

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent

Institut des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil



PROJET DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : GENIE CIVIL
Spécialité : STRUCTURE

Qualité des données Altimétriques (SRTM) publiées sous Google Earth

Thème :

Présenté Par :

HABBOUCHE Meyassa
DJERADI Imane

Soutenu le : 02/06/2018

Devant le jury composé de :

M ^r GUELIL Mustapha	M.A.A	C.U.B.B (Ain Témouchent)	Président
M ^r ELHADJ MIMOUNE Arezki	M.A.A	C.U.B.B (Ain Témouchent)	Examineur
M ^r KADDOUR Hakim	M.A.A	C.U.B.B (Ain Témouchent)	Encadreur

L'Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remerciant « ALLAH » qui nous aide et nous donne le courage et la patience d'aller jusqu'au bout de nos rêves.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de centre universitaire (BELHADJ BOUCHAIB), pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous tenant à remercier sincèrement notre encadreur Monsieur, (KADDOUR Hakim), qui a toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Plus vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury Mr EL HADJ MIMOUN Arezki et Mr GUELIL Mustapha qui ont honoré en acceptant d'évaluer ce travail à sa juste valeur, et de nous faire part de leurs remarques.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin.

Dédicace

Je dédie cette mémoire à...

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leurs prières tout au long de mes études,

Mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

Toute ma famille et mes amis pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, et je cite en particulier ma chère copine Meyassa qui m'a beaucoup aidé que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Imane.

اهـ _____ داء

الى من أخذ بيدي

ولم يبخل بأية معلومة أو نصيحة علي

الى أستاذي الفاضل قدور حكيم

الى من زرع في نفسي حب العلم فملاً كياني جمالا

الى مثال العجب والتضحية أبي وأمي

الى كل من ساندني من عائلتي اخوتي وأخواتي

الى من سيجمل حياتي ويكون لي رفيق درب في المستقبل زوجي

مدعومة ببركات ودعاء رضا أمي التي لم تلدني

الى كل هؤلاء عربون عرفان وحب وتقدير

Meyassa.

Résumé :

Les données géographiques de Google earth GE (coordonnées planimétriques, altimétriques, images satellitaires) sont de plus en plus exploitées et utilisées dans les projets de réalisation en Algérie (surtout dans la phase initiale), mais la précision ou l'exactitude de ces données reste un point à discuter, aucun indice de qualité n'est associé. Ce sujet se focalise spécialement sur la technique d'acquisition spatiale des données altimétriques (ShuttleRadar TopographyMission) par méthode d'interférométrie, puis sur l'étude de cas sur plusieurs sites en ouest de l'Algérie afin de déterminer la qualité et la précision publiée. Les résultats de nos tests affirment que le produit SRTM présente une seule date d'acquisition mais divers dans sa précision suivant la localisation et les caractéristiques du terrain.

Mots clés: Qualité, Altimétrie, Interférométrie, SRTM, Google earth.

Abstract:

The geographic data for Google earth are the most used in the construction projects in our country (especially in the start-up phase). However, the accuracy of these data remains a point of discussion and there is no quality indicator. This topic is especially focused on the technique of obtaining altitude data (satellite radar). As well as the case study in several locations in western Algeria to determine the quality and accuracy published.

Our results from our tests confirmed that the SRTM quality varies from one location to another depending on the morphology, nature of the terrain (slope / mile) and soil quality.

Key words: Quality, Altitude, Interference Measurement, SRTM, Google Earth

ملخص:

يتزايد استخدام البيانات الجغرافية لبرنامج Google Earth (الإحداثيات، والارتفاع، وإحداثيات صور القمر الصناعي) واستخدامها في مشاريع البناء في الجزائر (خاصة في المرحلة الأولية)، لكن دقة هذه المعطيات تبقى نقطة للمناقشة ولا يوجد أي مؤشر جودة. يركز هذا الموضوع بشكل خاص على تقنية اقتناء البيانات لقياس الارتفاعات (الساتل الرادار)، وكذلك دراسة حالة عن عدة أماكن في غرب الجزائر لتحديد الجودة والدقة المنشورة. تؤكد نتائج دراستنا أن المنتج SRTM محدد في زمن التقاط المعلومات ويختلف في دقته من مكان إلى آخر وفقاً لخصائص الميدان.

الكلمات المفتاحية: الجودة، قياس الارتفاع، قياس التداخل، Google earth، SRTM.

Liste des Acronyms:

Acronymes	Signification
2D	Deux dimensions.
3D	Trois dimensions.
BMP	Bitmap. un format d'image matricielle.
CGIS	Canada Geographic Information System.
CGM	Compagnie générale maritime.
CSV	Comma-separated values.
DAO	Dessin assisté par ordinateur.
DEM	Digital élévation model.
EGM	Earth Gravitational Model.
GE	Google Earth.
GIS	Geographies Information System.
GM	Google Maps.
GPS	Global Positioning System.
IAG-GRS80	International Association of Geodesy come Geodetic Reference System.
IGN	Institut géographique national.
INCT	'Institut national de cartographie et de télédétection.
JPEG	Joint Photographic Experts Group.un format d'image.
KML	Keyhole Markup Language.
KMZ	Key olé Markup Language Zipped.
MNA	Modèle numérique d'Altitude.
MNE	Model Numérique d'Elévation.
MNS	Modèles numériques de surface.
MNT	Modèle Numérique du Terrain.
NASA	National Aéronautique and Space Administration.
JPL	Jet Propulsion Laboratory.
NGA	National Géo spatial-intelligence Agency.
NGF	Le nivellement général de la France.
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration.
RADAR	Radio Détection And Ranging.
SFR	Société française du radiotéléphone.
SGA	System Global Area.
SIG	Système d'Information Géographique.

SIR-C	Spaceborne Imaging Radar.
SIRS	Système d'Information à Référence Spatiale.
SIT	Système d'Information du Territoire.
SQL	StructuredQueryLanguage.
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission.
STS-99	Space Transportation System.
USA	United States of America.
UTM	Universal Transverse Mercator.
VRD	Voirie et réseaux divers.
WGS 84	World Geodetic system, 1984.
X-SAR	Synthetic Aperture Radar.

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
دء / هء.....	III
Résumé :.....	IV
Abstract:.....	IV
:ملخص.....	IV
Liste des Acronyms:	V
Liste Des Figures	XI
Liste Des Tableaux	VII
Introduction Générale	2
Chapitre I : Généralités sur la cartographie et MNT	
I.1. Quelques concepts de base	5
I.1.1. La géodésie	5
I.1.2. Topographie	5
I.1.3. Géodésie.....	5
I.1.4. La Cartographie.....	5
I.2. Formes et dimensions de la terre	6
I.2.1. Géoïde	6
Réseau géodésique d'unification par GPS.....	6
Le réseau de nivellement	7
Réseau points GPS nivelés	8
I.2.2. Ellipsoïde	8
Ellipsoïde de révolution.....	8
Autres ellipsoïdes.....	10
I.2.3. Relation entre le géoïde et l'ellipsoïde.....	10
I.3. Système de coordonnées et projection.....	11
I.3.1. Les coordonnées géographiques et coordonnées projetées	11
Coordonnées géographiques ou géodésiques	11
Coordonnées projetées.....	12
I.3.2. Système de coordonnées	12
Qu'est-ce qu'un système de coordonnées ?.....	12
I.3.3. Système international WGS84	14
I.3.4. Système cartographique en Algérie	14
Système géodésique Nord Sahara 1959.....	14

Transformation entre le WGS84 vers le Nord-Sahara 1959.....	15
Représentations cartographiques planes	16
I.4. Introduction sur MNT.....	16
I.5. Définition.....	17
I.6. Type de représentation.....	18
I.7. Acronymes.....	18
I.8. Un MNT permet	19
I.9. Quelques Logiciels de visualisation et de traitement de MNT.....	19

Chapitre II: les SIG et Google Earth

II.Introduction sur SIG.....	21
II.1. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)	21
II.1.1. Définition.....	21
II.2. Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG.....	22
II.2.1.Données raster.....	22
II.2.2.Données vectorielles	22
II.3.Les composantes d'un SIG.....	23
II.4.Les volets d'un SIG.....	24
II.4.1.La boîte à outils (géo traitement)	24
II.4.2.La carte (géo visualisation)	25
II.4.3.Les géo données (catalogue ou géo data base sous Arc Gis).....	25
II.5. Rôle d'un SIG.....	25
II.6. Les Données d'un SIG	26
II.6.1.Multi-Données	26
II.6.2. La métadonnée	27
II.6.3. La qualité sur la donnée	27
II.6.4. Typologie des données	27
II.7. Les différents types de SIG.....	27
II.7.1. Les SIG Grand Public	27
II.7.2. SIG professionnels 2D	28
II.7.3. SIG professionnels 3D	28
II.8. Les utilisateurs de SIG	28
II.8.1. Domaine public.....	28
II.8.2. Domaine privé	29
II.9. Introduction sur Google Earth.....	29

II.10. Historique	30
II.11. Généralités.....	31
II.12. Versions disponibles	31
II.13. La Résolution	33
II.14. Mosaïque d'images satellitaires	34
II.15. Couches d'informations	35
II.16. Format de fichier (exportation et importation).....	38
II.17 Echelle du Z	40
II.18. Les logiciels Autodesk utilisant GE	41
Conclusion	41

Chapitre III : la Mission SRTM

III. Introduction sur SRTM.....	43
III.1. SRTM.....	44
III.2.Comment ça a été fait?.....	45
III.3.Equipement principal de SRTM	49
III.3.1.L'antenne principale de radar	49
□ Antenne radar en bande C.....	50
□ Antenne radar en bande X	50
III.3.2.MÂT	50
III.3.3.Antenne hors-bord	52
III.4.Erreurs et correction sur SRTM.....	53
III.5.Format des fichiers.....	55
Conclusion	56

Chapitre IV : L'application

IV. Introduction.....	58
IV.1.Études de cas.....	59
IV.1.1.Cas de la zone de Djebel Djzioua	59
Définition.....	59
Données utilisées	61
Logiciels utilisés	62
Méthodologie de travail.....	64
Résultat	66
IV.1.2.Cas de la grande Sebkh d'Oran.....	68
Définition.....	68

Méthodologie de travail	68
Données disponibles	69
<input type="checkbox"/> Images LANDSAT.....	69
<input type="checkbox"/> SRTM70	
Délimitation et Découpage de la zone	71
<input type="checkbox"/> Délimitation par image LANDSAT.....	71
<input type="checkbox"/> Découpage de SRTM.....	72
<input type="checkbox"/> juxtaposition de l'image LANDSAT avec SRTM.....	73
Mesure terrestre	73
<input type="checkbox"/> Comparaison entre SRTM 30 et SRTM 90.....	76
<input type="checkbox"/> Comparaison par profil	77
<input type="checkbox"/> Différence entre les surfaces 3D du SRTM 30 et 90.....	78
Résultat de comparaison	80
IV.1.3.Cas de la zone du petit lac	81
Données disponibles	81
Résultat	83
IV.1.4.Cas de la zone teste de TELAMINE et GHARABA	83
Résultat	84
IV.1.5.Cas des zones urbaines	85
Conclusion générale.....	91
Bibliographie.....	96
Les annexes.....	

Liste Des Figures

FIGURE 1. GEOÏDE HEIGHT EGM 2008, MAX-500.....	6
FIGURE 2. RESEAU DE NIVELLEMENT. EN NOIR : INCT ; EN ROUGE : IGN.....	7
FIGURE 3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES 35 POINTS GPS NIVELES.....	8
FIGURE 4. ELLIPSOÏDE DE REVOLUTION.....	9
FIGURE 5. GEOÏDE ET ELLIPSOÏDE.....	10
FIGURE 6. COORDONNEES GEOGRAPHIQUES (LONGITUDE, LATITUDE).....	11
FIGURE 7. SYSTEMES CARTESIEN ET POLAIRE.....	12
FIGURE 8. PARAMETRES D'ELLIPSOÏDE DE REFERENCE.....	13
FIGURE 9. DATUM LOCAL (FAVORABLE POUR UNE REGION).....	14
FIGURE 10. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES POINTS AYANT SERVI AU CALCUL DES PARAMETRES DE PASSAGE.....	15
FIGURE 11. GRILLE UTM.....	16
FIGURE 12. EXTRAIT D'UN MNT DU MASSIF VOLCANIQUE D'AIN TEMOUCHENT.....	17
FIGURE 13. GEO VISUALISATION 3D DE LA MEME REGION.....	17
FIGURE 14. TYPE DE REPRESENTATION D'UN MNT.....	18
FIGURE 15. DIFFERENCE ENTRE MNT ET MNA.....	19
FIGURE 16. INFORMATION DES DONNÉES GÉO RÉFÉRENCÉES À L'AIDE DU SIG.....	21
FIGURE 17. PRESENTATION RASTER.....	22
FIGURE 18. EXEMPLE SUR DONNEES VECTORIELS.....	23
FIGURE 19. LES COMPOSANTES D'UN SIG.....	24
FIGURE 20. LES TROIS VOLETS D'UN SIG.....	25
FIGURE 21. LES 5 GRANDS ROLES (LES 5 A).....	26
FIGURE 22. ORGANIGRAMME DES MULTI-DONNEES D'UN SIG.....	27
FIGURE 23. DIFFERENTES RESOLUTIONS SPATIALES DU MEME LIEU.....	34
FIGURE 24. MOSAÏQUE D'IMAGES SATELLITAIRES.....	35
FIGURE 25. MODELE 3D DE L'UNIVERSITE D'AIN TEMOUCHENT.....	36
FIGURE 26. COUCHES D'INFORMATIONS INTEGREES PAR DEFAULT GOOGLE EARTH.	38
FIGURE 27. EXTRAIT D'UN FICHIER KML EDITE PAR 'XML EDITOR'.....	39
FIGURE 28. COUCHE RASTER ET VECTEUR SOUS GE.....	39
FIGURE 29. OPTIONS GE.....	40
FIGURE 30. NOMBRE DE CYCLE DE PASSAGE DU SRTM.....	43
FIGURE 31. VUE D'ENSEMBLE SCHEMATIQUE DU RADAR SRTM.....	44
FIGURE 32. IMAGE DU MATERIEL SRTM DANS LA SOUTE D'ENDEAVOUR.....	45
FIGURE 33. EXEMPLE DE L'INTERFEROGRAMME.....	45
FIGURE 34. LES SIGNAUX RADAR ETANT TRANSMIS ET REÇUS A LA MISSION SRTM.	46
FIGURE 35. A GAUCHE L'UTILISATION D'UN SEUL RADAR, A DROITE L'UTILISATION DE DEUX RADAR.....	46
FIGURE 36. IMAGE INDIQUE A GAUCHE LIGNE DE BASE SIMULTANEE (DEUX RADAR) ; A DROITE LIGNE DE BASE CREE PAR DEUX CYCLES DE PASSAGE.....	47
FIGURE 37. SCHEMA SUR LA LIGNE DE BASE SIMULTANEE.....	47

FIGURE 38. L'INTERFEROMETRIE DE LA NAVETTE SPATIALE.	48
FIGURE 39. LES DIFFERENTES PHASES DE TRAITEMENT D'IMAGE POUR LA MISSION D'SRTM.....	49
FIGURE 40. SCHEMATIQUE D'ANTENNE PRINCIPALE.....	50
FIGURE 41. MAT ENTIEREMENT DEPLOYE.....	51
FIGURE 42. VUE DETAILLEE DU MAT EXTERIEUR DU MAT (TROIS TRAVEES).	52
FIGURE 43. LE MAT DE 60 METRES AVEC L'ANTENNE EXTERIEURE DANS L'ESPACE	52
FIGURE 44. ANTENNE HORS-BORD ATTACHE A CARTOUCHE POUR LE VOL DE NAVETTE.	53
FIGURE 45. DE GAUCHE ERREURS RELATIF EN ELEVATION ET DE DROITE ERREURS ABSOLUE EN ELEVATION.	54
FIGURE 46. MNT DU BASSIN CENTRAL AMAZON.	55
FIGURE 47. LES ZONES QUI NOUS S'INTERESSENT.	58
FIGURE 48. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE DJ DE DJZIOUA.	59
FIGURE 49. COURBES DE NIVEAU.	60
FIGURE 50. CARTE DE PENTE.	60
FIGURE 51. EXTRAIT D'UNE CARTE D'ETAT-MAJOR A PETITE ECHELLE 1/25000.....	61
FIGURE 52. VUE 3D DE LA ZONE D'ETUDE PAR MNT ISSUE DU SRTM 30 M.	62
FIGURE 53. PRISE D'ECRAN SUR LOGITIEL COVADIS.....	63
FIGURE 54. IMPRIME L'ECRAN SUR LOGICIEL GLOBAL MAPPER.....	64
FIGURE 55. MNT DU SRTM AVEC CARTE TOPOGRAPHIQUE.....	65
FIGURE 56. DIFFÉRENCE ENTRE LES DEUX MNT JUXTAPOSÉS (SRTM EN JAUNE / CARTE EN BLEU).	67
FIGURE 57. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE SEBKHA.	68
FIGURE 58. PRISE D'ECRAN SUR IMAGE L'ANDSAT.....	69
FIGURE 59. IMAGE LANDSAT DE LA GRANDE SEBKHA D'ORAN DU 07 FEVRIER 2000.	70
FIGURE 60. SRTM 1" ARC DE LA REGION OUEST (ORAN / AIN T'EMOUCHENT).....	71
FIGURE 61. LA DISTRIBUTION SPATIALE DES EAUX DANS LA GRANDE SEBKHA LE 07 FEV. 2000(IMAGE LANDSAT).....	72
FIGURE 62. DECOUPAGE DU SRTM SUIVANT LA ZONE D'ETUDE.....	72
FIGURE 63. IMAGE PRESENTE LA JUXTAPOSITION DE L'IMAGE LANDSAT AVEC SRTM.....	73
FIGURE 64. REPARTITION DES POINTS GEODESIQUES SUR LE SRTM DE NOTRE ZONE.	74
FIGURE 65. 1. BORNE GEODESIQUE DE BOUYAKOUR ; 2. GPS SUR LE POINT GEODESIQUE DE DJAZIRA ; 3. RECEPTEUR GPS DANS LA SEBKHA.....	75
FIGURE 66. EXTRAIT DE LA CARTE D'ETAT-MAJORD'ORAN1/50000 (LA ZONE DE EL DJEZIRA ET BOUYAKOUR).	75
FIGURE 67. PHOTO SUR LES POSITIONS DES TIGE TEMOIN DANS LE TALUS DE LA SEBKHA, COTE EL DJEZIRA.	76
FIGURE 68. LA DIFFERENCE ENTRE LA QUALITE VISUELLE OFFERTE PAR LE SRTM 30 ET SRTM 90.....	76

FIGURE 69. PROFIL EN LONG SUR LA MEME ZONE EN SRTM 30 ET SRTM 90 ELABORE PAR GLOBAL MAPPER.....	77
FIGURE 70. SRTM 90 (3 SECONDE D'ARC).	77
FIGURE 71. SRTM 30 (1 SECONDE D'ARC).....	78
FIGURE 72. SURFACE 3D DU SRTM 30 ET 90 DE LA GRANDE SEBKHA D'ORAN.....	78
FIGURE 73. CARTE BATHYMETRIQUE PAR SRTM 90.....	79
FIGURE 74. CARTE BATHYMETRIQUE PAR SRTM 30.....	79
FIGURE 75. RESULTAT GRAPHIQUE DE CALCUL DE CUBATURE ENTRE LE SRTM 90 ET SRTM 30.....	80
FIGURE 76.LA CARTE D'ETAT-MAJOR DU PETIT LAC D'ORAN.	81
FIGURE 77. IMAGE L'ANDSAT PRESENTE LE PETIT LAC.	82
FIGURE 78. SRTM 30 DE LA ZONE DU PETIT LAC D'ORAN.....	82
FIGURE 79. PROFIL EN LONG SUR LE SRTM 30 (PETIT LAC).....	83
FIGURE 80. IMAGE LANDSAT AVEC SRTM SUR LA ZONE LAC GHARABA ET TELAMINE.	83
FIGURE 81. PROFIL EN LONG SUR LA ZONE DU LAC DE TELAMINE.....	84
FIGURE 82. PROFIL EN LONG SUR LA ZONE DU LAC DE GHARABA (GLOBAL MAPPER).	84
FIGURE 83. LES ALTITUDES AFFICHEES DANS GE POUR LA ZONE (SITE 1 DU CUBBAT).	85
FIGURE 84. EXTRAIT DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE 1/25000 SUR LA ZONE URBAINE (CUBBAT).	86
FIGURE 85. COTES PRISENT SUR LA ZONE (CENTRE-VILLE D'AIN TEMOUCHENT). ..	87
FIGURE 86. PROFIL EN LONG GE SUR LA PISTE D'ATTERRISSAGE DE L'AEROPORT AHMED BEN BELLA D'ORAN.....	88
FIGURE 87. COTES GE PRISENT SUR LA PISTE SUR LA PISTE D'ATTERRISSAGE DE L'AEROPORT AHMED BEN BELLA D'ORAN.....	88

Liste Des Tableaux

TABLEAU 1. CLASSIFICATION DES CARTES EN FONCTION DE LEUR ECHELLE ET DE LEUR FINALITE.	5
TABLEAU 2. MISSIONS D'UNIFICATION PAR GPS.....	7
TABLEAU 4. PARAMETRES DE PASSAGE DU WGS 84 AU NORD SAHARA.	15
TABLEAU 5. CONSTANTES DE PROJECTION UTM.	16
TABLEAU 6. HISTORIQUE DES VERSIONS.	31
TABLEAU 7. DIFFERENCE D'ALTITUDE DANS LES BORNES GEODESIQUE.	74

Introduction

Générale

Introduction Générale

I. Mise en contexte

En février 2000, la navette spatiale Endeavour à effectuer des mesures altimétriques par méthode d'interférométrie radar pour 80 % du globe terrestre, les résultats se sont publiés par partie et par région selon les précisions et les corrections effectuées. Ces données accessibles sur le web sont connues sous le nom de SRTM.

II. Problématique

Le MNT issu du SRTM est important vu qu'il fournit des informations géométriques et une visualisation 3D relative des terrains d'études. Néanmoins la méconnaissance des métadonnées du capteur utilisé pour la mission et les formats des fichiers originaux d'observations rend difficile la détermination de la précision altimétrique du MNT résultat.

III. but

Notre but d'étude est de tester l'exactitude du produit SRTM le plus récent (SRTM 30 plus) sur une zone bien déterminée en la comparé par des mesures effectuées sur le terrain et celle d'une carte d'état- major 1/25000 et 1/50000.

L'utilisation des données SRTM offerte par la NASA est comme toute donnée géo spatiale, doit être bien étudiées soit sur le plan de leur méthode d'acquisition, ou sur le plan de traitement informatique. Ceci est nécessaire pour mettre un indice de qualité et les limites d'utilisation.

Pour notre cas ; Nous avons comme référence une carte topographique 1/25000 pour la région d'Ain Témouchent et Carte d'état-major d'Oran 1/50000 ces cartes serviront pour tester l'exactitude du modèle numérique de terrain MNT issu du SRTM.

La question qui se pose est comment comparer deux produits cartographiques d'unité d'échelle différente, car quand on parle de carte ; on doit définir avec exactitude l'échelle planimétrique et altimétrique. Par contre le produit SRTM est défini par des résolutions spécifiques sur le plan équatorial de la terre?

Cette ambiguïté ; a mené plusieurs chercheurs dans divers domaines à établir des études dans divers emplacements de notre planète pour faire ressortir la précision du SRTM. De ce fait nous somme obligé d'élaborer notre propre indice de qualité pour la zone d'étude ; ce qui est l'objectif

applicatif de ce mémoire. Néanmoins, les concepts de base spécifiques pour la mission du SRTM seront abordés en premier.

Ce résultat sera une base très intéressante pour tout projet de réalisation.

IV. Organisation du mémoire

- **Chapitre I** : Généralités sur la cartographie et MNT; ce chapitre décrit les éléments théoriques essentiels concernant la cartographie en générale et l'altimétrie en particulier.
- **Chapitre II** : le SIG et Google earth ; A travers ce chapitre nous découvrons les types de données cartographiques qu'on peut trouver sur Google earth ainsi que leurs sources, ainsi les concepts de base de SIG.
- **Chapitre III** : intitulé La mission SRTM ; une description détaillée sur le SRTM autant que système d'acquisition et données est élaboré dans ce chapitre.
- **Chapitre IV** : C'est la partie application sur plusieurs zones testes ; la méthodologie et ainsi les résultats et les discussions seront abordés dans ce dernier chapitre.
- Enfin, la conclusion contient une synthèse globale de cette mémoire.

Chapitre I :
Généralités
sur la
cartographie
et MNT

Chapitre I : Généralités sur la cartographie et MNT

I.1. Quelques concepts de base

I.1.1. La géodésie

Est une des sciences de base nécessaires au topographe. Sa maîtrise n'est pas indispensable : elle relève du domaine du spécialiste mais un aperçu centré sur les incidences de la forme et des caractéristiques de la terre sur la topographie est indispensable.[1]

I.1.2. Topographie

Mesures des dimensions de la Terre, coordonnées géographiques des points, altitudes, déviations de la verticale, longueurs d'arcs de méridiens et de parallèles, etc.[2]

I.1.3. Géodésie

C'est la science qui étudie la forme de la terre. Par extension, elle regroupe l'ensemble des techniques ayant pour but de déterminer les positions planimétriques et altimétriques d'un certain nombre de points géodésiques.[1]

I.1.4. La Cartographie

C'est l'ensemble des études et opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir d'observations directes ou de l'exploitation d'un document en vue d'élaborer des cartes, plans et autres moyens d'expression. Ci-après, est donnée une classification de quelques cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité :[1]

Echelles	Finalité
1/1 000 000 à 1/500 000	Cartes géographiques
1/250 000 à 1/ 100 000	Cartes topographiques à petite échelle
1/50 000, 1/25000(base) , 1/20 000	Cartes topographiques à moyenne échelle(IGN)
1/10 000	Cartes topographiques à grande échelle
1/5 000	Plans topographiques d'étude, Plans d'urbanisme
1/2 000	Plans d'occupation des sols(POS),

Tableau 1. Classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité.[1]

I.2. Formes et dimensions de la terre

I.2.1. Géoïde

C'est une équipotentielle du champ de pesanteur correspondant au niveau moyen des mers. Cette surface est irrégulière mais à courbure très lentement variable, elle comporte des trous et des bosses de quelques centaines de mètres. L'écart entre la surface topographique et le géoïde s'appelle le relief. On peut dire de manière simple que la géoïde représente la Terre débarrassée de son relief.[3]

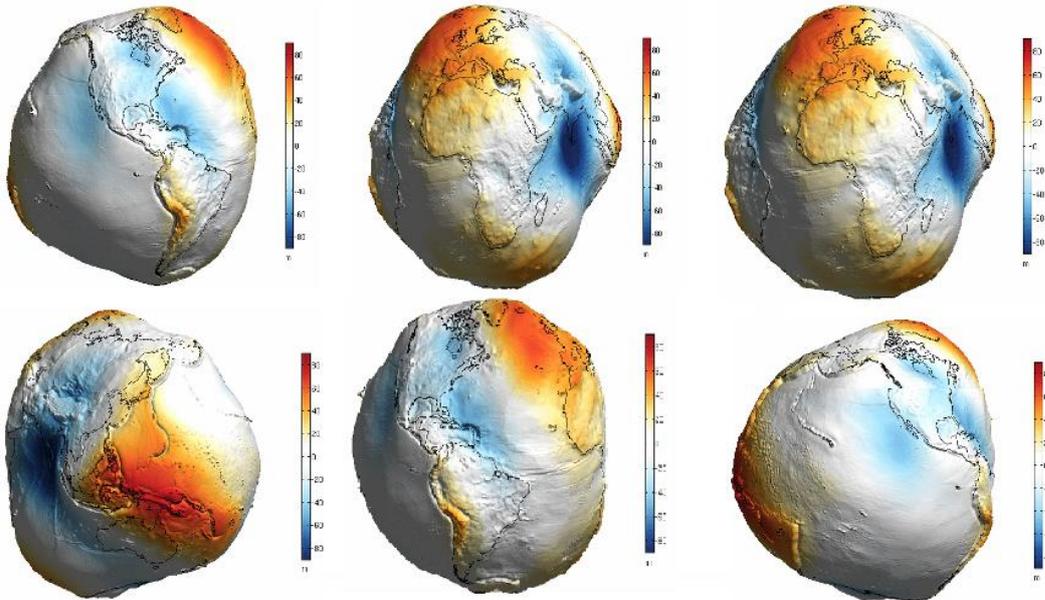


Figure 1. Géoïde height EGM 2008, max-500.

Réseau géodésique d'unification par GPS

C'est la ré-détermination d'un ensemble de points de grande précision appartenant au réseau de géodésie classique par la technique GPS.

Ces points serviront à unifier les deux systèmes (WGS84 et Nord-Sahara) par la détermination de paramètres de passage le plus précisément possible d'une part et d'autre part et occasionnellement de points d'appui au réseau GPS 1er ordre. [4]

Il se compose de 42 points séparés par une distance comprise entre 50 et 150 km.

Les observations des points se font avec des récepteurs bi-fréquences Ashtech Z12, sur une durée de 18 heures réparties sur trois jours. La précision relative de ce réseau est de l'ordre de 2 cm.[4]

Chapitre I : généralités sur la cartographie et MNT

Année	Mission	Nombre de points
1998	EST	07
2000	CENTRE-EST	25
2001	OUEST	10

Tableau 2. Missions d'unification par GPS.[4]

Le réseau de nivellement

L'origine du nivellement en Algérie remonte à l'époque coloniale française (1889). Il fut confié au Service Géographique de l'Armée (SGA) puis pris en charge par l'IGN. Munis d'un matériel semblable à celui du Service du Nivellement Général de France (NGF), ses opérateurs élaborèrent à partir de 1887 un réseau de nivellement géométrique de précision limité au premier et second ordre.[4]

Entre 1953 et 1954, les travaux de nivellement furent menés en parallèle avec la ré-observation du parallèle Nord et du 1er ordre complémentaire du littoral.(Voir figure 2)



Figure 2. Réseau de nivellement. En noir : INCT ; en rouge : IGN.[4]

Réseau points GPS nivelés

En 2003, l'INCT a mis en place un réseau de 35 points GPS nivelés (Voir figure 3) par le procédé de nivellement de précision. La durée des observations GPS effectuées varie entre 2h 30mn et 6h.

Le traitement des données GPS a été effectué par le Logiciel Ashtech/Solution en utilisant les éphémérides radiodiffusées « broadcast ». [4]

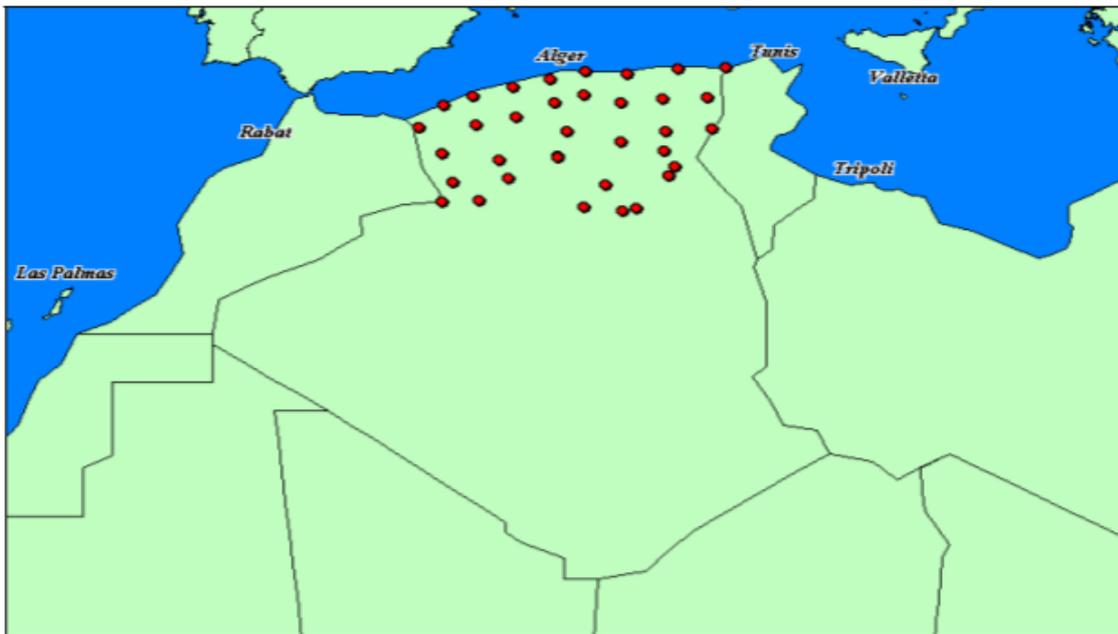


Figure 3. Répartition géographique des 35 points GPS nivelés. [4]

I.2.2. Ellipsoïde

Représente le modèle mathématique de la terre, il existe plusieurs l'ellipsoïde globale (WGS4) et des ellipsoïde locaux.

Ellipsoïde de révolution

La surface la plus proche du géoïde est un ellipsoïde de révolution, c'est-à-dire un volume engendré par la rotation d'une ellipse autour d'un de ses deux axes. [1]

La terre tournant autour de l'axe des pôles (de demi-longueur b , voir figure4), cette rotation engendre un cercle équatorial de rayon a .

Les dimensions de l'ellipsoïde sont déterminées en comparant la distance par mesures géodésiques et la différence de latitude par mesures astronomiques entre deux points d'un même méridien. [1]

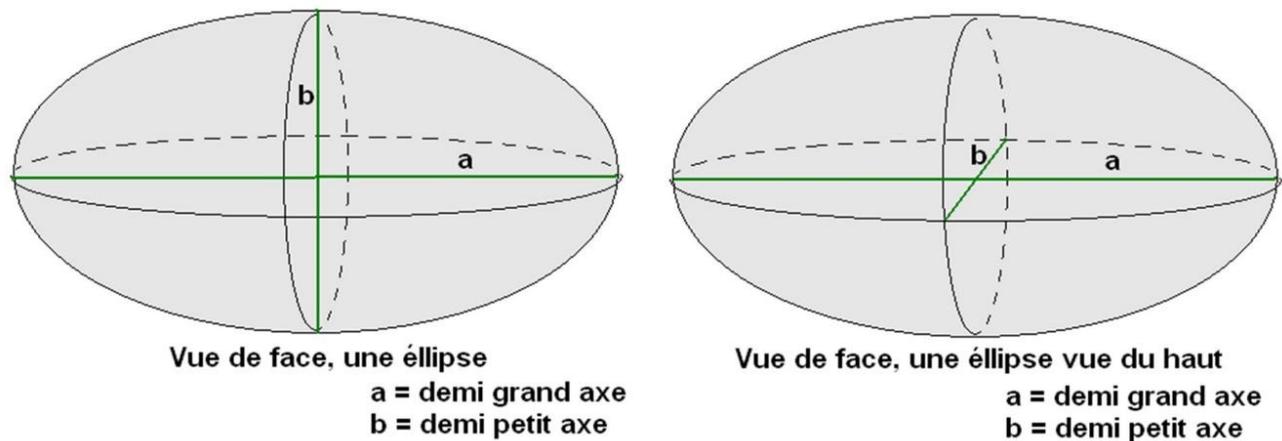


Figure 4. Ellipsoïde de révolution.[5]

Un méridien est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan contenant l'axe des pôles : c'est donc une ellipse.

Un parallèle est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan perpendiculaire à l'axe des pôles : c'est donc un cercle.

Tous les méridiens sont égaux entre eux (à quelques écarts près). Leur rayon de courbure diminue des pôles vers l'équateur, donc leur courbure (inverse du rayon) augmente.

Il n'existe pas un ellipsoïde global unique mais plusieurs ellipsoïdes locaux définis pour chaque pays, chacun adoptant un ellipsoïde le plus proche possible du géoïde local. Ceci explique que les ellipsoïdes diffèrent d'un pays à l'autre. Pour la géodésie française, on utilise l'ellipsoïde défini en 1880 par Clarke et dont les caractéristiques, très légèrement modifiées par l'IGN par rapport à l'ellipsoïde initial, sont les suivantes :

- Demi-grand axe : $a = 6\,378\,249,20$ m
- Demi-petit axe : $b = 6\,356\,515,00$ m
- Aplatissement : $f = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{293\,466\,0213}$
- Excentricité $e : a^2 = \frac{a^2 - b^2}{a} = 0,006\,803\,487\,646$

C'est l'ellipsoïde de référence actuellement utilisé comme surface de projection pour l'établissement de cartes et plans assez étendus. [1]

Il a été choisi le plus proche possible du géoïde, c'est pourquoi :

- Il est tangent au géoïde au Panthéon, à Paris ; Les écarts entre géoïde et ellipsoïde ne dépassent pas 14 m en France.[1]

Chapitre I : généralités sur la cartographie et MNT

Ces caractéristiques sont en cours de modification afin de mettre en place un système international, de plus en plus nécessaire.

