

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE ET DE TELEDETECTION



## RAPPORT NATIONAL DE L'ALGERIE

IUGG 2007 Perugia - XXIV IUGG General Assembly

L'Algérie soumet via l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT), en sa qualité d'organisme national chargé de l'information géographique, à l'Assemblée Générale de l'Association Internationale de Géodésie (AIG), Perugia, Italie 2-13 juillet 2007, le présent document au titre de rapport national de l'Algérie.

Ce rapport décrit de manière exhaustive les activités et progrès réalisés dans le domaine de la géodésie et les domaines connexes en Algérie depuis l'ère coloniale jusqu'à nos jours (2006).

## Sommaire

I. Situation de l'Infrastructure Géodésique Nationale -----	1
I.1. Parallèle Nord -----	1
I.1.1. La chaîne primordiale -----	1
I.1.2. Le 1er Ordre complémentaire -----	1
I.1.3. Calculs-----	2
I.2. La géodésie saharienne-----	2
I.2.1. Le réseau astronomique-----	2
I.2.2. L'axe 3000-----	3
I.2.2.1. Méthodes d'observations-----	3
I.2.2.2. Calculs -----	4
I.3. Densification du parallèle nord -----	5
I.3.1. Le premier ordre-----	6
I.3.2. Réseau 2ème ordre -----	6
I.4. Le réseau géodésique Doppler-----	7
I.5. Géodésie par GPS-----	8
I.5.1. Réseau GPS Ordre Zéro -----	8
I.5.2. Réseau GPS 1er ordre (réseau de densification par GPS) -----	9
I.5.3. Réseau géodésique d'unification par GPS-----	10
I.6. Le réseau de nivellement -----	10
I.7. Réseau points GPS nivelés -----	12
I.8. Réseau de gravimétrie -----	13
I.8.1. Réseau gravimétrique fondamental en 2001 -----	13
I.8.2. Réseau gravimétrique 2ème Ordre -----	13
I.9. Système cartographique en Algérie -----	14
I.9.1. Système géodésique Nord Sahara 1959 -----	14
I.9.2. Transformation entre le WGS 84 et le Nord-Sahara-----	16
I.9.3. Représentations cartographiques planes-----	17
I.9.3.1. La projection Lambert -----	17
I.9.3.2. La représentation cartographique UTM -----	19
II. Projets de géodésie en cours à l'INCT -----	20
II.1. Détermination du Géoïde National -----	20
II.2. Détermination d'un nouveau référentiel altimétrique national -----	21
II.3. Réseau GPS permanent-----	21
III. Perspectives-----	23

## **Liste des figures**

Figure 1 : Réseau astronomique.....	3
Figure 2 : Configuration du réseau Axe 3000 .....	5
Figure 3 : Réseau de densification du parallèle nord. ....	5
Figure 4 : Réseau Doppler INCT.....	8
Figure 5 : Réseau GPS Ordre Zéro.....	9
Figure 6 : Réseau GPS 1er ordre. ....	10
Figure 7: Réseau de nivellement. En noir : INCT ; en rouge : IGN.....	12
Figure 8: Répartition géographique des 35 points GPS nivelés. ....	12
Figure 9: Répartition des douze points de gravimétrie absolue.....	13
Figure 10 : Réseau gravimétrique INCT 2ème Ordre. ....	14
Figure 11: Décalages entre les latitudes du système Europe 50 et les latitudes correspondantes du système Nord-Sahara.....	15
Figure 12: Décalages des systèmes Merchich (Marroc) et Cartage (Tunisie) par rapport au système Nord-Sahara. ....	16
Figure 13: Répartition géographique des points ayant servi au calcul des paramètres de passage.....	17
Figure 14: Projection Lambert en Algérie. ....	18
Figure 15: Fuseaux de la projection UTM en Algérie.....	19
Figure 16: Répartition géographiques des données gravimétriques. Données BGI en noir, Données INCT en rouge. ....	20
Figure 17: Configuration du projet réseau GPS permanent. ....	22

## **Liste des tableaux**

Tableau 1: Missions de géodésie classique 1er ordre.....	6
Tableau 2 : Missions de géodésie classique 2ème ordre. ....	7
Tableau 3: Missions GPS.....	9
Tableau 4 : Missions d'unification par GPS. ....	10
Tableau 5: Missions de Nivellement de précision effectuées depuis 1976. ....	11
Tableau 6: Missions de gravimétrie effectuées.....	14
Tableau 7: Paramètres de passage du WGS 84 au Nord Sahara. ....	17
Tableau 8: Constantes de la projection Lambert Nord et Lambert Sud.....	18
Tableau 9: Constantes de la projection UTM. ....	19

## **I. Situation de l'Infrastructure Géodésique Nationale**

### **I.1. Parallèle Nord**

Les travaux préparatoires de la compensation Europe 50 avaient révélés que si l'on désirait un réseau de qualité acceptable pour l'Afrique du Nord, une reprise des observations anciennes était nécessaire. Les chaînes primordiales des réseaux algérien et tunisien observées entre 1960 et 1910 devraient être remesurées. Le réseau marocain observé entre 1920 et 1950 était bon dans son ensemble.

#### **I.1.1. La chaîne primordiale**

La réfection de la chaîne du parallèle nord entre la frontière marocaine et la frontière tunisienne est entamée en 1953. L'ancienne chaîne observée entre 1860 et 1864, reprise entre 1906 et 1910 sur le segment Alger-Oran, comprenait environ 80 points. La nouvelle chaîne comprend une centaine.

D'une manière générale, on a tenté de conserver les sommets de l'ancienne chaîne en s'efforçant toutefois de l'améliorer et d'obtenir d'un bout à l'autre une chaîne double de triangles. On a notamment conservé aux deux extrémités des points de l'ancienne triangulation encore matérialisées sur le terrain afin de pouvoir inclure par la suite la nouvelle chaîne dans le réseau du système Europe 50.

Les observations azimutales ont été exécutées au théodolite Wild T3 à 20 couples. La mesure de chaque direction est répartie sur 4 jours au moins. Chaque séance comprenant autant de cercles à gauche que de cercles à droite sur une même direction.

Les altitudes ont été déterminées par nivellement géodésique et le plus souvent par rattachement direct au nivellement de précision.

#### **I.1.2. Le 1er Ordre complémentaire**

Il est destiné à couvrir les zones comprises entre les chaînes primordiales et la cote méditerranéenne. Il s'appuie sur la chaîne 1953-54 et comprend 30 points répartis en 3 blocs :

- de Mostaganem à Cherchel, entre les points Dar Chouachi et Chenoua, sur 190 km environ, 8 points anciens (1953-1954) ont été restationnés et 8 points nouveaux déterminés.
- de cap Matifou à Béjaia, entre les points anciens de Cap Matifou et Babor, sur 200 km environ, 9 points anciens ont été restationnés et 11 points nouveaux déterminés.
- Enfin de Béjaia à Annaba, entre les points de Takoucht et Edough, sur 220 km, 8 points anciens ont été restationnés et 10 points nouveaux déterminés.

Les observations ont été exécutées au théodolite Wild T3 à 16 couples, sans retournement de la lunette à chaque  $\frac{1}{2}$  couple, répartis sur 16 origines différentes et

sur quatre jours au moins. Chaque séance comprenant autant de cercles à gauche que de cercles à droite sur une même direction.

Le nivellement a été réalisé de la même manière que pour la chaîne primordiale.

L'ensemble constitué par la chaîne primordiale et le réseau du 1<sup>o</sup> ordre complémentaire forme ce qu'on appelle habituellement la chaîne du parallèle nord Algérie ou le parallèle nord.

### **I.1.3. Calculs**

Le parallèle nord a fait l'objet de deux compensations, l'une (1954-55) en UTM sur l'ellipsoïde international, l'autre (1956) en Lambert Nord Algérie sur l'ellipsoïde Clarke 1880 anglais. La première est dite contrainte car elle s'appuie sur des points anciens aux extrémités de la chaîne par opposition à la deuxième dite libre calculé elle à partir d'un point fondamental.

Pour les deux calculs on a appliqué la méthode des moindres carrés en variation de coordonnées aux observations de 1953-55 et à celles des bases d'Oran (1910), de Blida (1910-13) et de Navarin (1949) et des stations astronomiques de M'Sabiha, Bouzaréah et Chouf Mellouk observés en 1954 aux théodolite T4. les gisements et les longueurs des cotés imposés ont été traités en équations de conditions.

## **I.2. La géodésie saharienne**

### **I.2.1. Le réseau astronomique**

Au delà de la limite sud du réseau géodésique algérien ancien, le territoire est équipé d'un canevas astronomique qui a principalement été mis en place pour appuyer les photos qui ont servi à la confection de la carte de base de la région à l'échelle 1/200000 type sud limité au nord par le parallèle 34°.

