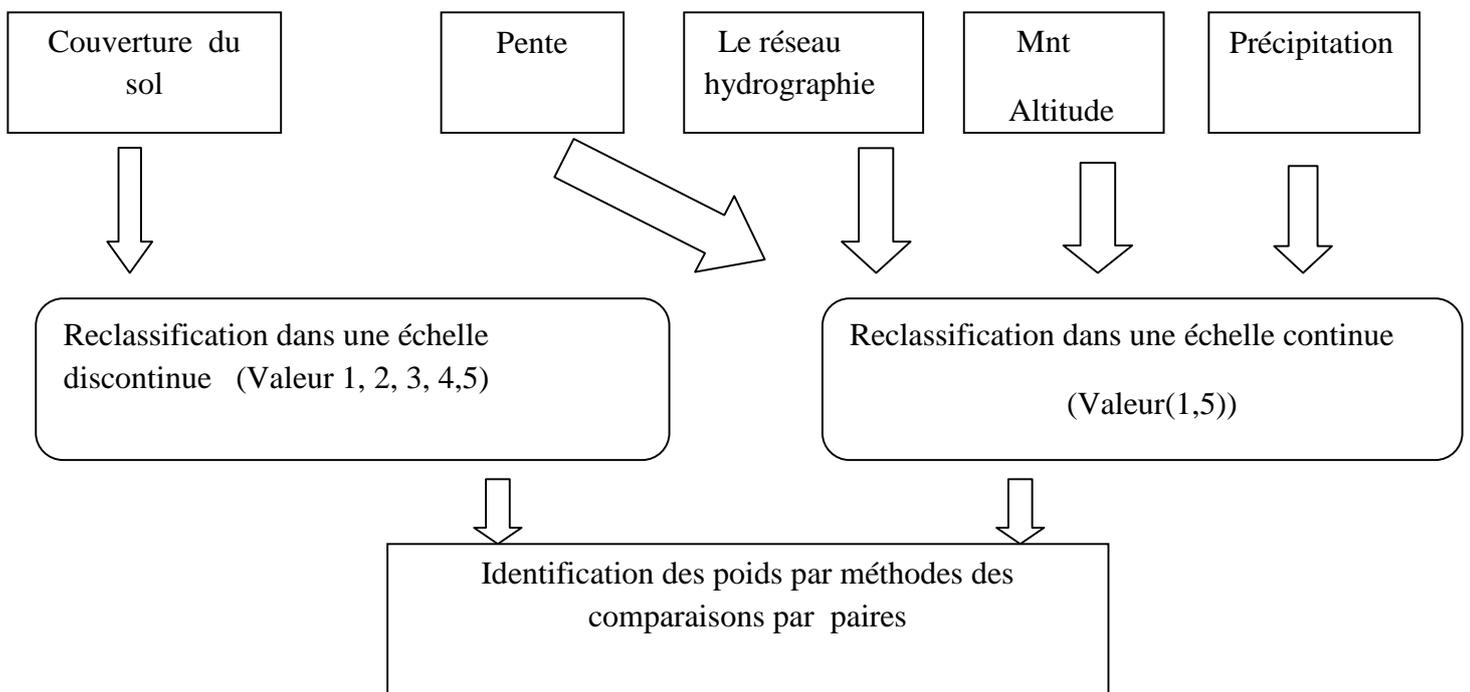
La cartographie est définie comme l'ensemble des études et des opérations scientifiques, techniques, et artistiques, intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration, de l'établissement et de l'utilisation de cartes, plans et autres modes d'expression.

La complexité des problèmes liés à l'abondance des données dans un cadre de cartographie du risque inondation (topographie, hydrologie, hydraulique, occupation des sols), nécessite le développement d'interfaces évoluées pour aider l'utilisateur et rendre son intervention plus efficace afin de résoudre les problèmes issus du risque inondation. Des programmes de recherche spécifiques sont nécessaires pour faire progresser ce volet et utiliser les capacités de traitement informatique qu'offrent les matériels modernes.

L'objectif principal de ce chapitre est d'exposer les outils et les techniques qui peuvent être utilisés pour cartographier le risque inondation. Il illustre l'utilisation des cartes thématiques du système d'information géographique comme outil de cartographie des zones vulnérables au risque d'inondation. Ces cartes communiquent, expriment des similitudes, des différences, des tendances, des orientations, et jouent un rôle à tous les niveaux d'une étude, comme document de travail, de recherche, d'information et d'aide à la décision.

2. Démarche de cartographie du risque inondation

2.1 La méthode pour la spécialisation des zones inondables



1.1.1 Couverture de sol

Dans arcMap on peut y reclasser à partir la barre Spatial analyst—Spatial Analyst—
Reclassif...Suivant ce tableau :

Type de couverture du sol	Note
Eau	5
Surfaces construites	5
Végétation naturelles de forte densité	1
Végétation naturelles de densité moyenne	2
Végétation naturelles à faible densité	3
Végétation naturelles à très faible densité	4
Sol nu	2

Tableau 17: reclassification de la couverture du sol selon la note de 1 à 5.

