

884

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 8 Mai 1945 – Guelma  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'étude  
Pour l'obtention du diplôme de Master Académique**



**Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Télécommunications  
Spécialité : Systèmes de Télécommunications**

---

**Planification et Optimisation Radio d'un Réseau W-CDMA**

---

Présenté par :

**Khabbati Zine El-Abidine**

**Benchirouf Boudjema**

Sous la direction de :

**Dr. Khalfallaoui Abderrezak**

Juin 2015

## Remerciements

Nous tenons, tout d'abord à remercier *Allah* le tout puissant qui nous a donné le pouvoir, la force et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements les plus vifs vont aussi à **Mr. Abd Rezzak KHALFALLAOUI** pour son encadrement et pour l'encouragement et l'intérêt qu'il nous a apporté pour l'accomplissement de ce mémoire et surtout pour son grand aide et ses qualités humaines.

Nous n'omettrons jamais d'exprimer toutes nos gratitudees à **Mr. Mohamed HADJ-ARAB** le « *OTA Radio East Manager* » notre maître de stage, pour son encadrement et pour l'encouragement et l'intérêt qu'il nous a apporté pour l'accomplissement du Stage. Ainsi qu'à tous les éléments de l'équipe « *Radio East Departement* » d'OTA, Surtout **Mr. Karim LADOUANI** et **Mr. Fares ZEGGANE**, Ils nous ont fait confiance en nous accueillant et dirigeant. Ils ont toujours été présents quand il le fallait, malgré les nombreuses responsabilités qui leurs incombent. La liberté dont nous avons pu disposer a été pour nous très formatrice.

Nous remercions aussi tout le staff du département « *Electronique et Télécommunications* », que ce soit enseignants ou cadres administratifs, qui de près ou de loin n'ont épargné aucun effort pour que notre formation et nos travaux se termine dans les bonnes conditions.

Nous terminons ces remerciements en saluant vivement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce travail.

Boudjemaa & Zine El-Abidine

## Dédicaces

A mon cher père

A ma chère mère

A ma chère femme *Sarah*

A mon frère et mes sœurs

A toute ma grande famille Khabbati et Aissaoui

A mon frère et binôme *Elaid* et mes amis

A tous ceux qui me sont chers.

Zine El-Abidine

## Dédicaces

A mon cher père

A ma chère mère

A mes frères, mes sœurs, mes amis

A toute ma grande famille Chirouf et Benchirouf

A mon frère et binôme Zinou

A tous ceux qui me sont chers

*Boudjemaa (Elaid)*



## *Lieu de stage*

Le stage a été effectué chez **Optimum Télécom Algérie SPA. (Djezzy)**, pour une durée de 3 mois (du 01 Mars au 31 Mai 2015) et qui entre dans le cadre de notre Projet de Fin d'Etude pour l'obtention du diplôme de master académique en « *Systèmes de Télécommunications* » de l'Université 8 Mai 1945 de Guelma.

Pendant toute cette période nous étions placés au « *Radio East Department* » à **Constantine**. A travers ce stage nous visions d'appliquer nos recherches du mémoire de fin d'étude intitulé « **Planification et Optimisation Radio d'un réseau WCDMA** ». Cela était sur deux (02) parties principales.

### **Partie 01 : Planification et Dimensionnement d'un réseau WCDMA**

- Dimensionnement de la couverture
  - Etablir un bilan de liaison
  - Déterminer le nombre de sites.
- Prédiction de la couverture (niveau de signal, RSCP)
- Prédiction de la qualité de signal (rapport  $E_c/N_0$ )
- Pré-optimisation Radio après le déploiement du réseau (DT, analyses ..)

### **Partie 02 : Optimisation Radio d'un réseau WCDMA**

- Optimiser la couverture réseau 3G+ (équipement Huawei)
  - Appliquer le processus d'optimisation de l'opérateur Djezzy
  - Etablir un Drive Test et analyse des Log Files. (Cluster Ain Smara)
  - Définition des actions mécaniques sur les paramètres Radio (HBA, Tilt & Azimuth)
  - Etablir un Drive Test second round pour vérifier la résolution des problèmes.

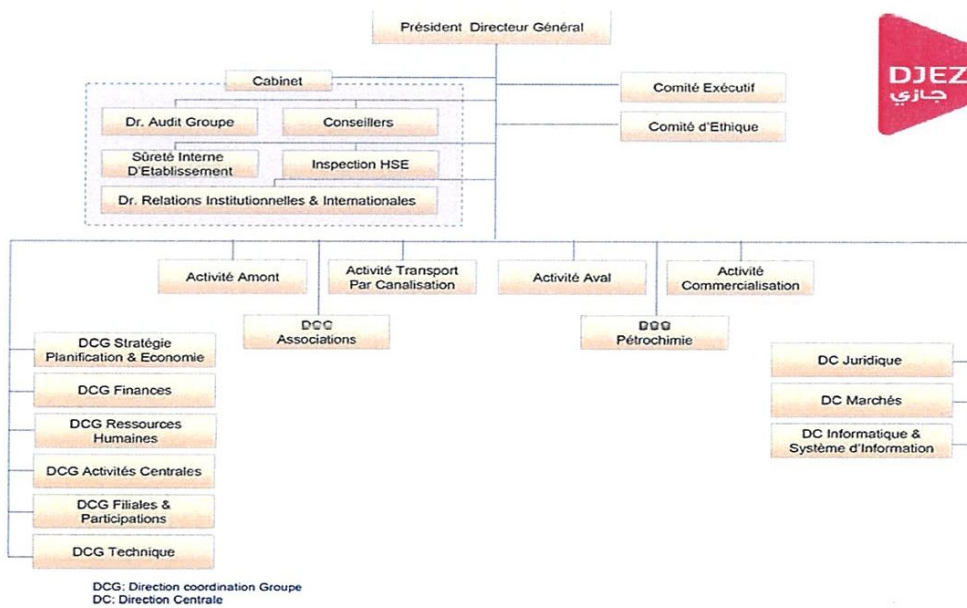


# 1. Présentation de la compagnie

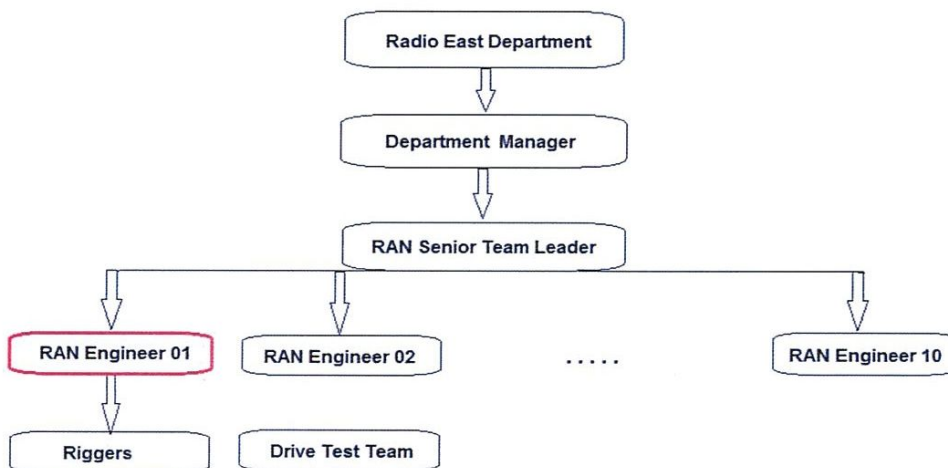
## Qui est Optimum Télécom Algérie (Djezzy) ?

Djezzy est un opérateur de télécommunications algérien. Créée en juillet 2001, elle est devenue leader dans le domaine de la téléphonie mobile, avec plus de 18 millions d'abonnés au mois de décembre 2014. L'opérateur a connu une croissance très forte, il a acquis un million de nouveaux abonnés en 6 mois entre juin et décembre 2007, le premier million d'abonnés ayant été atteint en septembre 2003. Elle compte plus de 4000 employés.

## Hiérarchie de la compagnie :



## Radio East Department :



# Liste des Figures

## *Chapitre I*

<b>Figure I.1</b> : évolution des normes 3GPP de R99 au R7 .....	9
<b>Figure I.2</b> : Architecture matérielle de l'UMTS .....	10
<b>Figure I.3</b> : Principe de l'étalement de spectre .....	15
<b>Figure I.4</b> : Arbre des codes OVSF .....	15
<b>Figure I.5</b> : Le multiplexage FDD .....	16
<b>Figure I.6</b> : Le multiplexage TDD .....	17
<b>Figure I.7</b> : Le mécanisme de scrambling .....	17
<b>Figure I.8</b> : Effet Near-Far .....	18
<b>Figure I.9</b> : sans contrôle de puissance .....	19
<b>Figure I.10</b> : Avec contrôle de puissance .....	19
<b>Figure I.11</b> : Principe de control de puissance.....	19
<b>Figure I.12</b> : Procédures "Soft Handover" et "SRNS Relocation" .....	21
<b>Figure I.13</b> : Exemple de soft Handover.....	21
<b>Figure I.14</b> : Exemple de hard handover .....	22
<b>Figure I.15</b> : Architecture système avec le HSDPA .....	23
<b>Figure I.16</b> : Comparaison des technologies GSM, UMTS R99, HSPA et HSPA+ R7 .....	25

## *Chapitre II*

<b>Figure II.1</b> : procédure de planification du réseau radio UMTS .....	28
<b>Figure II.2</b> : Processus de dimensionnement de la couverture d'un réseau WCDMA .....	29
<b>Figure II.3</b> : Processus de dimensionnement de la capacité d'un réseau WCDMA.....	36
<b>Figure II.4</b> : Placement des sites dans la zone à planifier (la ville de Constantine) .....	38
<b>Figure II.5</b> : l'emplacement des sites de la ville de Constantine.....	39
<b>Figure II.6</b> : Relief de la ville de Constantine.....	40

<b>Figure II.7</b> : Prédiction de la valeur de RSCP d'un site quelconque.....	41
<b>Figure II.8</b> : Prédiction de la couverture (valeur RSCP) pour la ville d'Ain Smara.....	41
<b>Figure II.9</b> : Zone de recouvrement de la couverture des sites (ville d'Ain Smara) .....	42
<b>Figure II.10</b> : Prédiction de la qualité de service (Ec/Io) d'un seul site.....	43
<b>Figure II.11</b> : Prédiction de la qualité de service (Ec/Io) ville d'Ain Smara (constantine) .....	43
<b>Figure II.12</b> : Schéma d'une chaîne de mesure « Drive test » .....	44
<b>Figure II.13</b> : Variation du débit utilisateur pendant le drive test .....	45
<b>Figure II.14</b> : traduction graphique des données en format TAB .....	46

### *Chapitre III*

<b>Figure III.1</b> : Processus d'optimisation Radio de l'opérateur Djezzy .....	55
<b>Figure III.2</b> : Prédiction RSCP avant le changement d'Azimut .....	55
<b>Figure III.3</b> : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut.....	55
<b>Figure III.4</b> : Prédiction RSCP avant le changement de Tilt .....	56
<b>Figure III.5</b> : Prédiction RSCP après le changement de Tilt .....	57
<b>Figure III.6</b> : Prédiction RSCP avant le changement d'HBA.....	57
<b>Figure III.7</b> : Prédiction RSCP après le changement d'HBA .....	58
<b>Figure III.8</b> : Prédiction RSCP avant les changements. ....	59
<b>Figure III.9</b> : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut.....	59
<b>Figure III.10</b> : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut et de Tilt ensemble.....	60
<b>Figure III.11</b> : Prédiction RSCP après tous les changements.....	60
<b>Figure III.12</b> : Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara avant optimisation. ....	61
<b>Figure III.13</b> : Distribution de RSCP (Appel longue) .....	62
<b>Figure III.14</b> : Emplacement de la zone 01 dans le cluster, cas (RSCP).....	63
<b>Figure III.15</b> : La zone 01 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP) .....	63
<b>Figure III.16</b> : Emplacement de la zone 02 dans le cluster, cas (RSCP) .....	64
<b>Figure III.17</b> : La zone 02 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP) .....	64



<b>Figure III.18</b> : Emplacement de la zone 03 dans le cluster, cas (RSCP) .....	65
<b>Figure III.19</b> : Emplacement de la zone 04 dans le cluster (RSCP) .....	66
<b>Figure III.20</b> : Emplacement de la zone 01 dans le cluster (Ec/No) .....	66
<b>Figure III.21</b> : Emplacement de la zone 02 dans le cluster (Ec/No) .....	67
<b>Figure III.22</b> : Distribution de RSCP (Appel longue) .....	68
<b>Figure III.23</b> : Emplacement de la zone 01 dans le cluster, cas (RSCP) .....	69
<b>Figure III.24</b> : La zone 01 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP) .....	69
<b>Figure III.25</b> : Emplacement de la zone 02 dans le cluster (RSCP) .....	70
<b>Figure III.26</b> : Emplacement de la zone 03 dans le cluster (RSCP) .....	71
<b>Figure III.27</b> : La zone 03 visualisée sur Google Earth (RSCP) .....	71
<b>Figure III.28</b> : Distribution du rapport Ec/No (Appel longue) .....	72
<b>Figure III.29</b> : Emplacement ou il y a des coupures d'appel sur le cluster. ....	73
<b>Figure III.30</b> : Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara avant optimisation. ....	73
<b>Figure III.31</b> : Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara après les changements. ....	74

# Liste des tableaux

## *Chapitre I*

<b>Tableau I.1 :</b> Avantages et inconvénients du réseau NTM .....	6
<b>Tableau I.2 :</b> Avantages et inconvénients du réseau GSM .....	6
<b>Tableau I.3 :</b> Avantages et inconvénients de GPRS .....	7
<b>Tableau I.4 :</b> Avantages et inconvénients du réseau EDGE .....	7
<b>Tableau I.5 :</b> Avantages et inconvénients du réseau HSPA .....	8

## *Chapitre II*

<b>Tableau II.1 :</b> Valeurs du motif K en fonction de la configuration du site .....	33
<b>Tableau II.2 :</b> Exemple d'un bilan de liaison pour le R99 (Djezzy) d'une zone suburbaine .....	35
<b>Tableau II.3 :</b> Données à introduire dans le bilan de liaison .....	36

## *Chapitre III*

<b>Tableau III.1:</b> Valeurs seuil des KPIs .....	51
--	----

## Liste des Acronymes

**NMT:** Nordic Mobile Telephone

**GSM:** Global System for Mobile communication

**GPRS:** General Packet Radio Service

**EDGE:** Enhanced Data for GSM Evolution

**PSK:** Phase Shift Keying

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System

**R99:** Release 3 ou 99

**W-CDMA:** Wide band Code Division Multiple Access

**CDMA:** Code Division Multiple Access

**PN:** Pseudo random Noise code

**SF:** Spreading Factor

**OVSF:** Orthogonal Variable Spreading Factor Code

**FDD:** Frequency Division Duplex

**TDD:** Time Division Duplex

**TDMA:** Time Division Multiple Access

**RNS:** Radio Network Subsystem

**CN:** Core Network

**3GPP:** 3rd Generation Partnership Project

**CS:** Circuit Switched

**PS:** Packet Switched

**MSC:** Centre de commutation des services Mobiles

**GMS:** Grandes et Moyennes Surfaces

**VLR:** Visitor Location Register

**UE:** User Equipment

**ME:** Mobile Equipment

**USIM:** UMTS Subscriber Identity Module

**RNC:** Radio Network Controller

**IuCs:** Iu Circuit Switched

**IuPs:** Iu Packet Switched

**UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network

**HSPA:** High Speed Packet Access

**HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access

**HSUPA:** High Speed Uplink Packet Access

**16QAM:** 16 Quadrature Amplitude Modulation

**QPSK:** Quadrature Phase Shift Keying

**BPSK:** Binary Phase Shift Keying

**HARQ:** Hybrid Automatic Response reQuest

**DCHSDPA:** Dual Carrier – HSDPA

**MIMO:** Multiple Input Multiple Output

**CPC:** Continuous Packet Connectivity

# SOMMAIRE

<b>Remerciement</b> .....	i
<b>Lieu de stage</b> .....	iv
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	02
<b>Chapitre I : Généralités et principes sur le réseau WCDMA</b>	
I.1. Introduction .....	05
I.2. Evolution des réseaux mobiles .....	05
I.2.1. Nordic Mobile Telephone (NMT) .....	05
I.2.2. Global System for Mobile communication (GSM) .....	06
I.2.3. General Packet Radio Service (GPRS) .....	06
I.2.4. Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE) .....	07
I.2.5. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) .....	07
I.2.6. High Speed Packet Access et HSPA+ .....	08
I.2.7. Long Term Evolution, LTE .....	08
I.2.8. Long Term Evolution Advanced, LTE Advanced .....	09
I.3. Généralités et fonctionnalités sur l'UMTS .....	09
I.3.1. Architecture matérielle de l'UMTS .....	09
I.3.1.1. L'Équipement Utilisateur, UE (pour User Equipment) .....	10
I.3.1.2. Le réseau d'accès UTRAN .....	11
I.3.1.3. Les interfaces .....	11
I.3.1.4. Le réseau cœur, CN (pour Core Network) .....	12
I.3.2. Techniques d'accès dans l'UMTS .....	13
I.3.2.1. La technique CDMA .....	13

I.3.2.1.1. Principe d'étalement de spectre.....	14
I.3.2.1.2. Codes d'étalement .....	15
I.3.2.2. Principes de W-CDMA .....	16
I.3.2.2.1. Multiplexage.....	16
I.3.2.2.2. Scrambling codes .....	17
I.3.3. Contraintes de W-CDMA.....	17
I.3.3.1. L'effet near-far .....	17
I.3.3.3. Le contrôle de puissance .....	19
I.3.3.3.1. Contrôle de puissance en boucle ouverte (Open Loop Power Control) .....	20
I.3.3.3.2. Contrôle de puissance en boucle fermée (Closed Loop Power Control) .....	20
I.3.3.2. Les Handovers.....	20
I.3.3.4. Le Fast-Fading.....	22
I.3.3.5. Les trajets multiples.....	22
I.4. Généralités sur HSPA / HSPA+ .....	23
I.4.1. High Speed Packet Access, HSPA.....	23
I.4.2. High Speed Packet Access+, (HSPA+).....	24
I.4.2.1. Fonctionnalité MIMO.....	25
I.5. Conclusion.....	25

## **Chapitre II : Dimensionnement et planification d'un réseau WCDMA**

II.1. Introduction.....	27
II.2. Définition et objectifs de la planification WCDMA.....	27
II.2.1. Définition .....	27
II.2.2. Objectifs.....	27
II.3. Processus de planification d'un réseau WCDMA.....	28
II.3.1. Dimensionnement .....	28
II.3.1.1. Dimensionnement de la couverture.....	28

II. 3.1.1.1. Bilan de liaison.....	29
II.3.1.1.2. Les modèles de propagation.....	32
II.3.1.1.3 Estimation du rayon de la cellule.....	33
II.3.1.1.4 Calculs et résultats.....	33
II.3.1.2. Dimensionnement de la capacité.....	36
II.3.2. Choix et placement des sites.....	37
II.3.2.1. Présentation du logiciel de simulation Atoll.....	37
II.3.2.2. Création d'une base de données.....	37
II.3.2.3. Importation de la base des données sur Atoll.....	38
II.3.2.4. Importation des Clusters.....	39
II.3.2.5. Importation de la carte DTM.....	39
II.3.3. Simulations et prédictions.....	40
II.3.3.1. Prédiction de la couverture.....	40
II.3.3.2. Prédiction de la qualité.....	42
II.4. Vérifications et mise en service.....	44
II.4.1. Drive Test.....	44
II.4.1.1. Exécution de l'application.....	44
II.4.1.2. Analyse des résultats.....	46
II.5. Conclusion.....	47

### **Chapitre III : Optimisation Radio d'un réseau W-CDMA**

III.1. Introduction.....	49
III.2. Concepts.....	49
III.2.1. Qualité de service QoS.....	49
III.2.2. Indicateurs clés de performance, KPIs.....	49
III.2.2.1. Définitions.....	49
III.2.2.2. Valeurs seuils des indicateurs.....	51

III.3. Optimisation Radio d'un réseau W-CDMA .....	51
III.3.1. Définition.....	51
III.3.2. Les Objectifs de l'optimisation Radio .....	51
III.3.3. Processus d'optimisation .....	52
III.4. Simulations et Optimisation de la couverture (cas pratique) .....	54
III.4.1. Paramètres Radio .....	54
III.4.2. Cas pratique (ville d'Ain Smara) .....	61
III.4.2.1. Prédiction avant Drive test.....	61
III.4.2.2. Drive test (First Round) .....	61
III.4.2.2.1. Niveau de signal, RSCP (long call) .....	62
III.4.2.2.2. Qualité de signal, Ec/No (long call) .....	66
III.4.2.2.3. Analyses de coupure d'appel .....	67
III.4.2.2.4. Analyses des appels échouées .....	67
III.4.2.3. Drive test (second Round) .....	68
III.4.2.3.1. Niveau de signal, RSCP (long call) .....	68
III.4.2.3.2. Qualité de signal, Ec/No (long call) .....	72
III.4.2.3.3. Analyses de coupure d'appel .....	72
III.4.2.3.4. Analyses des appels échouées .....	73
III.4.3. La prédiction finale.....	73
III.5. Conclusion .....	74



**INTRODUCTION**

**GENERALE**

---

## INTRODUCTION GENERALE

L'aventure des télécommunications a commencé avec l'invention du télégraphe. La téléphonie a fait ensuite son apparition dans le but du transport de la voix seulement, puis l'internet avec comme objectif le courrier électronique et le transfert de fichier. C'est au XXème siècle qu'on assiste à l'explosion des télécommunications avec l'introduction de nouvelles technologies telle que la téléphonie mobile. De plus en plus de technologies sont introduites, pour apporter toujours plus de confort et de divertissement aux usagers.

Les réseaux de téléphonie mobile de troisième génération ont été conçus pour garantir une multitude de services multimédias parmi lesquels nous citons la vidéoconférence, la vidéo à la demande, les services Internet. Ces réseaux ont été mis en place pour utiliser un même support de transmission pour les applications en mode circuit et paquet. Un avantage de ce type de réseau est qu'il supporte des trafics dont les besoins en bande passante et en qualité de service sont différents.

Dans un souci d'assurer la continuité de la délivrance des services avec une meilleure qualité et vu que tout réseau déployé doit faire l'objet d'extension pour suivre l'évolution de la demande et de maintenance pour pallier aux anomalies qui surgissent, les opérateurs accordent une grande importance à l'optimisation de leur réseau. Le problème de la planification des réseaux des télécommunications consiste à déterminer, parmi un ensemble de sites potentiels, ceux à utiliser afin de couvrir une zone géographique donnée. Il convient également de choisir les équipements à installer sur ces sites et de faire le lien entre eux en fonction de certaines contraintes et exigences, des opérateurs en termes de qualité de services, bien définies.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'études qui a pour objet d'illustrer le déroulement de la phase de la planification d'un réseau 3G et l'intégration des principes du processus d'optimisation.

Notre premier chapitre traitera, tout d'abord, l'évolution des réseaux de téléphonie mobile. Ensuite, une étude des fonctionnalités de la norme UMTS et des généralités sur ses évolutions HSPA et HSPA+.

Le deuxième chapitre abordera la phase de planification du réseau d'accès UMTS. Au cours de ce chapitre nous allons énumérer les différentes étapes du dimensionnement et de planification qui représentent la démarche, théorique et pratique, précédée durant la réalisation de notre projet. Nous verrons les différents paramètres, calculs et simulations effectués pour visualiser les résultats de notre travail de planification et optimiser le réseau.

Dans le troisième chapitre, nous mettrons en évidence les concepts de la qualité de service QoS, ses indicateurs clés de performances KPIs et l'optimisation radio ainsi que ses objectifs. Nous allons, ensuite, illustrer le processus d'optimisation radio suivi par l'opérateur de télécommunications Djazzy et l'appliquer dans notre démarche pratique d'optimisation de la couverture et la qualité de service (cas de la ville d'Ain Smara – Constantine) avec des Drive test que nous aurons fait sur deux étapes. Nous ferons aussi des simulations (cas réels) complémentaires du processus et interpréter leurs différents résultats

*CHAPITRE 1 :*

GENERALITES ET  
FONCTIONNALITES  
DE L'UMTS

---

## I.1. Introduction

De nos jours, nous avons affaire à plusieurs types de réseaux locaux sans-fil et de réseaux radio mobiles. Ces deux appellations sont souvent utilisées pour signifier la même chose alors qu'il s'agit de termes différents. La portée des réseaux sans-fil est faible, et ne permettent pas des déplacements importants. En revanche, les réseaux mobiles proposent une portée plus conséquente, et permettent des utilisations lors de déplacements importants avec une certaine vitesse. L'évolution des réseaux de téléphonie mobile a été classée en différentes générations dont chacune a été définie par un certain nombre de normes et exigences.

## I.2. Evolution des réseaux mobiles :

Cette partie présente, dans un premier lieu, des définitions sur les différentes générations de la téléphonie mobile, NMT (Nordic Mobile Telephone), GSM (Global System for Mobile communication), le GPRS (General Packet Radio Service) et la migration vers EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), HSPA (High Speed Packet Acces), HSPA+ et LTE (Long Term Evolution) cela va permettre de mettre à plat les différences et ressemblances entre celles-ci. Dans un deuxième lieu, nous allons présenter des généralités sur l'UMTS et HSPA, architecture et principe de fonctionnement.