La plupart des observations astronomiques ont eut lieu entre 1954 et 1968. Ces observations ont été le plus souvent opérées au théodolite Wild T3, parfois au niveau NI 2 Zeiss transformé en astrolabe. Les observations étaient réparties sur deux soirées de 16 à 24 étoiles dans la même nuit par la méthode des hauteurs égales. Cette manière de procéder assurait une précision de 1 seconde de degré sur les coordonnées du point. Lorsque le point photo devrait être calculé par rayonnement, la mesure d'azimut était effectuée par observation de 6 à 8 couples sur la polaire.

La précision absolue de ce réseau constitué de 636 points déterminés sur Clarke 80 est de 30 m.

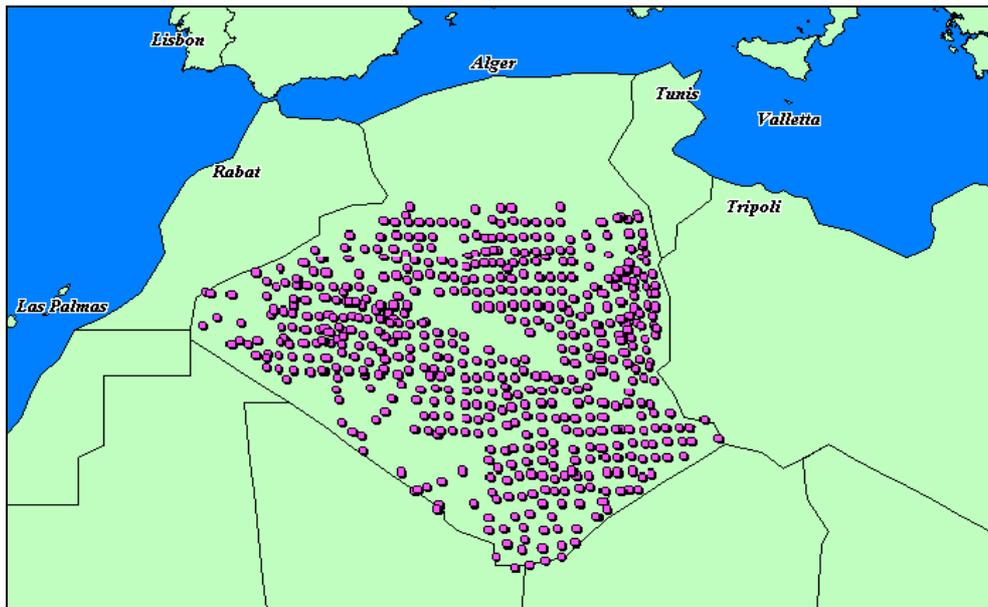


Figure 1 : Réseau astronomique.

### I.2.2. L'axe 3000

De 1958 à 1962 l'IGN a poursuivi au Sahara l'observation d'un réseau de chaînes géodésiques primordiales, dans la perspective de préparer un canevas à la cartographie que les objectifs de développements économiques et stratégiques (exploitation des ressources du sous-sol, installation d'une base d'essais d'engins nucléaires, ...) rendaient nécessaires.

Ce réseau qui porte le nom de l'axe 3000 comprend :

- Une grande chaîne diagonale de 1600 Km reliant Abadla près de Béchar à Djanet, composée de trois segments correspondants à des missions successives : Abadla-Adrar (1958-59), Adrar-Amguid (1959-60) et Amguid-Djanet (1960-61). Fort Miribel (Hassi Chebaba), In Salah et Timimoun y ont été rattachés par cheminement.
- Un cheminement méridien de 700 km joignant Amguid et Ouargla, composé par le tronçon nord entre les points numérotés T0 et T16 (1959-60) et tronçon sud entre les points numérotés 2T1 et 2T14 (1960-61).
- La triangulation de In Belbel (1961-62) et le rattachement de Tabelbala (1960-61).

#### I.2.2.1. Méthodes d'observations

a- Observations azimutales :

- Triangulation : chaque direction est mesurée en 16 couples au théodolite Wild T3 avec retournement de la lunette au demi couple. Les observations sont réparties sur deux ou trois soirées. Chaque lecture était faite à cinq pointés.
- Cheminement : les angles sont mesurés avec 16 couples à cinq pointées.

#### b- Observations zénithales :

Elles étaient exécutées au T3 en deux tours d'horizon, cercle à droite et cercle à gauche. On opérait par visées réciproquement simultanées. Les visées trop longues qui n'apportaient rien à la détermination des altitudes n'ont pas été observées. En revanche, on procédait à des rattachements au niveau de précision chaque fois que possible.

#### c- Mesures des distances :

Elles étaient effectuées au telluromètre en quatre séances au moins, séparées de plus de deux heures.

#### d- Déterminations astronomiques :

Les stations de Laplace sont le plus souvent observées au T4, parfois au DKM3 ou au T3. La latitude et la longitude sont déterminées en trois soirées de hauteurs égales ; chaque soirée comporte l'observation de 16 étoiles.

L'azimut est déterminé par l'observation de la polaire, la référence au sol étant un sommet du réseau. On observait en moyenne 27 couples répartis sur un minimum de 5 soirées.

La longitude est ensuite reprise par observation d'étoiles horaires à 30°. En 1961, on procédait également à une détermination des longitudes par une méthode d'observation méridienne.

### **I.2.2.2. Calculs**

Les calculs ont été effectués au fur et à mesure des missions : Abadla-Adrar, Adrar-Amguid, Amguid-Djanet et Ouargla-Amguid. Chacun de ces segments a fait l'objet d'une compensation en Nord Sahara par la méthode des moindres carrés en variation des coordonnées. Toute fois, le premier segment a d'abord été compensé dans le système Europe 50. Le résultat obtenu a servi de réseau approché à la compensation au Nord Sahara.

Les équations d'observations ont été posées sur le plan UTM, sauf pour le cheminement Ouargla-Amguid pour lequel il a été préféré de travailler directement en coordonnées géographiques sur l'ellipsoïde de Clarke 1880.

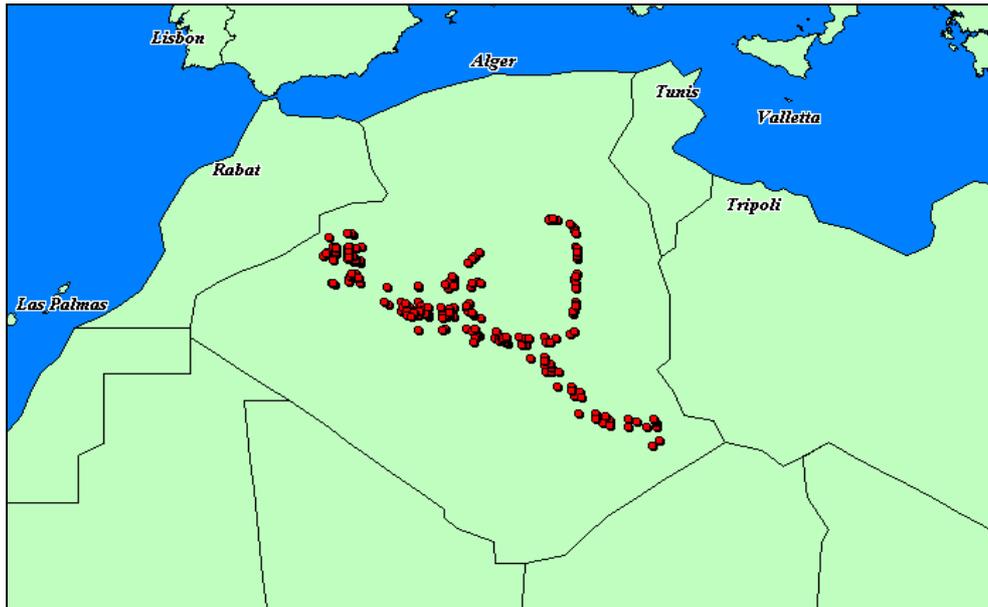


Figure 2 : Configuration du réseau Axe 3000 .

### I.3. Densification du parallèle nord

De 1975 à 1994 l'Institut National de Cartographie et de Télédétection a entrepris une importante opération de géodésie de détail sur la zone couverte par le parallèle nord.

Cette géodésie de détail comporte un ensemble de points déterminés en planimétrie et en altimétrie par triangulation (procédé terrestre qui consiste à mesurer des angles de triangle et quelques distances pour la mise à l'échelle).