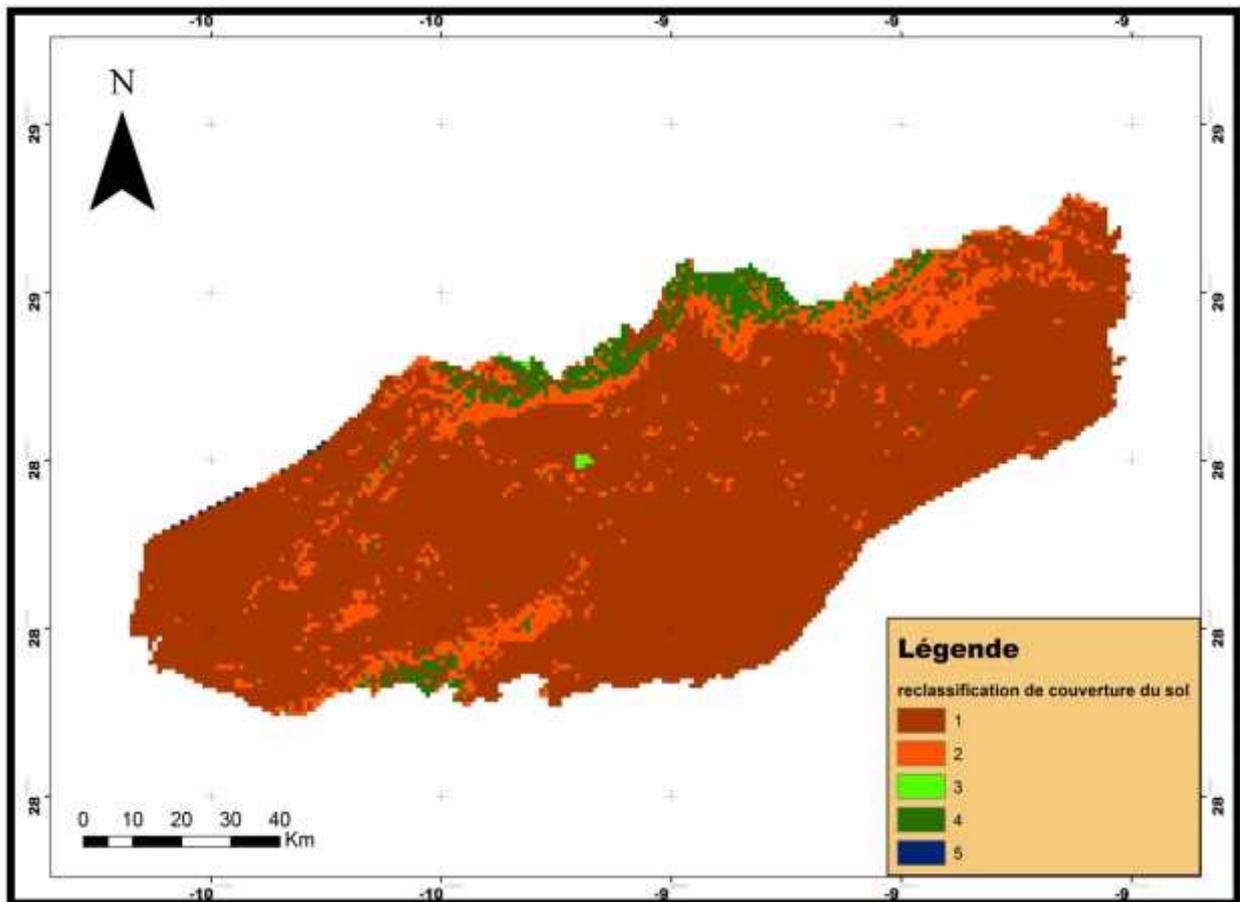


Figure 11 : Carte de couverture du sol de la zone d'étude.

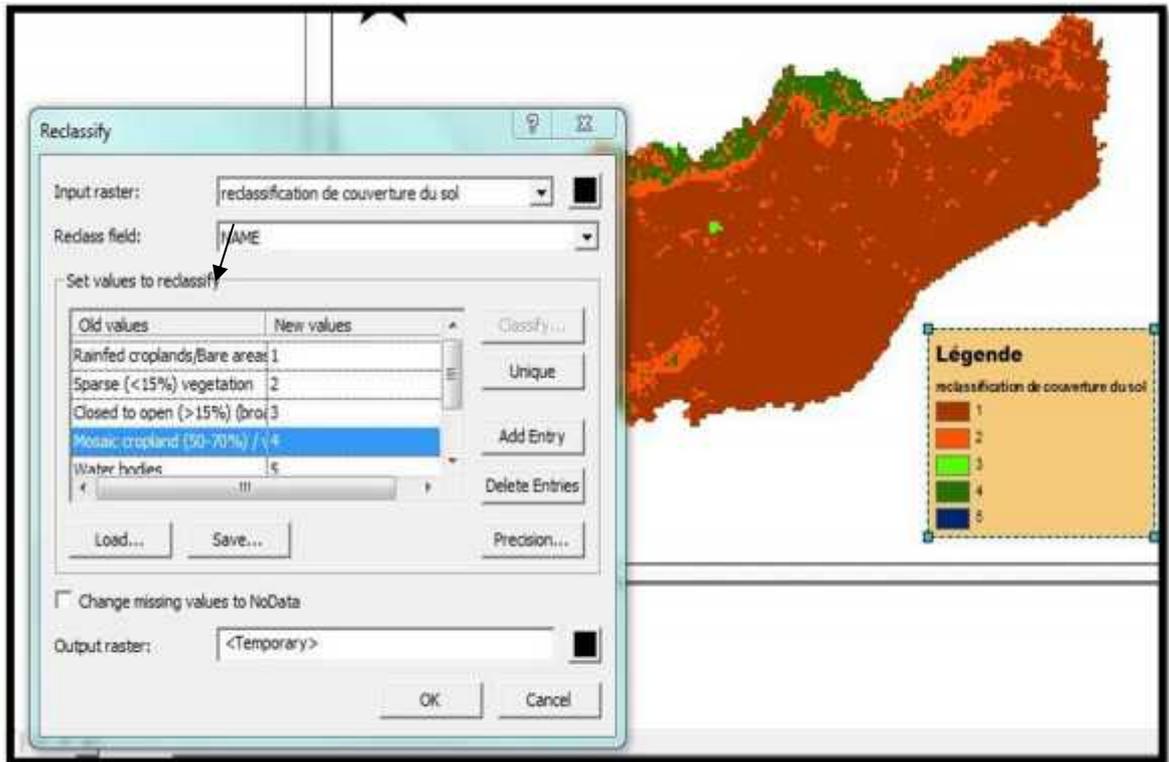


Figure 12 : reclassification de couverture du sol.