### I.2.1. Nordic Mobile Telephone (NMT)

Nordic Mobile Telephone (NMT) est une norme de téléphonie mobile spécifiée par les administrations des télécommunications nordiques à partir de 1970. Elle a été mise en service en 1981 en réponse à la congestion des réseaux de téléphonie mobiles existants à cette époque (ARP sur la fréquence 150 MHz en Finlande et MTD sur la fréquence 450 MHz en Suède, en Norvège et au Danemark). Ce réseau de première génération a été ouvert dans des pays tels que la Suède, le Danemark, la Norvège, d'où le nom de « Nordic » dans son appellation. Cette norme est basée sur une technologie de téléphonie analogique sans-fil. Sa technologie de modulation radio est similaire à celle utilisée par les stations radio FM.<sup>[1]</sup>

Avantages	Inconvénients
Premiers radiotéléphones analogiques sans-fil	Taille imposante des équipements

	Pas de confidentialité des communications
	Réseaux saturés

**Tableau I.1 :** Avantages et inconvénients du réseau NTM. [1]

### I.2.2. Global System for Mobile communication (GSM)

Global System for Mobile communication (GSM) est la norme de téléphonie mobile de seconde génération développée à partir de 1990. Cette technologie représente la première technologie de téléphonie numérique sans fil. En 1992, le GSM est utilisé dans 7 pays européens. En France, le GSM fonctionne entre les fréquences 900 Mhz et 1800 Mhz. Le débit moyen du GSM est similaire à celui du FAX, c'est-à-dire 9,6 kbits/sec. [1]

Avantages	Inconvénients
Meilleure qualité d'écoute	Débit : transmission de données lente
Taille réduite	
Confidentialité des communications	

**Tableau I.2 :** Avantages et inconvénients du réseau GSM. [1]

### I.2.3. General Packet Radio Service (GPRS)

General Packet Radio Service (GPRS) est une évolution importante du GSM. L'objectif principal de cette évolution est d'accéder aux réseaux IP. Le débit théorique de cette technologie est de l'ordre de 171, 2 kbit/s, et le débit réel est de l'ordre de 30 kbit/s. Le GPRS supporte différents niveaux de qualité de service (QoS).

Plusieurs nouveautés sont disponibles avec le GPRS :

- Accès au Web
- Messagerie électronique
- Transfert de fichier
- Services d'information

Malheureusement, le GPRS n'a pas été un succès auprès des consommateurs. [1]

Avantages	Inconvénients
Débits	Pas d'accès à l'Internet global
Accès WAP (Internet allégé)	Réseaux GSM déjà saturés
Facturation à la donnée	Aucune application décisive pour le grand public
Connexion permanente possible	
Support de plusieurs niveaux de qualité de service	

**Tableau I.3:** Avantages et inconvénients de GPRS. [1]

#### I.2.4. Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE)

Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE) a été développé au cours de l'année 2005. Cette technologie est une évolution des technologies GSM et GPRS avec des débits réels de l'ordre de 177 kbits/s (3 fois plus que le GPRS), EDGE se place entre le GPRS et la 3G. EDGE introduit une nouvelle modulation : 8-Phase Shift Keying (8-PSK) HSCSD et GPRS augmentent le débit GSM EDGE est utilisé comme complément avec HSCSD et GPRS [1]

- EDGE couplé au HSCSD donne l'E-CSD (débit maximum théorique de 300 kbps)
- EDGE couple au GPRS donne le E-GPRS (débit maximum théorique de 300 kbps)

Avantages	Inconvénients
Solution alternative moins onéreuse que la 3G	Obligation de changer de terminal
Débits plus élevés que le GPRS	

**Tableau I.4 :** Avantages et inconvénients du réseau EDGE. [1]

#### I.2.5. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Le système mobile universel de télécommunications UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) est l'un des principaux systèmes mobiles de troisième génération

développé par l'ITU (International Telecommunication Union) dans IMT-2000. Ce système permet d'offrir une couverture et une mobilité universelle, indépendamment de l'environnement avec des débits de service élevés et une efficacité spectrale supérieure aux systèmes de deuxième génération existants. [2]

Cette technologie de communication mobile et ses évolutions font l'objet d'étude de ce premier chapitre. Nous les en verrons avec plus de détails dans la partie suivante.

### I.2.6. High Speed Packet Access et HSPA+:

L'UMTS connaît deux évolutions majeures, que nous présentons brièvement dans les sections suivantes, dont le but est l'amélioration du débit sur les deux liaisons (Downlink/Uplink) et diminuer la latence du système.

- Le HSPA (*High Speed Packet Access*)
- Le HSPA+ (*High Speed Packet Access+*) [2]

Avantages	Inconvénients
Connexion Internet depuis un ordinateur	Concurrence du WiMax (30 Mbits/s)
Débits élevés	Changement des équipements usagers
Contenu multimédia	

Tableau I.5 : Avantages et inconvénients du réseau HSPA. [1]

### I.2.7. Long Term Evolution, LTE

Une autre évolution de la norme HSPA+ a été présentée sous la norme LTE (pour *Long Term Evolution*) Release 8 au dernier trimestre de l'année 2008 jusqu'au début de l'an 2009, connue sous le nom commerciale 3.9G ou 4G.

Les réseaux LTE sont des réseaux cellulaires constitués de milliers de cellules radio qui utilisent les mêmes fréquences hertziennes, y compris dans les cellules radio mitoyennes, grâce aux nouveaux types de codage radio OFDMA (du eNode B vers le terminal) et SC-FDMA (du terminal vers le eNode B) et aux techniques d'antennes intelligentes multiples MIMO (pour *Multiple Input Multiple Output*) 4x4. Ceci permet d'affecter à chaque cellule



une largeur spectrale plus importante qu'en 3G, variant de 3 à 20 MHz et donc d'avoir une bande passante plus importante et plus de débit dans chaque cellule.

Le réseau est constitué de deux parties : une partie radio (*eUTRAN*) et un cœur de réseau « EPC » (*Evolved PacketCore*). [3]

### I.2.8. Long Term Evolution Advanced, LTE Advanced

Dernière-née des évolutions de technologies de communication mobiles commercialisées au public, dite LTE Advanced et dont les spécifications les plus récentes ont été normalisées au printemps 2011 sous l'appellation 3GPP Release 10. Elle perfectionne notamment le recours à la technique d'antennes multiples pour accroître le débit global sur le lien radio entre le mobile et l'antenne relais. La Figure I.1 résume l'évolution des normes 3GPP toutes Releases. [3]

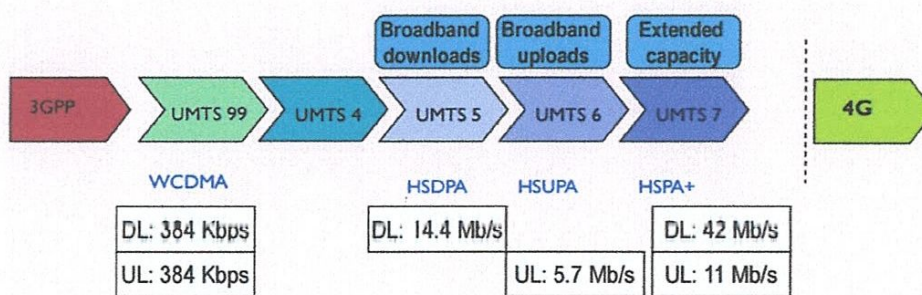


Figure I.1 : évolution des normes 3GPP de R99 au R7. [3]

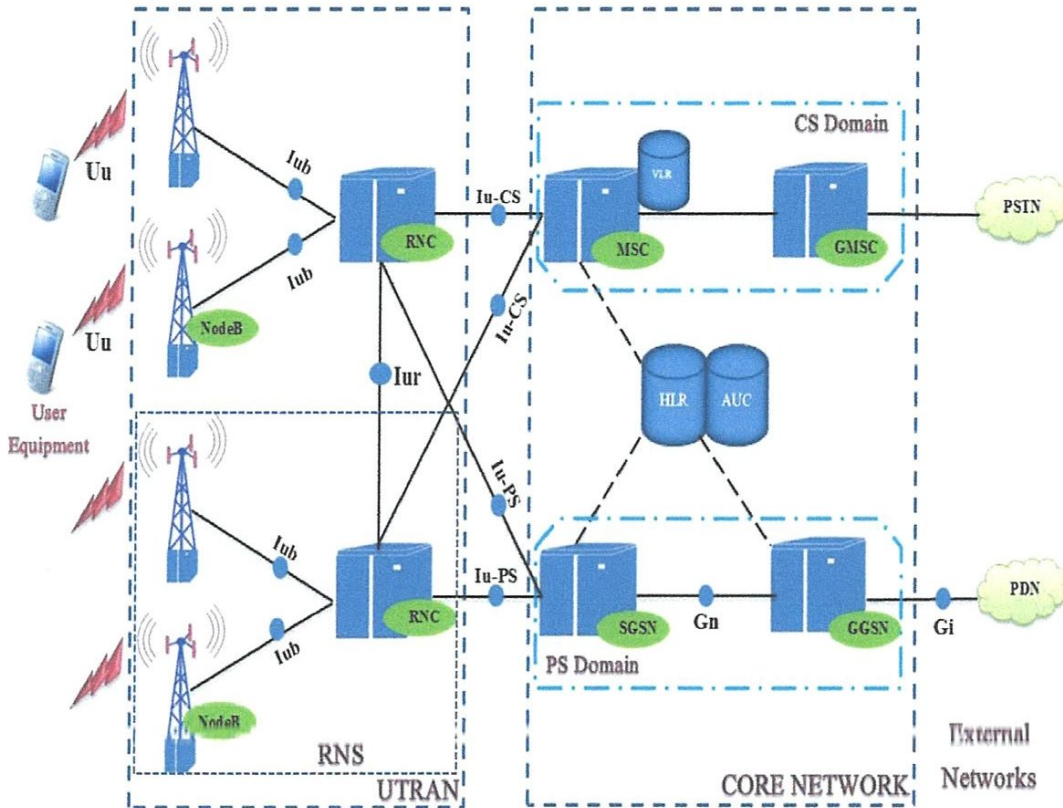
### I.3. Généralités et fonctionnalités de l'UMTS

La plupart des équipementiers et opérateurs ont basé leur première implémentation de l'UMTS sur sa première version « 3GPP » normalisée en 1999, Release 99 (et complétée en 2001) qui permettait un débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) de 1,920 Mb/s. Cette vitesse est nettement supérieure au débit initial du GSM qui était de 9,6 kb/s et supérieure à celles des vitesses maximales offertes par les variantes du GSM optimisées pour le transfert de donnée (GPRS et EDGE) : 384 kb/s pour l'EDGE. [2]

#### I.3.1. Architecture matérielle de l'UMTS :

Comme pour le GSM, on fait la différence entre les trois grandes parties composant le système UMTS, l'équipement utilisateur (ou *User Equipment*) le réseau d'accès de l'UMTS

appelé UTRAN, (*Universal Terrestrial Radio Access Network*), et le réseau cœur (*Core Network*). [4] (Voir **Figure I.2**).



**Figure I.2** : Architecture matérielle de l'UMTS. [4]

### I.3.1.1. L'Équipement Utilisateur, UE (pour *User Equipment*)

L'équipement utilisateur UMTS est tout équipement terminal utilisé directement pour communiquer, il peut être un smartphone, qui se compose du Mobile Equipment (ME) correspondant au combiné téléphonique et la carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module) comme il peut être un laptop équipé d'une clé internet ou tout autre équipement. L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit (MSC) et paquet (SGSN) et peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique, comme un terminal GPRS Classe A. [4]

### I.3.1.2. Le réseau d'accès UTRAN

Le réseau d'accès de l'UMTS s'appelle UTRAN, (pour *Universal Terrestrial Radio Access Network*), il se compose d'une ou plusieurs parties appelées RNS (pour *Radio Network Subsystem*)

- **Le Sous-système Radio, RNS (pour *Radio Network Subsystem*) :** Le sous-système radio, l'équivalent de la partie BSS dans le réseau GSM, se compose de deux éléments distincts, à savoir le Nœud B (*Node B*) et le contrôleur de réseau radio (RNC, pour *Radio Network Controller*) [4]
- a. **Nœud B :** équivalent de la BTS en GSM, Il peut gérer une ou plusieurs cellules. Il existe trois types de Nœud B correspondant aux deux modes UTRA: Nœud B UTRA-FDD, Nœud B UTRA-TDD et Nœud B mode dual, ce dernier pouvant utiliser les deux modes simultanément. [4]
- b. **Radio Network Controller, RNC :** Le rôle du RNC est de gérer la ressource radio et donc de contrôler les nœuds B qui lui sont connectés. Il est le point d'accès au service pour tous les services que l'UTRAN (UMTS) fournit au réseau de base. Le RNC assure les mécanismes de handover et de macro-diversité. Le RNC et les Nœud B sont connectés entre eux et au réseau de base par trois interfaces comme montré à la (Figure I.2). [4]

### I.3.1.3. Les interfaces :

- **L'Interface Uu :** Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie W-CDMA.
- **L'interface Iub :** Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur de réseau radio, RNC.
- **L'Interface Iur :** Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- **L'Interface Iu :** Interface entre le réseau d'accès UTRAN, domaine spécifique à la radio, et le réseau cœur CN de l'UMTS, domaine chargé de la commutation, du routage et du contrôle des services. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN. Cette interface peut être de deux types: IuCs (Iu Circuit

Switched) pour le domaine circuit, et IuPs (Iu Packet Switched) pour le domaine paquet. [2]

#### I.3.1.4. Le réseau cœur, CN (pour *Core Network*)

Le réseau cœur est composé de l'ensemble des commutateurs, des bases de données et des routeurs qui permettent le transport de l'information et la gestion de l'utilisateur sur l'ensemble d'un territoire. C'est l'équivalent du Network Switching Subsystem NSS en GSM. [4]

L'architecture de référence du réseau de base UMTS (UMTS Core Network) est divisée en trois groupes :

- **Domaine de commutation de circuit (CSD) :** Ses éléments sont principalement basés sur les entités du réseau GSM. Et transportent des données à commutation de circuits dans un mode. Il est connecté à (RTPC) et comprend les entités de réseau suivantes:
  - a. **Mobile Switching Center, MSC :** Ceci est essentiellement la même que celle à l'intérieur de GSM, et il gère les appels à commutation de circuits en cours. [4]
  - b. **Visitor Location Register, VLR :** Cette base de données ne contient que des informations dynamiques et liées à un MSC. Elle contient des données dynamiques qui lui sont transmises par le HLR avec lequel elle rentre en communication lorsqu'un abonné entre dans la zone de couverture du centre de communication mobile auquel elle est rattachée. Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR et suivent l'abonné. [1]
  - c. **Gateway MSC :** Ceci est effectivement l'interface avec les réseaux externes.
- **Domaine de commutation de paquets (PSD) :** Ces entités de réseau sont conçues pour transporter des données par paquets. Cela permet une utilisation du réseau beaucoup plus élevée que la capacité peut être partagée, les données sont transférées sous forme de paquets acheminés en fonction de leur destination. PSD est connecté à Packet Data Network (PDN) et comprend les entités de réseau suivantes:
  - a. **Serving GPRS Support Node (SGSN) :** Comme son nom l'indique, cette entité a été développée lorsque GPRS a été introduit, et son utilisation a été reportée dans l'architecture de réseau UMTS. [4]

b. **Gateway GPRS Support Node (GGSN)** : Comme le SGSN, cette entité a également été introduite d'abord dans le réseau GPRS. Le Gateway GPRS Support Node (GGSN) est l'élément central dans le réseau de commutation de paquet de l'UMTS. Il gère l'interfonctionnement entre le réseau à commutation de paquet de l'UMTS et les réseaux externes à commutation de paquets, et peut être considéré comme un routeur très sophistiqué. En fonctionnement, quand le GGSN reçoit des données adressées à un utilisateur spécifique, il vérifie si l'utilisateur est actif, puis transmet les données vers le SGSN desservant l'équipement utilisateur particulier. [4]

➤ **Eléments communs** : Le dernier comprend les entités du réseau communes aux domaines PS et CS, à savoir, HLR, et AuC.

- a. **Home Location Register, HLR** : enregistreur de localisation nominal, c'est une base de données qui gère les abonnés d'un PLMN donné, mémorise les caractéristiques : identité nationale de l'abonné IMSI, numéro d'annuaire MSISDN, profil de l'abonnement
- b. **Authentication Center, AuC** : mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer les communications. [4]

### I.3.2. Techniques d'accès dans l'UMTS

Le réseau de téléphonie mobile de troisième génération UMTS utilise une technique d'accès radio dite : W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*, « Accès Multiple à Répartition de Code – Large bande »).

Les normes UMTS rédigées par l'organisme 3GPP définissent cette technique de codage et de modulation des ondes radio, Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA (Code Division Multiple Access). Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique CDMA. [2]

#### I.3.2.1. La technique CDMA

La technique d'accès CDMA (Code Division Multiple Access) est utilisée dans de nombreux systèmes de communication, elle permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du

spectre rend un signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaire. Cette technique présente de nombreux avantages par rapport aux anciennes techniques (TDMA, FDMA) tels que :

- Efficacité spectrale
- Sécurité de transmission : le signal codé est détectable comme étant du bruit.
- Handover
- Concentration de trafic [5]

#### 1.3.2.1.1. Principe d'étalement de spectre

La technologie W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (Direct Sequence). Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à cet utilisateur. La séquence du code (constituée de  $N$  éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette dernière est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur  $L$  du code est appelée facteur d'étalement  $SF$  (Spreading Factor).

Si chacun des symboles a une durée  $T_b$ , on a 1 chip toutes les  $T_b/N$  secondes. Le nouveau signal modulé a un débit  $N$  fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences  $N$  fois plus étendue. [5]

Nous avons donc une relation entre le débit initial et le débit final du type :

**Remarque** : La relation ci-dessus nous permet de dire que plus le facteur d'étalement  $SF$  est élevé plus le Débit Chip sera élevé. Cela implique que le débit de données du canal sera élevé. Les canaux à débits variables peuvent être libérés en fonction des besoins de l'utilisateur. [5]

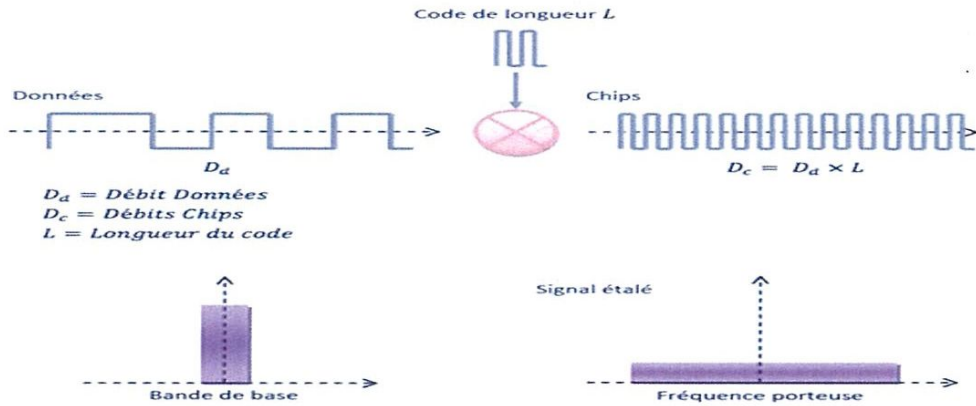


Figure I.3 : Principe de l'étalement de spectre. [5]

Afin de pouvoir lire le message codé envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération. En effet, ce dernier génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu afin d'obtenir les données. Les données des autres utilisateurs (pas de multiplication avec la séquence d'étalement) restent étalées. [5]

### I.3.2.1.2. Codes d'étalement

Chaque utilisateur possède un code, il est donc nécessaire de n'avoir aucune interférence entre ceux-ci. Pour cela, nous utilisons des codes orthogonaux dits codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code) afin de modifier le facteur d'étalement et de conserver l'orthogonalité des différents codes d'étalement. Ces codes sont définis par un arbre OVSF où chaque nœud possède 2 fils. Les codes des 2 fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire. L'arbre des codes OVSF ainsi créé peut être représenté sous la forme de la matrice de Hadamard. [5]

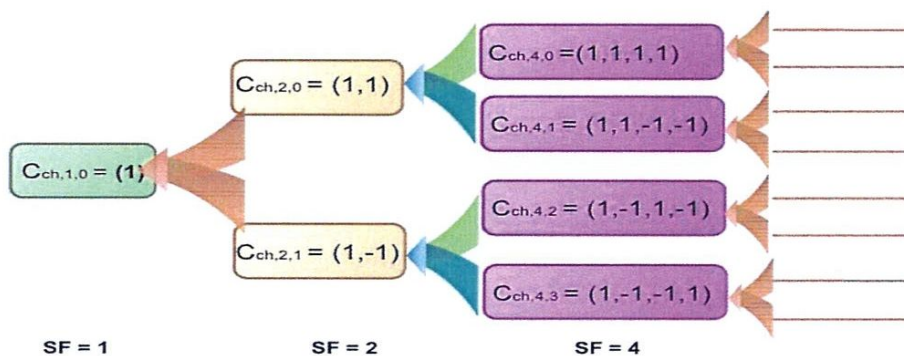


Figure I.4 : Arbre des codes OVSF. [5]

### I.3.2.2. Principes de W-CDMA

Le W-CDMA se base sur le CDMA mais utilise une bande passante plus large ce qui implique des débits supérieurs.

#### I.3.2.2.1. Multiplexage

Le W-CDMA propose deux types de multiplexage : le FDD (Frequency Division Duplex) et le TDD (Time Division Duplex). [6]

➤ **Le FDD (Frequency Division Duplex) :**

Le multiplexage de type FDD utilise une bande passante de 5 Mhz pour le débit descendant, et une bande passante de 5 Mhz pour le débit montant. Le débit maximal supporté par un seul code est de 384 kbit/s. Afin de pouvoir supporter un débit de 2 Mbit/s, plusieurs codes sont nécessaires. [6]

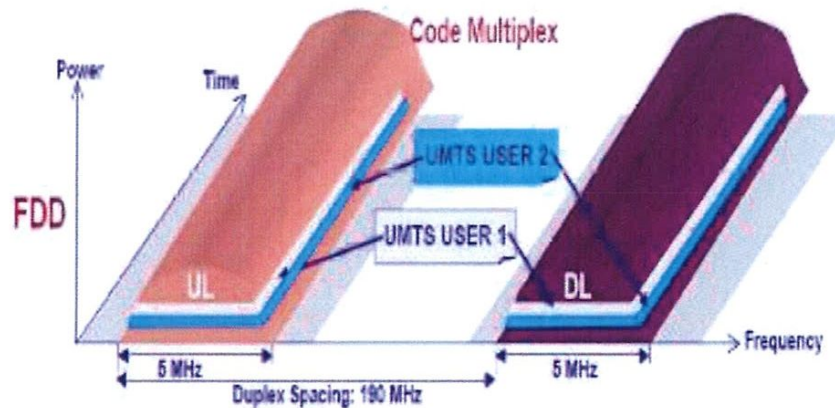


Figure I.5 : Le multiplexage FDD. [6]

• **Le TDD (Time Division Duplex) :**

Le multiplexage de type TDD n'utilise qu'une seule bande passante de 5 Mhz divisée en portions de temps (time slot) utilisables aussi bien pour le débit montant que pour le débit descendant. Elle comprend donc une composante TDMA (Time Division Multiple Access) en plus de la séparation par code. Cela permet d'obtenir une large gamme de débits de services en allouant plusieurs codes ou plusieurs intervalles de temps à un utilisateur. [6]



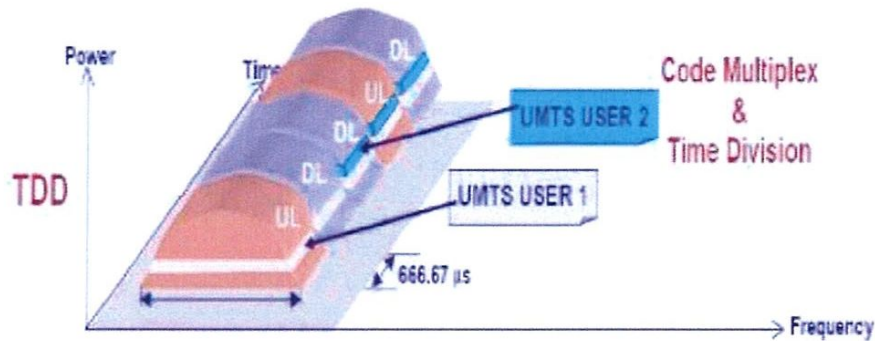


Figure I.6 : Le multiplexage TDD. [6]

#### I.3.2.2.2. Scrambling codes

Le scrambling, réalisé par l'émetteur, permet de séparer les différents signaux d'une même station de base ou d'un même terminal sans modifier ni le débit, ni la bande passante. Cela permet d'étaler un signal par plusieurs émetteurs avec le même code d'étalement sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code de scrambling, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment. [5]

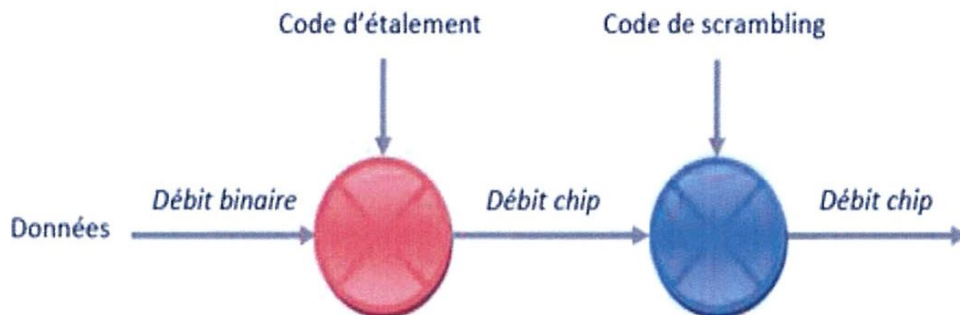


Figure I.7 : Le mécanisme de scrambling. [5]

### I.3.3. Contraintes de W-CDMA

Il existe certaines contraintes quant à l'utilisation de cette technologie.

#### I.3.3.1. L'effet near-far

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage.

Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de bases et

d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied du Nœud B est affaiblis par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur puissant. [5]

Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Le système de contrôle rapide en boucle fermée (Closed-loop Power Control) a été retenu pour le W-CDMA. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interference Ratio) en les comparant avec la valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter.

Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

Le schéma ci-dessous illustre ce phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés au même Nœud B. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente à l'arrivée du signal à la station de base. [5]

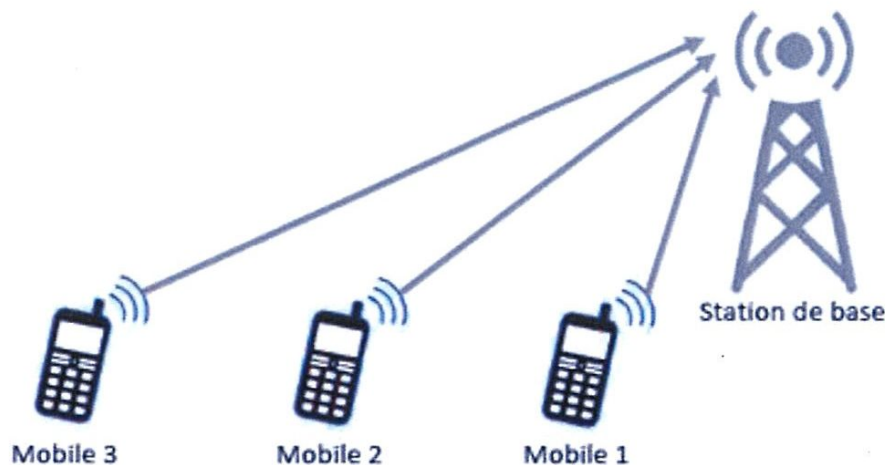
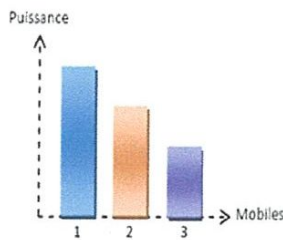
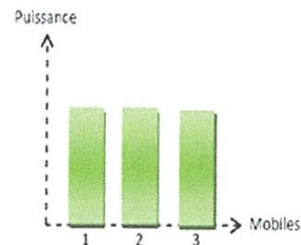


Figure I.8 : Effet Near-Far. [5]

Les deux schémas ci-dessous présentent les puissances reçues par le Nœud B sans et avec contrôle de puissance :



Puissance Mobile 1 > Puissance Mobile 2 > Puissance Mobile 3



Puissance Mobile 1 = Puissance Mobile 2 = Puissance Mobile 3

Figure I.9 : Sans contrôle de puissance. [5]

Figure I.10 : Avec contrôle de puissance. [5]

### I.3.3.2. Le contrôle de puissance

Les systèmes WCDMA sont connus pour la sensibilité de leur interface air aux interférences. Ceci est dû au fait que tous les utilisateurs transmettent à la même fréquence, avec chacun un code qui le caractérise. Pour remédier à cette sensibilité, une bonne gestion de cette interface s'avère nécessaire. En effet, le contrôle de puissance surveille d'une façon continue la qualité du lien radio en ajustant la puissance du Noeud B et du UE. Le but de cette fonction est de s'assurer que chaque utilisateur dans le réseau ne reçoit et transmet que l'énergie suffisante au maintien d'une connexion.

En UMTS, deux boucles de contrôle de puissance fonctionnent en parallèle. Une première boucle ouverte assez lente permet d'initialiser la transmission.

Mais c'est surtout une deuxième boucle de contrôle de puissance, dite fermée, transmettant des commandes d'ajustement, qui constitue une avancée importante. [7]

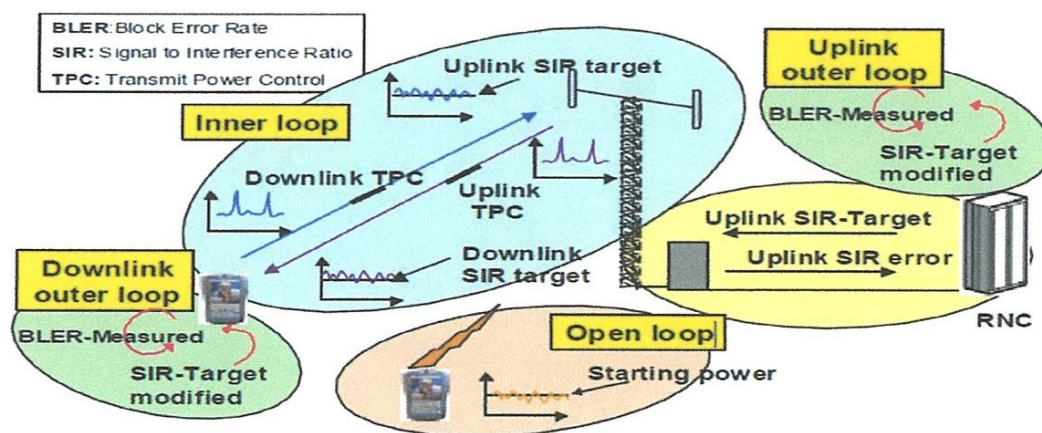


Figure I.11 : Principe de control de puissance. [7]

### **I.3.3.2.1 Contrôle de puissance en boucle ouverte (Open Loop Power Control)**

Appelée aussi la boucle ouverte, elle sert à fixer la puissance initiale transmise du PRACH et DPCCH en UL. Pour ce faire, le UE continue à envoyer des préambules au RNC jusqu'à réception d'un AICH avec indication positive. À chaque fois le UE augmente la puissance du préambule.

### **I.3.3.2.2 Contrôle de puissance en boucle fermée (Closed Loop Power Control)**

Cet algorithme est subdivisé en deux boucles, interne et externe :

#### ➤ **Boucle externe de contrôle de puissance (Outer Loop Power Control, OLPC)**

Le but de ce mécanisme est d'ajuster la SIR Target au niveau de la BTS et du UE pour garder une qualité constante, correspondant à un certain BLER Target.

#### ➤ **Boucle interne de contrôle de puissance (Inner Loop Power Control)**

Cette boucle a été mise en place pour suivre les évanouissements de multi trajet pour une large valeur de vitesses de mobiles, puisque le Eb/No reçu peut être gardé stable, alors que la puissance transmise est variée en pics. [7]

### **I.3.3.3. Les Handovers**

Les appareils mobiles permettent de communiquer en mouvement. Cela implique qu'il arrive que ceux-ci se retrouvent dans une zone de chevauchement de deux cellules. Il ne faut en aucun cas couper une communication. Il existe plusieurs sortes de handovers :

- **Softer handover** : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone commune de deux secteurs couverts par le même Nœud B.
- **Soft handover** : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux Nœud B. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre ces deux Nœud B. [5]

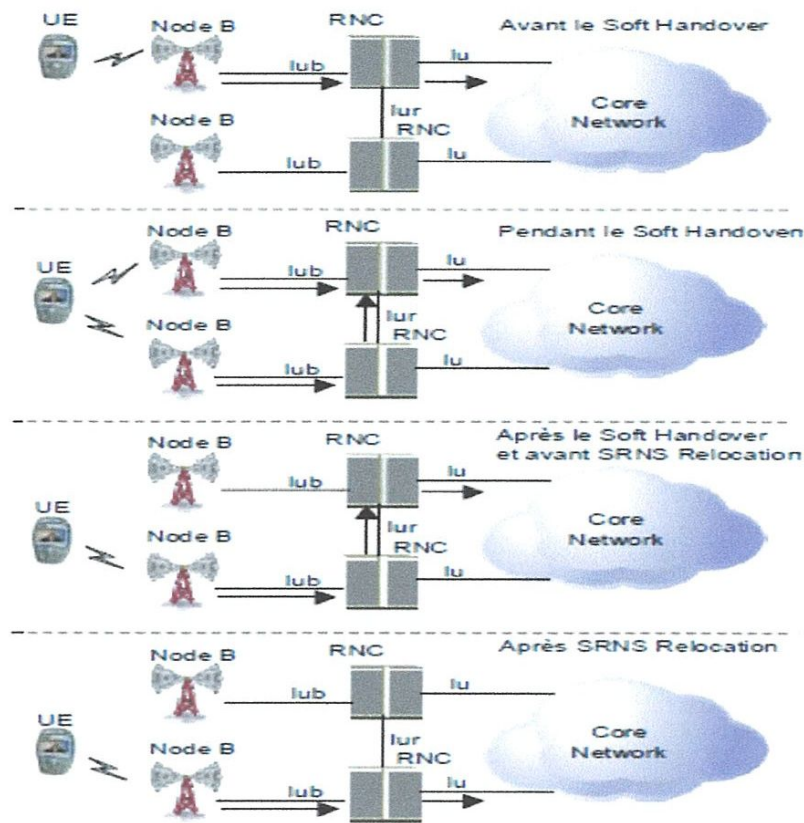


Figure I.12 : Procédures "Soft Handover" et "SRNS Relocation". [2]



Figure I.13 : Exemple de soft Handover. [5]

- **Hard handover inter-fréquences** : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.
- **Hard handover** : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre (inter-systèmes)

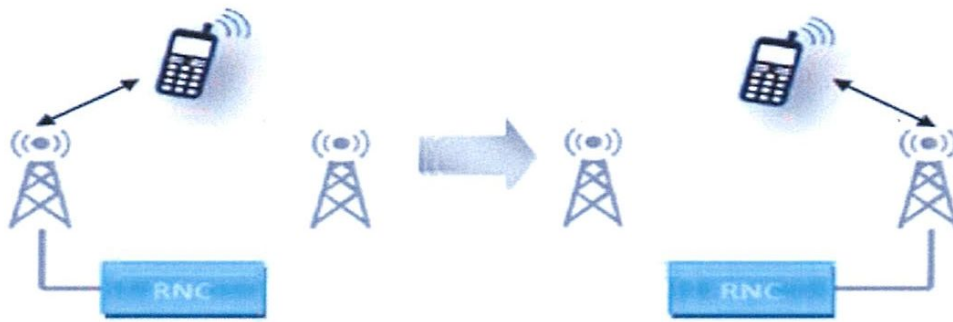


Figure I.14 : Exemple de hard handover. [5]

#### I.3.3.4. Le Fast-Fading

On appelle Fast-Fading l'annulation de deux ondes déphasées d'une demi-longueur et ayant emprunté plusieurs parcours.

Prenons comme exemples deux ondes ayant une différence de longueur égale à une demi-longueur d'onde ; elles arrivent pratiquement au même moment au récepteur. Leur déphasage d'une demi-longueur fait qu'elles s'annulent à cet instant. Cela est dû aux différents parcours empruntés par les ondes. L'autre facteur d'une telle annulation est le fait que le récepteur soit immobile ou se déplace à faible vitesse.

Cependant, il est possible de remédier à ce problème par l'intermédiaire de protocoles de codage, d'entrelacement et de retransmission qui ajoutent de la redondance et de la diversité temporelle au signal. Ainsi, malgré les atténuations des signaux, le récepteur sera apte à récupérer les données envoyées. De plus, il est possible de recombinaison l'énergie du signal en utilisant de multiples récepteurs à corrélation. Ces derniers corrigent tous les changements de phase ou d'amplitude. [5]

#### I.3.3.5. Les trajets multiples

La transmission des signaux dans un canal est caractérisée par de multiples réflexions, diffractions et atténuations du signal. Ces phénomènes sont provoqués par les obstacles rencontrés par les signaux. C'est pour cette raison que ces derniers empruntent des trajets multiples afin d'atteindre leur cible. Il en résulte que le signal réalise des temps de trajet variables en fonction du chemin emprunté ; il en est de même pour la puissance du signal qui peut varier. Le récepteur peut recevoir plusieurs fois le même signal décalé. Ce temps de décalage peut varier de 2  $\mu$ s en ville à 20  $\mu$ s dans des zones vallonnées. Il est donc impératif que le récepteur sache identifier et séparer les différentes composantes dans le but de reconstituer les données. [5]

## I.4. Généralités sur HSPA/HSPA+

### I.4.1. High Speed Packet Access, HSPA

La première évolution de l'UMTS R99 est la norme HSPA, appelée la technologie 3.5G (au-delà de la 3G), qui avait été introduite sur deux versions, dont le but est : l'augmentation des performances de données par paquets, et l'augmentation de la capacité du système UMTS.

La première version a été introduite sur la norme 3GPP Release 5 (en Septembre 2002) pour améliorer le débit dans la liaison descendante (HSDPA pour *High Speed Downlink Packet Access*) jusqu'à 14,4 Mbps fournissant ainsi cinq fois plus de capacité de liaison descendante. Cette augmentation de débit a été faite à travers l'ajout d'un canal de transport en liaison descendante appelé « High Speed – Downlink Shared Channel (HS-DSCH) ».

L'autre version a été introduite sur la norme 3GPP Release 6 (en Décembre 2004) pour améliorer le débit dans la liaison montante (HSUPA pour *High Speed Uplink Packet Access*) jusqu'à 5,7 Mbps, fournissant ainsi double la capacité dans ce sens montant. [4]

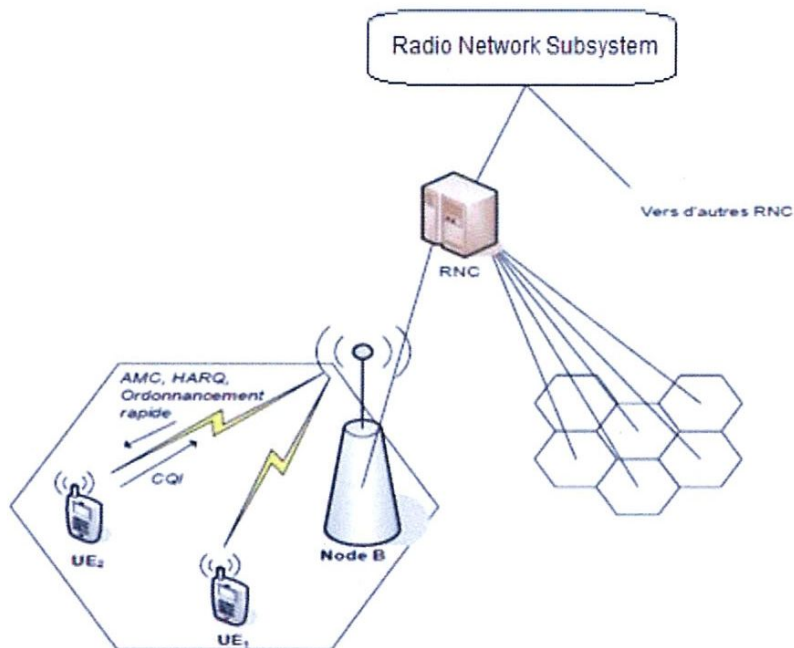


Figure I.15 : Architecture système avec le HSDPA. [5]

La technologie UMTS et son évolution HSPA ont cependant commencé à montrer leurs limites en termes de capacité. La mise sur le marché de terminaux attractifs comme les

smartphones et l'introduction de nouveaux services impliquant une connexion quasi-continue au réseau sont des facteurs qui ont mené à un essor brutal des usages et du trafic à écouler par les réseaux. On a fait, à l'époque, référence aux utilisateurs toujours connectés ou *always-on*.

Cette augmentation du trafic implique un partage des ressources entre les utilisateurs et, dans certains cas, une réduction des débits qui leur sont délivrés. Avec l'augmentation de la charge des réseaux, la qualité de service fournie aux clients se dégrade, ce qui pose un véritable problème aux opérateurs de réseaux mobiles. Deux pistes ont été suivies par le 3GPP afin de répondre à ces contraintes :

- la définition d'évolutions du HSPA, appelées HSPA+ ;
- la définition du LTE.

#### **I.4.2. High Speed Packet Access+, (HSPA+)**

La norme HSPA+ est une évolution de la norme HSPA, elle a été normalisée par le 3GPP au cours des Releases 7 (2007), permettant d'atteindre des débits théoriques de 21 Mbit/s par cellule radio en téléchargement. HSPA+ est un terme qui regroupe plusieurs évolutions techniques visant principalement à améliorer :

- les débits fournis aux utilisateurs et la capacité du système ;
- la gestion des utilisateurs *always-on*. [8]

Cette amélioration des débits et de la capacité est rendue possible par l'introduction de nouvelles techniques. En voie descendante, la modulation 64QAM est désormais prise en charge, de même que la modulation 16QAM en voie montante.

L'évolution HSPA+ peut atteindre aussi un débit de 42 Mbit/s en « Dual Carrier » ou une cellule peut transmettre des données à un utilisateur sur deux porteuses simultanément en voie descendante, à l'aide de la fonctionnalité DC-HSDPA (*Dual Carrier – HSDPA*). Le spectre supportant la transmission n'est donc plus limité à 5 MHz mais à 10 MHz. Les débits fournis à l'utilisateur sont potentiellement doublés. De plus, la largeur de bande plus élevée permet au système une gestion plus efficace des ressources spectrales. Et jusqu'à 84 Mbit/s en mode DC +MIMO (2×2). [8]

La technologie HSPA+ permet aussi théoriquement, en liaison montante, un débit maximal de 11,5 Mbit/s avec des terminaux compatibles.



### I.4.2.1. Fonctionnalité MIMO

La fonctionnalité MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) est également introduite pour améliorer les débits en voie descendante. Les utilisateurs *always-on* sont mieux pris en compte via des fonctionnalités regroupées sous le terme de CPC (*Continuous Packet Connectivity*).

Le HSPA+ intègre enfin une option d'architecture qui réduit la latence du système via la suppression du contrôleur des stations de base pour les services de données. Les évolutions HSPA+ apportent ainsi des gains très significatifs en termes de débits, de capacité et de latence et renforcent la pérennité des réseaux 3G. La **Figure I.16** dresse une comparaison non exhaustive des technologies 3GPP hors LTE jusqu'à la Release 8. [8]

	GSM/GPRS/EDGE	UMTS Release 99	HSPA	HSPA+ Release 7
Débit maximal UL	118 Kbit/s	384 Kbit/s	5,8 Mbit/s	11,5 Mbit/s
Débit maximal DL	236 Kbit/s	384 Kbit/s	14,4 Mbit/s	42 Mbit/s
Latence	300 ms	250 ms	70 ms	30 ms
Largeur de canal	200 kHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz avec possibilité de deux canaux simultanés
Technique d'accès multiples	FDMA/TDMA	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA/TDMA
Modulation DL Modulation UL	GMSK 8PSK	QPSK BPSK	QPSK, 16QAM BPSK, QPSK	QPSK, 16QAM, 64QAM BPSK, QPSK, 16QAM
Bandes de fréquences usuelles (MHz)	900/1800	900/2100	900/2100	900/2100

**Figure I.16 :** Comparaison des technologies GSM, UMTS R99, HSPA et HSPA+ R7. [2]

## I.5. Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons, tout d'abord, cité l'évolution des réseaux de téléphonie mobile depuis leur première apparition jusqu'à leur dernière évolution. Ensuite, nous nous sommes concentrés sur l'étude des fonctionnalités du réseau UMTS, son architecture, technique d'accès et ses contraintes majeures. Nous avons, enfin, abordé les évolutions HSPA/HSPA+ vue l'importance actuelle qui leurs est donnée en Algérie.

*CHAPITRE II :*

Planification et  
dimensionnement  
d'un réseau WCDMA

## II.1. Introduction :

La planification d'un réseau radio WCDMA s'avère différente de celle des systèmes cellulaires de deuxième génération. En effet, le réseau UMTS opère dans la bande 2100 MHz qui est plus supérieure que les bandes 900 MHz et 1800 MHz, typiquement utilisés dans les systèmes TDMA tel que le GSM. De plus, les débits élevés offerts par l'UMTS nécessitent un rapport  $E_b/N_0$  supérieur. Ces différences entre les systèmes GSM et UMTS, en termes de bandes de fréquences et en termes de débits supportés, impliquent que la propagation radio ne sera pas aussi équivalente. Par conséquent, les bons sites en GSM ne sont pas nécessairement des sites optimaux en UMTS.

Dans ce deuxième chapitre nous allons traiter, à travers notre étude théorique et aussi notre stage pratique, les concepts principaux dans la planification et le dimensionnement de réseaux WCDMA.

## II.2. Définition et objectifs de la planification WCDMA :

### II.2.1. Définition :

On appelle planification de réseau radio WCDMA, l'étape visant à estimer le nombre des équipements nécessaires et les configurations de l'interface radio (couche physique) permettant d'atteindre les performances attendues en termes de couverture, de capacité et de qualité de service. Elle concerne le déploiement ou l'évolution de réseaux téléphoniques cellulaires et elle est basée sur une expérience empirique, sur des outils de simulation et/ou sur des mesures sur terrain. [9]

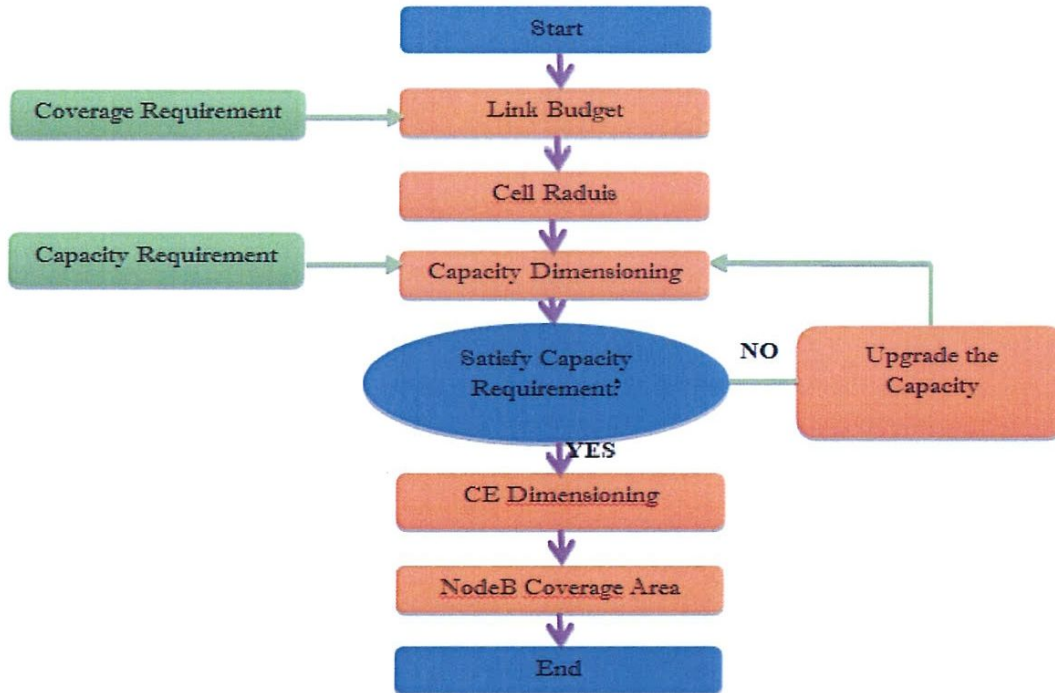
### II.2.2. Objectifs :

Les objectifs de la planification sont définis par les opérateurs et sont en termes de :

- **Couverture** : pour obtenir la couverture de service sur une surface donnée.
- **Capacité** : pour supporter les trafics des abonnés (Prévisions d'abonnés) avec une probabilité de blocage et de retard très faible (Spectre disponible.).
- **Qualité de service** : pour établir une relation entre la capacité et la couverture et garder une certaine valeur de QoS (Débits utilisateur, probabilité de blocage)
- **Coût** : pour permettre une implémentation économique du réseau quand le service est établi et pour une extension contrôlée du réseau. [9]

### II.3. Processus de planification d'un réseau WCDMA :

Dans cette partie nous allons étudier les trois phases de la planification WCDMA à savoir le dimensionnement, le déploiement (l'installation du réseau) et la vérification des performances. Le processus de planification de réseau radio UMTS est illustré à la **Figure II.1**.



**Figure II.1:** procédure de planification du réseau radio UMTS. [4]

#### II.3.1. Dimensionnement :

Le dimensionnement d'un réseau radio mobile WCDMA est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leurs configurations, définir les bilans de puissance, estimer le nombre de sites (Nœud B, RNC) ainsi que le nombre d'équipements du réseau cœur nécessaire, que ce soit dans le domaine circuit ou dans le domaine paquet. [9]

##### II.3.1.1. Dimensionnement de la couverture :

Le dimensionnement de la couverture d'un réseau UMTS repose essentiellement sur la réalisation d'un bilan de liaison qui permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué

MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de cellule et sa taille (surface). Sachant la taille de la cellule, on pourra donc déterminer le nombre de Node B nécessaires pour la zone à couvrir. [7]

Le processus de dimensionnement de la couverture d'un réseau WCDMA est illustré dans la Figure II.2

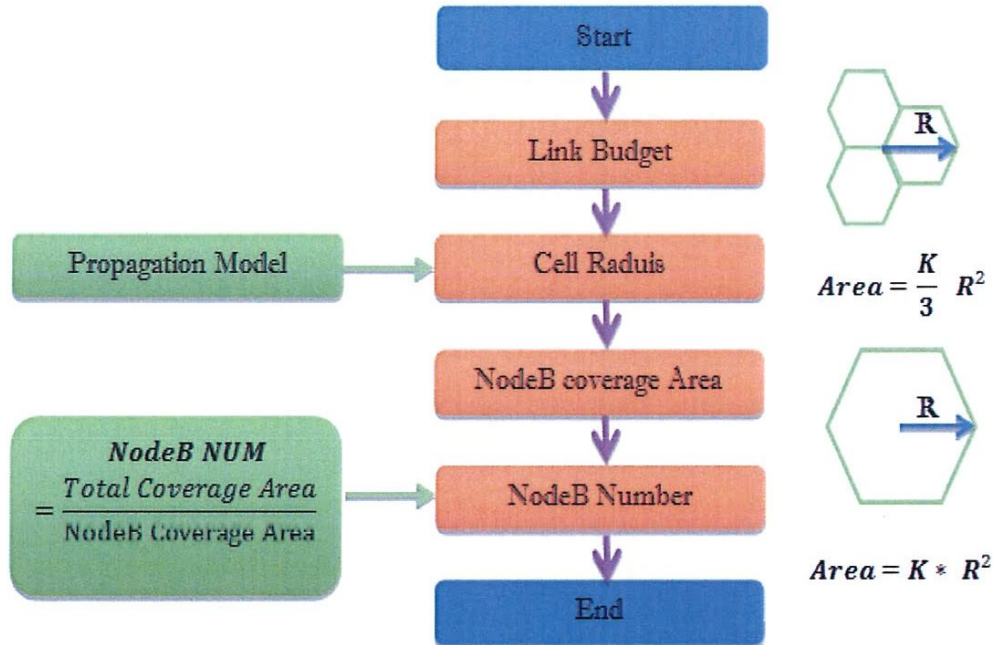


Figure II.2: Processus de dimensionnement de la couverture d'un réseau WCDMA. [4]

#### II.3.1.1.1. Bilan de liaison :

##### a) Paramètres du bilan de liaison

La réalisation du bilan de liaison repose principalement sur les paramètres suivants :

##### ❖ Paramètres de transmission

- Bruit thermique: sa puissance  $N_{th}$  est donnée par  $k * T_0$  avec  $k$  est la constante Boltzmann ( $k = 1.38 * 10^{-20}$  mW/Hz/K) et  $T_0 = 293$  K :  $N_{th} = -174$  dBm/Hz.
- Débit Chip  $T_c$  : fixé à 3.84 Mchip/s.
- Marge de fading de masquage (*Shadowing margin*) : elle est due aux effets de masquage. Elle est en fonction de la probabilité de couverture de la cellule, localisation de l'UE et du Gain de *Soft / Softer* handover.