Le développement du GPS et des travaux de géodésie réalisés au niveau européen imposent ces modifications.[1]

Autres ellipsoïdes

Comme nous l'avons dit au paragraphe précédent, d'autres ellipsoïdes ont été ou sont utilisés. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Ellipsoïde	$\frac{1}{2}$ Grand axe à (m) $\frac{1}{2}$ petit axe b (m)	Excentricité e 1/aplat.1/f	Système .géodésique Point fondamental	Projection Méridien Origine
Clarke 1880	6 378 248,200 6 356 515,000	0,082483 256 763 293,466 0213	NTF Panthéon	Lambert Paris
GRS 1980	6 378 137,000 6 356 752,300	0,081 819 191 31 298,257 22 101	International	
IAGRS1980	6 378 137,000 6 356 752,314	0,081 819 191 31 298,257 222 101	WGS 84	

Tableau 3. Autres ellipsoïde et Leurs caractéristiques.[1]

I.2.3. Relation entre le géoïde et l'ellipsoïde

Les altitudes mentionnées sur la carte topographique sont mesurées par rapport au géoïde par contre, les altitudes obtenue par le SRTM sont calculées par rapoort à l'ellipsoïde.(Voir figure 5)

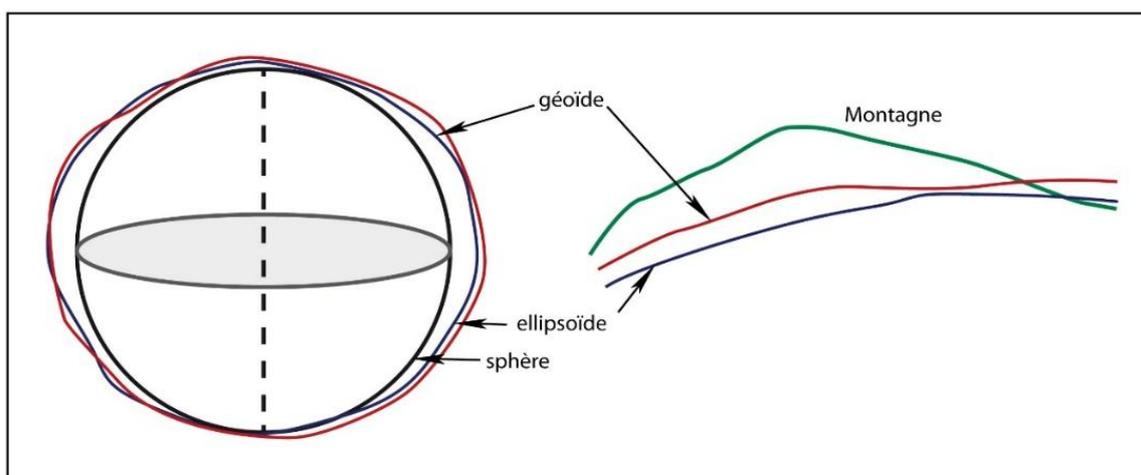


Figure 5. Géoïde et ellipsoïde.[6]

I.3. Système de coordonnées et projection

Pour parvenir à superposer les couches d'informations dans un SIG, il est nécessairement indispensable de géo-référencer correctement et rigoureusement les différentes couches thématiques, de ce fait il est utile d'avoir un système de coordonnées convenable et adéquat.

I.3.1. Les coordonnées géographiques et coordonnées projetées

Les coordonnées d'un objet géographiques sont exprimées essentiellement sous deux formes quel que soit le système de coordonnées. [7]

Coordonnées géographiques ou géodésiques

En terme de longitude et latitude ; des mesures angulaire en degrés ou grades déterminable par rapport à un méridien d'origine (longitude) et un parallèle (la latitude).[7]

Une minute d'arc d'un grand cercle (méridien) est un mile nautique (un nœud) = une minute de latitude. Une minute de longitude est un mile nautique seulement à l'équateur, varie donc de une minute par mile nautique à l'équateur jusqu'à zéro aux pôles. Mile nautique = 6076 pieds; 1852 mètres et La Terre mesure 21,600 miles nautiques en circonférence.[7](Voir fig.6)

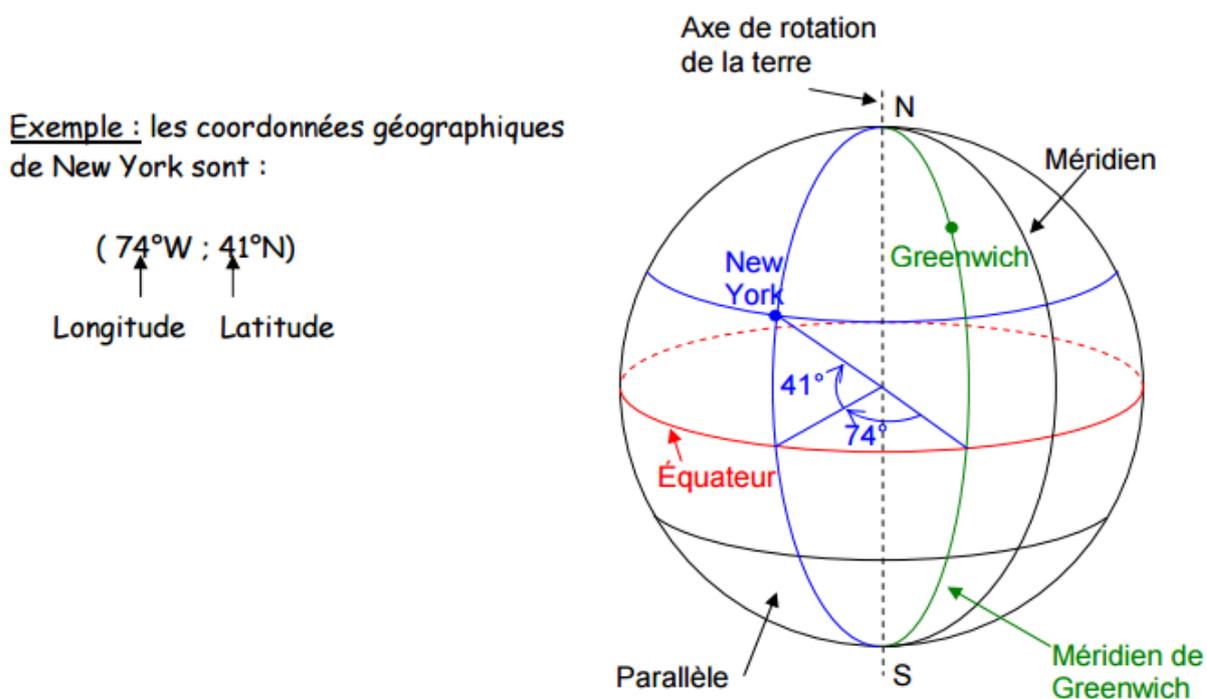


Figure 6.Coordonnées géographiques (longitude, latitude).[8]

Coordonnées projetées

Sont des coordonnées planes que l'on utilise majoritairement et définies pour les besoins cartographiques avec des unités métriques mesurées vers l'EST et le NORD à partir d'un point origine.

D'où la possibilité de Conversion entre géographiques et planes (Cartésiennes ou Polaires) en utilisant des projections. (Voir fig.7)

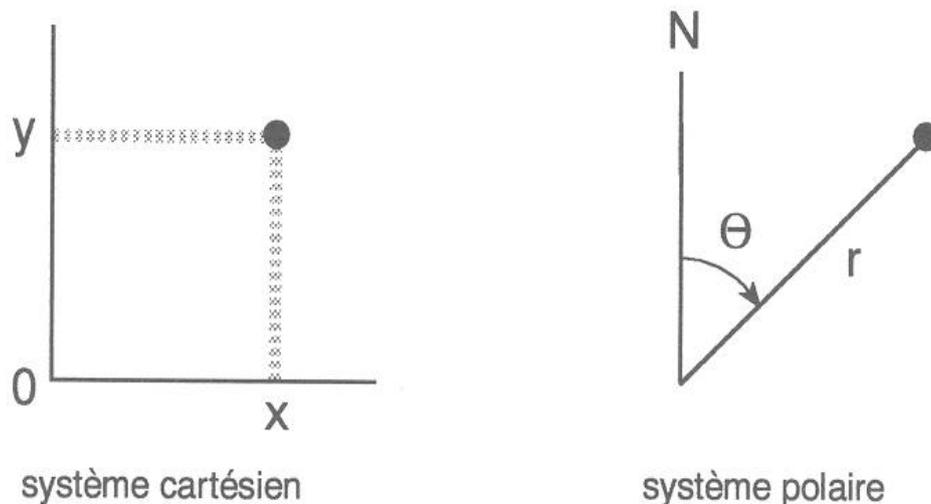


Figure 7. Systèmes cartésien et polaire. [9]

I.3.2. Système de coordonnées

Qu'est-ce qu'un système de coordonnées ?

Un système de coordonnées est un système utilisé pour mesurer des coordonnées. Il peut être défini par un ellipsoïde. Un point sera alors localisé par ses coordonnées géographiques, exprimées par la latitude Φ , la longitude λ , et la hauteur ellipsoïdale h mesurée suivant la normale à l'ellipsoïde. Longitude et latitude sont des mesures d'angles et peuvent être exprimées en degrés, en grades ou radians. [10]

Il existe de nombreux systèmes de coordonnées. Ils sont recensés par l'EPSG (European Petroleum Survey Group) qui a attribué un code à chacun. Quelques exemples :

Un système de coordonnées de référence est défini par un certain nombre de paramètres :

- Un ellipsoïde de référence qui est la forme mathématique simplifiée de la terre.
- Un système de projection de cet ellipsoïde qui nous permet et facilite la représentation cartographique plane de cette localité.

Chapitre I : généralités sur la cartographie et MNT

- Elle peut être une projection conforme : conservation locale des angles et direction ; équivalente : conservation globale de la surface ; ou équidistante : conservation de la distance élémentaire ; et phylétiques : pas des propriétés globales.[7](Voir fig.8)

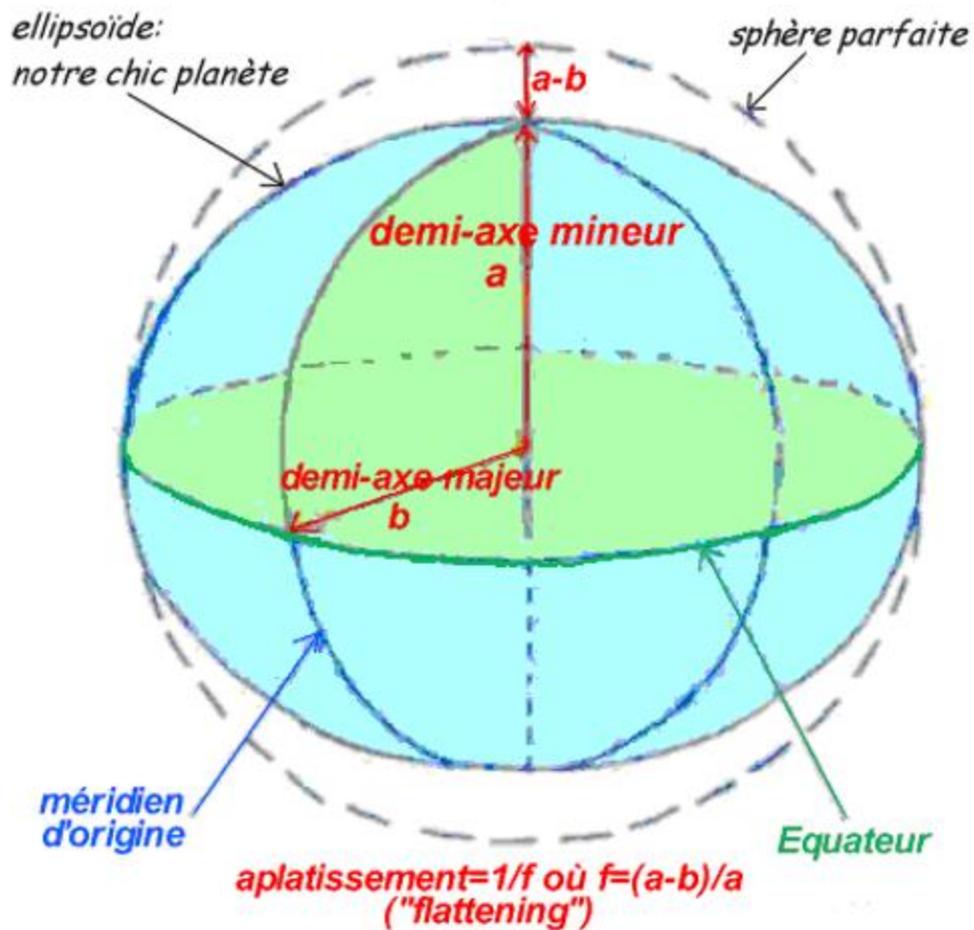


Figure 8. Paramètres d'ellipsoïde de référence.[11]

Un datum qui permet l'adaptation de cet ellipsoïde et la définir une surface idéale qui représente au mieux la surface de la terre (datum global) ou de se superposer au mieux à la surface terrestre dans une région donnée (datum local). (Voir fig.9)

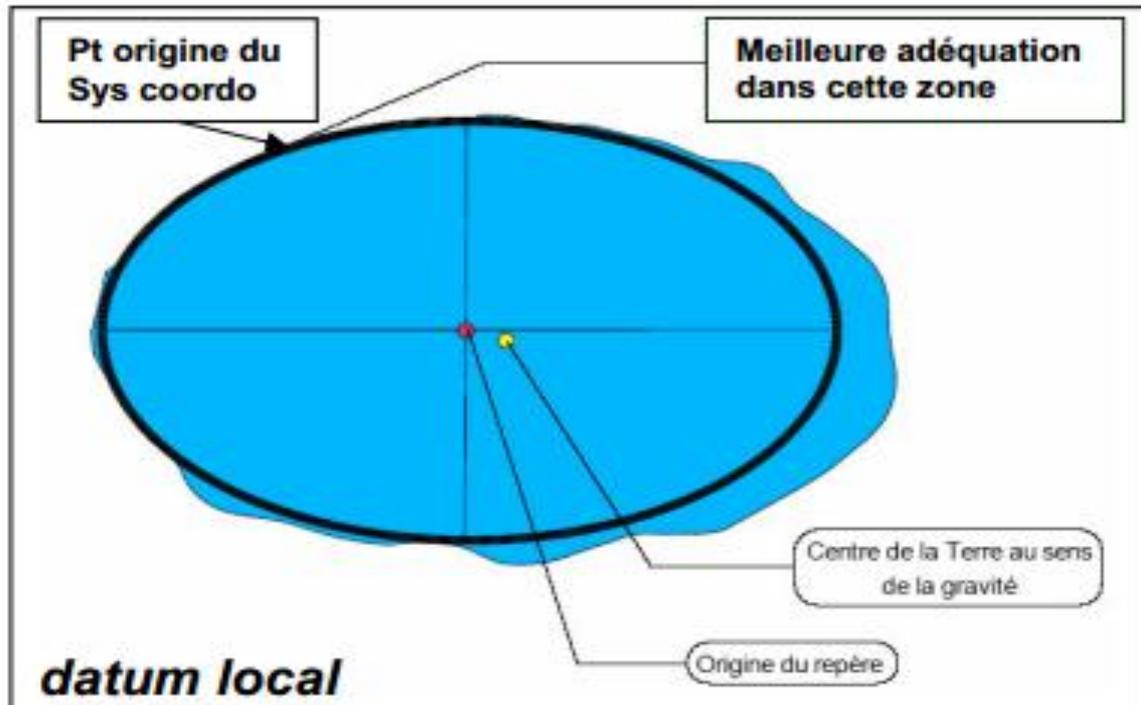


Figure 9. Datum local (favorable pour une région).[10]

I.3.3. Système international WGS84

Centre de l'ellipsoïde confondu avec centre de masse de la terre :

- Ellipsoid WGS84 (IAG-GRS80);
- Datum WGS84 (word Geodetic system);
- Méridien d'origine Greenwich ;
- Représentation plane associée UTM.[7]

I.3.4. Système cartographique en Algérie

Système géodésique Nord Sahara 1959

Le NORD SAHARA est un système géodésique hybride, crée par IGN dans les années 50 pour l'Algérie. Ce système présente par sa conception une faible homogénéisation surtout au sud du territoire national, ceci est dû principalement à la combinaison de deux réseaux géodésiques différents, à savoir la triangulation géodésique du nord et le canevas astronomique du grand sud.[12]

Transformation entre le WGS84 vers le Nord-Sahara 1959

La transformation des coordonnées issues du positionnement par GPS et donc exprimés dans le système WGS 84 au système local Nord Sahara en vigueur, nécessite la connaissance des paramètres de passage.

La détermination de ces paramètres a été effectuée sur la base de la connaissance des coordonnées des points doubles déterminées dans les deux systèmes.(Voir fig.10)

Le modèle de transformation tridimensionnel utilisé est celui dit modèle d'Helmert ou de Bursa Wolf à sept paramètres.

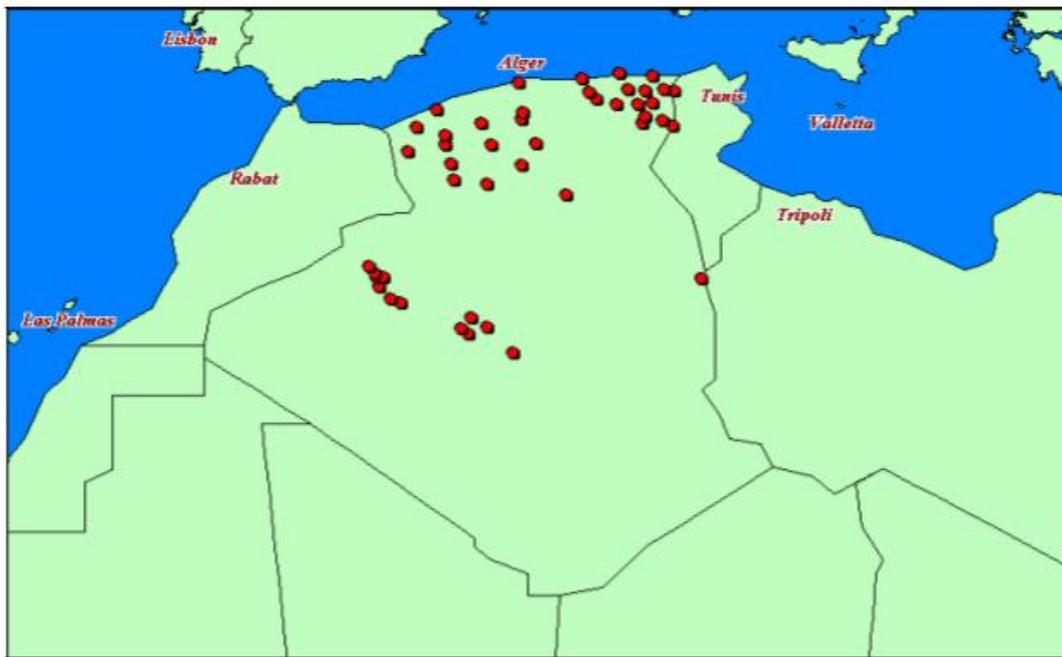


Figure 10.Répartition géographique des points ayant servi au calcul des paramètres de passage.[4]

Ainsi, les paramètres de passage du WGS 84 au Nord Sahara obtenus sont :

Translation en X [m]	209.362198
Translation en Y [m]	87.816200
Translation en Z [m]	-404.619830
Rotation en X [sec]	-0.00461215
Rotation en Y [sec]	-3.47842207
Rotation en Z [sec]	-0.58048472
Correction sur le facteur d'échelle [ppm]	1.4547220

Tableau 3.Paramètres de passage du WGS 84 au Nord Sahara.[4]

Représentations cartographiques planes

Projection UTM

L'Algérie s'étale de l'Ouest à l'Est sur quatre fuseaux : le 29, 30, 31 et 32 soit de 9° à l'Ouest du méridien d'origine et à 12° à l'Est du méridien d'origine.[4](Voir fig.11)

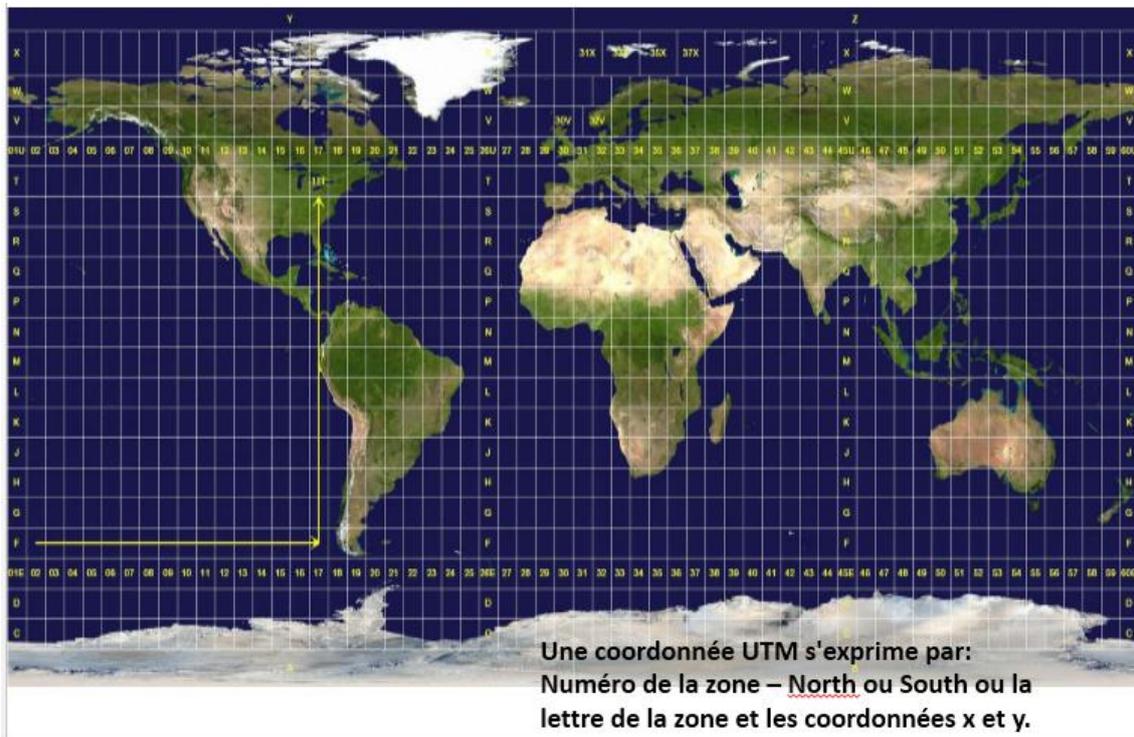


Figure 11.Grille UTM.[9]

Les constantes de la projection UTM sont :

Constante	UTM Nord fuseau n
Latitudes origine	0°
Longitude origine ou méridien centrale de la projection	$6(Nf-31)+3^\circ$ /Greenwich NF : numéro de fuseau.
Eo	500000 m
No	0 m
Facteur d'échelle	0.9996 m

Tableau 4.Constantes de projection UTM.[4]

I.4. Introduction sur MNT

Un MNT est une représentation sous forme numérique du relief d'une zone géographique, ce modèle numérique peut être composé d'entités vectorielles, ponctuelles, linéaires, surfaciques ou représentées en mode raster.[13]

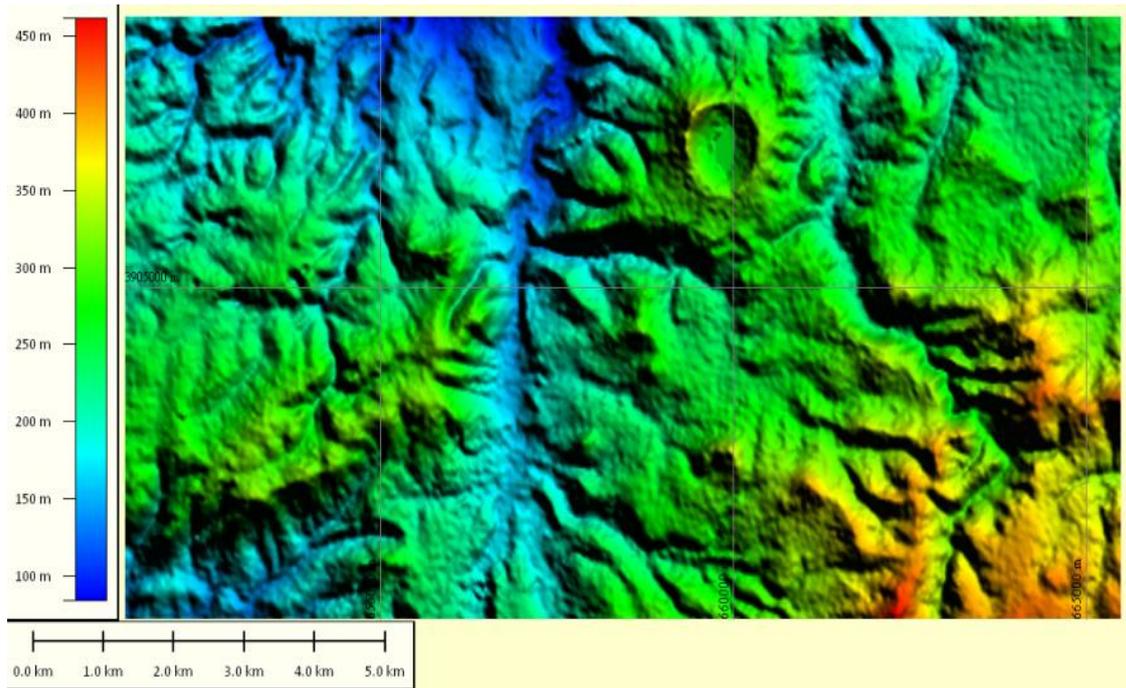


Figure 12.Extrait d'un MNT du massif volcanique d'Ain Témouchent.

A partir d'un MNT, il est possible de créer plusieurs cartes dérivées et une géo visualisation 3D ; sa précision est dépendante de la méthode d'acquisition ou d'élaboration, il représente la plate-forme essentiel pour toute géo data base sous SIG.(Voir fig.13)

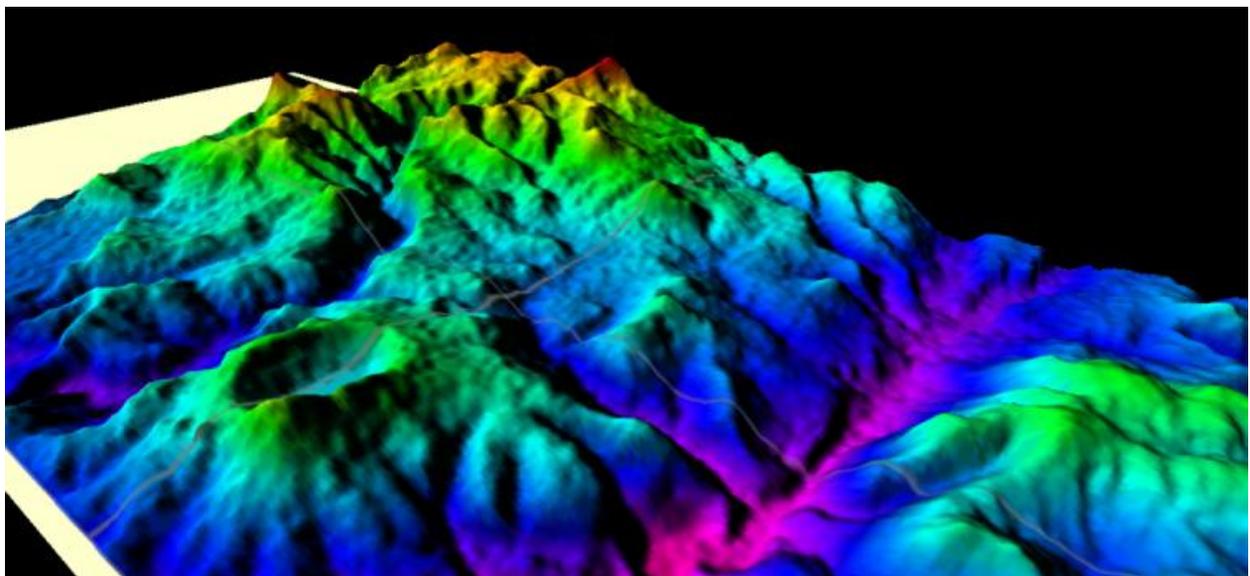


Figure 13.Géo visualisation 3D de la même région.

I.5. Définition

Un modèle numérique de terrain appelé MNT, est une carte indiquant la forme brute du terrain, sans construction ni végétation. Il correspond donc à une schématisation du modelé de la région étudiée.

L'ensemble des points de la carte établie, correspond à une altitude permettant de travailler sur un modèle surfacique numérique.

I.6. Type de représentation

On peut distinguer les MNT selon le type de maillage utilisé (voir figure 14):

- Maillage régulier carré (raster),
- Maillage triangulaire régulier,
- Maillage triangulaire quelconque (TIN).[13]

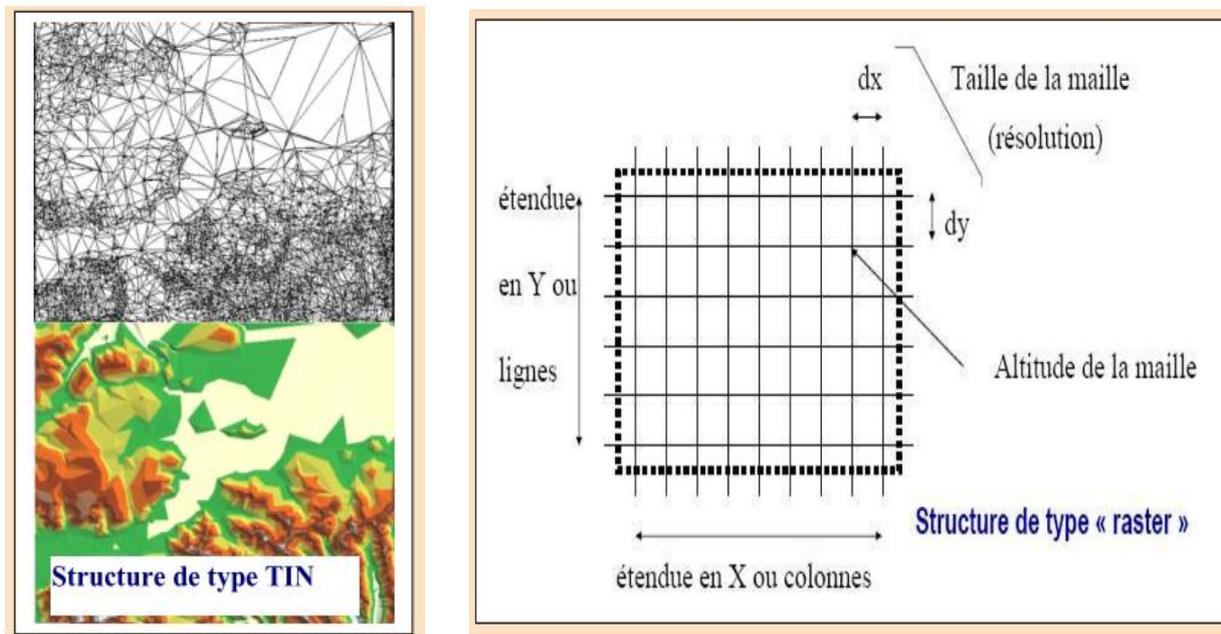


Figure 14. Type de représentation d'un MNT.[13]

I.7. Acronymes

Il existe entre autre les modèles suivants :

- **MNE** : Modèles numériques d'élévation. il comprend la hauteur des bâtiments, des arbres, des végétations.
- **MNT** : Modèles numériques de terrain, décrit l'élévation du sol nu.
- **MNS** : Modèles numériques de surface, Décrit la surface réelle du sol, comprenant les bâtiments, la végétation et autres éléments recouvrant le sol au moment de la mesure.
- **MNA** : Modèle numérique d'Altitude. La disponibilité des modèles numérique d'altitude (MNA) est primordiale pour l'exécution des corrections géométriques radiométriques du terrain sur des images de télédétection. Ces modèles permettent aussi la

création de lignes de contours et de modèles de terrains et procure ainsi une autre source d'information pour les analyses. (In élaboration d'un modèle numérique d'élévation pour le Centre universitaire BELHADJ BouchaibAin Temouchent).

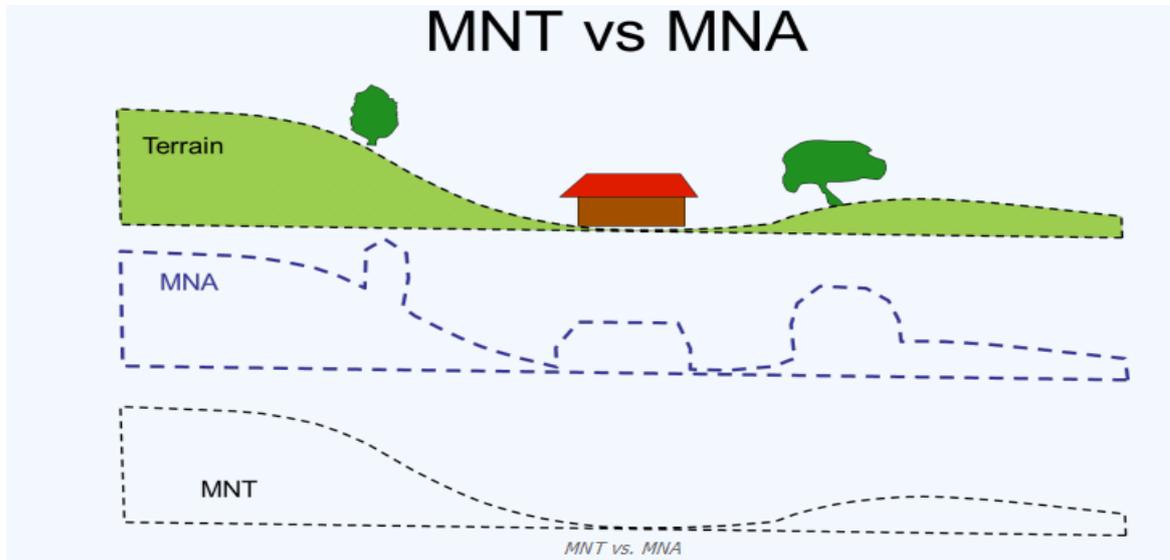


Figure 15. Différence entre MNT et MNA. [14]

I.8. Un MNT permet

- de reconstituer une vue en images de synthèse du terrain ;
- de calculer des surfaces ou des volumes ;
- Tracés des profils topographiques ;
- Rendu de visualisation et Planification du vol en 3D ;
- Rectification géométrique de photographie aérienne ou d'imagerie satellitaire ;
- Systèmes d'information géographique (SIG) ;
- Ingénierie et conception des infrastructures ;
- d'une manière générale, de manipuler de façon quantitative le terrain étudié. [15]

I.9. Quelques Logiciels de visualisation et de traitement de MNT

- Arc GIS ;
- Surfer ;
- River Tools ;
- TNT mips ... [16]

Chapitre II :
Les SIG
et
Google Earth

ChapitreII:les SIG et Google Earth

II. Introduction sur SIG

Depuis plus de 20 ans, le développement de l'informatique a entraîné des modifications importantes pour la cartographie.

La production de données s'est accélérée, grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition (la télédétection spatiale et le positionnement par satellite en sont les principaux exemples).

Le traitement des données localisées s'est largement développé, avec la saisie numérique des données graphiques, cartes et plans. Avec l'apparition des SIG, les cartes ne sont en fait même plus des cartes! Ce sont des bases de données, c'est-à-dire des ensembles de points, d'objets, de noms... qui, non seulement se transforment à la demande, en carte particulière, à l'apparence différente selon les besoins, mais en plus permettent de combiner facilement plusieurs sources de données et produire des statistiques ou conduire des analyses et des simulations.

