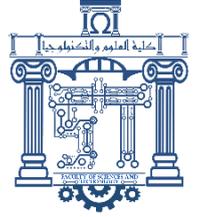




الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Republique Algerienne Democratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tébessi – Tébessa –  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie électrique

## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master Académique**

**En : Télécommunications**

**Spécialité : Réseaux et Télécommunications**

**Par : DOUH Chaima  
HAFDALLAH Rania**

### Sujet

**Etude et analyse des modèles de prédiction pour le dimensionnement d'un réseau wimax a 3.5GHz**

Présenté et évalué , le 20 /06 /2021 , devant le jury composé de :

Dr. Ferroudji karim  
Dr. Saidi Riad  
Dr. Merouamia Abdallah

MCB  
MCA  
MCA

Président  
Rapporteur  
Examineur 1

Promotion : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

*Louange à Dieu qui m'a montré mon chemin et a eu la meilleure aide, à la chose la plus précieuse que je possède dans ce monde, à celui qui était la raison de ma présence sur cette terre, à celui qui a placé le ciel sous ses pieds, à celui à qui je m'incline avec respect et appréciation, à celui que j'espère avoir atteint Satisfait de moi:*

*Ma chère mère pure, vertueuse et compatissante, qui dans tous les sens du terme est la `` fleur de ma vie " qui a toujours été ma grande adepte des études et dont les invitations m'accompagnaient toujours, que Dieu prolonge sa vie.*

*A qui je dois ma vie, à qui j'ai soutenu et une bougie a percé mon chemin pour l'allumer, à qui j'ai tous les sentiments d'appréciation et de respect, qui m'a toujours fait confiance et m'a aidé à traverser les moments les plus difficiles, mon cher père ' ELhadi Hafdhallah ' le guide, que Dieu le protège.*

*À mes frères, mes sœurs et ma petite nièce, 'Lilian', pour votre présence et vos encouragements constants.*

*À mes amis et collègues que je connais jusqu'à présent qui partagent tous les moments avec moi pendant mes études. Zahwa, Ilham, Safaa, Nardjis et Rimah, pour leur compréhension et leur soutien pour moi tout ce temps*

*À tous ceux que j'aime, merci beaucoup*

**HAFDALLAH. Rania**

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance que j'avais eu pendant toutes mes années d'études.*

*Je dédie cette Thèse :*

*À ma très chère mère :*

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et mon profond estime.*

*Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.*

*À mon très chère père :*

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous. vous m'avez comblé avec votre affection tout au long de mon parcours. vous n'avez jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, vous avez toujours été présents à mes côtés pour me consoler quand il fallait*

*A mes chères soeurs Abir et Maroua :*

*je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'aie pour vous. Vos prières, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse Dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.*

*maroua La source de joie et de bonheur , sans elle je n'aurais pas pu terminer ce travail .*

*A mon oncle Mahdi :*

*Avec tous mes sentiments de respect, d'amour et d'appréciation , merci pour toutes les informations que vous m'avez fournies , merci de m'aidez dans ce travail , merci pour tout ce que vous aviez fait pour moi .*

**DOUH.Chaima**

## **Remerciement**

*Nous remercions en premier le bon Dieu de nous avoir donné des connaissances pour commencer ce travail Avec confiance, le courage et la force d'accomplir ce travail .*

*Nos profonds remerciement vont également à notre encadrant Mr . SAIDI Riad , sans ses conseils , son engagement et son soutien précieux , ce mémoire ne serait achevé .*

*Après cela, nous remercions sincèrement tous les membres du jury:  
Dr. Karim FERROUDJI, d'avoir accepté de présider ce jury,*

*Dr. Abdallah MEROUAMIA, d'avoir accepté d'examiner ce travail*

*Dr. Riad SAIDI . Nous le remercions de nous encadrer, de nous avoir dirigés .*

*Nos sincères remerciements à :*

*chef service radio Mr BENTOUATI Abdelaziz à Batna.*

*Et toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage ( KISSOUM Radia )/ ( BOUSSAHLA Ghada )*

*Qui nous a donné quelques informations pratiques à utiliser dans nos recherches.*

*Tous les professeurs, collègues, tous amis et personnes dont les paroles, les écrits, les conseils, les critiques et le soutien moral et intellectuel ont guidé nos idées au cours de nos recherches.*

## Liste des symboles :

### Symboles :

**802.11** : Groupe de Travail IEEE sur les Réseaux Locaux Sans fil  
**802.16** : Groupe de Travail IEEE sur les Réseaux Métropolitains Wideworld  
**2G** : Second Generation  
**3G** : Third Generation  
**4G** : Fourth Generation  
**AAA** : Authentication Authorization and Accounting  
**ADSL** : Asymmetric Digital Subscriber Line  
**AES** : Advanced Encryption Standard  
**ATM** : Asynchronies Transfer Mode  
**AP** : Point D'accès  
**AK** : Authorization Key  
**ASN** : Access Service Network  
**ASN-GW** : Access Service Network Gateway  
**ASP** : Application Service Provider  
**BWA** : Broadband Wireless Access  
**BLR** : Boucle Locale Radio  
**BE** : Meilleure Offre de Service.  
**BSSID** : Basic Service Set Identifier  
**BSS** : Basic Service Set  
**BSA** : Basic Service Area  
**BPSK** : Binary Phase-Shift Keying  
**DSL** : Digital Subscriber Line  
**DVB** : Digital Video Broadcast  
**DVB-T** : Digital Video Broadcast-Terrestrial  
**DVB-H** : Digital Video Broadcast- Handheld  
**DRM** : Digital Rights Management  
**DL** : Down-Link  
**DHCP** : Dynamic Host Configuration Protocol  
**DSSS** : Devising Sequency Spread Spectru  
**CPS** : Common Part Sublayer  
**CSN** : Connectivity Service Network  
**CPE** : Customer Premise Equipment  
**CID** : Connections Identifier  
**CAH** : Centre d'Amplification Hertzien  
**ECC** : Hata-Okumura Extended  
**EDGE** : Enhanced Data Rate For GSM Evolution  
**ETSI** : European Telecommunications Standards Institute  
**EAP** : Extensible Authentication Protocol  
**ESS** : Extended Service Set  
**ertPS** : Extended Real Time Polling Service

**FDD** : Frequency Division Duplexing  
**FEC**: Correction D'erreur Directe  
**FTP**: File Transfer Protocol  
**FHSS** : Frequency Hopping Spread Spectrum  
**GSM** : Global System for Mobile Communication  
**GMSK** : Gaussian Minimum Shift Keying  
**GPRS** : General Packet Radio System  
**HLR** : Home Location Register  
**HTTP** :HyperTexteTransfert Protocol  
**Hiper LAN** : High Performance Local Area Network  
**Home RF** : Home Radio Frequency  
**HUMAN** : High-speed Unlicensed Metropolitan Area Network  
**HSS** : Home Subscriber Server  
**HA** : Home Agent  
**HSDPA** : High- Speed Downlink Packet Access  
**H-NSP** : Home Network Server Provider  
**IP** : Internet Protocole  
**IPV4** : Internet Protocole Version 4  
**IPV6** : Internet Protocol Version 6  
**IETF** : Internet Engineering Task Force  
**IFFT**: Inverse Fast Fourier Transform  
**IMS** : International Mobile Telecommunication  
**IBSS** : Identifier Basic Service Set  
**IETF EAP**: Internet Engineering Task Force / Extensible Authentication Protocol  
**IR**: Infra-Rouge  
**IEEE**: Institute of Electrical and Electronics Engineers  
**LLC**: Logical Link Control  
**LOS**: Line-Of-Sight  
**MS** : Mobile Station  
**MAC** : Media Access Control  
**MIMO** : Multiple-Input Multiple-Output  
**MAN-SC** : Metropolitan Area Network - Single Carrier  
**NrtPS** : Service D'interrogation en Temps Non Réel  
**NIA** : Network Interface Adaptation  
**NLOS** : Non Line-Of-Sight  
**NAP**: Network Access Provider  
**NSP** : Network Service Provider  
**nrPS** : Real Time Polling Service  
**OSI** : Open Systems Interconnection  
**OFDM** : Orthogonal Frequency Division Multiplexing  
**OFDMA** : Orthogonal Frequency Division Multiple Access  
**PLCP** : Physical Procédure Layer Convergence  
**PMD** : Physical Medium Dépendant

---

**PAP** : Point à Point  
**PMP** : Point à Multi Points  
**PDU** : Protocol Data Unit  
**PHY** : Physical Layer  
**PS** : Privacy Sublayer  
**PKMV2** : Privacy and Key Management Protocol Version 2  
**QoS** : Quality of Service  
**QPSK** : Quadrature Phase-Shift Keying  
**SC** : Single Carrier  
**SUI** : Stanford University Interim  
**SFDI** : Service Flow Identifier  
**STA** : Claque Station Terminal  
**SDU** : Service Data Unit  
**SNMP** : Simple Network Management Protocol  
**SS/BS** : Subscriber Station/Base Station  
**SSID** : Service Set Identic  
**S-OFDMA** : Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access  
**SC** : Single Carrier  
**SISO** : Single Input Single Output  
**SSCS** : Service Specific Convergence Sublayer  
**TEK** : Traffic Encryption Key  
**TDD** : Time Division Duplexing  
**UMTS** : Universal Mobile Telecommunication System  
**U-NIA** : Unlicensed Network Interface Adaptation  
**UL** : Up-Link  
**UMTS** : Universal Mobile Telecommunication System  
**UGS** : Unwanted Grant Service  
**VOIP** : Voice Over Internet Protocol  
**WDS** : Wireless Distribution System  
**Wi-Fi** : Wireless Fidelity  
**WiMax** : Worldwide Interoperability for Microwave Access  
**WLAN** : Wireless Local Area Network  
**WMAN** : Wireless Metropolitan Area Network  
**WPAN** : Wireless Personnel Area Network  
**WWAN** : Wireless Wide Area Network  
**WI** : Walfish-Ikegami

## Liste de tableaux :

<b>II.1</b>	Différents terrains pour le modèle SUI.....	<b>45</b>
<b>II.2</b>	Valeurs des paramètres pour le modèle Ericsson.....	<b>50</b>
<b>III.1</b>	Spécificités techniques des différentes normes IEEE 802.16.....	<b>54</b>
<b>III.2</b>	Paramètres de simulation à Batna.....	<b>57</b>
<b>III.3</b>	Paramètres de simulation à Biskra.....	<b>57</b>
<b>III.4</b>	Paramètres de simulation à Tokyo.....	<b>58</b>
<b>III.5</b>	Analyse des résultats de simulation en zone urbaine pour différent hauteur d'antenne du récepteur.....	<b>63</b>
<b>III.6</b>	Analyse des résultats de simulation en zone suburbaine pour différent hauteur d'antenne du récepteur.....	<b>64</b>
<b>III.7</b>	Analyse des résultats de simulation en zone urbaine pour différent hauteur d'antenne du récepteur.....	<b>65</b>
<b>III.8</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu urbain.....	<b>67</b>
<b>III.9</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 4 km de distance en milieu urbain.....	<b>69</b>
<b>III.10</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu suburbain.....	<b>71</b>
<b>III.11</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 4 km de distance en milieu suburbain.....	<b>73</b>
<b>III.12</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu rural.....	<b>75</b>
<b>III.13</b>	Estimation de l'affaiblissement du trajet à 4 km de distance en milieu rural.....	<b>77</b>

**Liste des figures :**

<b>I.1</b>	Antenne omnidirectionnelle sans couverture en-dessous de l'antenne.....	<b>5</b>
<b>I.2</b>	Diagramme de rayonnement habituel d'une antenne directionnelle avec des lobes calibrés.....	<b>5</b>
<b>I.3</b>	Classification des réseaux sans fil.....	<b>6</b>
<b>I.4</b>	Topologie ad-hoc.....	<b>9</b>
<b>I.5</b>	Infrastructure.....	<b>9</b>
<b>I.6</b>	Infrastructure étendu .....	<b>9</b>
<b>I.7</b>	Description des couches IEEE 802.11.....	<b>11</b>
<b>I.8</b>	La boucle locale radio.....	<b>14</b>
<b>I.9</b>	Technique multi trajet.....	<b>15</b>
<b>I.10</b>	La couche physique et MAC.....	<b>16</b>
<b>I.11</b>	Mode duplex TDD et FDD.....	<b>17</b>
<b>I.12</b>	Spectres des porteuses OFDM.....	<b>18</b>
<b>I.13</b>	Schéma d'un OFDMA.....	<b>18</b>
<b>I.14</b>	Les options de la FEC. ....	<b>19</b>
<b>I.15</b>	La desserte et collecte dans wimax.....	<b>22</b>
<b>I.16</b>	Architecture physique d'un Wimax.....	<b>24</b>
<b>I.17</b>	Les points de référence de wimax.....	<b>26</b>
<b>I.18</b>	Les Profile ASN.....	<b>26</b>
<b>I.19</b>	QoS dans le Wimax Mobile .....	<b>30</b>
<b>II.1</b>	Polarisation horizontale.....	<b>35</b>
<b>II.2</b>	Polarisation verticale.....	<b>35</b>
<b>II.3</b>	Phénomène de diffraction.....	<b>36</b>
<b>II.4</b>	Phénomène diffusion.....	<b>36</b>

<b>II.5</b> Catégoriser les modèles de propagation.....	<b>39</b>
<b>II.6</b> Atténuation médiane et facteur de gain de surface.....	<b>43</b>
<b>III.1</b> La zone géographique à Batna .....	<b>55</b>
<b>III.2</b> Antenne émetteur de CAH à Batna.....	<b>56</b>
<b>III.3</b> Antenne wimax.....	<b>56</b>
<b>III.4</b> L'affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur à 3m.....	<b>58</b>
<b>III.5</b> L'affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur à 6m .....	<b>59</b>
<b>III.6</b> L'affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur à 10m .....	<b>59</b>
<b>III.7</b> L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur à 3m.....	<b>60</b>
<b>III.8</b> L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur à 6 m .....	<b>60</b>
<b>III.9</b> L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur à 10m.....	<b>61</b>
<b>III.10</b> Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à différentes hauteurs d'antenne du récepteur.....	<b>61</b>
<b>III.11</b> Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à différentes hauteurs d'antenne du récepteur.....	<b>62</b>
<b>III.12</b> Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à différentes hauteurs d'antenne du récepteur.....	<b>63</b>
<b>III.13</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain avec hauteur d'antenne du récepteur 3m à Batna.....	<b>64</b>
<b>III.14</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain avec hauteur d'antenne du récepteur 6 m à Batna .....	<b>65</b>
<b>III.15</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain la hauteur d'antenne réceptrice 10 m à Batna .....	<b>66</b>
<b>III.16</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur 3 m à Biskra .....	<b>66</b>

<b>III.17</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur 6 m à Biskra .....	<b>66</b>
<b>III.18</b> L'affaiblissement du trajet en milieu urbain La hauteur d'antenne récepteur 10 m à Biskra .....	<b>67</b>
<b>III.19</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 3m à Batna .....	<b>68</b>
<b>III.20</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 6m à Batna .....	<b>68</b>
<b>III.21</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 6m à Batna .....	<b>69</b>
<b>III.22</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 10 m à Batna.....	<b>70</b>
<b>III.23</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 3 m à Biskra .....	<b>70</b>
<b>III.24</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 6 m à Biskra .....	<b>71</b>
<b>III.25</b> L'affaiblissement du trajet en milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 10 m à Biskra .....	<b>72</b>
<b>III.26</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 3m à Batna.....	<b>72</b>
<b>III.27</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 6m à Batna.....	<b>73</b>
<b>III.28</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 10m à Batna .....	<b>74</b>
<b>III.29</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 3m à Biskra .....	<b>74</b>
<b>III.30</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 6m à Biskra .....	<b>75</b>
<b>III.31</b> L'affaiblissement du trajet en milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 10m à Biskra.....	<b>76</b>
<b>III.32</b> Analyse des résultats de simulation d'environnement urbain à Batna.....	<b>76</b>
<b>III.33</b> Analyse des résultats de simulation d'environnement urbain à Biskra.....	<b>77</b>
<b>III.34</b> Analyse des résultats de simulation d'environnement suburbain à Batna.....	<b>78</b>
<b>III.35</b> Analyse des résultats de simulation d'environnement suburbain à Biskra.....	<b>79</b>

<b>III.36</b>	Analyse des résultats de simulation d'environnement rural à Batna.....	<b>79</b>
<b>III.37</b>	Analyse des résultats de simulation d'environnement rural à Biskra.....	<b>80</b>
<b>III.38</b>	Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à Batna .....	<b>80</b>
<b>III.39</b>	Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à Biskra.....	<b>81</b>

## Résumé :

Le déploiement des réseaux WiMax est multiplié dans le monde entier. L'estimation des affaiblissements de parcours est très importante lors du déploiement initial d'un réseau sans fil et de la planification des cellules. WiMAX est l'une des technologies les plus sollicitées dans le domaine de la transmission des données par ondes radio, elle présente un potentiel de succès dans les conditions de visibilité directe (LOS : Line-Of-Sight ) et sans visibilité directe (NLOS : Non Line-Of-Sight) fonctionnant en dessous de la fréquence de 11 GHz. De nombreux modèles d'affaiblissement de parcours tel que (modèle Okumura, modèle Hata) sont disponibles pour prédire l'affaiblissement de propagation, mais ils ont tendance à être limités aux bandes de fréquences inférieures (jusqu'à 2 GHz). Dans ce mémoire, nous allons étudier cinq modèles de prédictions, (modèle COST 231 Hata, modèle ECC-33 (hata-okumura extended) , modèle SUI(Stanford University Interim), modèle Ericsson et modèle COST 231 Walfish-Ikegami), en les comparons et les analysons pour différentes hauteurs d'antenne de réception dans des environnements urbains, suburbains et ruraux. Notre principale concentration dans ce travail consiste à rechercher un modèle approprié pour différents environnements afin de fournir des directives pour le déploiement et le dimensionnement pour la planification cellulaire d'un réseau WiMAX à une fréquence de 3,5 GHz, Là où nous avons travaillé dans l'analyse, c'était dans les régions de Batna et Biskra, et le résultat était qu'il n'est pas possible d'utiliser un modèle dans toutes les régions à cause des deux phénomènes de multi-trajet et du phénomène de NLOS, et que le SUI Le modèle peut être considéré pour l'affaiblissement de trajet dans les zones urbaines et rurales.

**Mots clés:** Planification, dimensionnement, WiMAX, modèles de prédictions, modèle COST 231 Hata, modèle ECC-33, modèle SUI, modèle Ericsson et modèle COST 231 Walfish-Ikegami.

## Abstract:

The spread of network is grown all around the world. Estimating path losses is so significant during initial wireless network operation and cell planning. WiMAX is one of the most required technologies in the field of data transmission by radio waves, it has the potential for success in the (LOS : Line-Of-Sight) and (NLOS : No Line-Of-Sight) conditions operating below the frequency of 11GHz. Many trail loss models such as (Okumura model, Hata model) are obtainable to forecast propagation failure, but they tend to be limited to lower frequency bands (up to 2 GHz). In this thesis, we will display five prediction models, COST 231 Hata model, ECC-33 model (hata –okumura extended),SUI model (Stanford University Interim) Ericsson model and COST 231Walfish-Ikegami model, we have compared and analyzed them with different receiving aerial heights in urban ,suburban and rural

environments. Our major purpose in this work is to explore a suitable model for various environments to supply guidelines for the use and sizing for cellular planning of a WiMAX network at a frequency of 3.5GHz. We have used several regions to work and explore the analysis, for instance: Batna and Biskra , we had reached that it is not possible to use the model in all the regions due to the two facts of multipath and the incident of NLOS; moreover ,the SUI which can be considered for path loss in urban and rural areas.

**Keywords:** Planning, dimensioning, WiMAX, prediction models, COST 231 Hata model, ECC-33 model, SUI model, Ericsson model and COST 231 Walfish-Ikegami model.

### التلخيص :

يعد تقدير خسارة المسار امرا مهما للغاية اثناء النشر الاولي للشبكة اللاسلكية و تخطيط الخلية , يعد WIMAX واحدة من اكثر التقنيات المطلوبة في مجال نقل البيانات عن طريق الموجات اللاسلكية و لها امكانيات النجاح عن طريق وجود خط الرؤية LOS و عدم وجود خط الرؤية NLOS في ظروف خط البصر أقل من تردد 11 جيجاهرتز, تتوفر العديد من نماذج خسارة المسار للتنبؤ بخسارة الانتشار , لكنها نتحصر في نطاقات التردد الاقل من 2 جيجاهرتز, في هذا العمل سوف ندرس 5 نماذج

(COST 231 Hata model , ECC-33 model (hata-okumura) , SUI (Stanford University Interim) , Ericsson model and COST 231 Walfish-Ikegami model)

قمنا بمقارنة النتائج و تحليلها مع ارتفاعات جوية مختلفة لهوائي الاستقبال في مختلف البيئات و الضواحي الريفية , يتركز عملنا على البحث عن نموذج مناسب لبيئة مختلفة لتقديم ارشادات النشر و التحجيم للتخطيط بتردد 3.5 جيجاهرتز , قمنا باختيار منطقتي باتنة وبسكرة للتحليل , وكانت النتيجة أنه لا يمكن استخدام نموذج واحد في جميع المناطق بسبب ظاهرتي تعدد المسارات و ظاهرة NLOS

وأنه يمكن اعتبار في المناطق الحضرية والريفية نموذج SUI

### الكلمات الرئيسية :

ECC-33 , COST 231 Hata model , نماذج التنبؤ , WiMAX التخطيط , الأبعاد , model , SUI model , Ericsson model و COST 231 Walfish-Ikegami model

**Table des matières :**

<b>Dédicaces</b> .....	ii
<b>Remerciements</b> .....	iv
<b>Liste des symboles</b> .....	v
<b>Liste des tableaux</b> .....	viii
<b>Liste des figures</b> .....	ix
<b>Résumé</b> .....	xiii
<b>Table des matières</b> .....	xv
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur le réseau WiMAX</b>	
Introduction: .....	4
I.2. Généralité sur les réseaux sans fil: .....	4
I.2.1. Les caractéristiques des antennes utilisées : .....	4
I.2.1.1. Choix d'antenne : .....	4
I.2.1.2. Omnidirectionnel :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I.2.1.3. Directionnel : .....	5
I.2.2. Portées et débits des principales technologies sans fils : .....	6
I.2.3. Les classes des réseaux sans fils : .....	6
I.2.3.1. WPAN (Wireless personal area network): .....	7
I.2.3.2. WLAN (wireless local area network):.....	7
I.2.3.3. WMAN (wireless metropolitan area network):.....	8
I.2.3.4. WWAN (Wireless wide area network): .....	8
I.2.4. Topologies des Réseaux Sans Fil :.....	8
I.2.4.1. Ad-hoc (point a point):.....	9
I.2.4.2. Infrastructure: .....	9
I.2.5. Les composants des réseaux sans fil :.....	10
I.2.6. L'architecture en couches des Réseaux Sans Fil : .....	10
I.2.7. Utilisation d'un réseau sans-fil : .....	12
I.2.8. Les applications des réseaux sans fil : .....	12

I.3. Concept et architecture du réseau WiMax :	13
I.3.1. Définition :	13
I.3.2. Historique :	13
I.3.3. Fonctionnement du WiMAX :	14
I.3.4. Architecture protocolaire :	16
I.3.4.1. Couche Physique :	17
I.3.4.2. Les différentes versions de la couche physique :	17
I.3.4.3. Technique OFDM :	18
I.3.4.4. Technique OFDMA :	19
I.3.4.5. Technique d'accès multiple S-OFDMA :	19
I.3.4.6. Notion de Profil :	20
I.3.5. La couche MAC :	21
I.3.5.1. La sous couche SSCS :	21
I.3.5.2. La sous couche CPS :	21
I.3.5.3. La sous couche PS :	21
I.3.6. Principe de fonctionnement du WiMAX :	22
I.3.6.1. La fonction desserte :	22
I.3.6.2. La fonction collecte :	22
I.3.7. WiMAX fixe et WiMAX mobile :	23
I.3.7.1. WiMAX fixe :	23
I.3.7.2. WiMAX mobile :	23
I.3.8. Les applications du WiMAX :	24
I.3.9. Architecture physique du WiMAX :	24
I.3.10. Les Points de référence, Profiles ASN et la sécurité :	25
I.3.10.1. Les points de références :	25
I.3.10.2. Les Profile ASN :	27
I.3.10.3. La Sécurité avec WiMAX :	28
I.3.11. Avantages du réseau WiMAX :	28
I.3.12. Evolutions du réseau WiMAX :	29
I.3.12.1. Evolutions :	29
I.3.12.2. IEEE 802.16e :	29
I.3.12.3. IEEE 802.16f :	29
I.3.13. La Standardisation :	29

I.3.14. QoS dans le WiMAX :	30
I.4. Conclusion :	31

## Chapitre II : LES MECANISMES DE PROPAGATION ET MODELES DE PREDICTION

II.1.Introduction :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.2. Objectifs des modèles de prédiction de la propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.3.Les mécanismes de propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.3.1.Aspects physiques de la propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.3.1.1.L'évanouissement à grande échelle :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.3.1.2.L'évanouissement à petite échelle :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.4. Les différents mécanismes de propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.5. Les principaux phénomènes physiques et dépendance en fréquence :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.5.1.Les différents trajets de propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.5.2.Les propriétés du canal :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.6.Modèles de propagation :	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.6.1. L'affaiblissement de propagation en espace libre :	40
II.6.2.Modèle Log-distance :	40
II.6.3. Modèle Log normal shadowing :	41
II.7.Modèles de prédiction empirique :	41
II.8.Conclusion :	51

## Chapitre III : ÉTUDE ET ANALYSE DU RESULTAT

III.1.			Introduction :
.....			<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.	Dimensionnement	d'un	réseau
WiMAX.....			<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.1.	Processus de dimensionnement du réseau WiMAX..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.2.2.	Choix de la bande de fréquence ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.2.3.	Choix du type de Dimensionnement : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.3.	Modèles	de	propagation
.....			études :
.....			<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.1.	Rôle des modèles de propagation : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.4.		Simulation	des
modèles.....			<b>Error! Bookmark not defined.</b>
.....			<b>defined.</b>
III.4.1.	Zone géographique a étudié : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.4.2.	Propretés des sites : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.			Etude
théorique.....			<b>Error!</b>
.....			<b>Bookmark not defined.</b>
III.5.1.	Affaiblissement en zone urbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.2.	Affaiblissement en zone suburbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.3.	Affaiblissement en zone rurale : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.4.	Analyse des résultats de simulation en zone urbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.5.	Analyse des résultats de simulation en zone périurbaine ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.5.6.	Analyse des résultats de simulation en zone rurale ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.6.			Etude
pratique.....			<b>Error!</b>
.....			<b>Bookmark not defined.</b>
III.6.1.	Affaiblissement en zone urbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.6.2.	Affaiblissement en zone suburbaine : ..... 70		
III.6.3.	Affaiblissement en zone rurale : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.6.4.	Analyse des résultats de simulation en zone urbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		
III.6.5.	Analyse des résultats de simulation en zone périurbaine : ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>		

III.6.6. Analyse des résultats de simulation en zone rurale :.....**Error! Bookmark not defined.**

**III.7.Conclusion**

.....**Error!**

**Bookmark not defined.**

**CONCLUSION GENERALE.....84**

**Références.....Er**

**ror! Bookmark not defined.**

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Au fil du temps, le besoin de communication et de communication augmente Informations sur les villes et les banlieues et les zones rurales. L'utilisation d'Internet est le principal moyen d'assurer une transmission de données rapide et satisfaisante (notamment les connexions filaires). En raison de contraintes géographiques et économiques, cette dernière technologie ne peut pas être déployée à l'échelle mondiale. Heureusement, la solution à ce problème réside dans l'interopérabilité mondiale. "Accès micro-ondes" a une forme fixe et une forme mobile, et sa norme l'est. Elle s'applique respectivement aux IEEE802.16d et IEEE802.16e fixes et mobiles. Le WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) fourni par la norme IEEE802.16 est devenu l'une des dernières technologies en raison de ses nombreuses normes et de ses bonnes performances.

Avant d'installer le site, l'un des principaux facteurs que nous devons estimer est le calcul de la perte de chemin. Les modèles de diffusion sont largement utilisés dans la planification des réseaux, principalement lors des études de faisabilité et du déploiement initial. Ceci est également très utile pour rechercher des interférences au moment de la publication. Grâce à une combinaison d'analyse et d'expérimentation, un modèle de diffusion est obtenu. Le modèle de diffusion est utilisé pour calculer la force du champ électromagnétique afin de planifier le réseau sans fil lors du déploiement initial. Il décrit l'atténuation du signal de l'antenne émettrice à l'antenne réceptrice et les changements de distance, de fréquence porteuse, de hauteur d'antenne et d'autres paramètres importants tels que les cartes topographiques (telles que les zones urbaines, suburbaines et rurales).

Le modèle empirique est dérivé de la mesure et de l'observation, tandis que le modèle déterministe utilise l'équation de l'onde électromagnétique pour déterminer la force du signal reçu à un endroit particulier. Les modèles déterministes peuvent fournir des estimations fiables et complètes de l'affaiblissement sur le trajet et des caractéristiques des canaux, mais nécessitent généralement des cartes complètes de l'environnement de propagation.

D'autre part, les méthodes empiriques fournissent des méthodes de prédiction moins précises mais simples sans avoir besoin d'informations spécifiques et détaillées sur le type de terrain. Bien que la plupart des travaux de la littérature soient basés sur des estimations empiriques de l'affaiblissement sur le trajet pour les systèmes WiMAX fonctionnant dans la bande 3,5 GHz, les performances des supports 2,5 GHz n'ont pas été étudiées de manière approfondie. Dans cet article, nous utilisons différents modèles de propagation (par exemple, le modèle COST 231 Hata, le modèle ECC-33, le modèle SUI, le modèle Ericsson et l'étude du modèle COST 231 Walfish-Ikegami sans l'analyser en raison de paramètres spéciaux à prendre en compte) sous différentes antennes de réception. hauteurs en milieu urbain pour la comparaison des pertes de déplacement.

Nous comparons les résultats du modèle d'affaiblissement du trajet en modifiant la fréquence de fonctionnement alors que la hauteur de l'antenne du récepteur est inchangée, et pour chaque modèle, nous pouvons également obtenir les résultats en modifiant la hauteur de l'antenne du récepteur à la même bande de fréquence.

Notre présente étude est divisée en trois chapitres :

Premier chapitre résume les réseaux sans fil et les réseaux WiMAX, car la demande de réseaux Internet sans fil augmente en raison de la couverture très limitée, il est donc préférable de l'utiliser pour se connecter au réseau local. Le groupe de travail IEEE 802.16, a développé une nouvelle technologie d'accès sans fil à haut débit (50 km) appelée (WiMAX), qui peut répondre à la demande et garantir la qualité de service. basé sur la description générale du réseau sans fil WiMAX, son fonctionnement, ses points positifs et étudie le standards IEEE 802.16d et IEEE 802.16e et aussi bien la description de différentes techniques de multiplexages, également les profils ASN et point de référence.

