

# Planification avec AToll

Dans cette session, nous avons sélectionné AToll, un logiciel de planification et d'optimisation spécifique à la technologie LTE. Notre étude se focalisera sur la planification et l'optimisation du réseau dans la zone géographique de Kairouan. En utilisant les divers modules d'AToll, nous définirons les paramètres géographiques et radio nécessaires au déploiement du réseau. Ensuite, nous procéderons à la modélisation du trafic qui sera gérée par ce réseau. Pour évaluer l'efficacité de notre processus, nous comparerons les calculs de perte de trajet effectués avec AToll aux résultats de notre planification.

### 3.5.1 Les ´etapes `a suivre

— Mise en place d'un projet LTE :

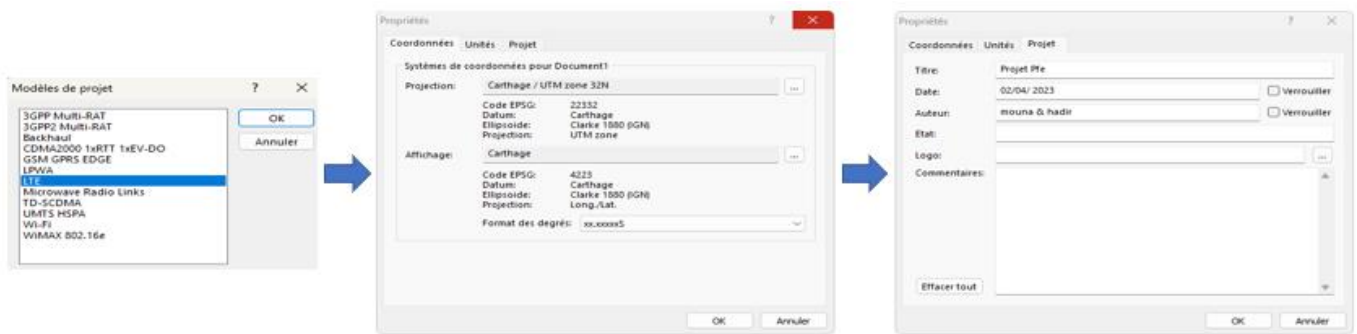


Figure 3.26 – Cr´eation d'un projet LTE

— Dans le but d'importer la carte de la Tunisie nous acc´edons a` la fonction de gestion de la carte ou a` la section sp´ecifiquement d'edi´ee a` l'importation de la carte g´eographique. Ensuite, nous choisissons l'option d'importation et recherchons le fichier de la carte de la Tunisie sur le syst`eme[8]. Une fois le fichier de la carte s´electionn´e, AToll proc`ede `a son importation et l'affiche a` l'ecran avec tous les d´etails g´eographiques qui le correspondent.

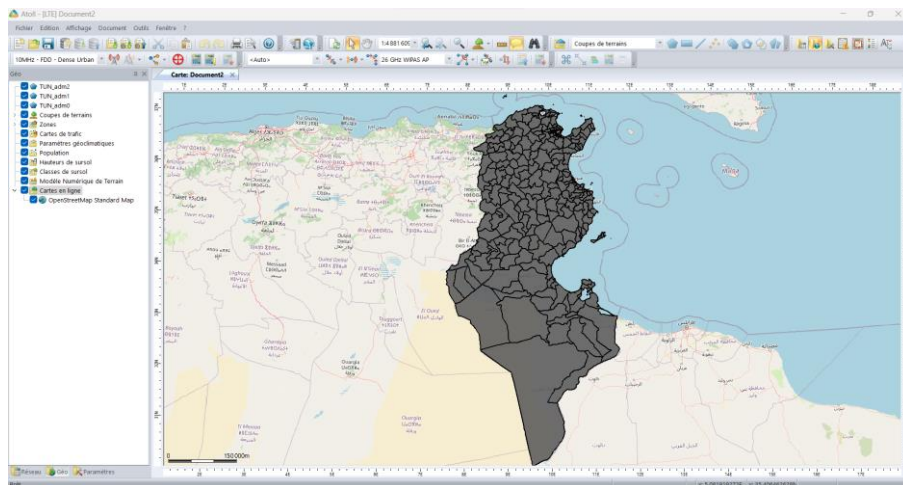


Figure 3.27 – Int´egration de la carte de la Tunisie

— Nous avons choisi la zone de Kairouan pour notre planification. La zone est d´elimit´ee sous la forme d'un rectangle.

\*La zone de calcul (repr´esent´ee en rouge) est utilis´ee par AToll pour prendre en compte les ´emetteurs actifs dans le calcul.

\*La zone de focalisation (repr´esent´ee en vert) est la zone pr´ecise `a planifier, ou` AToll g´en`ere ses rapports et statistiques.