II.1. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)

II.1.1. Définition

Un SIG est un Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.[17]

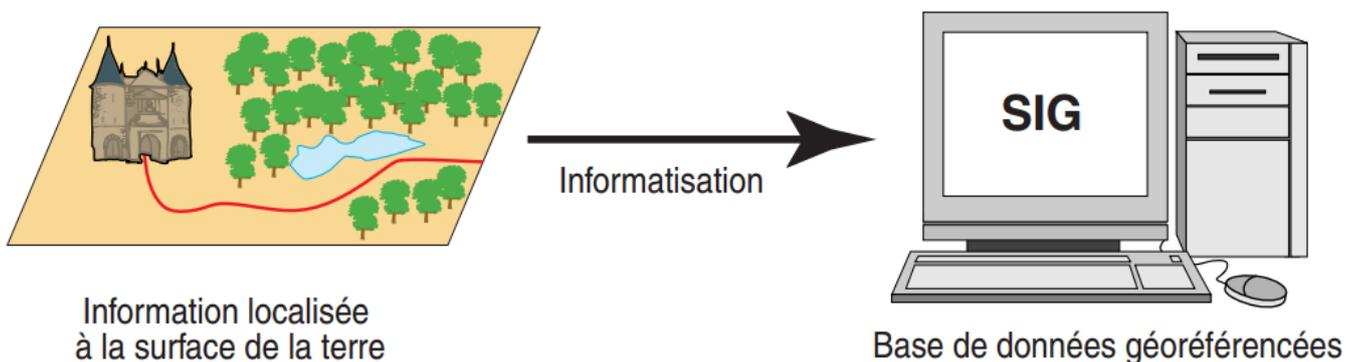


Figure 16.Information des données géo référencées à l'aide du SIG.[17]

Il existe plusieurs définitions proposées par de nombreux auteurs sur les SIG, dans notre cas en tiendra compte de celle de Joliveau. T:

« Un S.I.G est l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitué pour rendre compte des phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cette espace »[18]

II.2. Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG

II.2.1. Données raster

La réalité est décomposée en grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.[19]

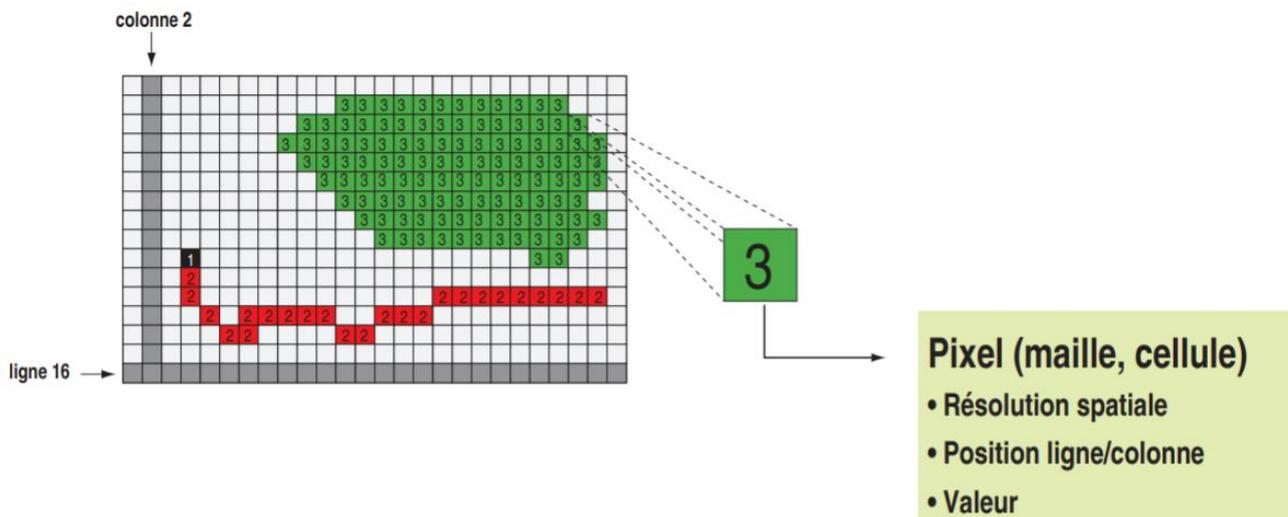


Figure 17. Présentation RASTER.[19]

II.2.2. Données vectorielles

Le format vectoriel utilise le concept d'objets géométriques (points, lignes, polygones) pour représenter les entités géographiques.

- **Les points:** Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.
- **Les lignes:** Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets

linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

- **les polygones:** Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...[19]

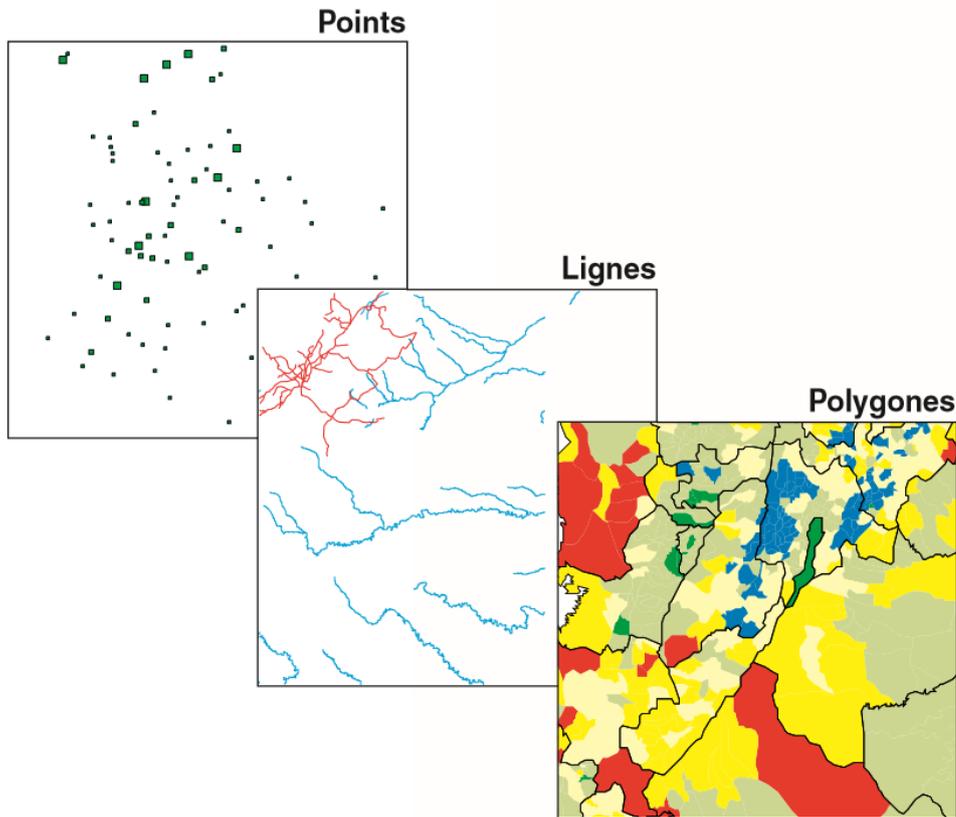


Figure 18.Exemple sur Données vectoriels.[19]

II.3. Les composantes d'un SIG

- **Matériels**

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

- **Logiciels**

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

- **Données**

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

- **Utilisateurs**

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour.

- **Méthodes**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.[20]

Construire un SIG revient à modéliser le monde réel :

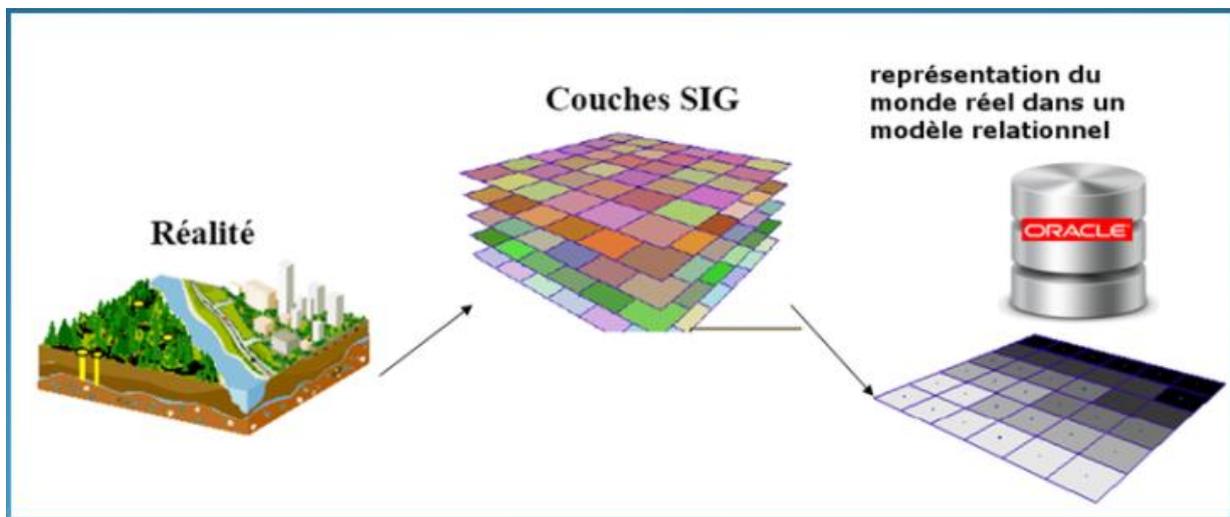


Figure 19. Les composants d'un SIG.[21]

II.4. Les volets d'un SIG

Le SIG propose trois volets pour afficher et manipuler les informations géographiques :

Un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants. Les fonctions de géo traitement partent des informations contenues dans les jeux de données existants, appliquent des fonctions analytiques et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

II.4.1. La boîte à outils (géo traitement)

Un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants. Les fonctions de géo traitement partent des informations contenues dans les jeux de données existants, appliquent des fonctions analytiques et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

II.4.2. La carte (géo visualisation)

Un SIG est un ensemble de cartes intelligentes et de vues qui montrent des entités et leurs relations à la surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des « fenêtres ouvertes sur la base de données géographiques » afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques.

II.4.3. Les géo données (catalogue ou géo data base sous Arc Gis)

Un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (rasters, réseaux, etc.)

Ensemble, ces trois éléments constituent le noyau d'un système d'information géographique complet (Voir fig.20), et sont utilisés à différents niveaux de toutes les applications SIG.[22]

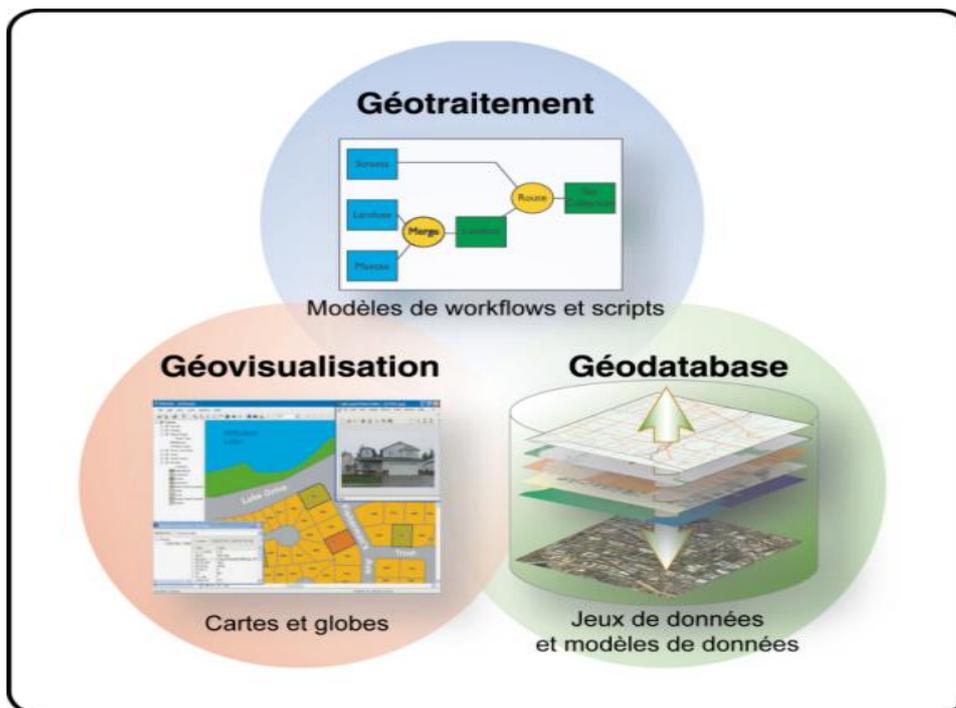


Figure 20. Les trois volets d'un SIG.[22]

II.5. Rôle d'un SIG

Un SIG répond à 5 grands rôles (les 5 A) :

- **Abstraction** : Modélisation de l'information,
- **Acquisition** : Récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- **Archivage** : Stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,

- **Analyse** : Réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- **Affichage** : restitution graphique.[23]

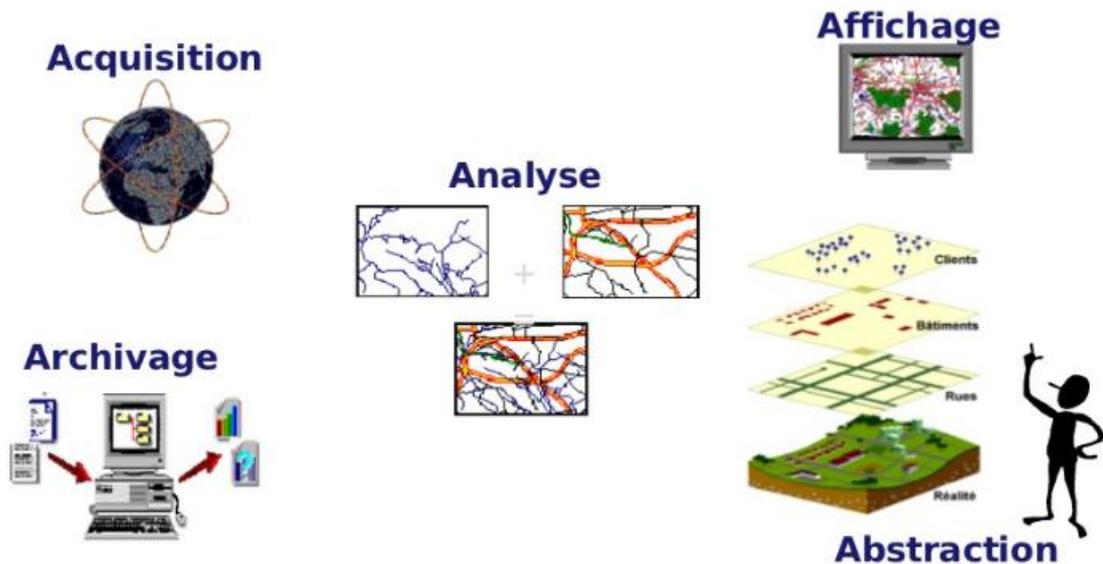


Figure 21. Les 5 grands rôles (les 5 A) du SIG .[24]

II.6. Les Données d'un SIG

Un SIG doit répondre à plusieurs conditions et critères, de ce fait il est nécessairement de trouver, trier et sélectionner des données spécifiques pour atteindre le but.

II.6.1. Multi-Données

Pour faire des simulations, analyses, optimisations:

- **Multi-échèles** : Qui nous permet d'avoir une vision fine et globale en même temps, zoom intelligent et analyse spatiale...
- **Multi-résolutions** : Pour la mosaïque d'image et nous facilite l'abstraction de la zone qui nous intéresse pour l'économie et gestion d'espace...
- **Multi-dates** : Une possibilité de faire une analyse temporelle, le suivi et détection des changements...
- **Multi-sources** : Possibilité d'intégrer des données de différentes extensions et facilite la concordance, authenticité et validation des données.

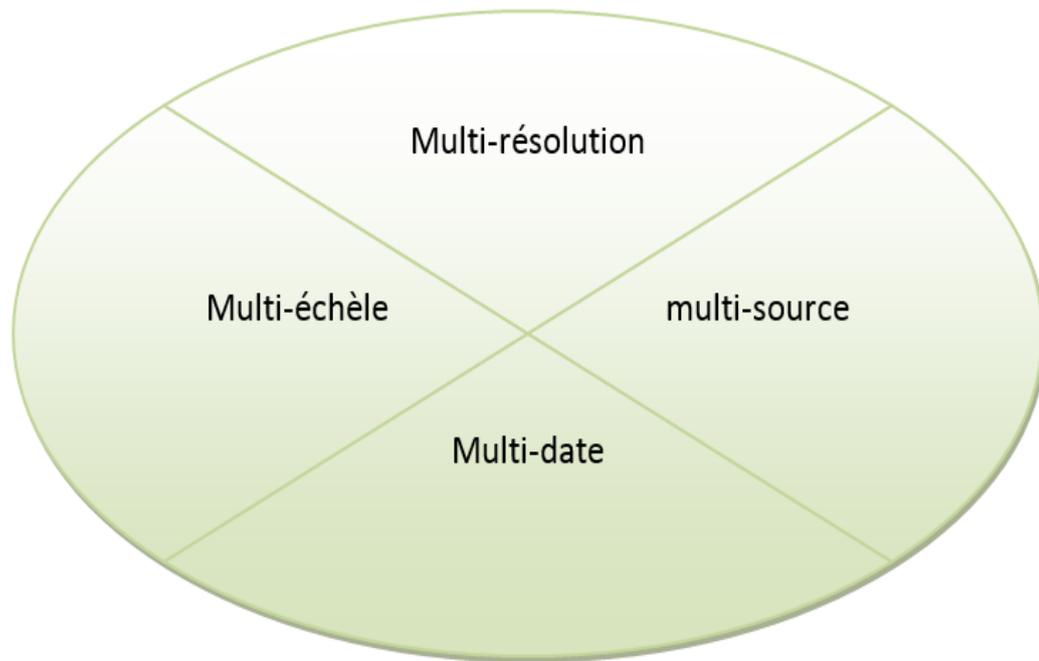


Figure 22. Organigramme des multi-données d'un SIG.

II.6.2. La métadonnée

Données d'une donnée, c'est-à-dire l'information sur le producteur et la donnée, ses conditions de création ou de diffusion (interdiction, restriction, accès libre) sa qualité, son extension géographique, Exemple de catalogue de borne géodésique.

II.6.3. La qualité sur la donnée

La visibilité, lisibilité, sélectivité, fiabilité, précision et exactitude.

II.6.4. Typologie des données

On représente une donnée géographique soit en mode raster, vecteur ou TIN.[25]

II.7. Les différents types de SIG

Il existe 3 grands types de SIG :

- Les SIG grand public
- Les SIG professionnels 3D
- Les SIG professionnels 2D

II.7.1. Les SIG Grand Public

Points positifs :

- SIG gratuits mis en ligne par des organismes publics.
- Nombreuses données, utilisables à différentes échelles.[26]

Points négatifs :

- Données consultables et non téléchargeables.
- Manque d'interactivité.[26]

II.7.2. SIG professionnels 2D

Points positifs :

- SIG très puissants capables de traiter de grandes bases de données.
- Possibilité de créer son propre SIG avec ses propres données.[26]

Points négatifs :

- Utilisation complexe.
- Interface peu pédagogique.[26]

II.7.3. SIG professionnels 3D

Points positifs :

- SIG très puissants capables de traiter de grandes bases de données.
- Possibilité de créer son propre SIG avec ses propres données.[26]

Points négatifs :

- SIG très chers malgré l'apparition de versions gratuites.
- Utilisation complexe, nécessitant une formation.[26]

II.8. Les utilisateurs de SIG

II.8.1. Domaine public

- Agriculture & Santé ;
- Recherche & Éducation ;
- Aménagement du territoire ;
- Ministère de l'Environnement ;

- Transports ;
- Office locale de l'eau.[26]

II.8.2. Domaine privé

- Cartographie et Télédétection ;
- Transport terrestre ;
- Agriculture ;
- Marketing ;
- Gestion des risques ;
- Bureaux d'étude.[26]

II.9. Introduction sur Google Earth

Google Earth est un programme informatique qui rend une représentation 3D de la Terre basée sur l'imagerie satellitaire .

Le programme cartographie la Terre par la superposition d'images obtenues à partir d'images satellitaires , de photographies aériennes et de données SIG sur un globe 3D , permettant aux utilisateurs de voir les villes et les paysages sous différents angles.

Les utilisateurs peuvent explorer le monde en entrant des adresses et des coordonnées, ou en utilisant un clavier ou une souris .

Le programme peut également être téléchargé sur un smartphone ou une tablette, etc.

Les utilisateurs peuvent utiliser le programme pour ajouter leurs propres données en utilisant le format 'KML' KeyholeMark uplanguage et les télécharger via diverses sources, telles que des forums ou des blogs .

GEest capable de montrer différents types d'images superposées sur la surface de la terre et est également un client Web Mapp Service .

Certains considèrent que GEREprésente une menace pour la vie privée et la sécurité nationale , ce qui a conduit à l'interdiction de ce programme dans plusieurs pays.[27]

II.10. Historique

GEa été développé à l'origine par KeyholeInc., MountainView société fondée en 2001. basé Keyhole, après avoir été essaimé d'IntrinsèqueGraphiques , a reçu un financement de l'Agence centrale de renseignement société de capital de risque », In-Q-Tel et l'Agence nationale de renseignement géo-spatial , en plus de plus petite capitale de vidaient Sony . Keyhole a développé le programme sous le nom de KeyholeEarthViewer , et a vendu le produit pour des utilisations dans des domaines tels que l'immobilier , l'urbanisme , la défense et le renseignement . Google a acquis la société en 2004, suscitant l'intérêt du public pour les technologies et les applications géo spatiales .[27]

Version	Date de sortie	Changements
1.0	Juillet 2001	
1,4	Janvier 2002	
1.6	Février 2003	
1.7.2	Octobre 2003	
2,2	Août 2004	
3,0	Juin 2005	<ul style="list-style-type: none"> • La première version publiée après l'acquisition de Keyhole, Inc.
4,0	Juin 2006	
4.1	Mai 2007	
4,2	Août 2007	<ul style="list-style-type: none"> • Google Sky a été introduit • Un simulateur de vol a été ajouté
4.3	Avril 2008	<ul style="list-style-type: none"> • Première version à implémenter la version 2.2 de KML • Google Street View a été ajouté
5.0	Mai 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Google Océan a été introduit • L'imagerie historique a été introduite
5.1	Novembre 2009	
5.2	Juillet 2010	
6.0	Mars 2011	
6.1	Octobre 2011	
6.2	Avril 2012	
7.0	Décembre 2012	
7.1	avril 2013	
7.3	Juillet 2017	<ul style="list-style-type: none"> • G E Pro est devenu la version standard du programme de bureau.

9.0	Avril 2017	• Une version du programme basée sur un navigateur
-----	------------	--

Tableau 5. Historique des versions. [27]

II.11. Généralités

Initialement connu sous le nom d'EarthViewer, GE a été développé par la société Keyhole Inc., rachetée par Google en 2004. Le produit, renommé GE en 2005, est désormais disponible pour les équipes de Windows 2000, XP, Vista, Seven, Mac OS X 10.3.9 ou supérieur, Linux (depuis le 12 juin 2006), et FreeBSD. En plus d'avoir poursuivi le développement du client commencé par Keyhole, Google a également intégré l'imagerie de la base de données d'Earth à leur logiciel de cartographie en ligne (Google Maps).

Plusieurs grandes villes peuvent être observées avec une résolution suffisamment élevée pour pouvoir distinguer individuellement chaque immeuble, maison et même voiture. Dans certaines villes telles que Montréal, Paris, Londres, Washington et Seattle, il est même possible de distinguer les gens dans la rue.

La résolution d'observation maximale des lieux géographiques dépend de leur intérêt, cependant toute la surface de la Terre a été photographiée avec une résolution d'au moins 15 mètres. Les lieux qui ont été photographiés avec la meilleure résolution (6 pouces) sont les suivants : Las Vegas dans l'État du Nevada, Cambridge dans le Massachusetts et le comté de Fulton (New York) dans l'État de New York.

GE permet aussi d'aller directement à un lieu en entrant son adresse postale (États-Unis, Canada et Europe uniquement), ses coordonnées ou bien en naviguant manuellement.

GE est également pourvu des données topographiques rassemblées par la NASA lors de la mission SRTM, ce qui permet d'afficher la surface de la Terre en 3D. Ainsi, le Grand Canyon et l'Everest peuvent être observés en 3D contrairement à d'autres logiciels de cartographie ne permettant que des observations 2D, c'est-à-dire depuis le ciel et perpendiculairement au sol. Google a de plus rajouté une couche sur la surface de la Terre qui modélise progressivement en 3D la totalité des constructions d'un grand nombre de villes sur toute la planète. Depuis la version 5 il est possible de visionner en 3D les surfaces sous-marines³.

II.12. Versions disponibles

GE est disponible en 3 versions :

- **Free Version** : version gratuite disponible pour tous,

- **GEPlus** : version sur Windows arrêtée d'être distribué en décembre 2008,
- **GE Pro** : version entreprise payante, désormais gratuite depuis début février 2015.

Le logiciel est présent sur diverses plateformes : Linux, Mac OS X, Windows, Android, Black BerryStorm et Ios.[28]

II.12.1. GE pro

À l'origine, GEPro était la mise à niveau professionnelle vers GE, avec des fonctionnalités telles qu'unMovie Maker et un importateur de données. Jusqu'à la fin janvier 2015, il était disponible pour 399 \$ / an, mais Google a décidé de le rendre gratuit au public. G E Pro est actuellement la version standard de l'application de bureau GE à partir de la version 7.3.[27]

La version Pro inclut des logiciels complémentaires tels que:

- Réalisation de film,
- Importateur de données SIG,
- Modules d'impression avancés...

GE Pro est disponible pour Windows (versions NT), macOS 10.4 ou version ultérieure et Linux.[27]

II.12.2. GE plus

G E Plus était une mise à niveau payante d'abonnement à GE qui offrait aux clients les fonctionnalités suivantes, dont la plupart sont devenues disponibles dans le GE gratuit.

Intégration GPS : lisez les pistes et les waypoints d'un appareil GPS . Une variété d'applications tierces a été créée qui fournissent cette fonctionnalité en utilisant la version de base de G E en générant des fichiers.

KML ou KMZ basés sur des points de cheminement spécifiés par l'utilisateur ou enregistrés par l'utilisateur, Impression haute résolution, Assistance clientèle par e-mail.

Importateur de données: lire les points d'adresse à partir de fichiers CSV ; limité à 100 points / adresses. Une fonctionnalité permettant les annotations de chemin et de polygone, qui peuvent être exportées vers KML , n'était auparavant disponible que pour les utilisateurs Plus, mais a été rendue gratuite dans la version 4.0.2416.Des vitesses de téléchargement de données plus élevées.[27]

II.13. La Résolution

En entend par la résolution spatiale des images satellitaires, la taille de la tache élémentaire du pixel sur le sol. Est puisqu'il existe plusieurs fournisseurs d'images pour GE (différents satellites), le produit image sera multi-résolution ; et il est difficile de donner un chiffre exact sur la résolution visuellement. (Voir fig.23)

La résolution de l'image fournie par le programme GE dépend avant tout de l'endroit géographique. En effet, la résolution n'est pas homogène sur toute la planète et d'une manière générale, les grandes agglomérations sont beaucoup plus détaillées que les milieux ruraux.[28]

Cependant, on peut mettre un intervalle de résolution suivant les satellites utilisés, il s'agit en premier lieu LANDSAT, les images sont gratuites à 100 pour 100 mais la résolution est de 30m x 30 m et de 15 m x 15m en panchromatique (Noir et blanc).

Les autres fournisseurs ont des produits payants et ils SPOT, NOAA, DigitalGlobe ; La plupart des images haute résolution dans GE sont affinées à environ 65 cm. (65 cm panchromatiques au nadir, 2.62 m multi spectral au nadir).

En 2012, les images satellites sont combinées avec les photos, aériennes et de rue, GE dispose de plus de 20 péta octets de données, soit environ 21 millions de giga-octets, soit environ 20 500 téraoctets. Cependant il Ya lieu de noter que les images satellitaires intégrées dans GE sont traitées par composition colorée de bandes spectrales, ce qui rend l'opération de récursivité pour avoir les images originales impossibles par l'utilisateur final de ce produit. Donc elles peuvent être un bon catalogue en ligne pour des fins commerciales.

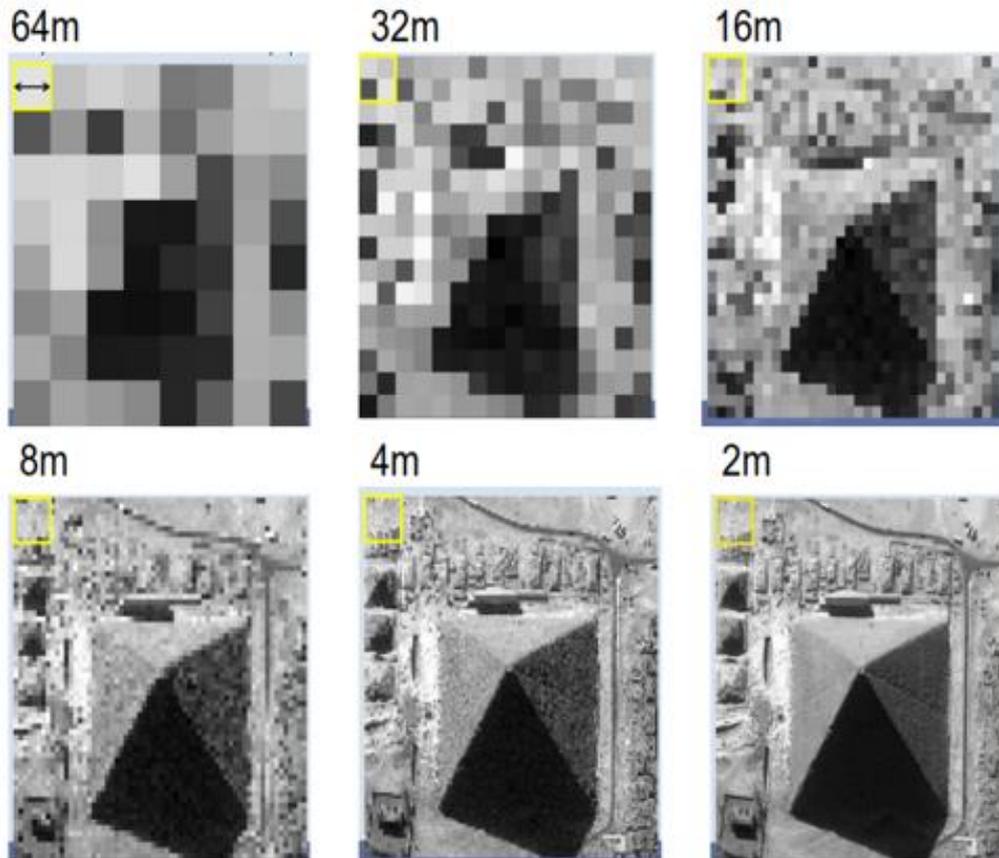


Figure 23. Différentes résolutions spatiales du même lieu.

Notons que les images GE ne sont pas toutes téléchargeables au niveau du poste de visualisation au même temps mais en appliquant la méthode dite pyramide, dont il existe plusieurs couches d'images multi-résolutions superposées et visualisées ou désactivées avec le zoom interactif.

II.14. Mosaïque d'images satellitaires

Aucune documentation n'est mise au grand public concernant le processus d'élaboration des images GE, il est évident qu'il est compliqué et réfère au traitement de la télédétection des images multi-résolutions et multi-dates issues de plusieurs sources satellitaires.

Les images multi-dates fournissent un excellent support d'archivage. Elles sont mises à jour en général chaque 03 ans. (Voir figure 24)

Elles sont affichées via une barre de glissement chronologique sur l'interface GE.

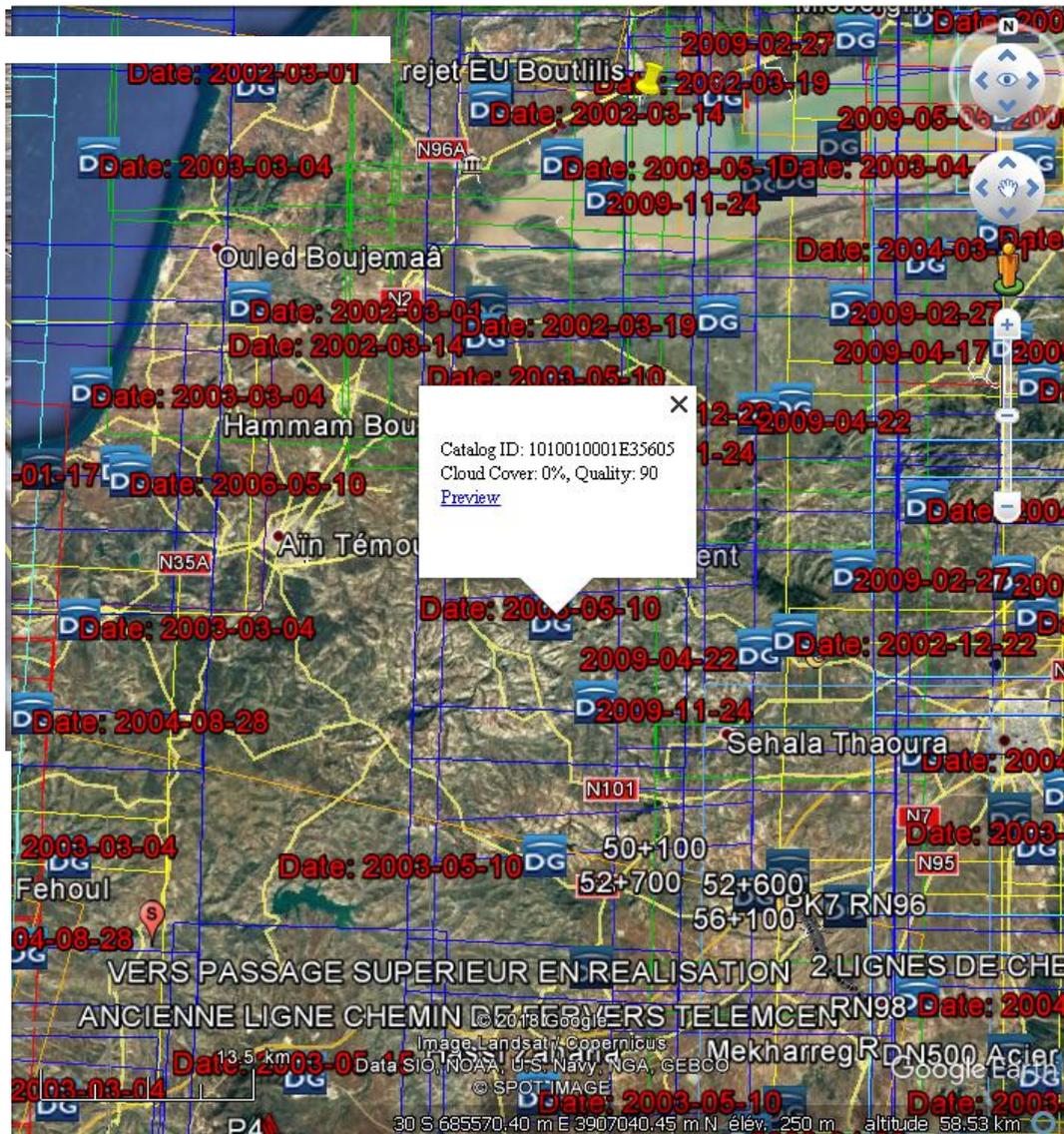


Figure 24. Mosaïque d'images satellitaires.

II.15. Couches d'informations

Nous avons réécense plus de 170 couches d'informations prédéfinies sous GE comme le montre la liste dans les figures ces des couches établies généralement en format vectoriel, elles ne peuvent être exporté à part sous environnement GE ; par contre on peut ajouter nos propres informations vectorielles ou raster, elles seront enregistrées dans le poste de travail, et non mis en ligne sauf par l'administrateur de Google, ainsi le modèle 3D de l'université d'Ain Témoüchent dans la figure ci-après ne peut être visualisable par tout le monde.



Figure 25.Modèle 3D de l'université d'Ain Témouchent.