1.1.2 Précipitations

Bien qu'il s'agisse d'une évidence, il est crucial de rappeler que la cause quasi unique des inondations - au sens de facteur déclenchant -est l'importance des précipitations. La transformation de la pluie en débit dépend de facteurs nombreux et complexes, mais en dernière analyse l'eau vient presque toujours de la pluie, que ce soit directement, par le ruissellement, ou indirectement, en gonflant les cours d'eau et les nappes phréatiques. En ce sens, le phénomène des inondations constitue incontestablement un risque naturel.

La pluviométrie dans le bassin versant décroît d'Ouest en Est et du Nord au Sud. En moyenne, elle est de l'ordre de 145 mm/an, mais avec une irrégularité très importante, entre 15 mm et 300 mm, de surcroît, on peut rencontrer une succession de plusieurs années sèches. En année sèche, la pluie annuelle est, en moyenne, de 25 mm/an. Il peut pleuvoir entre 5 et 15 jours par an.

Pour ce plan d'information la valeur minimale est 90 mm et le maximale c'est 199.958 mm.

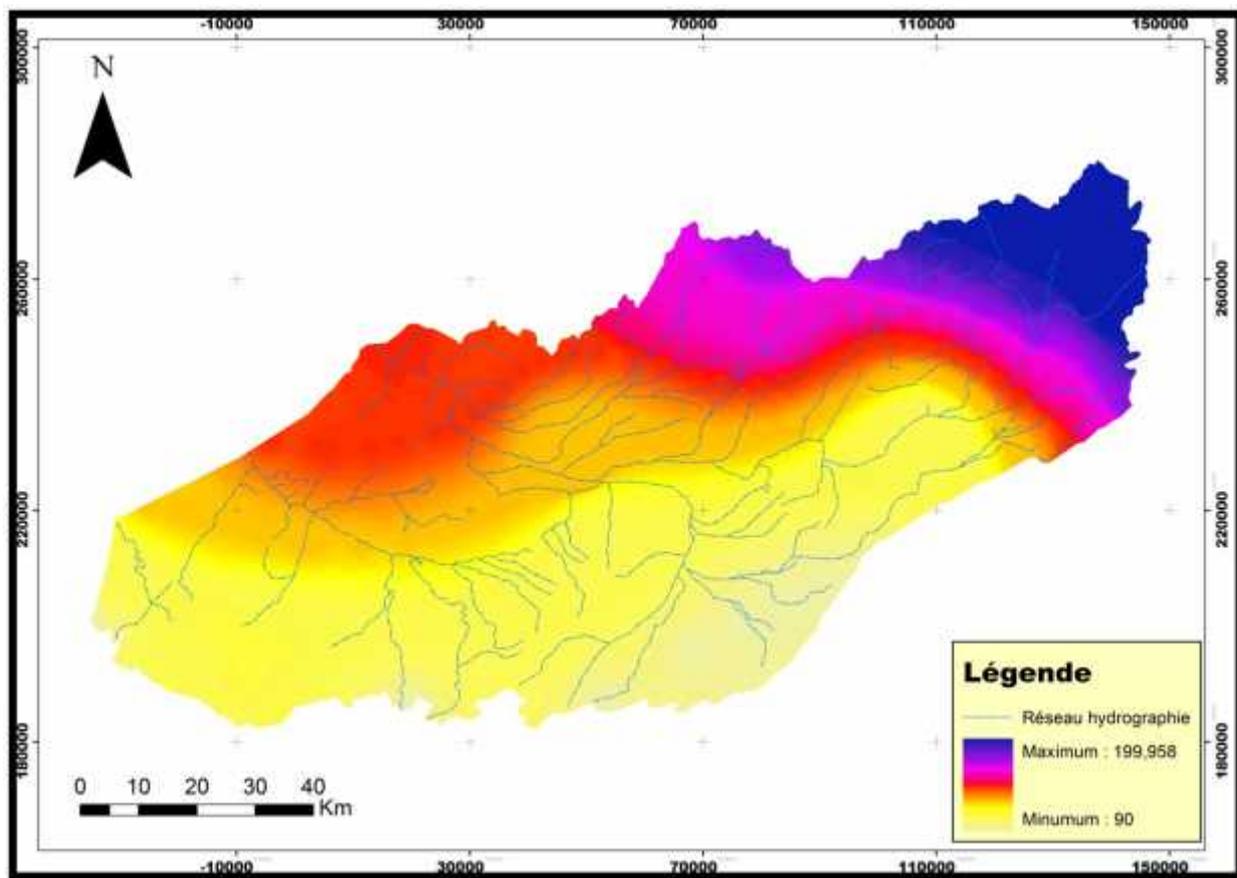


Figure 13: Carte de pluviométrie moyenne de la zone d'étude.