## CHAPITRE 3. SIMULATION ET EVALUATION DU RESEAU 5G

Nom	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Commentaires	Hauteur du support (m)	Type de support	Débit max interface S1 (DL) (kbps)	Débit max interface S1 (UL) (kbps)
4G_BOUHAJLA_REP	10°3'8,82"E	35°24'1,91"N	[0]		50		950 000	950 000
4G_Chogafia	9°54'23,36"	35°51'51,34"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Chrichira	9°48'0,25"E	35°39'32,51"	[0]		50		950 000	950 000
4G_ECOLE_DE_POLICE	9°42'49,5"E	35°23'0,96"	[0]		50		950 000	950 000
4G_EL_ELAA	9°33'46,3"E	35°36'53,42"	[0]		50		950 000	950 000
4G_ELBATEN	10°0'4,97"E	35°42'41,15"	[0]		50		950 000	950 000
4G_HAFOUZII	9°40'32,59"	35°37'39,65"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Jhina	9°57'33,08"	35°18'29,16"	[0]		50		950 000	950 000
4G_MADANIA	9°28'26,18"	35°34'12,9"	[0]		50		950 000	950 000
4G_METBASTA	10°8'49,2"E	35°47'36,89"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Mnara	9°46'33,46"	35°14'7,26"	[0]		50		950 000	950 000
4G_MRAZIG	10°11'11,51"	35°42'59,54"	[0]		50		950 000	950 000
4G_OUED_GSAB_ZB	9°46'34,32"	36°2'0,6"N	[0]		50		950 000	950 000
4G_OULED_BELLIL	9°59'59,6"E	35°50'7,44"	[0]		50		950 000	950 000
4G_OULED_FARJALLAH	10°8'51,58"	35°12'12,2"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Ouled_Sidaoui	10°7'19,45"	35°22'9,23"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Rte_ElJem	10°11'36,31"	35°34'50,77"	[0]		50		950 000	950 000
4G_RTE_Weslatia_ZB	9°44'17,05"	35°49'7,79"	[0]		50		950 000	950 000
4G_S_A_BENSALEM	9°54'19,87"	35°35'0,06"	[0]		50		950 000	950 000
4G_SBIKHA_2	10°1'7,43"E	35°56'7,48"	[0]		50		950 000	950 000
4G_Sidi_Massoud	9°52'15,78"	35°57'47,66"	[0]		50		950 000	950 000
4G_SIDI_SAAD	9°45'34,02"	35°23'17,59"	[0]		50		950 000	950 000
4G_WLL_KLIAA_ZB	9°34'31,08"	35°54'51,55"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_AGHALBA	10°5'0,67"E	35°40'24,82"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_AIN_JLOULA	9°48'19,62"	35°47'55,1"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_CCL_KAIR	10°5'48,41"	35°39'57,67"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Cherarda	10°1'59,3"E	35°7'2,68"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Cite_Ennacer	10°5'23,57"	35°40'4,69"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Cite_Essiouri	10°6'37,08"	35°40'33,67"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_CITE_HEKMA	10°5'8,05"E	35°38'52,55"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Cite_Okba	10°4'41,81"	35°40'18,44"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_DAR_CORAN	10°6'1,66"E	35°40'52"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G_DAR_JAMIA	10°11'29,36"	36°1'52,46"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_EL_BOURJI	10°6'25,52"	35°39'37,84"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_EZZITOUNA	10°5'49,42"	35°59'57,88"	[0]		50		950 000	950 000

Figure 3.30 – Configuration des sites(1)

Nom	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Commentaires	Hauteur du support (m)	Type de support	Débit max interface S1 (DL) (kbps)	Débit max interface S1 (UL) (kbps)
B4G_Gamboura_ZB	9°33'11,88"	35°53'36,96"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_HAJEBLAYOUN	9°32'36,71"	35°23'47,4"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_jchbilila	10°5'36,42"	35°41'29,8"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_KABBARA_KRN	9°49'12,79"	35°11'12,01"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_KAIROUAN_VILLE	10°5'45,35"	35°40'22,98"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Kairouan_Zi	10°6'19,22"	35°42'0,11"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Mansoura	10°5'6,61"E	35°39'24,19"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_MARGELLIL	9°51'30,6"E	35°35'50,64"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Metbasta_Zi	10°8'41,64"	35°48'24,8"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_NASR_ALLAH	9°49'42,31"	35°21'8,5"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Raccada_Ii	10°4'0,8"E	35°36'27,65"	[0]		50		950 000	950 000
B4G_Sidi_Sahbi	10°4'54,12"	35°40'57"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G_ZAAFRANA	10°3'21,89"	35°31'54,73"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_Abida	10°0'48,96"	35°35'35,09"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_BHJ RTE_SFAX	10°2'33,32"	35°23'39,95"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_Bir_Ahmed	9°56'29,69"	35°22'14,59"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_BOUHAJLA	10°2'53,7"E	35°23'52,26"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_CCL_BATEN	10°2'38,87"	35°41'55,1"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_CHBIKA	9°55'32,34"	35°36'56,74"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_ELALAM	10°3'41,87"	35°54'23,18"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_ELKHADRA	9°57'2,09"E	35°29'1,43"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_Haffouz	9°40'40,58"	35°38'2,4"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_Kairouan	10°6'4,93"E	35°40'17,18"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_KHAZZAZIA	10°12'56,88"	35°37'43,93"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_KHIT_EL_OUED	9°37'55,31"	35°42'29,95"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_LAAOUAMRIA	9°58'45,19"	35°40'29,89"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_MZL_MHIRI	9°51'6,12"E	35°25'25"N	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_PK164	9°44'58,56"	35°32'0,17"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_Riadh_Sahnoun	10°5'25,73"	35°40'38,28"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_SAHBI_4	10°5'15"E	35°41'10,03"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_SBIKHA	10°1'24,6"E	35°55'49,8"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_SOTACIB_ROUISSAT	9°53'48,01"	35°46'35,87"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_VILLE_ARABE_KA	10°5'59,93"	35°40'35,65"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G_WESLATIA	9°35'30,88"	35°50'53,7"	[0]		50		950 000	950 000
B4G3G2G_Kabbara_2	9°47'22,24"	35°11'54,53"	[0]		50		950 000	950 000