Le deuxième chapitre est étudiez les données de base pour le processus de déploiement et les mécanismes de propagation et prédiction de l'affaiblissement du trajet.

Le troisième chapitre est Analyser et simuler quatre modèles de prédiction qui ont été déduits lors de la propagation initiale de l'affaiblissement du trajet dans deux région (Batna et Beskra). Notre projet a étudié l'intensification du réseau WiMAX à Batna et Biskra, et en particulier l'application devrait planifier et déterminer la couverture du réseau WiMAX avec des interférences réduites. Nous comparons les résultats du modèle de perte de trajet en changeant la hauteur de l'antenne du récepteur tandis que le fonctionnement de la fréquence ne change pas pour chaque modèle.

Enfin nous avons terminé notre mémoire par une conclusion générale.

# **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ SUR LE RÉSEAU WiMAX**

## **I.1 Introduction:**

Aujourd'hui, Internet est devenu le seul paradis de la communication entre tous les pays et la demande quotidienne a considérablement augmenté pour répondre à la demande toujours croissante de téléphones mobiles, de radios, de téléviseurs et de services d'ordinateurs portables. Le développement rapide de l'Internet sans fil a entraîné une augmentation de la demande d'accès à Internet haute vitesse. Dans ce chapitre, nous étudierons et prêterons attention aux réseaux sans fil et aux réseaux WiMAX, grâce auxquels nous pouvons comprendre leur travail et services et leurs avantages et inconvénients.

## **I.2. Généralité sur les réseaux sans fil :**

### **I.2.1. Les caractéristiques des antennes utilisées :**

#### **I.2.1.1. Choix d'antenne :**

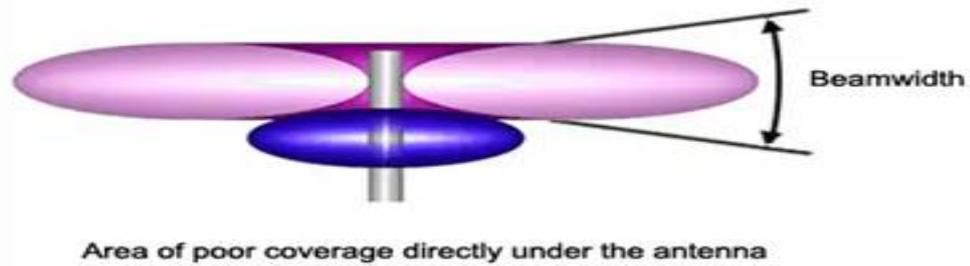
Il est préférable d'équiper d'abord une antenne à écran plat lorsque le bilan de liaison est approprié, puis si les conditions exigent que le système soit plus efficace, des antennes satellites sont nécessaires. Les antennes se distinguent par des critères tels que l'atténuation, l'angle de couverture, la polarisation et leur connexion, car il y a certaines caractéristiques à prendre en compte, il n'y a donc pas d'erreur lors du choix d'une antenne, y compris la fréquence de fonctionnement, la directivité, le gain, la résistance, la puissance et l'invention Une directionnelle ou l'antenne à gain omnidirectionnel est utilisée pour localiser plusieurs kilomètres. [1.2]

#### **I.2.1.2. Omnidirectionnel :**

L'antenne omnidirectionnelle couvre une zone uniforme autour de l'antenne, car elle rayonne à 360 degrés pour envoyer et recevoir des signaux dans n'importe quelle direction. Parmi ses caractéristiques :

- Très facile à installer.
- Il est très pratique de connecter ces antennes au produit.
- Fournir une très longue distance de transmission.

Il peut même être installé à l'envers du plafond dans les environnements intérieurs. [1] Mais il a un inconvénient qui est la mauvaise couverture directement sous l'antenne, et la figure I.1 est expliqué cela :



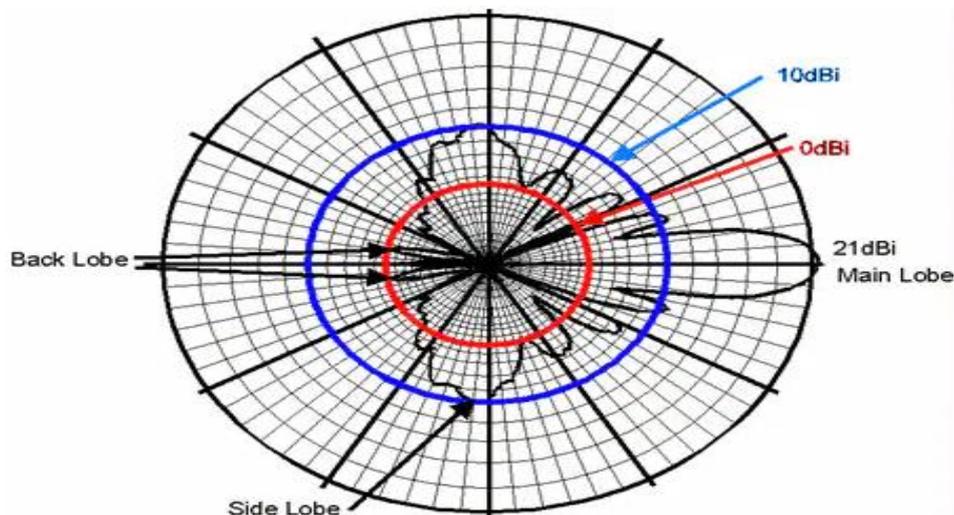
**Fig I.1:** Antenne omnidirectionnelle sans couverture en-dessous de l'antenne [1]

### I.2.1.3. Directionnel :

Une antenne directionnelle qui focalise le signal dans la direction vers laquelle il pointe, Il peut atteindre une plus grande portée et recevoir un signal faible d'un point désigné. [1]

- Il couvre de longues distances.
- Utilisé pour couvrir la ligne de vue près de la Line of sight (long couloir, structure de l'île) et laisser de l'espace entre eux.

Cependant, comme la couverture angulaire est petite, vous ne pouvez pas couvrir une zone plus grande, ce qui est désavantageux pour une couverture intérieure générale, et la figure I.2 est expliqué cela :



**Fig I.2:** Diagramme de rayonnement habituel d'une antenne directionnelle avec des lobes calibrés.[1]

### I.2.2. Portées et débits des principales technologies sans fils :

Les normes 802.11a, 802.11b et 802.11g, 402.11n sont définies pour la (couche physique) et sont connues dans le support physique dépendant (PMD), ce qui permet à la vitesse de varier en fonction de la bande de fréquences. [3]

**IEEE 802.11a** : Ici La vitesse théorique maximale utilisée est de 54Mb / s, Cela dépend de la technologie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), et La vitesse théorique (intérieure) est (6,9,12,18,24,36,48,54Mb / s (prend en charge plusieurs vitesses pour se connecter à un canal) et la plage (70,50,30,25,17,10) séquentiellement, aux œuvres sous une structure d'information nationale sans licence (U-NIS) 5 GHz, et 23 canaux sont utilisés et il n'y a pas de chevauchement. [20]

**IEEE 802.11b** : Ce norme est basé sur La vitesse théorique maximale utilisée est de 11Mb / s. Cela dépend de la technologie à spectre étalé à séquence directe (DSSS), Travail sur la science et la médecine industrielles 2,4 GHz (ISM), Et 14 canaux sont utilisés et 3 canaux ne se chevauchent pas, Et La vitesse théorique est (1, 2, 5, 5, 11 Mb / s) (prenant en charge plusieurs vitesses pour se connecter à un canal) suivie de la portée intérieure (150, 100, 75,50 m) et de la portée extérieure (500, 400, 300, 200 m).[3]

**IEEE802.11g** : Ce norme est basé sur Le débit de données maximal est de 54 Mo /s,Utilizes OFDM (orthogonal frequency devising multiplexing), et Le débit de données est le trafic pris en charge par 802.11b,Convient à la bande de fréquences 2,4 GHz et ISM, Utilisez 13 canaux et utilisez 3 canaux sans chevauchement, et La vitesse théorique est (6.9.12,18,24,36,48,54Mb / s) (prend en charge plusieurs vitesses pour se connecter à un canal), et la portée intérieure (90,75,64,55,42,30,29,27m ) Et plage de portée (400, 350, 250, 180, 140, 120, 100, 75 m).[3]

**IEEE802.11n** : Pour une portée d'environ 250 m, le débit de données maximal est de 600 Mo / s, et 2.4 Prise en charge de la bande de fréquences jusqu'à 5 GHz, et La technologie MIMO (entrées multiples, sorties multiples) incluse dans la technologie OFDM est utilisée. La transmission augmente la distance de transmission, Amélioration des performances de débit du réseau. [3]

### I.2.3. Les classes des réseaux sans fils :

La figure I.3 décrit les différentes catégories de réseaux en fonction de leur étendue.

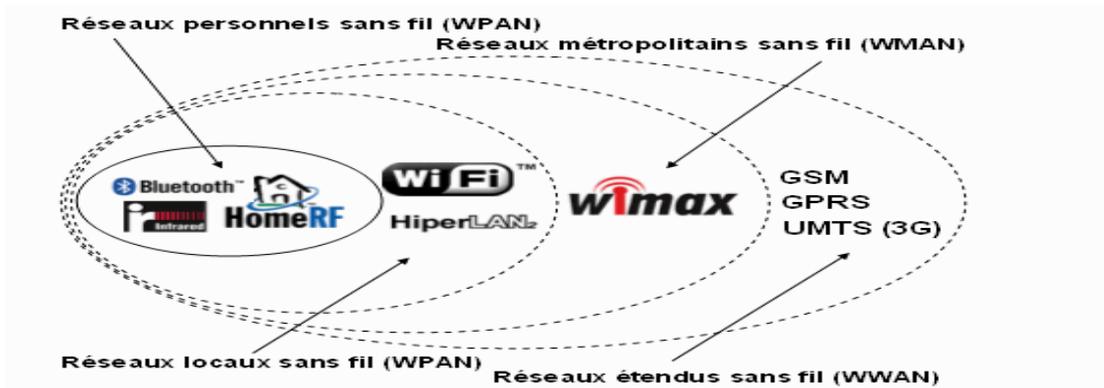


Fig I.3 : Classification des réseaux sans fil [5]

### I.2.3.1. WPAN (Wireless personnel area network):

Voici un réseau sans fil à taille humaine, la portée maximale est de quelques mètres autour de l'utilisateur (bureaux, salles de réunion, etc.), [4.5] parmi lesquels il existe des normes telles que Bluetooth et homeRF, ainsi que comme zigbee et IRDA...

**Bluetooth** : Bluetooth s'appelle IEEE 802.15.1, sa vitesse théorique est de 1 Mbps et sa portée maximale est de 30 m. Très faible puissance, ce qui le rend particulièrement adapté à une utilisation dans de petits périphériques. [4]

**HomeRF** : HomeRF (Home Radio Frequency) est principalement supporté par Intel. En janvier 2003, la vitesse théorique sans amplificateur était de 10 Mo / s, Le standard HomeRF a été abandonné car le créateur du processeur s'appuie désormais sur la technologie wifi.

**Zigbee** : La technologie Zigbee s'appelle IEEE 802.15.4. Elle fonctionne sur la bande de fréquence 2,4 GHz et 16 canaux, avec un débit de données allant jusqu'à 250 Kb / s, et une portée maximale d'environ 100 m, adaptée aux petits appareils.

**IrDA** : Les liaisons infrarouges sont largement utilisées dans la domotique (télécommande) de plus de 150 membres, cette technologie permet de créer des liaisons sans fil de quelque mètres de long à des vitesses pouvant aller jusqu'à quelques mégabits par seconde.

### I.2.3.2. WLAN (wireless local area network):

Cette catégorie comprend les WLAN d'une portée allant jusqu'à 500 m, adaptés aux applications (campus, bâtiments, aéroports, etc.), Il existe des normes telles que le Wi-Fi et hiperLAN2. [5]

**Wifi** : Permet aux équipements informatiques de se connecter et d'échanger des données par voie aérienne, offrant des vitesses allant jusqu'à 54 Mb / s sur une distance de centaines de mètres.

**HiperLAN2** : Le standard HiperLAN2 a été développé par (Européen Télécommunications Standards Association), car il s'agit d'une radio haute performance avec une vitesse théorique de 54Mb / s et environ 100m dans la gamme de fréquences entre 5150MHz et 5300MHz. [4]

#### **I.2.4.3. WMAN (wireless metropolitan area network):**

Ce type de réseau est appelé radio en boucle locale (BLR), qui peut couvrir une plus grande zone urbaine avec une portée de 50Km. Dans cette norme, nous avons classé Hiperman et Wimax. [4]

#### **I.2.3.4. WWAN (Wireless wide area network):**

Actuellement basé sur la technologie des télécommunications, il s'agit d'une catégorie de réseaux cellulaires mobiles avec une très large couverture mondiale. Dans cette catégorie, on peut citer GSM, GPRS, EDGE, UMTS...etc. [5]. La bande de fréquence du réseau mobile (GSM) est 2GHZ et le débit de donnée est 9.05Kb/s. [4]

Le réseau mobile GPRS (2.5GHZ) a un débit de donnée de 171.2Kb/s.

EDGE (2.75GHZ) a un débit 383Kb/s.

UMTS (3GHZ) a un débit 14.4Mb/s...etc.

#### **I.2.4. Topologies des Réseaux Sans Fil :**

La topologie de base d'un réseau sans fil est :

**BSS** (basic service set) est un ensemble de service de base qui assure regroupe de au plusieurs ordinateur qui se connecte. [6.7]

**ESS** (extended service set) réseau avec infrastructure étendue.

**SSID** (service set identifier) un nom ASCII qui nom de réseau.

**BSSID** (basic service set identifier) : c'est l'adresse MAC de l'interface radio.

**IBSS** (Independent basic service set) : il s'agit d'un réseau éphémère qui permet aux personnes d'une même pièce d'échanger des données.

Par conséquent, ici les principales topologies utilisées dans les réseaux sans fil sont:

### I.2.4.1. Ad-hoc (point a point):

La connexion entre les appareils sans fil configure le réseau (temporairement) via une transmission d'égal à égal ou une transmission d'appareil à appareil. est la figure I.4 est expliqué cet technique. [6.7]

- Il n'a pas ici point d'accès et infrastructure.
- Cette topologie est appliquée aux réseaux WLAN de petite taille et petit utilisateur (4 à 8).

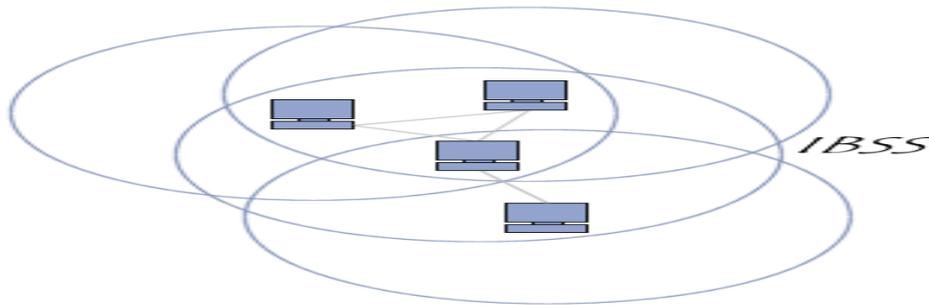


Fig I.4: Topologies ad-hoc [6]

### I.2.4.2. Infrastructure:

**Infrastructure :** Ethernet modifie plusieurs points d'accès (PA), qui sont responsables de la gestion des STA intermédiaires pour chaque canal et des STA qui envoient des demandes au point d'accès. [6.7]

RN : STA c'est une chaque station terminale

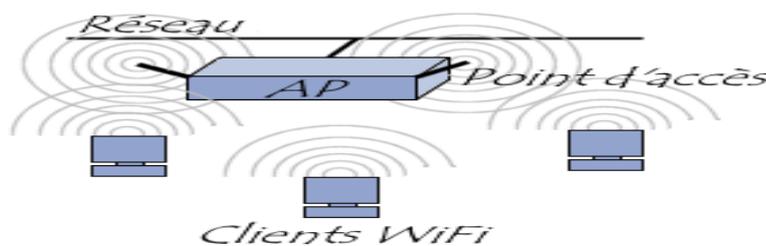


Fig I.5 : infrastructure [6]

**Infrastructure étendu :** De nombreux BSS (ou PA) peuvent être connectés via DS (distribution système), pour former un ensemble étendu de dépassements BSS. DS peut être un réseau filaire ou un câble (Ethernet) entre deux points d'accès. Dans cette figure I.6 cela est expliqué précisément :

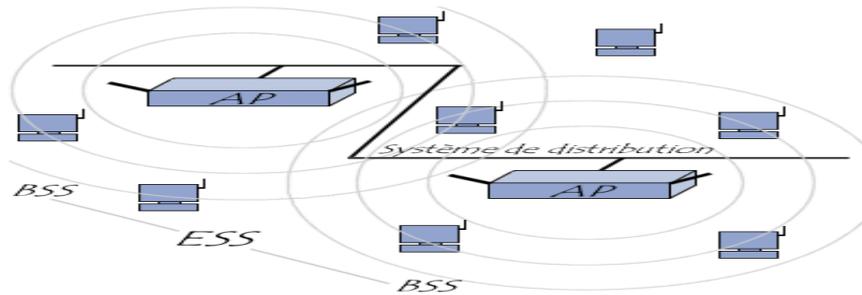


Fig I.6 : infrastructure étendu [6]

### I.2.5. Les composants des réseaux sans fil :

Étant donné que tout le monde est impatient d'utiliser Internet, les réseaux locaux sans fil nécessitent des composants de sécurité supplémentaires afin de ne pas avoir à dépenser d'énergie pour connecter les câbles (ordinateurs, imprimantes, lecteurs MP3 et consoles de jeux) pour la connexion. [8]

**Serveur :** c'est un ordinateur qui est choisi pour organiser l'ensemble du réseau. Il gère l'accès aux ressources et périphériques et connexions des différents utilisateurs

**Postes clients :** ce sont des ordinateurs connectés au réseau par l'intermédiaire de cartes réseaux qui utilisent la moyenne information partagés.

**Commutateur ou Switch :** il permet l'interconnexion d'appareil communication (ordinateurs, serveurs, périphériques), relie a un même réseau physique.

**Router internet wifi :** Il se connecte au réseau Internet et distribue l'accès à divers périphériques, notamment les postes clients du réseau en cas de besoin, et il est connecté par câble ou sans fil (wifi).

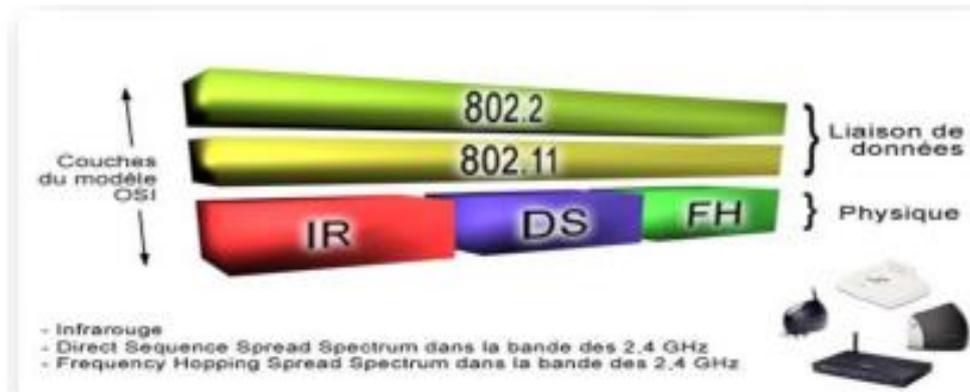
### I.2.6. L'architecture en couches des Réseaux Sans Fil :

Le modèle de référence OSI analyse le problème de l'interconnexion des réseaux informatiques,[9] dans des couches chevauchées par la couche physique (la carte utilisée) pour se connecter au réseau ou même le niveau d'application, c'est-à-dire la Couche qui implémente les services nécessaires aux applications utilisant le réseau (programmes de messagerie Internet ou navigation).[10]

IEEE802.11 Groupe de travail est la couche physique et La couche liaison de données ce dernier est divisé en deux parties :

**802.11 standard couche MAC :** Gère l'accès au support et garantit la distribution des cadres, la fonction du WLAN est définie dans la couche Mac, telle que QOS, Securité et Roving Service. [8]

**La couche LLC :** Il est défini par la norme IEEE 802. 2 Cette couche permet l'établissement d'une liaison logique entre la couche Mac,et la couche OSI 3 (couche réseau), 802. 11n améliore la couche MAC afin de minimiser les coûts fixes et les pertes de transmission causées par la congestion. Comme il peut être illustré dans la figure suivante I.7 :



**Fig I.7 :** Description des couches IEEE 802.11

**802.11 Couche physique(PHY) :** Le rôle de la couche physique est approprié de transporter la séquence de 0 ou 1 l'émetteur souhaite envoyer au récepteur , remarque Dans deux sous-réseau PLCP (convergence de la couche de procédure physique) et la procédure dépend de la prise en charge physique du PMD (support physique dépendant).[10]

- **PLCP :** mappe les trames MAC sur le support de transmission.
- **PMD :** Il encode et modifie les données, puis le transport les trames.

En utiliser Trois couches physiques principales (FHSS, DSSS, IR (infrarouge)), ont été identifiées, pour la norme 802.11, car trois nouvelles couches physiques wifi ont été ajoutée (802.11b, wifi5 (802.11a/g) ,802.11n). [10]

Les **FHSS** et **DSSS** utilisent la bande ISM 2. 4 GHz (industrielle, scientifique et médicale). Nous reviendrons dans ce groupe sans licence, L'infrarouge est utilisé dans des cas où les distances entre différentes saisons sont faibles.

La technologie **IR** (infrarouge) est Pour utiliser l'onde optique pour transmettre des données, là où elles se trouvent Les opérations de transmission sont unidirectionnelles, soit en (vue directe), soit par (réflexion). [10]

### **I.2.7. Utilisation d'un réseau sans-fil :**

Le désir d'utiliser les réseaux sans fil (Wi-Fi) pour améliorer les systèmes d'information existants ou créer de nouvelles applications est fondamental dans toutes les situations, car nous

obtenons les vitesses les plus élevées et les plus stables pour transférer des fichiers d'un appareil à un autre équipement. Bien qu'il y ait de nombreux avantages, il y a aussi des inconvénients. [11]

#### **Les avantages :**

**Commodité :** connectez-vous aux ressources réseau des utilisateurs à partir de n'importe quel point d'accès WI-FI.

**Mobilité :** La connexion au réseau sans fil permet à une personne de se déplacer librement dans la plage disponible sans rien connecter ou déconnecter.

**Configuration simplifiée :** L'installation est rapide et économique car les câbles n'ont pas besoin d'être desserrés.

**Flexibilité:** La flexibilité du réseau sans fil facilite l'adaptation de la zone de travail ou si le point d'accès est très bas, des répéteurs doivent être ajoutés pour étendre la couverture.

**Coûts réduits :** L'utilisation du wifi coûte moins cher que l'installation de câbles, car l'investissement est facilement rentable.

#### **Les Inconvénients:**

**Sécurité :** Pour éviter la présence de spam ou de fuite d'informations, il doit y avoir une protection de sécurité forte dans le développement des réseaux sans fil.

**Qualité et continuité du signal:** le WLAN a une qualité constante car il est bon à installer et à configurer, avec cela parfois peu était suffisant pour perturber le signal (radar de police ou Bluetooth).

#### **I.2.7. Les applications des réseaux sans fil :**

Les réseaux sans fil sont très importants dans les applications suivantes :

**Recherche et sauvetage :** Les catastrophes naturelles (tremblements de terre, ouragans...) sont l'un des problèmes les plus importants dans la vie des gens. Bien que le réseau sans fil ad hoc soit très utile pour la recherche et l'enregistrement, il fournit des fonctions d'alimentation et de communication.. [12]

**Domaine militaire :** À l'aide de réseaux sans fil ad hoc et de capteurs transportés en toute sécurité vers différentes unités (Army Navy, Air Force), [12] la transmission doit être maintenue entre ces unités afin d'échanger des images et des données...

**Domaine de la santé :** Du patient au médecin Cet appareil est très utile dans les situations critiques et d'urgence. Un exemple complet Utiliser une ambulance pour transporter une personne vers un hôpital peut utiliser un réseau privé (audio, vidéo et données) pour envoyer des informations. [12]

**Domaine académique :** Les établissements universitaires dépendent des réseaux sans fil car ils sont en cours de développement dans le processus de création de telles installations. Un exemple est le progrès des étudiants, l'enseignant est un environnement pour l'interaction et l'achèvement des tâches. Étant donné que cet environnement est un mécanisme simple et pratique, [12] les enseignants peuvent également distribuer des fichiers à tous les élèves de sa classe pour que les élèves puissent afficher son travail.

**Domaine industriel :** Il existe de nombreux appareils électroniques interconnectés. Les fils conduisent à la congestion de l'espace, et ils sont considérés comme un risque de sécurité. Cela nuit à la fiabilité. Autrement dit, la communication sous la forme d'une connexion sans fil dédiée présente des aspects utiles. [12]

### **I.3. Concept et architecture du réseau WiMax :**

#### **I.3.1. Définition :**

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) est une technologie de transmission de données à haute vitesse par ondes radio basée sur la norme IEEE 802.16. Contrairement au WiFi, WiMAX a été conçu dès le départ avec l'idée de couvrir une large zone (un rayon de plusieurs kilomètres autour de l'émetteur), La vitesse maximale est de plusieurs dizaines de Mbit / s, qui est partagée entre tous les utilisateurs connectés au même site. De plus, le trafic réel dépend de nombreux facteurs, tels que la distance entre l'utilisateur et le site ou la topographie de l'emplacement. Il est publié sous une licence d'exploitation délivrée par l'Autorité Régulation des communications dans la bande de fréquences 3.5GHz. [13]

#### **I.3.2. Historique :**

Aujourd'hui, wimax reste en cours de conception en fonction du nombre croissant de fabricants et d'opérateurs pour devenir un standard principal et de base selon les pays, les multiples vitesses et plages de fréquences possibles, et les différents usages si la communication est en ligne de vue (LOS) ou sans ligne de vue(NLOS).[14]

Groupe de travail 802. 16 Configurez des sous-groupes pour gérer les problèmes. Le groupe de travail de base à un accès métropolitain standardisé à bande de 10 à 66 GHz, avec un point de vue direct entre les antennes et un protocole Point. Terminé en 2001, cette norme a été complétée par les extensions 802. 16C, introduisant les profils du système WiMAX et 802. 16d, en 2004, ce qui apporte des éléments sectionné, ainsi que les éléments nécessaires à la compatibilité avec l'extension future802. 16. [12]

Une autre extension, 802. 16a, le départ en 2003, désigne la bande de 2 à 11 GHz et la caractéristique de l'utilisation de protocoles multipoints en plus de la base, basée sur la base 802. 16E vise à étendre WiMAX aux machines à terminaux mobiles, impliquée dans la possibilité de créer des connexions XDSL aux téléphones mobiles. Les fréquences utilisées seront comprises entre 2 et 6 GHz. [12]

### I.3.3. Fonctionnement du WiMAX :

#### - La boucle locale :

Avant l'introduction effective de la technologie WiMAX, des discussions ont eu lieu en 1997. Et testé 3,5 GHz et 28 GHz. Certains acteurs de l'industrie des télécommunications ont participé à ces tests Pour créer une boucle radio locale, c'est-à-dire établir une connexion sans fil.Liaison virtuelle-point unique à multipoint (point à multipoint). [15] BLR doit fournir des services (voix téléphonique, données de canal, services numériques), mais en raison de la détérioration des conditions météorologiques (fortes pluies, brouillard, etc.).

La technologie n'a pas réussi, de sorte que la vitesse de fonctionnement de BLR sera considérablement réduite. La propagation des ondes radio entraîne une diminution de la vitesse de liaison ou une déconnexion de la communication Son principal avantage est que le coût d'installation est limité par rapport à l'installation des fils. [16]

Comme il peut être illustré dans la figure suivante I.8 :

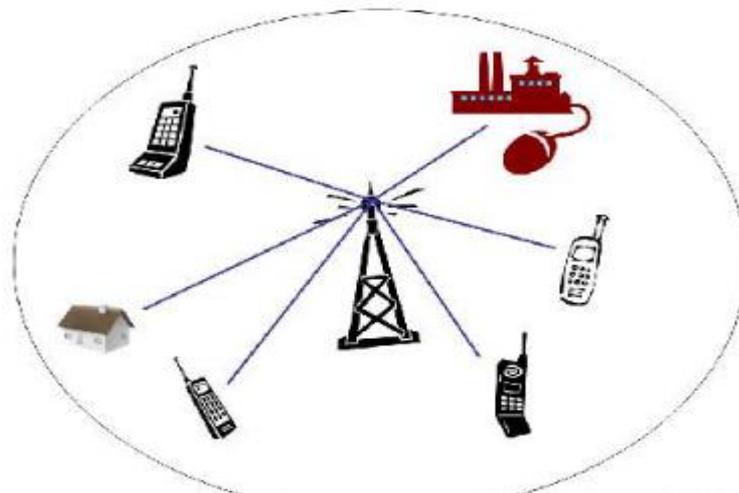


Fig I.8: la boucle locale radio [14]

#### - Données techniques :

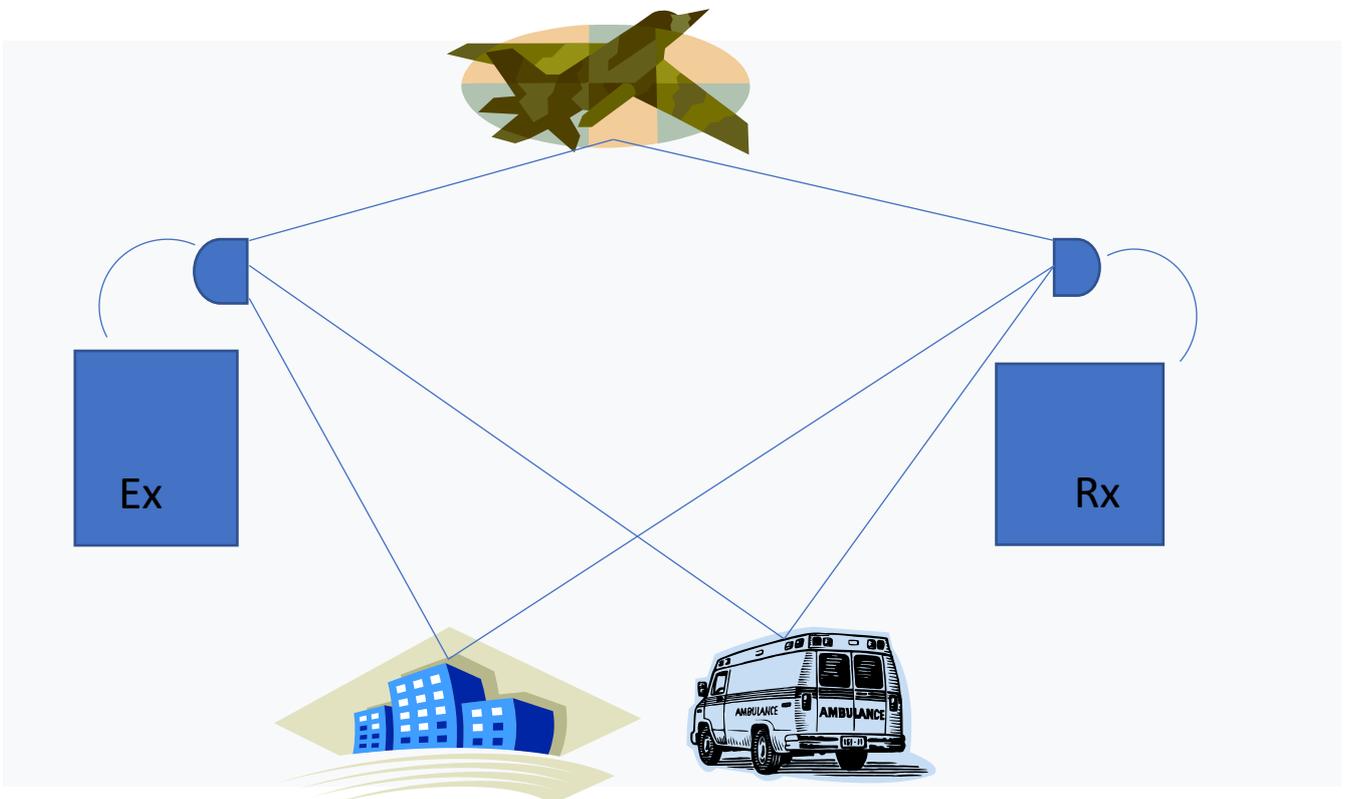
Wimax utilise la technologie sans fil point à multipoint ou maillé, de sorte que les antennes Wimax peuvent transmettre des données dans une portée lumineuse de 50 à 70 kilomètres, et en

fonction des obstacles qui peuvent être rencontrés par les ondes radio, il est préférable de réduire le distance à 8 à 10 kilomètres en pratique. [17]

Il est capable de fournir 70 Mo/s par canal pour les applications fixes et mobiles, ce qui est suffisant pour fournir un accès haut débit a de nombreux foyers. La valeur d'efficacité spectrale est de 3Ko/s/Hz, avec une modulation plus efficace, et la valeur peut être multipliée par la technique MIMO.