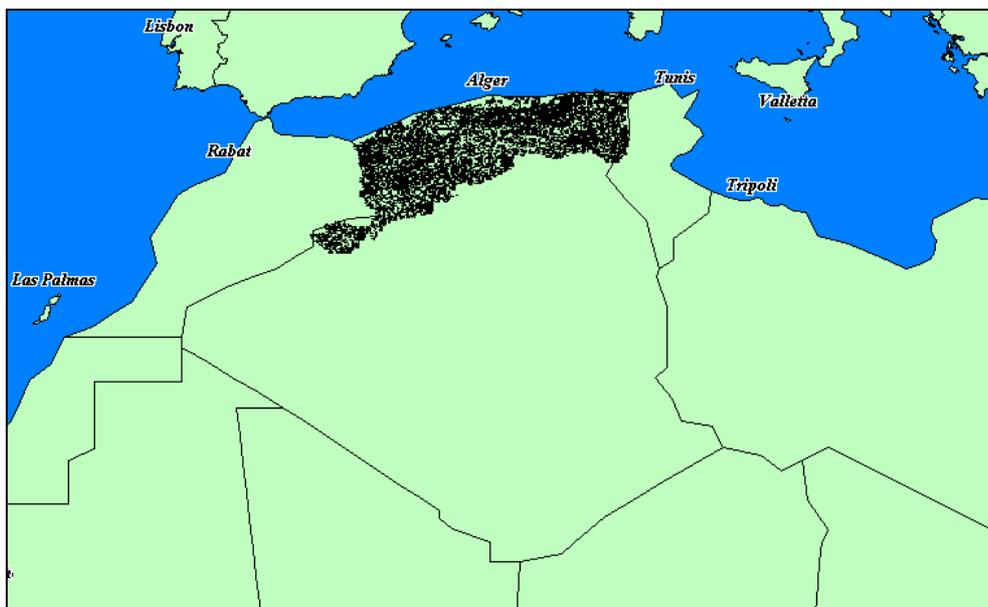


Figure 3 : Réseau de densification du parallèle nord.

Une hiérarchie de couverture du territoire associée aux possibilités de calcul amène une succession de niveaux : premier ordre, deuxième et ordre complémentaire. L'ensemble des observations est organisé de manière homogène. En revanche, les calculs se succédant en blocs de points au fur et à mesure des missions de terrain.

### I.3.1. Le premier ordre

Il est composé de 450 points géodésiques régulièrement répartis et matérialisés sur la partie nord du territoire national. Les points sont distants de 30 à 45 km. La précision relative moyenne est de l'ordre de 6 cm.

Les mesures azimutales ont été réalisées au moyen du théodolite Wild T3, avec de 16 à 32 tours à 2 pointés.

Année	Mission	Nombre de points
1983	Ghazaouet - Tlemcen	03
1984	El Aricha - Mecheria	20
1985	Saida - El Kreider	29
1986	Constantine	24
1987	Aures	50
1988	Tiaret	33
1989	Msila	36
1990	El Bayedh	27
1991	Djelfa	28
1992	Ain Sefra	31
1993-94-95	Bechar - Tindouf	169

*Tableau 1: Missions de géodésie classique 1er ordre.*

### I.3.2. Réseau 2ème ordre

Il est composé de 3291 points géodésiques régulièrement répartis et matérialisés sur la partie nord du territoire national . Les points du 2ème ordre sont distants de 10 à 20 km. La précision relative moyenne est de l'ordre de 12 cm.

Les mesures azimutales ont été réalisées au moyen du théodolite Wild T3, avec de 8 à 16 tours à 2 pointés.

Les mesures zénithales ont été réalisées au moyen du théodolite Wild T3, avec de 4 à 8 tours à 2 pointés.

<b>Année</b>	<b>Mission</b>	<b>Nombre de points</b>
1974	Oran	135
1975	Mostaghanem	17
1976	Chlef	88
1976-77	Sour El Ghozlan - Tizi Ouzou	152
1977-78	Setif - Béjaia	225
1978-79	Alger - Medea	146
1981-82	Annaba - Skikda	149
1984	Ghazaouet - Tlemcen	172
1985	Saida - El Kreider	282
1986	Constantine	206
1987	Aures	255
1988	Tiaret	259
1989	Msila	183
1990	El Bayedh	114
1991	Djelfa - Laghouat	440
1992	Ain Safra	141
1993-94-95	Bechar	327

*Tableau 2 : Missions de géodésie classique 2ème ordre.*

#### **I.4. Le réseau géodésique Doppler**

Le système de positionnement par effet Doppler « Transit », était la première technique de géodésie spatiale utilisée à l'INCT dans les années 80.

Durant la période 1980-1990, 142 points ont été observés à l'aide de récepteurs JMR et matérialisés sur le terrain.

La méthode d'observation utilisée était le positionnement par point isolé, ainsi que par translocation avec enregistrement de 50 passages ou plus de satellites (une semaine d'observation par point).

La détermination des coordonnées de ces points Doppler dans le système géodésique WGS72, a été effectuée par le logiciel GeoDop sur ordinateur VAX 11/785. Les éphémérides utilisées pour le traitement sont uniquement les éphémérides opérationnelles. La précision obtenue est de l'ordre de 5 mètres.

Des éphémérides précises ont été utilisées pour le calcul de 8 points inclus dans le réseau ADOS (African DOppler Survey).

L'INCT a également traité 190 points sur 310 du réseau ADOS en collaboration avec l'Association Africaine de Cartographie (AAC). La précision sur la détermination de ces points est de 1 à 2 mètres.

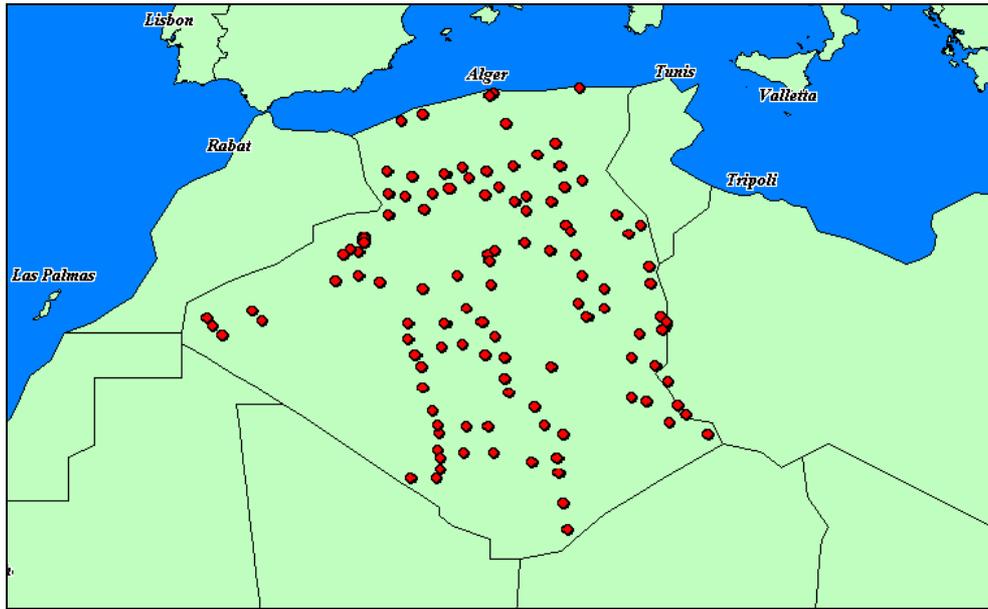


Figure 4 : Réseau Doppler INCT.

## I.5. Géodésie par GPS

Conscient des avantages qu'offre le système GPS, notamment en précision et réduction considérable des délais de réalisation, l'INCT a introduit depuis 1997 cette technique pour la mise en place des réseaux GPS de base.

Le réseau de points GPS de base est subdivisé en trois réseaux de plus en plus denses dits réseau d'ordre zéro, réseau 1er ordre GPS et réseau d'unification.

### I.5.1. Réseau GPS Ordre Zéro

Saisissant l'opportunité technique du projet Tyreanean Geodetic NETwork, l'INCT a observé en 1998 son réseau simultanément avec la campagne d'observation TyrGeoNet.

Ainsi, douze points ont été observés pendant 72 heures et traités par la suite avec des éphémérides précises au moyen du logiciel Bernese. La précision obtenue sur la détermination de ces douze points est centimétrique.

Huit autres points ont été observés en juin 2000 pendant une semaine, mais cette fois-ci ils ont été traités par le logiciel WinPrism, en utilisant les éphémérides opérationnelles. La précision de ces huit points est de l'ordre décimétrique.

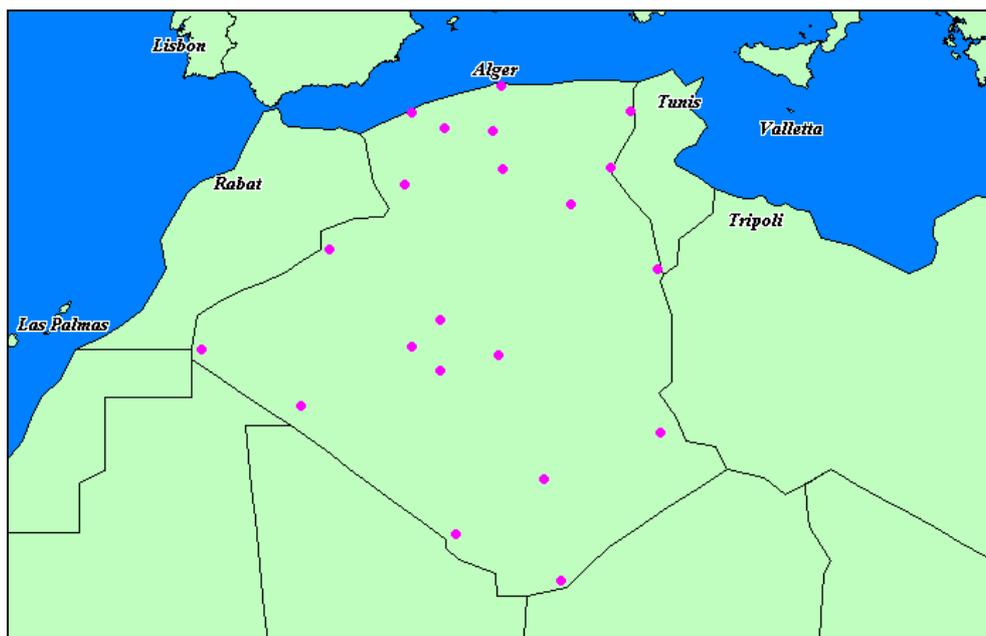


Figure 5 : Réseau GPS Ordre Zéro.