On obtient une carte de note de (1,5).

$$Y \text{ note} = (0,03637753 * X \text{ prés}) + (-2,27397734)$$

$$A = 0,03637753$$

$$b = -2,27397734$$

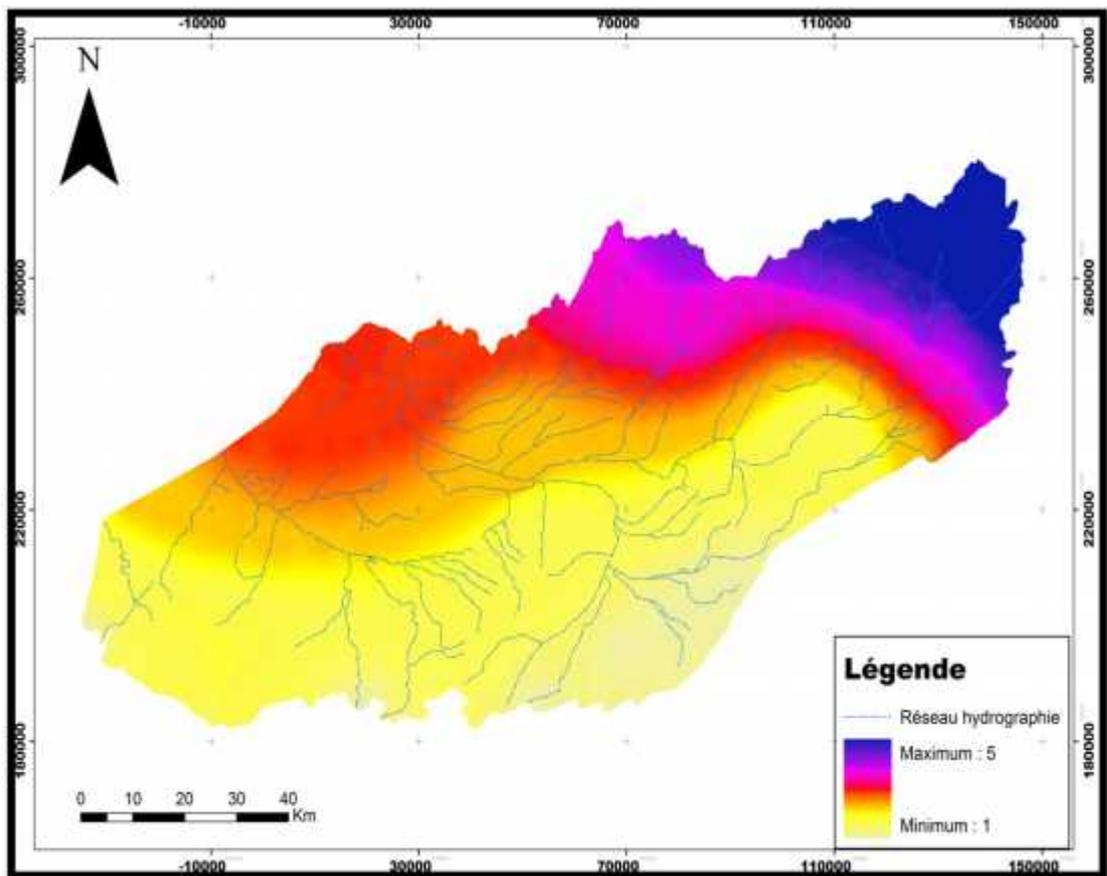


Figure 14: Carte de pluviométrie de la zone d'étude selon la reclassification de 1 et 5.

1.1.3 MNT

Avec le module numérique d'altitude on peut créer plusieurs plans d'information, à partir de ce plan on va travailler sur trois facteurs l'Altitude, la Pente, et le réseau de drainage.

1. Altitude

Le bassin de Guelmim comporte un relief accidenté dans le nord-est du son bassin versant. L'altitude varie de-24 m à l'ouest (océan atlantique) à plus de 1502 m dans le nord-est.