- **MIMO (Multiple Input Multiple Output) :**

Le technique MIMO (multiple input, multiple output) désigne une technologie d'antenne destinée à la communication sans fil, qui consiste à utiliser plusieurs antennes tant au niveau de la source (émetteur) qu'à celui de destination (récepteur), cette technique cherche à exploiter les phénomènes d'évanouissement (interférence destructrice entre l'onde direct et l'onde réfléchi, par grandes ondes, [18] et de multi-trajets). Comme il peut être illustré dans la figure suivante I.9 :



**Fig I.9 :** Technique multi trajet

La technologie multi-antenne vise à améliorer la robustesse du signal en utilisant la diversité spatiale du canal radio pour augmenter la capacité du système et le débit de données utilisateur. Ils sont utilisés dans LTE et WiMAX pour fournir la force du signal et améliorer les performances du système. [18] La figure ci-dessous montre les différentes technologies d'antenne, des plus simples aux plus complexes.

### I.3.4. Architecture protocolaire :

La norme IEEE 802.16 présente diverses fonctionnalités que nous étudierons. a été développée avec une structure multicouche composée de deux couches (couche physique et la couche MAC).[19] La modulation de la couche PHY est basée sur l'OFDMA, en combinaison avec une couche MAC centrale pour une meilleure allocation des ressources et une prise en charge de la qualité de service pour différents types de services (VoIP, services en temps réel et non en temps réel, meilleur effort) :

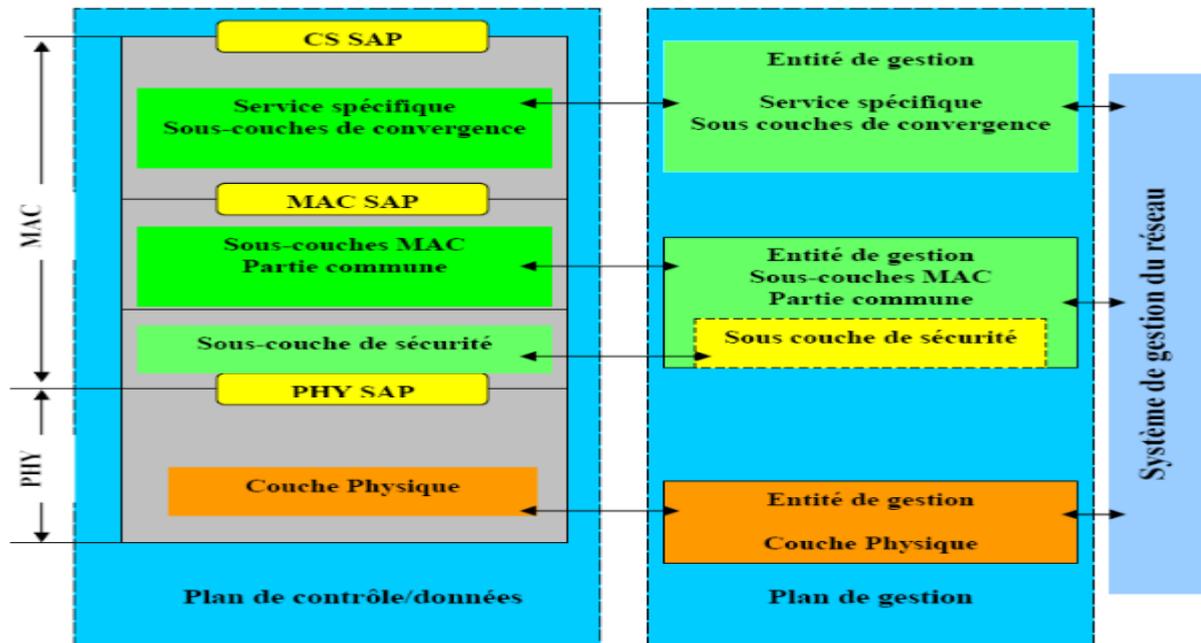


Fig I.10: La couche physique et MAC [26]

#### I.3.4.1. Couche Physique :

La couche physique (PHY) assure les fonctions de modulation, de multiplexage, et de la méthode d'accès.

Alors que les antennes intelligentes du sous-canal et de la station de base de liaison montante doivent surmonter les limites du réseau wimax (c'est-à-dire fournir un service fiable sur de longues distances aux clients utilisant des terminaux internes ou des cartes informatiques, une capacité de transmission limitée pour se conformer aux exigences sanitaires). [19]

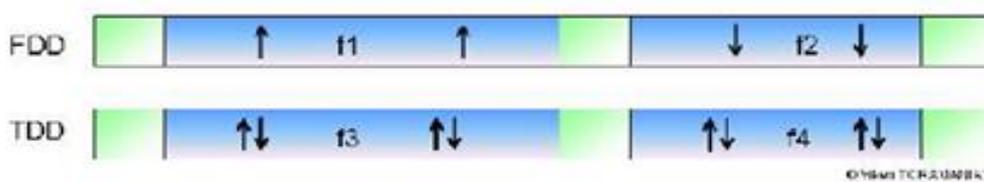
#### I.3.4.2. Les différentes versions de la couche physique :

La couche physique diffère en termes de propriétés, [19] dans la fréquence pour minimiser les erreurs de transmission pendant qu'elle :

- **10-66GHZ** :Les performances wimax sont les meilleures a cette fréquence et la propagation est en visibilité directe (LOS), Pour répondre à une variété d'exigences en matière de ressources spectrales disponibles et de services cibles, WiMAX offre une flexibilité en termes de canaux, de fréquence porteuse et de mode duplex (TDD et FDD), alors ici le nom de la couche physique est :

**WirelessMan-SC** : il dispose de deux types duplexage :

- FDD (lien montant et le lien descendant sur des canaux séparés, émissions simultanées).
- TDD (le lien montant et le lien descendant partagent le même canal, pas d'émission simultanée).



**Fig I.11** : Mode duplex TDD et FDD [14]

Le TDD garantit la réciprocité des canaux pour mieux prendre en charge l'adaptation des liaisons, la multiplicité MIMO et d'autres technologies d'antenne en boucle fermée avancées. Contrairement au FDD qui nécessite une paire de canaux, le TDD est moins complexe et donc moins coûteux. [19.13]

### 2-11GHZ :

A cette fréquence, la propagation n'est pas en visibilité directe (NLOS), il sera nécessaire de prévoir une gestion des multi-trajets, Résout la propagation de retard importante causée par les réflexions NLOS typiques, il existe trois types de couches physiques :

**wirelessMAN-SCa** : Utilisez la modulation SC comme technologie de transmission. Accès via TDMA, il prend en charge TDD et FDD duplex.

**WirelessMAN-OFDM** : Utiliser OFDM (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence), 256 porteuses sont utilisées comme technologie de transmission. Elle a accédé via TDMA Prise en charge du duplex TDD et FDD.

**WirelessMAN-OFDMA** : Utiliser OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple) Access) à 2048 opérateurs. Dans ce système, l'accès multiple se fait en adressant un sous-ensemble de sous-porteuses pour un seul récepteur. Elle soutient TDD et FDD duplex.

**WirelessHUMAN** : cette version est nommée HUMAN « high-speed unlicensed metropolitan area network » cette version est applique les fonctionnalités des versions précédentes de la couche physique (SC, OFDM et OFDMA), mais certaines restrictions sont spécifiées ici interface. N'utilisez que le duplex TDD.

### I.3.4.3. Technique OFDM :

OFDM (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence, cette technique consiste à distribuer le signal au grand nombre de sous-porteuses orthogonales d'une même forme a un faible débit, l'efficacité spectrale est très proche du niveau optimal et elle offre une excellente résistance aux évanouissements de fréquence. [20.21]

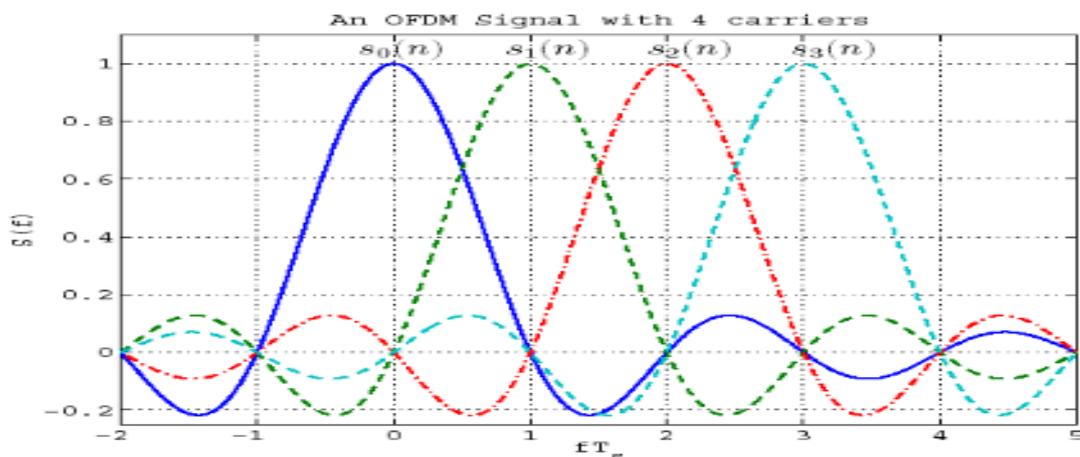


Fig I.12 : Spectres des porteuses OFDM [22]

### I.3.4.4. Technique OFDMA :

OFDMA est connu sous le nom (orthogonal fréquence division multiple Access) et appartient à OFDM, OFDMA attribue des bandes de fréquences à différents utilisateurs, comme la transmission sans fil, et chaque radio a sa propre fréquence.[20]

OFDMA fournit un système robuste avec une puissance et une résistance accrues aux évanouissements multi-trajets, permettant une distribution dynamique des sous-porteuses entre différents utilisateurs sur le canal.[20]

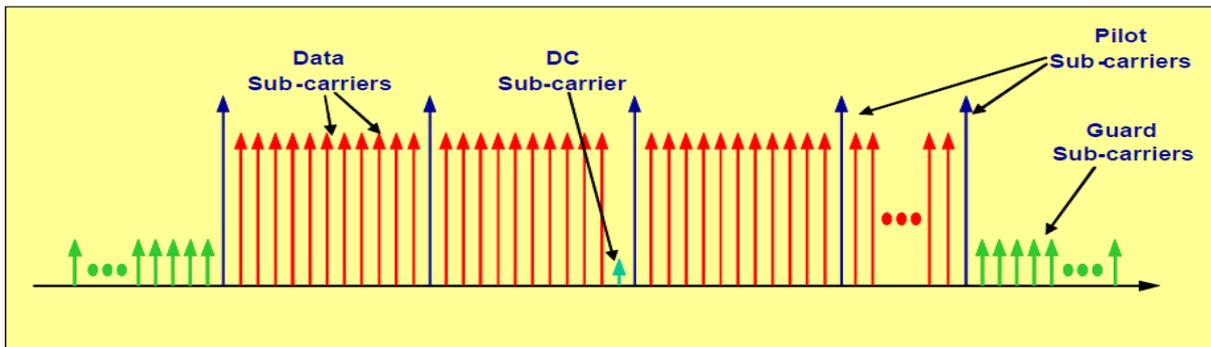


Fig I.13: Schema d'un OFDMA [21]

Data sub-carriers pour la transmission de données .

Pilot sub-carriers à des fins d'estimation et de synchronisation .

Null sub-carriers pour aucune transmission utilisée pour (guard bands and DC carriers).

#### I.3.4.5. Technique d'accès multiple S-OFDMA :

SOFDMA (scalable orthogonal fréquence division multiple Access, accès évolutif via multiplexage par repartions en fréquence sur des porteuses orthogonales) :c'est un technique qui permet de moduler dynamiquement des sous-groupes de fréquences porteuses orthogonales, dont le nombre peut varier à la fois en fonction de l'utilisateur et dans le temps, utilise dans la technologie mobile wimax IEEE802.16 e (2005).

SC-FDMA envoie des symboles de données en série à quatre fois le débit, par rapport à l'OFDMA transmet des symboles en parallèle. SC-FDMA a un seul signal de porteuse où toutes les données sont représentées par un signal large.[20.21]

Objectif de la SOFDMA cela rend constant l'espacement de fréquence entre les sous-porteuses, ce qui réduit la complexité du système de canaux plus petites et améliore également l'efficacité des canaux plus grands.

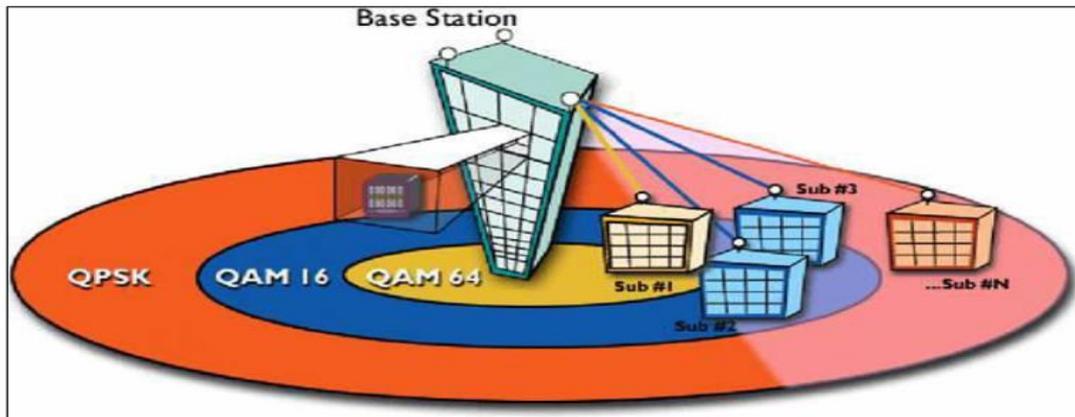
#### I.3.4.6. Notion de Profil :

Le burst permet de définir les paramètres de transmission, cela dépend de la qualité du signal reçu par le récepteur, et peut basculer vers un profil de plus ou moins fort, et peut également être modifié pour que l'utilisateur s'adapte à l'environnement d'envoi. [21]

**FEC** (correction d'erreur directe):La FEC est un mécanisme de correction d'erreur, il permet d'augmenter le débit et la résistance à l'environnement. Les données critiques (trames de control et d'accès initial) sont réalisées avec une correction d'erreur encore plus robuste.

Les options de la FEC : C1 : QPSK (Quadrature Phase Shift Key), C2 : 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ,C3 : 64-QAM

Ces corrélations privilégient l'efficacité ou la durabilité, selon les conditions de transmission il y aura une amélioration du débit.



**Fig I.14** : Les options de la FEC [21]

### I.3.5. La couche MAC :

La couche MAC pour les systèmes certifiés WiMAX est conçue pour répondre à l'environnement de couche physique difficile où prédominent les interférences extérieures, la décoloration rapide et d'autres phénomènes. [18]

Son rôle principal est de gérer l'accès aux supports physiques, et également d'organiser les bits d'information en trames.

On distingue trois sous-couches MAC dans le schéma précédent. Ces trois couches sont :

#### I.3.5.1. La sous couche SSCS :

Il est chargé de classer les paquets en fonction de leur origine et de leur destination afin de les distribuer sur la bonne connexion MAC, et aussi parmi ses rôles est d'être dans l'interface avec les couches supérieures ou les systèmes externes. [22] Il existe deux types de sous-couches de convergences. Elles permettent de traiter deux types de services :

- Le trafic ATM (Asynchrones Transfer Mode) et Les paquets (IPv4, IPv6. Ethernet, ...).

Le but de la sous-couche est :

- Passez le SDU (Service Data Unit) à la bonne connexion Mac.

- préserver ou d'activer la QoS d'allouer de la bande passante.
- Supprimer les en-têtes des paquets et les reconstituer afin d'améliorer la charge utile.

### **I.3.5.2. La sous couche CPS :**

C'est la base, il s'agit d'allouer le périmètre et de créer et maintenir les connexions. Il reçoit les paquets classifiés dans des communications de qualité de service différente, provenant de la couche de sous-convergence. La transmission de connexion est unidirectionnelle, et pour faciliter la gestion de la qualité de service et des paramètres de trafic, cela est particulièrement vrai pour les opérations de diffusion et de multidiffusion. Il prend en charge un grand nombre d'utilisateurs et garantit une productivité élevée. [22]

### **I.3.5.3. La sous couche PS :**

Il prend en charge le cryptage des données et l'échange de clés et permet l'établissement de la connexion et l'authentification de l'accès, c'est-à-dire (la station de réception envoie un message d'authentification. La station de base répondra avec un AK crypté avec la clé publique de la station de réception). L'interface se situe entre la couche physique, c'est-à-dire via le point d'accès au service physique (SAP). [22]

## **I.3.6. Principe de fonctionnement du WiMAX :**

Il existe deux types de service dans la portée du réseau (Wimax), à savoir:

Non-line-of-sight (NLOS), sa fréquence (2-11GHz), où une petite antenne est connectée à la tour sur l'abonné l'ordinateur. Étant donné que les transmissions à faible longueur d'onde ne sont pas facilement affectées par les obstacles physiques, elles sont plus capables de faire des lacets ou de se plier autour d'obstacles.[22]

line-of-sight (LOS), sa fréquence (10-66GHZ), Là où l'antenne parabolique fixe pointe directement vers la tour WiMAX depuis un toit ou une colonne, elle a moins d'interférences et beaucoup plus de bande passante, est plus forte et plus stable (sans obstacle, ni réflexion). [22]

Nous avons deux services, chez wimax, réseaux de desserte et réseaux de collecte Comme suit :

### **I.3.6.1. La fonction desserte :**

A ce niveau, est utilisé Le récepteur wimax mobile, Cela signifie que le client n'est pas en ligne de vue directe avec l'antenne, il doit donc disposer d'un récepteur wimax (puce ou terminal intégré, Ordinateurs, PDA), et être à portée de fonctionnement (jusqu'à 5 à 10 km) de l'émetteur. [22]

### I.3.6.2. La fonction collecte :

En WiMAX pour connecter deux réseaux distants avec des kilomètres de fibre optique ou onde radio. Wimax une technologie pour les réseaux métropolitains, nous devons avoir différents points d'accès au niveau de la ville, par exemple via hot-spot wifi, accès résidentiel ou entropie (équivalent à une connexion ADSL ou lien spécialisé). [22]

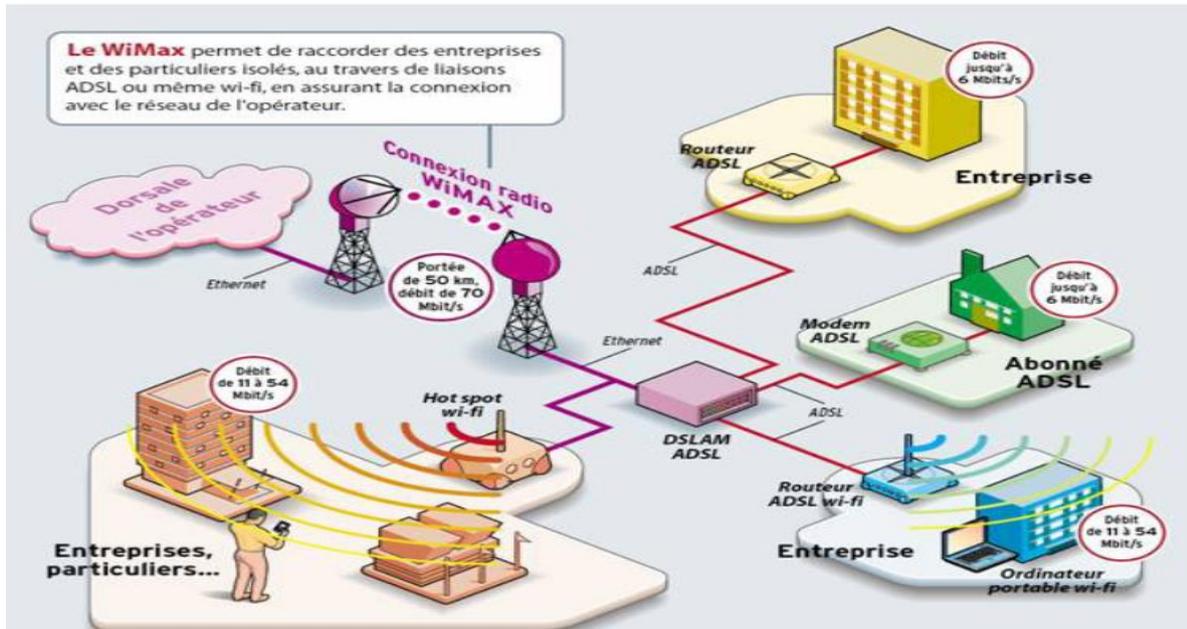


Fig I.15 : La desserte et collecte dans wimax [22]

### I.3.7. WiMAX fixe et WiMAX mobile :

#### I.3.7.1. WiMAX fixe :

Il est également appelé IEEE 802.16d-2004, et a été personnalisé pour des usages fixes tels que la tv, ou une petite antenne est installée sur le toit ou il y a une certaine hauteur entre eux. [16]

ici la gamme de fréquences est de 2 à 11GHz et sa vitesse est naturellement de 70Mbit/s à une distance de 10Km

- Pratiquement sa vitesse est de 40Mbit/s
- La bande de fréquences est 2.5Ghz et 3.5Ghz (licences), 5Ghz (sans licence)
- Le fonctionnement WiMAX fixe est optimal LOS.
- Le rayon de couverture est de 50km.

### I.3.7.2. WiMAX mobile :

C'est ce qu'on appelle IEEE802.16E, il relie les clients mobiles sur Internet et ouvre donc la voie à des services mobiles à large bande, car le mobile WiMAX fait simplement un endroit à un autre avec une connexion Internet cassée sur la carte WiMAX.[16]

Tandis que :

- Ici la gamme de fréquences est de 2 à 6Ghz.
- Le débit théorique est 30Mbyt/s
- Pratiquement est 15Mbyt/s sur une distance de plus de 3km.
- La bande de fréquences est 2.5Ghz et 3.5Ghz (licences), 5Ghz (sans licence)
- Le fonctionnement optimal est en LOS et NLOS.

### I.3.8. Les applications du WiMAX :

La bande passante et la connectivité du WiMAX, [23] le rendent adapté aux applications importantes suivantes :

**Réseaux métropolitains :** Les personnes qui ne peuvent pas se permettre les zones urbaines et les zones reculées. WiMAX fournira des services à large bande dans le monde entier. Accès radio à des endroits qu'il ne pourra peut-être pas atteindre.

**Accès Internet haut débit du dernier kilomètre ou DSL sans fil :** Le déploiement des opérateurs DSL était initialement concentré dans les zones urbaines et les capitales densément peuplées. L'enjeu est désormais de fournir des services haut débit dans les zones périurbaines et rurales. De nouveaux marchés s'implantent rapidement.

**Backhaul cellulaire :** En raison de sa bande passante élevée, IEEE 802.16 est un excellent choix pour les entreprises pour se connecter au réseau (applications de connexion hotspot et point à point), car il est avec leurs concurrents.

**Point d'accès Wi-Fi en Hotspot :** L'utilisation de IEEE802.11 pour accéder aux applications de la zone métropolitaine est un gros problème. Il est conçu pour s'adapter aux réseaux locaux (réseaux LAN), où les contacts Wi-Fi sont rapidement installés partout dans le monde. Un opérateur de point efficace peut dépenser des milliers de dollars pour créer une communauté de sites.

**Le problème du haut débit en milieu rural :** L'écart croissant entre les collectivités rurales et urbaines. La large bande dans les régions rurales est considérée comme plus coûteuse que dans les

régions urbaines, Parce que (distance et économies d'échelle), Après tout, il faut tenir compte de la puissance de la technologie de développement pour régler tous ces problèmes. [23]

### I.3.9. Architecture physique du WiMAX :

Les spécifications réseau des systèmes WiMAX sont basées sur plusieurs Principes d'architecture de réseau, y compris ceux énumérés ci-dessous. [24]

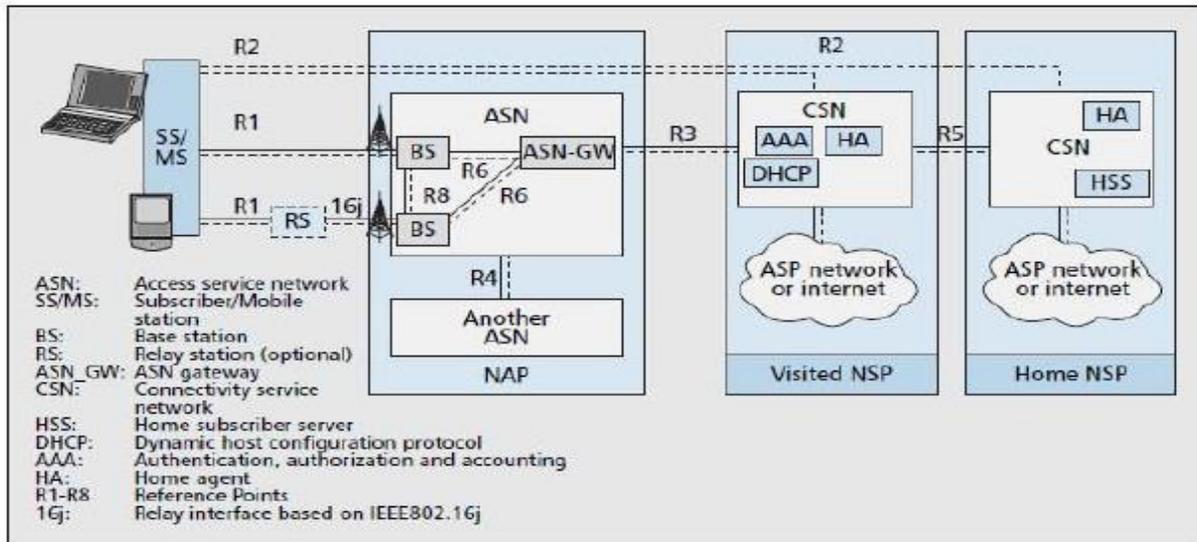


Fig I.16 : Architecture physique d'un Wimax [24]

(UE) User équipement compose des équipements d'abonné connecte aux réseaux wimax, Il se compose de la station de base (BS) et de la station mobile comme cela :

La **BS** (station de base) s'agit comme agit une antenne responsable de la communication et du service des stations mobiles.

Quant à la **SM** (station mobile), elle se charge de desservir les abonnées via wifi ou ADSL.

**NAP** (network Access provider) réseau d'access compose a station de base (BS) wimax.

**ASN** (accès service network) a une ou plusieurs stations de base chargées de communiquer avec les abonnées et un ou plusieurs ASN-GW qui forment une passerelle pour garantir que les stations de base sont connectées au CSN.

**ASN-GW** (accès service network Gateway) sont utilisés pour représenter une agrégation d'un plan de contrôle d'entité fonctionnelle avec la fonction correspondant dans ASN.

**CSN** (connectivité service network) une représentation logique de emplois NSP.

**NSP** (network service provider) et réseau d'internet représente la fournisseur de service (les entreprise et ISP (internet service provider, réseau téléphone, fixe, mobile).

Via un réseau de transport (internet, **ASP**). [24]

### **I.3.10. Les Points de référence, Profiles ASN et la sécurité :**

#### **I.3.10.1. Les points de références :**

La séparation est MS (stations mobiles) / SS (station d'abonné), ASN (réseau de service d'accès), CSN (réseau de service de livraison). Qui représentent l'assemblage logique des fonctions qu'elles remplissent, l'interaction entre les différents éléments de ces entités se fait par les points de référence (R1-R2-.....-R7-R8), [25.24] où ces points sont définis comme suit :

**R1** : En fonction des caractéristiques du wimax, ce point de référence comprend des protocoles et des procédures supplémentaires liés au plan de gestion entre MS et la station BS.

**R2** : Il existe entre MS et CSN. Il est utilisé pour effectuer l'authentification, l'autorisation d'accès au service et les informations IP Configuration Manager pour l'hôte, par H-NSP.

**R3** : Gère les itinéraires de transfert de données, et tous les protocoles de contrôle et capacités de gestion de la mobilité entre l'ASN et le CSN, indispensables pour l'AAA.

**R4** : C'est le point de contrôle des protocoles de transfert et de réception de données ASN-GW qui gèrent la mobilité MS.