- Marge de fading rapide (fading de Rayleigh). Il s'agit d'un fading rapide qui dépend de la qualité de service requise et de la nature de l'environnement auquel appartient l'UE. [7]

#### ❖ Paramètres de l'équipement utilisateur

- Puissance maximale (PUE) : elle varie selon la classe des mobiles. Pour les mobiles de classe 3, elle est de 24 dBm. Pour les mobiles de classe 4, elle est de 21 dBm.
- Gain d'antenne du mobile :  $G_{UE}$
- Pertes dans les câbles d'alimentation de l'antenne du mobile  $L_{fMS}$
- Perte due au corps de l'utilisateur :  $L_{Body}$ .

#### ❖ Paramètres du Noeud B

- Facteur de bruit NF (*Noise Factor*) : il s'agit du facteur de bruit généré au récepteur.
- Pertes de connecteurs et de feeders :  $L_{fNoeud B}$
- Puissance maximale : la puissance maximale du *Noeud B* intervient au niveau du bilan de liaison pour le lien descendant :  $P_{Noeud B}$
- Gain d'antenne :  $G_{Noeud B}$  [7]

#### ❖ Paramètres liés aux services

- Gain de traitement (*Processing Gain*) :  $G_p = 10 \log (\text{Débit chip}/\text{Débit service})$  (1)
- $(E_b/N_0)$  requis : cette variable caractérise la qualité de service à atteindre pour le service considéré. Elle varie en fonction de la mobilité de l'utilisateur.
- Gain de *Soft handover* (GSHO) : il correspond au gain que le mobile réalise dans une situation de soft handover. Dans cette situation, le mobile est connecté à plus qu'une station de base et donc utilise une puissance minimale.
- Marge d'interférence (*NRUL: Noise Rise Uplink*) : Ce paramètre correspond au niveau d'augmentation du bruit due à l'augmentation de la charge dans la cellule. Cette marge d'interférence est liée au facteur de charge ( $\eta_{ul}$ ) qui mesure la charge de chaque lien (montant ou descendant). La marge d'interférence est importante si la capacité et la charge autorisée dans la cellule sont importantes. Ainsi, dans les zones urbaines, cette marge doit être importante alors que dans les zones rurales, la marge d'interférence est faible. Le réseau doit être planifié de façon à pouvoir supporter une certaine marge d'interférence afin de garantir un rayon minimum pour la cellule et pour chaque service. [7]
- La marge d'interférence (noise rise) est donnée par la formule suivante :

$$N_{RUL} = -10 \log(1 - \eta_{ul}) \quad (2)$$

### b) Bilan de liaison pour le lien montant

Pour le calcul du bilan de liaison pour le lien montant, il faut tout d'abord déterminer EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). Elle correspond à la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne isotrope pour obtenir le même champ à la même distance. Elle a l'expression suivante :

$$\text{EIRP (dBm)} = P_{UE} + G_{UE} - L_{Body} - L_{FMS} \quad (3)$$

L'affaiblissement maximal admissible sur le lien montant est donnée par :

$$L_{MAX\_UL} = \text{EIRP} + G_{Noeud B} - L_{Noeud B} + G_{SHO} - M_{Fad\_Ray} - M_{Fad\_Shad} \quad (4)$$

Avec :

$M_{Fad\_Ray}$  est la marge due au fading de Rayleigh.

$M_{Fad\_shadow}$  est la marge due au fading de masquage. [7]

### c) Bilan de liaison pour le lien descendant

- **Canal de trafic** : Dans le cas du lien descendant, l'expression d'EIRP (dBm) s'écrit comme suit:

$$\text{EIRP (dBm)} = P_{Noeud B} + G_{Noeud B} - L_{Noeud B} \quad (5)$$

Pour déterminer la perte maximale admissible, on calcule la somme totale des bruits et des interférences créées par tous les mobiles en suivant les étapes suivantes :

On calcule le facteur de bruit du récepteur du *Noeud B*. Son expression est donnée par :

$$N_{Noeud B} = -N_{th} + N_F + 10 \times \log(T_C) \quad (6)$$

- ❖ On calcule la somme des interférences reçues au récepteur. Sa valeur est donnée par :

$$T_{Totint} = 10 \times \log \left[ 10^{\frac{N_{Noeud B} + N_{Rul}}{10}} + 10^{\frac{N_{Noeud B}}{10}} \right] \quad (7)$$

- ❖ Finalement on ajoute les bruits pour trouver la somme totale. Elle est donnée par:

$$T_{Totint\ bruit} = 10 \times \log \left[ 10^{\frac{T_{Totint}}{10}} + 10^{\frac{N_{Noeud B}}{10}} \right] \quad (8)$$

Une fois la valeur de la somme des bruits et des interférences est calculée, on détermine la valeur de la sensibilité du récepteur en utilisant la formule suivante :

$$S_{RX} = (E_b/N_o) + T O t_{intbruit} - G_p \quad (9)$$

La perte de propagation maximum sur le lien descendant pour un canal de trafic est le suivant :

$$L_{TCH\_DL} = EIRP - S_{RX} + G_{UE} - L_{f_{MS}} + G_{SHO} - M_{Fad\_Ray} - M_{Fad\_Shad} \quad (10)$$

PS : La puissance du canal pilote doit être ajusté en fonction de la puissance des canaux de trafic de sorte qu'elle ne soit pas trop élevée. En effet, une puissance importante du canal pilote a pour conséquences la réduction de la puissance des canaux de trafic et un niveau de brouillage important. [7]

### II.3.1.1.2. Les modèles de propagation:

#### a) Le modèle COST 231 Hata

Le modèle COST 231 Hata a les mêmes conditions que le modèle d'OkumuraHata sauf qu'il est développé pour étendre l'utilisation de ce modèle pour les bandes de 1500 à 2000 MHz. Le *pathloss* est donné par la formule suivante :

L'expression de  $a(h_2)$  dépend du type de la ville :

$$L_p = 46.33 + (44.9 - 6.55 \log(h_1) \times \log(d) + 33.9 \log(f) - a(h_2) - 13.82 \log(h_1) + C \quad (11)$$

❖ petite et moyenne ville :

$$(h_2) = (1.1 \times \log(f) - 0.7) \times h_2 - 1.56 \times \log(f) + 0.8 \quad (12)$$

❖ grande ville :

$$(h_2) = 3.2 \times \log_2(11.75 \times h_2) - 7.97 \quad (13)$$

La valeur de la constante C varie selon la nature du milieu :

- milieu urbain ;  $C = 0$
- milieu suburbain ;  $C = -51.11$
- milieu rural ;  $C = -30.23$
- Hauteur de l'antenne de la station de base  $H1$
- Hauteur de l'antenne du mobile  $H2$
- Distance entre le mobile et la station de base  $d$  [6]



### b) Le modèle de WalfischIkegami

Ce modèle combine les approches empiriques et déterministes pour calculer les pertes de propagation en milieu urbain. Il prend en compte aussi la perte de propagation en espace libre. [6]

#### II.3.1.1.3 Estimation du rayon de la cellule :

Une fois nous avons déterminé le *pathloss* maximal dans la cellule, il ne reste plus qu'à appliquer un modèle de propagation connu pour estimer le rayon de la cellule. Le modèle de propagation doit être choisi de sorte qu'il soit conforme à la région planifiée. Les critères de choix du modèle de propagation sont la distance par rapport au *Noeud B*, la hauteur de l'antenne du *Noeud B*, la hauteur de l'antenne du UE et sa fréquence.

La zone de couverture d'une cellule, si nous choisissons le motif hexagonal, est  $S$ ,  $r$  est le rayon maximal de la cellule et  $K$  est une constante. Le tableau suivant donne quelque valeur de  $K$  suivant le nombre de secteurs.

Configuration du site	Valeur de K
Omnis	2.6
2 secteurs	1.3
3 secteurs	1.95
6secteurs	2.6

**Tableau II.1:** Valeurs du motif K en fonction de la configuration du site

#### II.3.1.1.4. Calculs et résultats :

En ce qui suit, un modèle de bilan de liaison de l'opérateur Djezzy, pour une zone suburbaine, à suivre pour estimer la valeur du rayon de la cellule et ainsi déterminer le nombre de sites, les résultats de nos calculs sont les suivants.

##### ➤ Le bilan de liaison :

Scenarios :		Suburban	
		Uplink	Downlink
Fixed Value	TMA Used	Yes	Yes
Fixed Value	Continuous coverage service	PS128	PS384
	Rate (Kbps)	128	384

<b>Tendering party</b>			
<b>Input</b>	BLER requirement	<b>10,00%</b>	<b>10,00%</b>
Fixed Value	Channel model	TU-3	TU-3
Fixed Value	Target load	50%	50%
	<b>Tx</b>		
Fixed Value	Max. NodeB transmit power (dBm)		43,01
Fixed Value	Max. TCH transmit power (dBm)	21	33
Fixed Value	Cable & Connector loss Tx (dB)	0	3
Fixed Value	Body lossTx (dB)	0	0
Fixed Value	Antenna Gain Tx (dBi)	0	17
	<b>EIRP (dBm)</b>	<b>21</b>	<b>47</b>
	<b>Rx</b>		
Standard Value	Thermal Noise Density dBm/Hz	-174,00	-174,00
Formula	Thermal Noise Power dBm	-108,16	-108,16
<b>Tendering party</b>			
<b>Input</b>	Noise figure (dB)	<b>1,60</b>	<b>7,00</b>
	<b>Noise Power at Receiver (NoW)</b>	<b>-106,56</b>	<b>-101,16</b>
Formula			
<b>Tendering party</b>			
<b>Input</b>	RequiredEb/No (dB)	<b>2,10</b>	<b>3,50</b>
Formula	Precessing Gain	14,77	10,00
	<b>Receiversensitivity (dBm)</b>	<b>-119,23</b>	<b>-107,66</b>
Fixed Value	Antenna gain Rx (dBi)	17,00	0,00
Fixed Value	Cable & Connector loss Rx (dB)	3,00	0,00
Fixed Value	Body lossRx (dB)	0,00	0,00
Formula	Interferencemargin (dB)	3,01	3,01
<b>Tendering party</b>			
<b>Input</b>	TMA Gain	<b>3,00</b>	0,00
<b>Tendering party</b>			
<b>Input</b>	Fast fading (Multipath fading) margin (dB)	<b>1,01</b>	<b>0,00</b>
Fixed Value	Penetrationloss (dB)	15,00	15,00
Fixed Value	Area coverageprobability	95%	95%

<b>Tendering party</b>	Slow fading (Shadowing) margin (dB)	4,80	4,80
	<b>Path loss (dB)</b>	<b>136,42</b>	<b>134,86</b>
	<b>Cell radius (km)</b>		
Fixed Value	UE antennaheight (m)	1,5	1,5
Fixed Value	NodeB antennaheight (m)	22	22
Fixed Value	FrequencyUplink (MHz)	1950	
Fixed Value	FrequencyDownlink (MHz)		2140
		CostHata	CostHata
Fixed Value	Propagation model used	231	231
Formula	A	0,046103	0,049737
Fixed Value	Cm	-12	-12
	<b>Cell radius (km)</b>	<b>1,79</b>	<b>1,48</b>
	<b>Cell Range (km)</b>	<b>1,48</b>	
	<b>Restricting Link</b>	<b>DL</b>	
	<b>Inter Site Distance (km)</b>	<b>2,22</b>	
	<b>Area coverage of the Node B (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>4,28</b>	
	<b>Area of the Clutter (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>10,2</b>	
	<b>Nbr of Node B</b>	<b>6</b>	

**Tableau II.2 :** Exemple d'un bilan de liaison pour le R99 (Djezzy) d'une zone suburbaine

Paramètres	Définitions
Site	Code du site
Transmitter	code de la cellule (secteur)
CGPS	Les coordonnées GPS des sites
Frequency Band	2100Mhz
Antenna	Type d'antenne
Height (m)	hauteur des bas d'antennes
Azimuth (°)	l'orientation des secteurs (cellules)
MechanicalDowntilt (°)	Tilt mécanique

Additional Electrical Downtilt (°)	A ajouter en cas de nécessité
Main Propagation Model	Cost-Hata
Transmission losses (dB)	Pertes de transmissions en cas d'existence
Reception losses (dB)	Pertes à la réception
Noise figure (dB)	Bruit introduit par le système
TMA Equipment	type d'amplificateur monté sur le support.

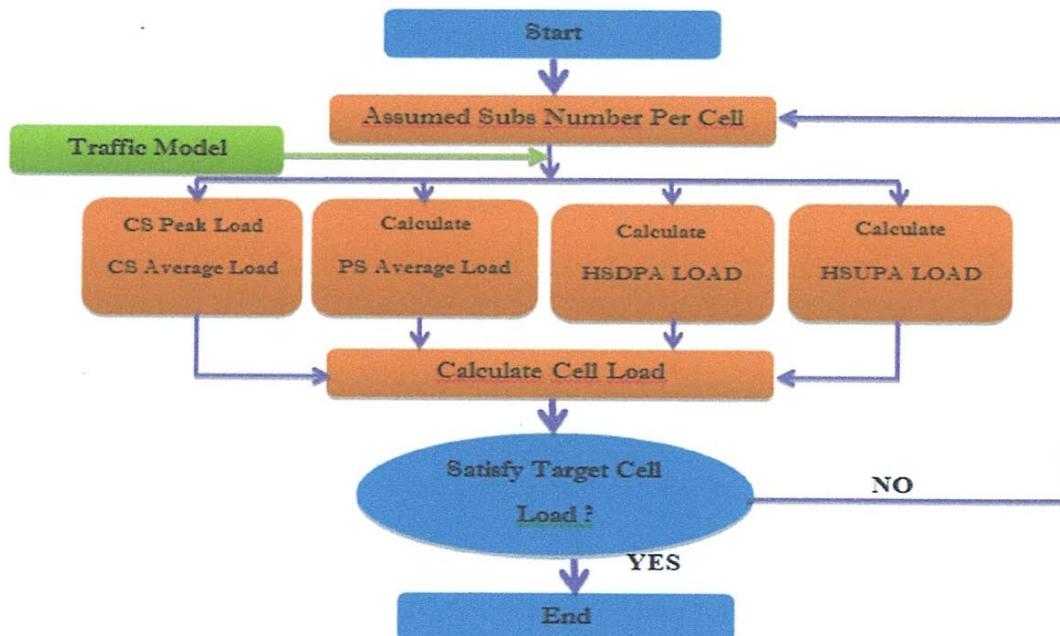
**Tableau II.3 :** Données à introduire dans le bilan de liaison.

La capacité et la couverture sont deux aspects relatifs dans les réseaux WCDMA et doivent par conséquent être considérés simultanément dans le dimensionnement. Cependant, du fait que notre étude repose principalement sur tout ce qui est Radio (couverture et qualité de service), nous avons dû parler brièvement du dimensionnement de la capacité avant d'entamer l'étape du déploiement du réseau.

### II.3.1.2. Dimensionnement de la capacité :

Le dimensionnement radio en WCDMA du point de vue capacité consiste à déterminer non seulement le nombre de Noeud B mais aussi le nombre de canaux élémentaires permettant d'écouler le trafic demandé par les utilisateurs du réseau WCDMA [4]

Le processus général du dimensionnement de la capacité est illustré dans la **Figure II.3**.



**Figure II.3 :** Processus de dimensionnement de la capacité d'un réseau WCDMA. [4]

### II.3.2. Choix et placement des sites :

Une fois nous avons déterminé le nombre de sites à installer (dimensionnement de la couverture) et estimé la quantité de trafic qui y sera écouler (dimensionnement de la capacité), nous pourrons entamer l'étape du choix et du placement des sites, soit théoriquement on utilisant Google Earth/ outils de simulation (Atoll, Planet EV...etc.) soit en faisant des visites sur terrains d'anciens sites 2G et aussi créer de nouveaux sites. [7]

#### II.3.2.1. Présentation du logiciel de simulation Atoll :

Nous avons choisi d'utiliser le logiciel Atoll 3.1.2, commercialisé par la société **Forsk**®, qui est un logiciel professionnel multi-technologique complet, à destination des opérateurs, de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaires. Atoll peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux : du design à l'expansion et l'optimisation.

#### II.3.2.2. Création d'une base de données :

La base de données doit contenir les:

- Coordonnées GPS des sites
- Azimuts de chaque antenne de chaque site
- Types d'antennes
- HBA moyenne
- Paramètres physiques (Tilt, TMA,...)

#### ➤ Création et paramétrage de site

- Modèle de station
  - GPRS 900/1800
  - GSM 900/1800
  - UMTS...
- Types
  - Urbain
  - Suburbain
  - Rural....
- Site
  - Mono ou Tri-sectoriel
  - Émetteurs paramétrables
- Emetteur

- Puissance / Pire
- Pertes totales
- Type d'antenne
- Equipements (TMA, câbles, BTS...)
- Tilt
- Antenne
  - Gain
  - Diagramme de rayonnement
  - Atténuation en fonction de l'azimut

De plus, l'ensemble de données que nous avons établies dans le dimensionnement de la couverture et de la capacité (valeurs de puissances, Atténuation totale.. etc.). Ce qui fait toute une base de données à exploiter sur l'outil de simulation (Atoll). [7]

### II.3.2.3. Importation de la base des données sur Atoll :

Nous importons la base de données, qu'on a créée sur Atoll pour traduire ses données sur la carte de travail. La Figure II.4 présente l'emplacement des sites sur la zone à planifier.

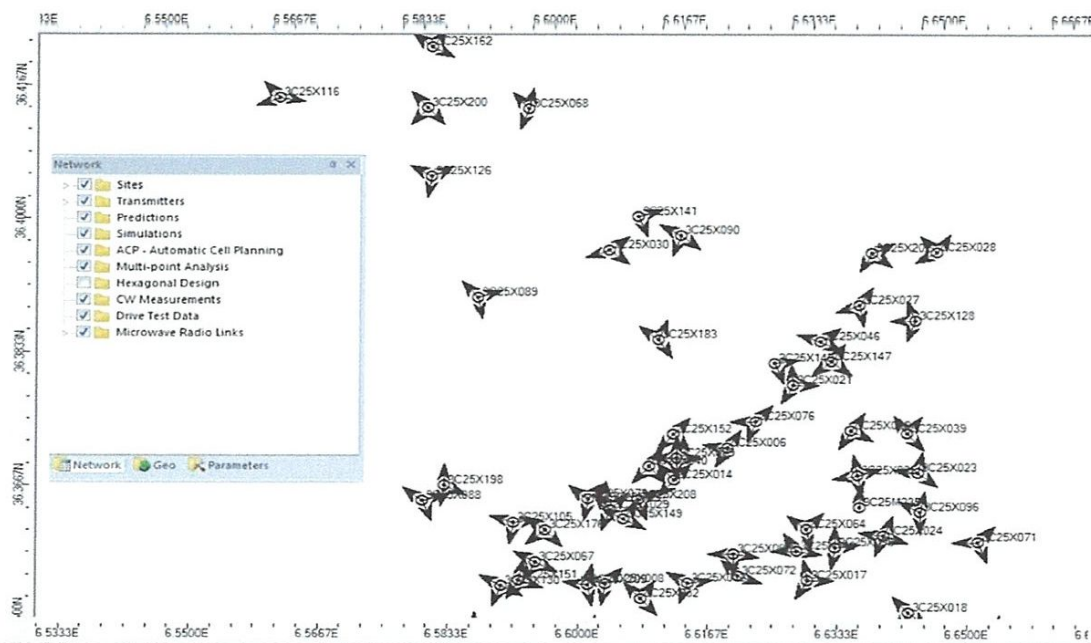
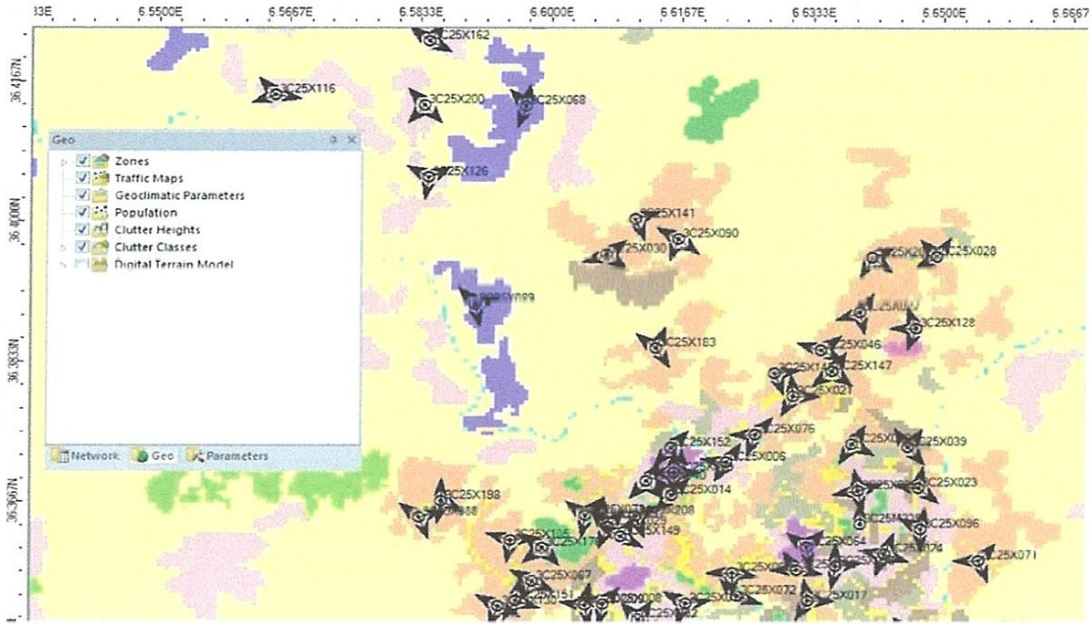


Figure II.4 : Placement des sites dans la zone à planifier (la ville de Constantine)

**II.3.2.4. Importation des Clusters :**

Ensuite, nous importons ce que l'on appelle *Clutter Classes* sur la carte de travail de notre projet pour bien montrer la classe de la zone à planifier (Forêt, mer, zone urbaine, suburbaine... etc.) La **Figure II.5** montre l'emplacement des sites de la ville de Constantine qui est une zone dense urbaine.



**Figure II.5 :** l'emplacement des sites de la ville de Constantine

**II.3.2.5. Importation de la carte DTM :**

Pour représenter le relief de la région de Constantine, nous faisons appel à des données contenues dans un format appelé DTM (*Digital Terrain Model*), illustré à la **Figure II.6**, qui associe à chaque pixel de la carte une valeur numérique (sur 16 bits) correspondant à l'élévation du sol du point sur la carte.