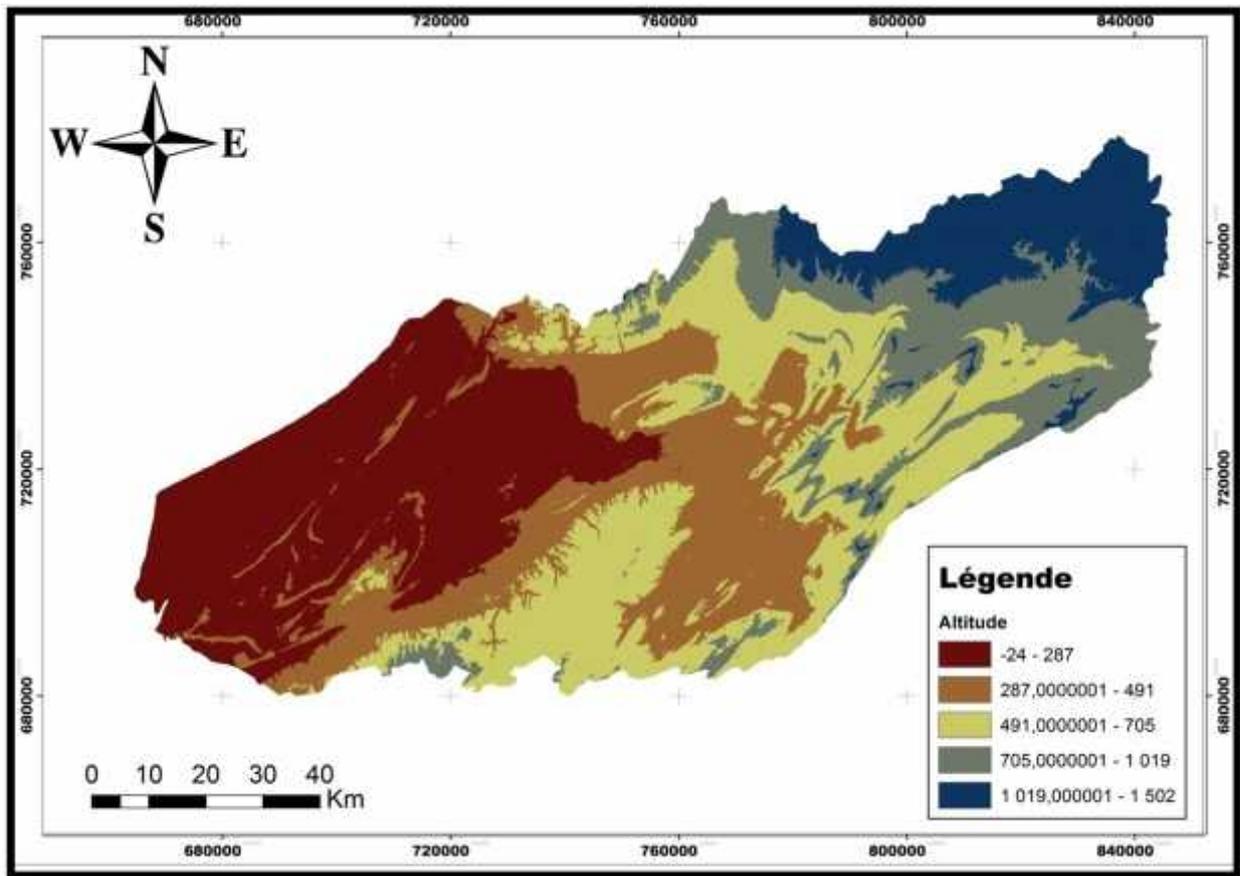


Figure15 : Modèle numérique de terrain.

2. La pente

La pente du bassin et sa nature font que l'inondation sera plus ou moins importante. Plus la pente la pente est forte, plus l'inondation ne sera importante.

La pente est un plan d'information que vous pouvez l'extraire a partir du Modèle Numérique de Terrain,dans ArcMap---Spatial Analyst—Surface Analyt---Slop...

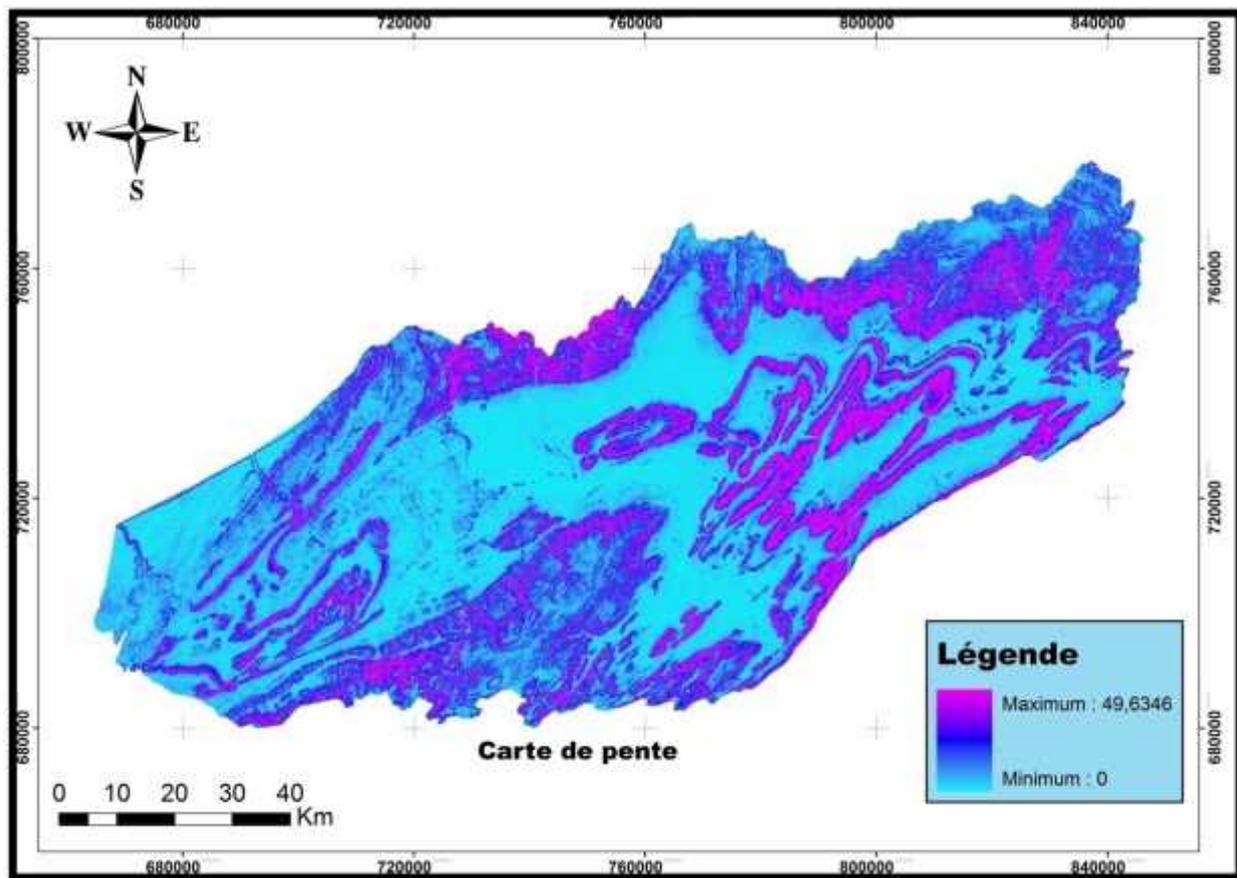


Figure16 : Carte de pente de la zone d'étude.

