



MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'HABITAT
DIRECTION GÉNÉRALE DES PONTS ET CHAUSSÉES
UNITÉ DE SUIVI DE LA RÉALISATION DES PROJETS DES AUTOROUTES ET DE
LA LIBÉRATION D'EMPRISE DES VOIRIES STRUCTURANTES DES VILLES

LIAISON AUTOROUTIÈRE DE LA VILLE DU KEF AU RÉSEAU AUTOROUTIER



PHASE 2 : ETUDES D'AVANT PROJET SOMMAIRE

RAPPORT DE SYNTHÈSE

REVISION B – SEPTEMBRE 2022

FINANCEMENT: FONDS ARABE DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET SOCIAL (FADES)

REPUBLIQUE TUNISIENNE



Ministère de l'Équipement et de l'Habitat



Direction Générale des Ponts et Chaussées

Unité de Suivi de la Réalisation des Projets des Autoroutes Et de la Libération d'Emprise des Voiries Structurantes des Villes

Liaison autoroutière de la ville du Kef au réseau autoroutier

ETUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE

RAPPORT DE SYNTHÈSE

B	09/2022	ITAC	AMY		ABH		MMB		Deuxième Diffusion	
A	07/2022	ITAC	AMY		ABH		MMB		Première Diffusion	
Rev.	Date	Dir. Pilote	Préparé par	Visa	Vérfié par	Visa	Approuvé par	Visa	Nature de la modification	
 		Liaison autoroutière de la ville du Kef au réseau autoroutier Etudes d'Avant-Projet Sommaire Rapport de synthèse						Doc N°	A18598TN-201-ITAC-RS-RAP-000-006	
								Affaire N°	A 1 8 5 9 8 T N	
								Ref.	01/2018 URPA du 06/06/2018	

Nota : Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée »

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1-1
2. PRESENTATION DU PROJET	2-1
3. RAPPEL DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE PRELIMINAIRE.....	3-1
3.1 CONSULTATION PUBLIQUE.....	3-1
3.2 VARIANTES DE COULOIRS RETENUES	3-1
4. SYNTHESE DE L'ETUDE GEOMETRIQUE	4-1
4.1 TRACES	4-1
4.2 PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	4-3
4.3 NŒUDS / DIFFUSEURS	4-4
4.4 RETABLISSEMENTS DE COMMUNICATIONS	4-4
4.5 BRETELLE DE SILIANA.....	4-9
5. SYNTHESE DE L'ETUDE HYDRAULIQUE	5-1
6. SYNTHESE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE	6-1
6.1 STRUCTURES DE CHAUSSEE PROPOSEES	6-1
6.2 ANALYSE MULTICRITERE DES STRUCTURES DE CHAUSSEES PROPOSEES	6-3
6.3 CONCLUSION	6-4
7. RESULTATS DE L'ETUDE DE TRAFIC.....	7-5
7.1 DELIMITATION DE LA ZONE D'INFLUENCE DU PROJET	7-5
7.2 FLUX DE TRAFIC ANTERIEURS A 2020	7-6
7.3 CONSISTANCE DE LA CAMPAGNE DE COMPTAGE ET ENQUETE OD (2020)	7-6
7.4 RESULTATS DES COMPTAGES DE TRAFIC.....	7-7
7.5 RESULTATS DE L'ENQUETE OD	7-8
7.6 CALAGE DU MODELE DE TRAFIC	7-10
7.7 PREVISION DU TRAFIC.....	7-10
7.8 RESULTATS DE L'AFFECTATION DE LA DEMANDE DU TRAFIC SUR LE RESEAU.....	7-10
8. RESULTATS DE L'ANALYSE ECONOMIQUE	8-1
8.1 METHODOLOGIE	8-1
8.2 CALCUL ECONOMIQUE	8-1
9. SYNTHESE DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE	9-1
9.1 LES VARIANTES RETENUES POUR L'ETUDE D'APS	9-1
9.2 LES CONTRAINTES SOCIO-ENVIRONNEMENTALES POUR LES VARIANTES	9-2
9.3 ANALYSE MULTICRITERE	9-3
10. RESULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITERES.....	10-1
10.1 DEFINITION DES VARIANTES.....	10-1
10.2 METHODE DE COMPARAISON MULTICRITERES	10-1
10.3 ANALYSE ET NOTATION DES VARIANTES.....	10-7
11. CONCLUSION	11-1
11.1 EFFICACITE ATTENDUE DU PROJET.....	11-1
11.2 VARIANTES DE TRACES RECOMMANDEES POUR LA SUITE DES ETUDES	11-1