En juin 2005, quinze points du réseau ordre zéro, ont été ré-observés pendant une semaine et traités par la suite avec des éphémérides précises au moyen du logiciel Bernese 5.0.

### I.5.2. Réseau GPS 1er ordre (réseau de densification par GPS)

Ce réseau venant compléter le réseau de géodésie classique Nord, servira à poursuivre l'équipement du territoire national. Ce réseau se compose de 1180 points dont les distances sont comprises entre 25 et 50 km.

Les observations se font avec des récepteurs bi-fréquences sur une durée de deux heures. La précision relative de ce réseau est de l'ordre de 3 cm.

Le tableau ci-dessous illustre les différentes missions de densification par GPS effectuées et le nombre de points observés :

Année	Mission	Nombre de points
1997/98	Touggourt	143
1999	Ohanet	136
2000	Djanet - Illizi	95
2001	Ouargla - Ghardaia	97
2002/2003	Bechar - Tindouf	152
2003/2004	Regane – Bordj Badji Mokhtar	133
2004/2005	Ouagla - In Salah - Tamanrass	268
2005/2006	Tamanrasset -In Guezzam	156

Tableau 3: Missions GPS.

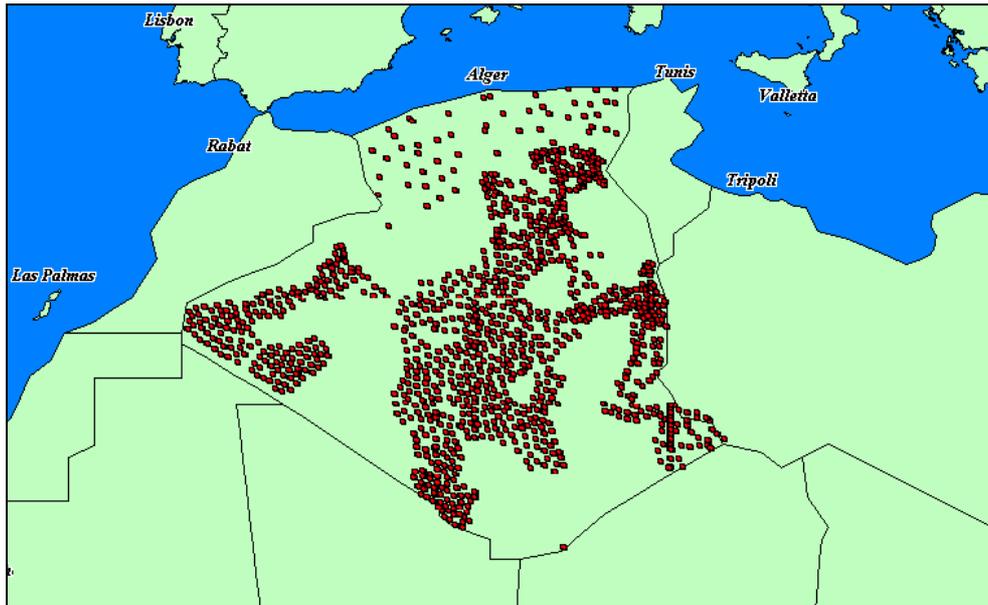


Figure 6 : Réseau GPS 1er ordre.

### I.5.3. Réseau géodésique d'unification par GPS

C'est la re-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. 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.

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

Tableau 4 : Missions d'unification par GPS.

### I.6. 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 aux premier et second ordre, basé sur le médimarémètre de la Goulette (Tunisie).

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.

Les lignes de nivellement de précision exécutées depuis 1976 l'Institut National de Cartographie et de Télédétection ont suivi en parallèle les travaux de la géodésie par la densification du parallèle Nord :

<b>Année</b>	<b>Mission</b>	<b>Nombre de Kilomètres</b>
1976	Chlef	1237
1977	Tizi-Ouzou	657
1978	Sour El Ghozlane	486
1978	Mostaganem	337
1979	Alger-Medea	996
1981	Skikda	710
1982	Annaba	975
1983	Tlemcen - Ghazaouet	1590
1984	Saida - Kreider	1453
1985	Tiaret - Frenda	1859
1986	Constantine – Souk Ahras -Khenchela	1663
1987	Biskra-Tebessa-Batna	1636
1988	M'Sila-Barika	1622
1989	Ghardaia – Ouargla - Touggourt	1188
1990	Beni Abbès - El Goléa - Timimoun	1355
1991	Touggourt - Hadjira	1448
1992	El Bayadh – Naama – Adrar - Taghit	922
1993	Bechar - Oued Souf	658
1994	Tindouf – Abadla - Reggane	1110
1995	Tindouf – Abadla - Reggane	975
1996	Hassi Belgbour - In Aménas	753
1997	Hassi Messaoud - Illizi	1500
1998	Deb Deb - El Borma - In Aménas	620
1999	Deb Deb - In Aménas - Hassi Mess.	719
2000	2ème RM	520
2001	2ème RM	795
2002	Laghouat-Biskra	891
2003	2ème RM	680
2004	1ère et 5ème RM	921
2004/2005	6ème, 1ère et 2ème RM	897

*Tableau 5: Missions de Nivellement de précision effectuées depuis 1976.*

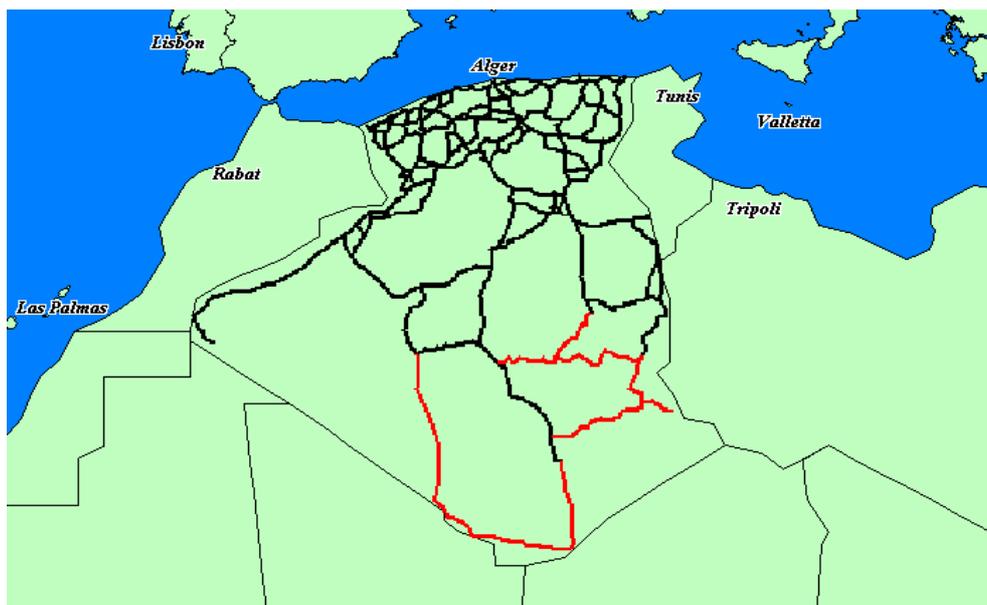


Figure 7: Réseau de nivellement. En noir : INCT ; en rouge : IGN.

### I.7. Réseau points GPS nivelés

En 2003, l'INCT a mis en place un réseau de 35 points GPS nivelés 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 ». La précision de positionnement de ces points est de l'ordre centimétrique.