Figure 3.31 – Configuration des sites(2)

- Une fois les sites ajoutés, l'ajout des secteurs correspondants doivent être configurés pour chaque station de base afin de caractériser la performance de chaque secteur, ce qui implique la définition des paramètres tels que l'emplacement, l'orientation de l'antenne, l'azimut...

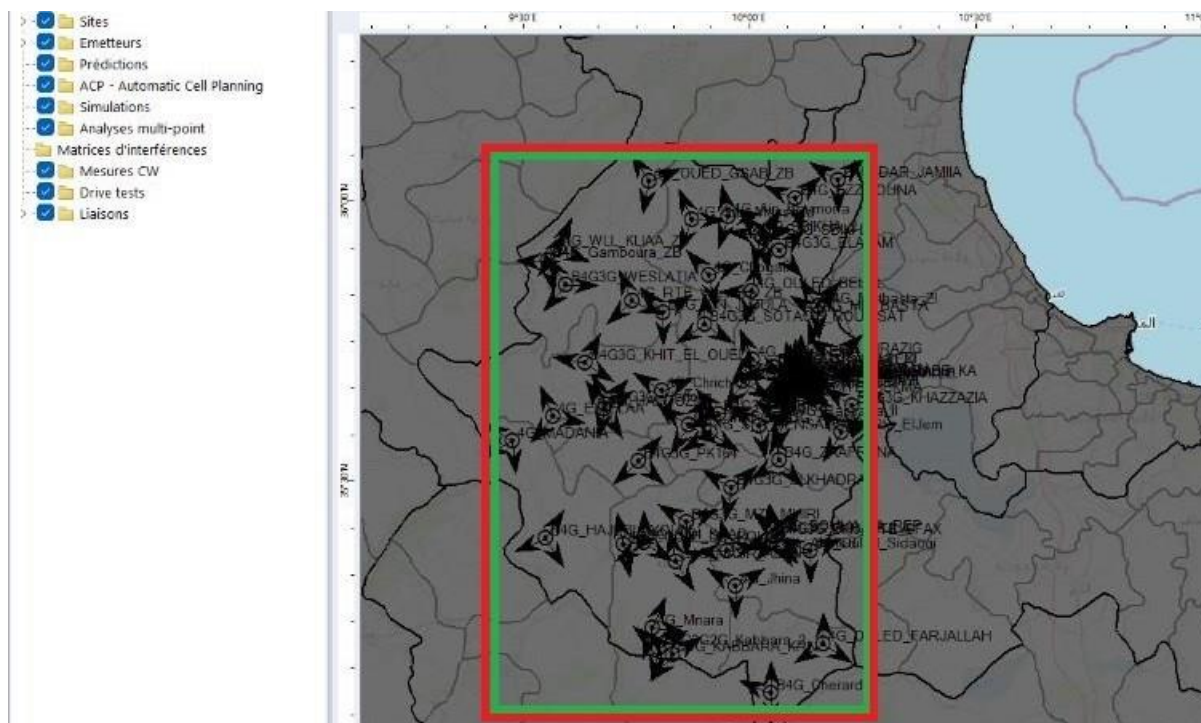


Figure 3.32 – Ajout des secteurs

Atoll nous fournit une représentation graphique d'étailée dans la figure ci-dessus, qui illustre de manière exhaustive la configuration de chaque site à travers un tableau informatif.

Site	Emetteur	Activé	Type d'émetteur	Antenne	DX (m)	DY (m)	Hauteur (m)	Azimut (°)
4G_Rte_ElJem	4G_Rte_ElJem_4	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	70
4G_Rte_ElJem	4G_Rte_ElJem_5	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	210
4G_Rte_ElJem	4G_Rte_ElJem_6	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	320
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_1	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	110
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_2	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	230
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_3	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	340
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_4	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	110
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_5	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	230
4G_RTE_Weslatia_ZB	4G_RTE_Weslatia_ZB_6	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	340
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_1	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	0
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_2	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	120
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_3	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	240
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_4	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	0
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_5	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	120
4G_S_A_BENSALEM	4G_S_A_BENSALEM_6	<input checked="" type="checkbox"/>	Intra-rése	65deg 18dBi 4Tilt 2100MHz	0	0	30	240

Figure 3.33 – Exemple de configuration des secteurs de quelque site

- Maintenant, Nous procédons à des tests de couverture en activant les sites nouvellement ajoutés comme illustré dans la figure ci-dessus.