En effet la valeur de pente minimale est 0 et le maximum c'est 49, 6346, on obtient une carte de note de (1,5).

$$Y \text{ note} = (0.08058894 * X \text{ pente}) + 5$$

$$A = 0.08058894 \quad b = 5$$

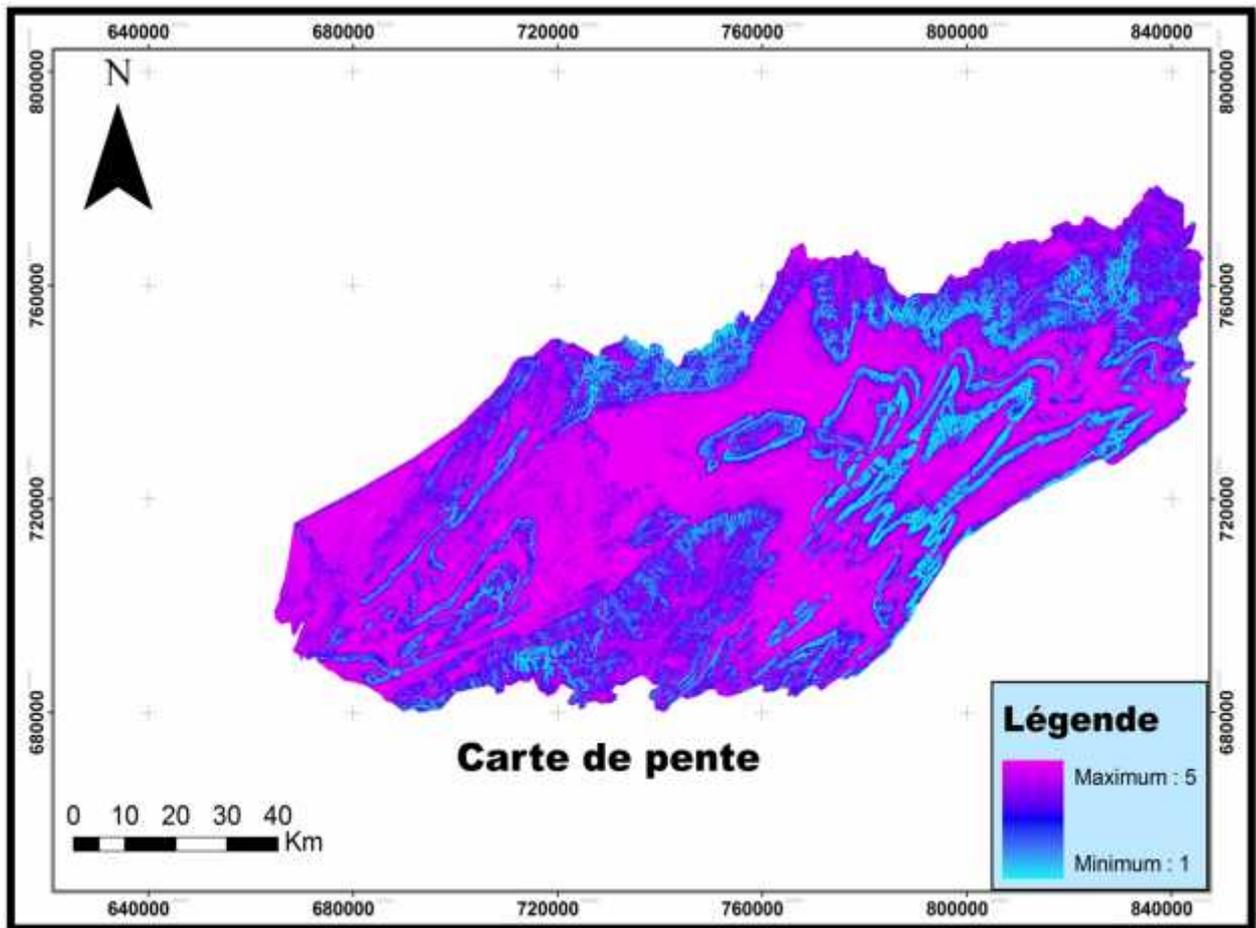


Figure 17 :carte de reclassification de pente de 1et 5.

3. Le réseau de drainage

Nous pouvons créer une carte de distance à partir de ArcMap--ArcTool Box—Spatial analyst—Distance Euclidien-- Distance.

Puis dans Environnement ongle, on ajoute la limite de donnée dans Raster Analyst Tool----Mask.