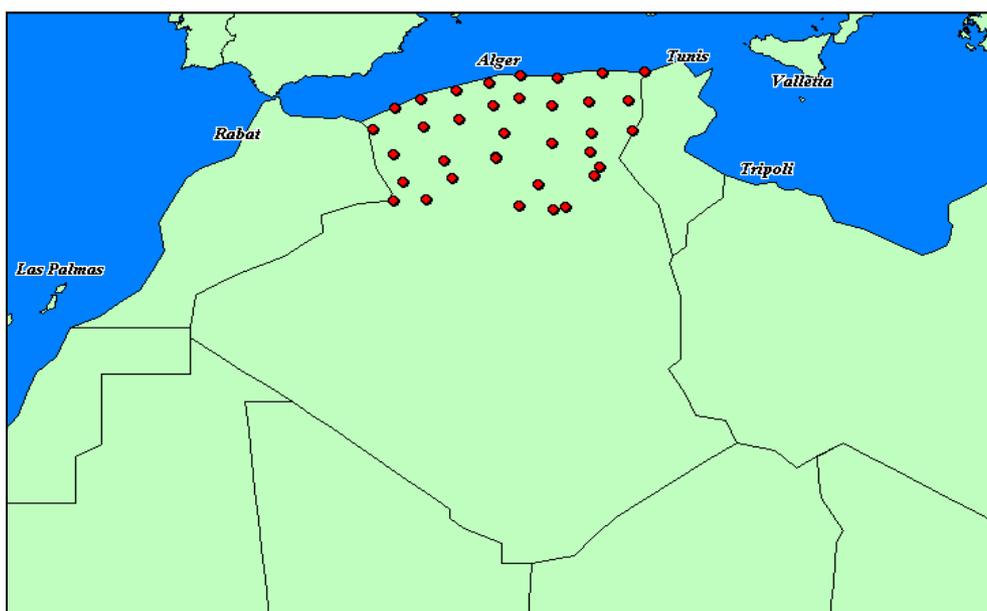


Figure 8: Répartition géographique des 35 points GPS nivelés.

## I.8. Réseau de gravimétrie

Le Réseau Algérien de Gravimétrie est un ensemble de points matérialisés sur terrain et déterminés en gravité "g". Une hiérarchie de couverture du territoire associée aux possibilités de calcul amène une succession de niveaux : réseau d'ordre fondamental et réseau deuxième ordre.

### I.8.1. Réseau gravimétrique fondamental en 2001

Au cours de l'année 2001, l'INCT a mis en place un réseau gravimétrique absolu bien réparti sur le territoire national. Ainsi, douze points ont été observés avec le gravimètre FG5-111 de la National Science Foundation des Etats Unies.

Toutes les observations ont été traitées avec le software fourni par la compagnie Micro-g solution Inc, en suivant à la lettre les conventions internationales en usage dans le domaine. La précision moyenne de ce réseau est de 1.5 microgal.

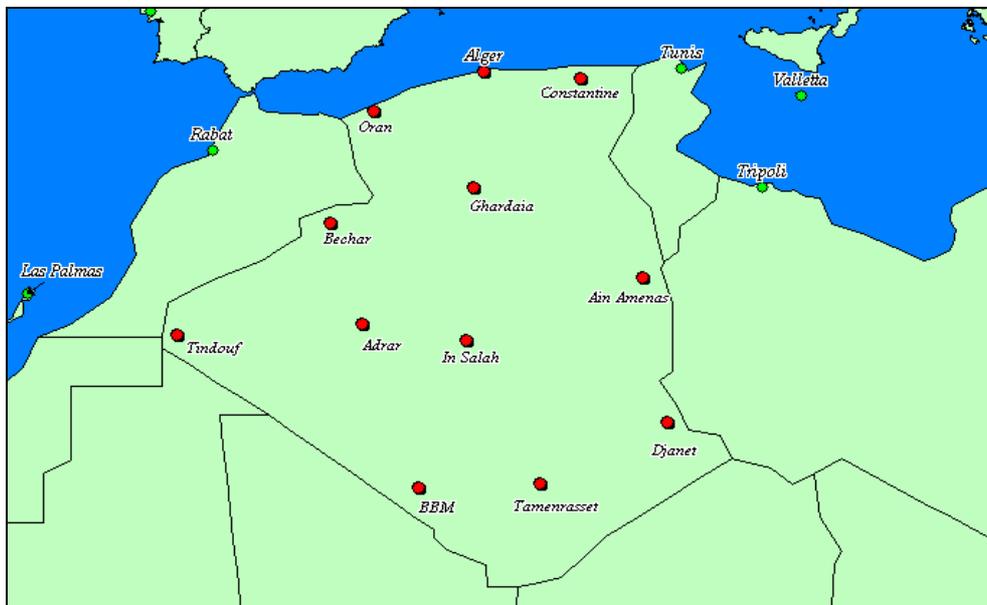


Figure 9: Répartition des douze points de gravimétrie absolue.

### I.8.2. Réseau gravimétrique 2ème Ordre

Dans le cadre de ses activités, l'INCT observe et entretient un réseau de gravimétrie 2ème Ordre par des mesures de gravité relatives effectuées à l'aide des gravimètres Lacoste&Romberg. Actuellement, ce réseau comporte 908 points matérialisés, distants de 30 Km environ et nivelés par le procédé de nivellement de précision. La précision de ce réseau est de 0.02 mGal.

Le tableau ci-dessous illustre les différentes missions de gravimétrie effectuées et le nombre de points observés :

Année	Mission	Nombre de Points
1990-91-92	Oran – Mostaghanem - Chlef	83
1993	Tiaret	56
1994	Tebessa	31
1995	Constantine	52
1996	Batna	37
1997	Bousaada	47
1998	Djelfa - Medea	39
1999	Biskra - El Oued	24
2000	Biskra - El Oued	45
2001	Laghouat	46
2002	El Bayadh	39
2003	El Bayadh - Naama	72
2004	Bechar – Tindouf - Adrar	140
2005	Ouargla - Illizi	133
2006	Skikda – Mila – Setif -Bejaia	64

Tableau 6 : Missions de gravimétrie effectuées.

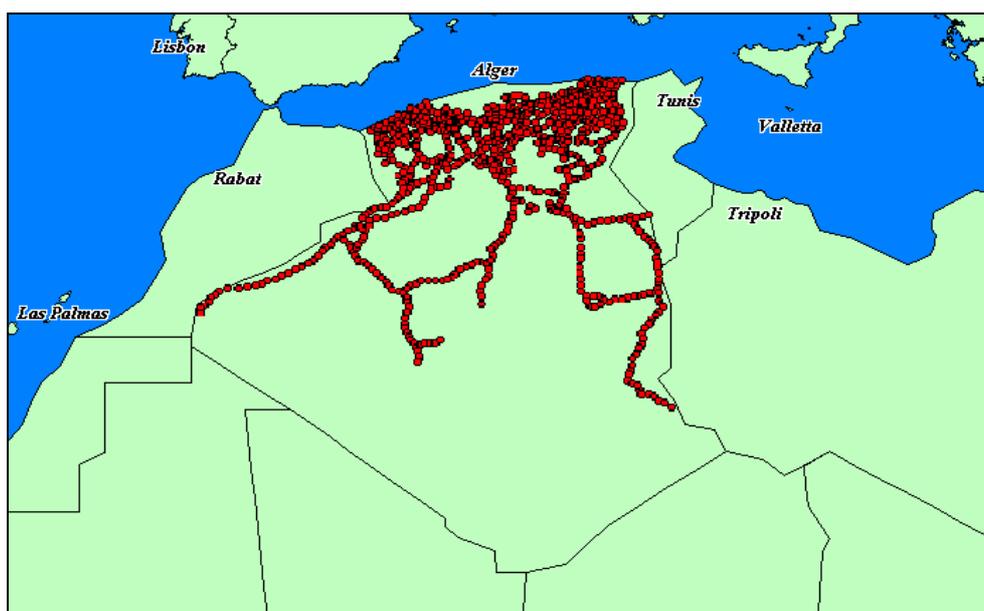


Figure 10 : Réseau gravimétrique INCT 2ème Ordre.

## I.9. Système cartographique en Algérie

### I.9.1. Système géodésique Nord Sahara 1959

En 1959, l'IGN était en possession d'un réseau de 1er ordre compensé dans le système Europe 50, sur l'ellipsoïde international de HAYFORD.

D'autre part, tout le système cartographique de l'IGN dans l'Afrique était basé sur l'ellipsoïde de Clarke 1880 recommandé à la conférence Internationale de Eukavu (Congo-Zaire) en 1953, et d'autre part, les cartes sahariennes étaient établies sur un canevas astronomique qui, arrivant au contact du réseau géodésique, présentait des

hiatus ou des recouvrement variables, dont l'ordre de grandeur est appréciable pour la cartographie.

Pour concilier les deux canevas de triangulation avec les canevas astronomiques, l'IGN a établi sur l'ellipsoïde de Clarke un système de méridiens et parallèles tel que les discordances moyennes entre les coordonnées géographiques issues de la triangulation et les coordonnées géographiques issues de l'astronomie soient au minimum.

Le système de coordonnées sur l'ellipsoïde qui remplit ces conditions a été appelé "système géodésique Nord-Sahara".

Il est déduit du système Europe 50 par la transformation suivante :

$$M_c = M_e - 4 \text{ dmgr} \quad \text{et} \quad \mathcal{L}_c = \mathcal{L}_e - 48.4 \text{ dmgr}$$

ou :  $M_c$  et  $\mathcal{L}_c$  représentent la longitude et la latitude isométrique correspondants au système Nord Sahara sur l'ellipsoïde Nord-Sahara, et  $M_e$  et  $\mathcal{L}_e$  représentent la longitude et la latitude isométrique dans le système Europe 50 basé sur l'ellipsoïde international de Hayford.