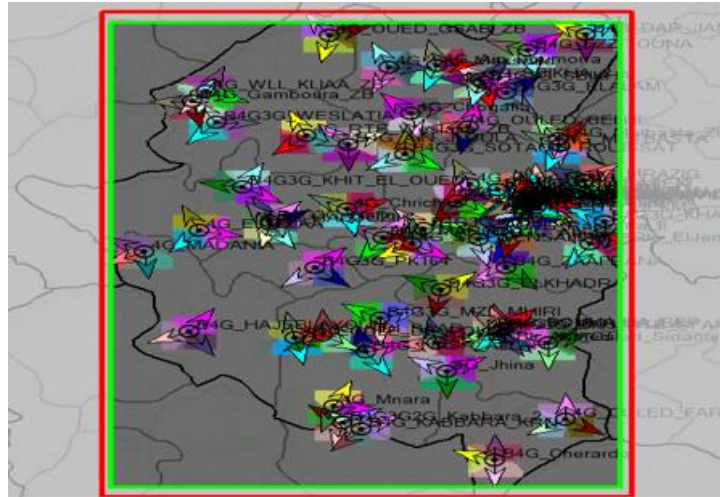


Figure 3.34 – Ajout des sites dans la zone de Kairouan

### 3.5.2 Choix de la bande de fréquence

Nous avons sélectionné la bande n28 (700 MHz) en tant que fréquence 5G conforme à la norme 5G NR. Cette bande fonctionne en mode duplex FDD, avec une plage de fréquences de liaison montante de 703 à 748 MHz et de liaison descendante de 758 à 803 MHz. Elle prend en charge différentes largeurs de bande de canal, allant de 5 à 20 MHz. En cas de chevauchement, elle peut partager le même numéro de bande avec la bande 4G LTE. Après avoir entré tous ces paramètres et défini la zone à couvrir, nous procéderons maintenant à la prédiction de couverture. Chaque prédiction sera réalisée individuellement pour évaluer la couverture.

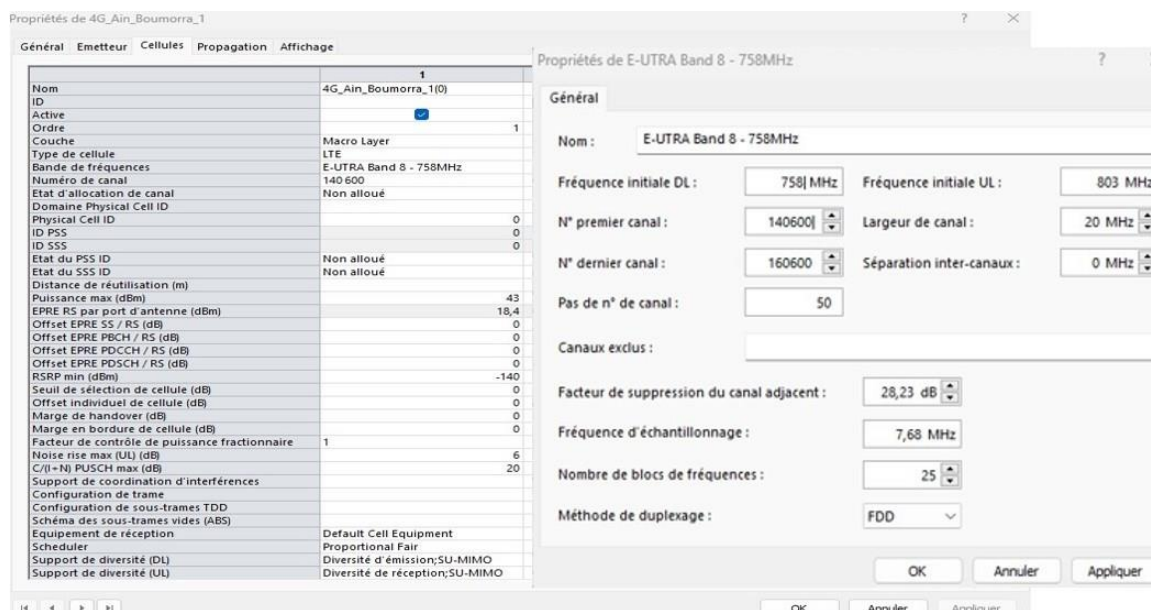


Figure 3.35 – Choix de la bande de fréquence utilisée

### 3.5.3 Prédiction de couverture

Cette phase de prédiction garantit le bon fonctionnement du réseau en évaluant sa couverture et sa qualité. En effet, L'outil Atoll est utilisé pour effectuer des prédictions et détecter les zones où le signal ou la qualité sont altérés. Ces prédictions servent à vérifier si le réseau répond aux exigences fonctionnelles après son déploiement.



Figure 3.36 – Différents types de prédictions

#### Prédiction de couverture par niveau de champ (DL)

ATOLL donne un affichage des propriétés de couverture pour faciliter la définition et la visualisation des niveaux de champ nécessaires pour une couverture optimale. En configurant les intervalles de valeurs et en ciblant un niveau de champ de -120 dBm, nous évaluons la qualité de la couverture dans différentes zones, avec un niveau de champ minimal de -70 dBm et un autre maximal de -130 dBm.