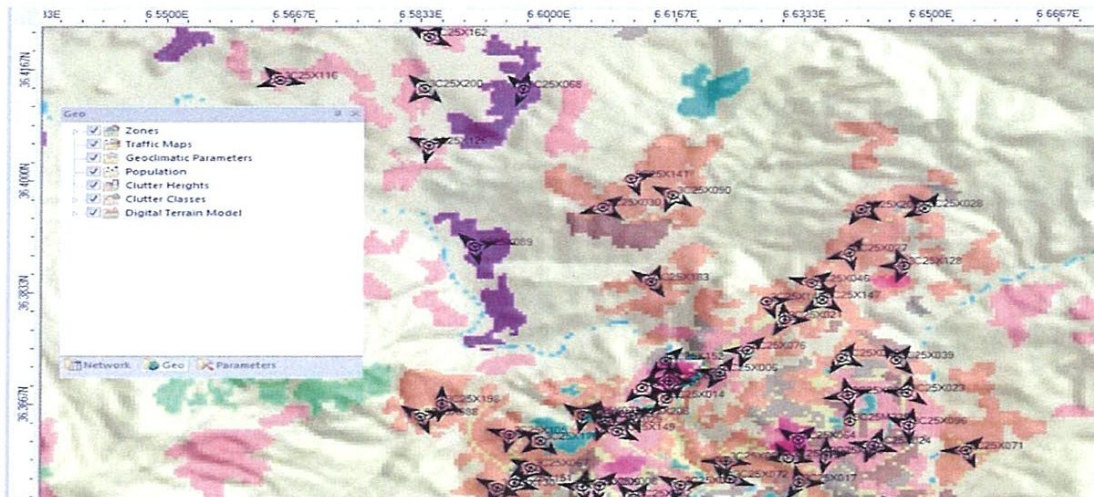


Figure II.6 : Relief de la ville de Constantine

### II.3.3. Prédiction ou simulations :

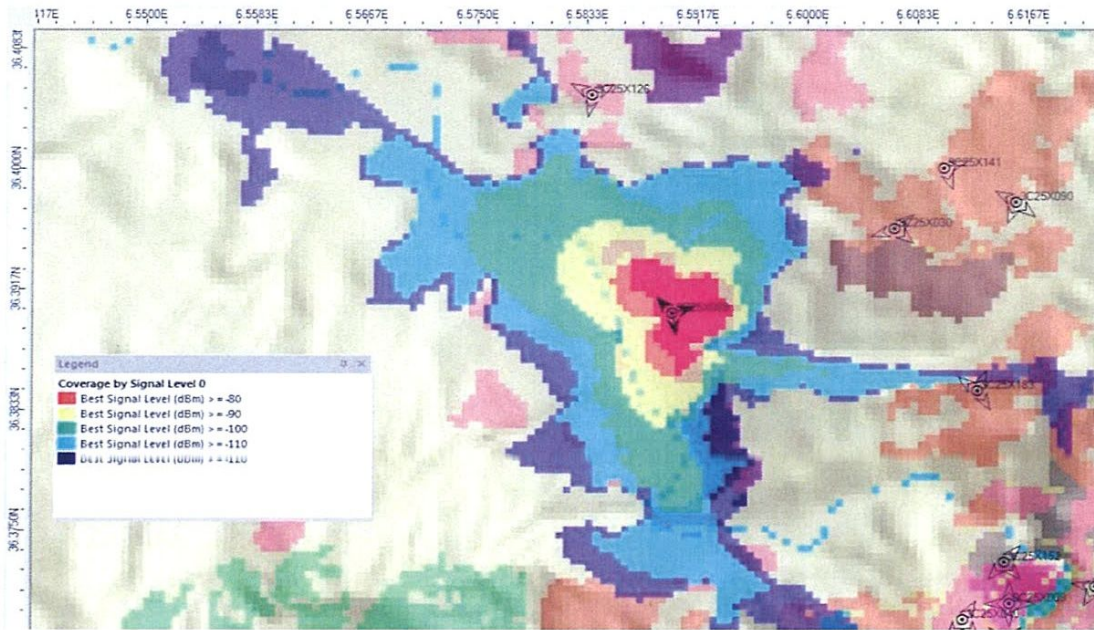
Après l'introduction des sites, on passe à l'analyse du réseau basant sur des prédictions qu'on a effectuées sur trois phases:

#### II.3.3.1. Prédiction de la couverture

Nous avons effectué des prédictions de la couverture (valeur de RSCP) sur trois étapes :

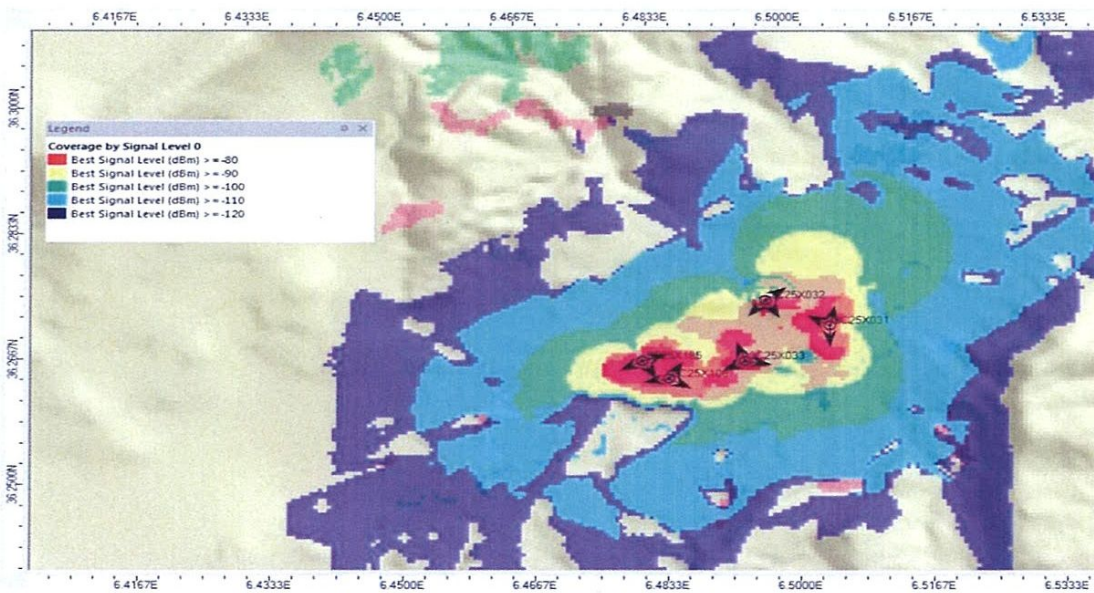
- ❖ Prédiction de la couverture d'un site quelconque, C25X089 juste pour voir le taux de couverture. La valeur de seuil de RSCP est de -105 dBm





**Figure II.7 :** Prédiction de la valeur de RSCP d'un site quelconque.

❖ Prédiction de la couverture de la ville d'Ain Smara (Constantine) :



**Figure II.8 :** Prédiction de la couverture (valeur RSCP) pour la ville d'Ain Smara.

Cette prédiction nous montre que la couverture radio est meilleure presque dans toute la zone d'Ain Smara, on remarque que le niveau du champ est supérieur à -80dBm dans la quasi-totalité (3 quarts) de la zone et entre -90 dBm et -80 dBm dans la le reste de la zone, cela

nous a permis de dire qu'on a pu atteindre presque la totalité de la couverture radio indoor avec un très bon niveau de signal.

- ❖ Zones de recouvrement : Cette phase est essentielle vue qu'elle nous renseigne sur les champs de chaque antenne. On peut alors voir les zones de chevauchement des antennes, puis les réduire afin de minimiser l'interférence.



**Figure II.9 :** Zone de recouvrement de la couverture des sites (ville d'Ain Smara)

L'objectif principal de cette simulation est de montrer les zones de recouvrements ou continuité de couverture, soit entre les secteurs d'un même site (lieu de déroulement de Softer Handover) soit entre des secteurs appartenant à des sites voisins ( lieu de déroulement de Soft Handover).

### II.3.3.2. Prédiction de la qualité :

Une fois que la contrainte de couverture a été satisfaite, on passe à la deuxième phase qui se base sur le rapport  $E_c/I_0$  qui reflète la qualité du signal. De même que la première phase, on effectue des prédictions, des modifications puis on refait les prédictions. La valeur de  $E_c/I_0$  minimale est prise pour -13dB

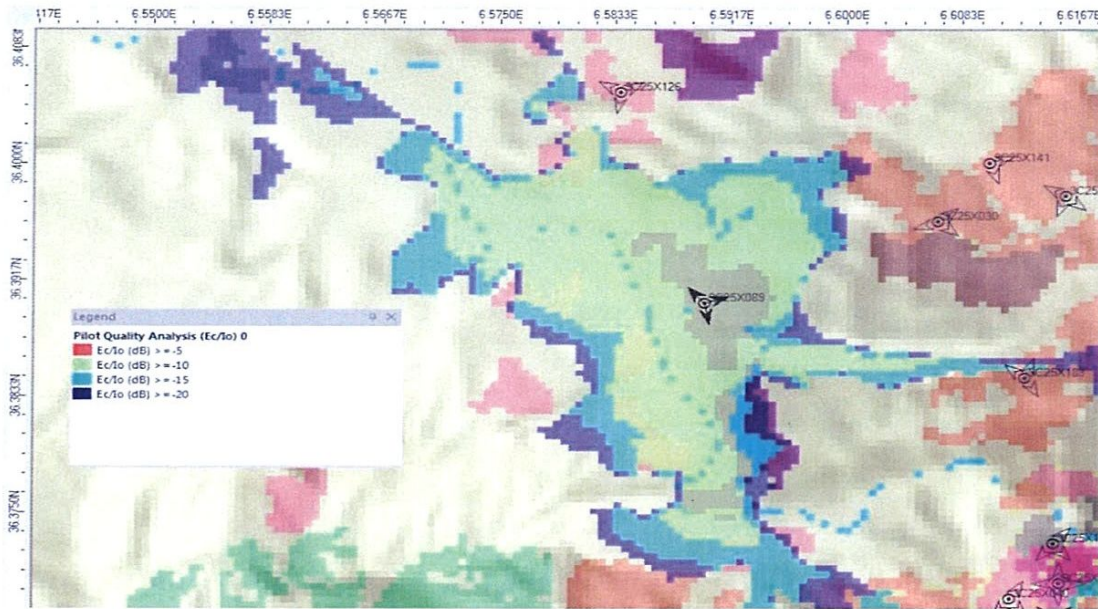


Figure II.10 : Prédiction de la qualité de service ( $E_c/I_o$ ) d'un seul site.

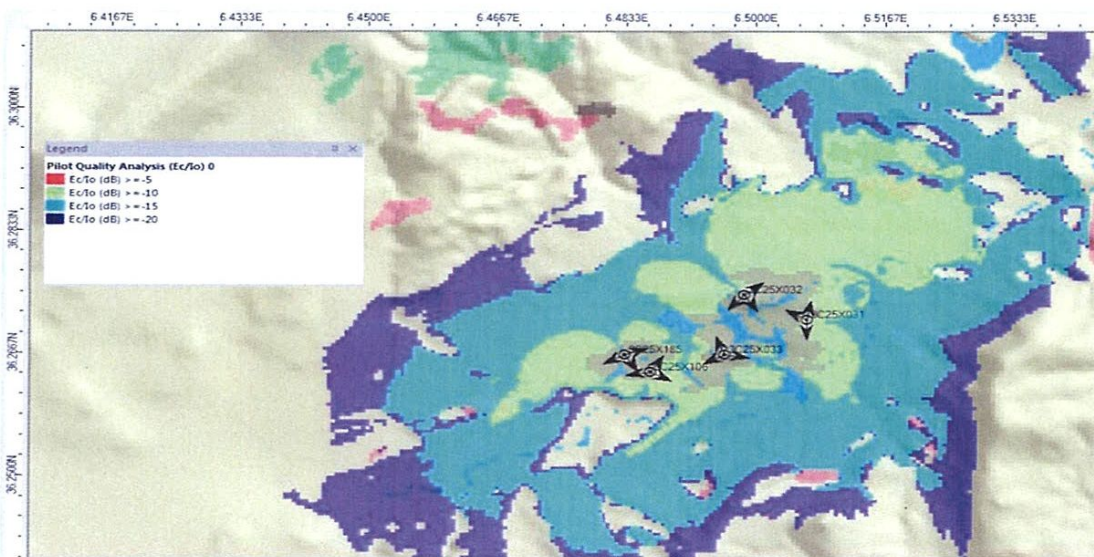


Figure II.11 : Prédiction de la qualité de service ( $E_c/I_o$ ) ville d'Ain Smara (Constantine).

Cette carte nous a permis de visualiser la qualité de signal dans la zone d'Ain Smara. Le niveau de  $E_c/I_o \geq -5$  n'est pas observé à cause de la présence des interférences inter et intra cellulaire qui influe sur la qualité, et on remarque aussi qu'on a assuré une qualité du signal variant entre -5 dB et -10dB pour 90% de cette zone, ce qui nous a permis de garantir un débit

satisfaisant. Pour le niveau de réception pilote de -15dB, la connexion au Noeud B est quasi impossible.

## II.4. Vérifications et mise en service :

### II.4.1. Drive Test:

Il s'agit là, de la phase de test réel de la couverture et la qualité de service du réseau WCDMA dans les zones couvertes. Pour se faire, chaque opérateur dispose de plusieurs véhicules équipés de moyens et matériels notamment, un ordinateur portable avec une collection de logiciels installés (*TEMS Investigation*, *Map Info* et *ActixAnalyser*) une clé de sécurité, TEMS (genre d'un téléphone portable), un récepteur GPS, et un dispositif de balayage.

L'objectif principal, c'est de collecter des données (RSCP, throughput.. etc) qui peuvent être analysées en temps réel pendant que la voiture circule sur la zone choisie. D'où l'origine de l'appellation «**Drive test**». [4]

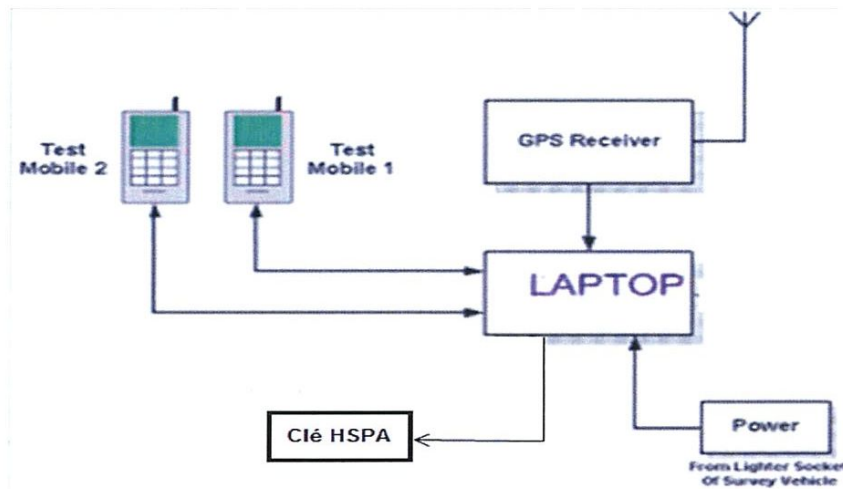


Figure II.12 : Schéma d'une chaîne de mesure « Drive test »

#### II.4.1.1. Exécution de l'application :

Après avoir installé les équipements nécessaires pour l'exécution de l'opération du drive test sur notre ordinateur portable, on lance, tout d'abord, un appel vers un répondeur automatique et on maintient la communication (pour tester le Call Drop). Ensuite, on excite notre réseau de connexion à l'internet (pour mesurer le débit du réseau)

Lors de drive test, les principaux paramètres mesurés (informations récoltées) par le logiciel *TEMS Investigation* sont :

- Longitude, latitude : Le système de localisation GPS nous donne les coordonnées de chaque point de mesure.
- LAC (Location Area Code) : représente le code de la zone géographique là où on fait le test, qui comporte plusieurs cellules pouvant provenir d'antennes différentes.
- Force de signal (niveaux de puissance, RSCP).
- Le débit internet en Mbits/s [4]



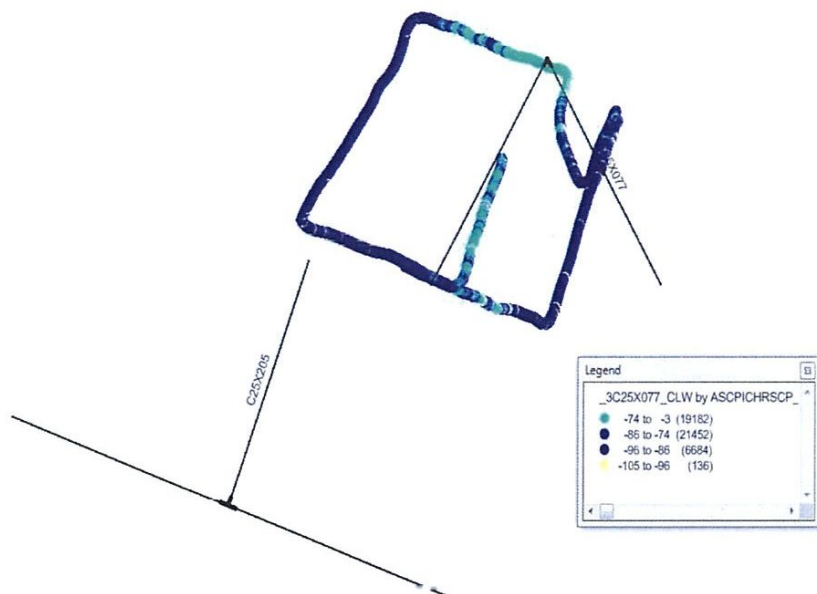
**Figure II.13 :** Variation du débit utilisateur pendant le drive test

Ces paramètres mesurés vont nous permettre de détecter les problèmes de couverture et les problèmes de transmission (zones mortes, trous de couverture, dépassement de couverture)

Pour évaluer les résultats obtenues, et qui sont sous format numérique, leur transformation en format graphique TAB sera beaucoup plus lisible. Dans ce cas, l'outil le plus souvent utilisé est *Map info*. Ce dernier permet de traduire, graphiquement, ces données et illustrer

ainsi les zones d'ombre et les lacunes au niveau du réseau, afin de les corriger et ainsi optimiser la couverture. [4]

La transformation de ces données en format TAB est illustrée sur la **Figure II.14**.



**Figure II.14** : Traduction graphique des données en format TAB

#### II.4.1.2. Analyse des résultats :

La traduction des données numériques en format TAB, à l'aide de l'outil *Map Info*, nous permet dans un premier lieu de détecter les problèmes liés à la couverture du réseau WCDMA, cependant, l'analyse de ces problèmes, pour les corriger ou leurs proposer des solution, est la tâche suivante qu'ont fait à l'aide d'un troisième outil, il s'agit de *Actix Analyser*.

##### a) Détection et identification des problèmes :

- **Zone morte** : C'est une zone dans laquelle la valeur du signal est inférieure à la valeur d'accès minimum. Exemple : Tunnel, sous-terrain, vallées...etc.
- **Trous de couverture** : Les points dans lesquels le signal HSPA et HSPA+ n'existe pas.

- **Dépassement de la couverture:** la couverture d'un site dépasse la zone souhaitée, ce qui provoque un chevauchement avec les signaux des zones voisines.

**b) Analyse et proposition des solutions :**

- Pour une zone morte, on propose tout d'abord le changement des valeurs de certains paramètres radio (Tilt, Azimut, HBA) pour améliorer la couverture de la zone par les sites existants. Ou, dans une dernière solution, ajouter un nouveau site.
- Pour des trous de couverture, on devrait changer certains paramétrages (ajuster le niveau de puissance de l'antenne la plus proche de ces trous) de telle sorte qu'on les élimine.
- En cas de dépassement de couverture, nous pourrions régler l'inclinaison des antennes vers le bas (Down Tilt). On peut aussi réduire la puissance des canaux pour diminuer la couverture.

## **II.5. Conclusion :**

Dans ce deuxième chapitre, nous avons mis en évidence, dans un premier lieu, la planification d'un réseau Radio mobile UMTS, ainsi les objectifs de cette étape très importante dans le déploiement de ce type de réseau. Ensuite, nous avons étudié ses étapes essentielles à savoir : le dimensionnement de la couverture, là où on a pu appliquer un modèle de bilan de liaison de l'opérateur **Djezzy** qui nous a permis de déterminer le nombre de sites à installer. Le dimensionnement de la capacité et le placement des sites. De plus, nous avons effectué des prédictions de la couverture et la qualité de services des sites planifiés (ville d'Ain Samara, Constantine), à l'aide de l'outil Attol. Des prédictions qui ont montré un bon dimensionnement. Nous avons, également, parlé de l'installation et le déploiement du réseau, configurations des sites (site, sites voisins...etc.). Enfin, une opération de tests et vérification des performances du réseau WCDMA, couverture et qualité de service a été faite via un Drive Test pour évaluer la qualité du réseau et voir s'il y a des problèmes issues d'une mauvaise planification et ainsi les corriger. C'est l'optimisation Radio qui fait l'objet d'étude du dernier chapitre.

*CHAPITRE III :*

Optimisation Radio  
d'un réseau WCDMA



### III.1. Introduction

Afin de maintenir la satisfaction de leurs abonnés, les opérateurs essaient toujours d'assurer la continuité de la délivrance des services avec une qualité optimale. Le processus d'optimisation des réseaux radio mobiles WCDMA est donc un élément de service requis et indispensable afin d'aboutir à une meilleure couverture et une qualité de service satisfaisante.

Dans ce chapitre nous allons mettre en évidence les concepts de la qualité de service, ses indicateurs clés de performance KPIs, l'optimisation Radio et ses objectifs. Ainsi, on va illustrer et appliquer le processus d'optimisation Radio suivi par l'opérateur Djeczy.

Nous mettrons le point, par la suite, sur les drives tests, qu'on effectués sur la zone d'Ain Smara (Constantine), vu leur rôle très important dans l'identification des problèmes, leurs correction et ainsi le maintien de la qualité de service.

### III.2. Concepts :

#### III.2.1. Qualité de service QoS :

La QoS est défini comme étant l'effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur du service. Elle doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et comment satisfaire l'utilisateur final avec ce service, en termes d'usage, d'accessibilité et de continuité. [7]

#### III.2.2. Indicateurs clés de performance, KPIs :

##### III.2.2.1. Définitions

Les indicateurs clés de performance KPI (pour *Key Performance Indicators*) peuvent être définies comme un ensemble de résultats de mesures des performances durant les heures chargées ou les heures normales sur le réseau W-CDMA. Il en existe plusieurs KPIs qui reflètent la performance du réseau, nous citerons ici les plus importants :

##### a. Call Setup Success Rate:

Le CSSR représente le taux d'établissement d'appel, il est exprimé par le rapport du nombre d'appels réussis par le nombre des tentatives d'appels :

$$CSSR = \frac{\sum Success Num}{\sum Success Num} \times 100 \% \quad (14)$$

**b. Access Failure Rate :**

L'AFR représente le pourcentage des tentatives d'appels qui ont échouées, c'est le rapport entre le nombre de tentative d'appels échoués sur le nombre total des tentatives d'appel :

$$CSSR = \frac{\sum Access Failure Num}{\sum Request Num} \times 100 \% \quad (15)$$

**c. Drop Call Rate (DCR) AFR :**

Le DCR mesure le pourcentage des MS qui ont eu des interruptions d'appels anormales, le MS a réussi à établir l'appel, mais suite à un problème (Radio, Transmission...), il y a eu une coupure d'appel.

Le DCR est le rapport des coupures sur le nombre d'appels effectivement terminés :

$$DCR = \frac{\sum Drop Num}{\sum Request Success Num} \times 100 \% \quad (16)$$

**d. Call Setup Time (CST) .**

Le CST représente le temps nécessaire pour l'établissement de l'appel

**e. Packets Lost Rate (UL and DL) :**

Le PLR représente le nombre des paquets perdus sur le nombre total des paquets envoyés, il est mesuré pour les deux sens Uplink et en Downlink.

**f. Mobile Tx Power :**

Il représente la puissance transmise par le mobile.

**g. Mobile Rx Power :**

Il représente la puissance reçue par le mobile.

**h. Composite EcIo :**

Le rapport Ec/Io représente le taux de l'énergie par chip sur les interférences, le mobile le reçoit sur le canal pilot. [7]

### III.2.2.2. Valeurs seuils des indicateurs :

L'audit des indicateurs consiste à évaluer les performances du réseau mobile, identifier les différentes causes qui l'affectent ainsi que les éventuelles solutions. Pour cela, des valeurs seuils sont définies afin de maintenir la qualité de service requise :

Indicateurs	Valeur seuil
Call Setup Success Rate	$\geq 93\%$
Access Failure Rate	$\leq 3\%$
Drop Call Rate (DCR)	$\leq 3\%$
Call Setup Time (CST)	$\leq 8$ seconds
Packets Lost Rate (UL&DL)	$\leq 4\%$
Mobile Tx Power	$< 4$ dBm
Mobile Rx Power	$> -85$ dBm
Ec/No	$> -12$ dB

Tableau III.1: Valeurs seuil des KPIs. [7]

## III.3. Optimisation Radio d'un réseau W-CDMA

### III.3.1. Définition :

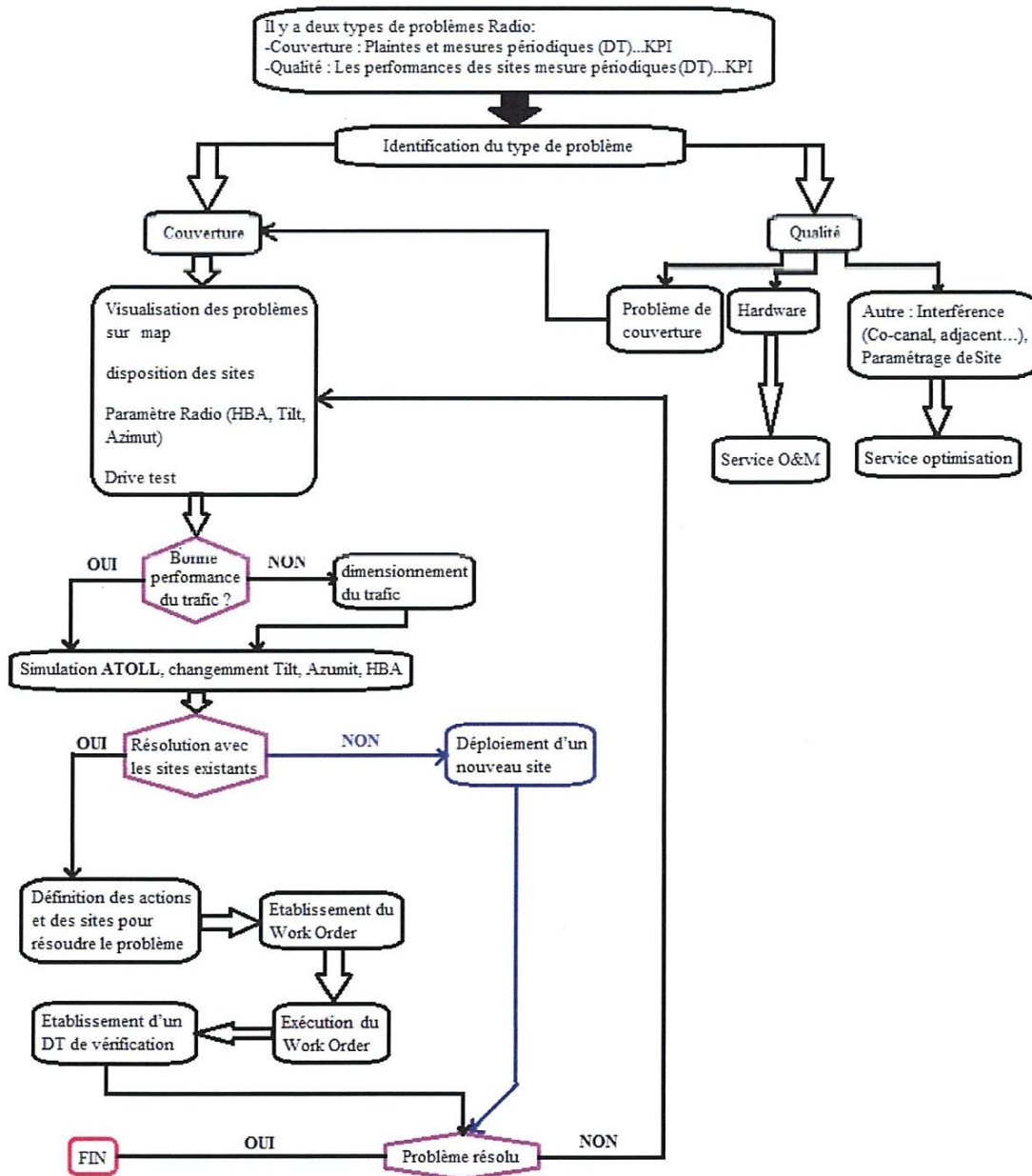
L'optimisation, à travers son processus, est un cycle périodique à qui on peut faire appel plusieurs fois dans un même réseau de communication mobile, soit juste après le déploiement du réseau et c'est ce qu'on appelle la pré-optimisation, ou après le lancement du réseau et c'est ce qu'on va détailler tout au long de ce chapitre. [4]

### III.3.2. Les Objectifs de l'optimisation Radio :

L'optimisation Radio a pour objectifs principaux de trouver et corriger les différents problèmes existants après la mise en œuvre et l'intégration des sites. Elle doit aussi répondre aux critères de qualité de réseau convenus dans les contrats des opérateurs. L'optimisation vise à améliorer la qualité globale du réseau sans qu'elle réduise son rendement. [4]

### III.3.3. Processus d'optimisation

Le processus d'optimisation radio utilisé par l'opérateur **Djezzy** et illustré dans la **Figure III.1**



**Figure III.1** : Processus d'optimisation Radio de l'opérateur Djezzy.

Le département Radio East de l'opérateur Djezzy reçoit des plaintes, qui concernent tant la qualité de service que la couverture, de la part de ses abonnés. De plus, les mesures

périodiques effectuées, non seulement par l'équipe d'ingénierie, mais aussi par les équipements du réseau (DT, statistiques KPIs...etc). Alors, dans le but de satisfaire les besoins de ses clients, cet opérateur doit résoudre les problèmes causant ces mécontentements en termes de qualité de son réseau.