Liste des tableaux

Tableau 4-1. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 1	4-4
Tableau 4-2. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 2	4-4
Tableau 4-3. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 3	4-4
Tableau 4-4. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 1	4-4
Tableau 4-5. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 2	4-5
Tableau 4-6. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 3	4-5
Tableau 4-7. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 1	4-5
Tableau 4-8. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 2	4-6
Tableau 4-9. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 3	4-7
Tableau 6-1: Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T2	6-1
Tableau 6-2 : Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T3	6-1
Tableau 6-3 : Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T5	6-1
Tableau 6-4: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T2	6-2
Tableau 6-5: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T3	6-2
Tableau 6-6: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic 5	6-2
Tableau 6-7: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T2	6-2
Tableau 6-8: Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T2	6-3
Tableau 6-9: Coût de chaque variante de structure de chaussée.....	6-3
Tableau 6-10: Notation et classification des variantes de structure de chaussée.....	6-4
Tableau 7-1: Evolution du TJMA sur quelques axes routiers nationaux et régionaux dans la zone d'influence du projet (2002 – 2017)	7-6
Tableau 7-2 : TJMA par poste par catégorie de véhicule	7-7
Tableau 7-3 : Scénarios de croissance du PIB Tunisien à l'horizon 2055.....	7-10
Tableau 7-4 : Volume du trafic - Variante V1 sans péage à l'horizon 2030	7-11
Tableau 7-5 : Volume du trafic - Variante V1 avec péage en 2030, 2040, 2050.....	7-11
Tableau 7-6 : Volume du trafic - Variante V2 sans péage à l'horizon 2030	7-11
Tableau 7-7 : Volume du trafic - Variante V2 avec péage en 2030, 2040, 2050.....	7-11
Tableau 7-8 : Volume du trafic - Variante V3 sans péage à l'horizon 2030	7-11
Tableau 7-9 : Volume du trafic - Variante V3 avec péage en 2030, 2040, 2050.....	7-11
Tableau 7-10 : Volume du trafic - Bretonne de Siliana V1 (2030, 2040, 2050).....	7-12
Tableau 7-11 : Volume du trafic - Bretonne de Siliana V2 (2030, 2040, 2050).....	7-12
Tableau 7-12 : Volume du trafic - Bretonne de Siliana V3 (2030, 2040, 2050).....	7-12
Tableau 8-1 : TRI et VAN (12 %, MDT) de l'aménagement autoroutier + bretelle Siliana	8-1
Tableau 8-2 : TRI et VAN (12 %, MDT) section autoroutière Medjez El Bab – Kef.....	8-1
Tableau 8-3 : TRI et VAN (12 %, MDT) - Bretonne de Siliana	8-1
Tableau 10-1. Echelle de notation des variantes	10-3
Tableau 10-2. Poids des critères et des sous-critères.....	10-5
Tableau 10-3: Comparaison multicritère des variantes - Scénario de base et tests de sensibilité.....	10-6
Tableau 10-4 : Notation des variantes-section A-B.....	10-7
Tableau 10-5 : Comparaison des variantes-scénario de base-section A-B	10-8
Tableau 10-6: Comparaison des variantes - tests de sensibilité-section A-B	10-8
Tableau 10-7 : Notation des variantes-section B-C.....	10-9
Tableau 10-8 : Comparaison des variantes-scénario de base-section BC	10-10
Tableau 10-9: Comparaison des variantes - tests de sensibilité - section B-C	10-11