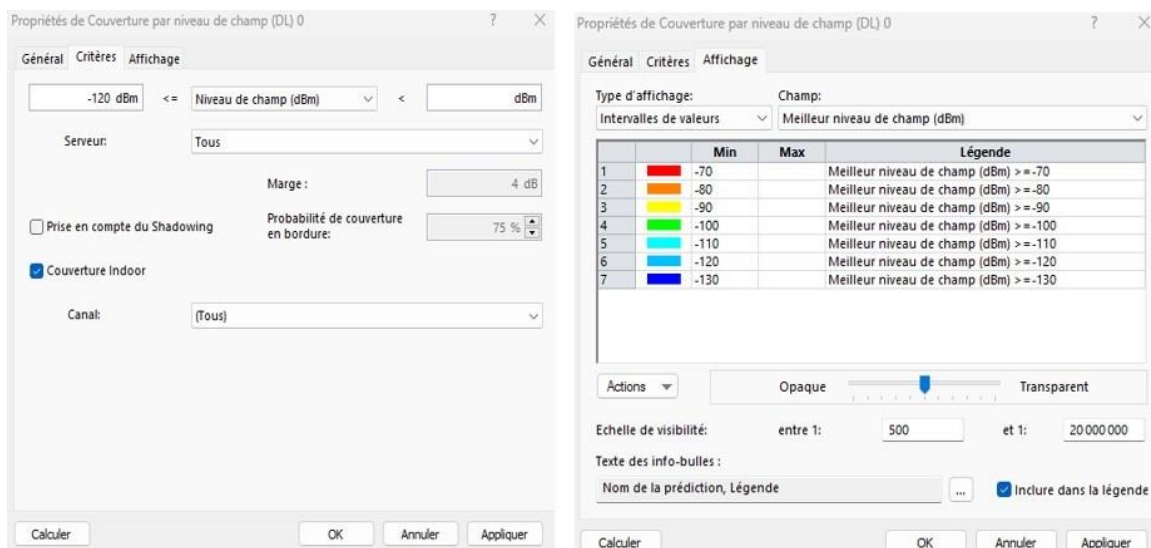


Figure 3.37 – Propriétés de couverture par niveau de champ (DL)

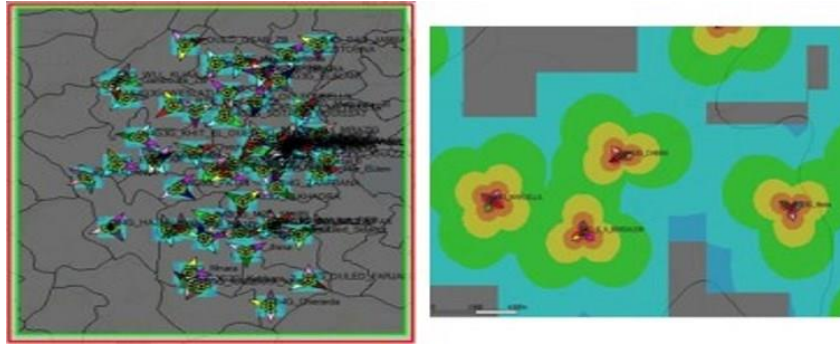


Figure 3.38 – Prédiction par niveau de champ (DL)

En observant la figure ci-dessus, nous constatons une mauvaise couverture de la zone, caractérisée par des dégradations de couleur. Chaque couleur représente un niveau de signal spécifique. La majeure partie de la zone est couverte par la couleur bleue, ce qui indique une valeur réduite de (-110 dBm). Les autres zones de la zone sont représentées par les couleurs rouge, orange, jaune et vert, ce qui indique de bonnes valeurs de (-70 à -100 dBm), conformément à la légende qui associe chaque couleur à sa propre valeur de niveau de champ.

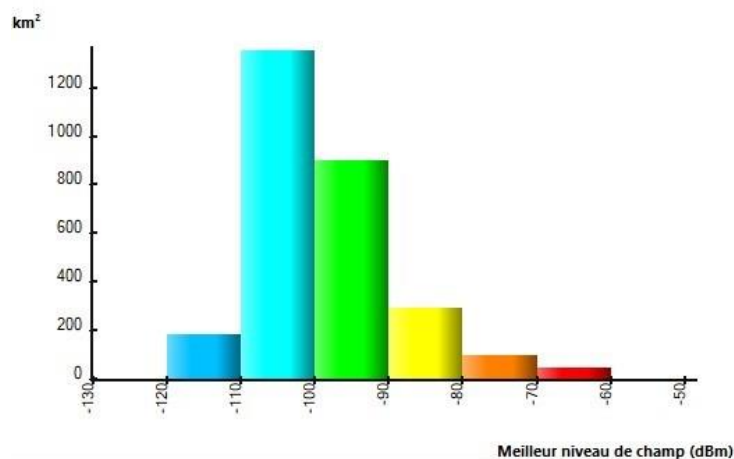


Figure 3.39 – Histogramme de couverture par niveau de champ(DL)

### 3.5.4 Prédiction de couverture par émetteur (DL)

Graâce à cette nouvelle prédiction, nous pouvons déterminer les limites des différentes cellules du réseau LTE, ce qui nous permet de préciser la zone de couverture du site sur lequel nous souhaitons appliquer le principe de l'optimisation. La figure suivante illustre la transmission de chaque site avec ses secteurs.