Dans le cadre de notre stage pratique chez cet opérateur, nous avons eu l'occasion de suivre et appliquer son processus d'optimisation Radio sur le cas de la ville d'Ain Smara.

De ce fait, la première étape du processus suivi était l'identification du type de problème, qui doit être un problème de couverture ou de qualité de signal, à travers les résultats de mesures effectuées et collectées.

- a. Problèmes de couverture :** Quand il s'agit d'un problème de couverture : On procède, tout d'abord, par la visualisation des problèmes sur Map, la disposition des sites, vérifications des paramètres Radio (HBA, Tilt, Azimut), analyse des résultats de Drive Test.
- Ensuite, On vérifie que ce problème de couverture n'est pas issu d'une mauvaise performance de trafic. S'il la performance du trafic est bonne, on passe aux simulations sur *Atoll* (changement des paramètres Radio : Tilt, Azimut ou HBA). Sinon, le trafic doit être redimensionné. (Tâche accomplie par le département de Commutation) avant le passage aux simulations.
  - Cette étape de la résolution du problème doit commencer par des simulations sur les sites existants où les tâches effectuées sont les suivantes :
    - Définition des actions (changement de tel et tel paramètre Radio) et des sites concernés par ces actions.
    - Etablissement du Work Order.
    - Exécution du Work Order.
    - Etablissement d'un DT de vérification.

Une fois nous aurons les résultats du DT de vérification, leur analyse est obligatoire dans le but de s'assurer si le problème est résolu. Si oui, le processus d'optimisation sera fini. Sinon, l'équipe doit ré-optimiser les problèmes restants en suivant le même processus.

Au cas où le problème persiste, le déploiement d'un nouveau site sera obligatoire. Dans ce cas le problème serait résolu.

- b. Problèmes de qualité :** Dans le cas d'un problème de qualité, plusieurs causes peuvent être à l'origine, nous en citons parmi ces causes :
- Problème de couverture : un problème d'une mauvaise couverture dans une certaine zone entraîne évidemment un problème de qualité de service. Dans ce cas on procède aux étapes d'optimisation de la couverture pour régler ce problème de qualité.
  - Problème d'équipements (Hardware) : dans ce cas on signale ce problème au service d'Opérations et Maintenance.
  - Problème dû à autres facteur : interférence des canaux de trafic (Co-canal, canal adjacent,...) où paramétrage de sites (configurations des antennes ...etc). Dans ces cas on doit signaler ces problèmes aux services concernés.

### **III.4. Simulations et Optimisation de la couverture (cas pratique) :**

#### **III.4.1. Paramètres Radio :**

Dans l'optimisation de la couverture et la qualité de service nous définissons trois paramètres radio principaux :

- **Azimut :** L'Azimut est l'angle dans le plan horizontal entre la direction d'un objet et une direction de référence. Il est mesuré depuis le nord en degrés de  $0^{\circ}$  (inclus) à  $360^{\circ}$  (exclu) dans le sens rétrograde (sens des aiguilles d'une montre).

Pour voir l'influence du changement de la valeur d'azimut sur le sens du signal d'un émetteur quelconque, nous avons effectué des simulations dont les résultats sont les suivants :

- Avant le changement

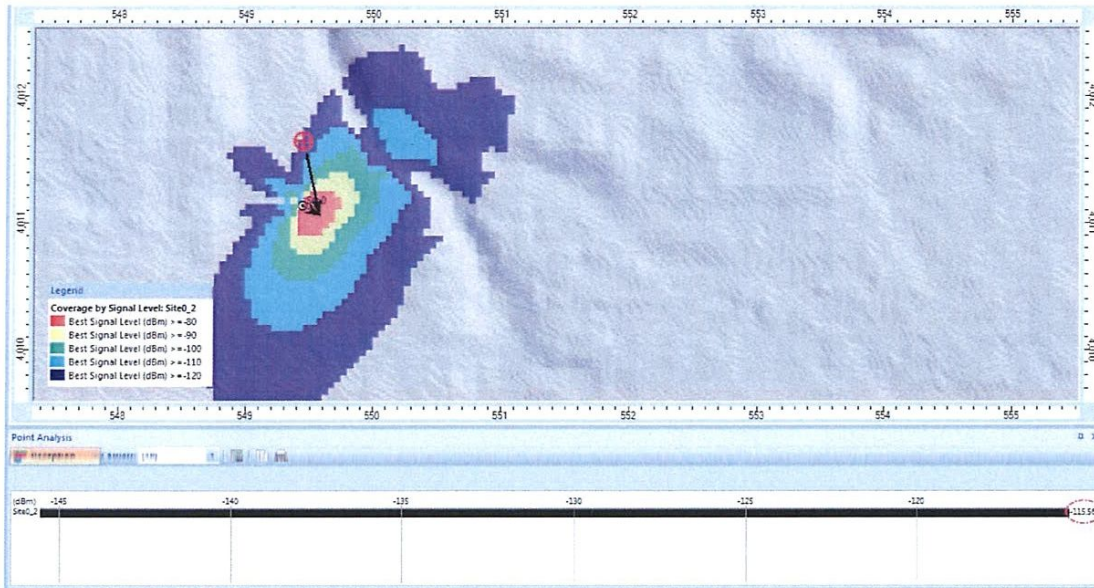


Figure III.2 : Prédiction RSCP avant le changement d'Azimut

➤ Après le changement :

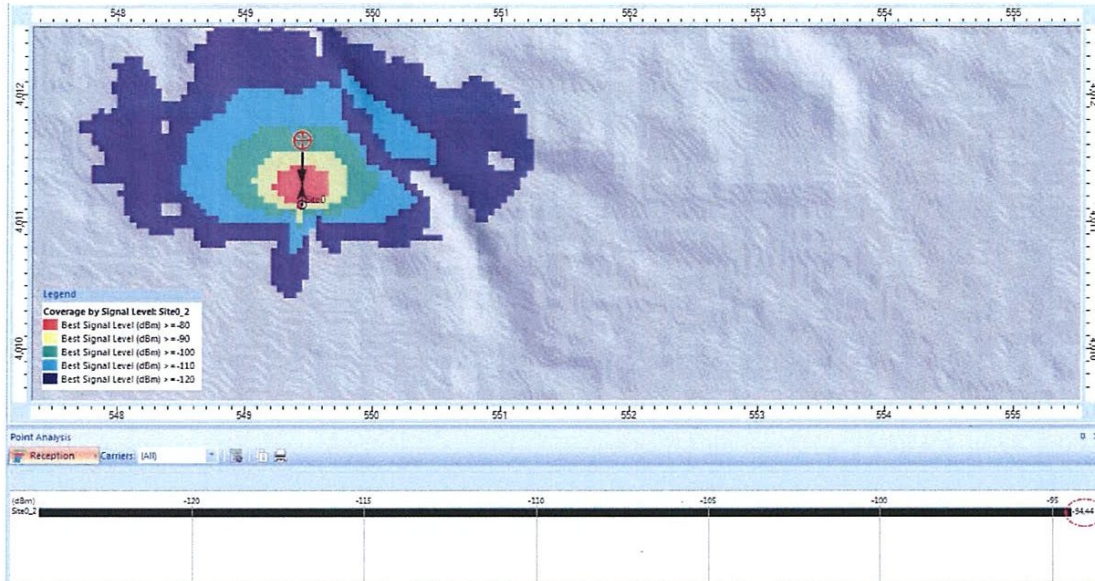


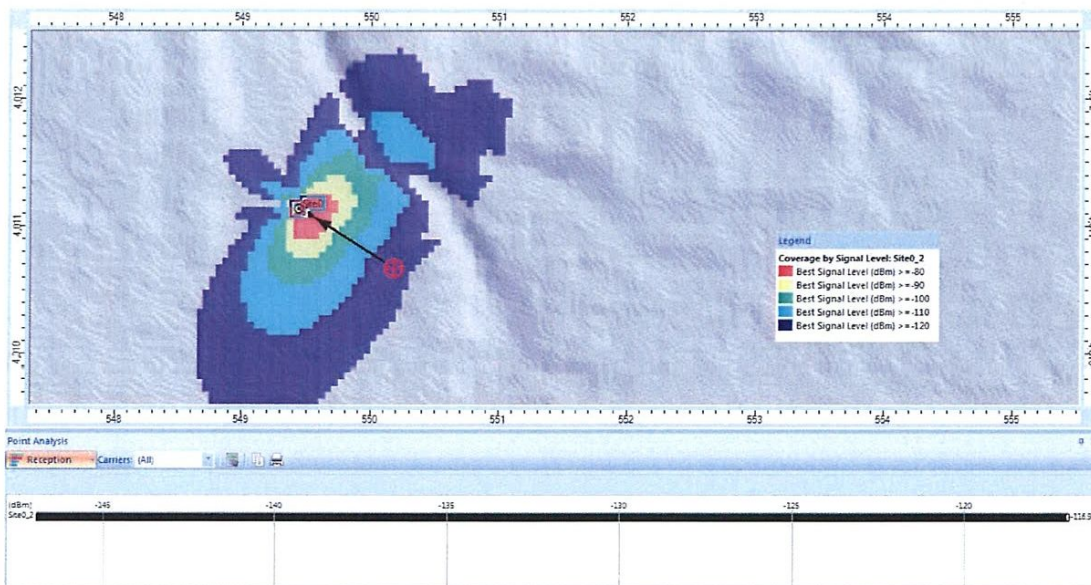
Figure III.3 : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut

Nous pouvons voir clairement sur la Figure III.3 que le sens de rayonnement du secteur a changé après le changement de la valeur d'azimut de ce secteur.

- **Tilt** : On appelle Tilt, l'inclinaison de l'axe du lobe principal en degrés par rapport à l'horizontale qui peut le plus souvent être réglé électriquement à distance comme il peut être réglé manuellement (mécaniquement). D'où l'appellation de Tilt électrique et Tilt mécanique.

Pour voir l'influence du changement dans la valeur du Tilt sur la portée du signal, nous avons effectués deux simulations dont les résultats sont les suivants :

- Avant le changement :



**Figure III.4** : Prédiction RSCP avant le changement de Tilt

- Après le changement :



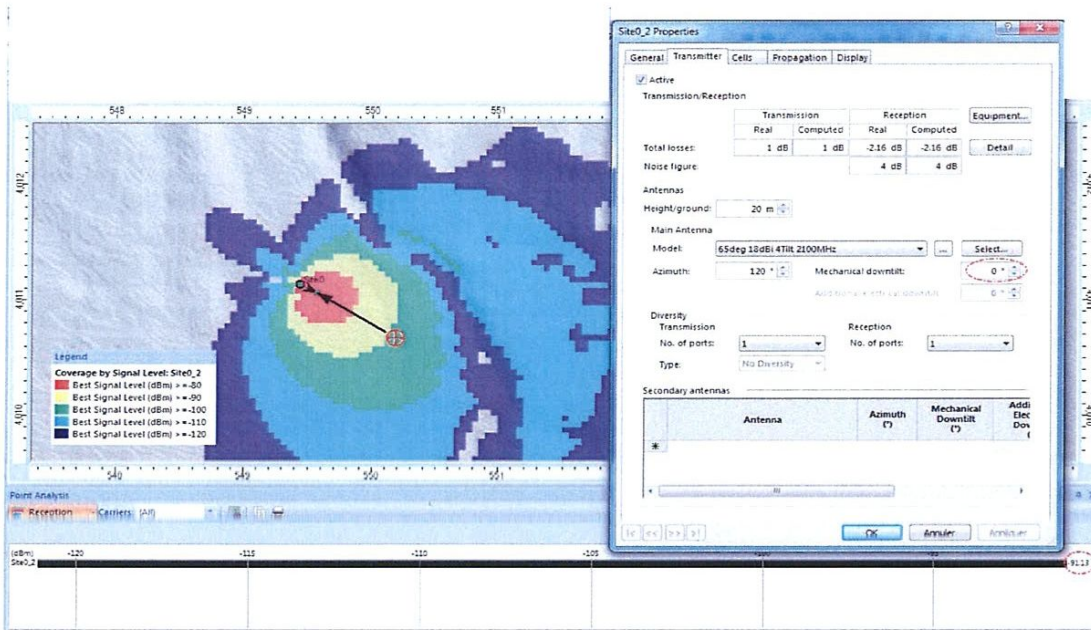


Figure III.5 : Prédiction RSCP après le changement de Tilt

- **Hauteur d'antenne (HBA) :** C'est la hauteur de l'antenne, rayonnant le signal Radio, du sol. Elle mesurée en mètres.

Pour voir l'influence du changement dans la valeur de la hauteur d'antenne (HBA) sur la portée du signal, nous avons effectués deux simulations dont les résultats sont les suivants :

➤ Avant le changement

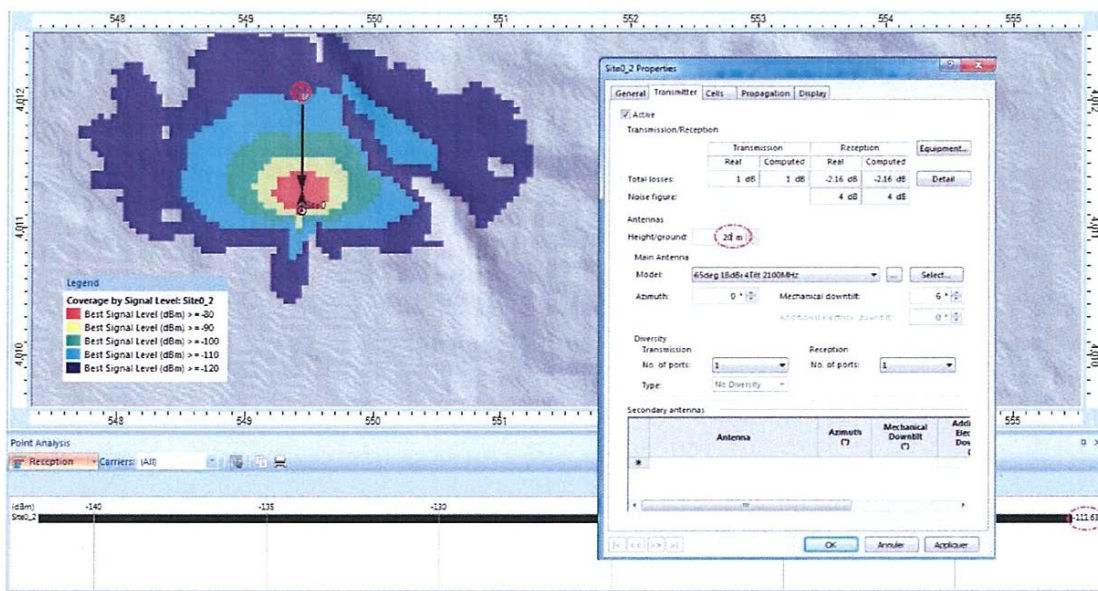


Figure III.6 : Prédiction RSCP avant le changement d'HBA

➤ Après le changement

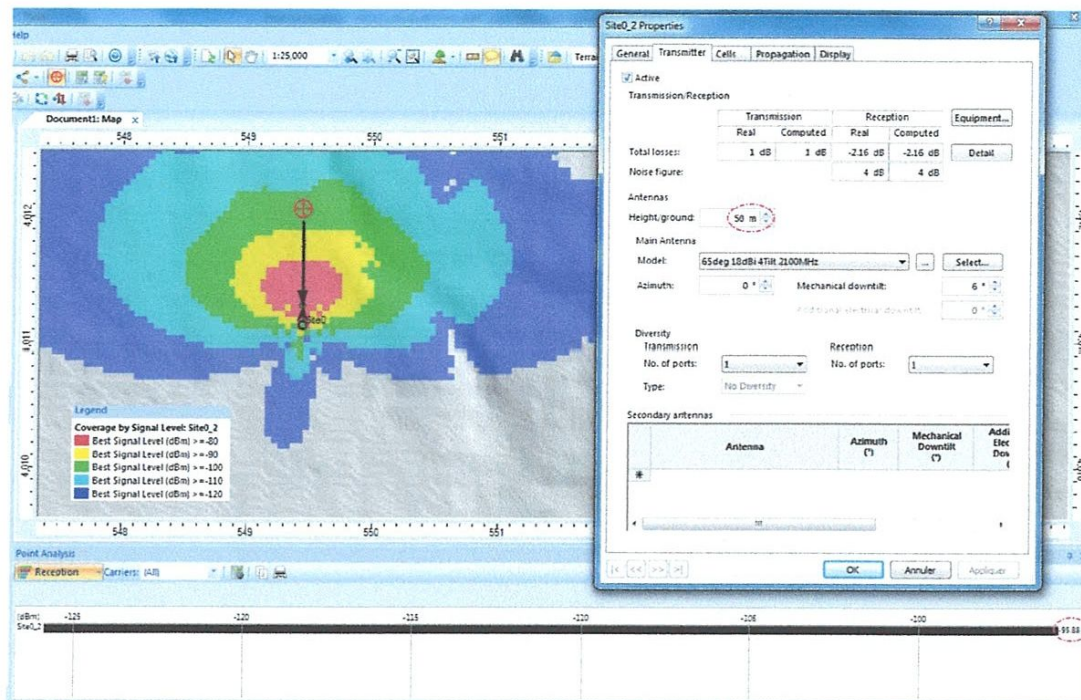


Figure III.7 : Prédiction RSCP après le changement d'HBA

- **Combinaison de multiples changements :**

Nous avons effectué des changements sur les valeurs de l'ensemble des paramètres Radio (HBA, Tilt et Azimut) pour voir leurs influences sur la couverture Radio délivrée par un secteur donné.

➤ Avant les changements :

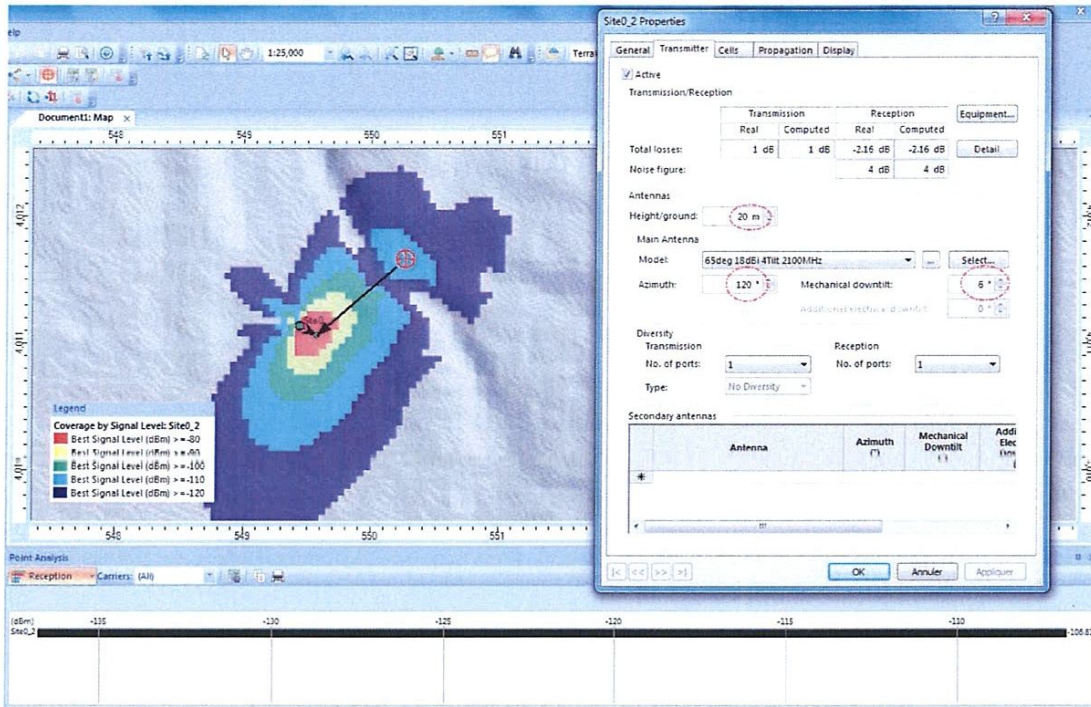


Figure III.8 : Prédiction RSCP avant les changements.