Liste des figures

Figure 2-1: Plan de situation	2-1
Figure 3-1 : Variantes de couloirs retenues lors des études préliminaires.....	3-2
Figure 4-1: Variante 1	4-1
Figure 4-2: Variante 2	4-2
Figure 4-3: Variante 3	4-3
Figure 4-4: Profil en Travers Type – Section Courante	4-3
Figure 4-5: Nœud autoroutier / Autoroute A3- Autoroute du Kef	4-4
Figure 4-6: Rétablissement de communication : Profil en Travers Type 1	4-7
Figure 4-7: Rétablissement de communication : Profil en Travers Type 2	4-8
Figure 4-8: Profil en travers type hors traversée urbaine.....	4-9
Figure 4-9: Profil en travers type des traversées urbaines sans aire de stationnement	4-10
Figure 4-10: Profil en travers type des traversées urbaines avec aire de stationnement.....	4-10
Figure 7-1 : Carte de délimitation de la zone d'influence directe du projet	7-5

Figure 7-2 : Localisation des postes de comptage et enquêtes OD	7-7
Figure 7-3 Trafic total des véhicules observé et reconstitué	7-10
Figure 8-1 Organisation de la méthode coût-avantage	8-1
Figure 10-1 : Sectionnement de l'autoroute du Kef.....	10-1

Liste des Graphes

Graphe 10-1. Tests de sensibilité	10-6
Graphe 10-2. Diagramme synthétique des différents tests de sensibilité – Section: A-B.....	10-9
Graphe 10-3. Diagramme synthétique des différents tests de sensibilité – Section 2 : B-C.....	10-11

1. INTRODUCTION

Le Ministère de l'Équipement et de l'Habitat a bénéficié d'un don du Fonds Arabe pour le Développement Economique et Social (FADES) pour la réalisation de l'étude de la liaison autoroutière de la ville du Kef au réseau autoroutier.

La Direction Générale des Ponts et Chaussées a confié cette mission au groupement STUDI International / EGIS International après consultation restreinte suite à la soumission d'un dossier de manifestation d'intérêt.

Conformément aux termes de référence, l'étude devra être menée en quatre (04) phases d'une durée de 20 mois hors délais administratifs :

- **1^{ère} Phase** Etudes préliminaires : 04 mois ;
- **2^{ème} Phase** Etudes d'Avant-Projet Sommaire : 08 mois ;
- **3^{ème} Phase** Etudes d'Avant-Projet Détaillé : 05 mois ;
- **4^{ème} Phase** L'Etablissement des Dossiers d'Appel d'Offres : 03 mois.

La présente étude rentre dans le cadre de la deuxième phase et qui a pour objectifs majeurs :

- Une étude économique et de trafic ;
- Une étude d'évaluation environnementale et sociale ;
- Une étude technique d'Avant-Projet Sommaire qui a pour principaux objectifs :
 - La collecte et l'analyse des données ;
 - Les investigations sommaires du terrain ;
 - La reconnaissance du site ;
 - La définition des normes techniques d'aménagement utilisées ;
 - L'étude géométrique des variantes retenues à l'issue des études préliminaires ;
 - Les études hydrologiques et hydrauliques ;
 - Les études géologique et géotechniques ;
 - Les études des ouvrages d'art ;
 - L'analyse multicritère et choix de la variante optimale ;
 - L'évaluation Sommaire des travaux.

Le présent rapport constitue la synthèse des études de cette phase d'avant-projet sommaire et qui comprend principalement les parties suivantes :

- Une présentation du projet ;
- Un rappel des principales conclusions de l'étude préliminaire ;
- Une synthèse de l'étude géométrique ;
- Une synthèse de l'étude hydraulique ;
- Une synthèse de l'étude géotechnique ;
- Les résultats de l'étude de trafic ;
- Les résultats de l'analyse économique
- Une synthèse de l'évaluation environnementale et sociale ;
- Résultats de l'analyse multicritères ;
- Une conclusion.

2. PRESENTATION DU PROJET

Le projet de la liaison autoroutière de la ville du Kef s'inscrit dans le cadre de la poursuite des efforts déjà entrepris pour l'extension du réseau autoroutier et la desserte des régions de l'intérieur et leur inclusion dans l'économie nationale.