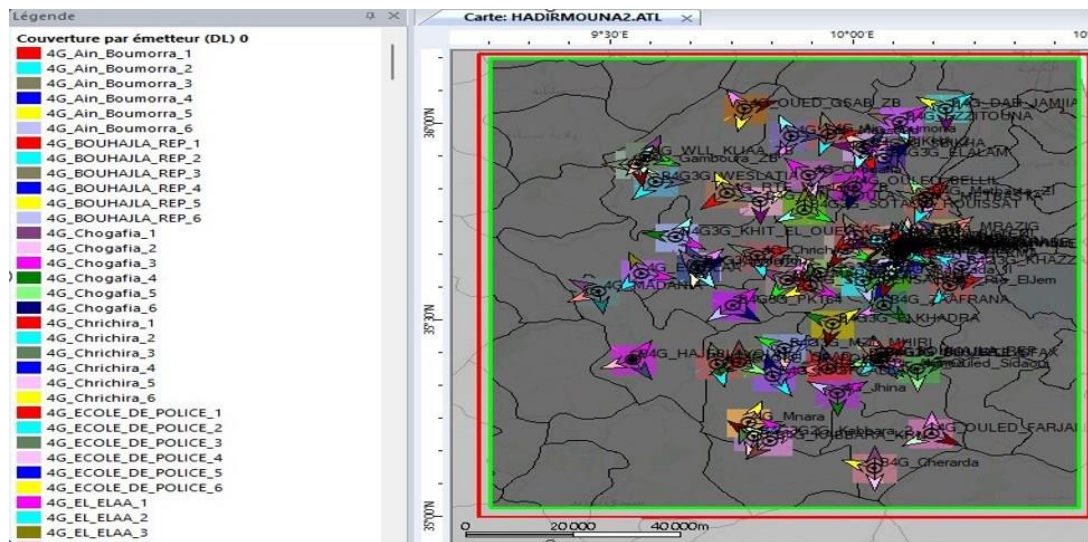


Figure 3.40 – Prédiction de couverture par émetteur

### 3.5.5 Prédiction de couverture par recouvrement (DL)

Ces images illustrées ci-dessus permettent de visualiser le nombre d'émetteurs qui recouvrent la même région, ainsi que les proportions relatives de chaque type de couverture.



Figure 3.41 – Prédiction de couverture par recouvrement

Notre histogramme de pourcentage de recouvrement de zone montre que la majorité de la surface (81%) est couverte par un seul émetteur, ce qui indique une bonne couverture du réseau. Les zones de transition avec deux ou trois émetteurs représentent respectivement 2%, 3% et 14% de la surface, correspondant aux zones où les cellules se chevauchent ou se rencontrent. Cela peut nécessiter une gestion plus précise des interférences pour assurer une qualité de signal optimale dans ces zones.

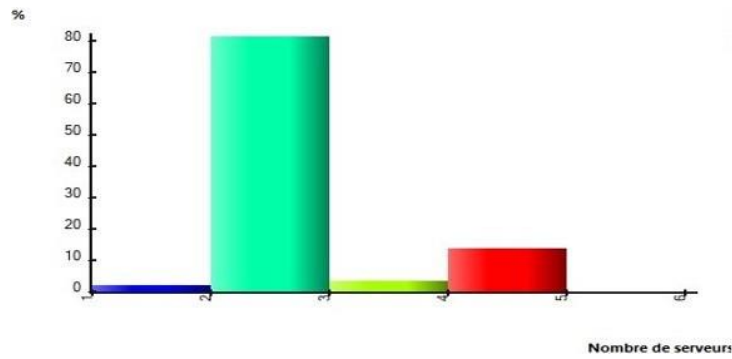


Figure 3.42 – Histogramme de la zone de recouvrement

### 3.5.6 Stratégie de déploiement 5G : Optimisation des sites existants et ajout sélectif pour une couverture efficace

La solution proposée pour le déploiement de la 5G dans le centre-ville de Kairouan consiste à sélectionner les sites existants en se basant sur les résultats de couverture de Google Maps, afin d'éviter les doublons et de couvrir les populations non desservies. Cette approche vise à réduire le nombre de sites tout en garantissant une couverture adéquate. Une re-simulation de la couverture est recommandée pour évaluer l'efficacité de cette solution. Pour améliorer la couverture dans la bande de fréquence de 3,5 GHz, l'ajout de sites stratégiques est préconisé pour compenser les zones à signal faible. Dans les zones où des sites existent déjà, une optimisation de leur configuration est envisagée. Ainsi, cette solution permet d'assurer une meilleure qualité de signal et une couverture étendue pour le réseau 5G.

### 3.5.7 Étapes clés de la stratégie de déploiement 5G

Fréquence utilisée dans le déploiement de la 5G

La bande de fréquence utilisée pour la 5G est connue sous le nom de TD 3500. Cette bande de fréquence fonctionne en mode TDD (duplexage par répartition dans le temps). Elle couvre une plage de fréquences allant de 3300 à 3800 MHz. Les NR-ARFCN (numéro de canal radio fréquence d'accès non indépendant) associés à cette bande sont de 620000 à 653333 pour une plage de fréquences de 3300 à 3800 MHz, avec une largeur de canal de 100 MHz. De plus, les canaux uplink/downlink sont répartis entre les fréquences de 620000 à 653333 et de 3300 à 3400 MHz. Cette configuration spécifique de la bande de fréquence permet de fournir des capacités de communication avancées et optimisées pour les services 5G.