La planche suivante représente les décalages entre les latitudes du système Europe 50 et les latitudes correspondantes du système Nord-Sahara.

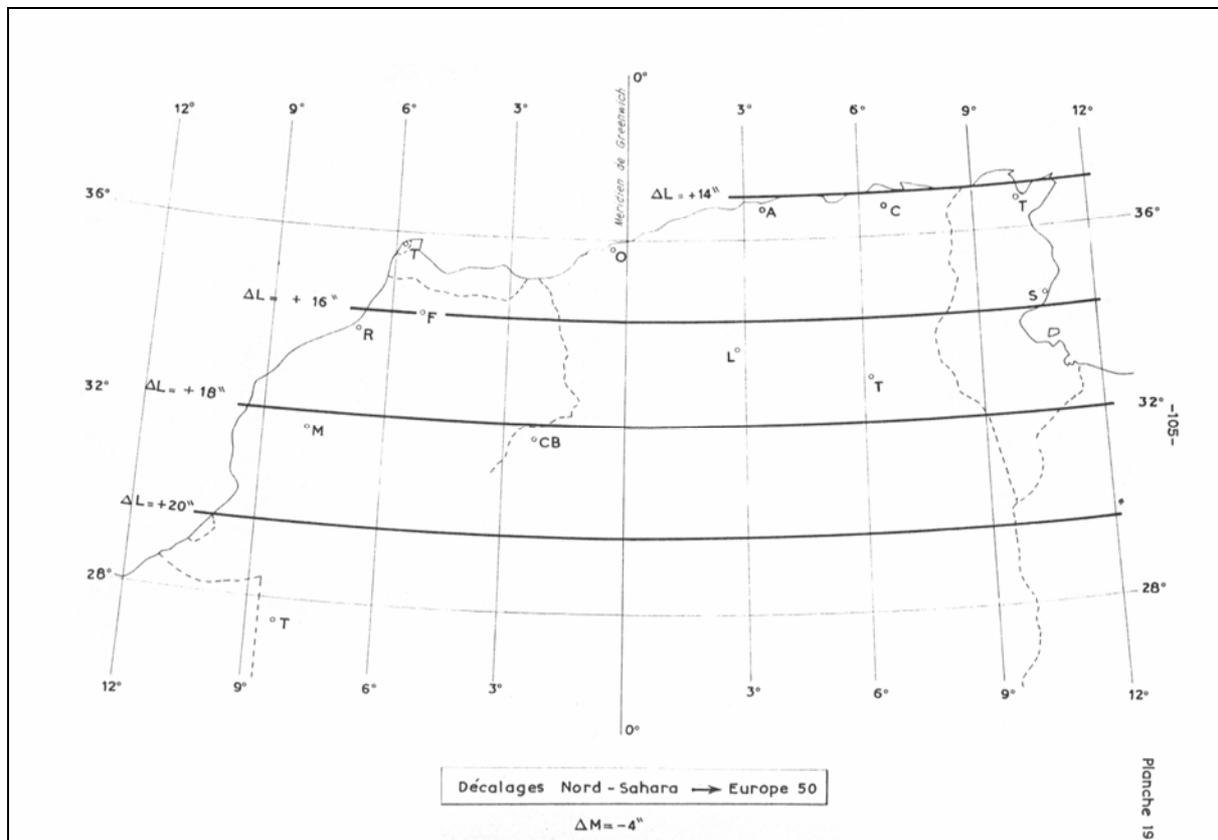


Figure 11: Décalages entre les latitudes du système Europe 50 et les latitudes correspondantes du système Nord-Sahara.

Les décalages des systèmes Merchich (Marroc) et Cartage (Tunisie) par rapport au système Nord-Sahara sont illustrés dans la figure suivante :

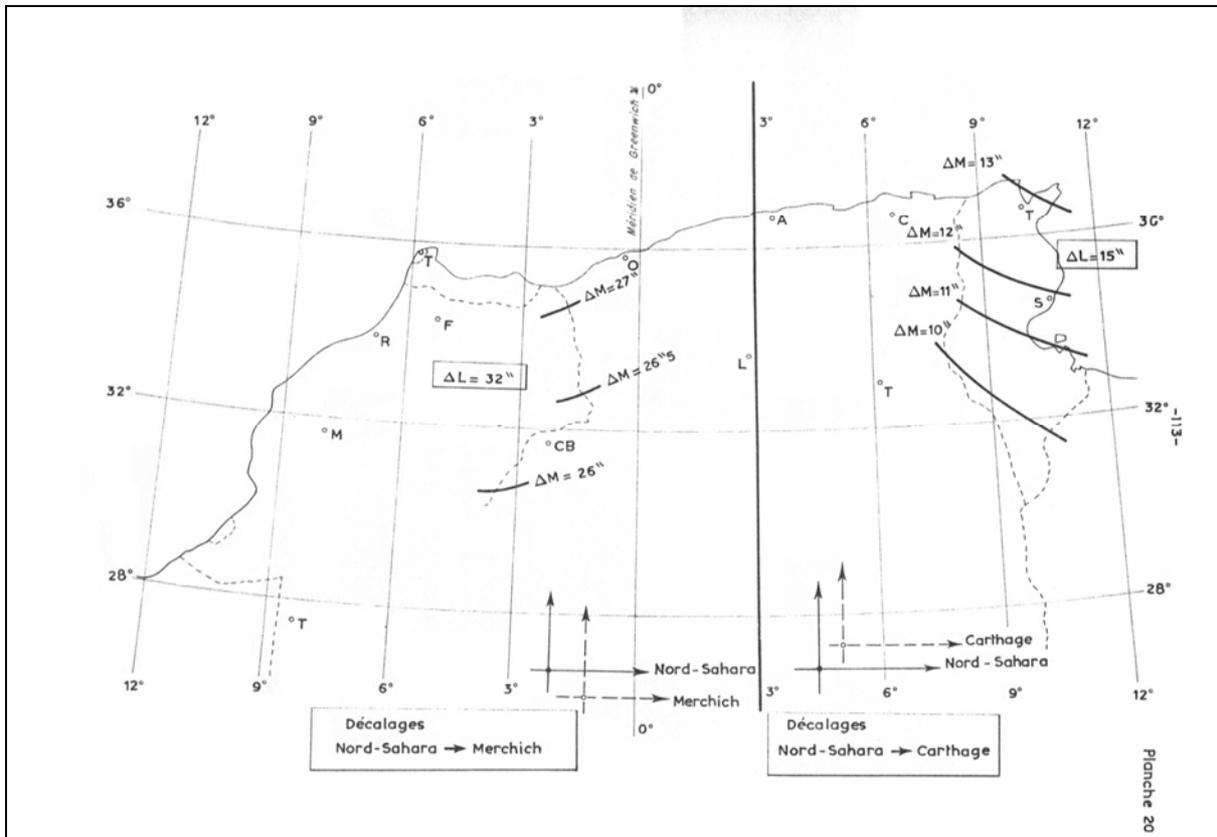


Figure 12: Décalages des systèmes Merchich (Marroc) et Cartage (Tunisie) par rapport au système Nord-Sahara.

### I.9.2. Transformation entre le WGS 84 et le Nord-Sahara

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

Sur un ensemble de 79 points géodésiques doubles connus dans les deux systèmes, 45 points ont servi à cette détermination, et dont la répartition géographique est illustrée dans la figure suivante :

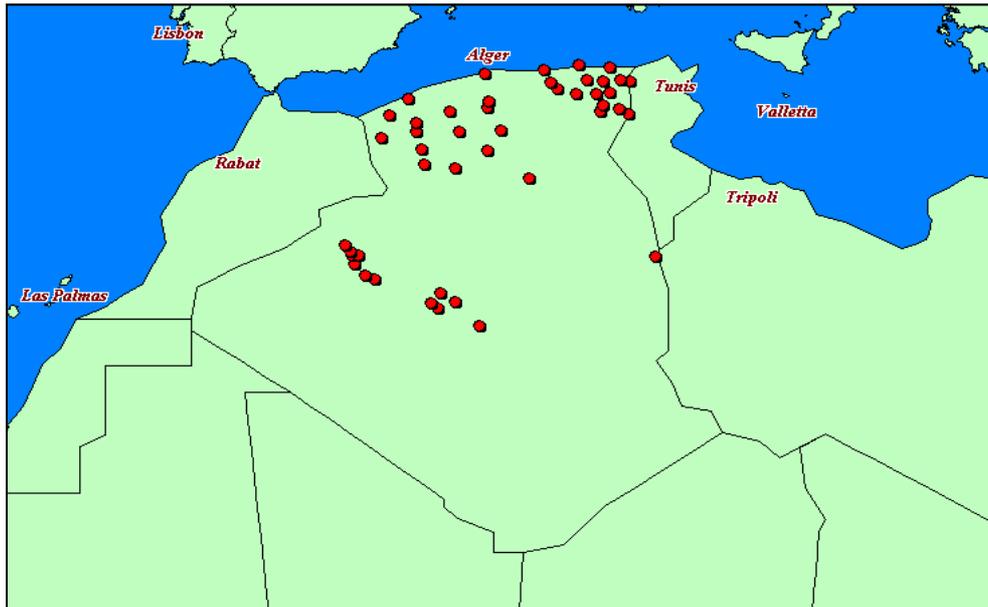


Figure 13: Répartition géographique des points ayant servi au calcul des paramètres de passage.