Il vise à répondre aux principaux objectifs suivants :

- ❑ Réduire l'enclavement et accroître la desserte de la région ;
- ❑ Améliorer l'attractivité de la région (Béjà, Siliana et Le Kef) en y créant les conditions favorables permettant d'attirer les investisseurs ;
- ❑ Renforcer l'inclusion de la région dans l'économie nationale ;
- ❑ Diminuer le temps de parcours et améliorer la qualité de service du trajet ;
- ❑ Garantir une meilleure sécurité routière ;
- ❑ Dynamiser les échanges commerciaux, culturels et touristiques avec l'Algérie et plus généralement entre les pays de l'Union du Maghreb Arabe
- ❑ Améliorer l'accessibilité de l'ensemble des villes de la région comme Testour, Teboursouk, Goubellat, Siliana, ... en relation avec le projet autoroutier

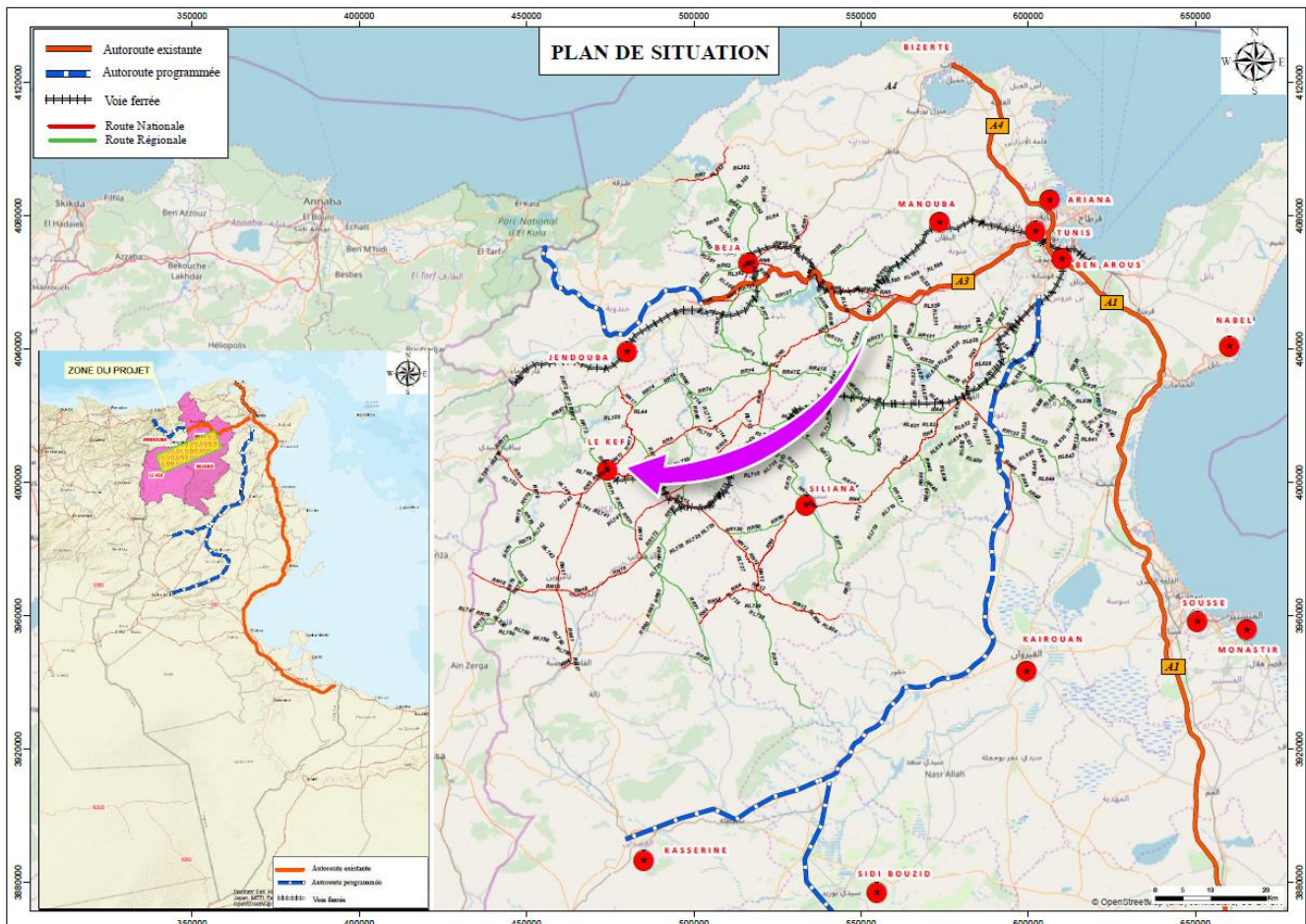


Figure 2-1: Plan de situation

3. RAPPEL DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE PRELIMINAIRE

3.1 Consultation publique

La consultation publique en phase de l'étude préliminaire a permis de recevoir un grand nombre d'observations montrant de façon majoritaire que la liaison autoroutière envisagée recueille un avis favorable de la part de la majorité de la population et des acteurs régionaux et que de ce fait elle correspond à une attente forte de la population.

Les propos recueillis ont permis également de faire ressortir des préoccupations et des suggestions de la population à l'égard de l'impact de l'autoroute sur les ressources naturelles et les terres agricoles de la région. Ces aspects ont été pris en compte par le Consultant en proposant des mesures appropriées d'atténuation de leur impact.

L'étude préliminaire a porté sur plusieurs variantes de couloirs pour cette liaison autoroutière en adoptant une liaison directe Tunis – Le Kef à travers Medjez El Bebb (autoroute A3). Et ce conformément à la demande des populations et des parties prenantes lors de la séance de consultation collective initiale sur le projet, tenue le 19 Juillet 2018 au siège du gouvernorat du Kef.