➤ Changement d'Azimut

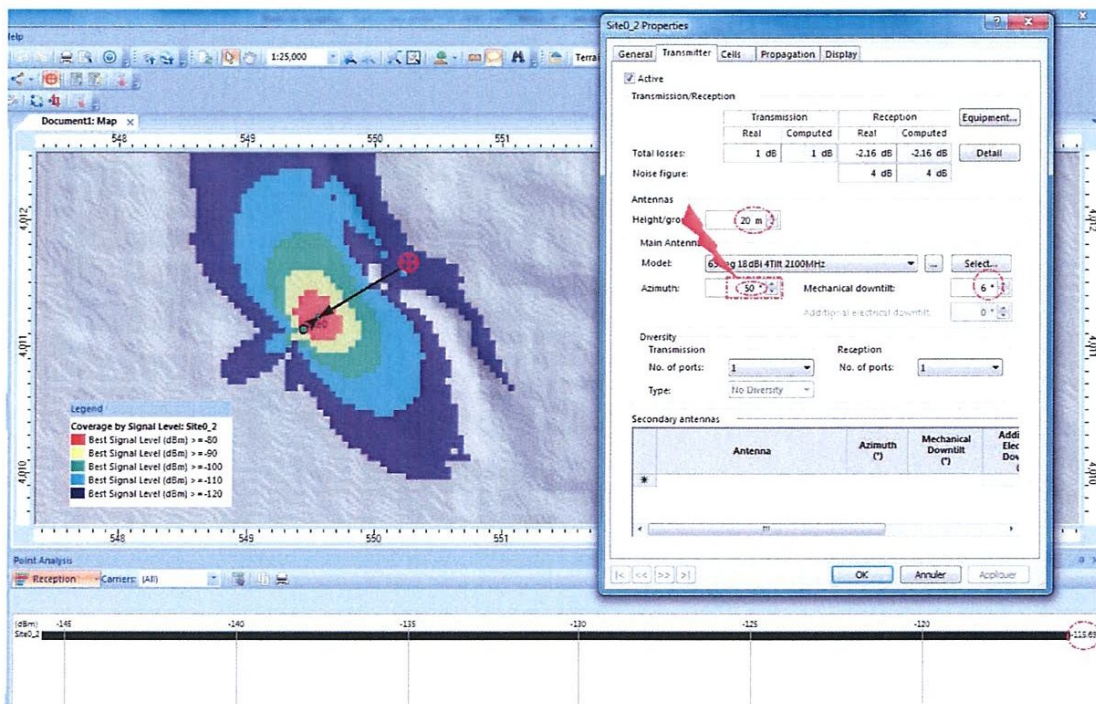


Figure III.9 : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut

➤ Changement de Tilt

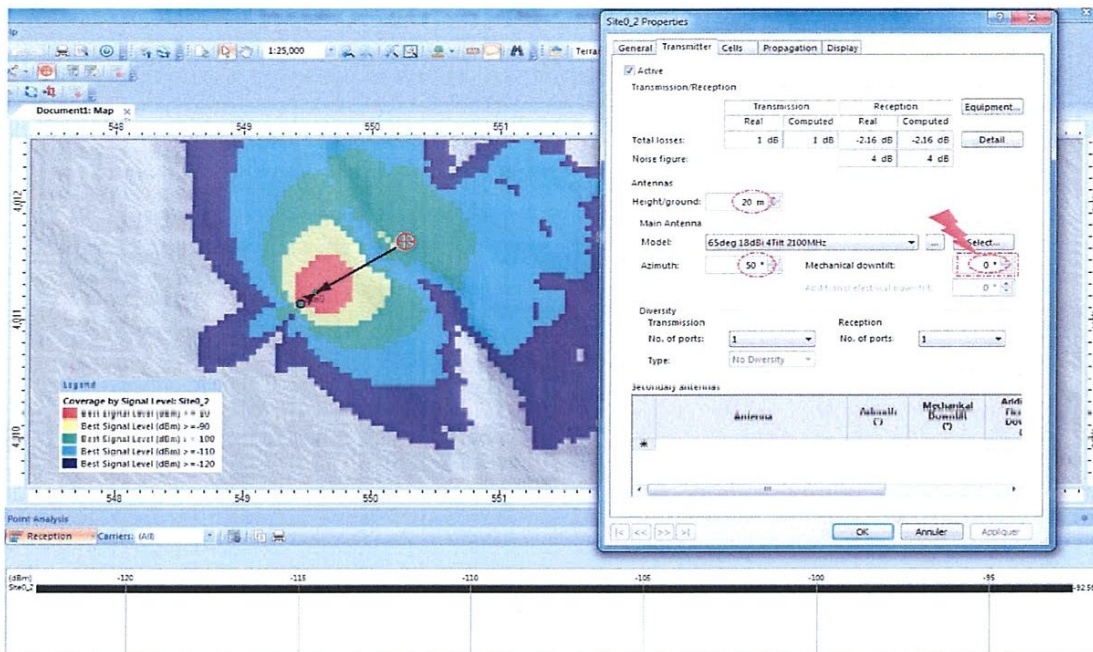


Figure III.10 : Prédiction RSCP après le changement d'Azimut et de Tilt ensemble

➤ Changement d'HBA

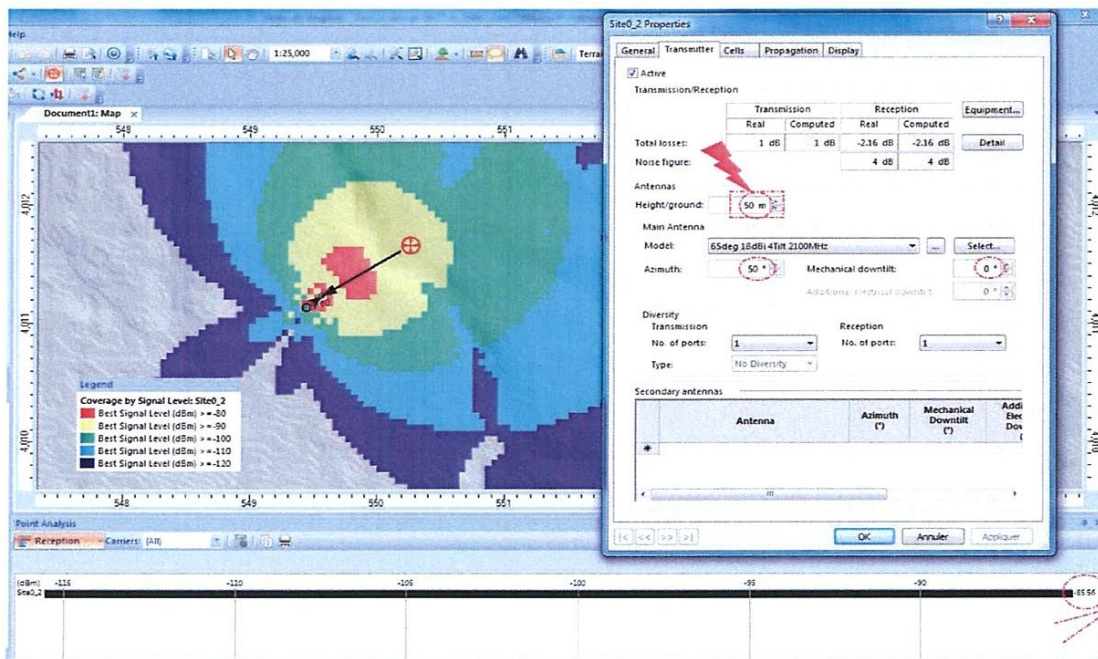


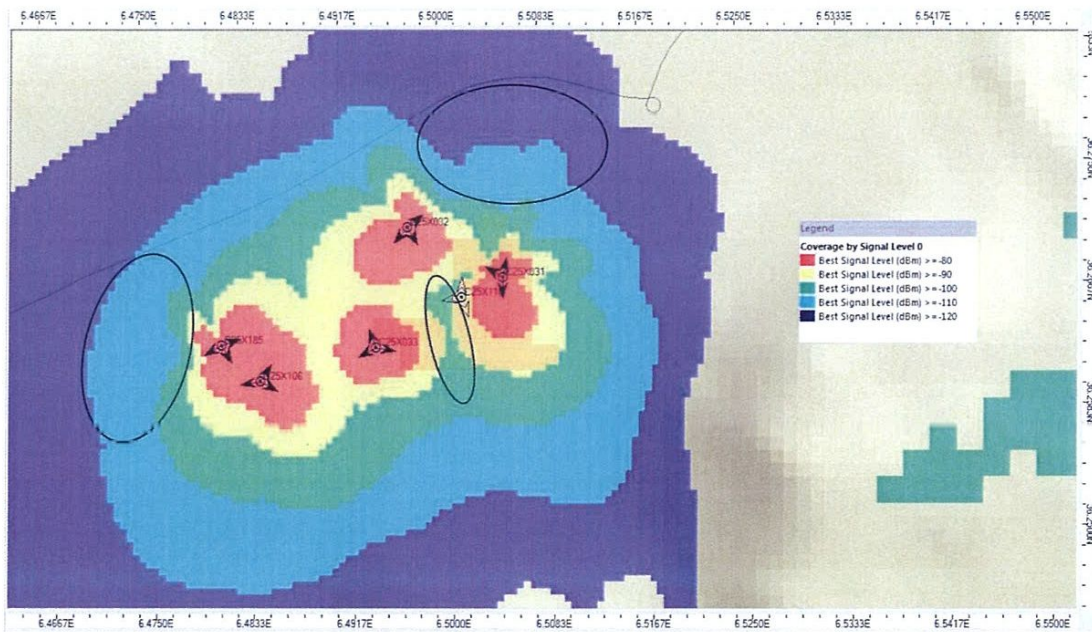
Figure III.11 : Prédiction RSCP après tous les changements

### III.4.2. Cas pratique (ville d'Ain Smara)

Nous avons commencé le processus d'optimisation de la couverture du Cluster Ain Smara par une simulation sur l'outil *Atoll*.

#### III.4.2.1. Prédiction avant Drive test

Cette prédiction a pour but d'évaluer le taux de couverture dans le cluster à optimiser.



**Figure III.12 :** Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara avant optimisation.

On constate qu'il y a trois zones dont le niveau de signal est inférieur au niveau minimum d'accès (-90 dBm).

De ce fait, nous avons procédé à un premier Drive test pour déterminer l'origine de ces problèmes.

#### III.4.2.2. Drive test (First Round) :

L'analyse des résultats obtenus au cours de ce test sont classés selon deux paramètres : le niveau de signal RSCP et sa qualité exprimée par le rapport  $E_c/N_o$ .

### III.4.2.2.1. Niveau de signal, RSCP (long call) :

#### Carte 01 :

La traduction des informations récoltées lors du drive test, sur l'outil *MapInfo* nous a donné la carte illustrée sur la Figure III.13.

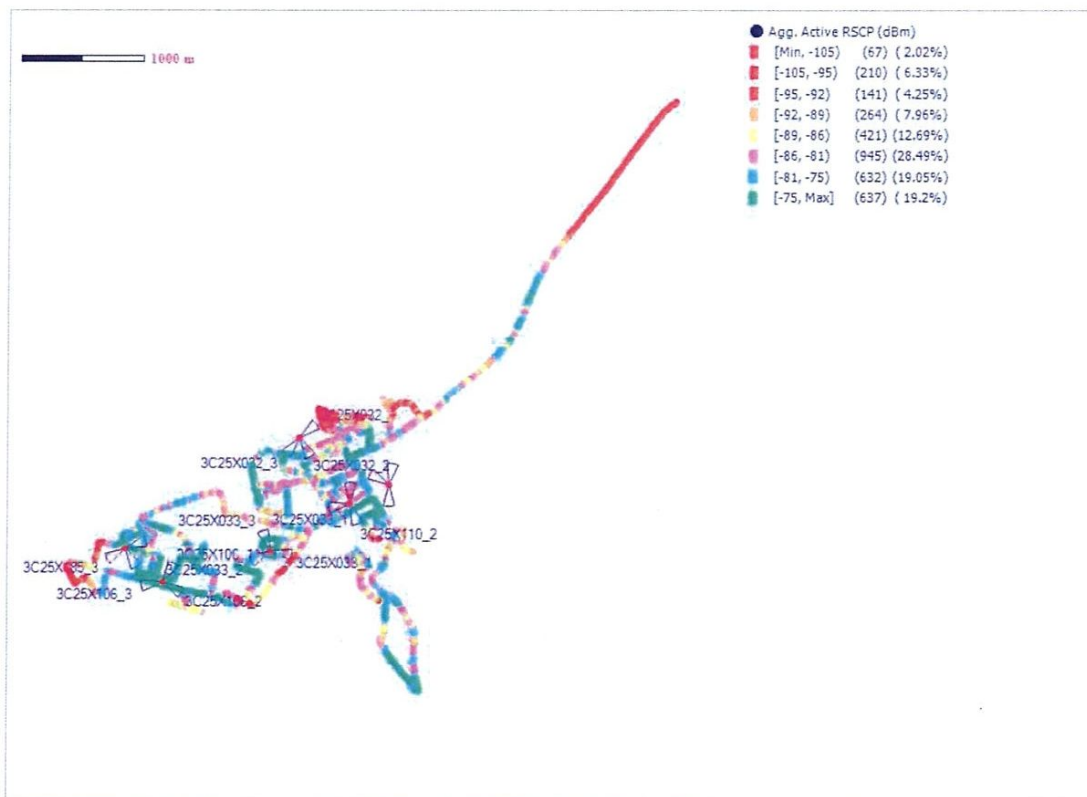
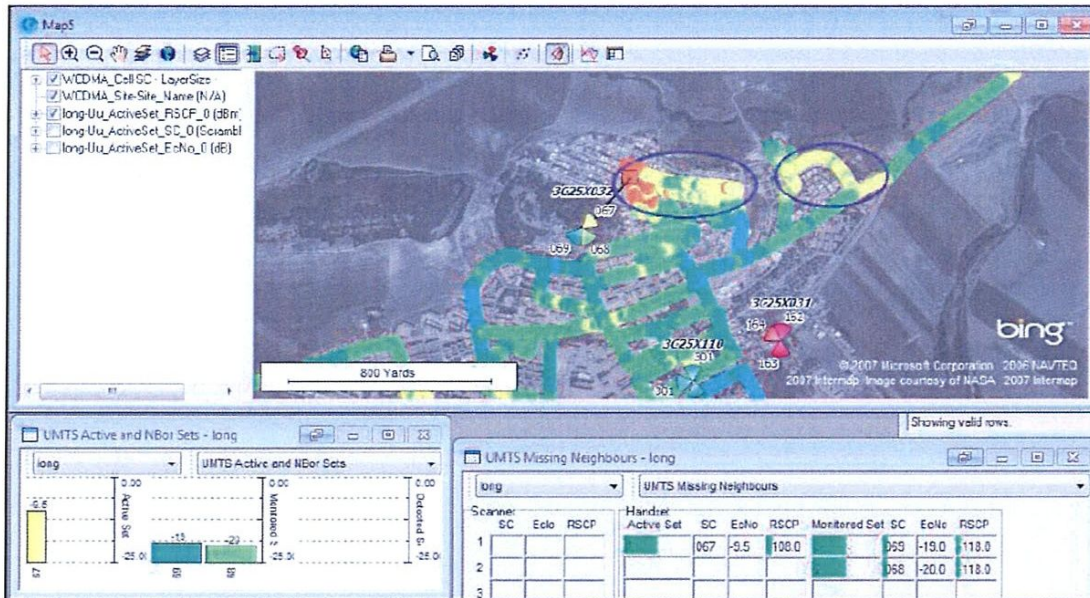


Figure III.13 : Distribution de RSCP (Appel longue)

L'analyse de la distribution de valeurs de RSCP dans le Cluster testé nous a permis de définir quatre (04) zones ayant une mauvaise couverture.

**Zone 01 :**



**Figure III.14 :** Emplacement de la zone 01 dans le cluster, cas (RSCP).



**Figure III.15 :** La zone 01 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture.
- Solution proposée : DownTilt le secteur C25X032\_1 par 2 degrés
  - Tilt actuel -2
  - Nouveau Tilt -4

Zone 02 :



Figure III.16 : Emplacement de la zone 02 dans le cluster, cas (RSCP).

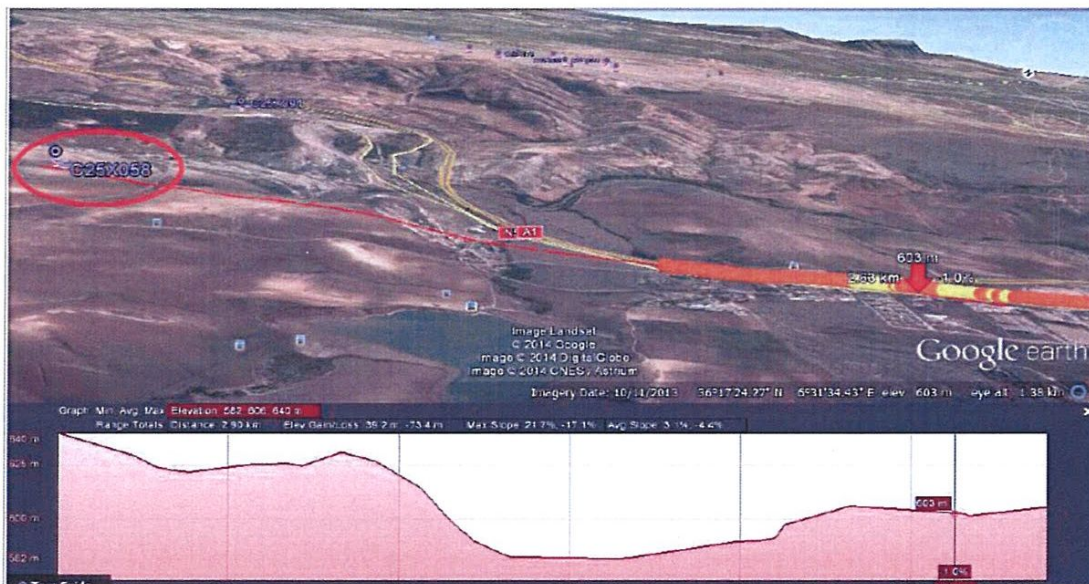
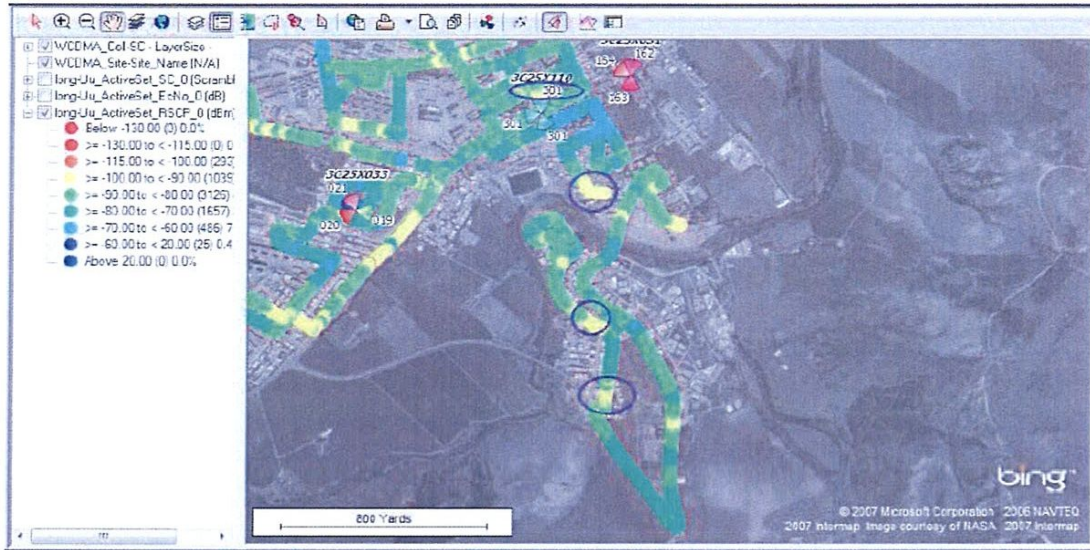


Figure III.17 : La zone 02 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture, pas de sites adjacents.
- Solution proposée : l'intégration du site C25X058 peut améliorer la couverture dans cette zone.



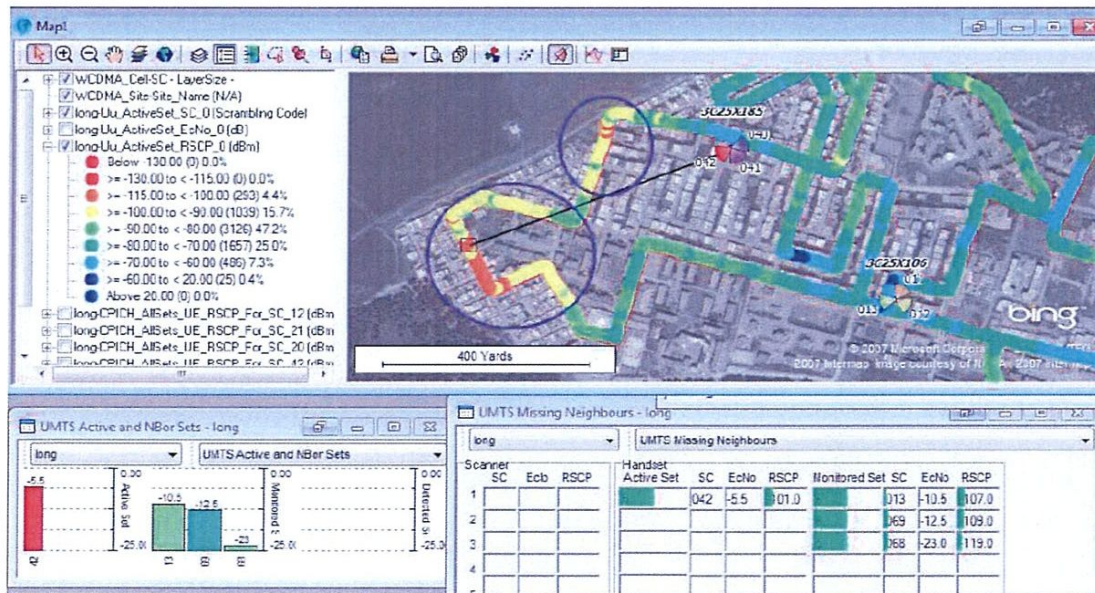
**Zone 03 :**



**Figure III.18 :** Emplacement de la zone 03 dans le cluster, cas (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture
- Solution proposée : l'intégration du site C25X110 va améliorer la couverture dans cette zone.

**Zone 04 :**



**Figure III.19 :** Emplacement de la zone 04 dans le cluster (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture.
- Solution proposée : DownTilt le secteur C25X185\_3 par 3 degrés.
  - Tilt actuel : 0
  - Nouveau Tilt : -3

### III.4.2.2.2. Qualité de signal, Ec/No (long call) :

#### Zone 01 :

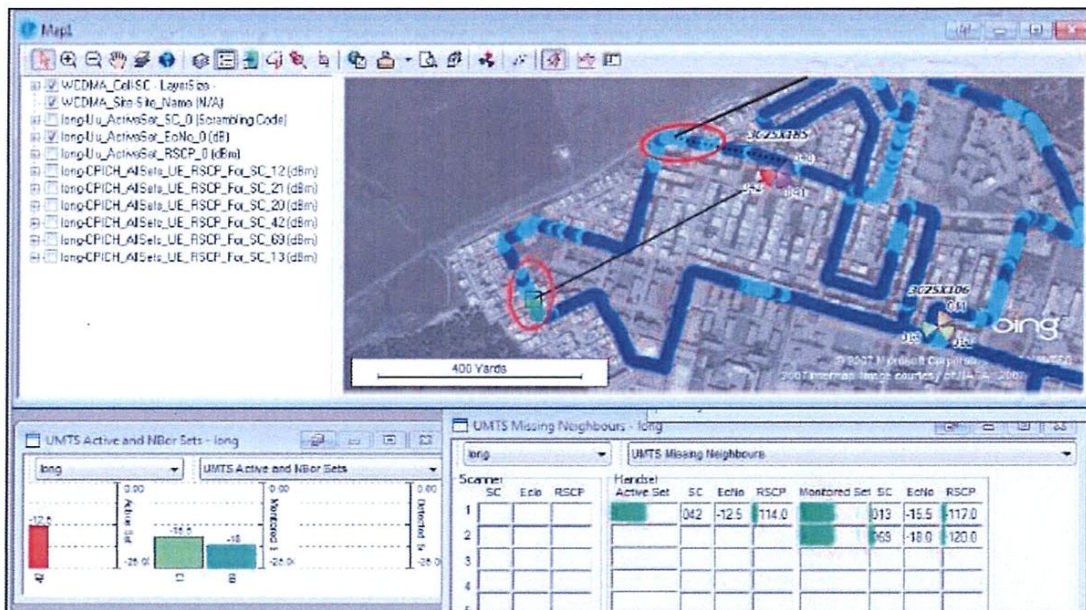


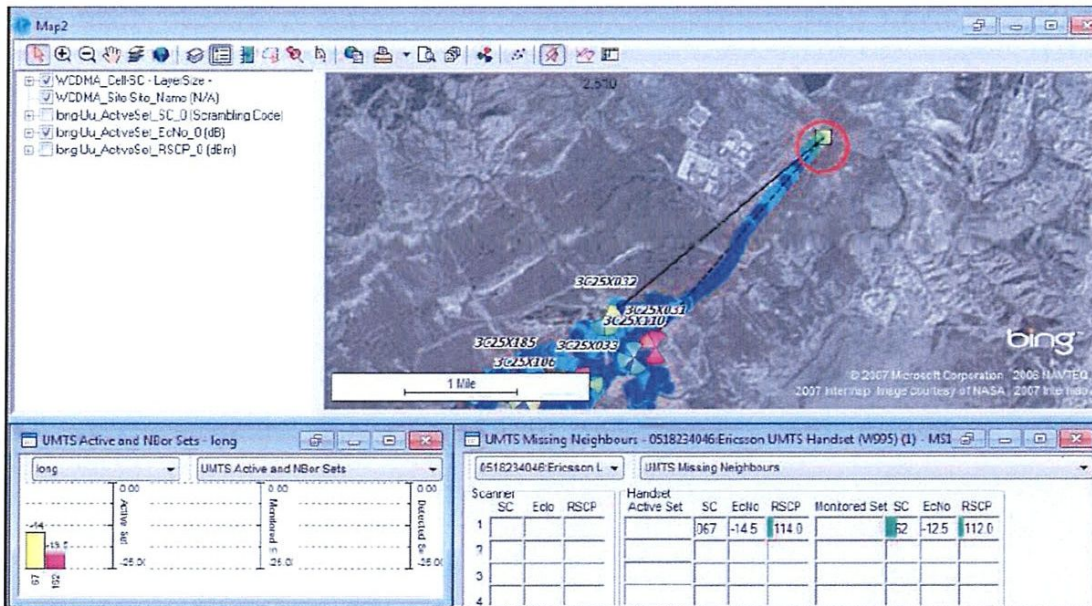
Figure III.20 : Emplacement de la zone 01 dans le cluster (Ec/No).

- Type de problème : certaines cellules sont en dépassement de couverture ce qui a causé une mauvaise qualité de signal (Ec/No).
- Solution proposée : En ce qui suit les actions proposés :
  - a. DownTilt C25X106\_3 par 2 degrés.
    - Tilt actuel : 0
    - Nouveau Tilt : -2
  - b. DownTilt C25X185\_1 par 2 degrés.
    - Tilt actuel : -2
    - Nouveau Tilt : -4

c. DownTilt C25X185\_3 par 2 degrés.

- Tilt actuel : -2
- Nouveau Tilt : -4

**Zone 02 :**



**Figure III.21 :** Emplacement de la zone 02 dans le cluster (Ec/No).

- Type de problème : un mauvais rapport Ec/No dans la même zone 02 (ayant une mauvaise couverture).
- Solution proposée : l'intégration du site C25X058 peut améliorer la qualité de signal (Ec/No) dans cette zone.

#### III.4.2.2.3. Analyses de coupure d'appel :

Il n'y a pas eu de coupure d'appel durant toute la durée du Drive test.

#### III.4.2.2.4. Analyses des appels échoués:

Il n'y a pas eu d'échec d'appel dès la première tentative d'appel.

A la fin, un rapport (Work Order) doit être établi, validé et envoyé au service opérationnel pour exécuter les actions mécaniques (solutions proposées) sur les sites concernés. Après

l'exécution du WorkOrder, la réalisation d'un deuxième drive test, pour but de vérifications, est obligatoire.