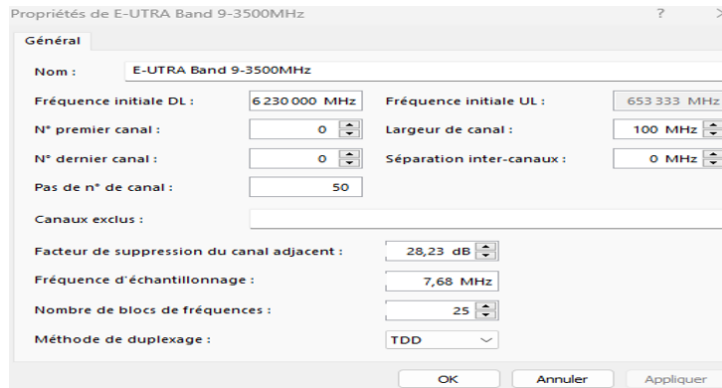


Figure 3.43 – Choix de la bande de fréquence

### Optimisation du centre-ville de Kairouan

La fréquence de 3,5 GHz présente des avantages significatifs par rapport à la bande de 700 MHz. Elle offre une couverture plus étendue et une meilleure pénétration des obstacles, permettant de desservir une même zone avec moins de sites. En outre, elle offre des performances supérieures en termes de débit et de capacité, optimisant ainsi l'utilisation des ressources du réseau. En exploitant cette fréquence plus élevée, nous pouvons optimiser la localisation et la configuration des sites existants pour assurer une meilleure couverture, sans nécessiter autant de nouveaux sites. Dans notre cas, nous avons réussi à réduire le nombre de sites de 15 à 8 tout en garantissant une couverture optimale du centre-ville de Kairouan. Cette approche permet d'assurer une couverture adéquate tout en maximisant l'efficacité globale du réseau.

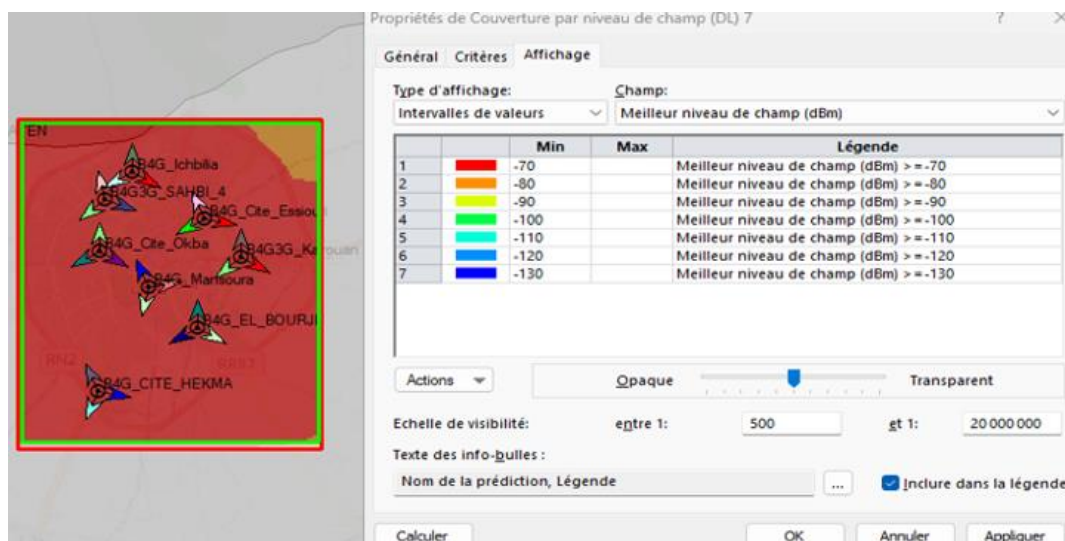


Figure 3.44 – Centre-ville de Kairouan Optimisée

Sites existant	site retenu/non retenu pour la 1 <sup>ere</sup> phase 5G
B4G-Sidi-Sahbi	non retenu non retenu retenu
B4G-KAIROUAN-ville	non retenu
B4G-Ichbilia	retenu
B4G-CCL-KAIR	retenu
B4G3G-SAHBI-4	retenu
B4G-Cite-Okba	non retenu
B4G-Mansoura	non retenu
B4G-Kairouan-ZL	retenu
B4G-citeEnnacer	retenu
B4G-CITE-HEKMA	retenu
B4G-EL-BOURJI	retenu
B4G3G-Kairouan B4G-	non retenu
CITE-Essiouri B4G-	non retenu
DAR-CORAN B4G-cite-	
OKBa	

Table 3.6 – Comparaison des sites avant et apr`es l’optimisation du centre de Kairouan

Notre histogramme de pourcentage de recouvrement de zone pour la fr´equence de 3,5 GHz pr´esente une distribution diff´erente de celle de la fr´equence de 700 MHz. La r´epartition des ´emetteurs est invers´ee, avec une majorit´e de la surface couverte par plusieurs ´emetteurs. Cela indique une am´elioration de la couverture du r´eseau dans les zones concern´ees. Les zones de transition, ou` les cellules se chevauchent ou se rencontrent, sont ´egalement pr´esentes mais dans des proportions diff´erentes. Cette r´epartition peut n´ecessiter une gestion plus pr´ecise des interf´erences pour assurer une qualit´e de signal optimale dans ces zones.