Les variantes de couloirs 2 et 3 envisagées par le Consultant ont fait l'objet d'une acceptation par la majorité de la population et des parties prenantes.

Contrairement à la variante 1, où une grande partie des participants s'opposaient à sa réalisation en raison du passage de l'autoroute par terres de potentialité agricole élevée notamment les périmètres publics irrigués.

3.2 Variantes de couloirs retenues

A l'issue des études préliminaires, trois (03) variantes principales de couloirs sont retenues dans la zone d'étude :

- **Variante 1 « Nord »** : Elle commence à partir de l'autoroute A3 (aux alentours du PK60), à environ 4km à l'aval de l'échangeur Majaz el Bab sur la RN5, puis bifurque au Nord pour passer dans la vallée de l'oued Medjerda entre le barrage Sidi Salem et la RN5. Elle descend ensuite en traversant une fois la RN5 pour passer au piémont Nord de Djebel Echehid, remonte et passe à la périphérie Nord d'El Krib en croisant deux fois la RN5, continue en longeant la RN5 par le Sud puis redescend vers la plaine de Zaâfrane en croisant successivement la RR78 et la RN12 où elle prend sa fin.
- **Variante 2 « Médiane »** : Elle prend origine à partir de l'autoroute A3 (aux alentours du PK50), à environ 5km à l'amont de l'échangeur Majaz el Bab sur la RN5, puis continue dans la partie dorsale de la zone d'étude en croisant la RR131 et arrive au piémont de Djebel Echehid. Elle bifurque ensuite pour passer à la périphérie Sud d'El Krib, repasse en position dorsale entre la RN5 et la RN18 en croisant dans son chemin la RN12 où elle prend sa fin.
- **Variante 3 « Sud »** : Elle débute à la même origine que la variante 2, puis bifurque au Sud pour longer la RR49 et la RR47 à la périphérie de Laâroussa et de Gââfour et au piémont Sud de Djebel Echehid. Elle continue à la périphérie d'El Akhwat en croisant la RR73, à la périphérie de Sidi Bou rouis puis remonte et se termine sur la RN12.