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 7: Paramètres de passage du WGS 84 au Nord Sahara.

L'écart type de cette détermination étant de 0.9288 m est jugé acceptable pour les travaux de cartographie.

### I.9.3. Représentations cartographiques planes

#### I.9.3.1. La projection Lambert

Durant la période coloniale, l'Algérie a utilisé la projection Lambert qui se caractérise par les points suivants :

a- Caractéristiques de la projection Lambert :

C'est une projection conique conforme tangente de Lambert. Dans le but de minimiser les déformations (altérations linéaires), l'Algérie a été découpée en deux zones :

- Une projection appelée "Lambert Nord" qui couvre le nord de l'Algérie
- Une projection appelée "Lambert Sud" qui couvre le sud de l'Algérie.

b- Les constantes de la projection Lambert :

Les valeurs suivantes permettent le calcul des coordonnées en projection Lambert sur l'ellipsoïde de Clarke 1880.

Constantes	Lambert Nord	Lambert Sud
Mode de définition	Tangente	Tangente
Zone d'application	42,0 gr – 37,5 gr	34,5 gr - 39,5 gr
Latitude origine	40 gr = 36°	37 gr = 33° 18'
Longitude origine ou méridien central de la projection	3 gr Est Greenwich	3 gr Est Greenwich
Eo	500 135.000 m	500 135.000 m
No	300 090.000 m	300 090.000 m
Facteur d'échelle	0,999 625 544 000 (valeur calculée)	0,999 625 769 000 (valeur calculée)

Tableau 8: Constantes de la projection Lambert Nord et Lambert Sud.

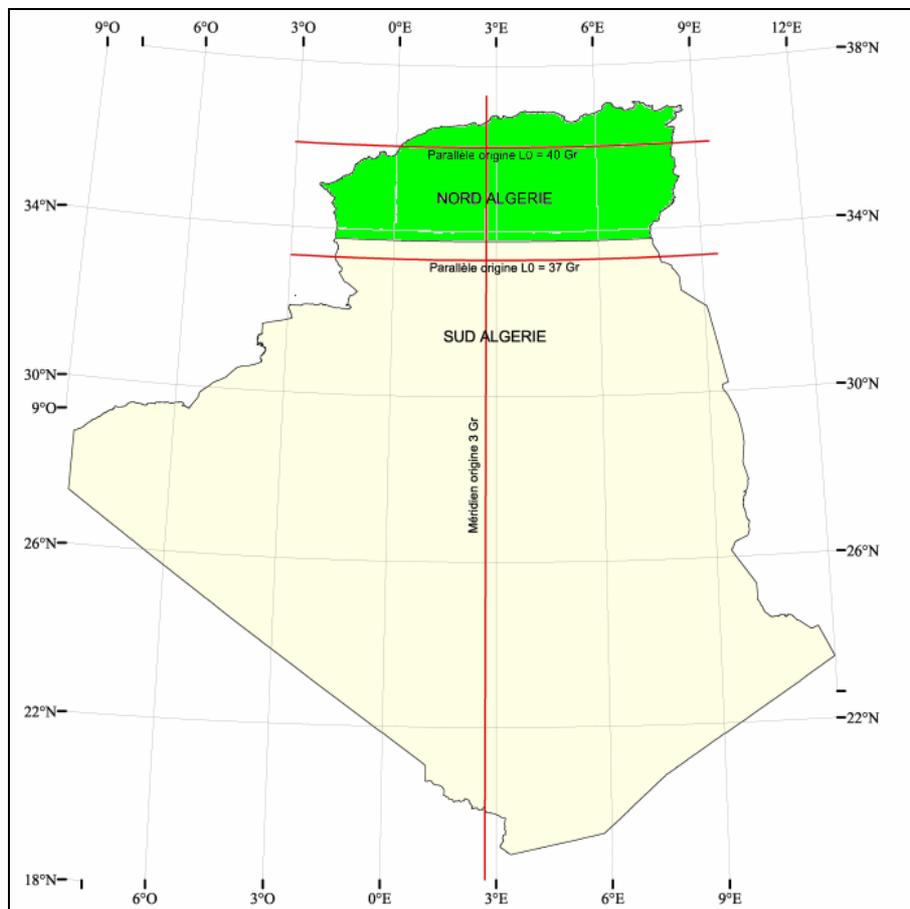


Figure 14: Projection Lambert en Algérie.

### I.9.3.2. La représentation cartographique UTM

La représentation cartographique plane en vigueur adopté par l'Algérie en 2003 est l'UTM (Universel Transverse Mercator). 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.

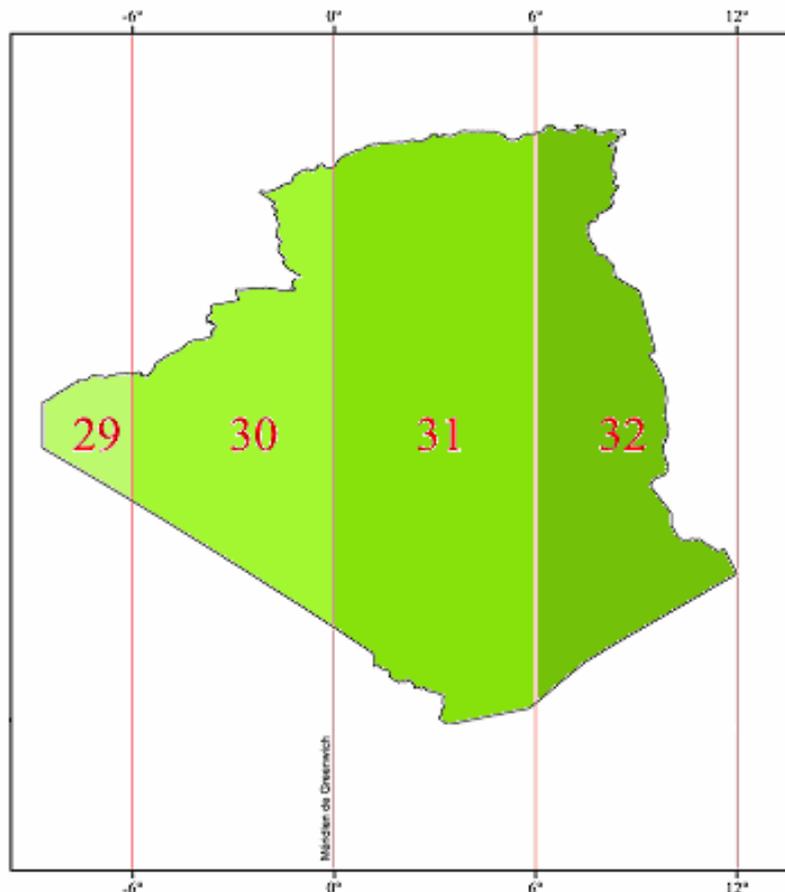


Figure 15: Fuseaux de la projection UTM en Algérie.

Les constantes de la projection UTM sont :

Constantes	UTM Nord fuseau n
Latitude origine	0°
Longitude origine ou méridien central de la Projection	$6(N_f-31)+3^\circ$ /Greenwich Nf: numéro de fuseau.
Eo	500 000 m
No	0 m
Facteur d'échelle	0.9996 m

Tableau 9: Constantes de la projection UTM.

## II. Projets de géodésie en cours à l'INCT

### II.1. Détermination du Géoïde National

Le domaine choisi pour la détermination du géoïde gravimétrique s'étend de  $-9^{\circ}$  à  $12^{\circ}$  en longitude,  $19^{\circ}$  à  $37^{\circ}$  en latitude. La démarche de calcul repose sur la technique de Retrait-Restauration et la technique de terrain résiduel.

Les données gravimétriques utilisées sont ceux fournies par le BGI (10244 points avec une précision de 5 mgal) et ceux de l'INCT (581 avec une précision de 0.02 mgal).