**R5** : Trouvés entre un CSN et un autre CSN, ils sont utilisés par l'ensemble des protocoles de transmission et de réception de données.

**R6** : Utilisé pour échanger des messages de signalisation entre les données de service ASN-GW, BS et MS.

**R7** : Il est situé au sein de l'entité ASN-GW. Il prend en charge toutes les communications internes au sein de la porte elle-même.

**R8** : Il se trouve à l'intérieur de l'ASN et consiste en un ensemble de messages de contrôle échangés entre les stations de base BS pour assurer la livraison. Où cela peut être illustré sur la figure I.17 :

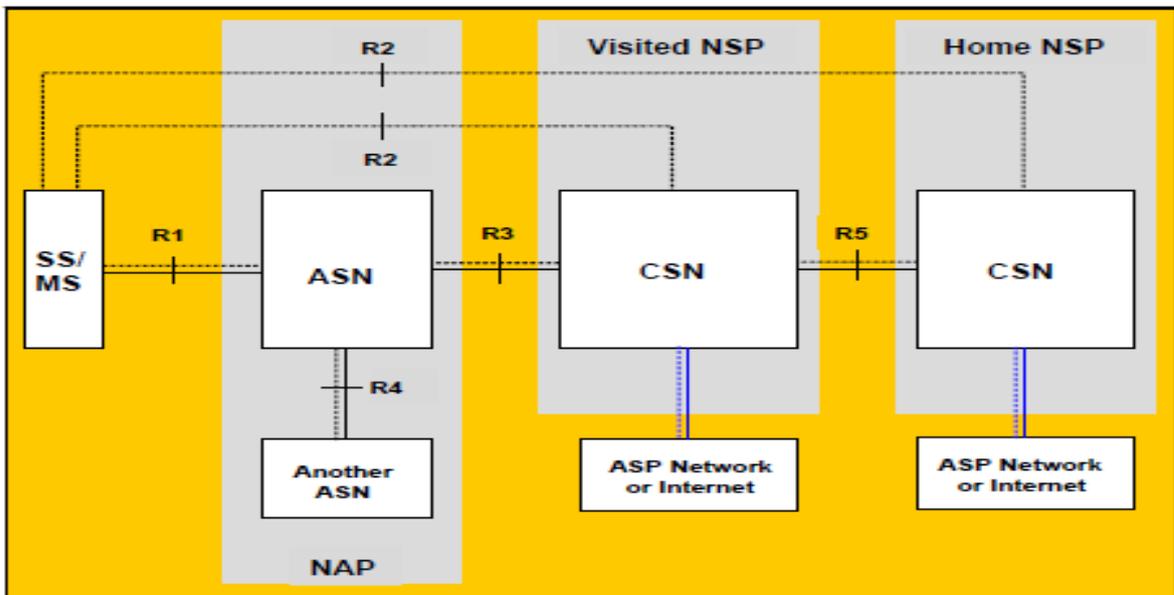


Fig I.17: Les points de référence de wimax [18]

**I.3.10.2. Les Profile ASN :**

Les Profiles ASN (profile, profile B et profile C), [25.26] sont connus par la figure suivant I.18 :

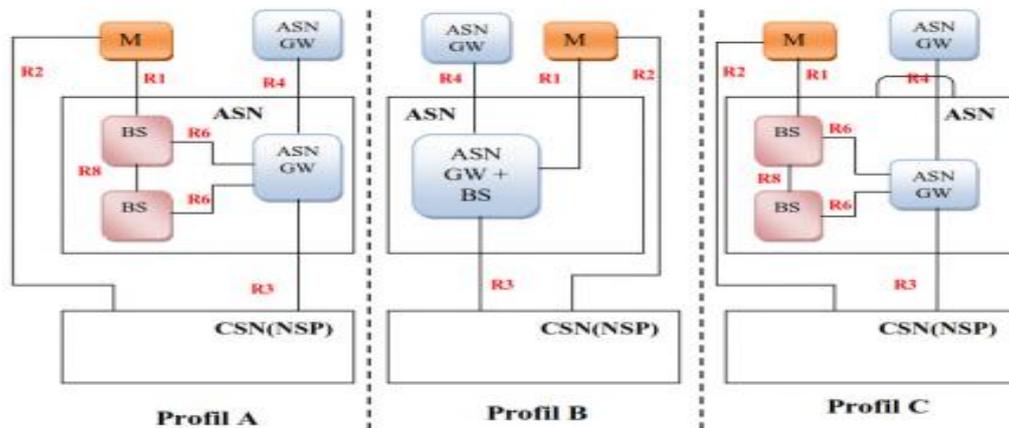


Fig I.18 : Les Profiles ASN [26]

La répartition des entités fonctionnelles ASN est la suivante :

**Profile A :** C'est un modèle central qui utilise ASN-GW comme contrôle associé stations de base multiples (BS) à travers les interfaces ASN-GW est similaire à la fonctionnalité d'une unité de commande de réseau radio (RNC) pour un réseau cellulaire ou une station de base (BSC).

**Profile B :** Les entités fonctionnelles qu'il contient peuvent être librement distribuées dans BS et ASN-GW. Compatible uniquement avec les interfaces R1, R2, R3 et R4. Il ne trouve que les autres interfaces CSN et ASN

**Profile C** : La bobine A est en partie similaire à la commande centrale ASN-GW, La seule différence entre les profils A et C est que la fonction RRC est prise en charge dans BS.

### **I.3.10.3. La Sécurité avec WiMAX :**

WiMAX Mobile est l'une des meilleures technologies de niveau de sécurité sans fil, [16.20] Les fonctions proposées par cette technologie sont les suivantes:

**Le protocole de gestion des clésPKMv2** : (Privacy and Key Management Protocol Version 2) Ce protocole gère la sécurité MAC à l'aide du contrôle de cryptage du trafic, de l'échange de clés de transmission et des messages de sécurité de diffusion / multidiffusion.

**Authentification du périphérique/utilisateur (IETF EAP)** : Prend en charge l'authentification des appareils et des utilisateurs en prenant en charge une carte SIM ou USIM, ou des informations d'identification basées sur un certificat numérique ou un nom d'utilisateur (mot de passe).

**Chiffrement du trafic** : Les clés utilisées pour pousser le chiffrement sont générées à partir de l'authentification EAP. Équipé d'un mécanisme de mise à jour périodique des clés (TEK), ce boîtier permet un déplacement continu des clés pour améliorer encore la protection.

**Prise en charge du transfert rapide**: Il prend en charge un système de négociation à trois pour améliorer les mécanismes de réauthentification. Ce mécanisme est utile pour empêcher toute attaque et prendre en charge les transmissions rapides.

### **I.3.11. Avantages du réseau WiMAX :**

Voici, [14.16.22] les fonctionnalités de WiMAX :

La station principale wimax unique peut desservir des centaines d'utilisateurs, les points de terminaison sont installés en quelques jours au lieu des semaines requises pour les connexions filaires.

Les utilisateurs peuvent utiliser un téléphone mobile dans un rayon de 3 à 5 miles d'une station de base à des vitesses allant jusqu'à 70Mb/s.

WiMAX est moins cher que le câble DSL ou coaxial. Aucune licence sans fil requise.

Wimax a des vitesses plus élevées sur de plus longues distances par rapport au Wi-Fi.

wimax n'a pas de capacité avec des problèmes de dégradation des lignes téléphoniques (les ondes radio traversent les arbres et les bâtiments), dans un rayon de 10 à 20 km. Par rapport l'ADSL.

Wimax a une vitesse égale à son coût de publication réduit. Par rapport UMTS.

Chaque fois qu'il manque de grands bâtiments, cela se résume à un manque de couplage. Une des forces de Wimax est considérée

### **I.3.12. Evolutions du réseau WiMAX :**

#### **I.3.12.1. Evolutions :**

802.16e, 802.16f est valide dans la plage de fréquences de 2 GHz à 6 GHz. Chacun d'eux est en fait très spécifique au réseau et permet de faciliter la compatibilité du système en proposant des normes communes. [14]

#### **I.3.12.2. IEEE 802.16e:**

IEEE802.16e, a été publié le 28 février 2006, [14] Spécifications capables de mélanger les zones de couverture par interopérabilité entre liaisons fixes et mobiles est :

Corrige les erreurs et les incohérences , et Il crée une liste de fonctions et de fonctions qui seront exécutées dans une implémentation typique de réseaux sans fil utilisant la gamme de fréquences entre 10 et 66 GHz, et La liste est affichée de la station de base aux agents mobiles se déplaçant à grande vitesse. Moins de 120 km / h, et Les données voyagent à des vitesses allant jusqu'à 30 Mbps (zone de couverture <3,5 km de rayon), et Le client mobile donne la possibilité de passer automatiquement d'une station à une autre sans perdre la connexion (roaming), Il utilise la modulation OFDMA qui adopte des canaux dynamiques.

#### **I.3.12.3. IEEE 802.16f :**

IEEE 802.16, [14] Cette norme est basée sur le modèle de gestion de réseau de liaison sans fil,[24] car elle comprend:

Gestion des contrats, flux de données et qualité de service (QOS). Au format MIB (Management Information Base), base d'adressage de la liaison large bande fixe et mobile (BWA) entre la station de base (BS) et les terminaux d'abonnés (SS).Le système de gestion dépend du protocole est SNMP (Simple Network Management Protocol), utilisé pour gérer à distance les équipements réseau.

### **I.3.13. La Standardisation :**

802.16 WiMAX a été construit et amélioré par IEEE depuis 1999. Son objectif principal est de fournir une norme commune pour les technologies de communication pour la couverture en Le haut débit, une grande zone de station de base, [16.14] et aujourd'hui il offre une couverture étendue dans les zones rurales. Nous verrons ci-dessous ce que permet chacune de normes :

**IEEE802.16d -2004** :\_Il intègre la différence Selon les normes révisées 802.16a, 802.16b et 802.16c, c'est aussi un véritable aperçu des technologies de communication à large bande, en fait, depuis des années. En 2000 la norme 802.11d a été certifiée par l'IEEE 24 juin 2004. Il décrit les protocoles réseau WiMAX à des fréquences comprises entre 2 - 10 GHz.

**IEEE 802.16g -2007** :\_Depuis le 31 décembre 2007. Il est Fournit des méthodes de plan de gestion pour les procédures et services d'amélioration de la qualité de service (QoS) et de gestion des ressources radio.

**IEEE802.16h** : La norme définira les mécanismes de coexistence des utilisateurs. Recommander des solutions pour aider les opérateurs à Gestion du trafic aérien dans la bande de fréquences sans licence (5 GHz).

### **Normes 802.16 en développement**

**IEEE802.16j** : sert les capacités de réseau et de communication par relais de passage autres que la station de base. Donc ce ne sera pas que des communications point à multipoints (PMP).

**IEEE802.16m** : inclura un accès mobile amélioré et des services vocaux et est un candidat pour l'inclusion. Le WiMAX Forum s'engage à maintenir la conformité avec la norme IEEE 802.16e-2005, qui permettra aux opérateurs d'introduire des équipements 802.16m dans leurs réseaux existants. [16]

### **I.3.14. QoS dans le WiMAX :**

Le WiMAX mobile peut répondre aux exigences de QoS pour (applications, services vocaux et multimédias).Wimax MAC est conçu pour prendre en charge un grand nombre d'utilisateurs. Avec plusieurs connexions pour chaque station. [20.22] Il prend en charge cinq types de Qos qui sont les suivants:

**UGS** (Unwanted Grant Service) : est conçu pour prendre en charge les flux de services en temps réel qui génèrent périodiquement des paquets de données de taille fixe (pour diffuser par exemple voip).

**nrPS** (Real Time Polling Service) : pour diffuser de l'audio ou de la vidéo.

**ertPS** (Extended Real Time Polling Service): Il donne la détection de la voix et de l'activité VoIP(Voice over internet protocole).

**NrtPS** (service d'interrogation en temps non réel) : Son application est le protocole de transfert de fichiers FTP (File Transfer Protocol).

**BE** (meilleure offre de service) : est transfère également des données, navigue sur le Web, etc.

La QoS axée sur la communication peut fournir un contrôle précis de l'air interface utilisateur. Étant donné que l'interface aérienne est généralement un goulot d'étranglement, la qualité de service est orientée vers la connexion.

Il peut contrôler efficacement la qualité du service de bout en bout. Peut-être des paramètres de flux de service Il est géré dynamiquement via la messagerie MAC pour accueillir un service dynamique demandé.

Alors que le mécanisme de QoS basé sur le flux de service s'applique à la fois à DL et UL pour fournir améliorer la qualité de service dans les deux sens.

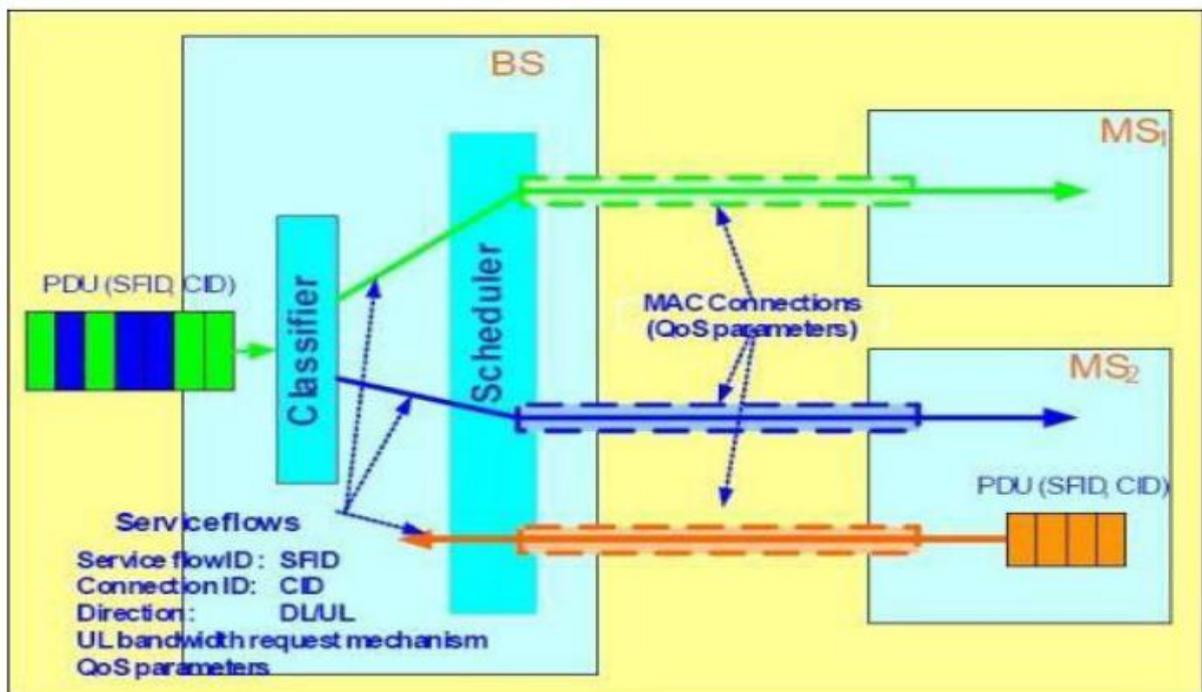


Fig I.19 : QoS dans le Wimax Mobile [20]

### I.3.15. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous présentons ces deux technologies comme des standards pour la transmission de données radiofréquences. Là où WiMAX (802.16) offre une vitesse élevée sur de longues distances, tandis que les réseaux sans fil (802.11) sont capables de communiquer sans fil avec de nombreux appareils voisins, l'accès Internet est l'utilisation principale du WiMAX, grâce à un débit de plusieurs mégabits par seconde sur une plage maximale de sur une vingtaine de kilomètres, le Wi-MAX est plus adapté aux zones semi-urbaines ou rurales qui ne disposent pas d'une infrastructure téléphonique.

# **CHAPITRE II : LES MECANISMES DE PROPAGATION ET MODELES DE PREDICTION**

## **II.1. Introduction :**

Dans les systèmes de communication sans fil, le transfert d'informations entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice est réalisé au moyen d'ondes électromagnétiques. La propagation électromagnétique se produit dans un environnement complexe, caractérisés par des obstacles, Cela fait de l'interface radio la partie la plus raffinée Maîtrisez le système de communication radio mobiles. L'interaction entre les ondes électromagnétiques et l'environnement réduira la force du signal envoyé de l'émetteur au récepteur, entraînant une perte de trajet. Dans ce chapitre nous allons présenter les différents mécanismes subis par l'onde lors de sa propagation à savoir la réflexion, la diffraction et la diffusion. Ensuite nous détaillerons les différents modèles empiriques utilisés pour calculer la perte de chemin.

## **II.2. Objectifs des modèles de prédiction de la propagation :**

Au cours des dernières années, les systèmes de communication cellulaires mobiles ont connu un développement sans précédent dans le domaine des télécommunications. La prédiction précise de la propagation électromagnétique devient un sujet important dans la recherche active. [27]

Le but de cette prédiction est d'aider à concevoir et à planifier les systèmes de transmission radio actuels et futurs pour évaluer les caractéristiques du signal.

On choisit d'abord des hypothèses, puis on simule la propagation dans un type d'environnement donné, et enfin on va assurer la qualité de la transmission.

Dans ce cas, on a besoin de prévisions précises, fiables et répondant aux besoins des utilisateurs.

Le deuxième objectif est d'aider les services opérationnels à déployer les réseaux.

## **II.3. Les mécanismes de propagation :**

### **II.3.1. Aspects physiques de la propagation :**

#### **II.3.1.1. L'évanouissement à grande échelle :**

C'est le cas de la propagation en espace libre c'est-à-dire le lien de transmission entre l'émetteur et le récepteur est dégagé, Les évanouissements à grande échelle définissent les fluctuations de la puissance moyenne mesurées sur un déplacement ou sur un intervalle de temps suffisamment grands. [28]

La densité de puissance qui atteint le récepteur dépend de la distance qui sépare les deux points. Plus que cette distance augmente plus que la puissance reçue décroît rapidement. Cet effet est appelé atténuation à grande échelle car il varie lentement en temps et en espace, il est dû essentiellement à l'éloignement de l'émetteur du récepteur. [28]

### **II.3.1.2. L'évanouissement à petite échelle :**

En milieu urbain, c'est-à-dire entouré par de nombreux obstacles, À l'origine de ces phénomènes, la présence d'objets dans l'environnement de propagation engendre, au niveau du récepteur, l'apparition de plusieurs répliques du signal transmis interférant de manière constructive ou destructive , Les principales conséquences sur le signal sont les variations de l'enveloppe du signal reçu, la modulation de fréquence aléatoire due aux changements des conditions de propagation et la dispersion temporelle du signal liée au retard temporel des échos. On parle de propagation à trajets multiples. [29]

L'atténuation petite échelle est à l'origine de plusieurs problèmes dont les deux principaux sont : la dispersion des retards (Delay Spread) et le phénomène d'évanouissement ou de fading (fading de Rayleigh) résultant des variations temporelles des phases qui fluctuent aléatoirement dans le temps et l'espace. [29]

## **II.4. Les différents mécanismes de propagation :**

La propagation des ondes radio obéit à des règles complexes, surtout lorsqu'il y a des obstacles entre l'émetteur et le récepteur. Lorsqu'une onde rencontre un objet ou change de milieu, elle peut subir plusieurs phénomènes, dont la réflexion, la diffraction, la diffusion. [30]

**La réflexion :** Lorsque l'onde électromagnétique qui se propage dans l'espace rencontre un autre milieu qui possède des propriétés électriques différentes, alors l'onde sera réfléchi et partiellement transmise.

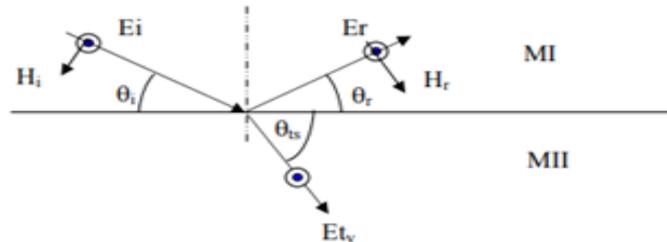
Réflexion et réfraction interviennent lorsque l'onde interagit avec un obstacle dont les dimensions sont très grandes et les irrégularités très petites devant la longueur d'onde. Lorsque l'objet est parfaitement conducteur, toute l'énergie incidente est réfléchi. Dans le cas contraire, une partie de l'énergie pénètre dans l'objet, selon le phénomène de réfraction. La quantité d'énergie transportée par l'onde réfractée dépend de la capacité d'absorption des matériaux. [30]

Le coefficient de réflexion est une fonction des propriétés des matériaux, de la polarisation de l'onde, de l'angle d'incidence, et de la fréquence de propagation.

Les ondes électriques sont polarisées soit verticalement soit horizontalement et peuvent être représentées d'une manière générale par la somme de deux composantes orthogonales dans l'espace.

**En polarisation horizontale :** Le coefficient de réflexion horizontal est défini lorsque l'onde est polarisée horizontalement, il est donné par :

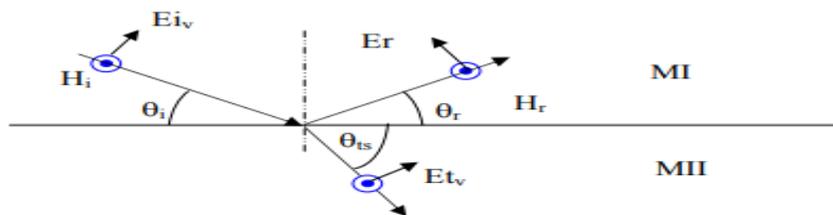
$$\Gamma_{\perp} = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\eta_2 \sin \theta_i - \eta_1 \sin \theta_t}{\eta_2 \sin \theta_i + \eta_1 \sin \theta_t} \quad (\text{II.1})$$



**FigII.1 :** polarisation horizontale [30]

**En polarisation vertical :** Le coefficient de réflexion vertical est défini lorsque l'onde est polarisée verticalement, il est donné par :

$$\Gamma_{\parallel} = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\eta_2 \sin \theta_t - \eta_1 \sin \theta_i}{\eta_2 \sin \theta_r + \eta_1 \sin \theta_i} \quad (\text{II.2})$$



**Fig II.2 :** polarisation vertical [30]

$\epsilon_i$ ,  $\mu_i$ ,  $\sigma_i$ , désignant respectivement la permittivité.

La valeur de  $\epsilon_i$  dépend du type de diélectrique.

Un diélectrique parfait (aucune perte) : la permittivité  $\epsilon_i$  exprimée comme  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ .

$\epsilon_r$  : la permittivité relative.

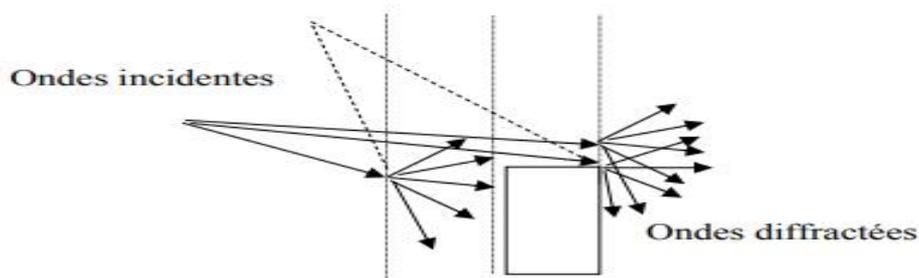
Le cas où le diélectrique présente des pertes :  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r - j\epsilon$

$\eta_i$  : l'impédance intrinsèque du milieu.

$$\varepsilon_0=8,85 \times 10^{-12}, \varepsilon = \sigma / 2\pi f$$

**La diffraction :** La diffraction est le phénomène qui fait que les ondes, quelles qu'elles soient, se propagent autour des obstacles. La diffraction est, le plus souvent, le mécanisme de propagation le plus important sur les trajets semés d'obstacles. [30]

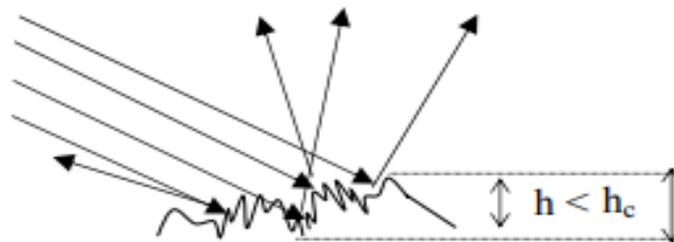
Le phénomène de diffraction peut être expliqué par le principe de Huygens qui suppose que les points situés sur un bord tranchant peuvent être considérés comme des sources pour la production d'ondes secondaires qui se propagent de l'autre côté de l'obstacle. L'énergie transmise par ces sources permet au signal de se propager dans les zones d'ombre, expliquant ainsi que les ondes radio arrivent au niveau du récepteur en l'absence de visibilité directe ou de l'intervention d'autres types d'interaction.



**Fig II.3 :** phénomène de diffraction [30]

**La diffusion :** La diffusion apparaît s'il existe sur le trajet de l'onde un paquet très dense d'objets de dimensions du même ordre de grandeur ou inférieures à la longueur d'onde, lorsqu'une onde radio rencontre une surface rugueuse, l'énergie réfléchie est répartie dans tout l'espace.

L'utilité relative de ces phénomènes pour le transport d'information dépend de la configuration de propagation et, notamment, de la polarisation des antennes et de la présence ou de l'absence d'une ligne de vue directe entre l'émetteur et le récepteur (LOS— Line Of Sight, NLOS— Non Line Of Sight).[30]



**Fig II.4 :** Phénomène diffusion [30]

## II.5. Les principaux phénomènes physiques et dépendance en fréquence :

### II.5.1. Les différents trajets de propagation :

Les trajets de propagation sont de différente nature : directs, transmis, réfléchis ou diffusés, Diffractés ou guidés. [31]

#### Les trajets directs :

Lorsque l'émetteur et le récepteur sont en visibilité radio, un trajet est considéré comme direct: le premier ellipsoïde de Fresnel n'est pas obstrué. Ce dernier définit la zone de l'espace à travers laquelle passe presque toute l'énergie.

Il est le lieu des points M qui vérifie l'équation suivante :

$$EM + MR - ER = \lambda/2 \quad (\text{II.3})$$

M : les points

E : désigne l'emplacement de l'émetteur.

R : l'emplacement de récepteur.

#### Les trajets transmis :

Dans la plupart des cas, le chemin direct n'existe pas : il est obstrué par des obstacles (masques). La transmission est le phénomène qui permet aux ondes de traverser des obstacles (murs, bâtiments, végétation, etc.).

#### Les trajets réfléchis :

Lorsqu'une onde rencontre une surface supérieure à la longueur d'onde (sol, mur, extérieur du bâtiment, etc.), une réflexion se produit. Les propriétés réfléchissantes de toute surface dépendent de plusieurs facteurs: la surface du matériau (lisse ou rugueuse), la longueur d'onde du rayonnement incident et l'angle d'incidence.

#### Les trajets diffractés :

La diffraction se produit lorsqu'une onde rencontre une arête. Dont les dimensions sont grandes devant la longueur d'onde. Elle constitue l'un des facteurs les plus importants intervenant dans la propagation des ondes radioélectriques.

### **Les trajets guidés :**

Certains environnements (rues encaissées, tunnels, etc.) se comportent comme de véritables guides d'ondes vis-à-vis de la propagation des ondes radioélectriques consécutivement à de multiples réflexions successives sur les parois (application de la théorie des modes de propagation et celle des rayons plus particulièrement lorsque la longueur d'onde est très petite par rapport à la section transverse du tunnel par exemple).

### **II.5.2. Les propriétés du canal :**

Pour étudier le comportement du canal de propagation, il est possible de s'appuyer sur des campagnes de mesures et/ou des simulations de propagation d'onde. [31]

nous allons présenter les principaux paramètres et fonctions déductibles de mesures ou de simulations qui caractérisent les propriétés du canal :

#### **Affaiblissement :**

l'affaiblissement subit la puissance d'une onde électromagnétique lorsqu'elle parcourt une certaine distance. Cet affaiblissement est dû à la dispersion de la puissance, mais également aux obstacles rencontrés sur le chemin : édifices, montagnes, précipitations et autres bloquant, dispersant, réfléchissant ou réfractant le signal.

#### **Variabilité :**

La variabilité temporelle, due aux changements de l'environnement de propagation au cours du temps, le passage des véhicules et des personnes, par exemple. Même si l'émetteur et le récepteur ne se déplacent pas, ces changements pourront perturber la propagation d'onde en faisant apparaître ou disparaître certains trajets ou changer leurs caractéristiques.

ces phénomènes produisent une variabilité du canal de propagation spatio-temporelle.

La variabilité spatiale, présente si au moins une extrémité de la liaison est mobile. En effet, les trajets reçus ne seront a priori pas les mêmes entre deux couples de position émetteur/récepteur. En fonction des propriétés des trajets, la qualité du signal reçu pourra ainsi varier.

### Sélectivité en fréquence :

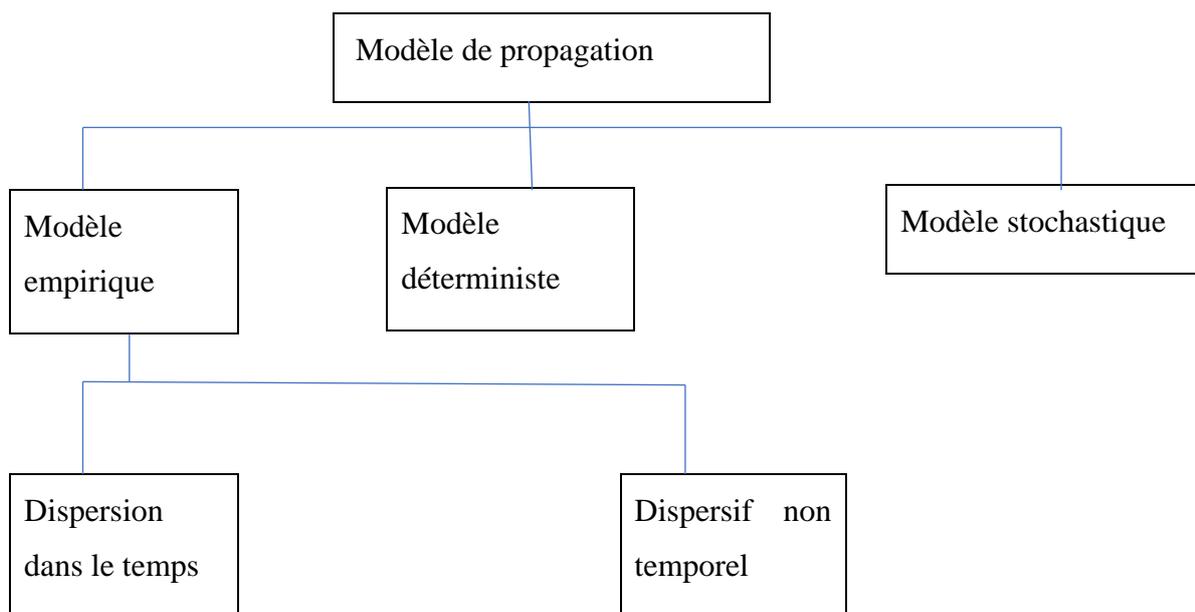
Lorsque les différences de temps de parcours des trajets multiples sont importantes, la fonction de transfert n'est plus constante sur toute la largeur du spectre : l'affaiblissement de propagation dépend de la fréquence à laquelle on se place. Le canal est dit sélectif en fréquence.[31]

Les effets sélectifs en fréquence peuvent se quantifier à partir de deux paramètres statistiques :

La dispersion des retards et la bande de cohérence.