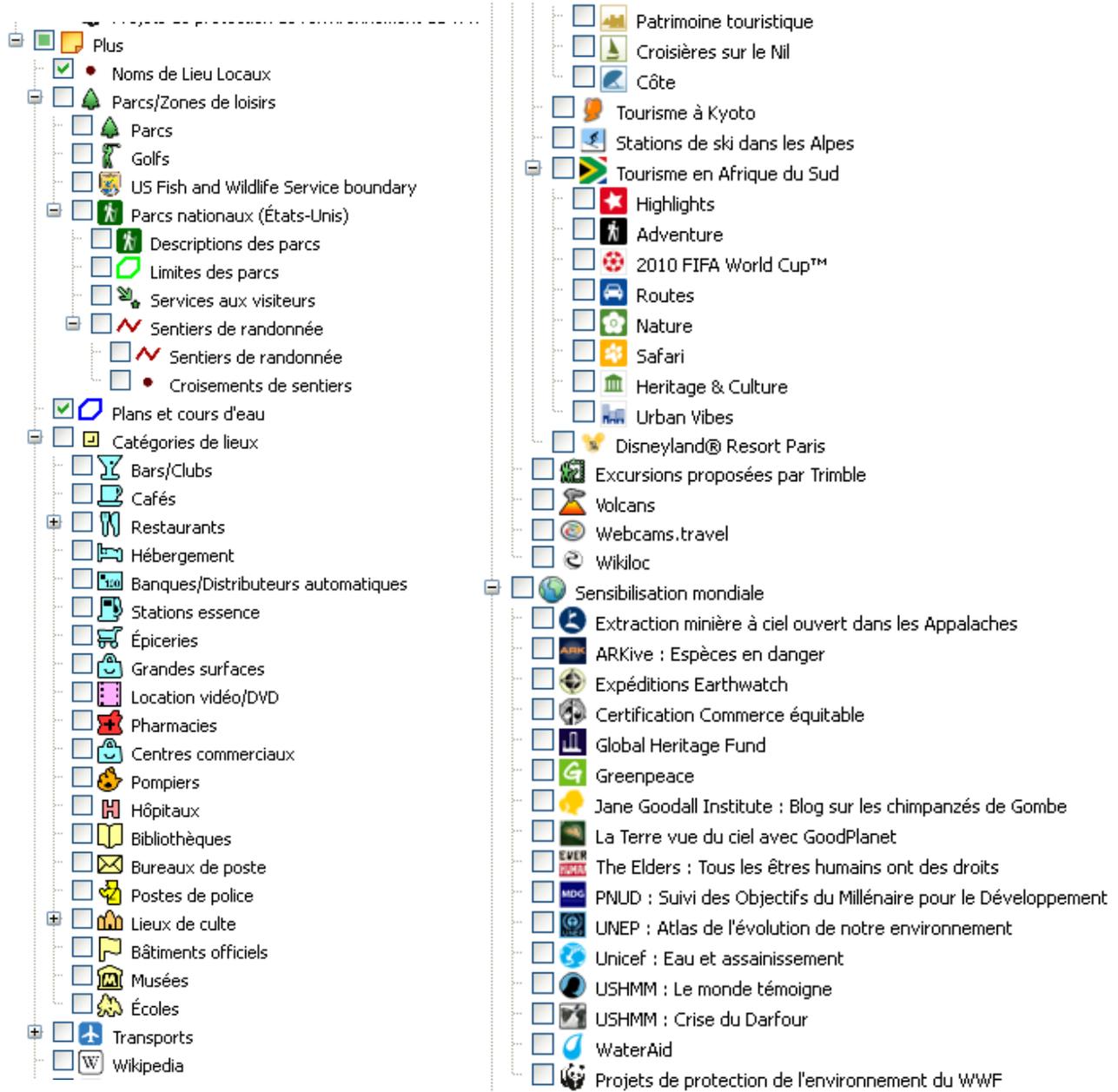
On peut classer les couches d'informations sous les catégories suivantes :

- Couches raster dont elle contienne les images satellitaires.
- Couches vectorielles pour différents secteur et domaine à savoir le tourisme et loisirs, l'eau et l'environnement ; aussi celle du domaine scientifique et de recherche.

GE offre d'autres fonctionnalités intéressantes telles que la génération des profils en long comme utilisé dans le chapitre d'application de ce mémoire.

Mais le profil de GE n'est pas exportable malgré qu'il offre une interactivité d'affichage instantané de la pente et de la distance sur l'image et sur le profil.

Chapitre II: les SIG et Google Earth



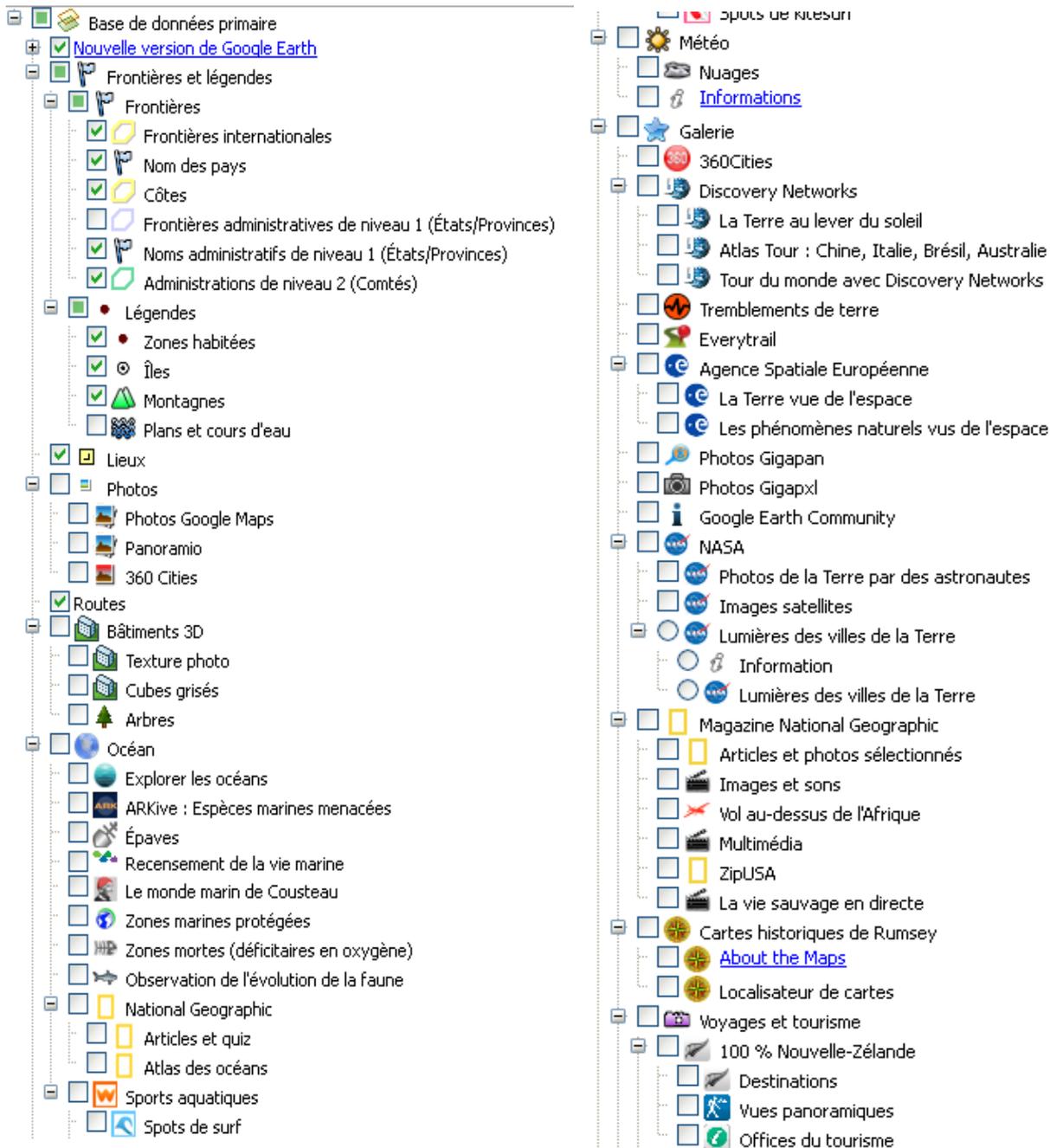


Figure 26. Couches d'informations intégrées par défaut Google Earth.

II.16. Format de fichier (exportation et importation)

Le KML (Key oléMark uplangage) est un format de fichier XML utilisé pour afficher des données géographiques dans un navigateur Earth tel que GE, Google Maps et Google Maps pour mobile. KML a été créé par key olé, et a été acquis par Google en 2004.

Les fichiers KML peuvent également être convertis en Fichier KMZ. Les différences entre KML et KMZ est-ce à KMZ a été compressé ('zippé') en utilisant une application telle que Win Zip.

Chapitre II: les SIG et Google Earth

KML est devenu un standard international de l'open Géo spatial consortium en 2008.