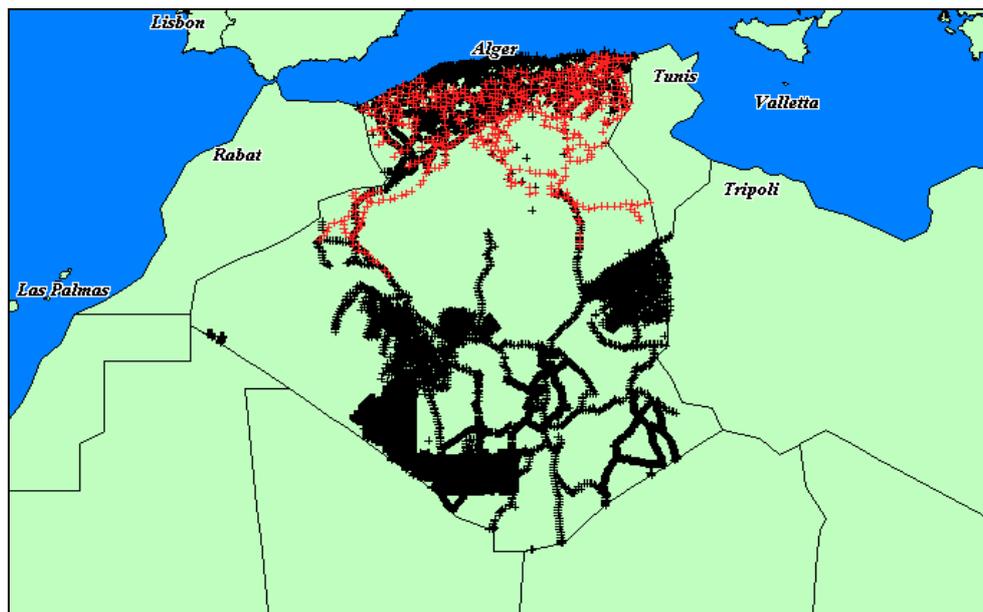


Figure 16: Répartition géographiques des données gravimétriques. Données BGI en noir, Données INCT en rouge.

Le modèle géopotential utilisé est l'EGM96 (Earth Geopotential Model - 1996) développé jusqu'au degré et ordre 360. Il est généralement admis comme potentiel de référence pour ce genre d'application.

Le calcul des effets de la topographie nécessite l'existence d'un Modèle Numérique de Terrain de haute résolution. A cette fin et par manque d'un MNT précis sur l'Algérie, un modèle de résolution  $30'' \times 30''$  a été généré à partir de 442 coupures du relevé topographique mondial SRTM d'une précision absolue (théorique) de 16 m, mis à disposition par la NASA.

Les programmes utilisés lors des calculs sont essentiellement de l'ensemble Gravsoft et de la collection de programmes réalisés au LAREG - Institut Géographique National, France.

L'adaptation du géoïde obtenu s'est effectuée par rapport à 35 points GPS nivelés répartis sur la partie nord du territoire national.

La solution du géoïde obtenue présente après adaptation des écarts compris entre -1.100 m et 1.082 m, avec un écart type de 0.553 m.

## **II.2. Détermination d'un nouveau référentiel altimétrique national**

Conscient de l'intérêt de doter la côte algérienne de sites marégraphiques et dans le cadre de ses activités, l'Institut National de Cartographie et de Télédétection a inscrit un projet visant l'installation de nouveaux marégraphes à acquisition automatique le long de la côte, en vue de la détermination d'un nouveau référentiel altimétrique national en remplacement de la référence actuellement utilisée (se trouvant en Tunisie).

Au port d'Alger, le marégraphe à acquisition automatique (électronique) installé en mai 2003 n'a commencé à produire des données exploitables qu'après son réinstallation (fixation du puit marégraphique) en mai 2004, soit une année après.

Le marégraphe à acquisition automatique installé près du marégraphe à enregistrement analogique au niveau du port d'Alger est un prototype conçu par le Dr. Michel Van Ruymbekke de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB). Ce prototype enregistre toutes les minutes le niveau de la mer sous forme de fréquence engendrée par le capteur.

Les différents composants de cet appareil prototype de mesure sont un capteur capacitif à base d'une capsule anéroïde; un module d'enregistrement électronique (nDAS); une alimentation électrique et un flotteur.

Un autre marégraphe électronique a été installé en mars 2005 à Jijel situé à 350 km à l'Est d'Alger. Comme ce fut le cas à Alger, l'équipement est couplé avec un marégraphe analogique afin de pouvoir confronter les observations produites par les deux sources.

Le niveau moyen préliminaire de la mer au port d'Alger, déterminé à partir de la série du marégraphe électronique de la période mars 2004 – février 2006 a fait ressortir un décalage de 4.1 cm par rapport à la référence du Zéro Hydrographique actuelle.

## **II.3. Réseau GPS permanent**

Vu l'intérêt d'équiper le territoire national par un réseau GPS permanent, l'INCT a planifié l'installation d'un réseau de neuf stations.

Les principaux objectifs visés à travers ce projet sont :

- la détermination des sites GPS permanent dans le système AFREF (AFrican REference Frame),
- la définition d'un nouveau système géodésique national,

- la définition d'un réseau d'appui de très grande précision aux travaux GPS des différentes institutions nationales,
- l'étude géodynamique de l'Algérie du Nord,
- le développement des applications scientifiques qu'offrent les techniques de positionnement spatiales, telles que mesure de la quantité de vapeur atmosphérique et prévision météorologique, positionnement cinématique différentiel de véhicules et navires, mesures géodésiques régionales (routes, chantiers, cadastres, ouvrages d'art), surveillance de l'ionosphère, etc..

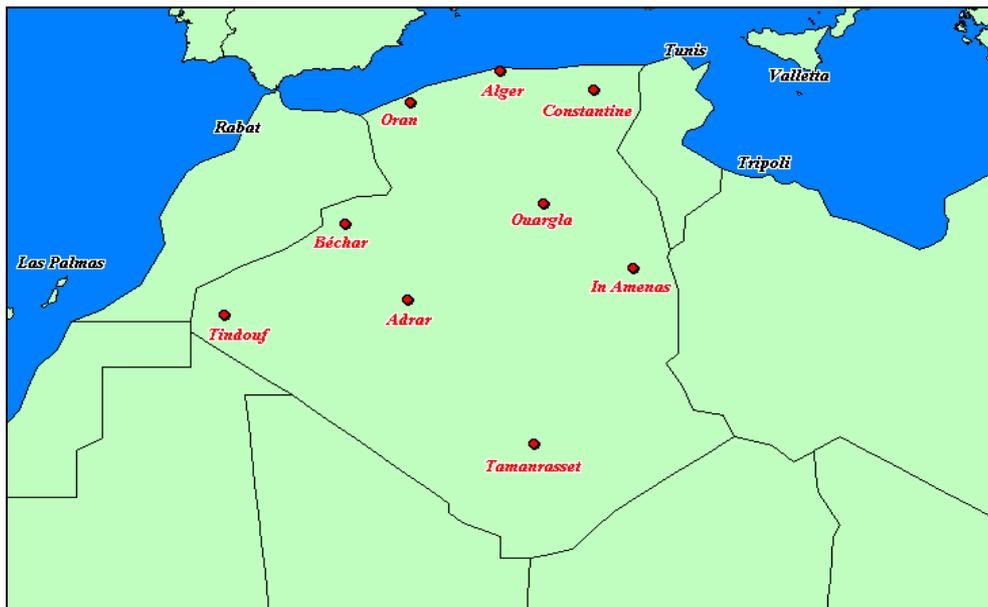


Figure 17: Configuration du projet réseau GPS permanent.

Dans ce contexte, entre novembre 2006 et janvier 2007, l'INCT a installé les trois stations GPS permanent d'Alger, d'Oran et de Constantine. L'équipement GPS utilisée comporte un récepteur de type Ashtech UZ-12 et une antenne de type Chokering. Le logiciel de gestion du récepteur utilisé est Ashtech Micro Manager.

Ces trois stations produisent des sessions d'observations journalières de 24 heures avec une cadence de 30 secondes. Les fichiers d'observations sont régulièrement téléchargés et transformés au format d'échange standard RINEX (Receiver INdependent EXchange).

Une première détermination des coordonnées de la station d'Alger sur la base du traitement du fichier d'observations GPS du 5 octobre 2006 a été effectué et ce en utilisant le logiciel scientifique Bernese version 5.0 en mode interactif et automatique (utilisation du module Bernese Processing Engine). Les stations IGS (Service International GNSS) utilisées comme stations de référence lors du traitement sont : Matera (Italie), Villafranca (Espagne), Graz (Autriche), Maspalomas (Espagne).

### **III. Perspectives**

En plus des objectifs visés à travers les projets suscités, notamment en ce qui concerne la détermination du nouveau référentiel altimétrique national, la définition du géoïde national et la définition du nouveau système géodésique national sur la base de la technique GPS permanent, l'INCT prévoit dans un proche avenir une opération d'envergure pour la valorisation de l'infrastructure géodésique nationale.

En effet, l'INCT envisage :

- La compensation de toutes les données issues de la géodésie classique en un seul bloc, tout en renforçant les points de liaisons entre les deux chaînes Nord et Sud afin de minimiser les distorsions entre ces deux dernières chaînes.
- Retraiter des données des différentes campagnes GPS par l'utilisation du logiciel de recherche Bernese 5.0 en utilisant les éphémérides précises et les autres fichiers de corrections des biais atmosphériques, d'horloges et de marées océaniques.
- La recompensation des données de nivellement de précision et l'analyse des boucles non fermées éventuelles.