### II.6. Modèles de propagation :

Le modèle de propagation est un ensemble d'expressions mathématiques, Graphiques et algorithmes utilisés pour représenter le caractéristique radio d'un environnement donné. De manière générale, prédire Le modèle peut être un modèle empirique (également appelé modèle statistique) ou un modèle théorique (également appelé modèle déterministe), ou une combinaison de ces modèles parmi eux. Bien que le modèle empirique soit basé sur des métriques, Principes de base du traitement des modèles théoriques Phénomène de propagation des ondes radio. [32]



**Fig II.5 :**Catégoriser les modèles de propagation

**Remarque :** Où dans ce mémoire nous nous concentrerons sur les modèles de prédiction

### II.6.1. L'affaiblissement de propagation en espace libre :

Dans les télécommunications, en propageant des signaux dans un espace avec seulement deux antennes d'émission et de réception, la perte d'espace libre (FSL) est idéalement réduite. Ce phénomène ne dépend que de la distance parcourue entre les deux satellites dans le vide, mais il est affecté par d'autres facteurs atmosphériques. L'affaiblissement du trajet en espace libre est diversifié en fréquence et en distance. [32]

Le calcul se fait en utilisant l'équation d'affaiblissement de propagation en espace libre suivante :

$$PL_{fs} = 32.45 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) \quad (\text{II.4})$$

Où

$L_{fs}$  définit la quantité de puissance du signal perdue pendant la propagation de l'émetteur au récepteur.

f: fréquence [MHz]

d: Distance entre l'émetteur et le récepteur [km]

P : La puissance [dB].

L'affaiblissement du parcours est définie comme une grandeur positive exprimée en dB qui traduit la différence (dB) entre la puissance émise et la puissance reçue.

L'inconvénient de ce modèle réside dans le fait qu'il ne peut pas être appliqué en communications terrestres, car la propagation en espace libre n'existe que pour les systèmes satellitaires. A cet effet le modèle Log distance à été proposé comme alternative.

### II.6.2. Modèle Log-distance :

Ce modèle repose sur un modèle empirique et le affaiblissement du trajet s'appuie sur des résultats théoriques ainsi que sur des mesures pratiques qui ont montré que la représentation de la puissance reçue par un nœud peut être donnée de manière logarithmique en fonction de la distance comme dans l'équation , [33] En se basant sur ces résultats la formule de affaiblissement du trajet retenue pour ce modèle est la suivante :

$$PL (dB) = Pl(d_0)[dB] + 10n \left( \log \frac{d}{d_0} \right) \quad (\text{II.5})$$

n: est le coefficient de propagation qui varie en fonction de l'environnement.

$PL(d_0)$  : est une estimation empirique ou théorique de l'affaiblissement du trajet en décibels pour une distance  $d_0$

$d_0$ : est la distance de référence déterminée à partir des mesures.

d: est la distance émetteur récepteur.

La valeur de n dépend des conditions de propagation de l'environnement. Dans l'espace libre n=2 et pour les environnements plus encombrés, n devient plus grand.

La distance d0 est prise égale à 1 Km pour les systèmes macro cellulaires, tandis que pour les systèmes micro cellulaire elle peut être prise entre 1m et 100m.

### II.6.3. Modèle Log normal shadowing :

Ce modèle est une extension du Log-distance perte de trajet, qui fournit une première estimation de la puissance reçue en fonction de la distance d mais aussi de la nature et de la quantité d'obstacles présents dans l'environnement de l'émetteur et du récepteur, à travers l'exposant n. [33]

Le modèle Log-distance affaiblissement du trajet ne tient pas compte du fait que pour une même distance d entre la source et la destination les effets de l'environnement peuvent changer considérablement d'un endroit à l'autre, à cause de la disposition des obstacles sur le terrain.

En effet les expériences ont montré que pour une distance d l'atténuation à une distance donnée est aléatoire. Pour cela une variable aléatoire  $\chi$  obéissant à la loi log normale (normal en dB) et modélisant l'effet de masque est ajoutée au modèle. La nouvelle formulation de l'atténuation s'exprime par :

$$PL(dB) = Pl(d_0)[dB] + 10n \left( \log \frac{d}{d_0} \right) + \chi \sigma \quad (\text{II.6})$$

$\chi \sigma$  : Avec  $\chi \sigma$  est une variable gaussienne centrée en zéro et d'écart type  $\sigma$ . exprimée en dB

### II.7. Modèles de prédiction empirique :

Le modèle empirique est basé sur l'analyse d'un grand nombre de mesures expérimentales qui sont fonction de divers paramètres (par exemple, fréquence, distance, hauteur d'antenne). Ils sont puissants, rapides et ne nécessitent pas de base de données géographique. Ils conviennent aux systèmes de dimensionnement, mais ne sont pas très précis, surtout sur de courtes distances. L'UIT-R et Hata sont des exemples de modèles de propagation d'expérience. [34]

Dans le modèle empirique, tous les impacts environnementaux sont pris en compte implicitement, qu'ils puissent ou non être identifiés individuellement. C'est le principal avantage de ces modèles. D'autre part, la précision de ces modèles dépend non seulement de la précision de la mesure, mais également de la similitude entre l'environnement à analyser et l'environnement dans lequel la mesure est effectuée. L'efficacité de calcul de ces modèles est généralement satisfaisante.

### II.7.1. Modèle d'Okumura :

En ce moment, d'autres modèles basés sur des études empiriques, ont fait des mesures exhaustives en 1968 et ont proposé un modèle.

On a cherché qu'un bon modèle pour l'affaiblissement était une loi de puissance simple ou l'exposant  $\mu$  est une fonction de la fréquence de la hauteur des antennes...etc.

Un des modèles le plus largement utilisés pour la prédiction des signaux en zone rurale .

- Extrapolable jusqu'à **3GHz**. [35]

Le modèle de perte de chemin médian peut être exprimé comme suit:

$$PL = L_f + A_{mn}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{area} \quad (\text{II.7})$$

Où

PL = Perte médiane sur le trajet [dB]

$L_f$  = perte sur le trajet de l'espace libre [dB]

$A_{mn}(f, d)$  = Atténuation médiane par rapport à l'espace libre [dB]

$G_{hte}$  = facteur de gain en hauteur de l'antenne de la station de base [dB]

$G_{hre}$  = Facteur de gain en hauteur de l'antenne de la station mobile [dB]

$G_{area}$  = Gain dû au type d'environnement [dB]

$f$  = Fréquence [MHz][150 à 1500 MHz]

$h_{te}$  = Hauteur de l'antenne de l'émetteur [m] [200m]

$h_{re}$  = Hauteur de l'antenne du récepteur [m] [3m]

$d$  = Distance entre l'émetteur et le récepteur [Km] [1km à 100km]

- ✓ Ce modèle est entièrement basé sur des données mesurées.
- ✓ Il n'y a pas d'explication analytique.
- ✓ Dans certains cas les courbes peuvent être extrapolées.
- ✓ Est l'un des modèles de prédiction de l'affaiblissement les plus simples et les plus fréquents.

Les termes d'atténuation et de gain sont donnés dans :

$$G(h_{te}) = 20 \log_{10}(h_{te}/200) \quad \text{pour} \quad 1000 > h_{te} > 10m \quad (\text{II.8})$$

Où

$$G(\text{hte})=10\log_{10}(\text{hre}/3) \quad \text{pour } \text{hre} \leq 3\text{m} \quad (\text{II.9})$$

Ou

$$G(\text{hte})=20\log_{10}(\text{hre}/3) \quad \text{pour } 10\text{m} > \text{hre} > 3\text{m} \quad (\text{II.10})$$

okumura a développé un ensemble de courbes donnant l'atténuation médiane par rapport à l'espace libre ( $A_{mu}$ ), dans une zone urbaine sur un terrain quasi lisse avec une hauteur effective de la station de base ( $h_{te}$ ) de 200m une hauteur d'antenne mobile ( $h_{re}$ ) de 3m.

okumura a également développé une courbe pour le facteur de gain de correction qui tient compte du type de terrain. [35]

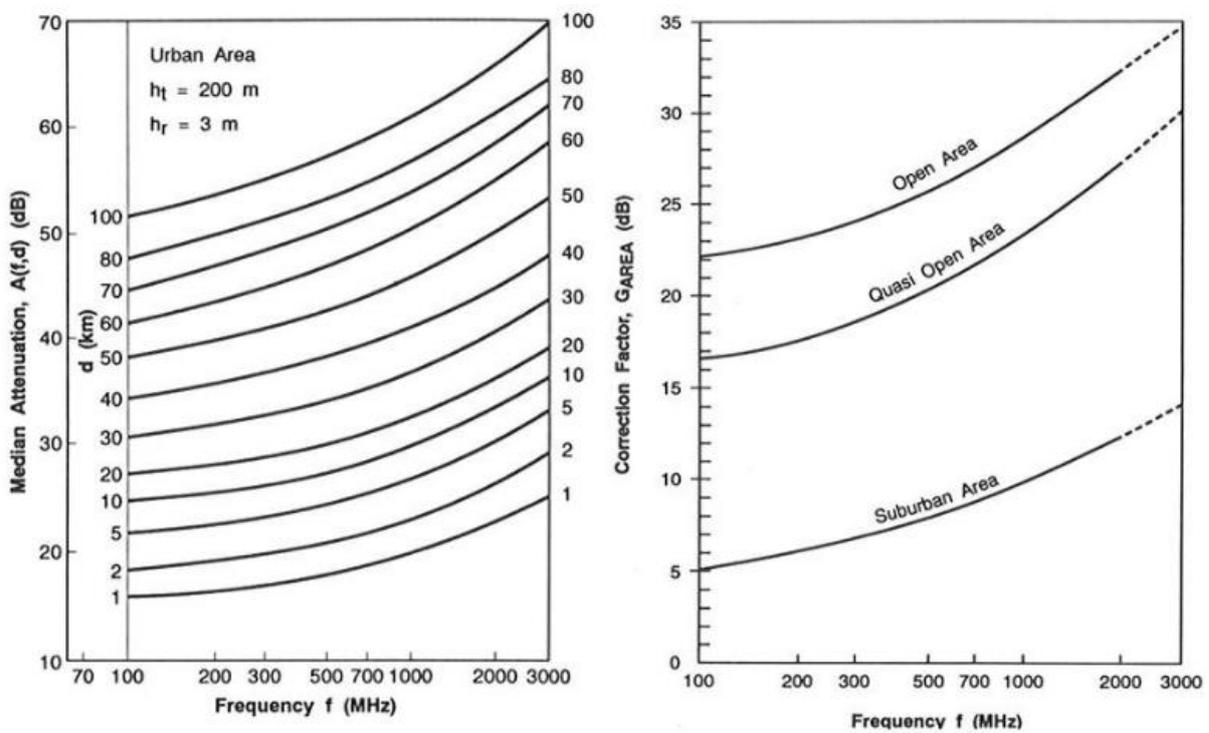


Fig II.6 : Atténuation médiane et facteur de gain de surface [35]

### II.7.2. Modèle COST 231 Hata:

Le modèle Hata est introduit comme une expression mathématique pour affaiblir le meilleur ajustement des données graphiques fournies par le modèle Okumura classique.

Le modèle Hata est utilisé dans la gamme de fréquences de 150 MHz à 1500 MHz pour prédire la perte médiane sur le trajet de la distance  $d$  entre l'antenne de l'émetteur et l'antenne du récepteur à une distance maximale de 20 km et la hauteur de l'antenne de l'émetteur. La hauteur de l'antenne est de 30 m à 200 m et la hauteur de l'antenne est de 1 m à 10 m. [32]

Prédisez la perte de trajet dans la gamme de fréquences de 1500 MHz à 2000 MHz. Coût 231 Le modèle Hata est une version étendue du modèle Hata. Il est utilisé pour calculer la perte de chemin dans trois environnements différents, tels que urbain, suburbain et rural (plat).

Ce modèle fournit un moyen simple de calculer la perte de chemin. Bien que notre plage de fréquences de fonctionnement (3,5 GHz) soit au-delà de sa plage de mesure, sa simplicité et son facteur de correction peuvent encore prédire la perte de trajet dans cette plage de fréquences plus élevée.[32]

L'équation de base de l'affaiblissement sur le trajet pour ce modèle COST-231 Hata peut être exprimée comme suit:

$$L_{\text{COST-Hata}} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_{te}) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.5 \log_{10}(h_{te})) \log_{10} d + C_m \quad (\text{II.11})$$

où

d: Distance entre l'antenne de l'émetteur et du récepteur [km] , [1km a 20km]

f: fréquence [MHz]

h<sub>te</sub>: hauteur de l'antenne de l'émetteur de base station [m](30m a 200m)

h<sub>re</sub> : hauteur de l'antenne de récepteur mobile [m](1m a 10m)

Le paramètre :

C<sub>m</sub> : à des valeurs différentes pour différents environnements comme 0dB pour les banlieues et rurales, et 3dB pour les zones urbaines

Le paramètre :

facteur de correction pour la hauteur effective de l'antenne mobile dans les zones urbaines

$$a(h_{re}) = 3.20 (\log_{10}(11.75 h_{re}))^2 - 4.79 \quad \text{pour } f > 400 \text{ MHz} \quad (\text{II.12})$$

La valeur de a(h<sub>re</sub>) dans les zones suburbaines et rurales (plates) est donnée par :

$$a(h_{re}) = (1.11 \log_{10} f - 0.7) h_{re} - (1.5 \log_{10}(f) - 0.8) \quad (\text{II.13})$$

### II.7.3. Modèle Stanford University Interim (SUI):

SUI est un modèle empirique. Recommandé par le Comité des normes pour 802.16. C'est une extension du modèle Hata avec une fréquence supérieure à 1900 MHz. Autrement dit, il décrit trois types de terrain, à savoir (A et B et C). Comme il ne demande pas d'environnement spécifique. Le Terrain A peut être utilisé pour les zones vallonnées avec une végétation très délicate ou dense. Ce terrain à la perte de trajet la plus élevée. [36.35]

Ce modèle est défini pour le Multipoint Microwave Système de distribution (MMDS) pour la bande de fréquences de 2,5 GHz à 2,7 GHz. [36]

L'expression d'affaiblissement du trajet de base du modèle SUI avec des facteurs de correction est présentée comme :

$$L_{\text{SUI}} = A + 10y \log_{10}(d/d_0) + X_f + X_h + S \quad \text{pour } d > d_0 \quad (\text{II.14})$$

où sont les paramètres :

d: Distance entre BS et antenne de réception [m]

$d_0$  : 100 [m]

$\lambda$ : Longueur d'onde [m]

$f$  X: Correction pour la fréquence supérieure à 2 GHz [MHz]

$h$  X: Correction de la hauteur de l'antenne de réception [m]

S: Correction de l'ombre [dB]

y: Exposant de perte de chemin

Des variables aléatoires sont obtenues par un processus statistique, et l'indice de perte de chemin et le faible écart type de l'évanouissement sont déterminés dans le processus. Le facteur de distribution normal pour la décoloration de l'ombre causée par les arbres et autres chaos est le chemin de propagation, allant de 8,2 dB à 10,6 dB.

Le paramètre A est défini comme :

$$A = 20 \log_{10}(4\pi d_0 / \lambda) \quad (\text{II.15})$$

- l'exposant de perte de chemin  $\gamma$  est donné par :

$$y = a - b(h/e) + (c/hre) \quad (\text{II.16})$$

$\gamma = 2$  la propagation en espace libre dans une zone urbaine.

$3 < \gamma < 5$  pour un environnement NLOS urbain.

$\gamma > 5$  pour la reproduction.

Les valeurs des paramètres de différents terrains pour le modèle SUI :

**Tableau II.1** : différents terrains pour le modèle SUI

Paramètre de modèle	Terrain A	Terrain B	Terrain C
A	4.6	4.0	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20

Le facteur de correction de fréquence  $X_f$  et la correction de hauteur d'antenne du récepteur  $X_h$  pour le modèle sont exprimés en :

$$X_f = 6.0 \log_{10}(f/2000) \quad (\text{II.18})$$

et

$$X_h = -10.8 \log_{10}(h_r/2000) \quad \text{pour le terrain de type A et B} \quad (\text{II.17})$$

Ou

$$X_h = -20.0 \log_{10}(h_r/2000) \quad \text{pour le terrain de type C} \quad (\text{II.19})$$

où,

$f$  : la fréquence [MHz ]

$h_r$  : la hauteur de l'antenne du récepteur [m].

### **Modèle ECC-33:**

Le modèle Hata-Okumura est l'un des modèles de diffusion expérimentaux les plus largement utilisés, basé sur le modèle Okumu-ra (Qui ne dépasse pas 3GHz).[36]

Ce modèle est un modèle bien établi pour la bande ultra haute fréquence (UHF), car l'Union internationale des télécommunications (UIT) a encouragé ce modèle à s'étendre jusqu'à 3,5 GHz.

Le modèle de diffusion proposé provisoirement pour le modèle Hata-Okumura avec le rapport est appelé le modèle ECC-33.[35],[36]

L'affaiblissement du trajet est donnée :

$$LECC-33 = A_f + A_{b,m} - G_b - G_r \quad (\text{II.20})$$

Ces facteurs peuvent être décrits séparément et donnés par :

Atténuation de l'espace libre [dB] :

$$A_{fs}=92.4+20\log_{10}(d)+20\log_{10}(f) \quad (\text{II.21})$$

Perte médiane de base sur le trajet [dB] :

$$A_{bm}=20.41+9.83\log_{10}(d)+7.896\log_{10}(f)+9.56[\log_{10}(f)]^2 \quad (\text{II.22})$$

Facteur de gain de hauteur d'antenne de l'émetteur :

$$G_b=\log_{10}(h_b/200)(13.958+5.8(\log_{10}(d))^2) \quad (\text{II.23})$$

- pour les villes moyennes :

Facteur de gain de hauteur de l'antenne du récepteur :

$$G_r=[42.57+13.7\log_{10}(f)][\log_{10}(h_r)-0.585] \quad (\text{II.24})$$

- pour grande ville

$$G_r=0.759h_r-1.862 \quad (\text{II.25})$$

où

d: Distance entre l'antenne de l'émetteur et du récepteur [km]

(1 Km ≤ d ≤ 20 Km)

f: Fréquence [GHz] (150 Mhz ≤ f ≤ 1.5 Ghz)

ht: hauteur de l'antenne de l'émetteur [m] (30m ≤ hb ≤ 200m)

hr: hauteur de l'antenne du récepteur [m] (1m ≤ hr ≤ 10m)

Cette forme est la hiérarchie du modèle Okumura-Hata. Par conséquent, la zone urbaine a également été divisée en «grande ville» et «ville moyenne» Dans notre analyse, nous considérons que le modèle de la ville moyenne convient à Batna et Biskra.

#### II.7.4. Modèle COST 231 Walfish-Ikegami (W-I) :

Sous cette modèle il y a, Combinaison du modèle Walfisch et Ikigami intégré COST 231. Parmi d'autres modèles tels que Hata, ce modèle donne plus et une meilleure perte de trajectoire et une meilleure précision. Il est le mieux adapté pour les zones urbaines suburbaines et plates qui ont une hauteur de bâtiment uniforme. Aux paramètres supplémentaires fournis qui distinguent différents environnements tels que (hauteur du bâtiment, largeur de la route, séparation du bâtiment et direction de la route par rapport au trajet radio direct. Le modèle contient des équations LOS séparées et des conditions (NLOS). [37.35]

L'équation du modèle proposé est exprimée dans:

Pour condition LOS :

$$PL_{LOS}(W-I) = 42.6 + 26\log(d) + 20\log(f) \quad (\text{II.26})$$

pour condition NLOS :

$$PL_{NLOS} = L_{FSL} + L_{rts} + L_{msd} \quad \text{pour les zones urbain et suburban} \quad (\text{II.27})$$

Ou

$$PL_{NLOS}(W-I) = L_{FSL} \quad \text{pour } L_{rts} + L_{msd} > 0 \quad (\text{II.28})$$

Où

perte d'espace libre :

$$L_{FSL} = 32.45 + 20\log(d) + 20\log(f) \quad (\text{II.29})$$

Diffraction du toit à la rue :

$$L_{rts} = -16.9 - 10\log(w) + 10\log(f) + 20\log(H_{mobile}) + L_{ori} \quad \text{pour } H_{toit} > H_{mobile} \quad (\text{II.30})$$

Où

Fonction d'orientation de rue :

$$L_{ori} = -10 + 0.354\varphi \quad \text{pour } 0 \leq \varphi < 35 \quad (\text{II.31})$$

Ou

$$L_{ori} = 2.5 + 0.075(\varphi - 35) \quad \text{pour } 35 \leq \varphi \leq 55 \quad (\text{II.32})$$

Ou

$$L_{ori} = 4 - 0.114(\varphi - 55) \quad \text{pour } 55 \leq \varphi \leq 90 \quad (\text{II.33})$$

Remarque :

$$D_{hmobile} = H_{toit} - H_{mobile} \quad (\text{II.34})$$

$$D_{hbase} = H_{base} - H_{toit} \quad (\text{II.35})$$

La perte de diffraction multi-écrans est ;

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_b \log_{10}(d) + k_f \log_{10}(f) - 9 \log_{10}(B) \quad \text{pour } L_{msd} > 0 \quad (\text{II.36})$$

Ou

$$L_{msd}=0 \quad \text{pour } L_{msd}<0 \quad (\text{II.37})$$

Et

$$L_{bsh} = -18 \log_{10}(1 + D_{hbase}) \quad \text{pour } H_{base} > H_{toit} \quad (\text{II.38})$$

Ou

$$L_{bsh}=0 \quad \text{pour } H_{base} \leq H_{toit} \quad (\text{II.39})$$

Et

$$K_a=45 \quad \text{pour } H_{base} > h_{toit} \quad (\text{II.40})$$

Ou

$$K_a=54-0.8D_{hbase} \quad \text{pour } d \geq 0.5\text{km et } H_{base} \leq H_{toit} \quad (\text{II.41})$$

Ou

$$K_a= 54- D_{hbase}(d/0.5) \quad \text{pour } d < 0.5\text{km et } H_{base} \leq H_{toit} \quad (\text{II.42})$$

Et

$$K_d= 18 \quad \text{pour } H_{base} > H_{toit} \quad (\text{II.43})$$

$$K_d= 18- 15 (D_{hbase}/H_{toit}) \quad \text{pour } H_{base} \leq H_{toit} \quad (\text{II.44})$$

Et

$$K_f= -4+0.7((f/925)-1) \quad \text{pour suburbain} \quad (\text{II.45})$$

Ou

$$K_f= -4+1.5(f/925)-1 \quad \text{pour m\u00e9tropolitain / urbain} \quad (\text{II.46})$$

O\u00f9

d: Distance entre l'antenne de l'\u00e9metteur et du r\u00e9cepteur [m]

f: Fr\u00e9quence [GHz]  $800 \leq f \leq 2000$

Htoit: Hauteur moyenne (m) des b\u00e2timents : $h_{toit} \geq h_{rx}$

B: distance entre le b\u00e2timent et le b\u00e2timent [m]

w: Largeur de la rue [m]

$\varphi$ : Ange d'orientation de rue w.r.t. chemin radio direct [degr\u00e9]

Dans nos simulations, nous n'utiliserons pas ce modèle car il dépend de paramètres spécifiques tels que la distance entre le bâtiment et le bâtiment, la largeur de la rue, les propriétaires de la direction de la rue dans les zones urbaines, suburbaines et rurales et la hauteur moyenne des bâtiments.

### II.7.5. Modèle Ericsson :

Les ingénieurs en planification de réseau utilisent un logiciel fourni par Ericsson appelé modèle Ericsson pour prédire la perte de chemin. Il est basé sur le modèle Okumura-Hata modifié pour permettre de modifier les paramètres en fonction de l'environnement de diffusion.[35]

L'affaiblissement du trajet selon ce modèle est donnée par :

$$PL = a_0 + a_1 \log_{10}(d) + a_2 \log_{10}(ht) + a_3 \log_{10}(ht) \log_{10}(d) - 3.2(\log_{10}(11.75hr))^2 + g(f) \quad (\text{II.47})$$

où

$g(f)$  est défini par :

$$g(f) = 44.49 \log_{10}(f) - 4.78 (\log_{10}(f))^2 \quad (\text{II.48})$$

Les paramètres est :

$f$ : fréquence [MHz]

$ht$ : hauteur de l'antenne d'émission [m]

$hr$ : Hauteur de l'antenne du récepteur [m]

$g(f)$  :

Les valeurs par défaut de ces paramètres ( $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  et  $a_3$ ) pour différents terrains sont données dans le tableau 2.2 :

**Tableau II.2** Valeurs des paramètres pour le modèle Ericsson

Environnement	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Urbain	36.2	30.2	12.0	0.1
Banlieue	43.20	68.93	12.0	0.1
Rural	45.95	100.6	12.0	0.1

La valeur des paramètres  $a_0$  et  $a_1$  dans les zones suburbaines et rurales est basée sur la méthode des moindres carrés (LS Least Square). [26]

---

**I.8. Conclusion :**

Lors de sa propagation l'onde électromagnétique est sujette à plusieurs phénomènes dont la plupart ont un effet destructif. Les mécanismes subis par une onde sont la réflexion, la réfraction et la diffraction spéculaire ou diffuse. Ce chapitre a présenté succinctement les préliminaires théoriques à toute étude du canal de propagation. Les phénomènes physiques en jeu ont été décrits. Les concepts théoriques sur lesquels la caractérisation du canal repose, accompagnés du formalisme mathématique couramment utilisé ont été présentés. Aussi nous nous sommes intéressés à la présentation de quelques modèles empiriques pour la prédiction de la propagation les plus couramment utilisés. L'ensemble des notions de base pour la compréhension des modèles de propagation ayant été présenté, nous pouvons maintenant aborder les résultats de l'étude des modèles de prédiction d'un réseaux wimax a 3.5 GH

# **CHAPITRE III : L'ANALYSE ET SIMULATION DU RESULTAT**

### **III.1. Introduction :**

Dans cette expérience, nous avons comparé et analysé quatre modèles d'affaiblissement du trajet (modèle COST 231 Hata, modèle ECC-33, modèle SUI, modèle Ericsson) à une fréquence de 3,5 GHz dans les zones urbaines, suburbaines et rurales, Au fur et à mesure que la hauteur de l'antenne de réception change. Nous analyserons dans deux petites zones (Batna et Biskra), nous simulerons les résultats et en dériverons un modèle approprié pour prédire l'affaiblissement du trajet par rapport à l'espace libre.

### **III.2. Dimensionnement d'un réseau WiMAX**

#### **III.2.1. Processus de dimensionnement du réseau WiMAX**

Compte tenu de la répartition des utilisateurs, [21.22] le but de la détermination de la taille du réseau sans fil est de:

Localisation géographique

Diffusion des données pour garantir que les coûts de liaison sont minimisés Infrastructure radio et réseau, en tenant compte de la couverture radio, de la taille des cellules Et la topologie du réseau contrainte par la QoS.

Dans ce type de conception de réseau de téléphonie mobile, l'ajustement du dimensionnement est une étape indispensable, qui permet aux concepteurs de trouver la meilleure disposition de site radio. Compte tenu des caractéristiques de l'environnement à couvrir, des caractéristiques des utilisateurs fournissant des services en termes de densité, d'exigences de service, de spécifications des équipements et de bandes de fréquences, il s'agit ici de maîtriser les coûts et les contraintes de coûts et qualité du service. L'opération de dimensionnement est basée sur les données initiales obtenues à partir des statistiques et estimez le résultat pour que le réseau couvre toute la zone Considérez dans divers services.

#### **III.2.2. Choix de la bande de fréquence**

La gamme de fréquences affecte considérablement la taille et la disposition du réseau sans fil. Les opérateurs doivent tenir compte des bandes de fréquences disponibles et des zones de déploiement. La démonstration suivante illustre l'idée réelle d'utiliser des bandes de fréquences dans le monde entier. Nous avons choisi la bande de fréquence 3,5 GHz dans nos recherches car elle a été

largement utilisée dans le monde entier. [21.22] De plus, cette plage est autorisée, donc les interférences peuvent être contrôlées

Et une puissance d'émission plus élevée peut être utilisée. De plus, il prend en charge la boîte NLOS, une meilleure portée et une meilleure couverture de 2,5 GHz et 5,8 GHz. Ceci est expliqué dans le tableau 3.1 :

**Tableau III.1** : Spécificités techniques des différentes normes IEEE 802.16 [2.22]

Caractéristiques	802.16a (Décembre 2001)	802.16d(2004)	802.16 <sup>e</sup> (2005)
<b>Bande</b>	2-11GHZ	10-66GHZ	<6GHZ
<b>Application</b>	Fixe NLOS	Fixe LOS	Mobilité piéton NLOS
<b>Largeur du canal</b>	1.5 à 20mhz	20.25 à 28mb/s	1.25 a 20 mhz
<b>Débit</b>	32mb/s à 143mb/s	1 Jusqu'a70mb/s	1 à 75 mb/s
<b>Architecture Mac</b>	PMP et Mesh	PMP et Mesh	PMP et Mesh
<b>Schéma de transmission</b>	Single Carrier	Single Carrier , 256 OFDM ou 2048 OFDM	Single Carrier, 256 OFDM ou OFDM évolutif avec 128, 512, 1024, 2048 sous-porteuses
<b>Duplexage</b>	TDD et FDD	TDD et FDD	TDD et FDD

### III.2.3. Choix du type de Dimensionnement :

Le déploiement du réseau peut être limité en capacité ou en portée. Pour les services mobiles, en fonction de l'attribution du spectre et des licences.

La plupart des déploiements seront limités par la capacité au-delà de la bande de fréquences, à l'exception des zones rurales à faible densité, qui ont la plus faible densité. [21.22]

Malgré tout, les opérateurs font un effort dans la première étape du réseau pour assurer la couverture la plus large possible, en raison du faible nombre d'abonnés et de l'insuffisance des prévisions réalisées. Lorsque la demande de trafic augmente, l'opérateur passe à l'étape de condensation en ajoutant des canaux supplémentaires et ce si le spectre le permet ou des stations de base supplémentaires.