Un exemple de document KML est:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <kml><GroundOverlay><name>dgstam.jp2</name><color>88ffffff</color><Icon>
3 <href>dgstam.jp2</href>
4 <viewBoundScale>0.75</viewBoundScale></Icon><LatLonBox>
5 <north>35.4940058805355</north>
6 <south>35.4739518103563</south>
7 <east>-0.151705741882324</east>
8 <west>-0.175690054893494</west>
9 </LatLonBox></GroundOverlay></kml>
```

Figure 27.Extrait d'un fichier KML édité par 'XML editor'.

Ce format spécifique pour le produit Google comme l'indique son nom, facilite la tâche d'intégration du tracé vectoriel de projets Géo référencier dans GE, (voir figure suivante); actuellement les logiciels SIG, de cartographie et de DAO offrent la possibilité d'exportation en format KML ou KMZ.

Il existe d'autres formats supportés par GE tel que le format texte TXT, CSV dont on eut facilement localisé une liste de coordonnées de point écrites sous tableau Excel ou similaire en enregistrant sous les formats cités. Mieux les images prises avec option de géolocalisation GPS en format JPG ou TIFF, BMP, PNG sont insérés à l'endroit approprié.

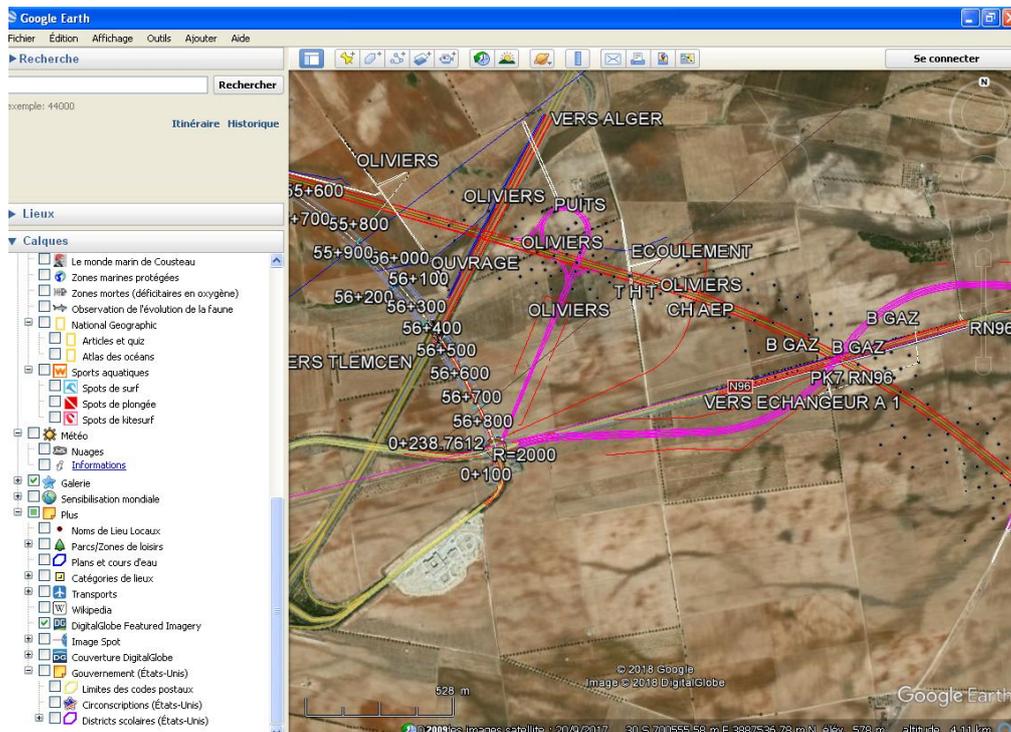


Figure 28.Couche raster et vecteur sous GE.

Chapitre II: les SIG et Google Earth

L'application de GE utilise deux systèmes de projection, il s'agit du UTM WGS 84 et système géographique (λ et ϕ), au choix du ce dernier on peut avoir trois styles de coordonnées (degré décimaux, degré min sec et degré décimaux). (Voir figure suivante)

On remarque si on utilise l'option projection transverse Mercator, non seulement l'affichage de style de coordonnées se change mais une grille des fuseaux sur le globe s'affiche aussi. Malheureusement GE ne comporte pas des outils de conversion de coordonnées vers d'autres systèmes.

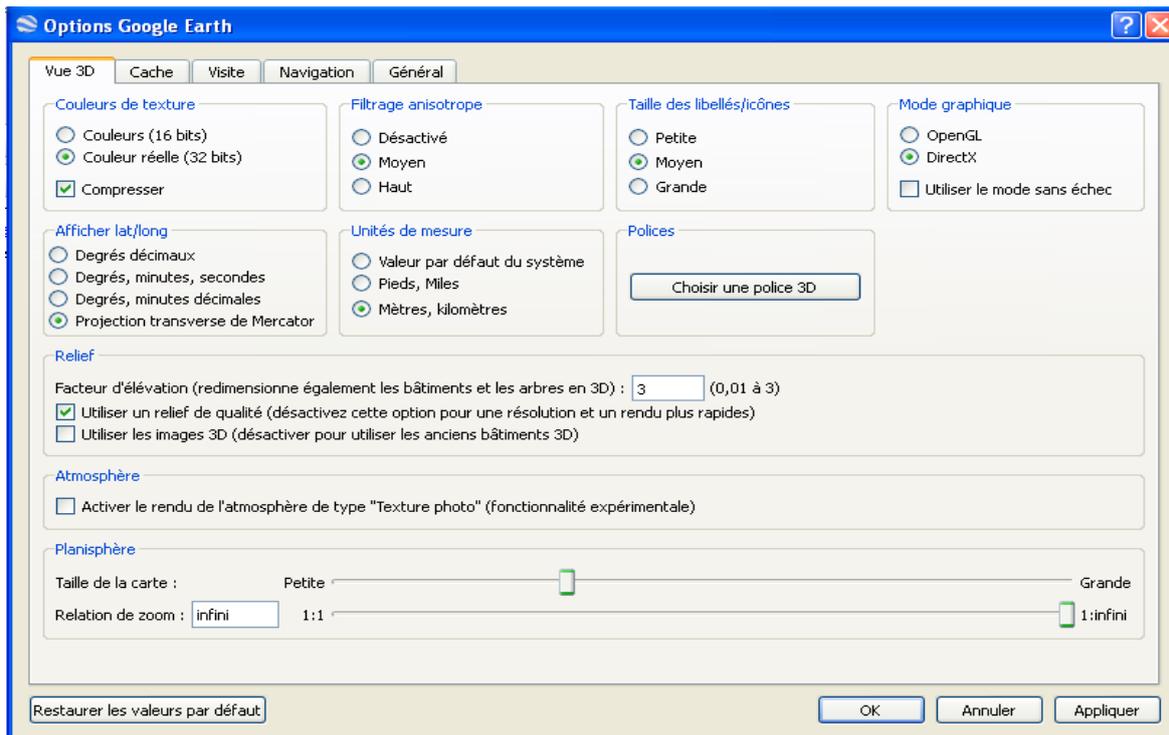


Figure 29. Options GE.

II.17. Echelle du Z

L'application permet de faire un changement de facteur d'échelle sur l'élévation allant de 0.01 à 3, ce qui améliore la qualité de visualisation des terrains à basse hauteur.

Il faut faire la différence entre l'altitude et l'élévation qui sont affichées en même temps sur la barre des coordonnées de l'interface GE.

Ce qui est appelé Altitude sous GE représente l'altitude du zoom (de l'observateur) ou l'échelle de vue, et c'est l'élévation qui désigne l'altitude ortho métrique du lieu fournie par une mission qui s'appelle le SRTM, suivant la position du curseur.

II.18. Les logiciels Autodesk utilisant GE

GE est désormais devenu un standard pour l'application professionnelle de génie civil, comme Autodesk, infra Works, Bridge design, 3DMap et Revit. Ces dernières utilisent soit une interface d'importation et/ou d'exportation vers GE, (comme discuté dans le paragraphe précédent) où elles comportent un plugin GE permettant d'avoir les données GE directement sur l'espace de travail du logiciel.

Ou même de scanner des données spécifiques comme l'altitude et les transformer sous fichier afin d'élaborer un MNT de la zone sélectionnée. Comme le module PlexusEarth sous AutoCAD.

Mieux encore les logiciels d'Autodesk actuelles utilisent les images et le MNT de GE pour la conception des ponts et des routes directement sur une vue 3D.

Il est devenu facile d'élaborer une conception réaliste en même temps au lieu de préparer la présentation après la fin de la conception vectorielle comme dans le logiciel Ketchup. Avec cette méthode l'analyse et le bon choix de la conception sont devenu assez faciles.

Mieux encore l'élaboration des applications mobiles permette comme CAD-Earth l'intégration des données recueillie par GPS ou photo terrestre sur l'image GE en temps réel.

Conclusion

On a déduit à travers ce chapitre que les SIG (Système d'Informations Géographiques) est la base de n'importe quelle conception de Génie Civil. Cela veut dire qu'on ne peut pas réaliser ou bien construire un projet sans le géo référencé.

Mais on a remarqué que la plupart des gens utilisent la plateforme de Google Earth pour obtenir des données planimétriques « x, y » veut dire le 2D et les données altimétriques « Z » ça veut dire le 3D.

Le côté planimétrique est bien déterminé par le programme le plus utilisé dans le monde veut dire (précision de plus moins 3m) précision de GPS.

Mais le côté Altimétrique on ne peut pas trouver une qualité numérique (plus ou moins un chiffre).

Chapitre III :

La Mission

SRTM

Chapitre III : la Mission SRTM

III. Introduction sur SRTM

Vu l'importance de notre produit (SRTM) qu'on base pour nos calculs bathymétriques, nous avons envisagé de réserver un chapitre apart et donner les explications et les concepts fondamentale sur cette émission.

Lors de la mission de la navette spatiale américaine Endeavour de février les années 2000 (SRTM), financée par la NASA, la carte topographique mondiale la plus précise jamais réalisée n'a été obtenue.

Une carte qui montre non seulement l'emplacement des caractéristiques sur la Terre, mais aussi les informations d'élévation et la bathymétrie de ces derniers ; c'est la carte topographique.

Ces données peuvent être adaptées pour répondre aux besoins des communautés d'utilisateurs scientifiques, militaires et civiles. Mais d'autres utilisations de ces données comprennent l'amélioration de la modélisation de l'écoulement des eaux, des simulateurs de vol plus réalistes, de meilleurs emplacements pour les tours de téléphonie cellulaire, la sécurité de la navigation, et même des cartes améliorées pour les routards.

Dans la carte(voir figure suivante).Les couleurs des andains indiquent le nombre de fois que la zone a été imagée par SRTM. Pour les terrains, une seule fois la couverture est verte, deux fois est jaune-vert et ainsi de suite, comme indiqué dans le guide. Au cours de l'eau, le code couleur est dans les tons de bleu, comme indiqué dans la clé en bas à droite. Les zones en rouge ne sont pas être mappées. SRTM est une mission de topographie, de sorte que les données ont été principalement acquises sur la terre. De petites quantités de données ont été recueillies sur l'eau à des fins d'étalonnage.[29]

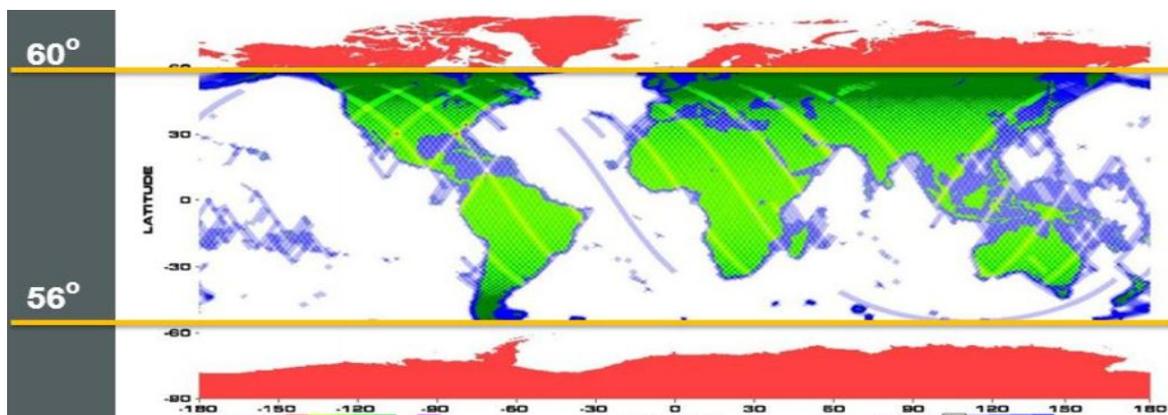


Figure 30. Nombre de cycle de passage du SRTM.[30]

III.1. SRTM

La SRTM est montée sur une navette spatiale et obtient des données de surface de la Terre grâce à une technologie de télédétection utilisant un radar à synthèse d'ouverture. Les données obtenues seront converties en données de hauteur appelées un modèle d'élévation numérique (DEM), et seront utilisées pour générer une carte tridimensionnelle plus précise de la plus grande zone d'observation de la Terre que cela n'a jamais été possible.[31]

Les radars utilisés lors de la mission SRTM ont été développés et déployés sur deux missions en 1994.

Le radar d'imagerie spatiale en bande C et le matériel de radar à synthèse d'ouverture en X (SAR) ont été utilisés à bord de la navette spatiale en avril et en octobre 1994 pour recueillir des données sur l'environnement terrestre.[32]

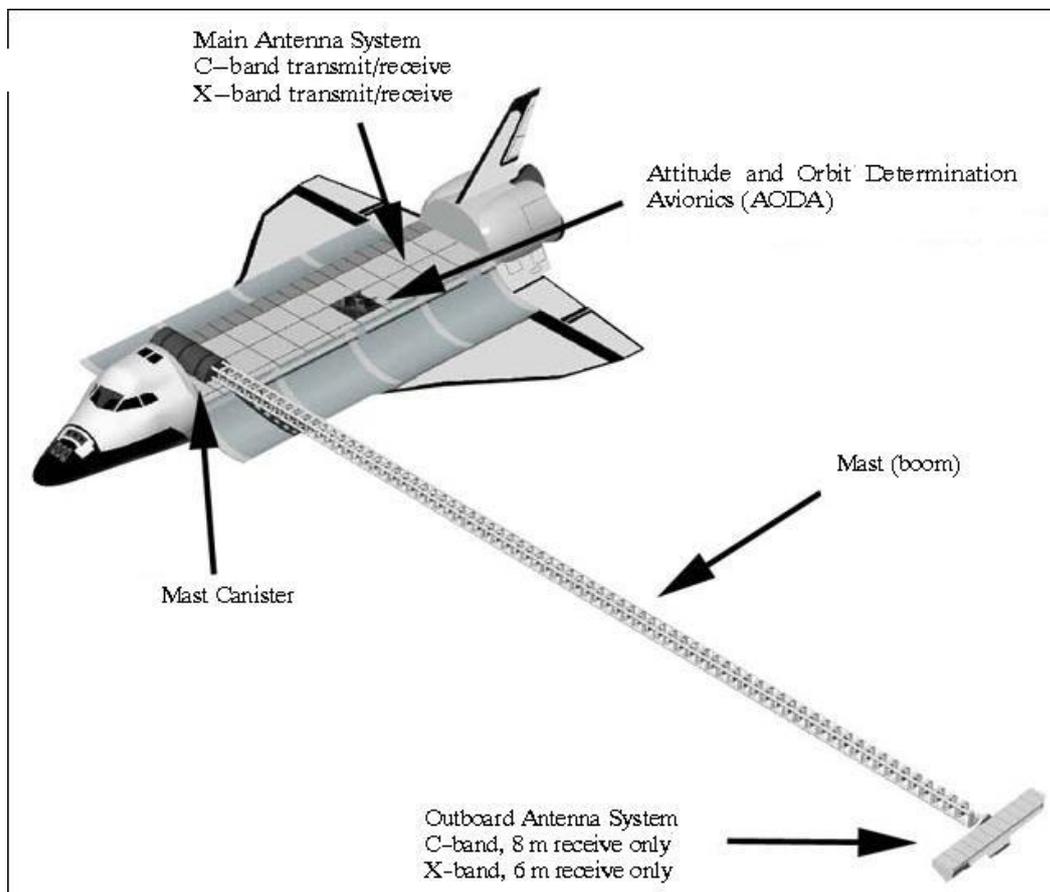


Figure 31. Vue d'ensemble schématique du radar SRTM.[33]

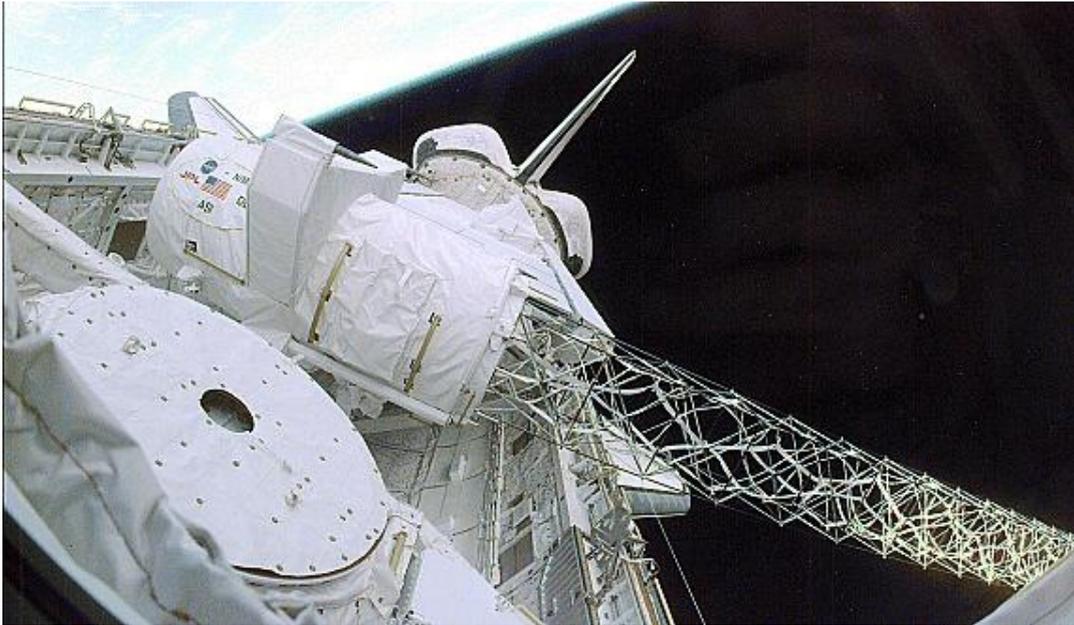


Figure 32. Image du matériel SRTM dans la soute d'Endeavour.[34]

III.2. Comment ça a été fait?

SRTM a utilisé une technique qui s'appelle interférométrie radar.

III.2.1. L'interférométrie

Est l'étude des modèles d'interférence créés en combinant deux ensembles de signaux radar. Si vous avez déjà vu une flaque d'eau avec un film d'huile, vous avez probablement remarqué des bandes de couleur à la surface. Ces bandes de couleur sont causées par les rayons lumineux qui rebondissent sur les surfaces lisses de l'huile et de l'eau sous-jacente, créant ainsi des motifs d'interférence.[35]

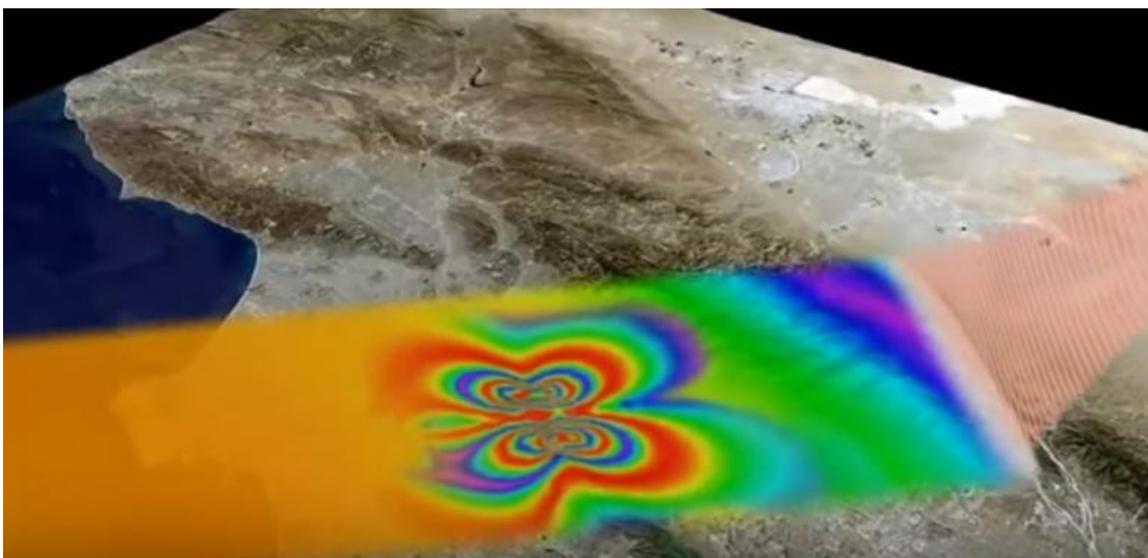


Figure 33. Exemple de l'interferogramme.

Chapitre III : la Mission SRTM

En interférométrie radar deux images radar ou signaux prises à des angles légèrement différents du matériel SRTM est composées d'une antenne radar dans la soute de la navette et une seconde antenne radar fixé à l'extrémité d'un mât de 60 m (195 pieds) à partir de la navette. (Voir figure 34)

SIR-C a été développé par la NASA. X-SAR a été développé grâce à une collaboration avec les agences spatiales de l'Allemagne et de l'Italie.

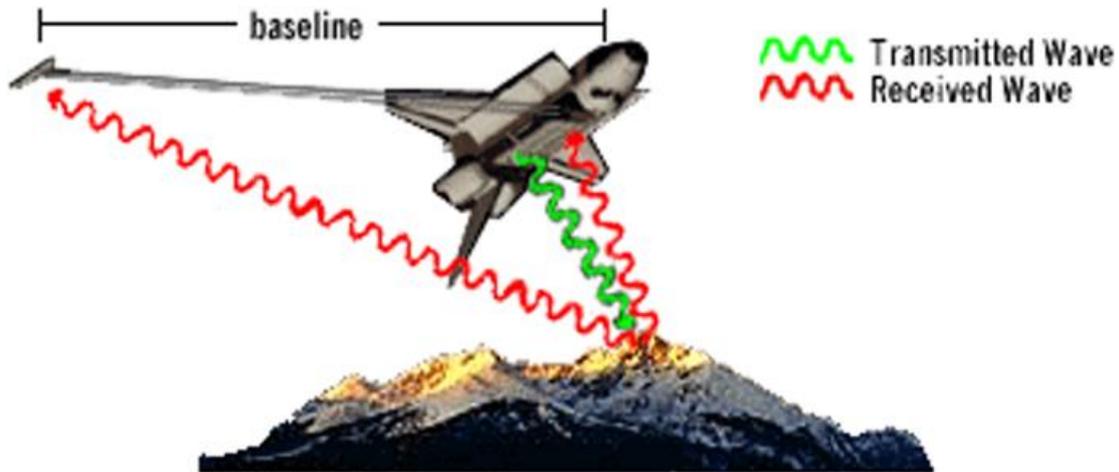


Figure 34. Les signaux radar étant transmis et reçus à la mission SRTM.[35]

Pour SRTM La distance initiale entre l'antenne principale et l'antenne extérieure est connue avec une grande précision et reste constante. Ce qui change est la distance à la surface de la Terre par rapport aux deux antennes. Dans le Faisceau radar réfléchi, le point qui représente l'endroit où la réflexion a eu lieu était légèrement différent entre les principales et hors-bord antennes.(Voir figure 35)

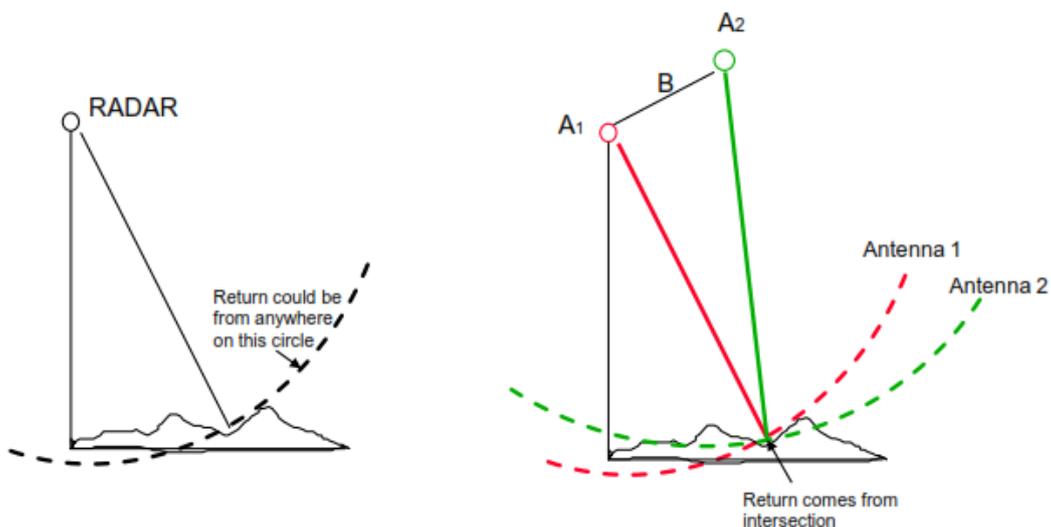


Figure 35. A gauche l'utilisation d'un seul Radar, A droite l'utilisation de deux radar.[30]

Chapitre III : la Mission SRTM

Par ailleurs il faut faire une distinction entre l'interférométrie issue de deux cycles de passage du satellite, et d'un seul cycle avec deux radars, le cas de la mission SRTM. (Voir figure 36)

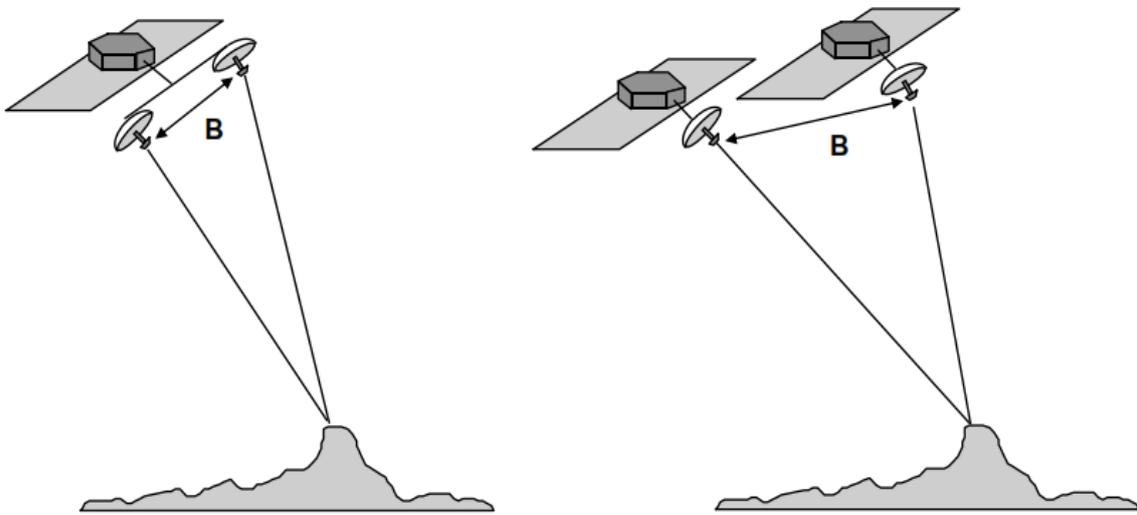


Figure 36. Image indiquée à gauche ligne de base simultanée (deux radar) ; A droite ligne de base créée par deux cycles de passage.[30]

La figure suivante (37) présente un schéma plus détaillé sur la ligne de base simultanée.

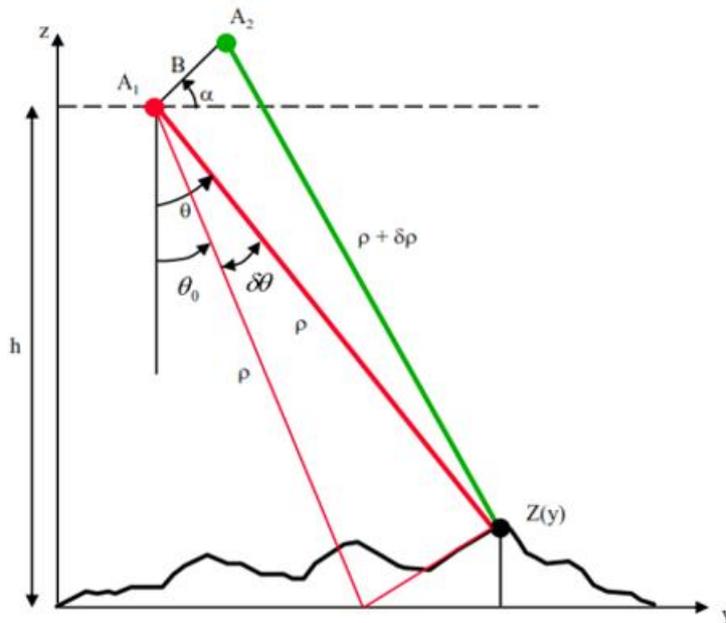


Figure 37. Schéma sur la ligne de base simultanée.[30]

La différence de phase selon la figure ci-dessus est définie comme suite :

$$\phi_1 = \frac{4\pi}{\lambda} \rho; \phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} (2\rho + \delta\rho)$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta\rho$$

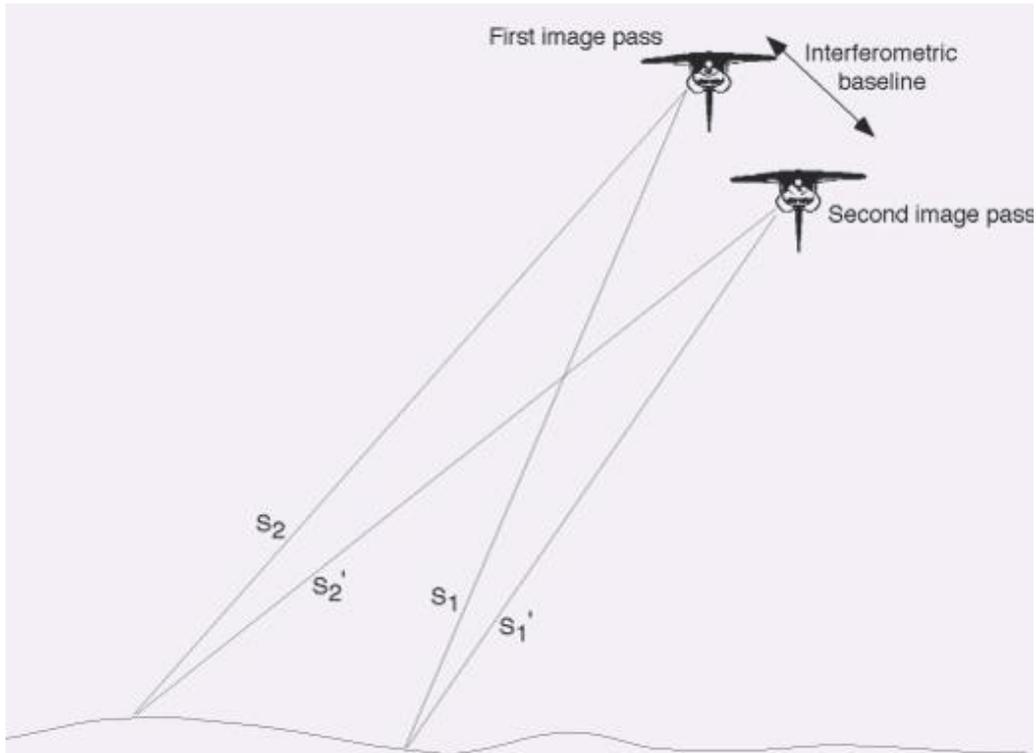


Figure 38. L'interférométrie de la navette spatiale.

Pour la navette spatiale la base est B (Interférométriquebaseline, voir figure 38) et trop inférieure au vecteur de visée, ceci implique :

$$(\rho + \delta\rho)^2 = \rho^2 + B^2 - 2\rho B \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta + \alpha\right)$$

$$\Rightarrow \delta\rho \approx -B \sin(\theta - \alpha)$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = -\frac{2\pi}{\lambda} B \sin(\theta - \alpha)$$

La différence de phase est directement proportionnelle à la longueur de la base.

L'élévation d'un point sur l'image est calculée à partir de la formule suivante :

$$\delta\theta \approx \frac{z(y)}{\rho \sin \theta_0} \quad \Longrightarrow \quad z(y) = h - \rho \cos \theta$$

L'ambiguïté de la hauteur est déterminée de la formule suivante :

$$h_a = \frac{\lambda \rho \sin \theta_0}{B \cos(\theta_0 - \alpha)}$$

Si h_a est minime, ceci dit que la sensibilité à la topographie est bonne.

Source d'erreurs d'élévation : Elle est peut être calculée par l'ensemble des dérivés d'erreur sur les paramètres décrits dans la formule suivante :

$$\sigma_z^2 = \left(\frac{\partial z}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \rho}\right)^2 \sigma_\rho^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \alpha}\right)^2 \sigma_\alpha^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \lambda}\right)^2 \sigma_\lambda^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \phi}\right)^2 \sigma_\phi^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial B}\right)^2 \sigma_B^2$$

Bien entendu, il existe d'autres traitements approfondis afin d'aboutir au résultat final soit le MNT, comme le montre la figure ci-dessous, pour notre zone teste nous pouvons donc facilement exploiter Le fichier SRTM pour savoir en chaque point son altitude. (Voir figure 39)

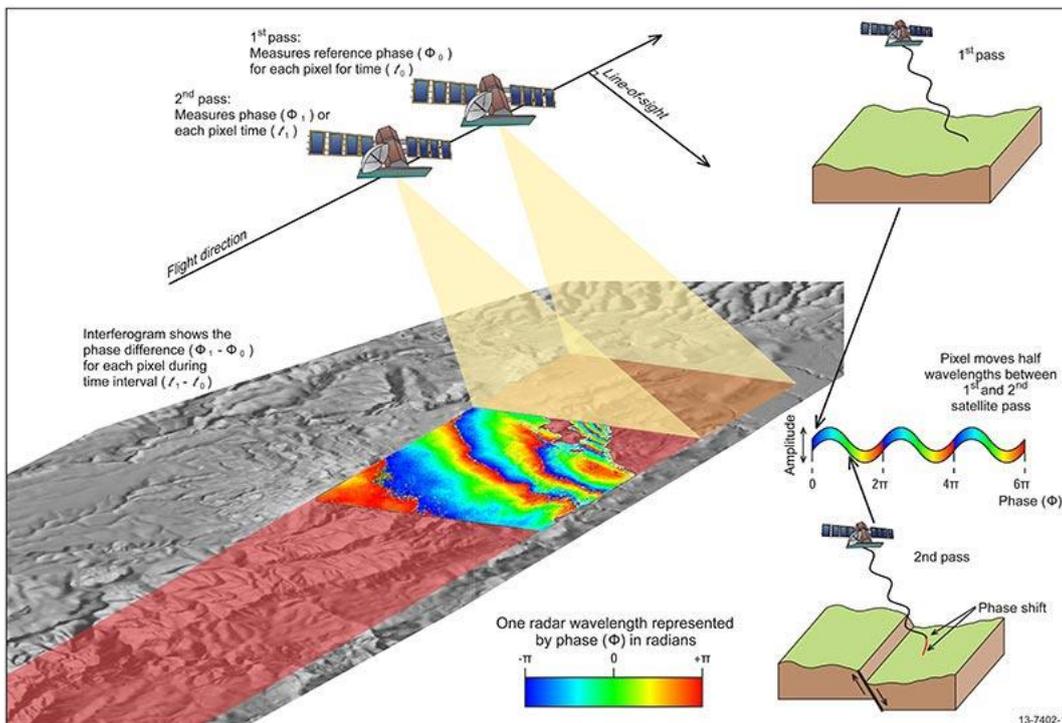


Figure 39. Les différentes phases de traitement d'image pour la mission d'SRTM. [30]

III.3. Equipement principal de SRTM

L'instrument de SRTM est composé d'antenne principale de radar, le mât et l'antenne radar hors-bord.

III.3.1. L'antenne principale de radar

Cette antenne a été placée dans la soute de la navette spatiale Endeavour. Il contenait deux types de panneaux de radar, bande C et en bande X, et les deux transmis reçoivent des signaux radar. (Voir figure suivante)

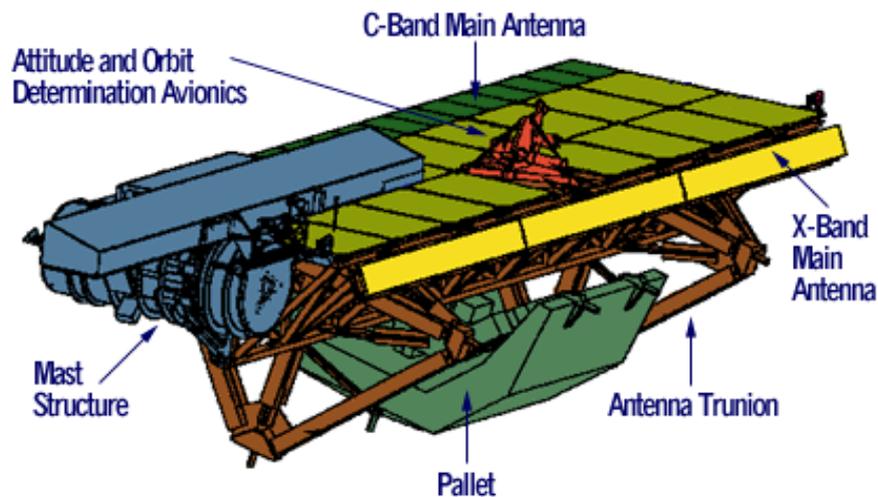


Figure 40. Schématisation d'antenne principale.[36]

- **Antenne radar en bande C**

Une antenne s'appelait l'antenne en bande C et pouvait transmettre et recevoir des longueurs d'ondes radar de 5,6 centimètres de long. Pendant la mission, le radar en bande C, avec une largeur de balayage (largeur du faisceau radar à la surface de la Terre) de 225 kilomètres, a balayé environ 80% de la surface terrestre de la Terre.[37]

- **Antenne radar en bande X**

Cette antenne pourrait transmettre et recevoir des ondes de radar. Le radar en bande X, avec une largeur de balayage de 50 kilomètres, produira des cartes topographiques à une résolution un peu plus élevée que les données de la bande C, mais n'aura pas une couverture quasi mondiale.[37]

III.3.2. MÂT

Le mât SRTM fournit la distance de base entre l'antenne principale et l'antenne extérieure. Ce mât supporte à son extrémité l'antenne extérieure de 300 kg. Pendant le lancement et le retour à la terre. Le mât de SRTM est la plus grande structure rigide à avoir jamais volé dans l'espace (Voir figure 40)



Figure 41.Mât entièrement déployé.[30]

Le mât comprend environ 87 baies cubiques composées chacune de colonnes de support en matériau composite à haute résistance, de fils métalliques, de joints, etc.

Si le programme SRTM sera couronné de succès ou non dépendra strictement de l'extension et de la rétraction de ce mât.

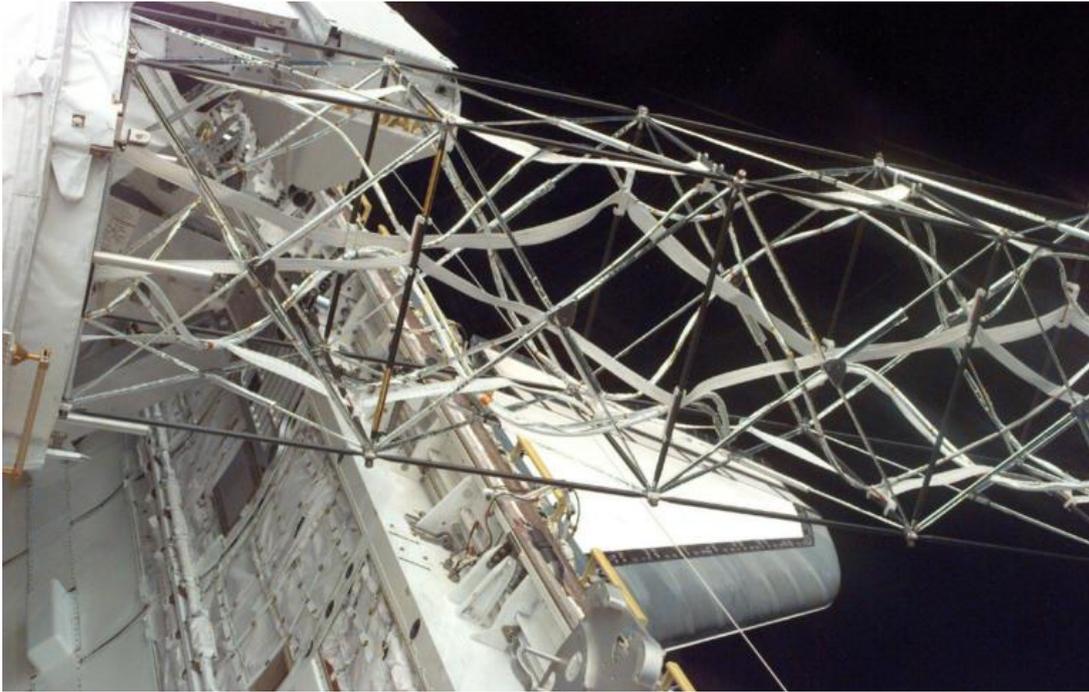


Figure 42.Vue détaillée du mât Extérieur du Mât (trois travées).[30]

Une fois dans l'espace et après les portes de la soute de la navette Endeavour ont été ouverts, le mât a été déployé à son plein de 60 mètres (200 pieds) de longueur. (Voir figure 43)

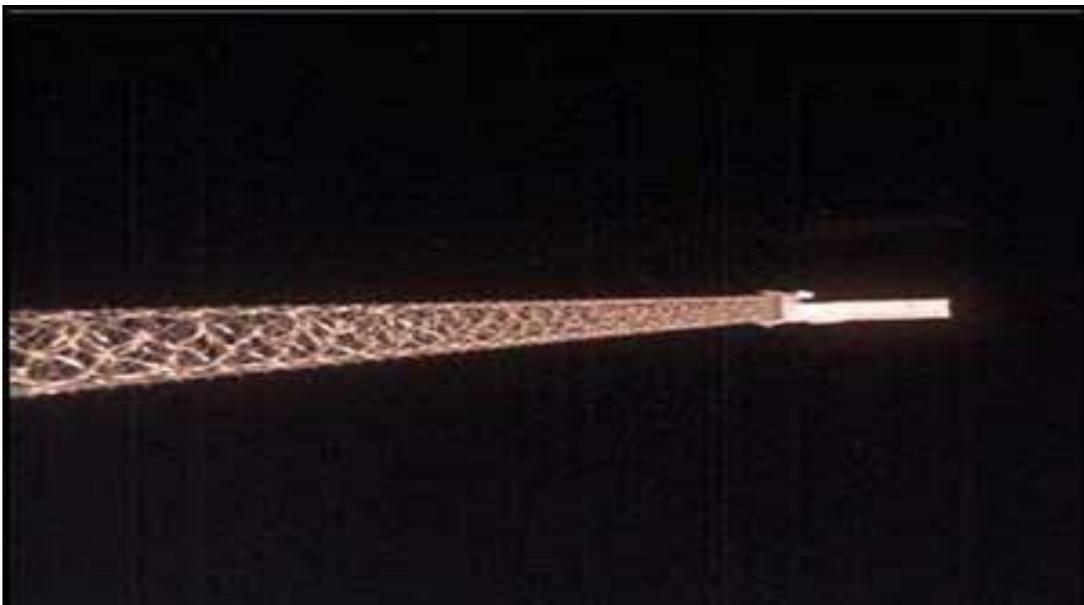


Figure 43.Le mât de 60 mètres avec l'antenne extérieure dans l'espace.[30]

III.3.3. Antenne hors-bord

L'antenne extérieure était fixée à l'extrémité du mât. À l'intérieur de la soute, l'antenne extérieure a été repliée le long de la partie supérieure du canister et de l'antenne principale.

Après l'ouverture des portes de la soute, mais avant l'extension du mât, l'antenne extérieure a été partiellement rabattue.

Après l'extension complète du mât, l'antenne extérieure a été abaissée dans sa position de fonctionnement.

L'antenne extérieure contenait des panneaux spéciaux qui lui permettaient de recevoir la même impulsion que l'antenne principale.[38]

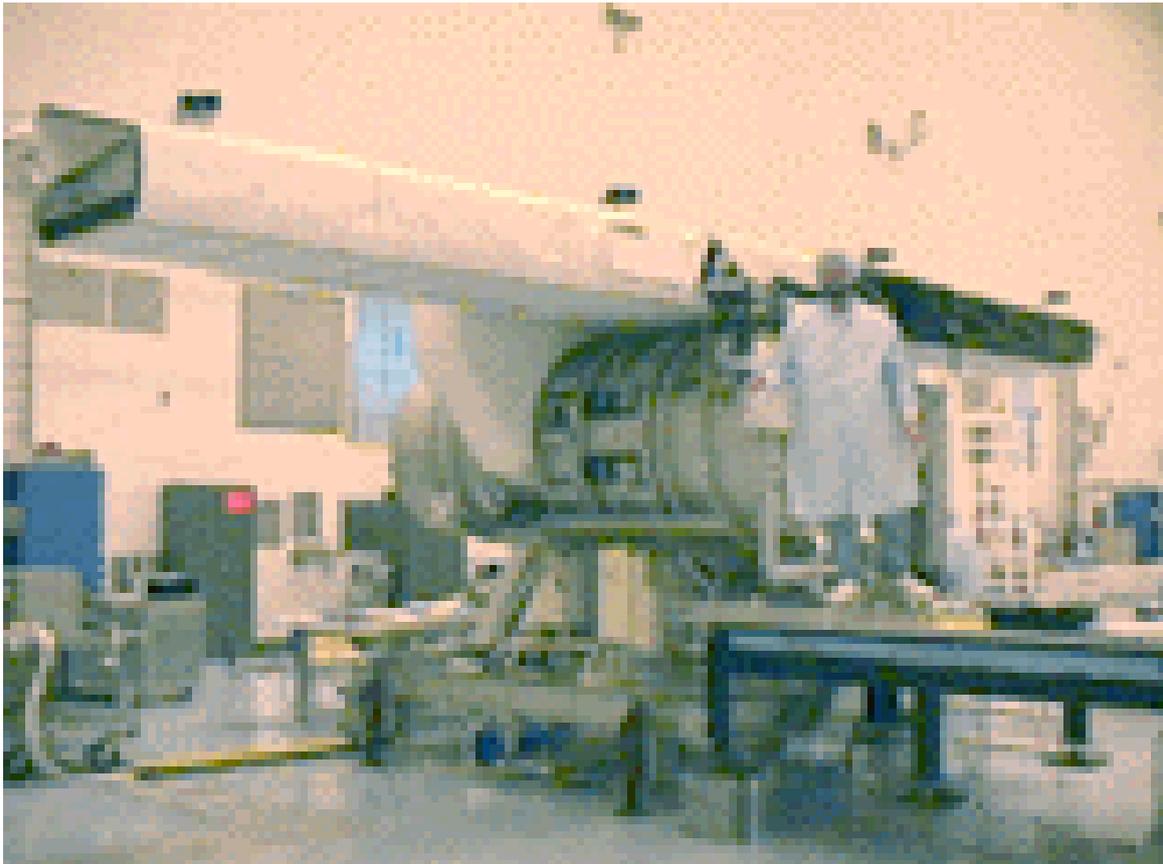


Figure 44.antenne hors-bord attaché à cartouche pour le vol de navette.[38]

III.4. Erreurs et correction sur SRTM

La correction des données est une étape fondamentale dans la création d'un MNT. En effet, l'exactitude des relevés topographiques est fortement dépendante des méthodes d'acquisition spatiales. Les données SRTM ont été volontairement altérées avant d'être mises en libre. Initialement.

Dans le cas de l'interférométrie radar, les zones de rivage le long des côtes sont très mal interprétées en raison des vagues et la navette doit faire plusieurs passages au-dessus de la zone voulue pour minimiser ce défaut ainsi que pour éliminer les zones cachées au rayon du radar embarqué par le relief avoisinant. L'objectif fixé par la mission SRTM était de couvrir par au moins deux passes

Chapitre III : la Mission SRTM

sous un angle différent l'ensemble des terres émergées comprises entre les latitudes 56° Sud et 60° Nord. 99,96 % de ces terres ont bénéficié d'au moins un passage et 94,59 % de deux, mais seuls 50 % environ de ces terres ont été survolées au moins une troisième fois. (InApport de la télédétection dans la quantification des eaux de la grande Sebkhha d'ORAN)

Pour rendre les fichiers SRTM exploitables, il faut donc les retravailler afin de remplir les zones vides, supprimer les incohérences (altitudes trop hautes ou trop basses) et retrouver les lignes de rivages. Pour ces dernières, laNGA a créé les fichiers SRTM Water Body Data (SWBD).

La deuxième version du SRTM a été mise afin de corriger une grande partie des défauts (vides et aberrations de mesures) de la version 1.(Voir figure 45)

Il faut aussi prendre en compte la précision déclarée est ± 3 m en planimétrie (X et Y) et ± 16 m en Z (pour les altitudes) pour le SRTM3. (In apport de la télédétection dans la quantification des eaux de la grande sebkha d'ORAN).

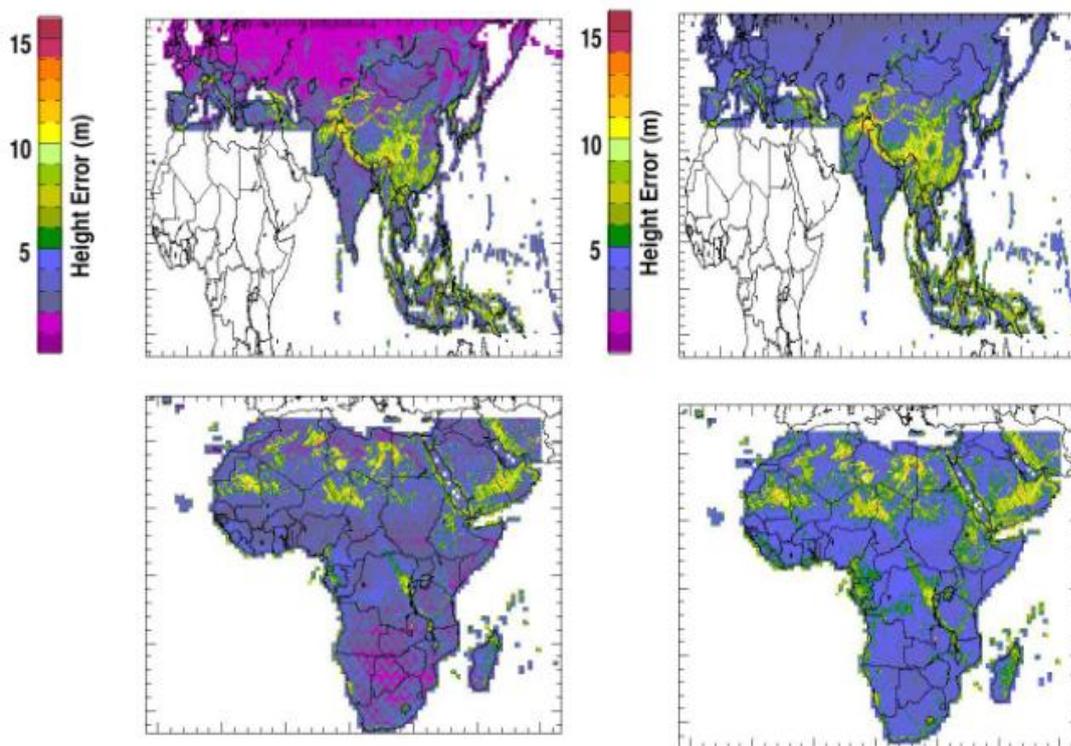


Figure 45.De gauche Erreurs relatif en élévation et de droite Erreurs absolue en élévation.[39]

Du côté hydrologique, des études ont été mené sur des zones différentes dans le monde à titre d'exemple le lac amazonien, dans le bassin central d'Amazonie la bande X (b) était plus performante par rapport à la bande C (a), certaines parties des zones du canal sont manquantes (les zones en blanc). (Voir figure 46)

L'altitude sur les surfaces d'eau dans les deux MNE (modèle Numérique d'Élévation) est dégradée par rapport à la terre environnante. Le rouge représente les élévations les plus bas, suivis par le bleu et le jaune pour les plus hautes altitudes. Les scènes sont à environ 50 km à travers.

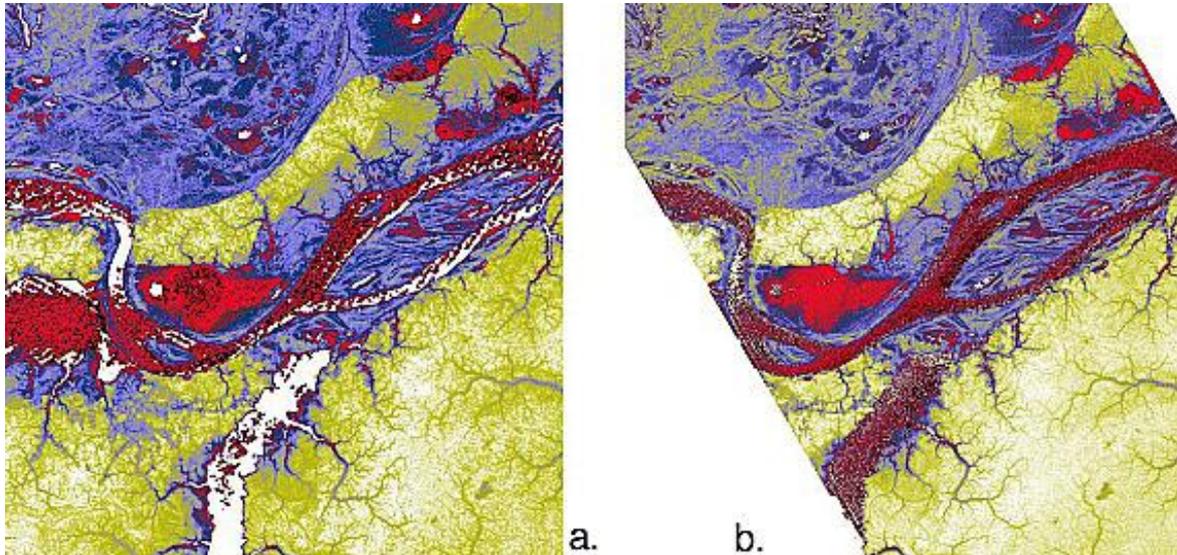


Figure 46. MNT du bassin central Amazon.[39]

III.5. Format des fichiers

Le SRTM est publié sous plusieurs formats comme produit final, c'est-à-dire après traitement de génération du MNT. Il s'agit du SRTM 90 ou SRTM3 seconds d'arc, car il représente la résolution au niveau du plan de l'équateur terrestre.

Ce produit est téléchargeable depuis des sites officiels tel que :

- <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>