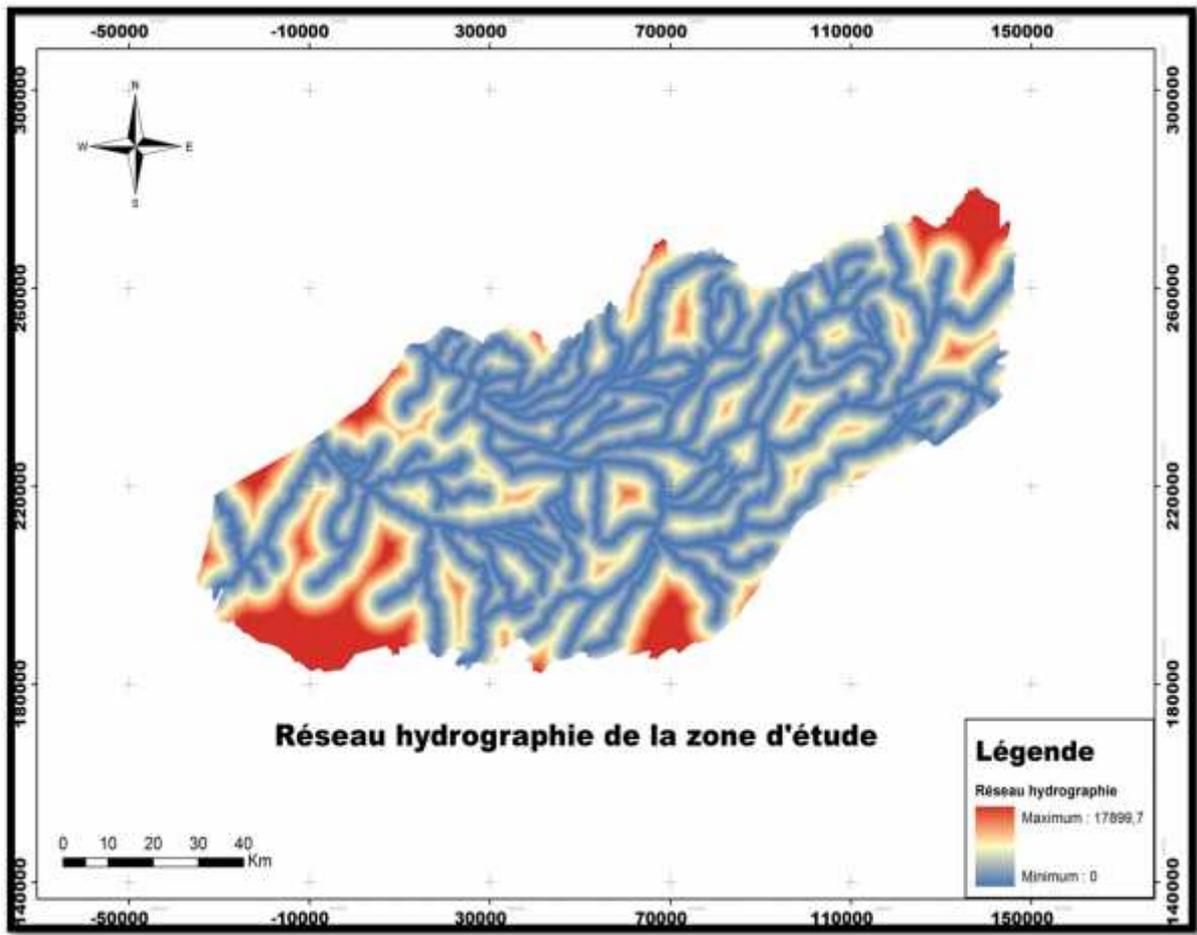


Figure18 : Carte de réseau hydrographie de la zone d'étude par rapport au bassin.

Pour créer une carte de distance ;

$$Y \text{ note} = (-0.00022347 * (\text{Réseau hydrographie})) + 5$$

Le résultat :