### III.3. Modèles de propagation étudiés :

#### III.3.1. Rôle des modèles de propagation :

Le modèle de propagation illustre comment les ondes radio interagissent avec les changements d'élévation et de surface du sol (réflexion, diffraction et dispersion). [21]

- Le comportement des ondes radio doit être modélisé avec précision
- Prise en compte des caractéristiques environnementales telles que le terrain (colline plate).
- Couverture terrestre ou couche arable comme les bâtiments et les arbres.

### III.4. Simulation des modèles

#### III.4.1. Zone géographique a étudié :

Dans notre analyse, Nous avons pris l'exemple d'un client SAIDAL situé dans la zone industrielle (Kshida, Batna) et la région de Biskra.

Alors dans la région de Batna que l'émetteur est CAH (Centre d'Amplification Hertzien) et que le récepteur est SIDAL , la technologie utilisé est OFDMA, car le WiMAX fixe ne contient pas de VoIP

Nous utiliserons le modèle d'espace libre (Lfs) comme modèle De référence lors de la comparaison.



Fig III.1 : la zone géographique a étudié (Batna)



**Fig III.2 :** antenne émetteur de CAH à Batna



**Fig III.3 :** antenne wimax

#### **III.4.2. Propretés des sites:**

Comme toutes les caractéristiques de la région de Batna sont présentées dans le tableau 3.2 :

**Tableau III.2** : Paramètres de simulation à Batna

Les paramètres	Les valeurs
<b>Puissance de l'émetteur de la station de base</b>	22 dBm
<b>Hauteur de l'antenne de l'émetteur</b>	22 m en ville et en banlieue
<b>Hauteur de l'antenne du récepteur</b>	6 m est la hauteur à laquelle il fonctionne réellement
<b>Fréquence de fonctionnement</b>	3.5GHZ
<b>Distance entre Tx-Rx</b>	1Km
<b>Angle d'orientation de la rue</b>	60 en suburbain
<b>Correction de l'ombre</b>	8,2 dB en banlieue et 10,6 dB en zone urbaine
<b>Le nom de l'appareil</b>	NIA : network interface adaptateur

Soit dans la région de Biskra. Nous aurons les mêmes paramètres mais la différence sera dans la distance entre l'émetteur et le récepteur, et l'hauteur d'antenne émetteur, mais le même hauteur d'antenne récepteur, et La figure 3.3 est Explique cela :

**Tableau III.3** : paramètres de simulation à Biskra

Les paramètres	Les valeurs
<b>Distance entre l'émetteur et récepteur</b>	4km
<b>Hauteur d'antenne du l'émetteur</b>	37m
<b>Hauteur d'antenne du récepteur</b>	6m

Sachant que toutes les propriétés de la région de Biskra ont été prises, mais le site n'a pas été vu en réalité comme la région de Batna.

### III.5. Etude théorique

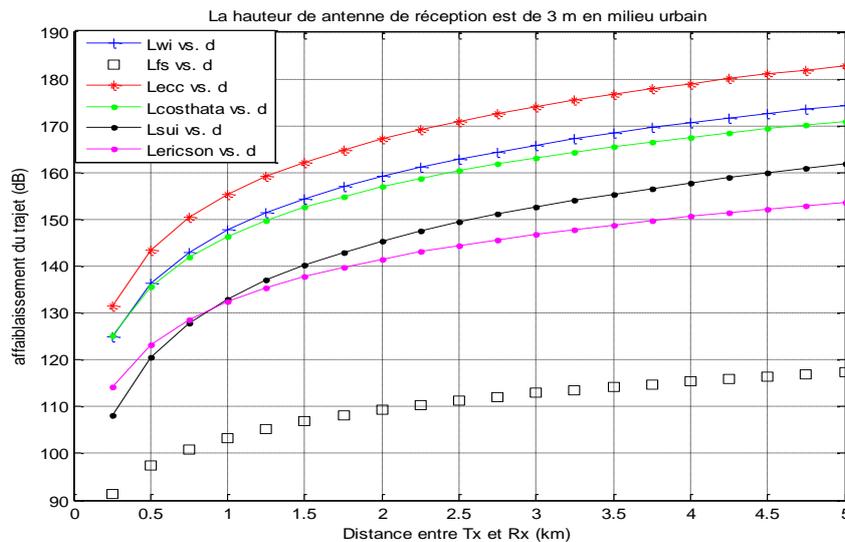
Dans la région Tokyo, l'accent était mis sur NLOS (Non Line of Sight), sauf dans les zones rurales La condition LOS (Line of Sight) du modèle COST 231 WI a été prise en compte car ce modèle ne fournissait aucun paramètre spécifique, et ils ont utilisé le modèle d'espace libre (Lfs) comme référence de modèle lors de la comparaison. Le tableau III.4 montre les paramètres qui ont été appliqués dans leurs simulations. [35]

**Tableau III.4 :** paramètres de simulation à Tokyo [35]

Les paramètres	Les valeurs
Puissance de l'émetteur de la station de base	43 dBm
Puissance de l'émetteur mobile	30 dBm
Hauteur de l'antenne de l'émetteur	30 m en ville et en banlieue et 20 m en zone rurale
Hauteur de l'antenne du récepteur	3 m, 6 m et 10 m
Fréquence de fonctionnement	3.5GHZ
Distance entre Tx-Rx	5Km
distance entre le bâtiment	50m
Hauteur moyenne du bâtiment	15m
Largeur de la rue	25m
Angle d'orientation de la rue	30 en ville et 40 en banlieue
Correction de l'ombre	8,2 dB en banlieue et rurale et 10,6 dB en zone urbaine

**III.5.1. Affaiblissement en zone urbaine :**

Dans les calculs l'affaiblissement du trajet dans les zones urbaines a été obtenue, et en modifiant les hauteurs de l'antenne du récepteur (3m/6m/10m), où la hauteur de l'antenne de l'émetteur atteignait 30 m, et la distance atteignait 5 km, [35.37] ce qui est montré dans les figures (3.4, 3.5, 3.6).



**FigIII.4 :** L'affaiblissement du trajet au milieu urbain l'hauteur d'antenne récepteur 3 m .

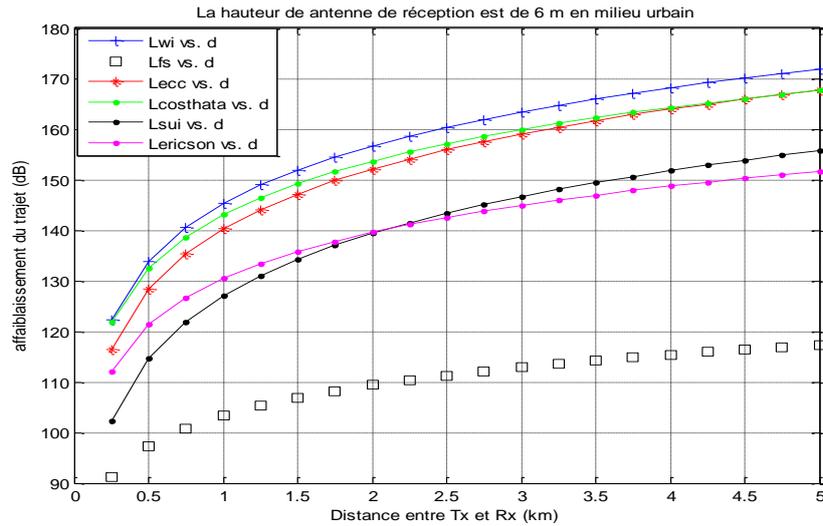


Fig III.5 : L'affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur 6 m .

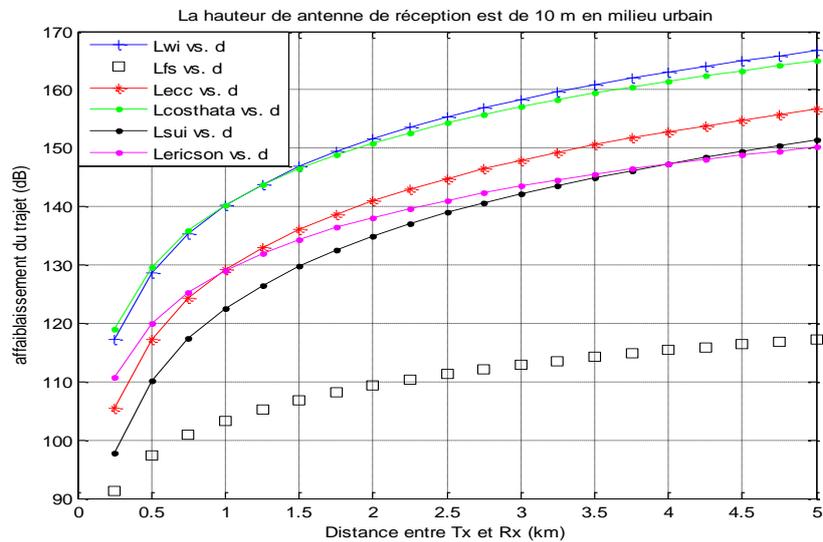


Fig III.6:L'affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d'antenne récepteur 10 m .

**III.5.2. Affaiblissement en zone suburbaine :**

Les mêmes données précédentes ont été utilisées pour la zone suburbaine,[35] comme l'illustrent les figures 3.7, 3.8, 3.9 :

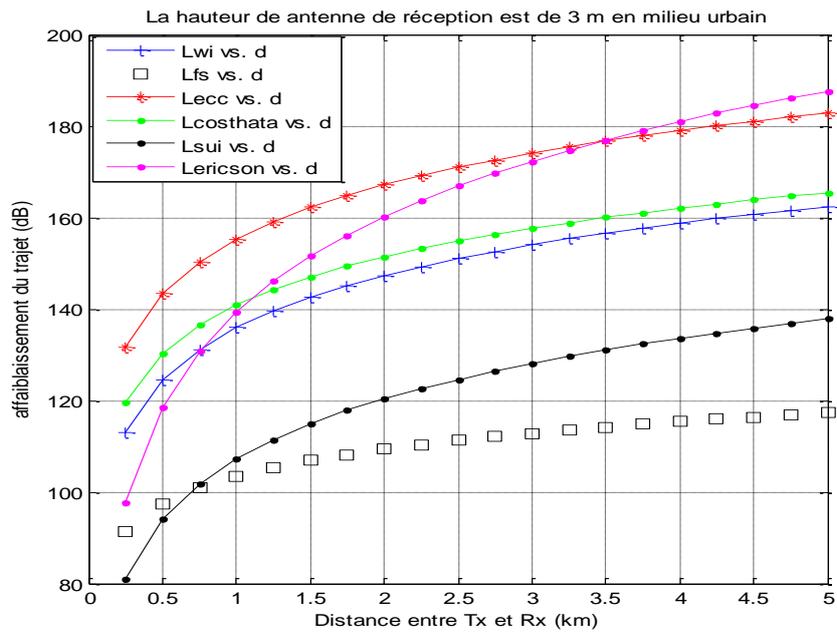


Fig III.7: L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain l'hauteur d'antenne récepteur 3m .

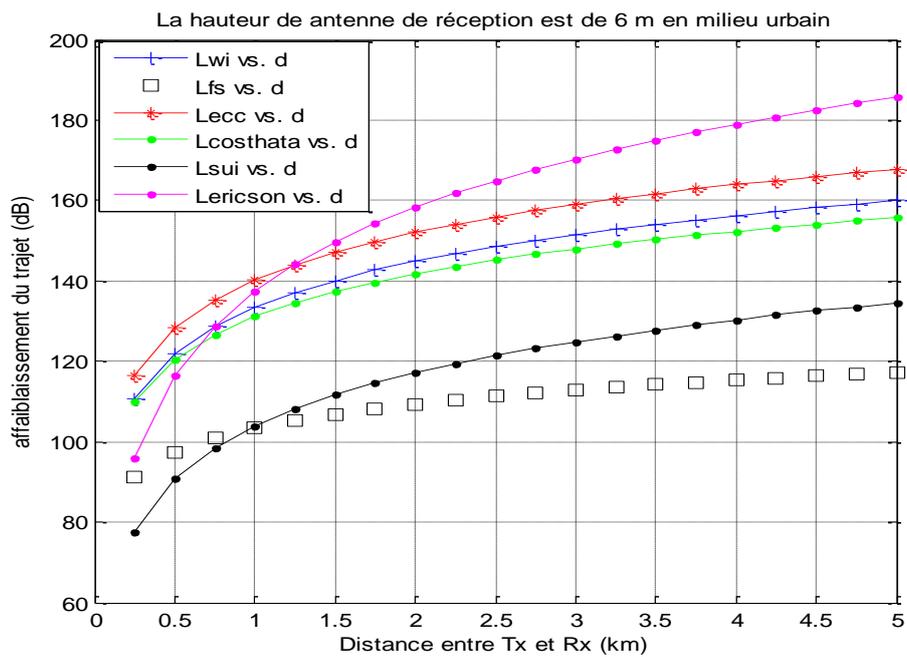


Fig III.8: L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain avec la hauteur d'antenne récepteur 6m .

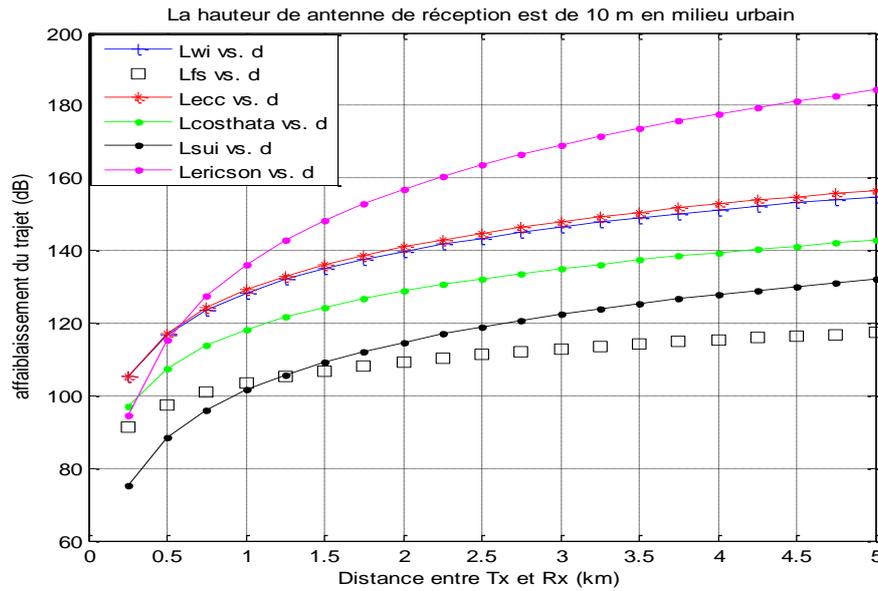


Fig III.9: L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 10 m .

**III.5.3. Affaiblissement en zone rurale :**

Dans les zones rurales, ils ont pris 20 mètres jusqu'à la hauteur de l'antenne de l'émetteur, tout en préservant les hauteurs de l'antenne du récepteur précédente. Le modèle ECC-33 n'a pas été appliqué dans les zones rurales, et le modèle COST 231 WI ne contenait pas de paramètres spécifiques pour les zones rurales, [35] et ils ont considéré l'équation LOS présentée à partir de ce formulaire. Où cela est illustré dans les figures 3.10, 3.11, 3.12.

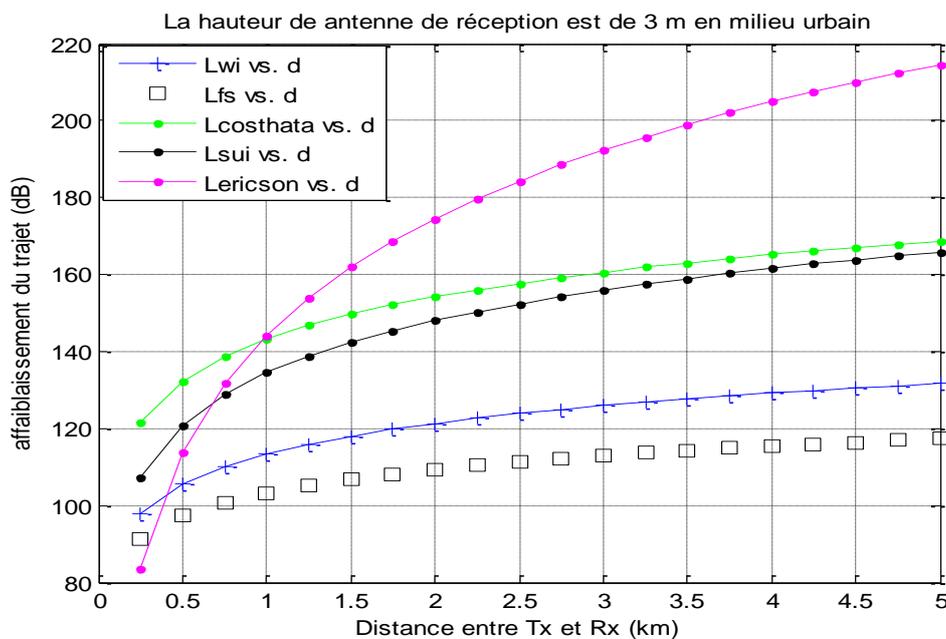


Fig III.10 : L'affaiblissement du trajet au milieu rural hauteur d'antenne récepteur 3m .

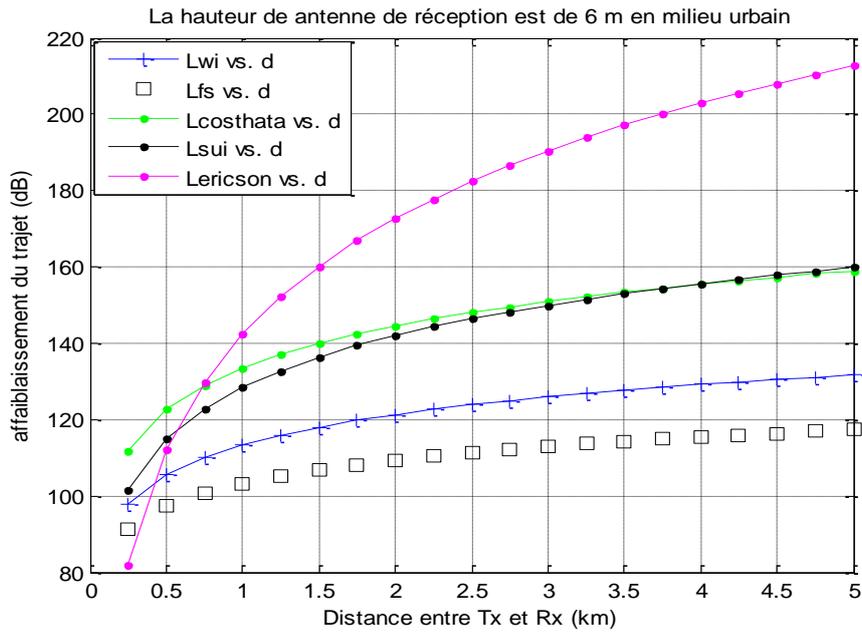


Fig III.11: L'affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 6m .

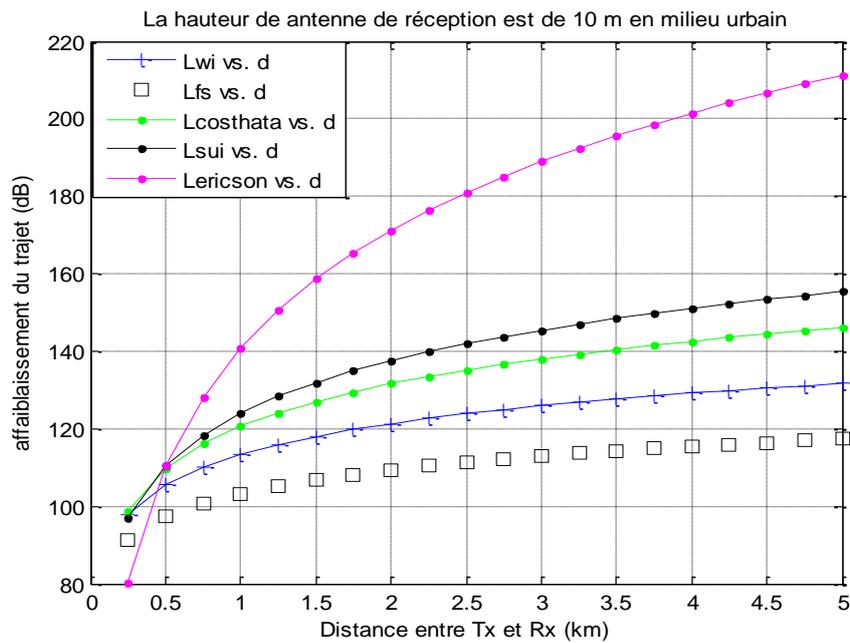


Fig III.12: L'affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 10 m .

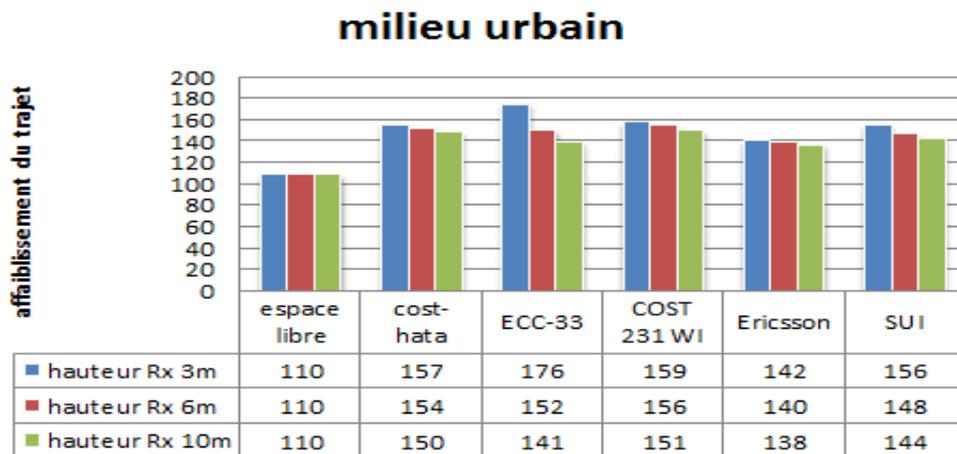
**III.5.4. Analyse des résultats de simulation en zone urbaine :**

Ont été atteints. En milieu urbain sur les classifications cumulatives suivantes.

**Tableau III.5 :** Analyse des résultats de simulation en zone urbaine pour différent hauteur d’antenne du récepteur [35]

Modèle de prédiction	Les remarques
Modèle Ericsson	a montré la prédiction la plus basse (142 dB à 138 dB). Il a également montré la moindre fluctuation par rapport aux autres modèles lorsqu'ils ont changé la hauteur de l'antenne de réception.
modèle ECC-33	a montré un affaiblissement du trajet d'élévation (167 dB) et a également montré de grandes fluctuations, Car au changement de hauteur de l'antenne du récepteur. Dans ce modèle, l’affaiblissement de trajet diminue à mesure que la hauteur de l'antenne du récepteur augmente. L'augmentation de la hauteur de l'antenne de réception augmentera la probabilité qu'un signal de meilleure qualité soit trouvé à partir de l'émetteur.
COST 231 W-I	a montré le plus grand affaiblissement du trajet de 10 m de l'antenne du récepteur. Mais ce modèle a été considéré pour Une analyse précise en raison de paramètres supplémentaires décrivant des caractéristiques environnementales spécifiques.

➤ Ceci est illustré plus précisément par la simulation représentée sur la figure 3.13.



**Fig 3.13:** Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à différentes hauteurs d'antenne du récepteur.

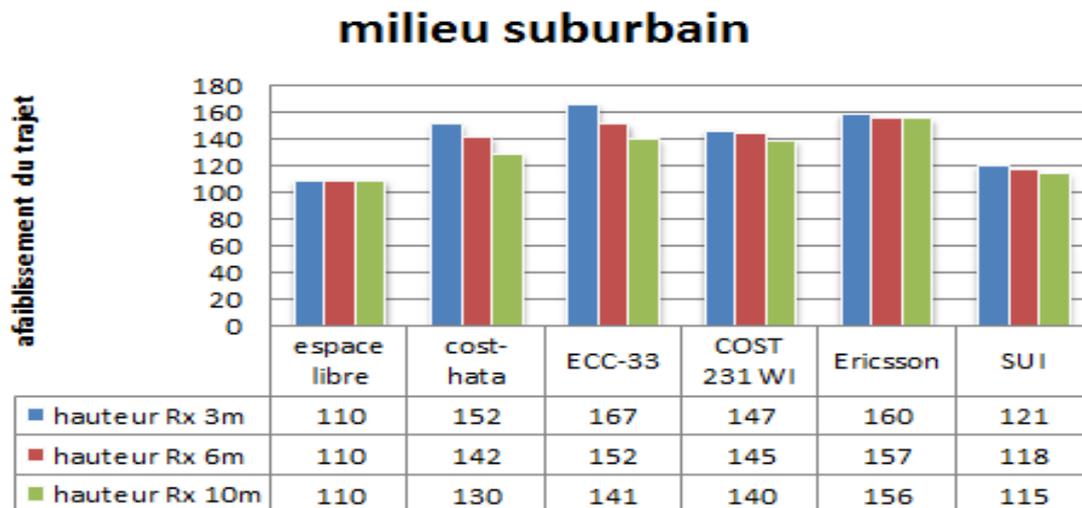
### III.5.5. Analyse des résultats de simulation en zone périurbaine

Dans un environnement suburbain, les résultats simulés sont présentés comme suit:

**Tableau III.6 :** Analyse des résultats de simulation en zone suburbaine pour différent hauteur d'antenne du récepteur [35]

Modèle de prédiction	Les remarques
modèle SUI	a montré une prédiction de l'affaiblissement du trajet le plus faible (121 dB à 115 dB) sur ce terrain avec de petites fluctuations de bits sur les changements de la hauteur de l'antenne de réception.
modèle Ericsson	a montré la prédiction de l'affaiblissement du trajet pour les élévations (157 dB et 156 dB), en particulier à la hauteur de l'antenne du récepteur de 6 m et 10 m.
modèle COST231 Hata	a montré un résultat modéré avec des fluctuations marquées de l'affaiblissement du trajet avec des changements de hauteur d'antenne du récepteur.

➤ Ceci est illustré plus précisément par la simulation représentée sur la figure 3.14.



**Fig III.14 :** Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à différentes hauteurs d'antenne du récepteur

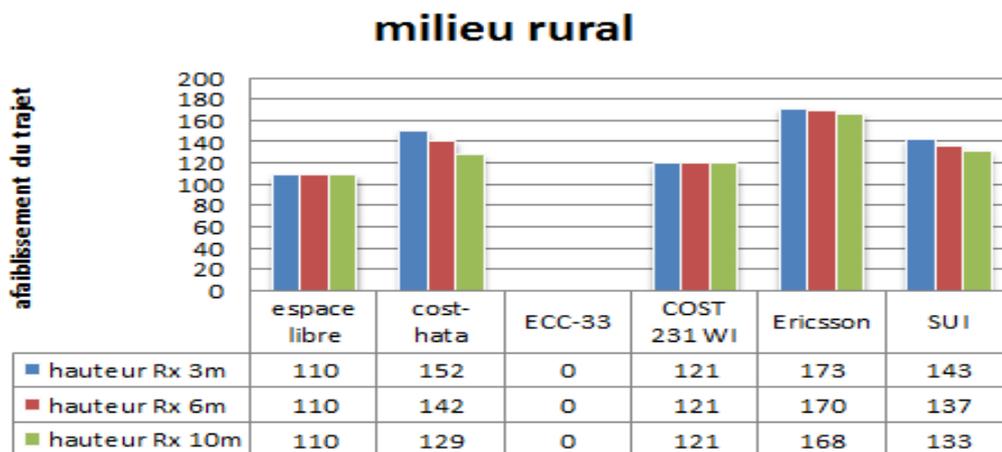
### III.5.6. Analyse des résultats de simulation en zone rurale

En ce qui concerne l'environnement rural, les résultats simulés sont présentés comme suit :

**Tableau III.7 :** Analyse des résultats de simulation en zone urbaine pour différent hauteur d'antenne du récepteur [35]

modèle de prédiction	Les remarques
modèle COST 231 Hata	a montré la prédiction d'affaiblissement du trajet la plus faible (129 dB), en particulier à 10 m de hauteur d'antenne du récepteur et a également montré de grandes fluctuations dues au changement de hauteur de l'antenne du récepteur.
Modèle COST 231 WI	a montré des résultats cohérents dans tous les changements de hauteur de l'antenne du récepteur. Il n'y a pas de normes spécifiques pour les zones rurales. Dans les simulations qu'ils ont effectuées, ils ont pris en compte l'équation LOS pour cet environnement (la raison étant que l'on pouvait s'attendre au signal de ligne de visée si la zone était suffisamment plate avec peu de végétation).
Modèle Ericsson	a montré l'atténuation du trajet pour les altitudes (173 dB à 168 dB), ce qui pour elles étaient remarquable, peut-être parce que les valeurs des paramètres $a_0$ et $a_1$ sont extraites par des méthodes LS (Least Square)

➤ Ceci est illustré plus précisément par la simulation représentée sur la figure 3.15.

**Fig III.15:** Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à différentes hauteurs d'antenne récepteur

## III.6. Etude pratique

### III.6.1. Affaiblissement en zone urbaine :

À Batna : Dans nos calculs, nous identifions trois hauteurs d'antenne du récepteur différentes (c.-à-d. 3 m, 6 m et 10 m), mais 6 m est la hauteur réellement nécessaire pour fonctionner,

avec une distance de 1 km. Résultats numériques de différents modèles de différentes altitudes d'antenne du récepteur. Elles sont illustrées sous les figures (3.16,3.17,3.18).

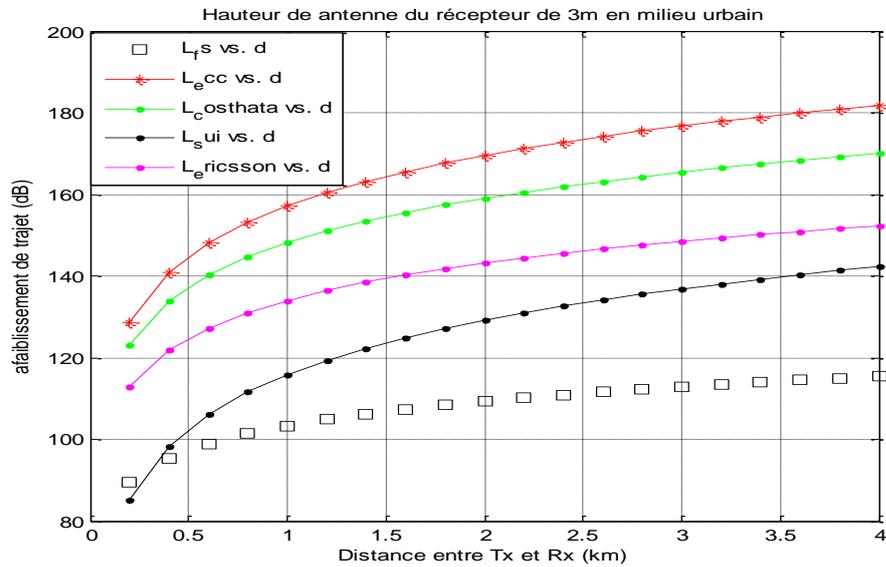


Fig III.16: L'affaiblissement du trajet au milieu urbain l'hauteur d'antenne récepteur 3m à Batna .