- <http://www.viewfinderpanoramas.org/dem3.html>

Pour le SRTM 30 ou SRTM1second d'arc qui représente une amélioration par rapport au SRTM90 est téléchargeable depuis ce lien :

- <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Il existe aussi d'autre produit plus précis tel que le SRTM30_PLUS et SRTM 15_plus téléchargeable depuis :

- http://topex.ucsd.edu/WWW_html/srtm30_plus.html

Le SRTM30_PLUS est dans la version V11 publié en 29 novembre 2014, il est fourni en deux formats :

Chapitre III : la Mission SRTM

- Format topo30 : Présente un seul fichier (13.5 Go) ; il peut être lu par le logiciel GMT (GénériqueMapping Tools)
- Format SRTM30 : Le répertoire appelé SRTM30 a les mêmes données dans SRTM30 format initial composé de 33carreaux est décrit ci-dessous :
- Les données - 33 fichiers de signés entiers de 2 octets pour l'élévation globale (> 0) et la profondeur (<0). Les élévations mondiales sont une copie exacte de la grille SRTM30 fournies à l'emplacement suivant. Notre contribution est de remplir les zones océaniques avec une estimation de la profondeur.
 - <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov>

Le SRTM15_PLUS est disponible en 2 formats :

1. topo15.grd le format net CDF à utiliser dans GMT

topo15.grd: Remarque: Dérivé de la résolution shorelinen complète

2. topo15.grd: enregistrement en format de fichier Grille :

- topo15.grd nf (# 18) au format GMT netCDF (float) (COARDS conforme) [DEFAULT]
- topo15.grd: x_min: -180 x_max: 180 x_inc: ,004166666666667 nom: longitude [degrees_east] nx: 86401
- topo15.grd: Y_MIN: -90 y_max: 90 y_inc: ,004166666666667 nom: latitude [degrees_north] ny: 43201
- topo15.grd: z_min: -10927,5117188 max: 8726 Nom: z
- topo15.grd: facteur d'échelle : 1 décalage additionné: 0

2) Le second format sera le format USGS HDR. Est en cours de traitement par le fournisseur (USGS).

Conclusion

On a déduit à travers ce chapitre que les données SRTM sont trop importantes vues qu'elles couvrent la majorité du globe terrestre de vue qu'elles présentent des références altimétriques pour l'ellipsoïde et pour le géoïde malgré que la méthode d'acquisition est compliquée, et concerne le format d'exploitation est publié gratuitement sur l'internet sauf qu'il faut faire attestation sur la qualité et la précision fournisse.

Chapitre IV :

L'application

Chapitre IV : L'application

IV . Introduction

Après avoir détaillé le SRTM autant que technique d'acquisition spatiale et format de fichier MNT, nous allons dans ce chapitre entamer l'objet principal de notre mémoire, celui de l'étude de qualité.

Pour faire ceci nous avons choisi plusieurs zones teste dans la région d'Oran et d'Ain Témouchent, il s'agit de la grande sebkha d'Oran, Djebel de Djzioua, une partit urbaine de la ville d'Ain témouchent, le Petit lac d'Oran, Lac de TELAMINE et le lac de GHARABA... comme indiqué dans la figure ci-après.

Les deux premières zones seront traitées en détail, le reste des lacs va nous aider à l'analyse approfondie.

Ce choix est étudié selon la nature de terrain et les caractéristiques topographiques de chacune de ces zones. Chaque zone teste sera traitée selon les données disponibles à part le produit SRTM. (Voir figure 47)

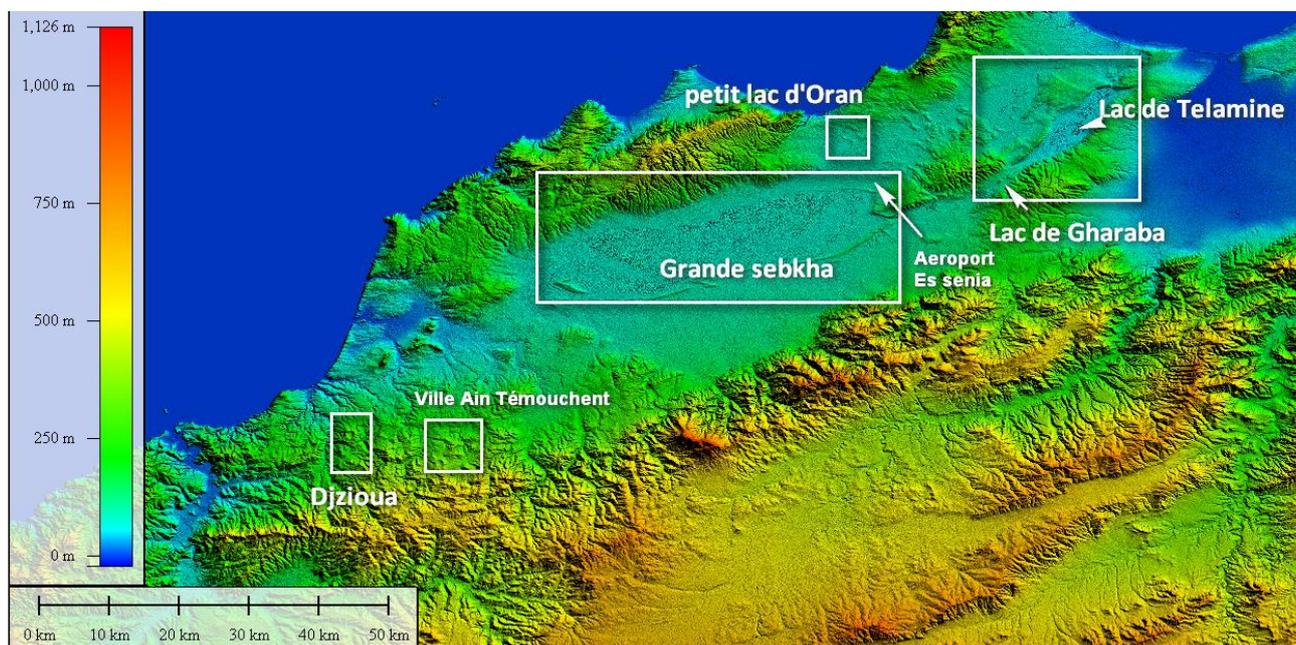


Figure 47.Les zones testes.

IV.1. Études de cas

IV.1.1. Cas de la zone de Djebel Djzioua

Définition

Dj Djzioua, situé à 4 Km à l'ouest du village de sidi Ben Adda est un édifice volcanique de type strombolien. Il présente un Cône égueulé au nord-est.

Altitude minimale dans notre zone d'étude est de 80m, l'Altitude maximale est enregistrée dans le sommet de Dj de Djzioua, soit 370,

Notre zone s'étend sur 20 km² ; la topographie est très variée, avec l'existence de deux grands oueds à Est et à l'Ouest du Djzioua, (voire carte de pente et de courbe de niveau figures ci-dessous). C'est carte sont générées automatiquement à partir de MNT issue du SRTM.

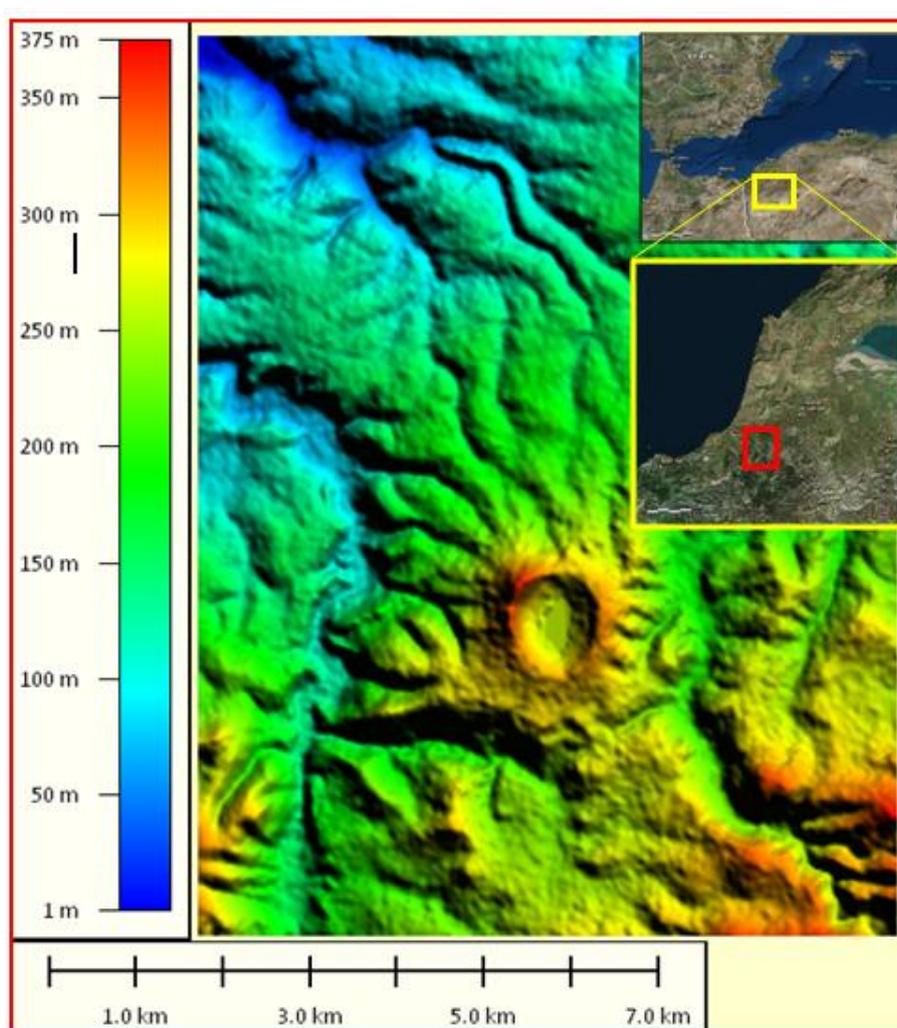


Figure 48. Situation géographique de Dj de Djzioua.

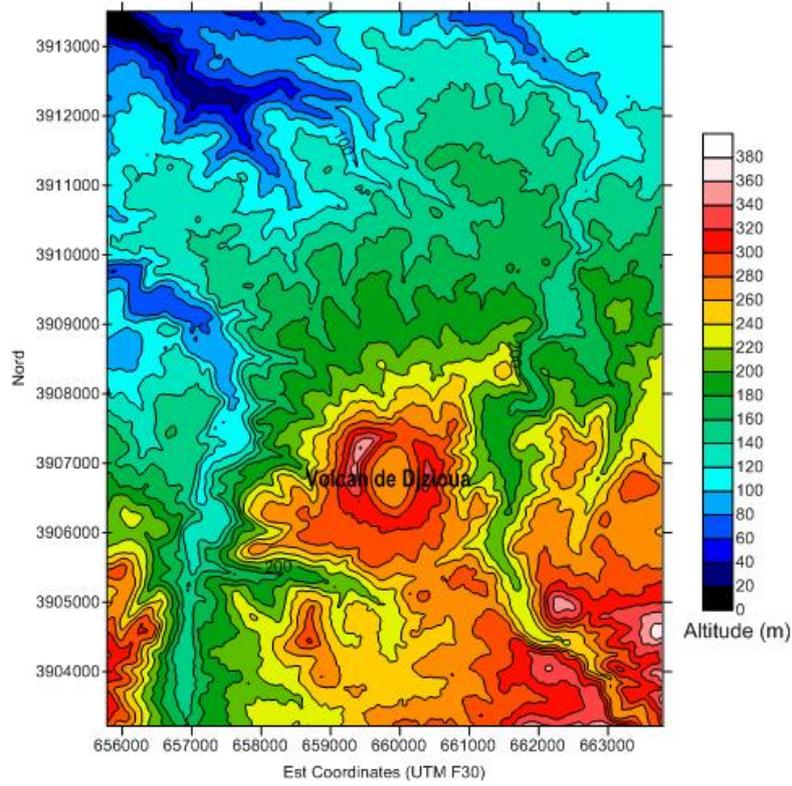


Figure 49. Courbes de niveau.

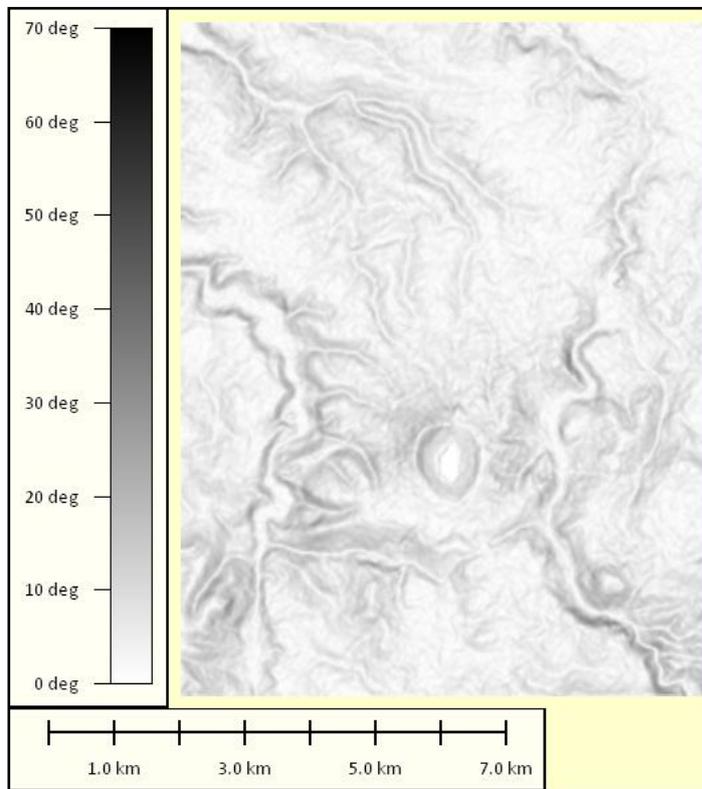


Figure 50. Carte de pente.

Chapitre IV : L'application

Données utilisées

- Carte topographique à petite échelle

Les métadonnées de la carte topographiques sont comme suite :

- ✓ **Echelle :** 1/25 000 soit : 1cm=250m
- ✓ **La date:** complété sur le terrain en 1989
- ✓ **Projection:**Universel Transverse Mercator (U.T.M)
- ✓ **ellipsoïde :** CLARK 1880
- ✓ **Système géodésique :** Nord Sahara 1959
- ✓ **L'équidistance des courbes :** 10 mètres
- ✓ **Les amorces :** correspondent au quadrillage kilométrique U.T.M fuseau 30
- ✓ **Wilaya:** Ain temouchent 64 ouest
- ✓ **Numéro ade la carte:**NI-30-XXIII-64.

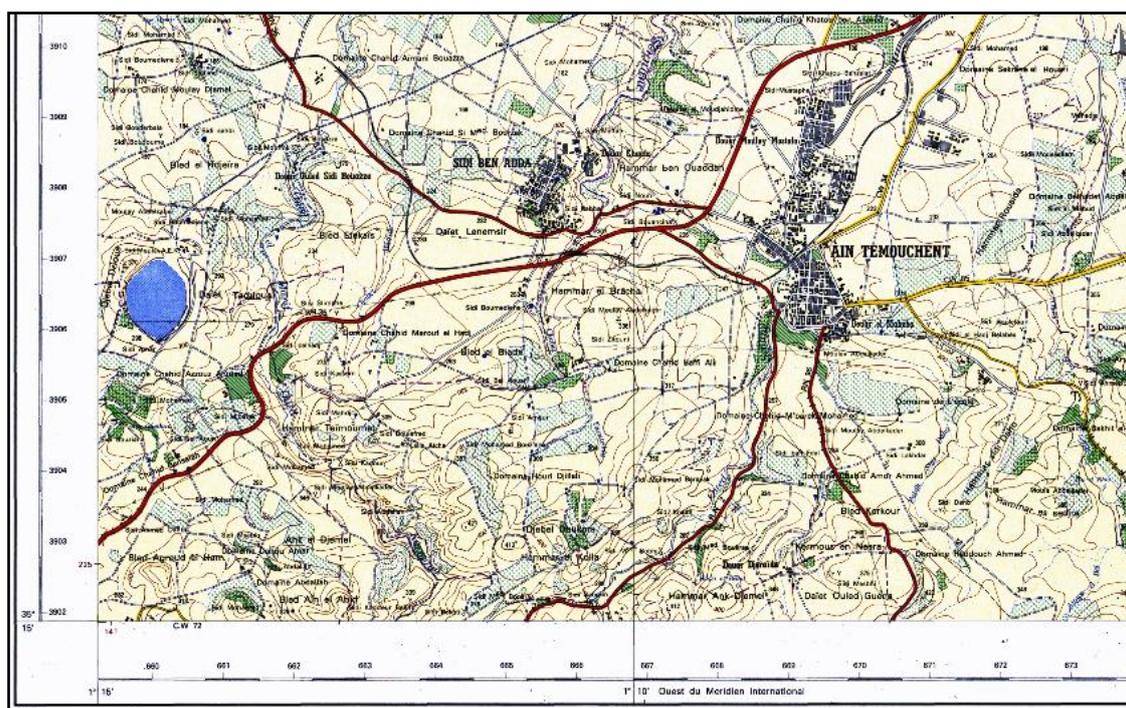


Figure 51.Extrait d'une carte d'état-major à petite échelle 1/25000.

Le MNT issu du SRTM de cette zone montre clairement les altitudes et la morphologie de Djzioua et les terrains s'entourant.

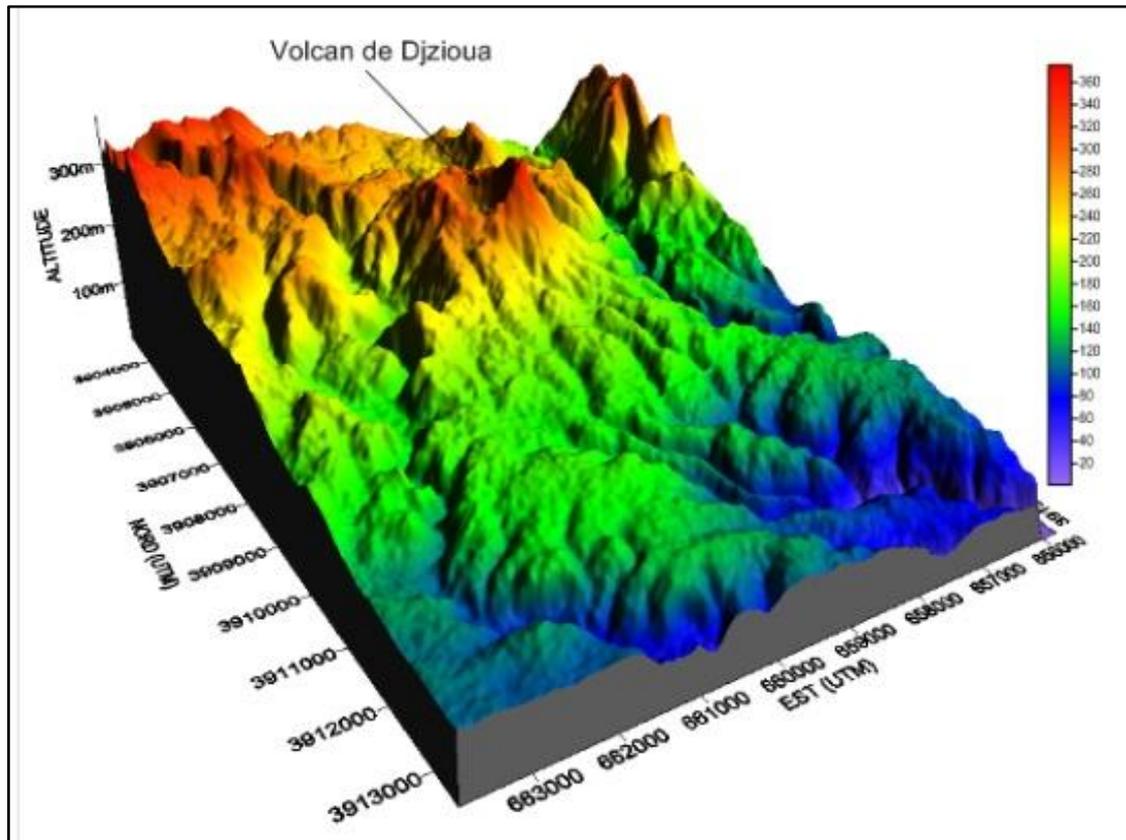


Figure 52. Vue 3D de la zone d'étude par MNT issue du SRTM 30 m.

Logiciels utilisés

- **Auto CAD 2007**

Il représente l'un des logiciels DAO les plus utilisés dans le monde. Il offre des outils très puissants pour le dessin vectoriel.

- **Covadis**

est un logiciel de topographie et de conception de projets d'infrastructure-VRD spécialement dédié aux bureaux d'études en infrastructure, aux entreprises de travaux publics, aux collectivités locales et territoriales, ainsi qu'aux cabinets de géomètres.

Chapitre IV : L'application

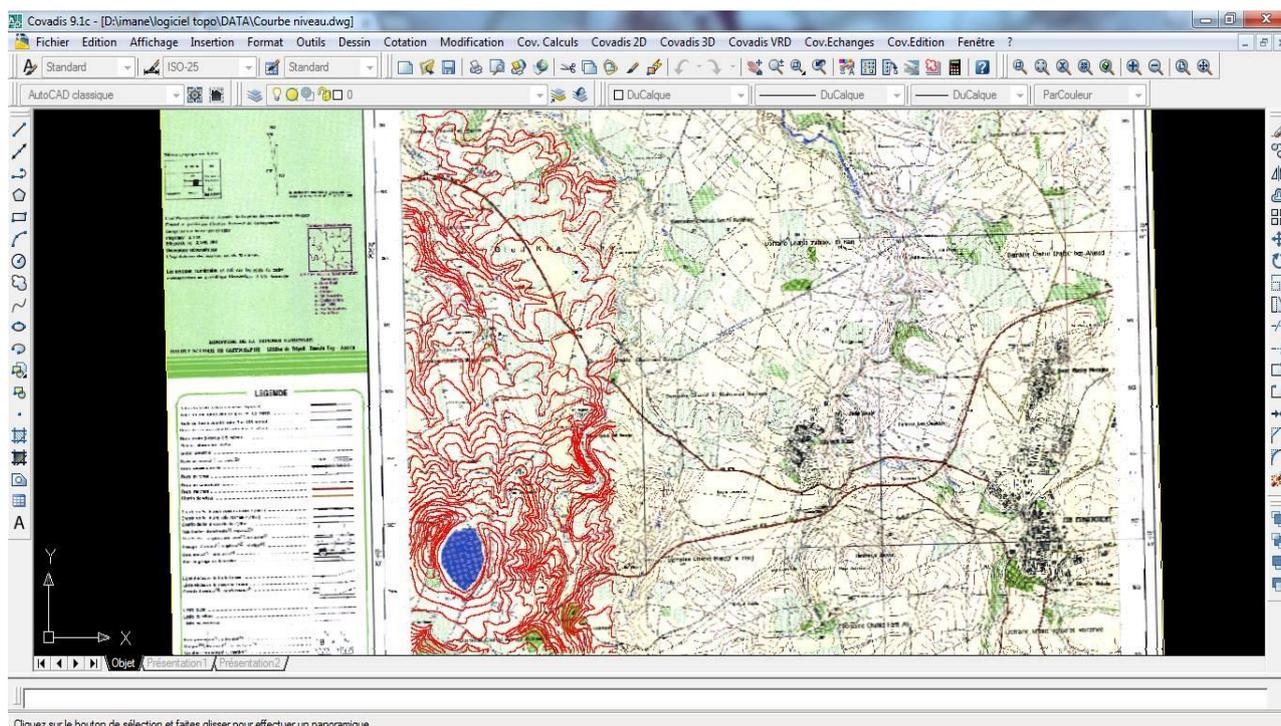


Figure 53. Prise d'écran sur logiciel covadis.

- **Surfer**

Surfer est un logiciel de géostatistiques 2D et 3D, créée par la société Golden Software. Il offre des outils puissants pour la génération des Modèles numériques de terrain.

- **Global Mapper**

Global mapper est une application SIG abordable et facile à utiliser qui donne accès à un éventail inégalé de jeux de données spatiales et fournit juste le bon niveau de fonctionnalités pour satisfaire les professionnels SIG expérimentés et les utilisateurs débutants. Aussi bien adapté comme un outil de gestion de données spatiale autonome et comme partie intégrante d'un SIG d'entreprise à l'échelle, Global Mapper est un must-havé pour tous ceux qui traite avec des cartes ou des données spatiales.

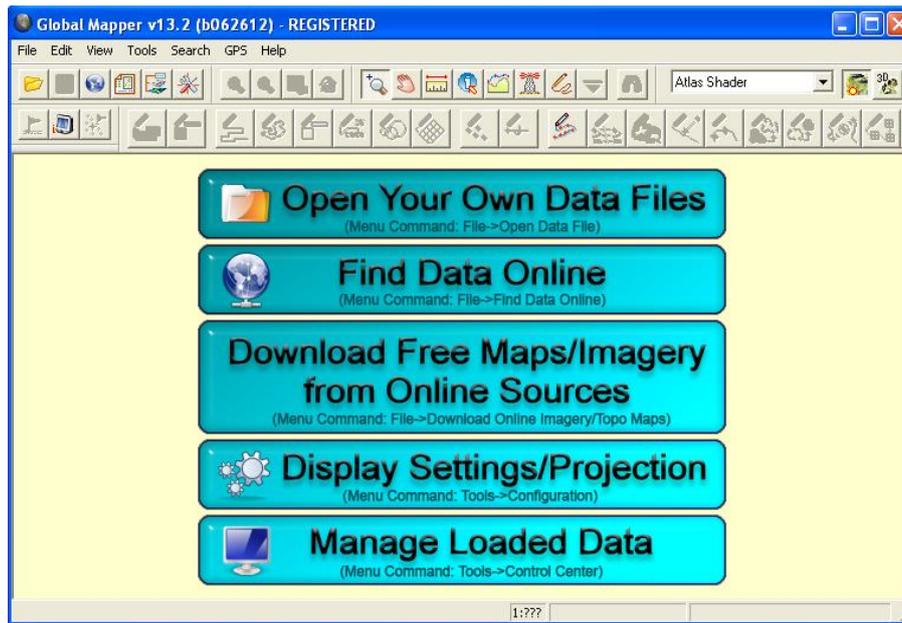


Figure 54.Imprimé l'écran sur logiciel global mapper.

Méthodologie de travail

Afin de comparer le SRTM par rapport à la carte topographique, nous avons suivi la méthodologie ci-après :

- I) Géoréférencement de la carte sous Global mapper;
- II) Intégration du MNT issu du SRTM (découpé suivant la zone d'étude);
- III) Vectorisation des courbes de niveau ;
- IV) Vectorisation des cotes;
- V) Exportation de la couche vectorisée vers AutoCAD (format DWG);
- VI) Exportation du DEM (MNT) en format Surfer (GRD);
- VII) Création des cartes MNT dérivées sous surfer (Pente, Altitude, 3D);
- VIII) Calage de la carte scanné sous AutoCAD;
- IX) Superposition des courbes et des cotes vectorisé sur la carte;
- X) Transformation des polygones 3D en 2D (sous covadis);
- XI) Saisir manuelle des élévations pour chaque polygone (courbe de niveau);
- XII) Insertion des points Covadis sur les positions des points (cotes) vectorisés;
- XIII) Génération du MNT de la carte par calcul MNT automatique;
- XIV) Génération du MNT SRTM par calcul MNT automatique;
- XV) Découpage du MNT carte par rapport du MNT SRTM;
- XVI) Création d'axe profil et profil en long entre deux MNT;

Chapitre IV : L'application

XVII) Calcul de cubature entre deux MNT avec résultat graphique.

Dans ce qui suit, on va décrire le détail sur certaines étapes essentiels :

- **Vectorisation**

On doit faire une vectorisation manuelle de la carte topographique qu'elle doit être scannée donc elle est sous format dit RASTER, c'est-à-dire sous forme de pixel ou matricielle.

L'information altimétrique est lue visuellement sur la couche orographique mais elle ne peut être exploitée séparément par rapport aux autres couches d'informations telles que (les routes; l'agglomération...etc).

Et on va faire cette vectorisation, on utilisant logiciel global mapper et pour faire cette opération nous avons ouvert la carte topographie (qui été sous forme '.tif ') de Ain temouchent N° NI-30-XXIII-64 puis on mis sur elle le MNT (qui se forme '.dem ') de notre zone et on va le mettre transparent dans lequel on peut voir les informations on n'oublie pas de vérifier la projection de telle façon ces deux éléments doivent être dans le même système(nord Sahara 59) puis on commence la vectorisation qui on a demandé 18h de travail.

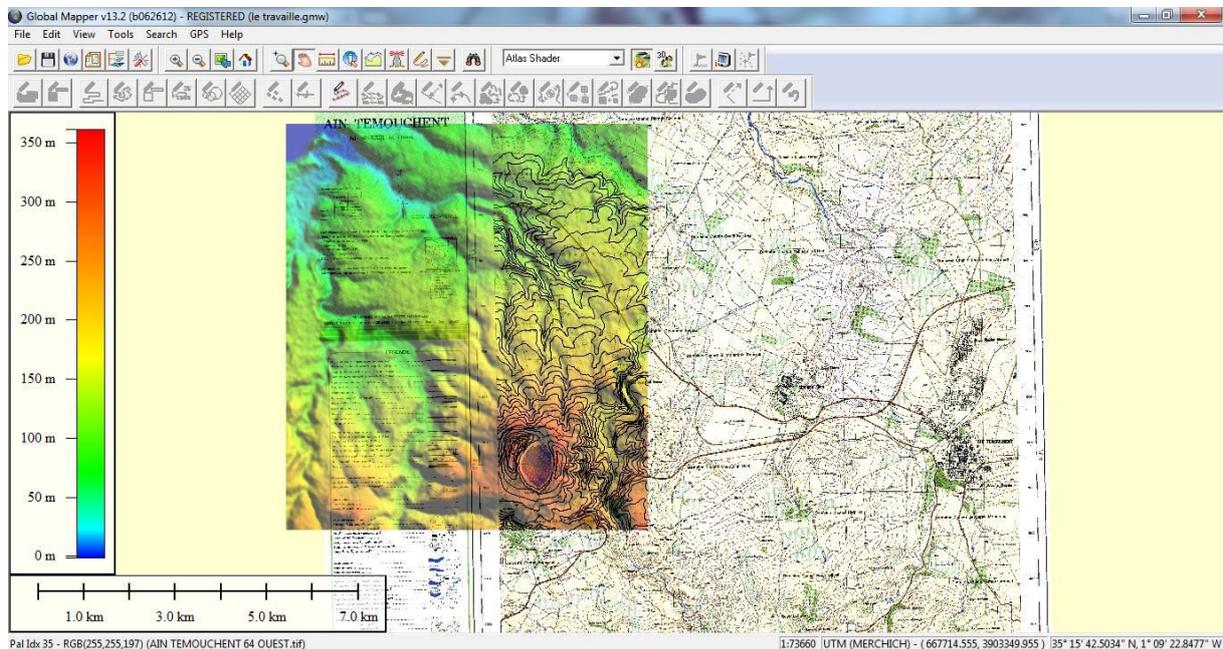


Figure 55.MNT du SRTM avec Carte topographique.

qu'on a terminé la vectorisation, on a fait ('export vecteur format ').

- **Elévation des courbes**

Nous avons opté pour programmer une procédure avec le module VBA pour accélérer l'opération d'effectuer l'affectation des élévations de chaque poly ligne ; pour y faire nous avons basculé le travail effectué sous environnement auto-CAD par exportation DXF, DWG vu que celui-ci (auto-CAD) offre une souplesse pour le traitement des données vectoriel par contre il faut insérer l'image raster (carte d'état-major scanné) et la caler pour faciliter la tâche de lecture des altitudes de chaque courbe l'opération est faite ainsi manuellement sauf qu'avec 58 poly lignes assez sinuées s'il est difficile de discriminer l'altitude de chaque un.

Résultat

On a déduit que :

- la différence entre la surface 3D du SRTM dépac celle de la carte de 8304.72 m² ce qui représente une similitude surfacique de 99.996 % sur une zone de 20 km².
- Par ailleurs le MNT du SRTM est décalé de -6.62 m en altimétrie sur le point le plus bas par rapport à 80m, point altimétrique enregistré sur la carte topographique. Cet écart est légèrement proportionnel pour le point le plus haut la zone d'étude soit -7.65 m. Si cet écart est proportionnel pour tous les points altimétriques homologues des deux surfaces on pourra déduire que la précision altimétrique du SRTM 30 est de ± 1 m seulement.
- Graphiquement on peut voir les petites déformations entre les deux MNT comme indiqué la figure ci-dessous.

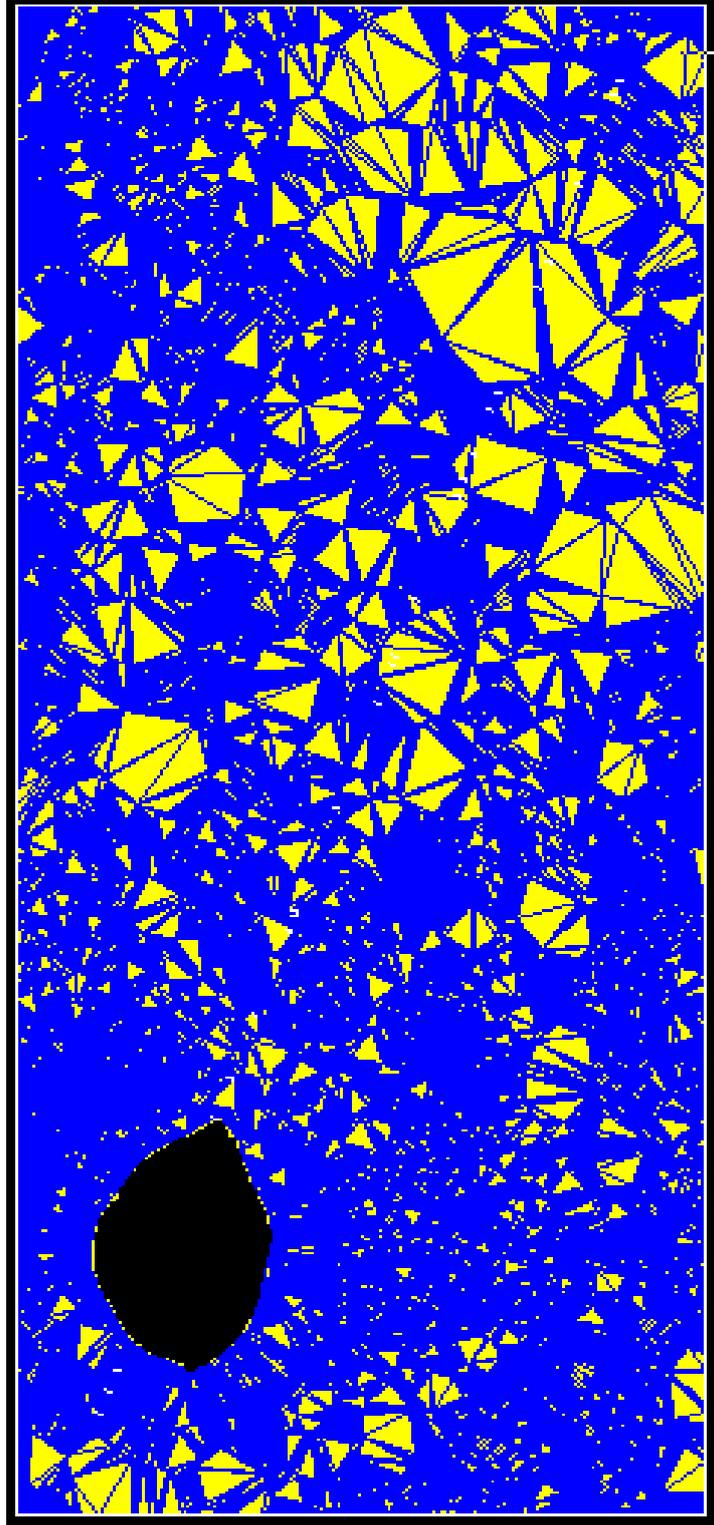


Figure 56. Différence entre les deux MNT juxtaposés (SRTM en jaune / Carte enbleu).

IV.1.2. Cas de la grande Sebkhah d'Oran



Figure 57. Situation géographique de sebkha.

Définition

Une sebkha du mot arabe sebkha, que l'on trouve en pays désertiques ou presque est une dépression temporairement occupée par un lac, en général salé et où se déposent des évaporites. Les eaux proviennent du ruissellement, mais aussi des nappes phréatiques d'après le dictionnaire de géologie.[40]

Elle s'étend au sud d'Oran à 110 mètres d'altitude, est une dépression fermée, limitée au Nord par le massif du Mardjado dont l'altitude maximale est de 589 mètres, au Sud par le massif de Tessala dont l'altitude maximale est de 1061 mètres. Les alluvions ont nivelé le fond de cette dépression à 80 mètres avec une légère dissymétrie dans la partie orientale.[41]

Méthodologie de travail

Étant donné que cette zone représente un terrain marécageux, et que la bande électromagnétique C et X utilisé par le SRTM est perturbé par l'existence des eaux, nous devons savoir dans les 300 km² qu'occupe la sebkha les zones émergées par l'eau et ceux moyennement humides ou secs, et ceci au moment du passage de la navette Endeavour pour l'acquisition des données. Nous avons appelé au produit satellitaire optique, qu'offre la NASA et USGS gratuitement en ligne, il s'agit des images LANDSAT 7 et 8 et dont on peut avoir une image de notre zone chaque 17 jours.

Chapitre IV : L'application

L'image acquise à une résolution de 30 m x 30 m, ce qui est largement suffisant pour délimiter visuellement les zones voulues dans la sebkha.

Une fois fait, nous allons juxtaposer l'image optique de LANDSAT et de l'image RADAR de SRTM la comparaison, ne sera pas établie par rapport à une carte topographique, vu que celle-ci est dépourvue des altitudes dans les zones marécageuses. Mais on peut toujours faire une comparaison ponctuelle ou linéaire.

Comme indiquait la figure ci-après par rapport des points géodésiques existant et les levés topographiques effectués par GPS.

Données disponibles

- **Images LANDSAT**

Le produit LANDSAT est accessible via le site d'USGS officiellement, il est fourni sous plusieurs formes selon les besoins.

Il est possible de choisir l'image depuis la date en cours jusqu'à 40 ans en arrière avec une moyenne d'une image acquise par le satellite au minimum par mois. Sauf que la taille d'une image multi spectrale dépasse les 1 Go et chaque bande d'elle est au moyenne de 100 Mo, ces images sont dédiées bien entendu pour les traitements de télédétection. Une image LANDSAT couvre une surface de 185 x 185 km. (Voir figure suivante)



Figure 58.Prise d'écran sur image l'ANDSAT.

Chapitre IV : L'application

Pour notre étude, notre objectif, est une discrimination de la terre émergée par l'eau par rapport au reste, ce qui ne nécessite pas un soin statistique mais une photo-interprétation visuelle est assez suffisante.

Pour cela, USGS fournit des produits moins légers sous le site LANDSATLOOK, prétraités avec une légende dynamique permettant la visualisation multi-date. Nous avons choisi l'image de la date 07 février 2000 afin de savoir la distribution des eaux lors de l'acquisition des données SRTM. (Voir figure suivante)



Figure 59.Image LANDSAT de la grande sebkha d'ORAN du 07 février 2000.

- **SRTM**

Contrairement aux images LANDSAT, SRTM présente un seul produit daté de la mission de février 2000 de la navette spatiale, mais ce seul document est fourni sous plusieurs résolutions et formats. (Voir détails en chapitre III)

La résolution d'une seconde d'arc n'est pas publiée et laissée d'accès libre sur internet sauf en novembre 2014 c'est-à-dire 14 ans après sa production, ceci reforme l'importance stratégique de tel produit.

Le fichier téléchargé à partir du USGG.gov représente un SRTM amélioré dit : SRTM 30 plus, il couvre une zone de 111x90km², par ailleurs une petite partie de l'ouest de la grande sebkha n'est pas couverte par ce fichier, il faut donc associer deux fichiers zone à savoir :

n35_w001_1arc_v3.dt2.

n35_w002_1arc_v3.dt.

Ou même : n35_w001_1arc_v3.tif et n35_w001_1arc_v3.tif pour des images géo-référencier (géo Tiff ; avec valeur de Z (altitude intégrée).

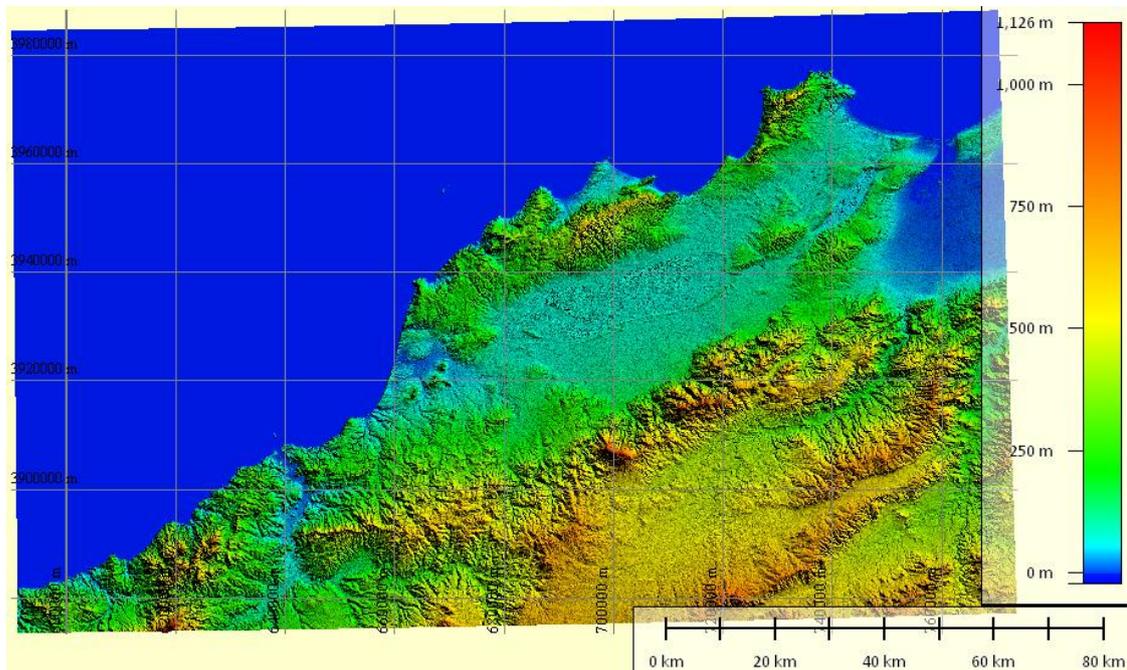


Figure 60.SRTM 1" arc de la région ouest (Oran / Ain T'émouchent).

Délimitation et Découpage de la zone

- **Délimitation par image LANDSAT**

La détermination du périmètre exacte des eaux de ce grand lac est une étape délicate vue qu'elle présente des difficultés relatives à la résolution spatiale et spectrale de l'image LANDSAT, nous Avons vectorisé en rouge suivant le dégradé visuel de la couleur bleue. (Comme indiqué sur la figure ci-dessous)



Figure 61. La Distribution spatiale des eaux dans la grande sebkha le 07 fév. 2000(imageLANDSAT).

- **Découpage de SRTM**

Afin de créer un MNT et d'alléger le processus de traitement, le passage de découpage et l'extraction de la zone d'étude est indispensable, par conséquent, on a procédé par un découpage rectangulaire 45 x 22.5 km dont l'altitude se limite de 48m à 707 m au lieu de 0 à 1126 m (Voir figure 62)

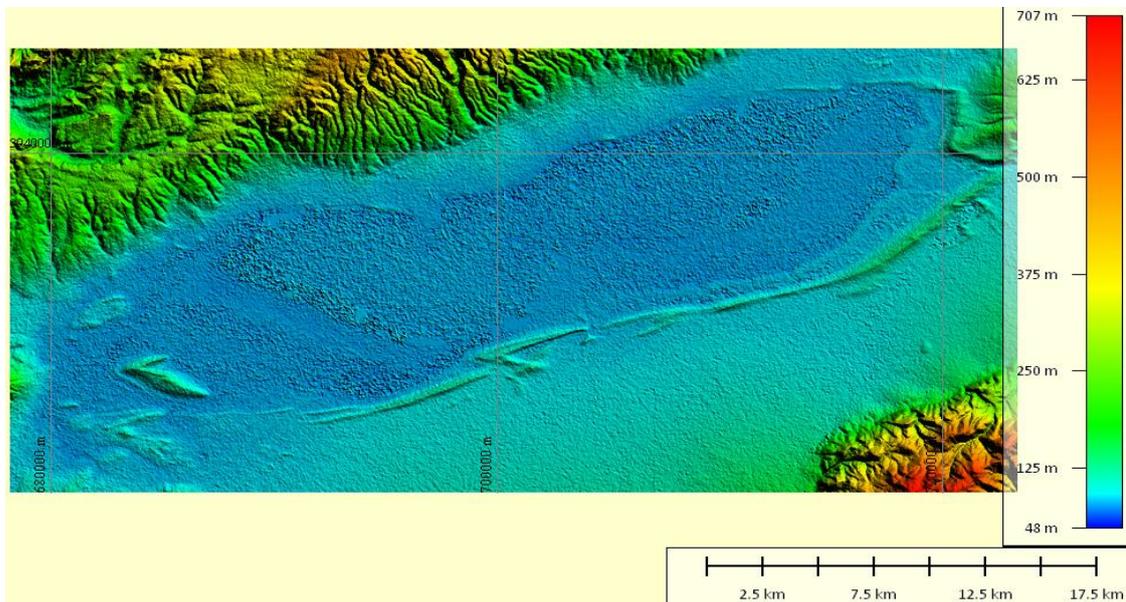


Figure 62.Découpage du SRTM suivant la zone d'étude.

- **juxtaposition de l'image LANDSAT avec SRTM**

Afin de mieux voir l'influence d'humidité du sol ou l'existence des eaux sur la qualité du SRTM, nous avons procédé à la juxtaposition de l'image LANDSAT et le MNT issu du SRTM, les deux produits sont géoréférencés en WGS84.



Figure 63. Image présente la Juxtaposition de l'image LANDSAT avec SRTM.

On peut nettement voir le changement de couleur du MNT issu du SRTM suivant la distribution des eaux pour le même terrain plat.

Mesure terrestre

Des missions topographiques sont nécessaires pour n'importe quel projet, puisqu'ils vont nous aider à valider nos données spatiales. Par ailleurs et comme mentionné dans l'introduction de ce mémoire ; cette opération est assez difficile.

Nous avons ainsi programmé deux sorties sur terrain, l'une pour reconnaissance et l'autre pour l'élaboration des relevés topographiques. Titre préparatoire, nous avons recueilli les coordonnées des points géodésiques entourant la grande sebkha. (Voir figure 64)

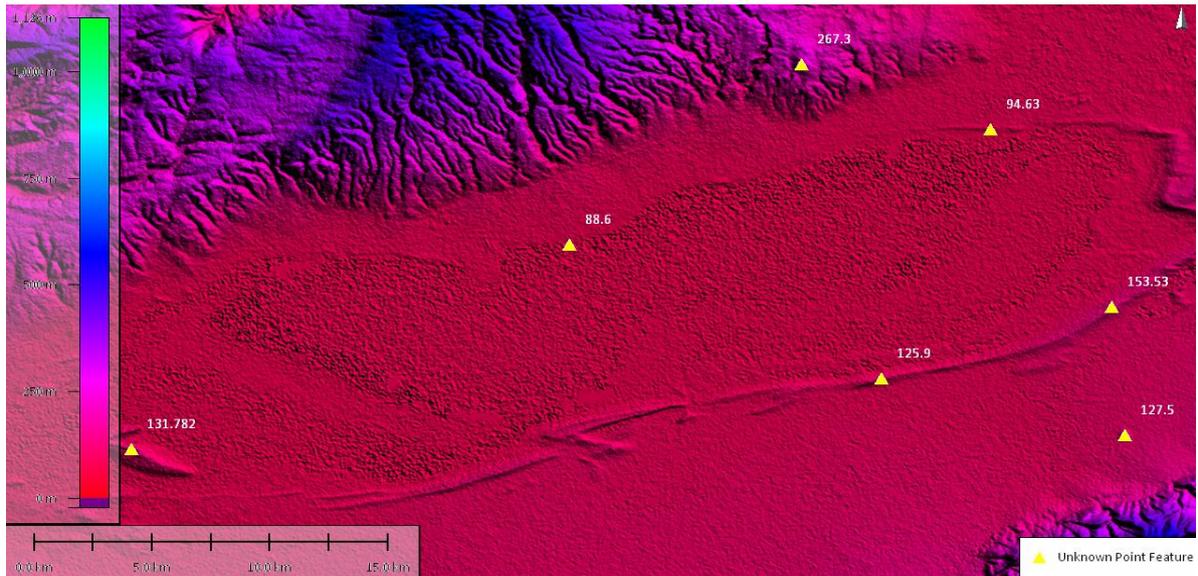


Figure 64. Répartition des Points géodésiques sur le SRTM de notre zone.

Pour faciliter la tâche topographique nous avons choisi deux bornes géodésiques les plus proches ; soit le point 351 au niveau de DJAZIRA d'une altitude 131.782 m et le point 003, borne géodésique existant à la bordure de la sebkha au niveau de BOUYAKOUR. (Voir tableau.7)

N°	X	Y	Z	Z .SRTM	Difference
351	685007.12	3928566.21	131.782	126.782	5.000
003	699950.90	3937649.00	88.600	79.355	9.245

Tableau 6. Différence d'altitude dans les bornes géodésique.[39]

Nous remarquons clairement que les altitudes SRTM et ceux de la carte topographique sont différentes et non constantes.

Ceci est due à l'ondulation du géoïde, qui représente la différence entre la référence altimétrique du SRTM, soit l'ellipsoïde IAGRS80 (système de référence WGS84), et la référence altimétrique de la carte d'état-major (Géoïde local), système Nord Sahara 59. Par ailleurs, le SRTM présente deux radars, l'un d'eux à une référence géoïdale (géoïde global ED50) et l'autre l'ellipsoïde IAGRS80.

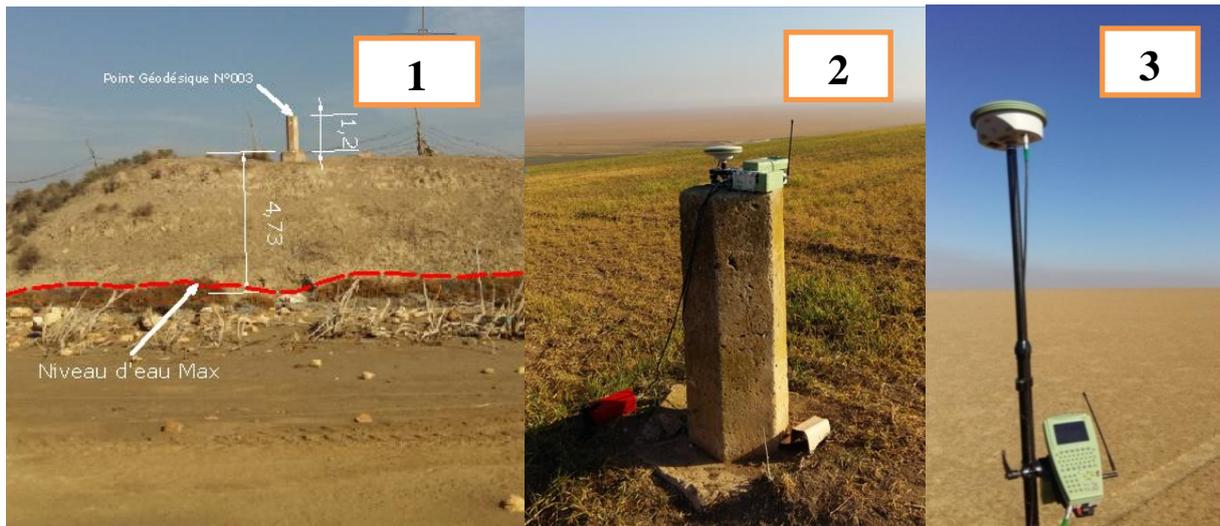


Figure 65. 1. Borne géodésique de Bouyakour ; 2. GPS sur le point géodésique de Djazira ; 3. Récepteur GPS dans la Sebkha.[39]