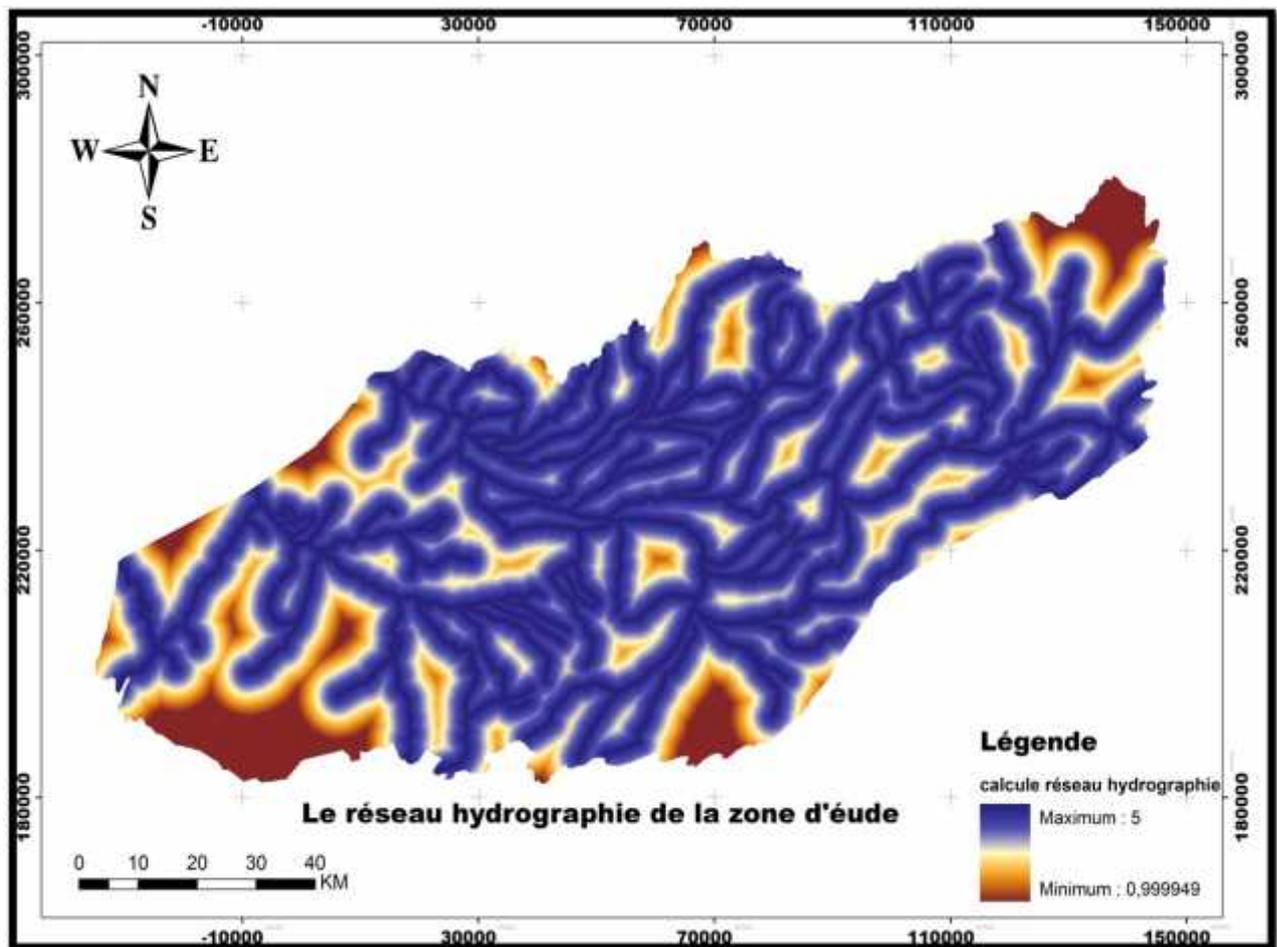


Figure 19 : Carte reclassification de réseau hydrographie de 1 et 5.

1.2 Le poids pour chaque plan d'information

Méthodes des comparaisons par paire : Elle permet de produire des coefficients de pondération standardisés dont la somme est égale à 1. Les poids de facteurs sont déterminés à partir d'une série de comparaison par paire de ces critères en tenant compte de l'importance relative de deux critères.

	Précipitation	Altitude	pente	Résau hydr	couverture
Précipitation	1,000	3,000	3,000	2,000	2,000
Altitude	0,333	1,000	0,500		0,330
pente	0,330	2,000	1,000	0,333	2,000
Résau hydr	0,500	3,000	3,000	1,000	3,000
couverture	0,500	3,000	0,500	0,330	1,000
Sum	2,663	12,000	8,000	3,663	8,330

1.3 Résultats

						Poids
Précipitation	0,3755163	0,25	0,375	0,5460005	0,240096	0,3573226
Atitude	0,1250469	0,0833333	0,0625	0	0,0396158	0,0620992
pente	0,1239204	0,1666667	0,125	0,0909091	0,240096	0,1493184
Résau hydr	0,1877582	0,25	0,375	0,2730003	0,3601441	0,2891805
couverture	0,1877582	0,25	0,0625	0,0900901	0,120048	0,1420793
						1

Tableau 17 : le poids de différents plans d'informations.

Conclusion générale

Le bassin versant de Guelmim a connu récemment des précipitations fortes et exceptionnelles. Ces pluies ont provoqué des dégâts matériels, humaines, ont engendré des crues provoquant les inondations de tous les cours d'eau de la ville.

Cette étude a porté sur l'établissement de différentes couches relatives aux paramètres de l'étude des zones inondables dans la région de Guelmim ,le système d'information géographique est un outil de prise de décision bien intégré vont nous permettre de réaliser des cartes. Ces cartes concernent donc les types de sol, géologie de la zone d'étude, la couverture du sol, la pluviométrie moyenne, la carte des pentes, et la carte du réseau hydrographique

Ces paramètres ont enfin été classés en fonction de leurs poids.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABHSMD (2010)- Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Guelmim.. Rapport interne, 56 p.

ABHSMD (2004) - Contribution des ressources en eau au développement socio-économique dans les bassins du sud. Rapport interne, 62 p.

ADI, CACG. 2006. Etude d'actualisation du schéma d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin de Guelmim– Actualisation des études de la demande en eau potable. 90 p.

AGOSSINE M. 1993.Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Guelmim (modélisation et gestion des ressources en eau souterraine. Thèse du 3ème cycle. Université de Sciences de Semlalia. Marakech. 205 p.

CHUBERT G. (1952) - Congrès géologique international n°10 XIX session. Algérie-livret guide de l'excursion A36, Anti-Atlas occidental.

CRTS, 2000. Etude pilote par télédétection pour l'exploration des eaux souterraines en zone aride – cas de la nappe profonde de Guelmim.

Dijon R. 1966. Reconnaissance hydrogéologique et ressources en eau du bassin des oueds Seyad - Ouarg-Noun. 170 p.

Dirasset. 2003. Stratégie de développement et d'aménagement des oasis au Maroc – Analyses, diagnostics, typologie des oasis.

Direction de la recherche et de la planification de l'eau. 1982000000.0. Synthèse des connaissances

hydrogéologiques sur la région de Guelmim.28 p.

NACER N. (2006)- Utilisation des systèmes d'information géographique en hydrogéologie en vue de l'élaboration d'un outil de gestion des ressources en eau du bassin de Guelmim.

Mémoire de 3ème cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie rural.
IAV Rabat.180p

NEHMADOU M. (2011); Modélisation mathématique de la nappe de Guelmim. Mémoire de
master hydro informatique et génie de l'eau. Univ. Ibn Tofail Kenitra. 146p.

PDAIRE (2010); Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du
bassin hydraulique de Guelmim. Rapport.40p..