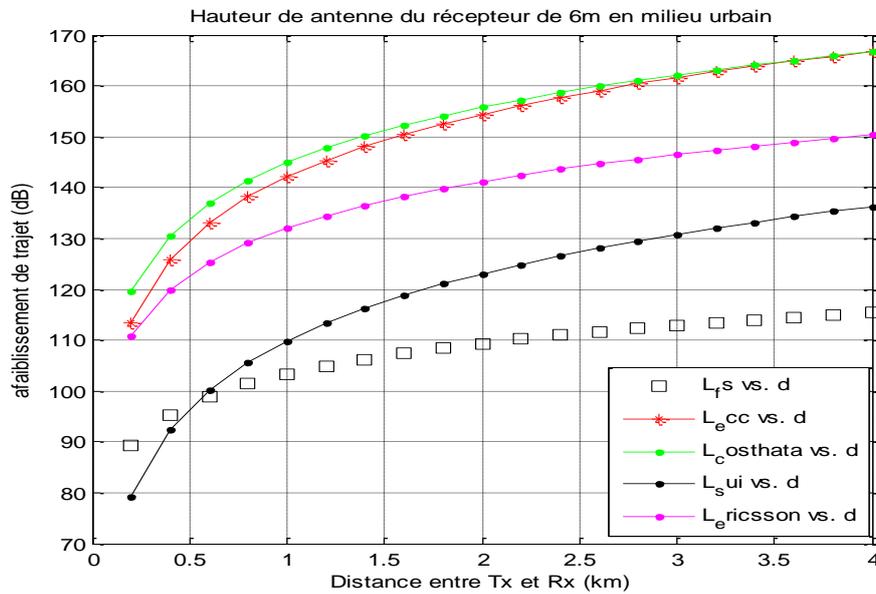
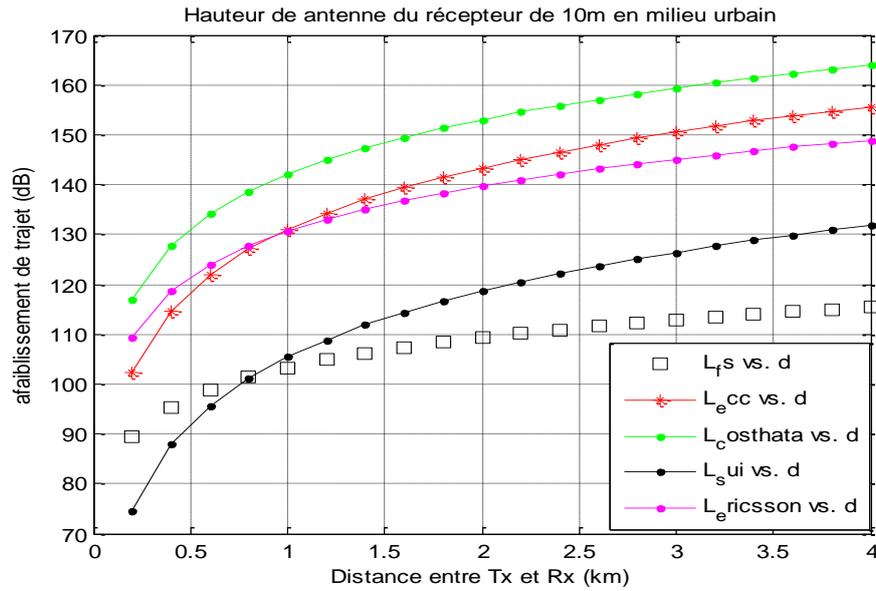


Fig III.17: L'affaiblissement du trajet au milieu urbain avec hauteur d'antenne du récepteur à 6m à Batna .



**Fig III.18:** L’affaiblissement du trajet au milieu urbain avec hauteur d'antenne du récepteur à 10 m à Batna .

Les valeurs d’affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu urbain sont illustrées dans notre analyse dans le Tableau 3.8 :

**Tableau III.8 :** Estimation de l’affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu urbain

Modèle de la prédiction	Hauteur de l’antenne du récepteur(m)	Puissance de l’émetteur (dbm)	hauteur l’antenne de récepteur a 3m	hauteur l’antenne de récepteur a 6m	hauteur l’antenne de récepteur a 10m
L’espace libre	22	22	105dB	105Db	105dB
COST 231 Hata	22	22	149dB	145Db	143dB
ECC-33	22	22	155dB	143dB	130dB
SUI	22	22	117dB	110Db	105dB
Ericsson	22	22	134dB	133Db	130dB

En Beskra : Les analyses que nous avons obtenues en milieu urbain avec le changement d'antenne du récepteur sont illustrées dans les figures (3.19, 3.20,3.21).

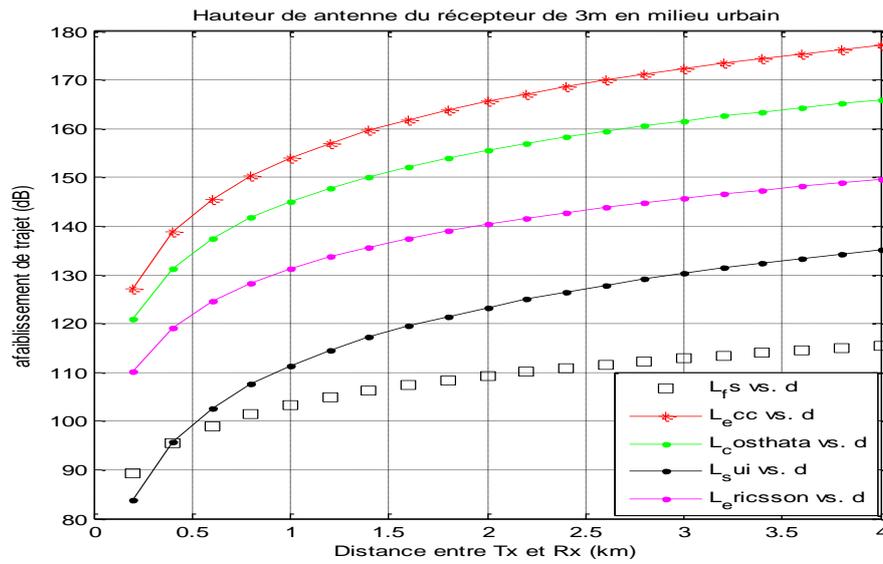


Fig III.19: L'affaiblissement du trajet au milieu urbain avec hauteur d'antenne du récepteur à 3 m à Beskra .

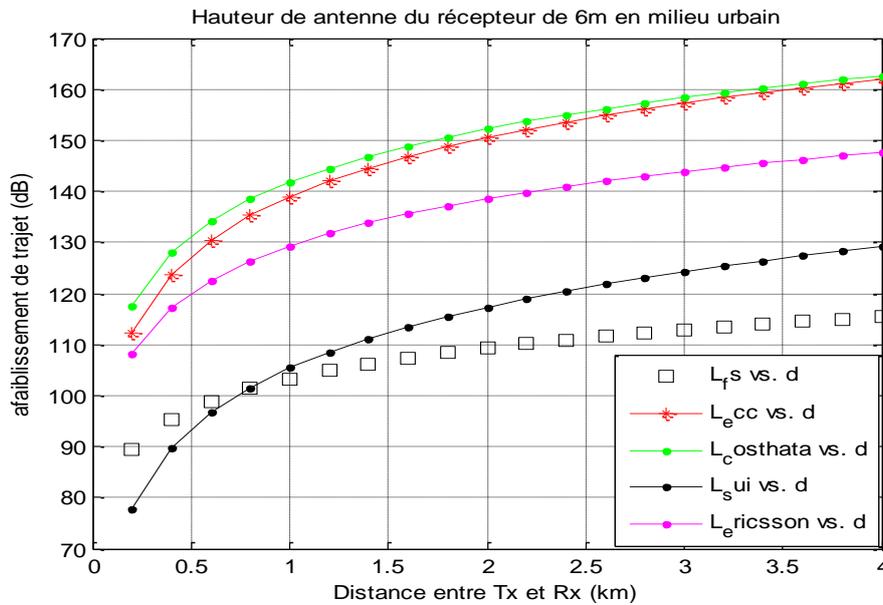
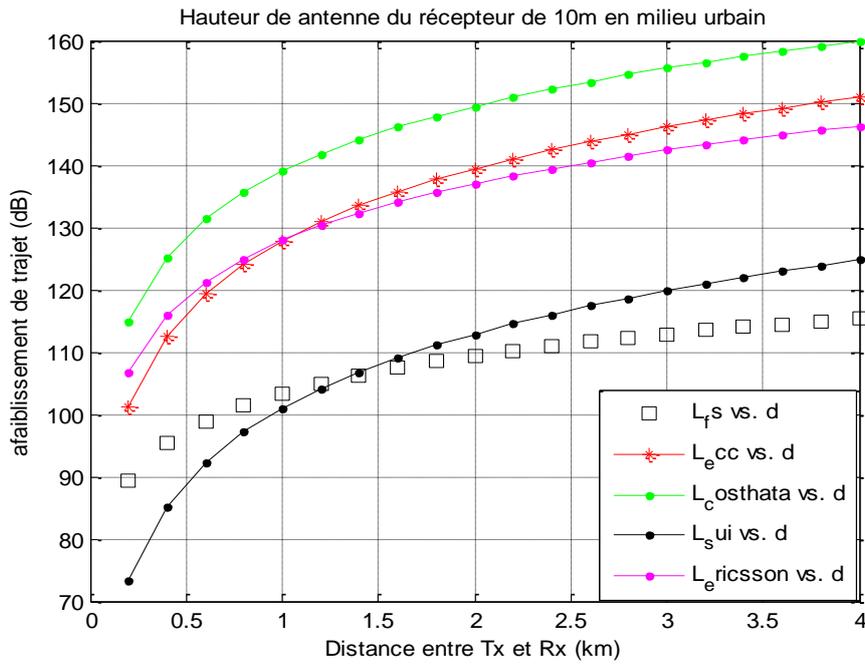


Fig III.20 : L'affaiblissement du trajet au milieu urbain l' hauteur d'antenne récepteur à 6m à Biskra .



**Fig III.21:** L’affaiblissement du trajet au milieu urbain la hauteur d’antenne récepteur à 10 m à Biskra.

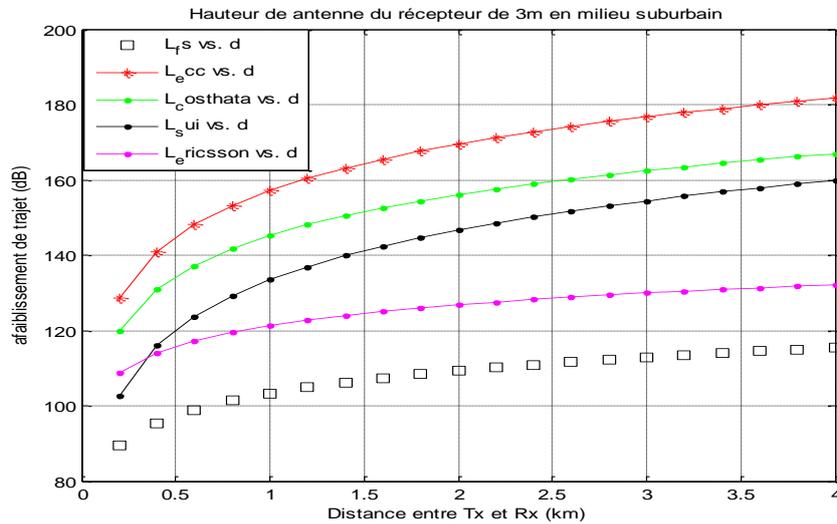
Les valeurs d’affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu urbain sont illustrées dans notre analyse dans le tableau 3.9 :

**Tableau III.9:** Estimation de l’affaiblissement du trajet à 4 km de distance en milieu urbain.

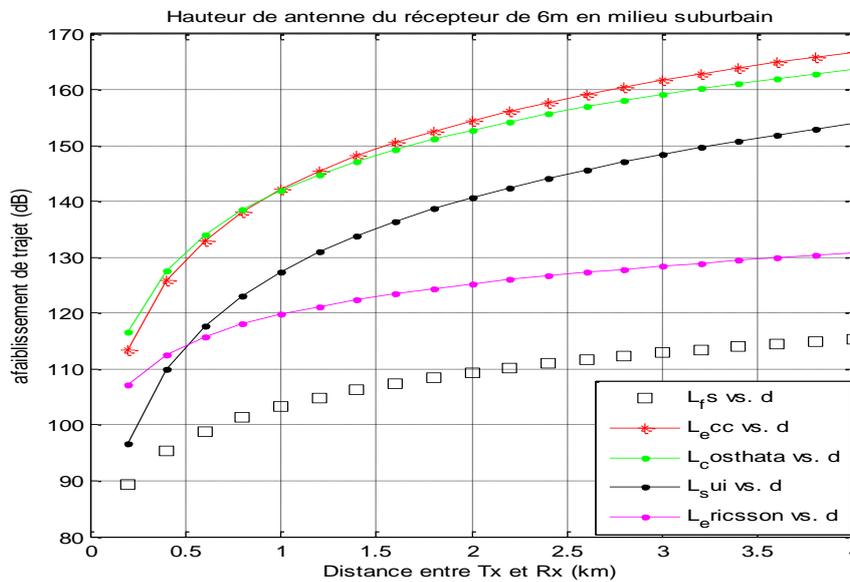
Modèle de la prédiction	Hauteur de l’antenne du récepteur(m)	Puissance de l’émetteur (dbm)	hauteur l’antenne de récepteur a 3m	hauteur l’antenne de récepteur a 6m	hauteur l’antenne de récepteur a 10m
L’espace libre	22	22	115dB	115dB	115dB
COST 231 Hata	22	22	165dB	163dB	160dB
ECC-33	22	22	177dB	163dB	152 dB
SUI	22	22	135 dB	130 dB	125dB
Ericsson	22	22	150 dB	147dB	146dB

**III.6.2. Affaiblissement en zone suburbaine :**

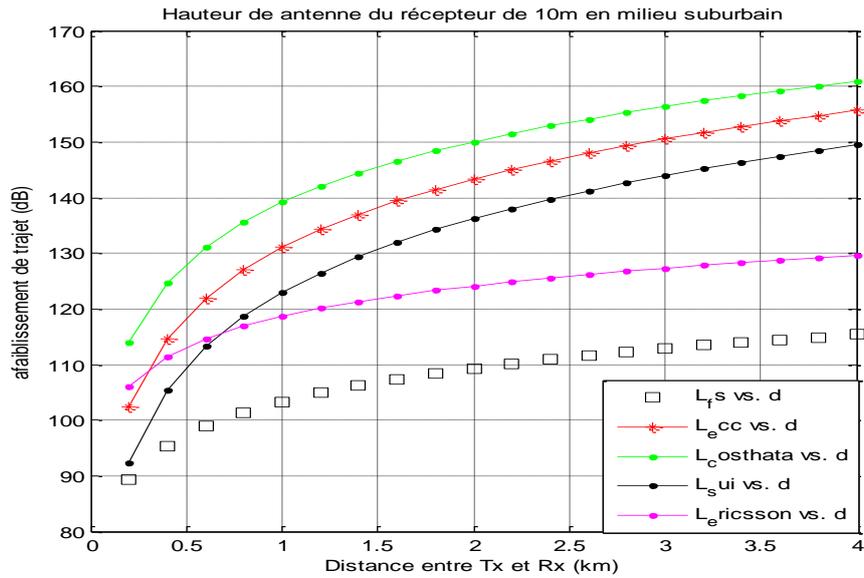
À Batna : Dans les zones suburbaines, nous utiliserons les mêmes hauteurs d'antenne d'émetteur et récepteur que celles utilisées précédemment. Où se trouveront les résultats numériques des différents modèles dans les figures (3.22,3.23, 3.24).



**Fig III.22 :** l'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur à 3 m à Batna.



**Fig III.23 :** L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur à 6m à Batna



**Fig III.24:** L’affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d’antenne récepteur à 10m à Batna

Les valeurs d’affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu suburbain sont illustrées dans notre analyse dans le Tableau 3.10 :

**Tableau III.10 :** Estimation de l’affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu suburbain

Modèle de la prédiction	Hauteur de l’antenne du récepteur(m)	Puissance de l’émetteur (dbm)	hauteur l’antenne de récepteur a 3m	hauteur l’antenne de récepteur a 6m	hauteur l’antenne de récepteur a 10m
L’espace libre	22	22	105db	105Db	105dB
COST 231 Hata	22	22	145dB	143 Db	140dB
ECC-33	22	22	157 dB	143 dB	130dB
SUI	22	22	132dB	127Db	123dB
Ericsson	22	22	122dB	120Db	118dB

À Biskra : Les analyses que nous avons obtenues en milieu suburbain avec le changement d’antenne du récepteur sont illustrées dans les figures (3.25,3.26,3.27).

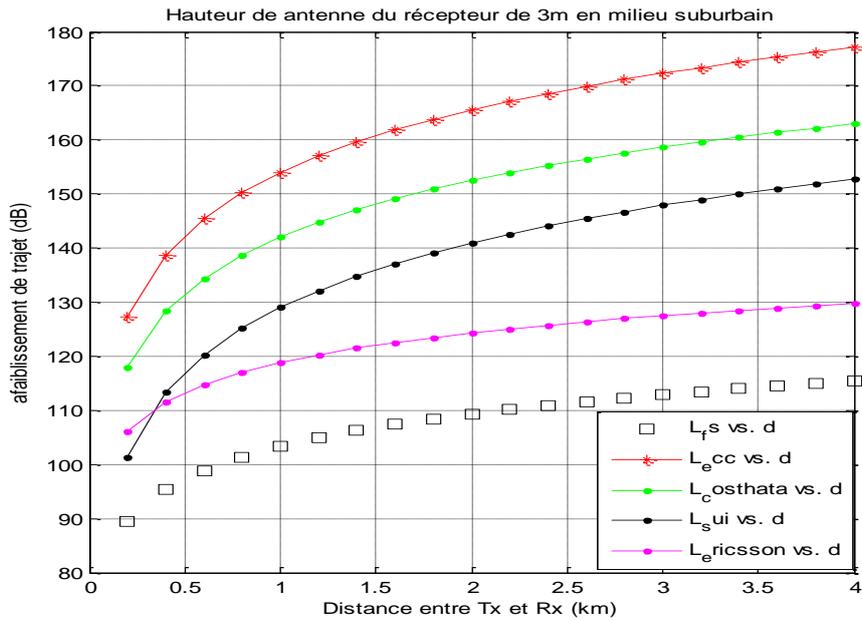


Fig III.25:L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne récepteur 3m à Beskra

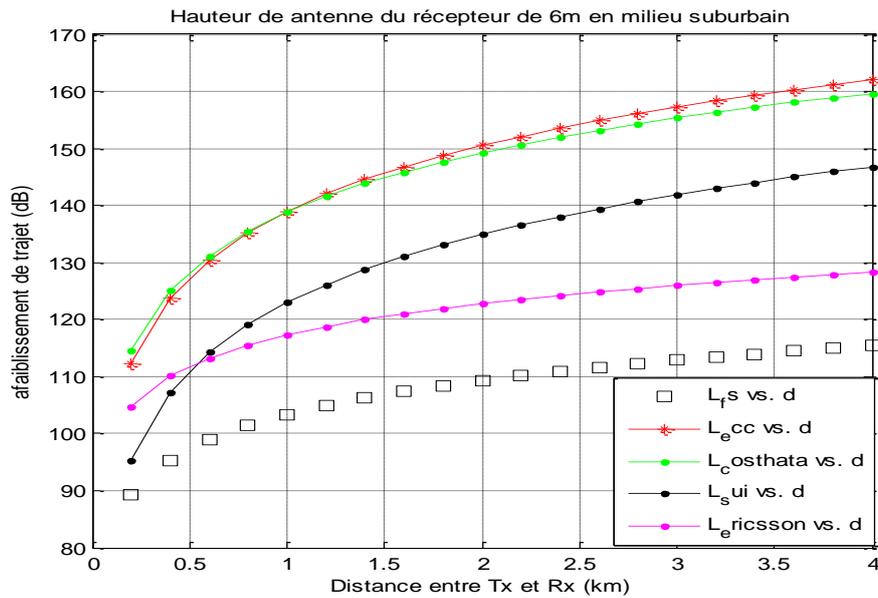


Fig III.26:L'affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d'antenne du récepteur 6m à Beskra

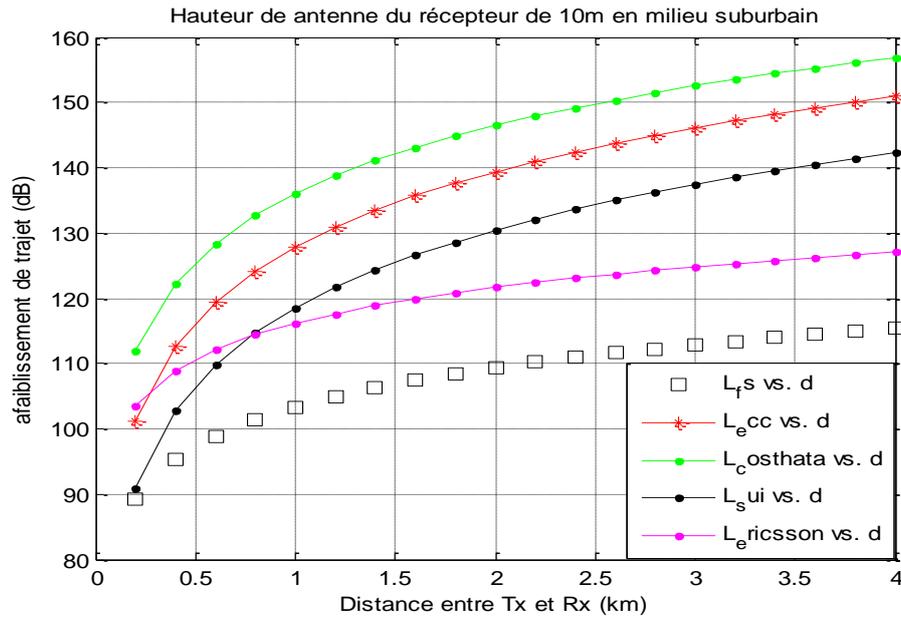


Fig III.27: L’affaiblissement du trajet au milieu suburbain la hauteur d’antenne récepteur 10 m à Biskra

Les valeurs d’affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu suburbain sont illustrées dans notre analyse dans le Tableau 3.11 :

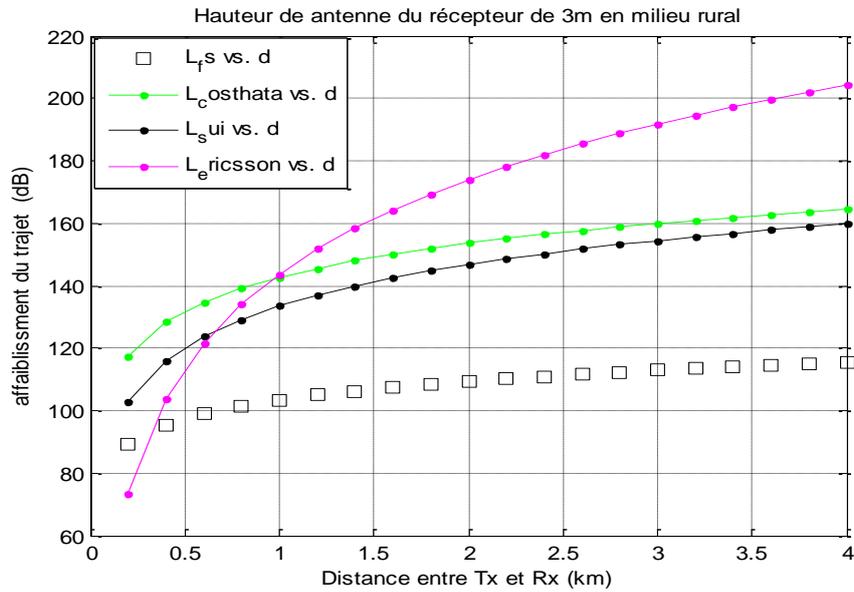
Tableau III.11 : Estimation de l’affaiblissement du trajet à 4 km de distance au milieu suburbain

Modèle de la prédiction	Hauteur de l’antenne du récepteur(m)	Puissance de l’émetteur (dbm)	hauteur l’antenne de récepteur a 3m	hauteur l’antenne de récepteur a 6m	hauteur l’antenne de récepteur a 10m
L’espace libre	22	22	115dB	115Db	115dB
COST 231 Hata	22	22	163dB	160dB	157dB
ECC-33	22	22	130Db	127dB	126 dB
SUI	22	22	22	146 dB	143dB
Ericsson	22	22	130 dB	127 dB	126dB

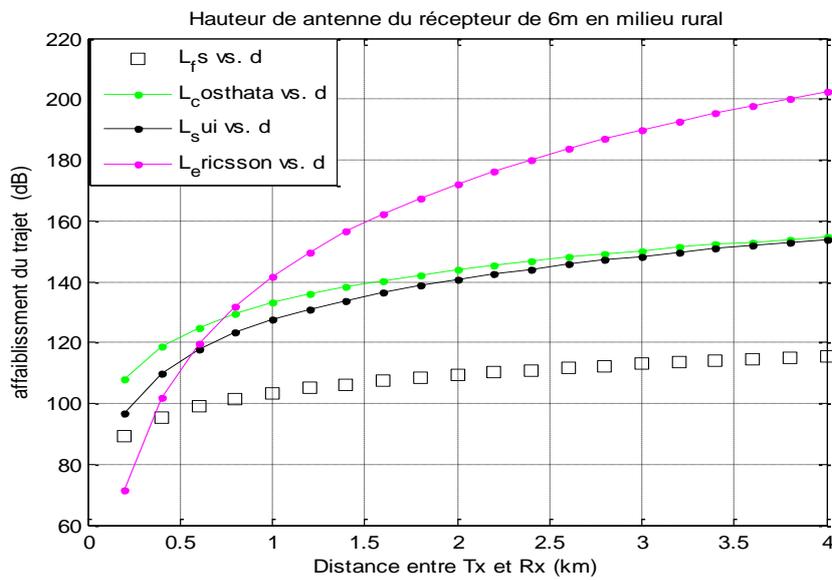
### III.6.3. Affaiblissement en zone rurale :

En Batna : En zone rurale, nous utiliserons les mêmes paramètres que nous avons utilisés précédemment. Considérant que le modèle ECC-33 n’a pas pu être appliqué dans les zones rurales, car

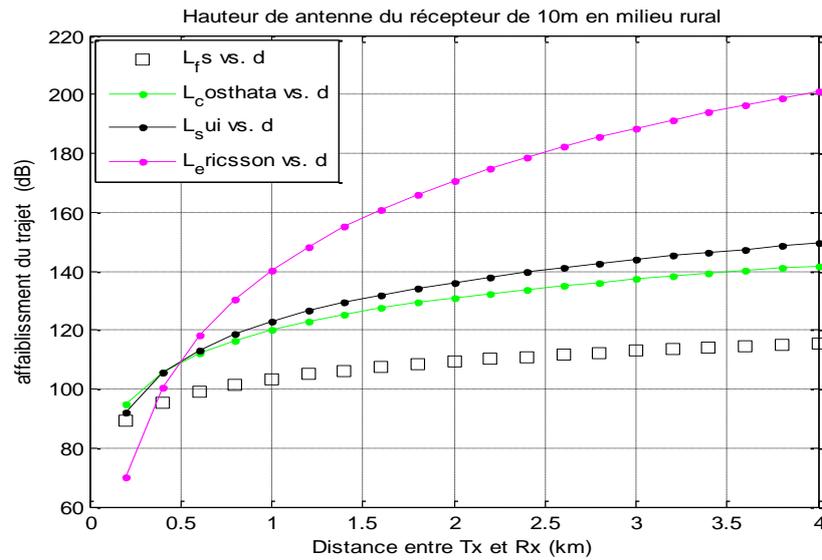
aucun paramètre spécifique à la zone rurale n'a été fourni. Cela peut être illustré par la figures (3.28,3.29,3.30).



**Fig III.28:** L'affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 3m à Batna



**Fig III.29:** L'affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 6m à Batna



**Fig III.30:** L’affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d’antenne récepteur 10 m à Batna

Les valeurs d’affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu rural sont illustrées dans notre analyse dans le tableau 3.12 :

**Tableau III.12:** Estimation de l’affaiblissement du trajet à 1 km de distance en milieu rural

Modèle de la prédiction	Hauteur de l’antenne du récepteur(m)	Puissance de l’émetteur (dbm)	hauteur l’antenne de récepteur a 3m	hauteur l’antenne de récepteur a 6m	hauteur l’antenne de récepteur a 10m
L’espace libre	22	22	105dB	105dB	105Db
COST 231 Hata	22	22	143dB	136 dB	120dB
SUI	22	22	138dB	133dB	122dB
Ericsson	22	22	143dB	142dB	140 dB

En Beskra : Les analyses que nous avons obtenues au milieu rural avec le changement d’antenne du récepteur sont illustrées dans les figures (3.31, 3.32,3.33).