Par contre sur les cartes d'état-major les incohérences de niveaux de délimitations sont remarquables, sur le côté Nord Est et Sud-Ouest il s'agit de différence de 3 à 4 m (voir les deux extraits de la carte)



Figure 66. Extrait de la Carte d'état-major d'Oran 1/50000 (la zone de el djazira et bouyakour).

Malheureusement, ces mesures sont trop insuffisantes pour valider les données du SRTM qui couvre un périmètre de plus de 100 km et une surface de 300 km².

Chapitre IV : L'application

Afin de profiter de ces mesures pour des travaux ultérieurs tels que l'auscultation, des tiges en fer ont été implanté sur les endroits de mesure lors de la sortie. (Voir figure 67)



Figure 67.Photo sur les positions des Tiges témoin dans le talus de la Sebka, coté el Djazira.[39]

- **Comparaison entre SRTM 30 et SRTM 90**

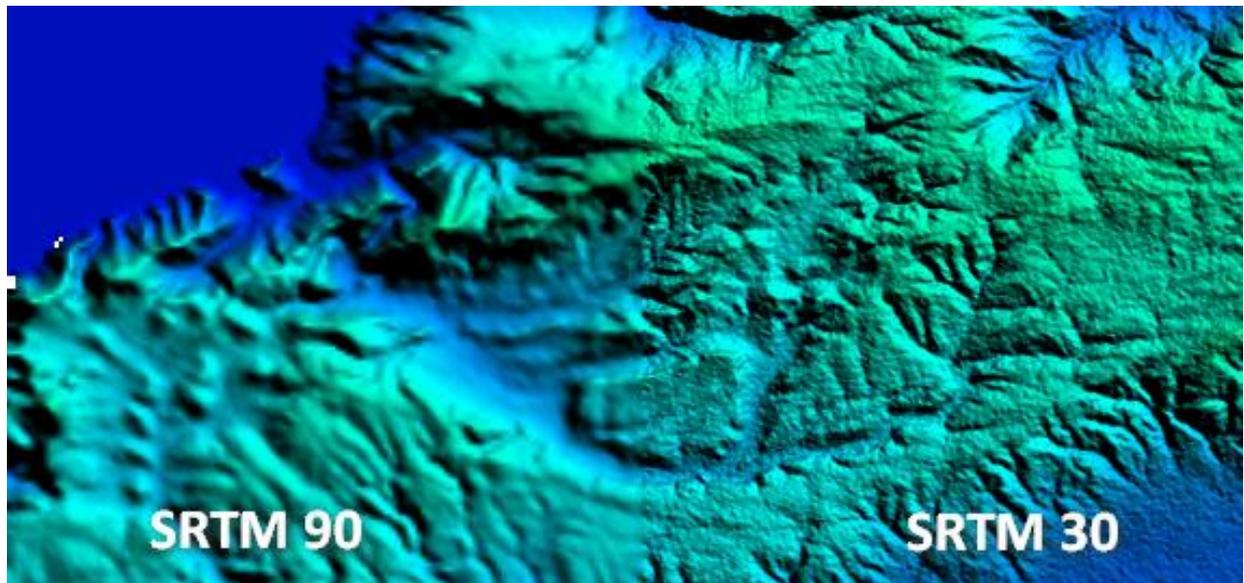


Figure 68. La différence entre la qualité visuelle offerte par le SRTM 30 et SRTM 90.

- Comparaison par profil

Profil SRTM 30 Profil SRTM 90

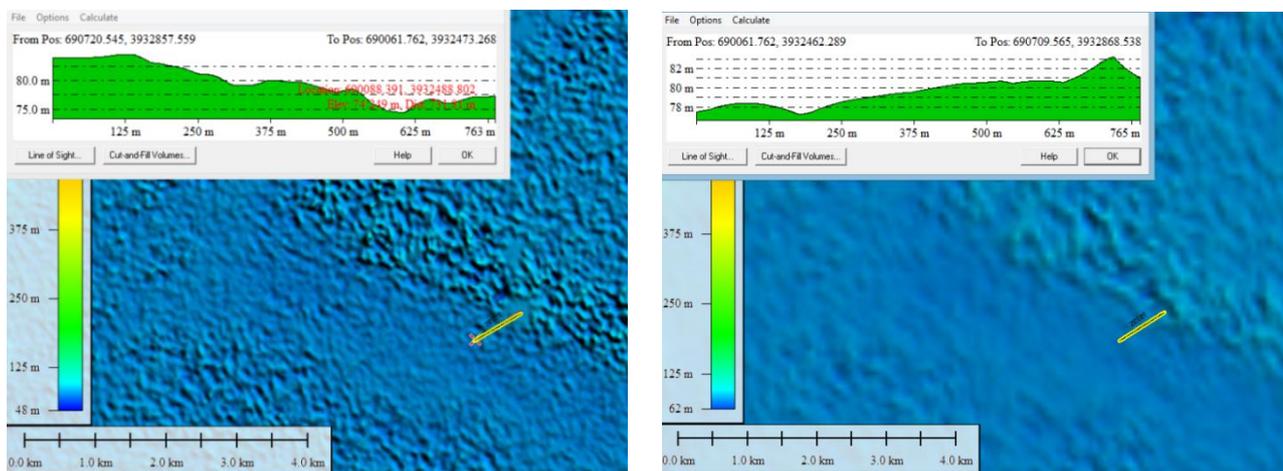


Figure 69. Profil en long sur la même zone en SRTM 30 et SRTM 90 élaboré par global mapper.

On remarque que le MNT sur les deux portions de la même zone se diffère, L'aspect flou est sur le SRTM 90, ce qui représente un terrain moins accidenté par rapport au SRTM 30.

Si on génère un profil en long pour le SRTM 90 et le SRTM 30 pour le même axe on aura les résultats graphiques suivants dans les figures ci-après :

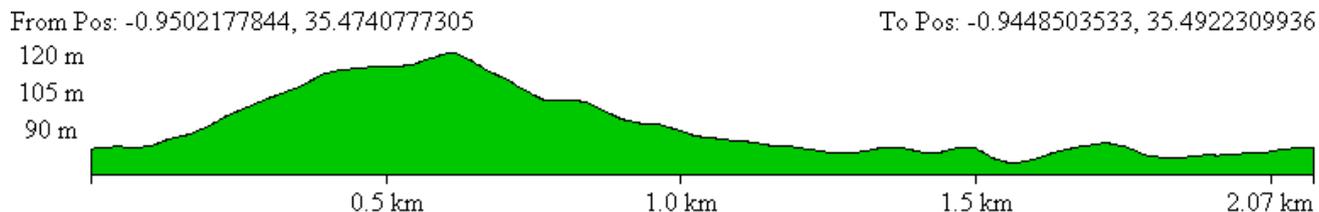


Figure 70. SRTM 90 (3 seconde d'arc).

From Pos: -0.9502177844, 35.4739904552

To Pos: -0.9448067156, 35.4921873560

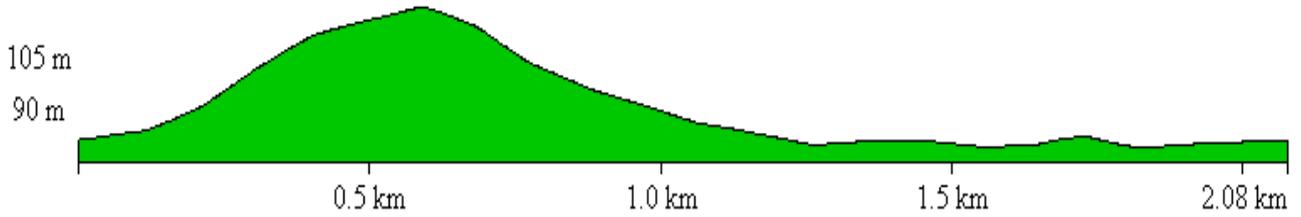


Figure 71. SRTM 30 (1 seconde d'arc).

- **Différence entre les surfaces 3D du SRTM 30 et 90**

Pour calculer cette différence on doit assembler les deux MNT dans le même référentiel spatial (planimétrie et altimétrie). À savoir les deux surfaces générées par surfer ci-dessous.

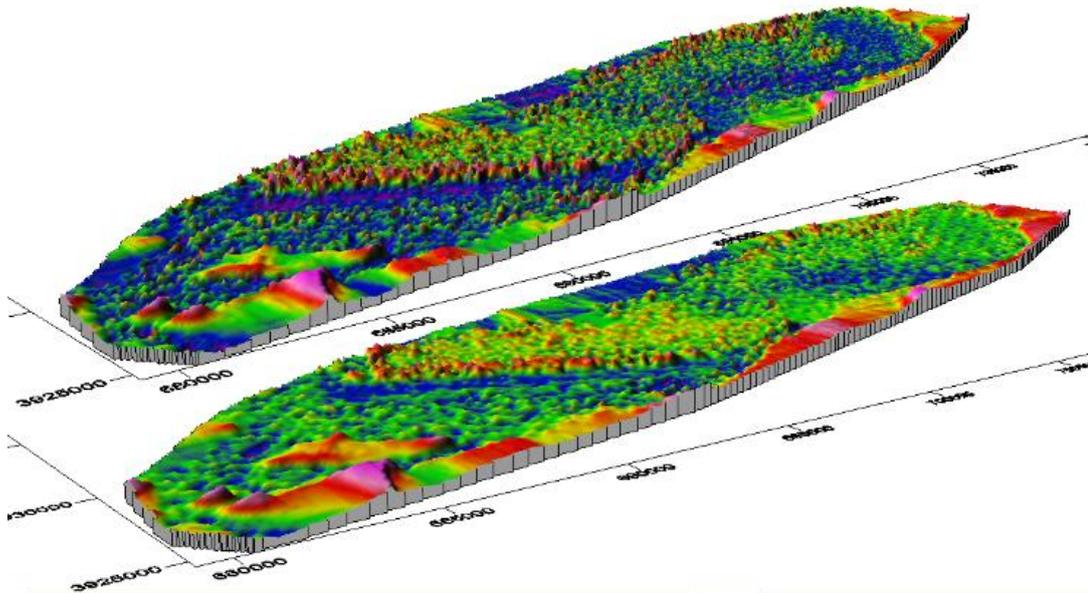


Figure 72. Surface 3D du SRTM 30 et 90 de la grande sebkha d'Oran.

Pour calculer les courbes de niveau et générer les cartes orographiques par le SRTM 30 et SRTM 90, On utilise le logiciel Covadis. (Voir figure suivante)



Figure 73. Carte bathymétrique par SRTM 90.

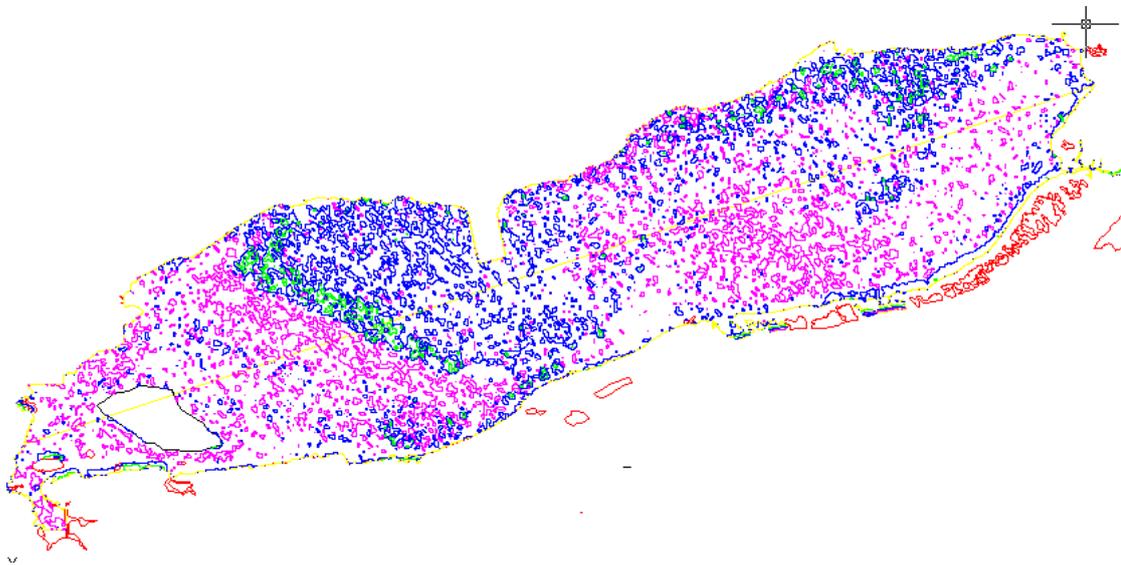


Figure 74. Carte bathymétrique par SRTM 30.

En ajustant les deux surfaces par l'option de calcul de cubature sur Covadis on aura les résultats graphiques suivants :

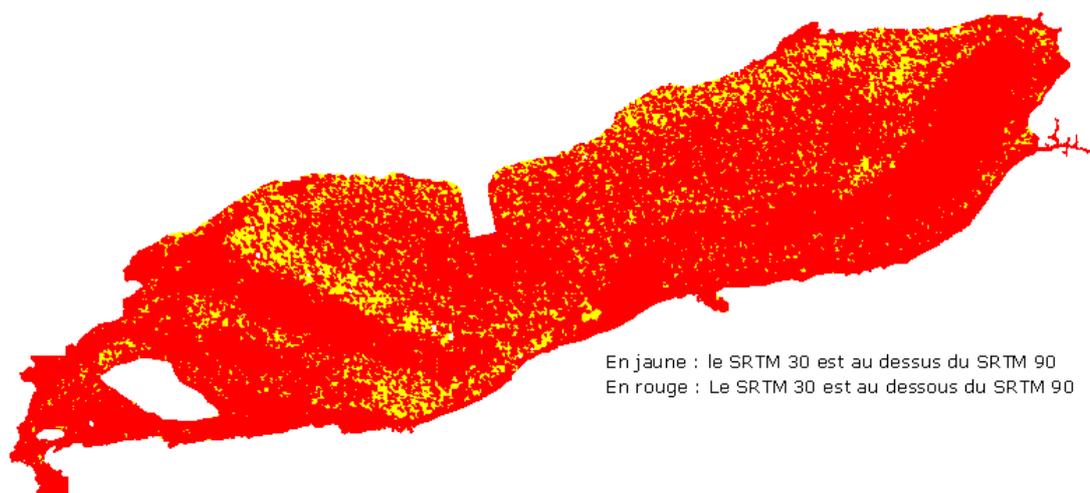


Figure 75.Résultat graphique de calcul de cubature entre le SRTM 90 et SRTM 30.

Résultat de comparaison

Suivant le rapport de cubature, la différence entre la surface 3D du SRTM 30 et celui de 90 est de 170503.95m² ce qui représente une similitude surfacique de 99.943 % sur une zone de 300 km².

Par ailleurs le MNT du SRTM 90 est décalé de -2.82 m en altimétrie sur le point le plus bas par rapport à 72.704 m , point altimétrique enregistré sur le SRTM 30.

Cet écart est légèrement proportionnel pour le point le plus haut la zone d'étude soit -1.67m. Si cet écart est proportionnel pour tous les points altimétriques homologues des deux surfaces on pourra déduire que la précision altimétrique du SRTM 30 est identique du SRTM90, mais chaque point est différent de l'autre.

Ces deux surfaces ne sont ni parallèles ni identiques, les résultats graphiques de calcul de cubature entre les deux surfaces 3Ds montrent clairement la manière dont laquelle la surface 3D du SRTM 30 survols, intersecté et se plonge au-dessous du SRTM 90 d'une façon très aléatoire (voir figure précédente) . Cette analyse est observable seulement après le déplacement du MNT du SRTM 90 de +2.82 m et ceci pour mettre les deux surfaces proches l'une de l'autre en altimétrie.

Le SRTM 30 présente beaucoup de variation morphologique de terrain par rapport au SRTM 90, qui présente moins de crue brutale ainsi qu'une ondulation topographique proche de la réalité vue à partir des points de mesures effectuées.

De la même méthode élaborée avec le cas de la sebkha, nous allons l'appliquer pour le reste des zones testent.

IV.1.3. Cas de la zone du petit lac

Données disponibles

- Carte topographique 1/25000 (figure 76) ;
- Image satellite LANDSAT (figure 77) ;
- Image SRTM (figure 78).

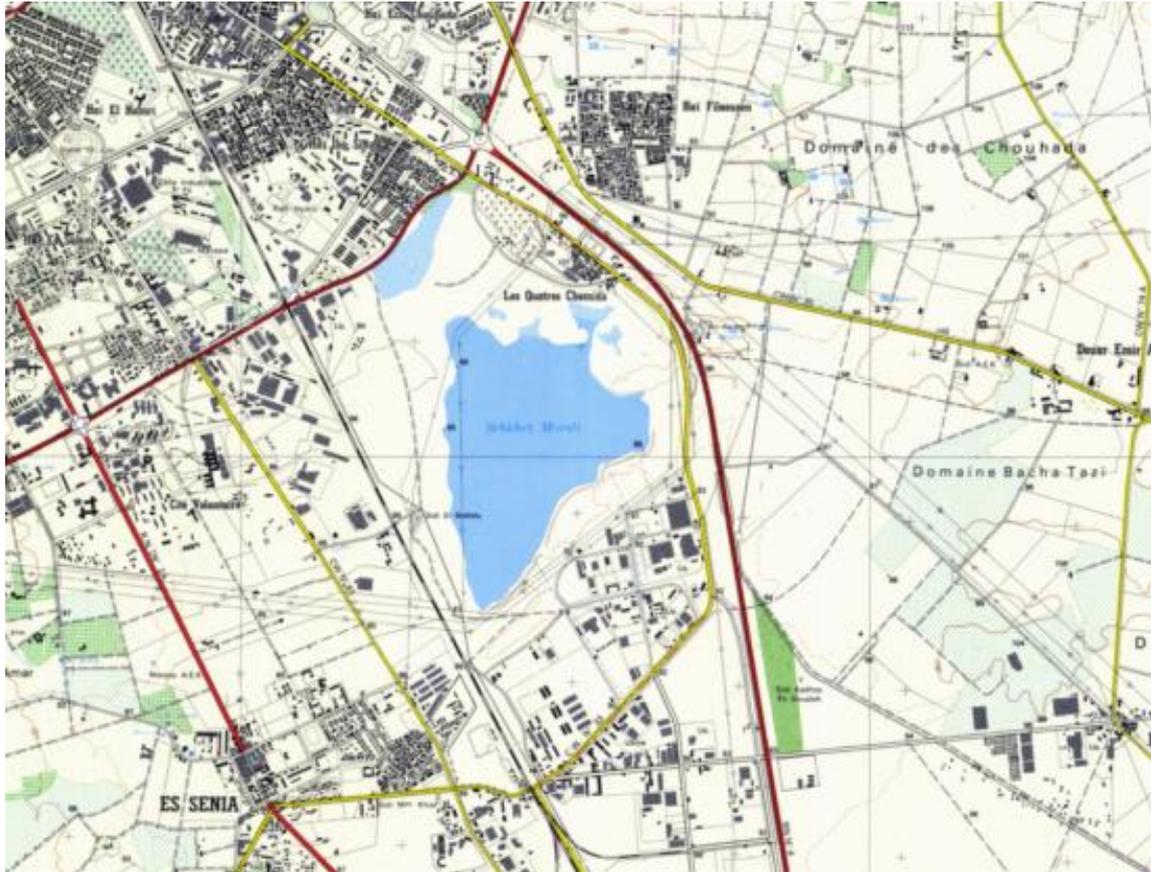


Figure 76. La carte d'état-major du petit lac d'Oran.



Figure 77.Image l'ANDSAT présente le petit lac.

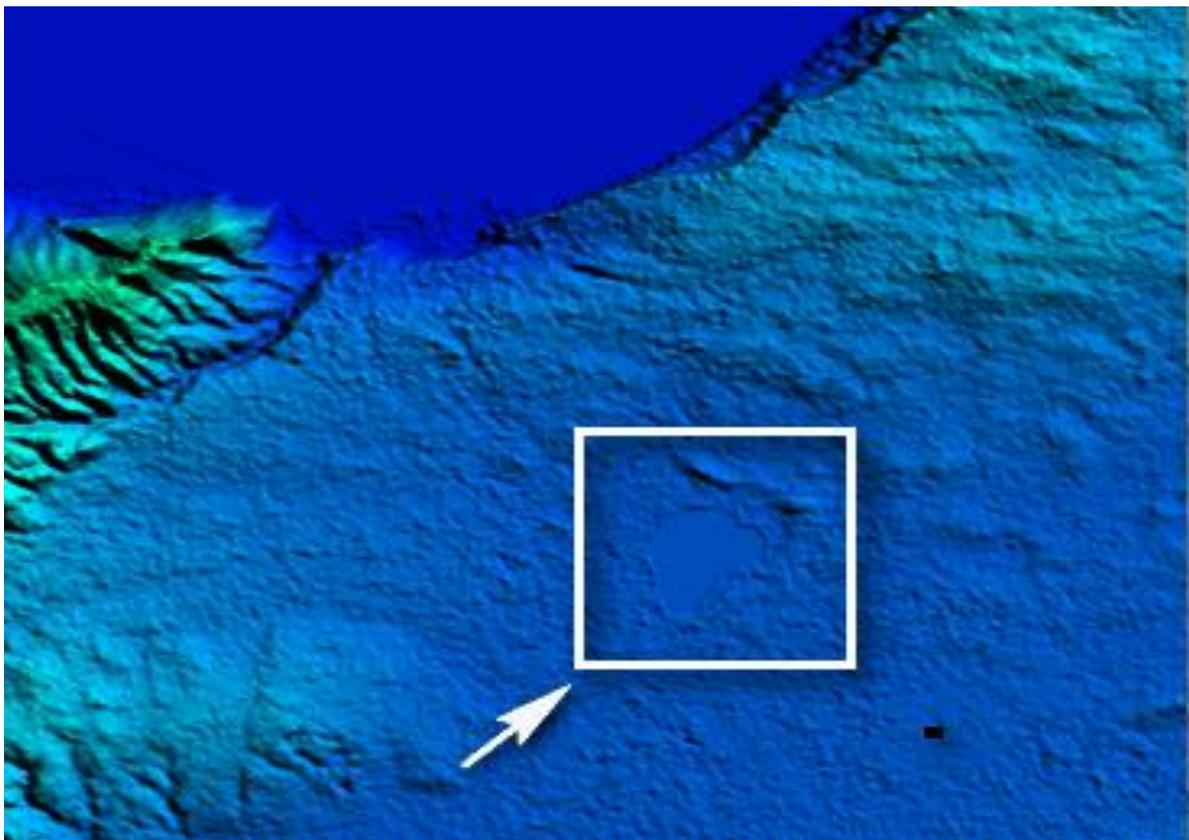


Figure 78.SRTM 30 de la zone du Petit lac d'Oran.

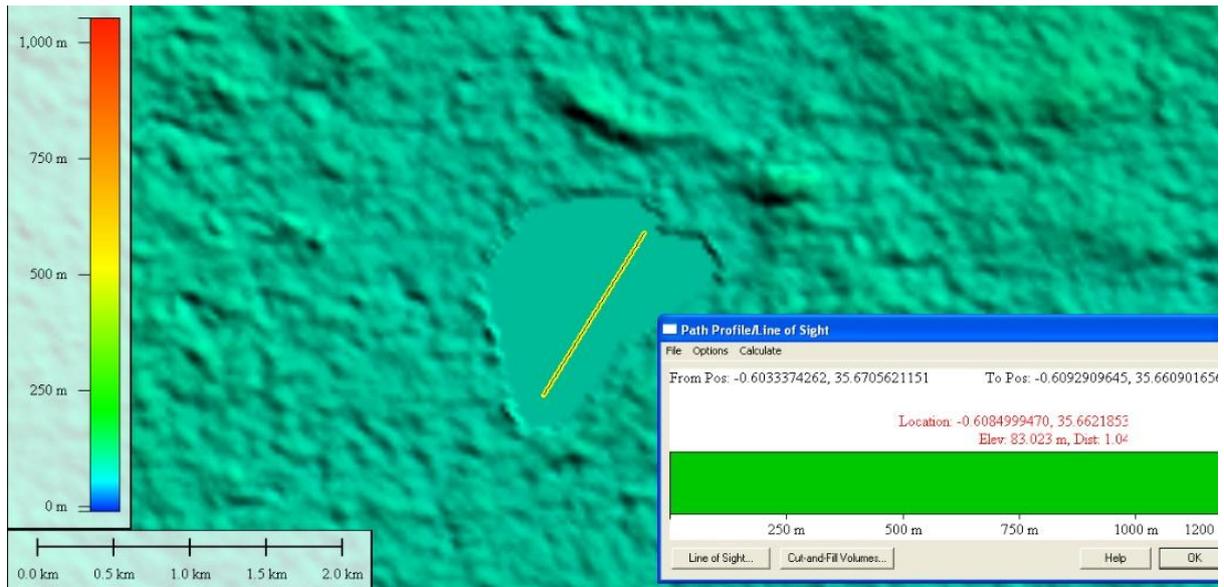


Figure 79. Profil en long sur le SRTM 30 (petit lac).

Résultat

Comme il est clair sur la figure du SRTM ainsi que le profil, le terrain est plat, ce qui est la réalité pour ce petit lac, pourtant, celui-ci été selon l'image LANDSAT plein au moment du passage du SRTM.

IV.1.4. Cas de la zone teste de TELAMINE et GHARABA

Cette zone couvre 4 lacs (sebkha) dont l'accent sera seulement sur celui de GHARABA et TELAMINE, avec la superposions du SRTM avec l'image LANDSAT on aura la figure ci-après



Figure 80. Image LANDSAT avec SRTM sur la zone LAC GHARABA et TELAMINE.

Chapitre IV : L'application

Avec un zoom détaillé et des profils sur certains tronçons on aura les résultats graphiques suivants :

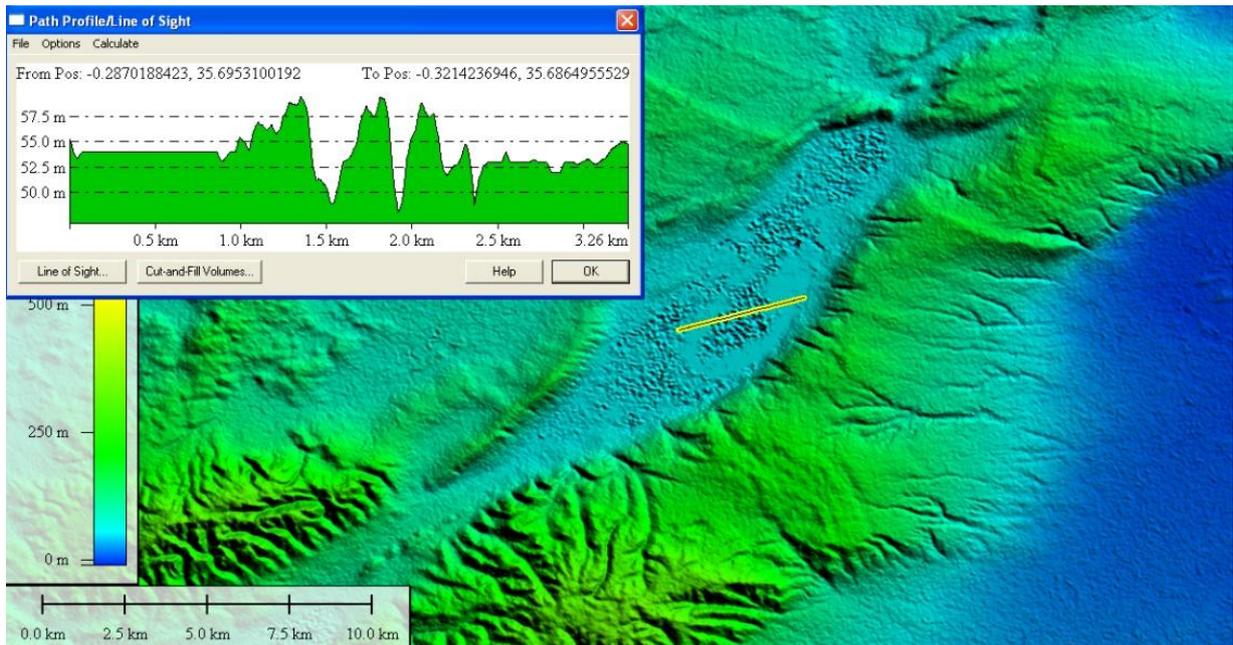


Figure 81. Profil en long sur la zone du Lac de TELAMINE.

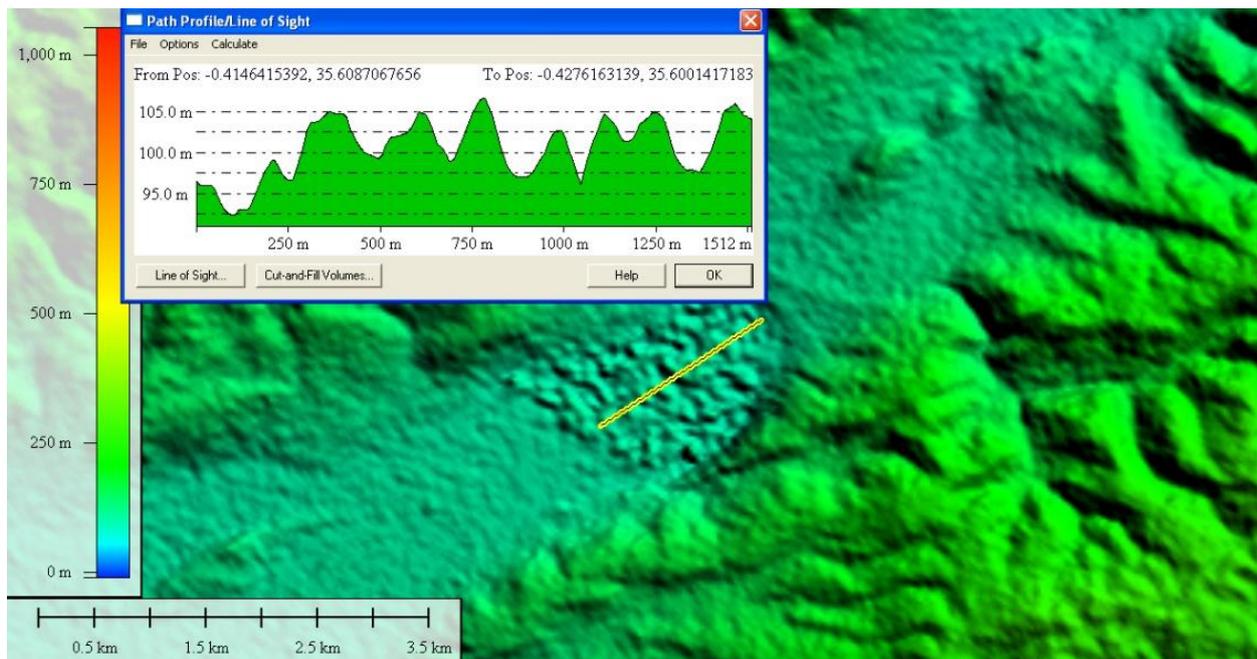


Figure 82. Profil en long sur la zone du Lac de GHARABA(global mapper).

Résultat

Nous remarquons que la configuration géométrique du lac de TELAMINE est la même que celle de la grande sebkha d'Oran. Et dont le terrain varie en altitude entre 50 à 57.5 m sur un linéaire de 3,26

Chapitre IV : L'application

km. Soit un dénivelé aléatoire de 7.5 m. mais nous savons très bien que ce terrain est quasiment plat, comme le montre clairement le début du profil entre zéro et 1 km.

Pour le cas du lac de GHARABA présente assez de variations sur la totalité de sa surface. L'altitude passe de 92 m à 105 m sur une distance de 300 m seulement. Soit un dénivelé de 13 m.

IV.1.5. Cas des zones urbaines

Nous avons effectué plusieurs tests sur différentes zones à savoir sur la ville d'Ain Témouchent et l'Aéroport Ahmed Ben Bella(Essenia).

Nous n'avons pas fait appel aux images LANDSAT vue que la résolution ne permet pas de voir les détails à grande échelle.

Si on déplace la souris sur l'image du Centre universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent, nous remarquons que l'élévation affichée sur GE ne change pas par rapport à la position géographique, ainsi l'Altitude sur le toit du bloc Administratif du site 1 est le même que celle-ci on est à l'entrée du nouveau réfectoire (261 m) ; et à 2 m en moins par rapport à l'entrée du même site. (Voir figure ci-dessous).

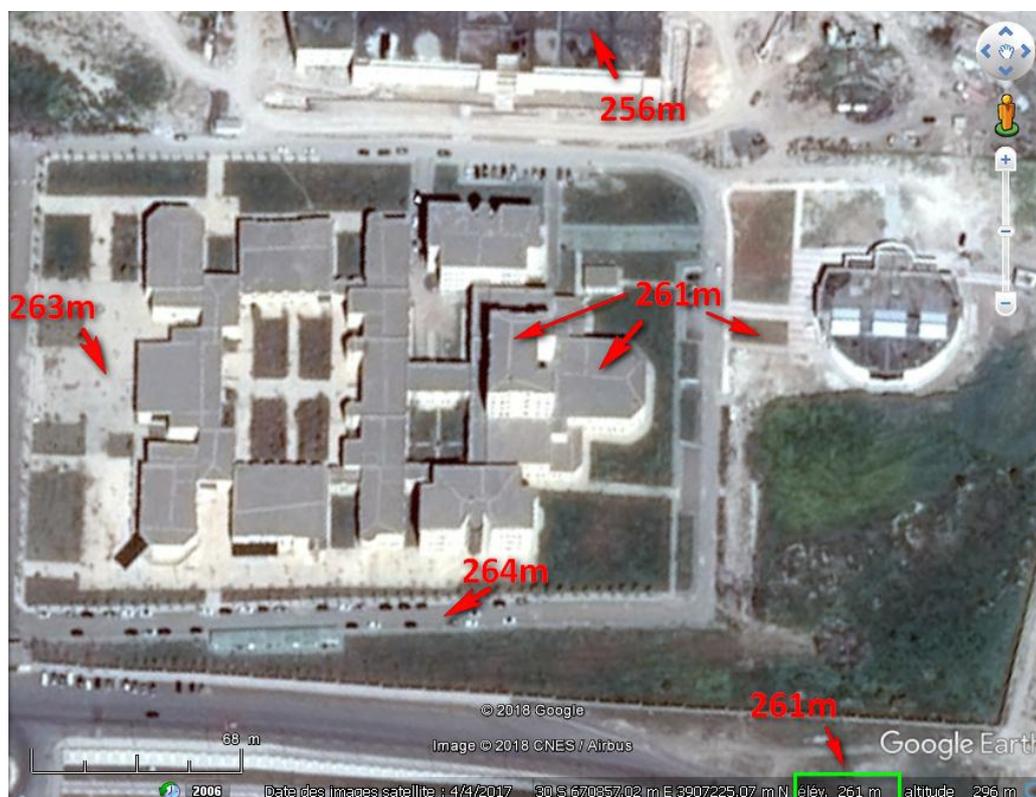


Figure 83. Les altitudes affichées dans GE pour la zone (Site 1 du CUBBAT).

Chapitre IV : L'application

Mais nous savons très bien que les hauteurs des blocs testes dépassent les 20 m. Cette anomalie est expliquée dans le chapitre III, Les altitudes sont issues du SRTM effectué en février 2000 ; et dont le centre universitaire n'été pas encore construit. En autre terme l'image optique est récente par rapport à celle du SRTM. La carte topographique montre clairement que cette zone était un terrain nu. (Voir figure ci-après).

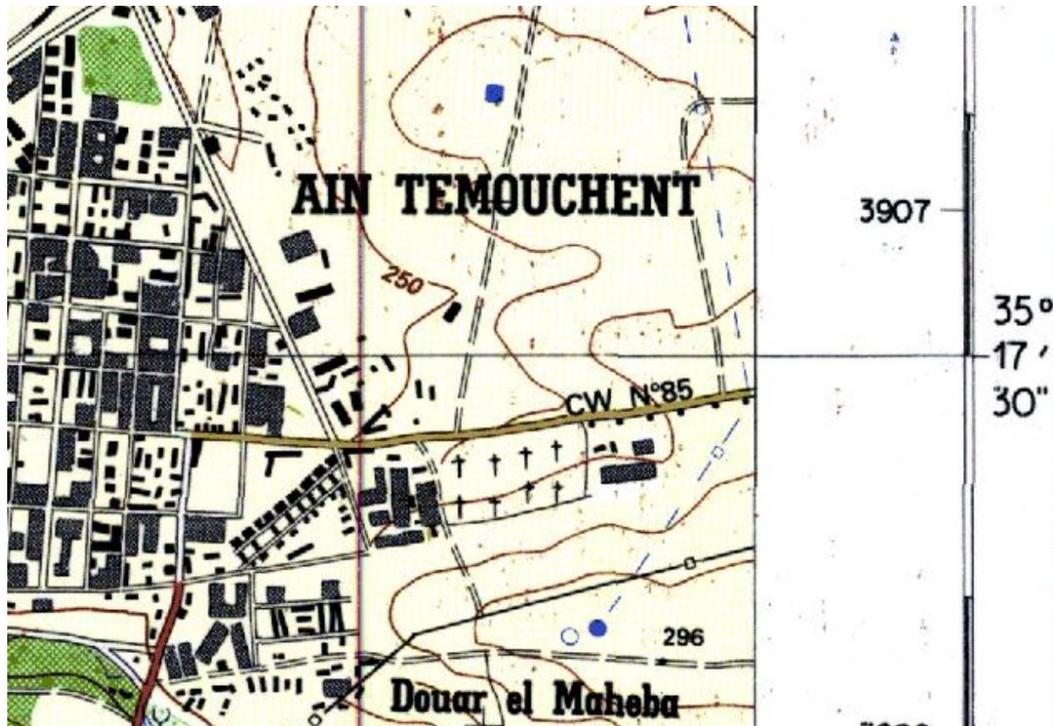


Figure 84.Extrait de la carte topographique 1/25000 sur la zone urbaine (CUBBAT).

Ce qui nous a poussés à faire un test sur une zone urbaine qui n'a pas subi de changement depuis la date d'acquisition du SRTM, le centre-ville d'Ain Témouchent.

Nous remarquons que le changement d'altitude ne reflète pas la réalité, on enregistre 8 m de dénivelé seulement entre le sommet du minaret de la mosquée et la cote prise à l'intersection de la route. D'autres altitudes sont mentionnées dans la figure ci-dessous.

Nous pouvons déduire que le MNE (Modèle numérique des zones urbaines citées) est assez loin d'être utilisé comme information altimétrique de qualité.



Figure 85. Cotes prises sur la zone (Centre-ville d'Ain Témouchent).

Nous allons par suite effectuer un test sur une zone urbaine mais dont le MNE est quasiment plat et dont la qualité du sol est identique, il s'agit de la piste d'atterrissage de l'aéroport d'Oran. Cette piste d'une longueur de 3 km et de 60 m de largeur est nettement décelable sur GE. Il est impératif que les altitudes doivent être identiques, mais on effectue un teste par profil en long de GE on remarque que le dénivelé varie de 04 m aléatoirement ; avec des pentes de 3.4% maximum. (Voir figure ci-dessous).



Un zoom plus proche relève des côtes de 87 m et 88 m sur une distance de 60 m seulement, voir figure ci-dessous.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'une des applications web la plus répandue dans le monde est celle de la compagnie Google, avec toutes les applications offertes (recherche, Gmail, YouTube, Maps...etc.), les applications de géolocalisation (Googleearth, Google Maps) sont fortement utilisées dans les PC, Smartphone, Tablette...etc.

La standardisation indirecte a poussé la communauté académique et professionnelle d'exploiter GE, sans remettre en cause la fiabilité des données, surtout s'il s'agit d'une utilisation à des fins de projet de construction. On se limite pas à une simple géolocalisation mais d'une exploration d'analyse et décisionnelle.

Les études avant-projet linéaires (routes, ponts, chemin de fer, Pipe ligne, Ligne électrique...etc.) peuvent être tracé directement sur l'imageGoogleearth avec une manipulation 3D conviviale, une vue de profil interactif avec la position peut être obtenue par simple clic.

Même la compagnie leader en DAO (Autodesk) ; ont conçu les nouvelles applications par l'utilisation directe des données GE. Ces données sont sous forme vectorielle ou raster soient des images satellitaires, des photos aériennes ou terrestres, des coordonnées projetées dans un système mondial(WGS84)...etc.

Nous sommes intéressés dans cette étude à la qualité de coordonnées affichées en bas droit de l'application GE. Et plus précisément celle à l'altitude (Z).

La précision annoncée pour cette information est de $\pm 16m$, en autre terme un point sur un bâtiment de R+4 a la même hauteur de celui du trottoir ! , chose qu'on peut aisément l'observer en basculant la souris sur les agglomérations dans GE.

Pour atteindre notre objectif, nous étions dans l'obligation de répondre à une question pertinente, comment ils ont obtenu l'altitude en chaque point de la terre ? Il s'agit de la technique RADAR que la NASA à effectuer en embarquant deux Radar travaillant simultanément sur la navette spatiale Endeavour, les altitudes sont calculées par interférogramme.

Sur une altitude de 250 km, et une vitesse de 2700km/h, l'acquisition des données de la mission baptisée SRTM était effectuée en 11 jours seulement par Endeavour en l'an 2000.

Après quelques années, la NASA a mis en ligne gratuitement le modèle le plus précis de la terre dans GE.

L'altitude affichée dans GE n'est qu'une information d'une image RADAR au-dessous des images satellitaires (optique) observable sur GE.

La qualité de l'altitude issue d'un produit appelé SRTM 90m ou SRTM 3 seconds d'arc. Représentée des ambiguïtés sur assez de zone sur le globe ; malheureusement ; l'interaction des ondes radar utilisé lors de la mission SRTM avec l'eau présente des bruits donc une fausse altitude.

L'eau ne représente pas le seul obstacle pour le SRTM mais aussi, les montagnes avec les zones d'ombre qu'il cause avec l'angle d'émission des ondes C et X utilisé dans par le SRTM,

La couverture végétale, doit être revue et prise en considération.

Les mêmes données se sont traitées et intégrées de nouveau dans GE avec une nouvelle appellation le SRTM 30 ou SRTM 1 second d'arc, la différence est remarquable visuellement avec la disparition du phénomène du flou sur le MNT obtenue.

Le SRTM 30 m plus ou Topo15m c'est des produit établi par l'intégration d'autres technique et source d'acquisition pour les corps d'eaux.

Mais avec toutes ces améliorations aucune déclaration supplémentaire n'est trouvée à part la première.

Ce qui a poussé à élaborer notre propre indice de qualité en choisissant quelques zones dont les données de référence de comparaison sont disponibles.

L'opération la plus délicate utilisée est celle de la juxtaposition des données dans le même repère planimétrique, (le géo référencement) en premier lieux ; mais le plus difficile est la référence altimétrique qui ne peut être juxtaposée ou avoir le même point de référence altimétrique.

La carte topographique algérienne utilise la référence de la mer méditerranée dont le point de référence se trouve au port d'ALGER. Et celui du SRTM utilise double référence (le modèle mathématique de la terre (ELLIPSIODEIAGRS80) et le géoïde mondial(EGM2008). La différence entre ces modèles, n'est pas proportionnelle surtout si l'étendue dépasse les 03 km linéaire.

C'est pour cette raison nous avons délimité et réduit notre zone d'étude pour la zone de Djzoua et dont on a comparé le SRTM 30 avec le MNT de la carte ; le résultat fait apparaitre la fiabilité et la précision du SRTM à 99% à l'échelle 1/25000.

Par ailleurs pour les zones humides (Sebkha et lacs) ; et dont le terrain est quasi plat. Nous avons fait appel aux images satellitaires optiques de LANDSAT afin de savoir l'étendu des eaux au moment des mesures SRTM en février 2000.

Le résultat fait apparaître des variations de ± 7 m de hauteur ; sur la Sebkha et le lac de TELAMINE mais de 0 mètre sur le petit lac d'Oran et celui de GHARABA.

En ce qui concerne les zones urbaines et dont on a élaboré plusieurs tests de qualité, nous pouvons confirmer la fiabilité des données en ce qui concerne la date de mise à jour, est dégradable dans le temps, les images mosaïques de GE se mettent à jour chaque 03 ans au maximum. Mais le Z affichée est toujours celui de l'an 2000 ; ce n'est pas le seul point découvert mais aussi la qualité géométrique de l'altitude qui ne représente pas le MNE en réalité, on a enregistré des de plus de 20 m dans les zones bâties, par ailleurs dans le cas de la piste d'atterrissage de l'aéroport, on a une qualité de ± 2 m.

En résumé, il y a aucune correspondance entre la résolution des images utilisées et l'affichage de l'altitude appelé Elévation sur GE. Aussi, On ne peut pas donner un chiffre exact sur la précision de l'altitude, Elle varie selon les caractéristiques du terrain d'études, soit sa localisation géographique, sa topographie, la nature et l'occupation des sols.

Notons, Il faut mettre en évidence que la priorité d'amélioration du MNT issu du SRTM est pour les zones dans certains pays développés notamment les métropoles et environs, ainsi un utilisateur GE dans ces endroits peut mener son avant études d'avant-projet ou projet à la base des données Google sans aucune crainte. Comme on peut apercevoir dans la qualité des images entre les villes algériennes et européennes sur GE.

GE a intégré dans l'an 2012 les photos aériennes à la place des images satellitaires pour avoir une résolution centimétrique en planimétrie. Mais vu la stratégie de l'information de l'altimétrie aucun indice n'est disponible en parallèle.

Enfin, le SRTM n'est pas la seule source d'Altimétrie pour le globe terrestre, il existe d'autres solutions gratuites ou payantes, plus précise et plus fiable, tel que les produits satellitaires d'ALOS, d'ERS et RADARSAT. On peut faire appel à ces données pour mener à bien nos projets pour lever toute ambiguïté discutée dans ce mémoire à propos de la qualité des coordonnées.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] J. L. S. Milles, «support de cour de topographie », 2002.
- [2] C. Brezinski, « Géodésie, topographie et cartographie », LILLE FRANCE.
- [3] H. Duquenne, « Cours de géodésie chapitre 1 généralités sur la Géodésie », 2002.
- [4] INCT, « Rapport National de l'Algerie », XXI V IUGG General Assembly, n° 2006.
- [5] J. F. et T. Sylvain, « Comment étudier les Petits Corps du système solaire en restant sur Terre ? » [En ligne]. Disponible sur: http://carrez.christophe.pagesperso-orange.fr/sylvain_tissot/tpe.html.
- [6] « La topographie, une science en coopération avec l'archéologie : un vrai exemple de multidisciplinarité. » [En ligne]. Disponible sur: <http://www.m2pro.mom.fr/2011/topo2011.html>.
- [7] C. S. A. Aboubacar, « Préparation d'un SIG pour les stations climatiques et hydrométriques du bassin de la TAFNA », CUNIV CUBBAT, 2017.
- [8] « La longitude... » [En ligne]. Disponible sur: <http://revue.sesamath.net/spip.php?article795>.
- [9] K. Hakim, « support de cour topographie », CUNIV CUBBAT, 2015.
- [10] Farid Rahal, « les sig Appliquées à l'Architecture et à l'Urbanisme sous le logiciel MAPINF » , USTO MB.
- [11] « Géodésie et projections ». [En ligne]. Disponible sur: <http://margaux.ipt.univ-paris8.fr/vgodard/enseigne/carto2/memocart/mem21car.htm>.
- [12] B. Yahiaoui, « Le système géodésique Nord Sahara 1959 et la problématique de positionnement précis au Sud d'Algérie »,2017.
- [13] J.-P. Cherel, « Création d'un Modèle Numérique de Terrain raster à partir de courbes de niveau (vecteur) Visualisation en 2D », p. 1-11, 2010.
- [14] « Modèle numérique du terrain (MNT) ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.emse.fr/tice/uved/SIG/Glossaire/co/MNT_1.html.
- [15] K. Hakim, « support de cour topographie », CUNIV CUBBAT,2015.
- [16] S. Riazanoff, « Master SIG / Modèles Numériques de Terrain », Marne-la-Vallée Institut Gaspard Monge.
- [17] B. H. Chérifa et R. F. Amina, « Systemes d'information géographique cours et travaux pratiques », ABOUBAKR BELKAÏD– TLEMCEM –, 2005.