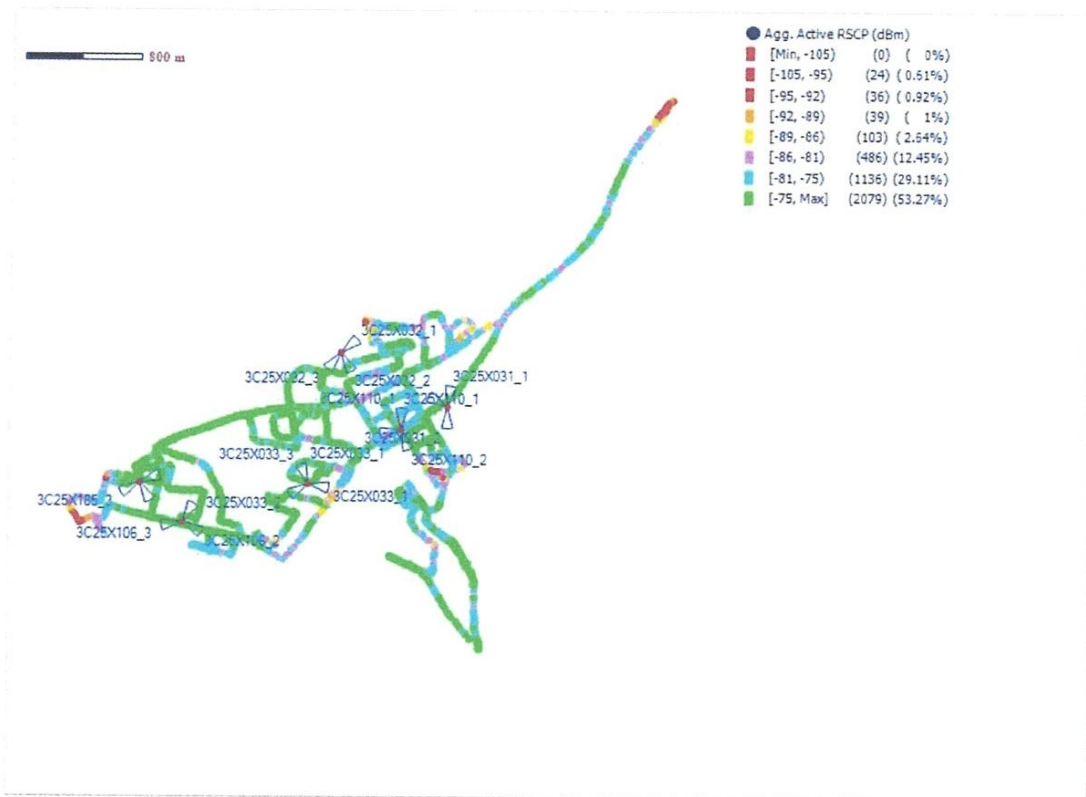
### III.4.2.3. Drive test (second Round):

L'analyse des résultats obtenus au cours du deuxième test sont classés selon deux paramètres : le niveau de signal RSCP et sa qualité exprimée par le rapport Ec/No.

#### III.4.2.3.1. Niveau de signal, RSCP (long call) :

La traduction des informations récoltées lors du deuxième drive test, sur l'outil *MapInfo* nous a donné la carte illustrée sur la **Figure III.22**.

Carte 02 :



**Figure III.22** : Distribution de RSCP (Appel longue).

L'analyse de la distribution des valeurs de RSCP dans le Cluster nous a permis de définir trois (03) petites zones ayant une couverture relativement faible.

Zone 01 :

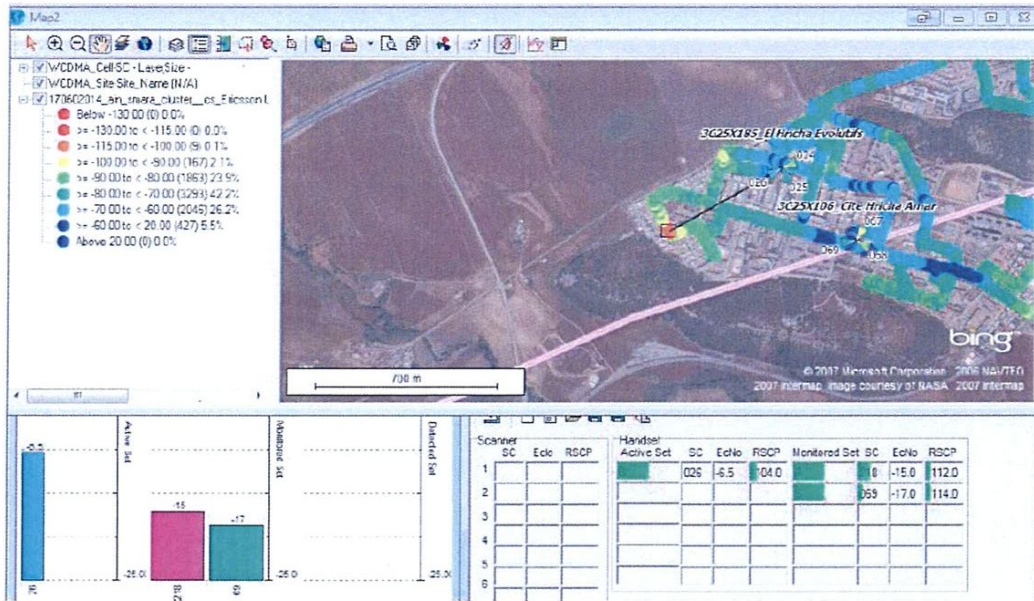


Figure III.23 : Emplacement de la zone 01 dans le cluster, cas (RSCP).

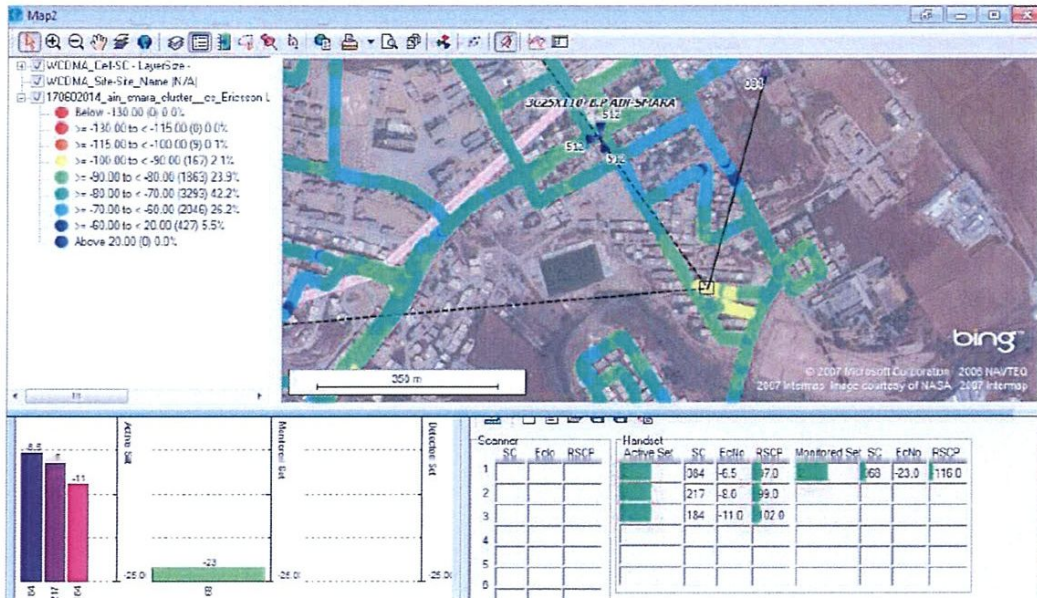


Figure III.24 : La zone 01 visualisée sur Google Earth, cas (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture.

- Solution proposée : comme mentionné dans la prise d'écran ci-dessus, la mauvaise couverture est due à la topologie de la zone, de sorte à mieux surmonter ce problème le secteur C25X185\_3 doit être incliné vers le haut par 1 degré (up tilt).
  - Tilt actuel : -3
  - Nouveau tilt : -2

### Zone 02 :



**Figure III.25 :** Emplacement de la zone 02 dans le cluster (RSCP).

- Type de problème : mauvaise couverture
- Solution : le site C25X110 n'est pas encore sur l'air et sa mise en service va couvrir la zone.

Zone 03 :

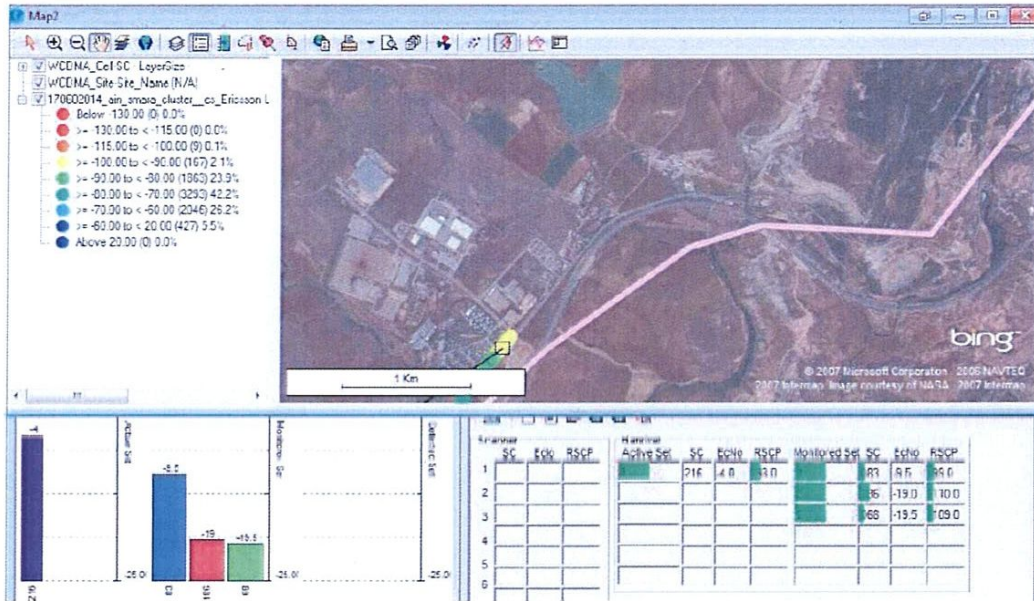


Figure III.26 : Emplacement de la zone 03 dans le cluster (RSCP).

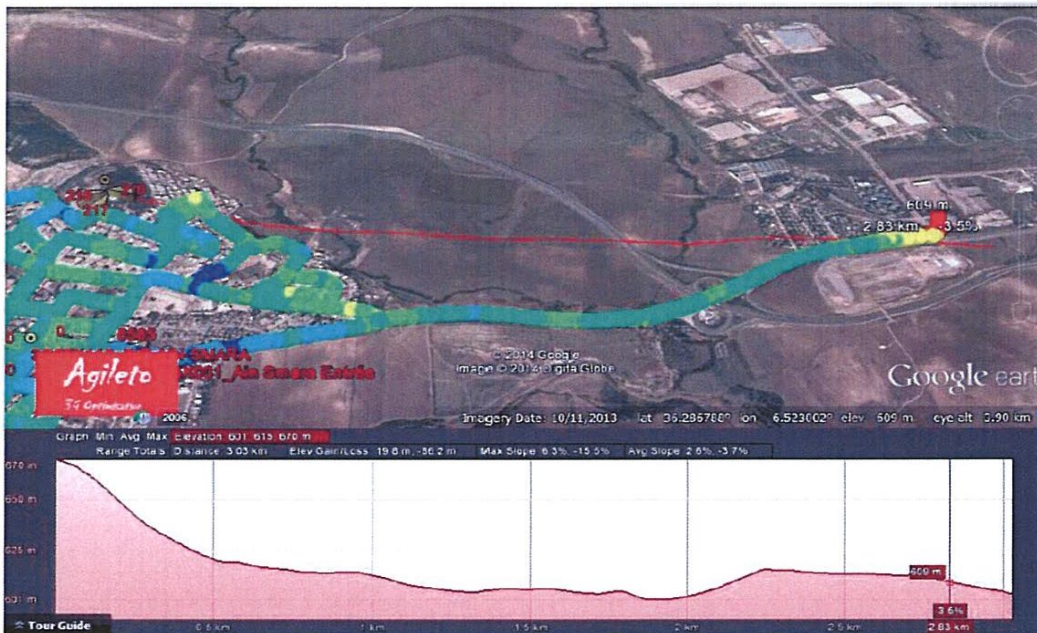


Figure III.27 : La zone 03 visualisée sur Google Earth (RSCP).

- Type de problème : Mauvaise couverture
- Solution proposée : Changer l'azimut du secteur C25X032\_1 de 50 à 60 degrés.

III.4.2.3.2. Qualité de signal, Ec/No (long call) :

La traduction des informations récoltées lors du deuxième drive test, sur l'outil *MapInfo* nous a donné la carte illustrée sur la **Figure III.28**.

Carte 03:

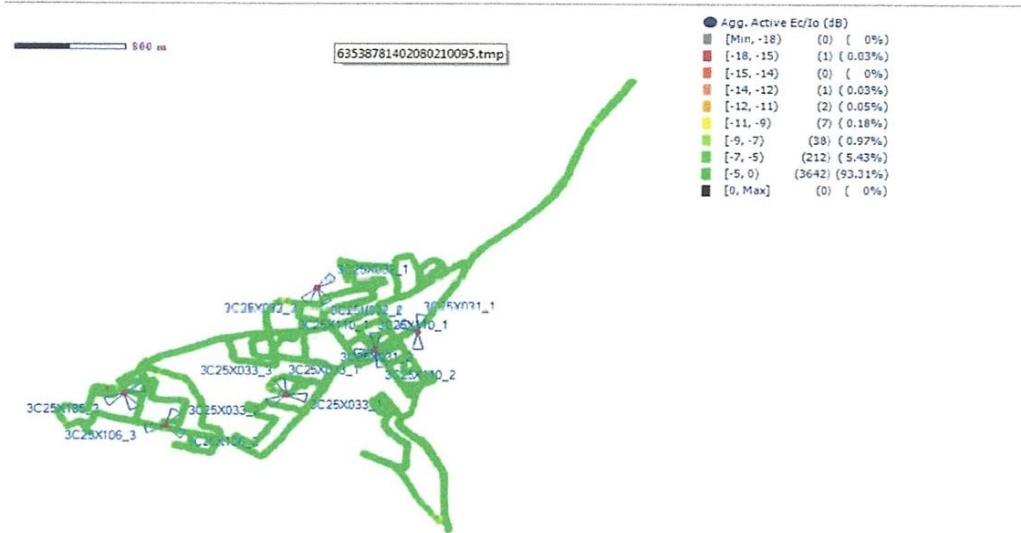


Figure III.28 : Distribution du rapport Ec/No (Appel longue)

On peut clairement voir le rapport Ec/No et assez satisfaisant dans ce cluster.

III.4.2.3.3. Analyses de coupure d'appel :

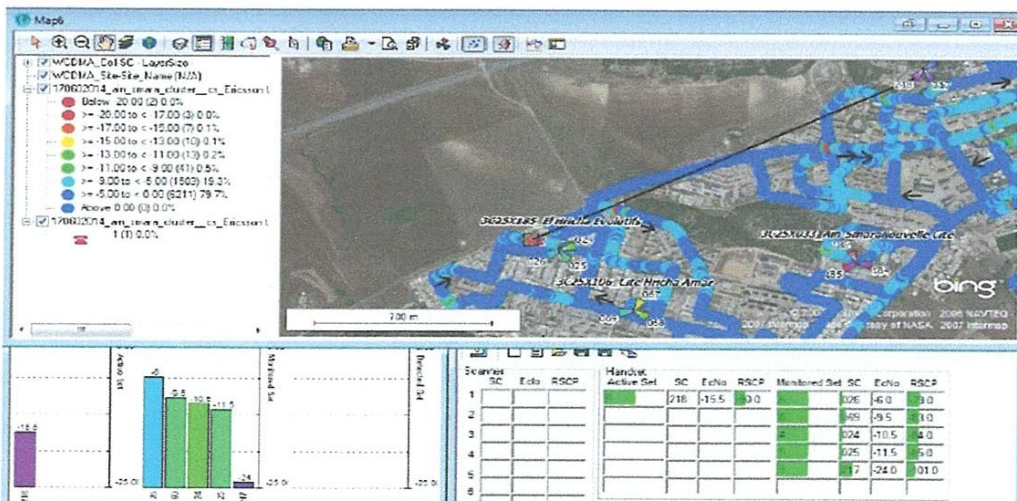


Figure III.29 : Emplacement où il y a des coupures d'appel sur le cluster.



- Type de problème : Coupure d'appel
- Solution : inclinaison vers le bas de la cellule C25X032\_3
  - Tilt actuel : -4
  - Nouveau tilt : -5

#### III.4.2.3.4. Analyses des appels échoués:

Il n'y a pas eu d'échec d'appel dès la première tentative.

#### III.4.3. La prédiction finale :

La Figure III.30 montre l'état du Cluster Ain Smara avant la procédure d'optimisation de la couverture et la qualité de signal que nous avons effectuée.

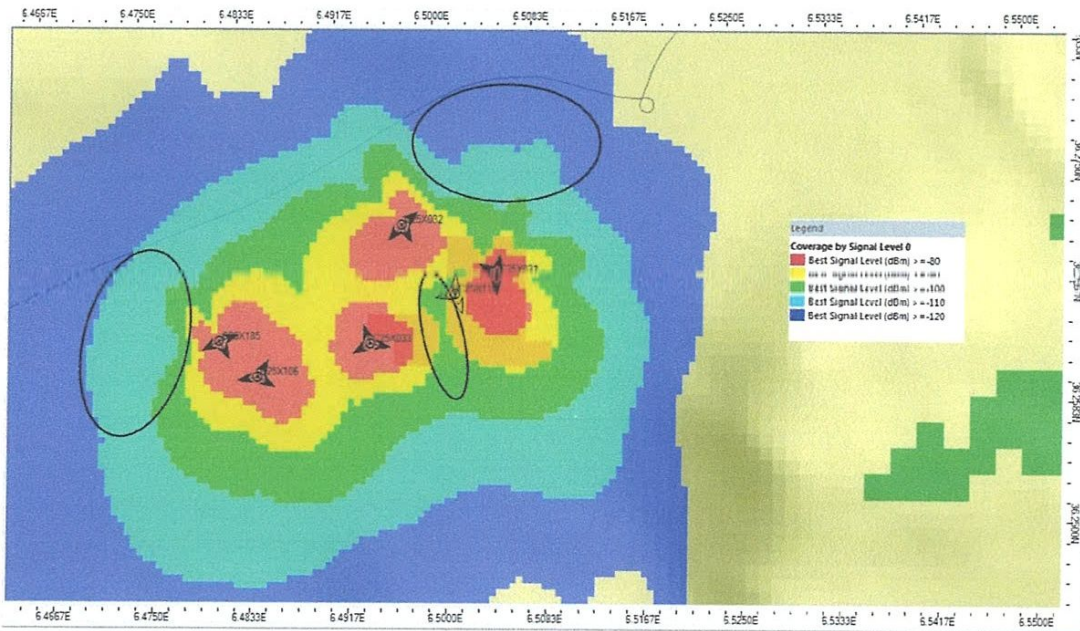


Figure III. 30 : Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara avant optimisation.

Après les changements des valeurs des paramètres Radio effectués et après la mise en service du nouveau site C25X110 nous avons obtenu la prédiction RSCP illustrée sur la Figure III.31.

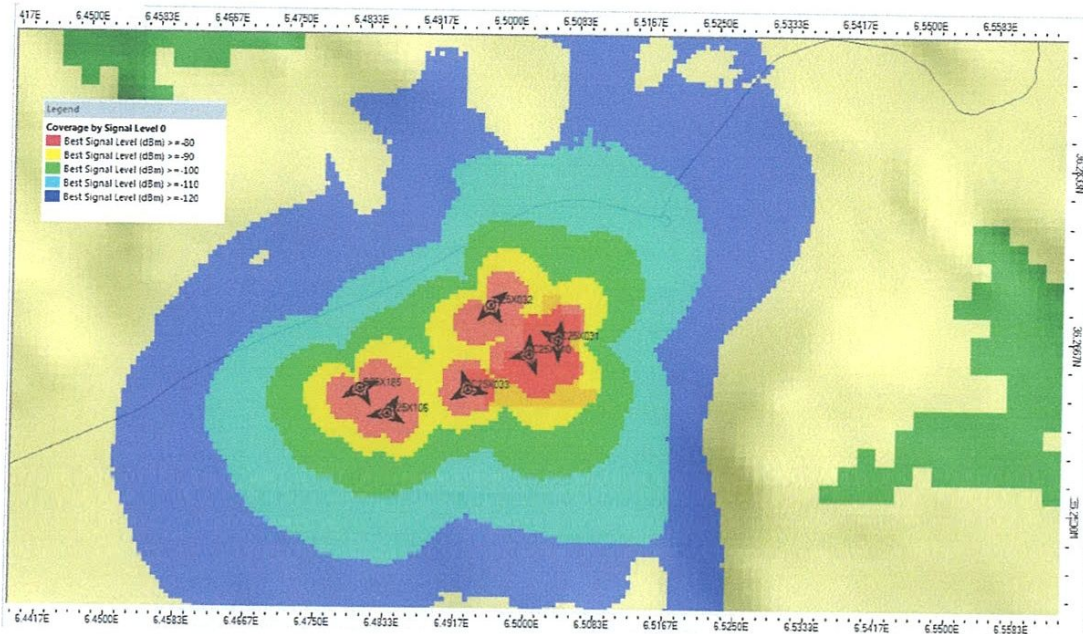


Figure III.31 : Prédiction RSCP dans la zone d'Ain Smara après les changements.

En analysant le résultat de cette dernière simulation, nous pouvons constater que : l'intégration et la mise en service du site C25X110 et les actions mécaniques effectués sur les autres sites ont amélioré à la fois couverture et la qualité de signal ( $E_c/N_0$ ) globalement dans la ville d'Ain Smara.

### III.5. Conclusion :

Dans cette partie nous avons, tout d'abord, mis en évidence les concepts de la qualité de service, ses indicateurs clés de performance KPIs, l'optimisation Radio et ses objectifs. Ainsi, nous avons illustré le processus d'optimisation Radio suivi par l'opérateur Djazzy. Nous avons vu, par la suite, les résultats d'un second drive test, qu'on a effectué pour déterminer le type des problèmes et ainsi les corriger. Cela nous a permis de savoir l'importance de cet outil très indispensable dans le processus d'optimisation Radio.

**CONCLUSION**

**GENERALE**

---

## CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons pu acquérir de bonnes connaissances théoriques et pratiques dans le domaine des communications Radio mobiles de 3<sup>ème</sup> génération.

En effet nous avons consacré un premier chapitre pour l'étude des fonctionnalités de la norme UMTS. Nous avons commencé cette partie par l'évolution des réseaux radio mobiles. Ensuite, nous avons abordé les principales fonctionnalités de l'UMTS, architecture matérielle (User Equipment, réseau d'accès UTRAN et réseau Cœur). Ainsi, nous avons étudié la technique d'accès W-CDMA utilisée dans ce système, ses contraintes majeures et principes.

Enfin, nous avons abordé les évolutions HSPA et HSPA+ et leurs caractéristiques nouvelles en termes de débit par rapport à la norme UMTS R99.

Par la suite, dans un deuxième chapitre, nous avons traité, à travers une étude théorique profonde et aussi une expérience pratique, les concepts principaux dans la planification et le dimensionnement de la couverture et la capacité des réseaux WCDMA, à savoir l'élaboration d'un bilan de liaison, la détermination du nombre de sites à implanter et leurs placements. Ainsi, nous avons fait des simulations pour prévoir le taux de couverture et la qualité de signal dans la zone planifiée. Enfin, après le déploiement des sites planifiés, nous avons réalisé un test de vérification pour la couverture et la qualité de service.

Les opérateurs doivent toujours assurer la continuité de la délivrance de leurs services aux abonnés avec une meilleure qualité possible. Et vu que tout réseau déployé doit faire l'objet d'extension pour suivre l'évolution de la demande de services et la maintenance de sa qualité globale, un troisième chapitre vient avec le but d'illustrer la démarche suivie par les opérateurs de télécommunication.

Nous avons donc, mis en évidence les concepts de la qualité de service QoS, ses indicateurs clés de performances KPIs et l'optimisation radio ainsi que ses objectifs. Nous avons, ensuite, illustré le processus d'optimisation radio suivi par l'opérateur de télécommunications Djazzy et l'appliqué dans notre démarche pratique d'optimisation de la couverture et la qualité de service de la ville d'Ain Smara – (Constantine). Enfin, nous avons mis le point sur les Drive test que nous avons fait, pendant cette démarche d'optimisation, sur deux étapes et leur rôle très important.

## *Références Bibliographiques*

- [1] : Joachim Tisal , « Le Réseau GSM, évolutions GPRS, I-Mode et WAP »  
Collection InfoPro, Dunod/01 Informatique. 4<sup>ème</sup> édition 2003
- [2] : <http://www.3gpp.org/component/itpgooglesearch/search?q=UMTS+principles>
- [3] : Guy Pujolle, Yannick Bouguen, Éric Hardouin, François-Xavier Wolff , « LTE  
et les réseaux 4G », Groupe Eyrolles, 2012
- [4] : Kacel MERZOUK, « 3G+ Dimensioning Planning and Optimization » Projet de  
Fin d'étude d'ingénieur. Institut National de Télécommunications d'Oran – Juin 2014.
- [5] : [http://memoireonline.com/recherche3.html/W-CDMA\\_principales](http://memoireonline.com/recherche3.html/W-CDMA_principales)
- [6] : Xavier Lagrange, « Principes et évolutions de l'UMTS », Hermès Science  
Publishing. Ltd, Mars 2005.
- [7] : Hicham MEKKAOUI, « Dimensionnement, Planification et Optimisation d'un réseau  
3G+ » Projet de Fin d'étude d'ingénieur. Institut National de Télécommunications  
d'Oran – Juin 2013
- [8] : <http://librairieantillaise.numilog.com/385559/HSPA--Evolution-to-Release-12.ebook>  
Pablo TAPIA, Harri HOLMA et Antti TOSKALA «HSPA+ Evolution to Release12 »,  
Electronic Publication. 07 Juillet 2014
- [9] : Ravelomanantsoa N.L, Andriamanohisoa H. Z et Randriamitantsoa P.A,  
« Planification pour le réseau 3G » Article de doctorat.Laboratoire de  
Télécommunication, Automatique, Signal et Images (L-TASI) Ecole Supérieure  
Polytechnique – Université d'Antananarivo. 2014