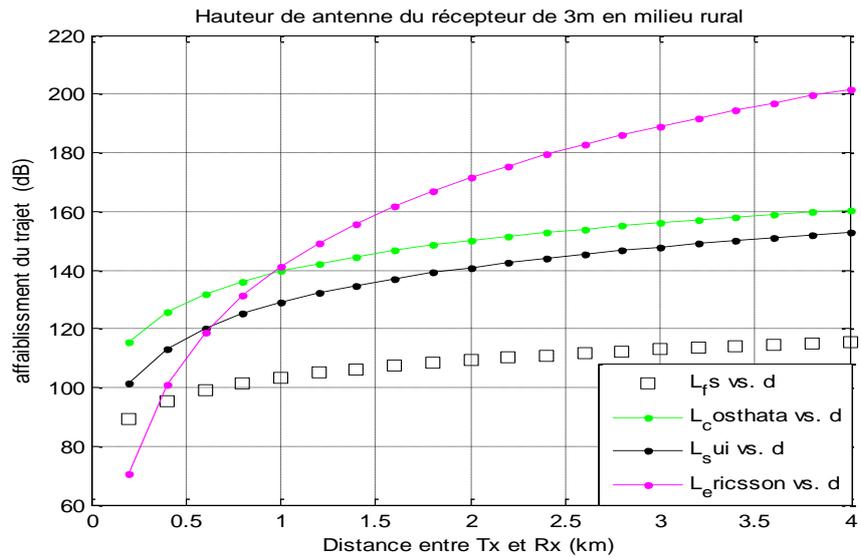


Fig III.31: L’affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d’antenne récepteur à 3m à Biskra

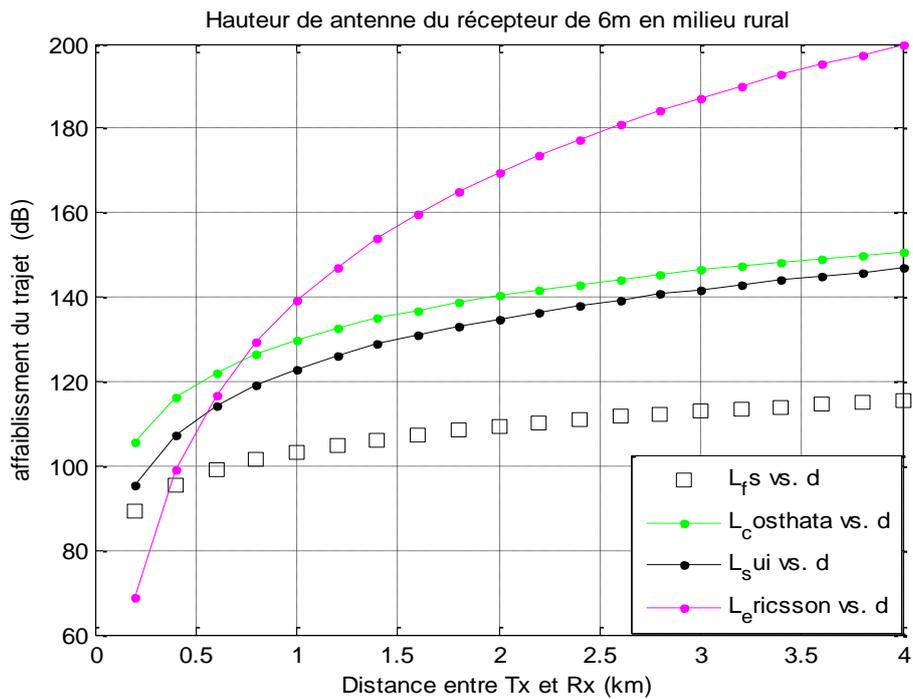
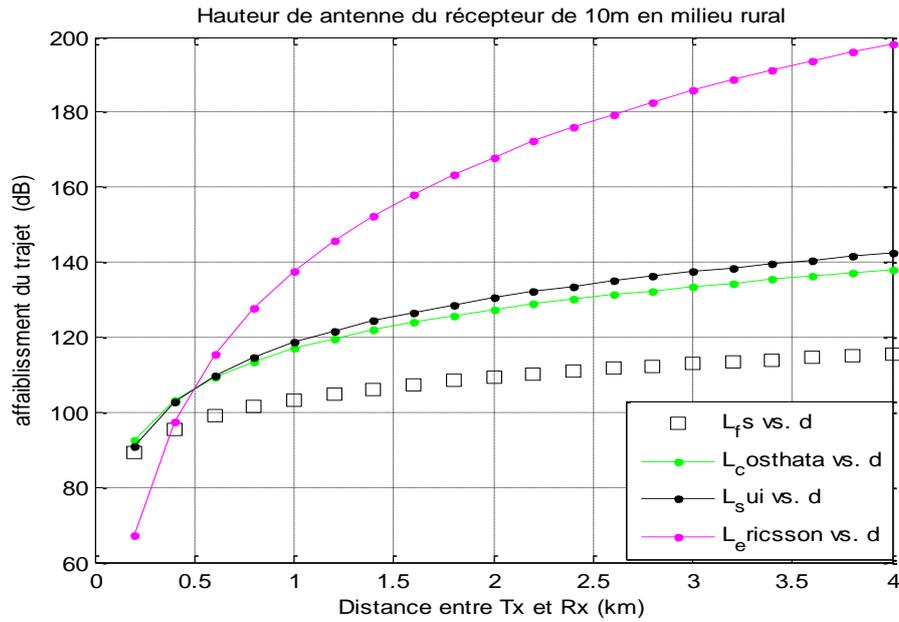


Fig III.32: L’affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d’antenne récepteur 6m à Biskra



**Fig III.33:** L'affaiblissement du trajet au milieu rural la hauteur d'antenne récepteur 10m à Biskra

Les valeurs d'affaiblissement du trajet pour les modèles au milieu rural sont illustrées dans notre analyse dans le tableau 3.13:

**Tableau III.13 :** Estimation de l'affaiblissement du trajet à 4 km de distance au milieu rural

Modèles de la prédiction	Hauteur de l'antenne du récepteur(m)	Puissance de l'émetteur (dbm)	hauteur l'antenne de récepteur a 3m	hauteur l'antenne de récepteur a 6m	hauteur l'antenne de récepteur a 10m
L'espace libre	22	22	115dB	115dB	115dB
COST 231 Hata	22	22	160dB	150dB	138dB
SUI	22	22	150dB	146 dB	142dB
Ericsson	22	22	201Db	200dB	198dB

### III.6.4. Analyse des résultats de simulation en zone urbaine :

À Batna : La Fig 3.34 montre les résultats cumulatifs de l'environnement urbain.

L'affaiblissement sur le trajet par rapport à l'espace libre est indiqué :

Le modèle SUI prédit l'affaiblissement sur le trajet le plus faible (117 dB à 105dB) sur ce terrain avec de petites réflexions aux changements de hauteur d'antenne du récepteur.

Le modèle Ericsson a montré une prédiction de petites fluctuations de l'affaiblissement sur le trajet lorsque la hauteur de l'antenne de réception variait.

Dans ce cas, le modèle ECC-33 a montré l'affaiblissement du trajet d'élévation (155 dB à 130dB), et a également montré de grandes fluctuations, car la variation de la hauteur de l'antenne du récepteur. Dans ce modèle, l'affaiblissement sur le trajet diminue à mesure que la hauteur de l'antenne du récepteur augmente. L'augmentation de la hauteur de l'antenne du récepteur augmentera la probabilité de trouver un signal de meilleure qualité provenant de l'émetteur.

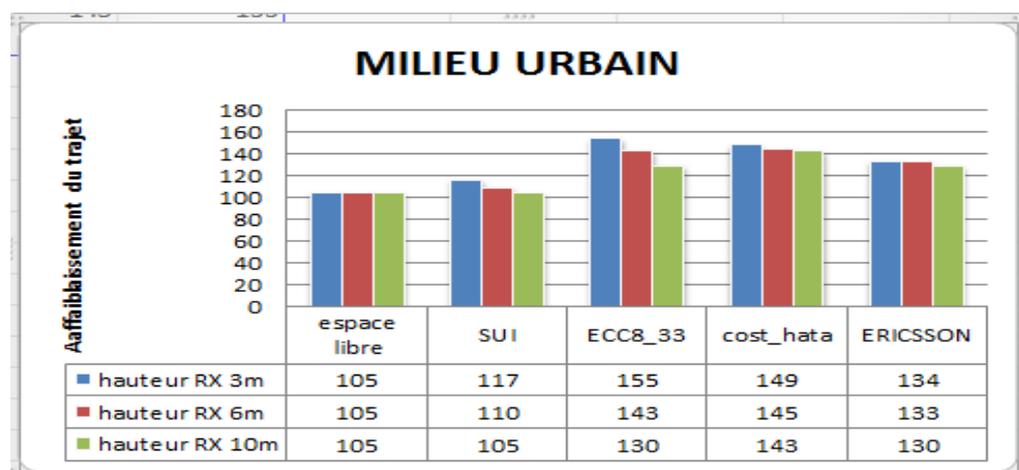


Fig III.34: Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à Batna

À Biskra : Les résultats cumulatifs pour un environnement urbain en Biskra sont présentés à la Fig 3.35.

Le modèle SUI prédit le plus faible affaiblissement du trajet (135 dB à 125 dB) sur ce terrain, avec de petites fluctuations lors des changements de hauteur de l'antenne du récepteur.

Le modèle Ericsson a montré une prédiction de petites fluctuations de l'affaiblissement du trajet (de 150 à 146 dB), avec une hauteur d'antenne de réception différente.

Le modèle ECC-33 a montré un affaiblissement du trajet d'élévation (177 dB à 152dB), et a également montré de grandes fluctuations lors à la variation de la hauteur de l'antenne du récepteur.

Quant au modèle de COST231HATA, il nous a donné une augmentation de la perte de trajet, avec une légère fluctuation avec les différentes antennes du récepteur.

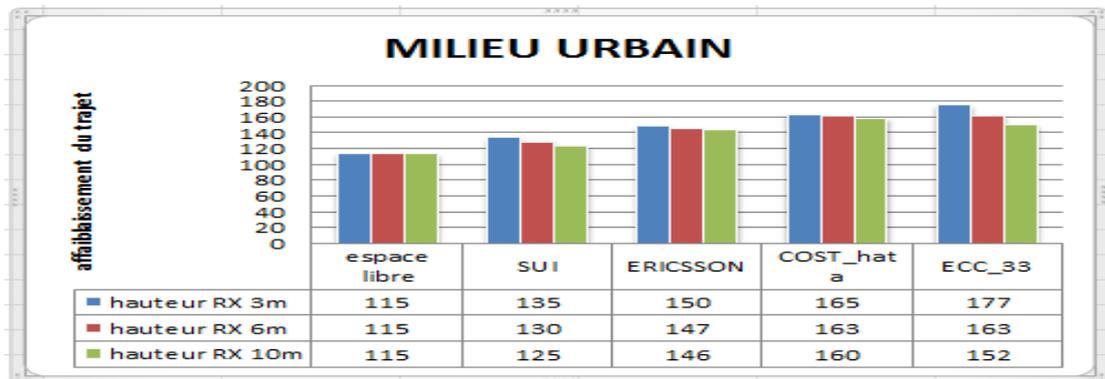


Fig III.35 : Analyse des résultats de simulation pour l'environnement urbain à Beskra.

### III.6.5. Analyse des résultats de simulation en zone périurbaine :

À Batna : Les résultats simulatifs pour un environnement suburbain sont présentés à la Fig 3.36.

Le modèle d’Ericsson présentait la prédiction d’affaiblissement sur le trajet la plus faible (122 à 118 décibels), car les fluctuations étaient plus faibles que d’autres modèles lorsque nous avons modifié les hauteurs d’antenne de récepteur.

Le modèle COST 231 Hata a donné un résultat modéré avec des fluctuations significatives d’affaiblissement du trajet par rapport aux changements de la hauteur d’antenne du récepteur.

Le modèle ECC-33 a montré le même affaiblissement du trajet que l’environnement urbain en raison des mêmes paramètres utilisés dans les simulations.

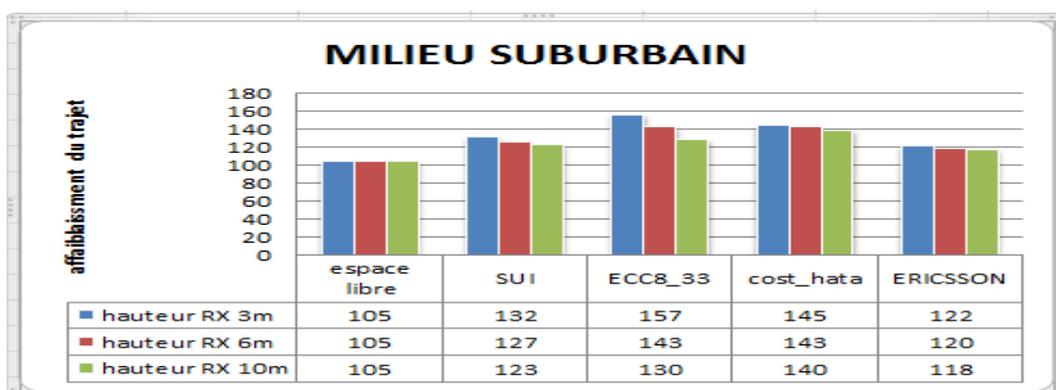


Fig III.36 : Analyse des résultats de simulation pour l'environnement suburbain à Batna

À Biskra : Les résultats simulatifs pour un environnement suburbain sont présentés à la Fig 3.37 :

Notez que le modèle Ericsson a montré la prédiction la plus basse (130 dB à 126 dB). Il a également montré les fluctuations les plus faibles par rapport aux autres modèles lorsque nous avons changé les hauteurs d'antenne.

Le modèle COST-Hata a montré un résultat modéré avec des fluctuations significatives de la perte de trajet (163 à 157) par rapport aux variations de hauteur d'antenne.

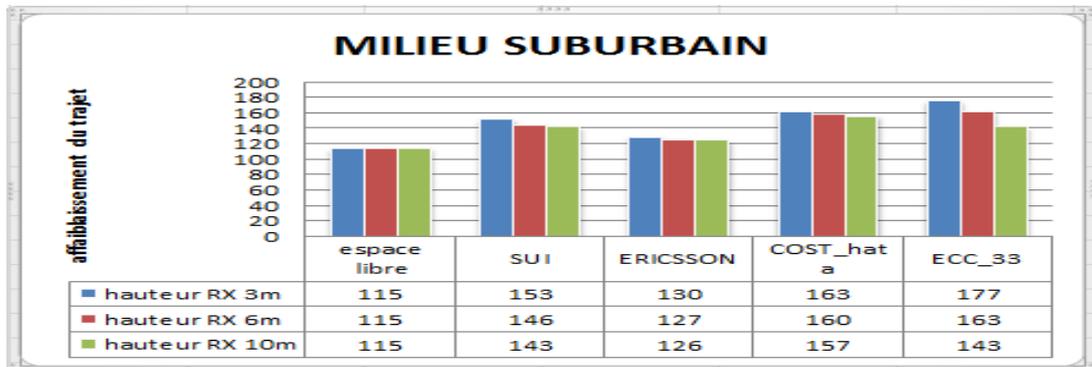


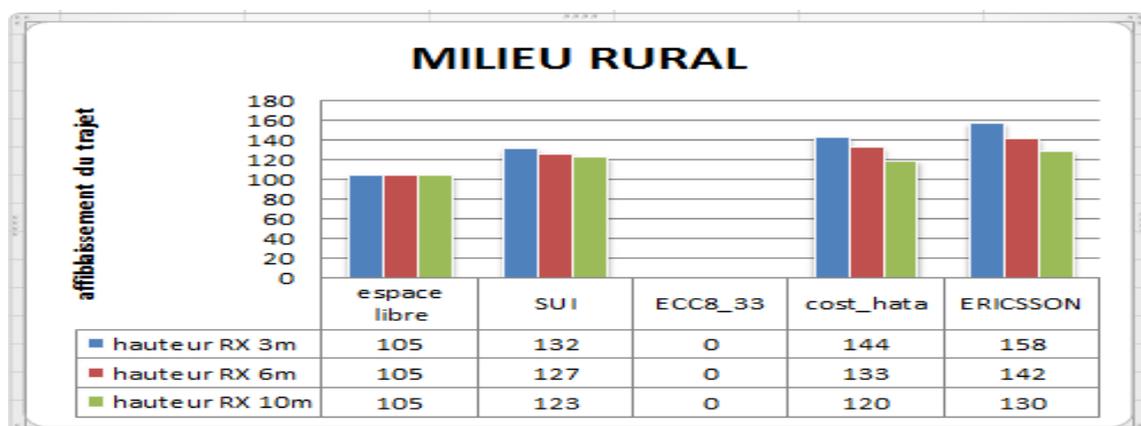
Fig III.37: Analyse des résultats de simulation pour l'environnement suburbain a Biskra

### III.6.6. Analyse des résultats de simulation en zone rurale :

À Batna : Les résultats simulatifs pour un environnement rural dans la région Batna sont présentés à la Fig 3.38.

Le modèle COST 231 Hata a montré la plus faible prédiction d'affaiblissement sur le trajet (120 dB), en particulier à 10 m de hauteur de l'antenne du récepteur. En raison de grandes fluctuations dues aux changements de hauteur d'antenne du récepteur.

Le modèle Ericsson a montré un affaiblissement du trajet (158 dB à 130 dB). Où l'on remarque que plus la distance est grande, plus l'affaiblissement du trajet de chemin est grande.

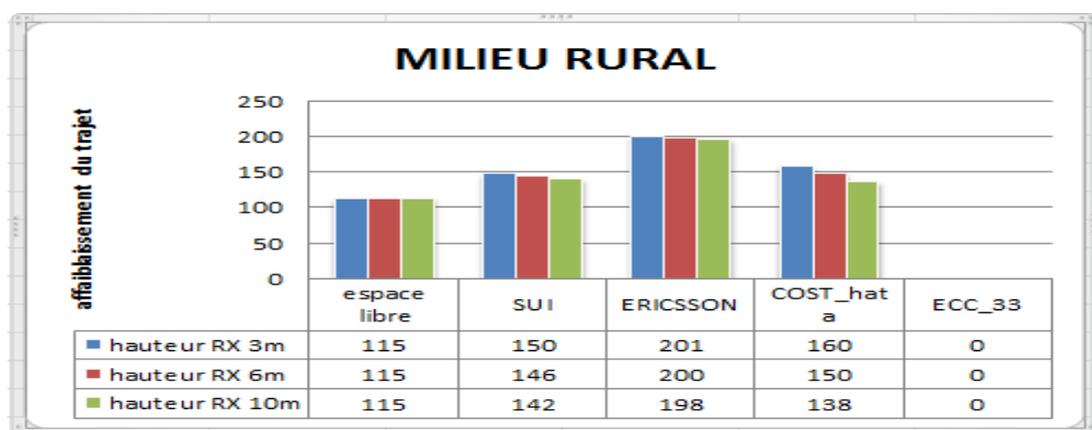


**Fig III.38** : Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à Batna

À Biskra : Les résultats simulés pour un environnement rural sont présentés à la Fig 3.39.

Le modèle COST 231 Hata a montré prédiction la plus faible d'affaiblissement du trajet (138 dB), en particulier à 10 m de la hauteur de l'antenne du récepteur. Puisqu'il y a de grandes fluctuations lors aux changements de hauteur de l'antenne de réception.

Le modèle Ericsson a montré un affaiblissement du élevée (201 dB à 198 dB), qui peut être observée en raison de l'extraction des valeurs des paramètres  $a_0$  et  $a_1$  à travers le LS. Cela recherche des valeurs numériques pour les paramètres qui réduisent la somme au carré des différences entre les réponses observées et la partie fonctionnelle du modèle.

**Fig III.39**: Analyse des résultats de simulation pour l'environnement rural à Biskra

### III.7. Conclusion

Pour notre analyse dans les régions de Batna et Biskra, nous concluons que les résultats du modèle sont incohérents en raison des différences de terrain et de classification. Par conséquent, il n'est pas possible de définir un modèle pour estimer l'affaiblissement sur le trajet spécifié à différentes hauteurs d'antenne dans tous les environnements. Cependant, en raison de la faible perte de trajet, le modèle SUI peut être le premier choix pour les zones urbaines et rurales avec un changement dans la hauteur de l'antenne du récepteur par rapport aux autres modèles examinés par rapport aux valeurs estimées du modèle d'espace libre.

En tenant compte de l'analyse obtenue en Europe dans la région de Tokyo, nous la traitons comme une analyse théorique dans notre recherche et nous comparerons nos résultats réels, et à travers cette recherche, leur analyse montre que tous les modèles et expériences comparent les pertes de chemin

plus élevées en zones suburbaines et rurales. En raison de l'environnement NLOS urbain et environnement multi trajet, Alors qu'aucun modèle unique qui peut être recommandé pour tous les paramètres n'a été obtenu, et nous pouvons le voir dans les simulations précédent (Fig ).

Comme les observations obtenues pour la partie pratique et théorique sont résumées comme suit :

La Modèle SUI a montré La plus faible d'affaiblissement du trajet était de 13,5 %, 12,74 % et 11,08 % à 3, 6 et 10 m, ce qui est plus estimé que le modèle d'espace libre dans un environnement urbain. De plus, dans les régions rurales, l'affaiblissement du trajet la plus faible a été de 3 et 6 m. En ce qui concerne ce qui a été atteint en Europe, ces valeurs ont été trouvées à peu près dans la zone périurbaine à différentes hauteurs de l'antenne de réception et dans la campagne à la hauteur de l'antenne de réception de 3 et 6 m.

La modèle Ericsson L'affaiblissement du trajet plus élevée a été de 56,54 %, 55,55 % et 54,85 % par rapport aux modeler du référence, soit 3 m, 6 m et 10 m, dans les régions rurales. Quant à les banlieues, l'affaiblissement plus faible était de 14,25 %, 13,5 % et 12,25 %, à 3, 6 et 10 m successivement. Quant à ce qui a été réalisé en Europe, ces valeurs ont été trouvées approximativement en zone rurale à différentes hauteurs de l'antenne de réception semi-urbaine à la hauteur de l'antenne de réception de 6 et 10 mètres, et avec un faible pourcentage sur le trajet. perte par rapport à l'espace libre c'est-à-dire le modèle de référence 12,5, 13 et 14,5% pour la hauteur de l'antenne de réception 10, 6 et 3 m respectivement.

Quant au Modèle COST231hata Indiquer la valeur estimée la plus faible d'affaiblissement sur le trajet par rapport au modèle de référence à 10,5 % à une hauteur de 10 m pour l'antenne du récepteur dans la zone rurale, Par rapport aux simulations dans la région européenne, ce modèle a montré la plus faible prédiction de la perte de trajet au même rapport dans la campagne, à 10 m de hauteur de l'antenne du récepteur et avec de grandes fluctuations dues au changement de hauteur de l'antenne du récepteur. Dans les zones suburbaines, le les résultats étaient perceptibles avec de petites oscillations avec changement de la hauteur de l'antenne de réception.

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Ces dernières années ont connu un essor sans précédent dans les nouvelles technologies de communications et ceci notamment grâce au développement de l'internet. Face à l'explosion de la demande d'accès au haut débit et notamment dans les situations de mobilité, plusieurs réseaux radio en développement actuellement permettent d'offrir des capacités haut débit pour l'offre des services.

WiMAX « Worldwide Interoperability for Microwave Access » est une technologie innovante qui peut jouer un rôle important dans les réseaux fixe et mobile à large bande. Parvenu au terme de ce travail il nous est possible de dégager quelques conclusions sur les travaux menés dans ce mémoire.

Notre objectif principal dans ce mémoire est d'étudier et analyser des modèles de prédiction pour le dimensionnement d'un réseaux Wimax à 3.5 GHz .

Dans le premier chapitre de ce travail, on a commencé par une présentation des classification d'un réseau sans fils ensuite des généralités sur la technologie WiMAX principe de fonctionnement, les Types du WiMAX, nous avons aussi illustré l'architecture de ce réseau et ses différents composants et enfin la topologie.

Le deuxième chapitre est consacré pour la présentation des différents mécanismes subis par l'onde lors de sa propagation à savoir la réflexion, la réfraction, la diffraction et la diffusion , Dans ce contexte une présentation des principaux phénomènes physiques et dépendance en fréquence , enfin les différents modèles de prédiction empirique .

Enfin, le dernier chapitre de ce mémoire présente les résultats d'analyse dans les régions de Batna et Biskra, on un des informations réelles pour appliquer sur les 5 modèles de prédictions pour conclure le meilleures modèle de moins affaiblissement sur les différents zones urbaine suburbaine et rurales.

Ce travail nous a permis de mieux cerné cette technologie, de comprendre son dimensionnement. Et les modèles de prédictions.

En conclusion de notre sujet, et grâce à des analyses et des comparaisons précédentes, nous pouvons dire qu'il est impossible d'avoir un modèle qui couvre toutes les régions. La zone de cellule peut ne pas être suffisante pour fournir une couverture complète. Cela est dû aux distractions et aux obstacles. Grâce à la ligne sans visibilité, et nous avons un problème d'environnement multi-chemin, ce qui augmente la perte du chemin. Pour éviter cela, la hauteur et la distance entre les antennes d'émission et de réception doivent être contrôlées, ce qui réduit la perte de trajet et augmente la force et la puissance du signal.

Où nous avons pris dans ces analyses des paramètres réalistes des régions de Batna et Biskra, avec une antenne de réception de 6 mètres de haut et deux antennes d'émission, chacune de 27 et 37 mètres de haut respectivement, et dans ce cas, il a été atteint que le modèle SUI peut être considéré pour les zones urbaines et rurales avec une hauteur de réception de 3 et 6 mètres.

Dans ce type de modèle SUI, la densité utilisée est faible et donc l'affaiblissement du trajet est faible dans ce type de prédiction. Dans les deux cas mentionnés (Batna et Biskra), deux hauteurs d'antenne d'émetteur différentes et deux distances différentes de 1 km étaient prises entre l'antenne émettrice et réceptrice à Batna et 4 km entre l'antenne émettrice et réceptrice à Biskra et quant à la hauteur de l'antenne réceptrice elle est de 6 mètres. Ce modèle se compose principalement de trois composants principaux: l'émetteur, le récepteur et le canal. Cette architecture de modèle simulé est conforme à la couche physique d'interface radio MAN OFDM sans fil IEEE802.16 (2004). Dans cette configuration, nous venons de mettre en œuvre la spécification obligatoire, tout en expérimentant la mise en œuvre de fonctionnalités optionnelles pour les travaux futurs.

---

## Références

- [1] Antenne omnidirectionnelle et antenne directionnelle, 2007, février 27, cisco.
- [2] Béziers, France, Antenne wi-fi Définition Caractéristiques, page 8, 30 sept. 2010.
- [3] Jean-François Pillou, WiFi - Portée et débit, jeudi 1 juin 2017 à 16:51 par avenuepopulaire.
- [4] GUY PUJOLLE, livre : Les réseaux 5<sup>e</sup> Edition, chapitre 21, 07/09/2006, 45(563\_604), p. 563-166, 594-601.
- [5] Rémy HUBSCHER Natim, FLOSS aficionados, Concepts de base des réseaux sans fil, 2013
- [6] Topologie. (s.d.). Récupéré sur : [http://infotechplus.free.fr/topo\\_w.inc.php](http://infotechplus.free.fr/topo_w.inc.php).
- [7] Lemainque, Fabrice. 28/04/2009. Tout sur les réseaux sans fil. [éd.] Dunod. 28/04/2009. p. 246 . Vol. 285g.
- [8] Composants LAN sans fil. (s.d.). Récupéré sur : <http://www.ordinateur.cc/image/logo.jpg>.
- [9] Wlan , 2002 out 8, Sécurité des réseaux sans fil (Wi-Fi).
- [10] Chapitre 2 : Le standard IEEE 802.11, 24-35, p. 27-35.
- [11] Roxane Dolan - Matthieu Ionas, 2013 Août 13, Réseaux filaire et Wifi: Avantages et inconvénients.
- [12] BELLOULA, Messaoud. La géolocalisation dans les réseaux de capteurs sans fils Etude de cas: utilisation en agriculture. 2012. PhD Thesis. Université de Batna 2.
- [13] TATA, Chafika. Algorithme de courtoisie: optimisation de la performance dans les réseaux WIMAX fixes. 2009. PhD Thesis. École de technologie supérieure.
- [14] MARK A, (2008-2010). reseau sans fil cas WIMAX.
- [15] CHAFIAI H., (2003, nov 10), Boucle Locale Radio (BLR).
- [16] GERMAIN, Michèle. WiMAX à l'usage des communications haut débit. In: Forum atena, lulu.com, Paris. 2009.
- [17] Le WiMax (World Interoperability for Microwave Access). (s.d.). Récupéré sur <http://iptechnology.ca/wimax1.GIF>: <http://iptechnology.ca/Wimax.htm>
- [18] FORUMTM, WiMAX. Mobile WiMAX–Part 1: A Technical Overview and Performance Evaluation. In: WiMAX Forum CERTIFIED. 2006. p. 15.
- [19] KALACHE, Mohamed Aissa; KALACHE, Billel. Évaluation des performances de la couche physique de la technologie WiMAX/IEEE 802.16. Projet de Fin d'Étude pour l'obtention du

diplôme de Master en Systèmes de Télécommunications, Université Dr. Yahia Farès de Médéa, 2010, 2011.

[20] MOHAMMED, Feisal Mohammed Salih; MUSTAFA, Amin Babiker Abd AlNabi. Compare and Evaluate and Performance of Fixed and Mobile WiMax using Applications.

[21] Ahmed, Bachir, Etude et dimensionnement d'un réseau WiMAX mobile. 2019.

[22] HAZAOUD, (2009/2010). Cours des reseaux mobiles(GSM GPRS UMTS WIMAX).

[23] PAREEK, Deepak. The business of WiMAX. 2006.

[24] BHANDARE, Tejas. LTE and WiMAX comparison. *Santa Clara University*, 2008, 12: 19-20.

[25] ERGEN, Mustafa. The access service network in WiMAX: the role of ASN-GW. *Mobile Handset DesignLine*, 2007.

[26] KHIREDINE, A., et al. Etude de la technique de gestion d'un réseau sans fil basé sur le standard 802.16. 2013. PhD Thesis. Université abderrahmane mira béjaia.

[27] NESKOVIC, Aleksandar; NESKOVIC, Natasa; PAUNOVIC, George. Modern approaches in modeling of mobile radio systems propagation environment. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2000, 3.3: 2-12.

[28] MIKKONEN, Jouni, et al. Emerging wireless broadband networks. *IEEE Communications Magazine*, 1998, 36.2: 112-117.

[29] KLOCH, Christian, et al. Comparison of measured and predicted time dispersion and direction of arrival for multipath in a small cell environment. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 2001, 49.9: 1254-1263.

[30] RAPPAPORT, Theodore S., et al. *Wireless communications: principles and practice*. New Jersey: prentice hall PTR, 1996.

[31] LI, Xiang. Un modèle hybride statistique-déterministe du canal LMS en environnements complexes. 2010. PhD Thesis. Poitiers.

[32] JAYAKUMAR, Dontabhaktuni; PRISCILLA, Modi Grace; RANI, Madhavuni Sandhya. Implementation Performance of Mobile Wimax for Various Propagation Models. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 1.2: 239315.

[33] AYADI, Mohamed; TABBANE, Sami. Mécanismes de prédiction de la propagation à apprentissage. *Éditions universitaires européennes*, 2016.

- [34] SIZUN, Herve. Propagation des ondes radioélectriques des réseaux terrestres. Ed. Techniques Ingénieur, 2008.
- [35] SHAHAJAHAN, Mohammad. Analysis of propagation models for WiMAX at 3.5 GHz. 2009.
- [36] SHABBIR, Noman, et al. Comparison of radio propagation models for long term evolution (LTE) network. arXiv preprint arXiv:1110.1519, 2011.
- [37] ZAKARIA, Yahia; HOSEK, Jiri; MISUREC, Jiri. Path Loss Measurements for Wireless Communication in Urban and Rural Environments. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 2015, 8.1: 94.