- [18] T. Joliveau, « Parcours 1 . Les SIG , de l'outil technique à la construction sociale », p. 23-80, 2004.

- [19] E. Habert, « Qu'est ce qu'un système d'information géographique? », Cartographie.Ird.Fr, 2000.
- [20] « Les composants d'un SIG ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.esrifrance.fr/sig2.aspx>.
- [21] Y. Derfoufi, « systeme d information geographie SIG », CRMEF OUJDA, 2016.
- [22] E. Paris, B. Sig, et A. View, « Les Systèmes d ' Information Géographique Arc View 9 . 1 et 3D Analyst Les Systèmes d ' Information Géographique », 2008.
- [23] I. Catherine Satra, « Les Systèmes d ' Information Géographique (SIG) », p. 16, 2016.
- [24] D. B. A. M. Sami Et, « support de cours topographie ».
- [25] H. Kahina, « Geodatabase pour le massif volcanique d'ain temouchent », ORAN 2, 2015.
- [26] T. Moutia, « support de cour topographie ».
- [27] « GE ». [En ligne]. Disponible sur: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth.
- [28] « G E 1 ». [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/wiki/Google_Earth.
- [29] « Cartes de couverture des données finales ». [En ligne]. Disponible sur: https://lta.cr.usgs.gov/srtm/coverage_maps.
- [30] C. T. Allen, « Interferometric Synthetic Aperture Radar », Electr. Eng., p. 1-37, 1987.
- [31] E. Ramirez, « Qu'est-ce que SRTM? », NASA/JPL. [En ligne]. Disponible sur: http://iss.jaxa.jp/shuttle/flight/sts99/mis_srtm_e.html.
- [32] « Mission de topographie radar de navette (SRTM) 1 Arc-Second Global ». [En ligne]. Disponible sur: <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>.
- [33] T. Kuuskivi, « The S huttle R adar T opography M ission (SRTM) - A New Look at the World - », 2004.
- [34] E. Ramirez, « srtm », NASA/JPL. [En ligne]. Disponible sur: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005RG000183>.
- [35] E. Ramirez, « Interférométrie », NASA/JPL. [En ligne]. Disponible sur: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005RG000183>.
- [36] « srtm (Mission topographique de radar de navette) ». [En ligne]. Disponible sur: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/srtm>.
- [37] E. Ramirez, « bande-x /bande-c », NASA/JPL. [En ligne]. Disponible sur: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instrumentinterferometry.html>.
- [38] E. Ramirez, « srtm », NASA/JPL, 2016. [En ligne]. Disponible sur: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/radaroverview.html>.

- [39] M. B. Wissem et M. T. Zoubida, « Apport de la TLD quantification des eaux de la sebkha fenfeb », CUNIV CUBBAT, 2016.
- [40] D. Docteur et al., « Etude d ' une Sebkhha : la Sebkhha d ' Oran (Ouest algérien) », ORAN, 2006.
- [41] « Sebkhha d'Oran ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.algerie-monde.com/forums/threads/5954-Sebkha-d-Oran>.

Les annexes

Pour la 1^{er} zone (Djebel Djzioua)

CALCUL DE CUBATURES ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

cubature entre SRTM30 et Carte1/25000

Nom du dessin : MNT CARTE ET SRTM

Opération effectuée : calcul brut

Caractéristiques des modèles numériques

Calque MNT1	MNTCarteDécoup
Calque MNT2	TN_MNT_SRTM

	MNT 1	MNT 2
Nombre de faces	86545	178360
Altitude mini	80.000 M	73.388 M
Altitude maxi	370.000 M	362.357 M
Surface totale 2D	20065500.00 m ²	20065500.00 m ²
Surface totale 3D	20240696.16 m ²	20232391.44 m ²
Surface utile 2D	20065495.92 m ²	20065495.92 m ²
Surface utile 3D	20240692.08 m ²	20232387.36 m ²

Résultats du calcul de cubatures MNT1 MNT2

Surfaces 2D	
Avec déblai :	15157832.20 m ²
Avec remblai :	4905136.87 m ²
Sans écart :	2528.82 m ²
Total :	20065497.89 m ²

Volumes	
Déblai :	77698408.397 m ³
Remblai :	13006426.298 m ³
Total :	90704834.695 m ³

Surfaces 3D	
Avec déblai :	15305607.52 m ²
Avec remblai :	4932557.71 m ²
Sans écart :	2528.82 m ²
Total :	20240694.04 m ²

Vol. corrigés	
Déblai :	79640868.607 m ³
Remblai :	13006426.298 m ³
Total :	92647294.905 m ³

CALCUL DE CUBATURES ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

cubature entre SRTM30 +6.62m et Carte1/25000

Nom du dessin : MNT CARTE ET SRTM

Opération effectuée : calcul brut

Caractéristiques des modèles numériques

Calque MNT1	MNTCarteDécoup
Calque MNT2	TN_MNT_SRTM

	MNT 1	MNT 2
Nombre de faces	86545	178360
Altitude mini	80.000 M	80.008 M
Altitude maxi	370.000 M	368.977 M
Surface totale 2D	20065500.00 m ²	20065500.00 m ²
Surface totale 3D	20240696.16 m ²	20232391.44 m ²
Surface utile 2D	20065500.00 m ²	20065500.00 m ²
Surface utile 3D	20240696.16 m ²	20232391.44 m ²

8304.72

Résultats du calcul de cubatures MNT1 □ MNT2

Surfaces 2D	Volumes
Avec déblai : 3565096.74 m ²	Déblai : 19734508.367 m ³
Avec remblai : 16500403.26 m ²	Remblai : 87876136.268 m ³
Sans écart : 0.00 m ²	Total : 107610644.636 m ³
Total : 20065500.00 m ²	

Surfaces 3D	Vol. corrigés
Avec déblai : 3630018.60 m ²	Déblai : 20227871.077 m ³
Avec remblai : 16610677.56 m ²	Remblai : 87876136.268 m ³
Sans écart : 0.00 m ²	Total : 108104007.345 m ³
Total : 20240696.16 m ²	

MNT - STATISTIQUES DU CHARGEMENT ET DU CALCUL

Nom du fichier dessin : C:\Documents and Settings\user\Mes documents\Dessin2

Points chargés : oui	
Provenance des points	Base graphique AutoCAD
	Points de type topographiques et AutoCAD
	dans le(s) calque(s) TOPOJIS
Filtre altimétrique	
Points d'altitude nulle	Ignorés
Elimination des points doubles	Tolérance : 0.001
	Mode automatique (indifférent)
	Avec création d'un cercle d'erreur

Récapitulatif du chargement	
Nombre de points lus	89832
Nombre de points lus à Z = 0	0
Nombre de points doubles	0
Nombre de points conservés après filtrage	89832
Nombre de points et sommets utilisables	89832
Distance moyenne entre points	14.945 m
Coordonnées minimales	659150.741 3905640.021 m
Coordonnées maximales	662090.741 3912465.021 m
Altitude minimale	73.388 m
Altitude maximale	362.357 m

Périmètre calculé : oui	
Paramètre de hauteur	0.00001
Paramètre de longueur	29.890
Nombre de côtés	1302
Nombre de faces prévues	178360
Périmètre dessiné : oui	
	Dans le calque TN_MNTContourSRTM

Faces calculées : oui	
	178360 faces calculées
	178360 faces activées
Aire 2D	20065500.000 m ²
Aire 3D	20232391.444 m ²
Faces dessinés : oui	
	Dans le calque TN_MNT_SRTM
Echelle de dessin	1.000
Dimensions minimales	659150.74 3905640.02

Dimensions maximales	662090.74 3912465.02
Altitude minimale	73.388 m
Altitude maximale	362.357 m

Gridding Report

Thu Mar 03 21:57:55 2016

Elapsed time for gridding: 78.6 seconds

Data Source

Source Data File Name: F:\Memoires et thèses\Mini-projet\Qualité SRTM\Semi pts carte_mnt.txt
X Column: A
Y Column: B
Z Column: C

Data Counts

Active Data: 53268
Original Data: 53268
Excluded Data: 0
Deleted Duplicates: 0
Retained Duplicates: 0
Artificial Data: 0
Superseded Data: 0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 0.0004
Y Duplicate Tolerance: 0.00099

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 53268

Univariate Statistics

	X	Y	Z
Count:	53268	53268	53268
1%%-tile:	659017.3955	3905440.025	90
5%%-tile:	659144.1686	3905682.5846	100
10%%-tile:	659258.8814	3906061.5178	110
25%%-tile:	659672.3282	3907004.121	150
50%%-tile:	660610.9275	3908396.8839	200
75%%-tile:	661465.9272	3910973.6533	250
90%%-tile:	661922.9501	3912415.3436	290
95%%-tile:	662098.5846	3912923.7095	310
99%%-tile:	662249.8043	3913417.5465	350
Minimum:	658919.6589	3905387.0316	70
Maximum:	662299.0324	3913705.1357	370
Mean:	660594.299733	3908923.80298	201.24123301
Median:	660611.0362	3908396.8941	200
Geometric Mean:	660593.569229	3908923.11383	190.040497168
Harmonic Mean:	660592.838733	3908922.42478	178.569157251
Root Mean Square:	660595.030244	3908924.49222	211.639955737
Trim Mean (10 %):	660590.347151	3908873.61541	199.94113598
Interquartile Mean:	660594.037458	3908645.20894	199.423540454
Midrange:	660609.34565	3909546.08365	220
Winsorized Mean:	660588.883577	3908909.17431	199.590861305
TriMean:	660590.0276	3908692.88552	200
Variance:	965161.569301	5388489.02473	4293.51760294
Standard Deviation:	982.426368386	2321.31191888	65.5249387862
Interquartile Range:	1793.599	3969.5323	100
Range:	3379.3735	8318.1041	300
Mean Difference:	N/A	N/A	N/A
Median Abs. Deviation:	897.00315	1808.57725	50
Average Abs. Deviation:	862.877155373	1977.3284059	55.4173237216
Quartile Dispersion:	0.00135761642861	0.000507744127011	0.25
Relative Mean Diff.:	N/A	N/A	N/A

Standard Error:	4.25663895215	10.0577377114	0.283905253106
Coef. of Variation:	0.0014871856581	0.000593849365165	0.325603942125
Skewness:	0.0117936851955	0.345479998149	0.182063736411
Kurtosis:	1.69990635365	1.88459305722	2.15559230398
Sum:	35188537158.2	208220553137	10719718
Sum Absolute:	35188537158.2	208220553137	10719718
Sum Squares:	2.32453984739e+016		8.13918563457e+017
Mean Square:	436385793983	1.52796906859e+013	
	44791.4708643		

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	965161.57	-420336.93	2193.4117
Y:	-420336.93	5388489	-133911.18
Z:	2193.4117	-133911.18	4293.5176

Inter-Variable Corrélation

	X	Y	Z
X:	1.000	-0.184	0.034
Y:	-0.184	1.000	-0.880
Z:	0.034	-0.880	1.000

Inter-Variable Rank Corrélation

	X	Y	Z
X:	1.000	-0.170	0.064
Y:	-0.170	1.000	-0.896
Z:	0.064	-0.896	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	0.995562515004	0.995562515004	0.00885824788151
Y:	0.0934325186241	0.0934325186241	0.0255374884663
Z:	-0.0112090670052	-0.0112090670052	0.0255374884663
Lambda:	5431363.47785	925688.684442	891.949343629

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C	
Parameter Value:		-0.00885110200299	-0.0255417841053	105889.116622
Standard Error:	0.000134064270399	5.67387231449e-005	253.522299283	

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	0.184	-0.511
B:	0.184	1.000	-0.939
C:	-0.511	-0.939	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	181156608.184	90578304.092	101472.966907
Residual:	53265	47546193.9719	892.634825343	
Total:	53267	228702802.156		

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.792104891048

Nearest Neighbor Statistics

	Separation	Delta Z
1%-%-tile:	4.50462416849	0

5%%-tile:	4.91720483216	0
10%%-tile:	4.96451724645	0
25%%-tile:	4.99326468862	0
50%%-tile:	4.99991222822	0
75%%-tile:	4.99997459716	0
90%%-tile:	5	0
95%%-tile:	5.00001264497	0
99%%-tile:	5.00003297964	0
Minimum:	0.620978582567	0
Maximum:	171.417834857	10
Mean:	5.02127398444	0.00717128482391
Median:	4.99991229476	0
Geometric Mean:	4.9787151724	N/A
Harmonic Mean:	4.961877787	N/A
Root Mean Square:	5.38662195362	0.232117429686
Trim Mean (10%%):	4.99361494777	0
Interquartile Mean:	4.99893247868	0
Midrange:	86.0194067196	5
Winsorized Mean:	4.99339408572	0
TriMean:	4.99826593555	0
Variance:	3.80257503013	0.0538280843524
Standard Deviation:	1.9500192384	0.232008802317
Interquartile Range:	0.00670990854452	0
Range:	170.796856274	10
Mean Difference:	N/A	N/A
Median Abs. Deviation:	0.000109155194608	0
Average Abs. Deviation:	0.0739167287261	0.00717128482391
Quartile Dispersion:	0.000671444799092	N/A
Relative Mean Diff.:	N/A	N/A
Standard Error:	0.00844900759459	0.00100524348385
Coef. of Variation:	0.388351490965	32.3524735126
Skewness:	52.1073426822	37.4153884212
Kurtosis:	3192.35024194	1501.54249416
Sum:	267473.222603	382
Sum Absolute:	267473.222603	382
Sum Squares:	1545608.09832	2870
Mean Square:	29.0156960712	0.0538785011639

Complete Spatial Randomness

Lambda:	0.00189498530159
Clark and Evans:	0.437166462826
Skellam:	18402.8505269

Gridding Rules

Gridding Method: Kriging
Kriging Type: Point

Polynomial Drift Order: 0
Kriging std. deviation grid: no

Semi-Variogram Model

Component Type: Linear
Anisotropy Angle: 0
Anisotropy Ratio: 1
Variogram Slope: 1

Search Parameters

Search Ellipse Radius #1: 4490
Search Ellipse Radius #2: 4490
Search Ellipse Angle: 0

Number of Search Sectors: 4
Maximum Data Per Sector: 16
Maximum Empty Sectors: 3

Minimum Data: 8
Maximum Data: 64

Output Grid

Grid File Name: F:\Memoires et thèses\Mini-projet\Qualité SRTM\Semi pts carte_mnt.grd
Grid Size: 556 rows x 226 columns
Total Nodes: 125656
Filled Nodes: 116930
Blanked Nodes: 8726
Blank Value: 1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum: 658919.6589
X Maximum: 662299.0324
X Spacing: 15.019437777778

Y Minimum: 3905387.031
Y Maximum: 3913705.136
Y Spacing: 14.987576576577

Univariate Grid Statistics

	Z
Count:	116930
1%%-tile:	95.0773266304
5%%-tile:	103.767563575
10%%-tile:	117.041158091
25%%-tile:	146.463924784
50%%-tile:	179.486107691
75%%-tile:	237.307682663
90%%-tile:	286.130395636
95%%-tile:	299.975502064
99%%-tile:	330.372942389
Minimum:	68.5684776938
Maximum:	372.804658447
Mean:	192.213679638
Median:	179.486339131
Geometric Mean:	182.419668206
Harmonic Mean:	172.987941648
Root Mean Square:	201.94052083
Trim Mean (10%%):	190.545784182
Interquartile Mean:	183.490382467
Midrange:	220.68656807
Winsorized Mean:	191.556797171
TriMean:	185.685955707
Variance:	3833.90810105
Standard Deviation:	61.9185602308
Interquartile Range:	90.8437578787
Range:	304.236180753
Mean Difference:	N/A
Median Abs. Deviation:	42.7226009298
Average Abs. Deviation:	50.9996891352
Quartile Dispersion:	0.236713076517
Relative Mean Diff.:	N/A
Standard Error:	0.181074741743
Coef. of Variation:	0.322133993519
Skewness:	0.462007609807
Kurtosis:	2.25615380842
Sum:	22475545.5601
Sum Absolute:	22475545.5601
Sum Squares:	4768402354.32
Mean Square:	40779.9739529

Pour la 2^{ème} zone (la grande sebkha d'oran)

CALCUL DE CUBATURES ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

Comparaison SRTM 90 m et SRTM 30 m sur la grande Sebkha d'Oran

Nom du dessin : MNT SRTM30 sans erreurs

Operation effectuée : calcul brut

Caractéristiques des modèles numériques

Calque MNT1	MNT_30
Calque MNT2	Mnt_90

	MNT 30	MNT 90
Nombre de faces	65301	68309
Altitude mini	72.704 M	69.881 m
Altitude maxi	99.065 M	97.392 m
Surface totale 2D	299652959.42 m ²	300142619.88 m ²
Surface totale 3D	299886914.78 m ²	300207059.11 m ²
Surface utile 2D	299637225.48 m ²	299637225.48 m ²
Surface utile 3D	299871174.01 m ²	299700670.06 m ²

69503.95

Résultats du calcul de cubatures MNT30 □ MNT90

Surfaces 2D	
Avec déblai	: 295697254.53 m ²
Avec remblai	: 3939970.95 m ²
Sans écart	: 0.00 m ²
Total	: 299637225.48 m ²

Volumes	
Déblai (jaune)	: 653731248.469 m ³
Remblai (rouge)	: 2817370.305 m ³
Total	: 656548618.774 m ³

Surfaces 3D	
Avec déblai	: 295926642.13 m ²
Avec remblai	: 3944531.88 m ²

Vol. corrigés	
Déblai	: 670074529.681 m ³
Remblai	: 2817370.305 m ³

Sans écart	:	0.00 m
		2
Total	:	299871174.01 m
		2

Total	:	672891899.985 m
		3

Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Scene Identifier	LC81980352014324LGN00
WRS Path	198
WRS Row	035
Target WRS Path	198
Target WRS Row	035
Full or Partial Scene	FULL
Nadir/Off Nadir	NADIR
Data Category	NOMINAL
Bias Parameter File Name OLI	LO8BPF20141120102926_20141120111402.01
Bias Parameter File Name TIRS	LT8BPF20141120102532_20141120111455.01
Calibration Parameter File	L8CPF20141001_20141231.01
RLUT File Name	L8RLUT20130211_20431231v09.h5
Roll Angle	-.001
Station Identifier	LGN
Day/Night	DAY
Data Type Level 1	L1T
Sensor Identifier	OLI_TIRS
Date Acquired	2014/11/20
Start Time	2014:324:10:38:07.5224690

MNT - STATISTIQUES DU CHARGEMENT ET DU CALCUL

Nom du fichier dessin : F:\DATA\plan SEBKHA\mnt SRTM90

Points chargés : oui	
Provenance des points	Base graphique AutoCAD
	Points de type topographiques et AutoCAD
	dans le(s) calque(s) TOPOJIS
Filtrealtimétrique	
Points d'altitudenulle	Ignorés
Elimination des points doubles	Tolérance : 0.001

	Mode automatique (indifférent)
	Avec création d'un cercle d'erreur

Récapitulatif du chargement	
Nombre de points lus	41007
Nombre de points lus à Z = 0	0
Nombre de points doubles	0
Nombre de points conservés après filtrage	41007
Nombre de points et sommets utilisables	41007
Distance moyenne entre points	142.384 m
Coordonnées minimales	678458.013 3923995.948 m
Coordonnées maximales	720658.013 3943695.948 m
Altitude minimale	69.334 m
Altitude maximale	170.252 m

Périmètre calculé : oui	
Paramètre de hauteur	0.00001
Paramètre de longueur	284.768
Nombre de côtés	1025
Nombre de faces prévues	80987
Périmètre dessiné : oui	
	Dans le calque TN_MNTGLOBAL

Faces calculées : oui	
	80987 faces calculées
	80987 faces actives
Aire 2D	406285000.000 m ²
Aire 3D	406407183.382 m ²
Faces dessinés : oui	
	Dans le calque TN_MNTGLOBALE
Echelle de dessin	1.000
Dimensions minimales	678458.01 3923995.95
Dimensions maximales	720658.01 3943695.95
Altitude minimale	69.334 m
Altitude maximale	170.252 m

MNT - STATISTIQUES DU CHARGEMENT ET DU CALCUL

Nom du fichier dessin : F:\DATA\plan SEBKHA\plan SEBKHA MNT sans iles

Points chargés : oui	
Provenance des points	Base graphique AutoCAD
	Points de type topographiques et AutoCAD

	dans le(s) calque(s) plan_eau
Filtrealtimétrique	> 82.500 m et < 83.500 m
Points d'altitude nulle	Ignorés
Élimination des points doubles	Tolérance : 0.001
	Mode automatique (indifférent)
	Avec création d'un cercle d'erreur

Récapitulatif du chargement	
Nombre de points lus	4845
Nombre de points lus à Z = 0	0
Nombre de points doubles	0
Nombre de points conservés après filtrage	681
Nombre de points et sommets utilisables	681
Distance moyenne entre points	1042.253 m
Coordonnées minimales	679256.122 3924639.872 m
Coordonnées maximales	719310.219 3943109.008 m
Altitude minimale	82.503 m
Altitude maximale	83.499 m

Périmètre recalculé : oui	
Paramètre de hauteur	0.00001
Paramètre de longueur	2084.506
Nombre de côtés	55
Nombre de faces prévues	1305
Périmètre dessiné : oui	
	Dans le calque TN_MNT85-83

Faces calculées : oui	
	1305 faces calculées
	1305 faces actives
Aire 2D	223539440.263 m ²
Aire 3D	223542246.820 m ²
Faces dessinés : oui	
	Dans le calque TN_MNT82-83
Echelle de dessin	1.000
Dimensions minimales	679256.12 3924639.87
Dimensions maximales	719310.22 3943109.01
Altitude minimale	82.503 m
Altitude maximale	83.499 m