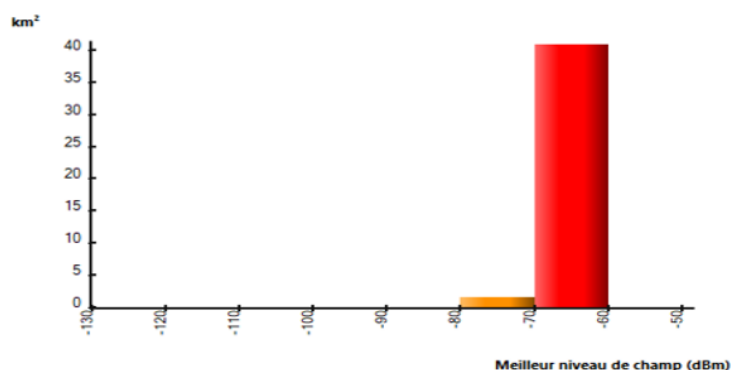


Figure 3.45 – Histogramme de pourcentage de recouvrement de zone pour la fr´equence de 3,5 GHz

Comme conclusion ,Pour une couverture radio am´elior´ee a` 3,5 GHz, ajouter des sites strat´egiques est essentiel. Cela comble les zones a` faible signal, ´etend la port´ee du r´eseau.

L'optimisation des sites existants assure une couverture optimale. L'ajout de sites cible les zones à signal faible, tandis que l'optimisation des sites existants garantit une couverture efficace. Cela améliore la qualité de signal et la couverture pour la 5G à 3,5 GHz.

### 3.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné toutes les étapes associées à la création de notre application "Wireless Communication Tools for 5G Networks". Nous avons illustré aussi ces étapes à l'aide de plusieurs captures d'écran montrant les différentes étapes du processus dont nous avons discuté la planification de la zone de Kairouan afin de pouvoir comparer les résultats obtenus.



## Conclusion et Perspectives

Notre projet de fin d'étude a été effectué lors d'un stage de trois mois chez Tunisie Telecom dont Nous avons été engagés au début de stage dans des recherches approfondies visant à analyser des technologies complexes et à proposer des solutions concrètes. Cette démarche nous a permis d'approfondir notre expertise dans les télécommunications, en particulier en ce qui concerne les technologies de réseau 5G TDD, les modèles de trafic et les méthodes de dimensionnement.

Nous avons mis en pratique notre savoir-faire en développant un outil de calcul du débit et de la liaison de données, ce qui témoigne de notre maîtrise des compétences techniques nécessaires pour mener à bien des projets complexes. En utilisant des méthodes analytiques, nous avons pu estimer le calcul de budget de liaison, sensibilité de réception et le débit, fournissant ainsi que d'autres informations précieuses pour les opérateurs de télécommunications.

Ce projet nous a également permis de développer des compétences pratiques en matière de planification et de simulation de réseaux, en utilisant des outils professionnels tels qu'AToll. Grâce à ces expériences, nous avons acquis une compréhension approfondie de l'architecture et de l'interface radio du réseau 5G TDD, en nous appuyant sur les connaissances disponibles sur l'architecture 4G. Ces compétences et connaissances nous seront précieuses dans notre future carrière, nous permettant d'apporter une valeur ajoutée significative dans le domaine des télécommunications.

En conclusion, notre projet de fin d'étude a représenté une étape déterminante dans notre développement professionnel. Il a témoigné de notre aptitude à mener des recherches approfondies, à analyser des technologies complexes et à formuler des solutions concrètes, tout en renforçant notre expertise spécialisée dans le domaine des réseaux 5G TDD. Nous sommes enthousiastes à l'idée de mettre en pratique ces compétences dans notre future carrière et de contribuer à l'avancement de la technologie des télécommunications.

## Bibliographies Et Webographies

[1] Digital Corner Wavestone. "La 5G : introduction et présentation générale des concepts techniques." Disponible sur : <https://www.digitalcorner-wavestone.com/2020/06/la-5g-introduction-et-presentation-generale-des-concepts-techniques/>

[2] Digital Corner Wavestone. "De la 2G à la 4G." Disponible sur : <https://www.digitalcorner-wavestone.com/2020/01/de-la-2g-a-la-4g/>

[3] Frandroid. "Réseau 5G : tout ce qui va changer, quels usages et pourquoi la technologie est importante." Disponible sur : <https://www.frandroid.com/telecom/488716/reseau-5g-tout-ce-qui-va-changer-quels-usages-et-pourquoi-la-technologie-est-importante>

[4] Shunlongwei. "What is 5G Network Architecture?" Disponible sur : <https://www.shunlongwei.com/es/what-is-5g-network-architecture/>

[5] 5G-Tools. "5G NR Link Budget Calculator." Disponible sur : <https://5g-tools.com/5g-nr-link-budget-calculator/>

[6] 5G-Networks. "5G Capacity and Throughput Calculation." Disponible sur : <https://www.5g-networks.net/5g-technology/5g-capacity-throughput-calculation/>

[7] Everything RF. "Link Budget Calculator." Disponible sur : <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/link-budget-calculator>

[8] DIVA-GIS. Disponible sur : <https://www.diva-gis.org/gdata>