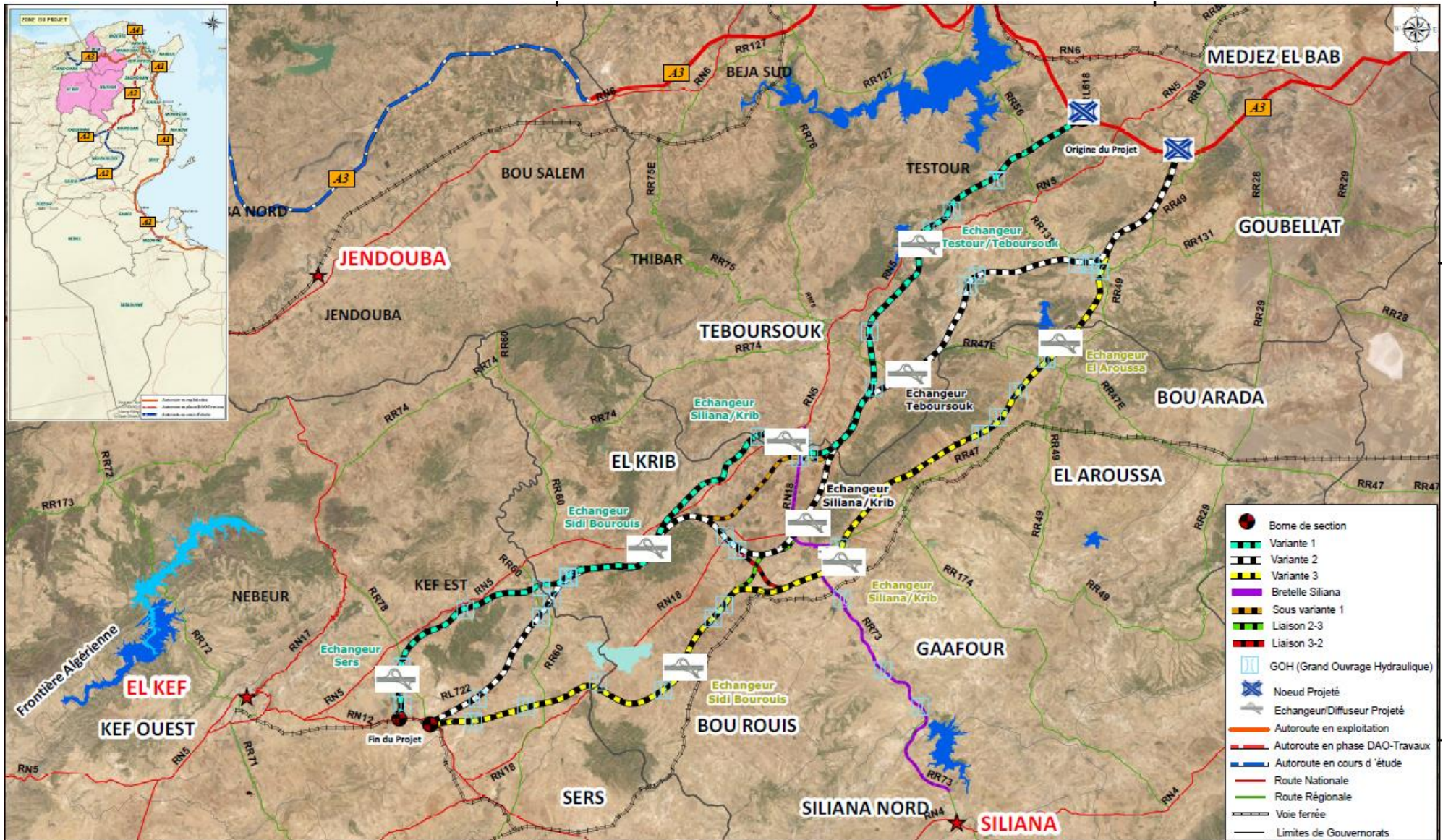


Figure 3-1 : Variantes de couloirs retenues lors des études préliminaires

4. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE GEOMETRIQUE

4.1 Tracés

A l'issue des couloirs retenus lors de l'étude préliminaire, le Consultant a procédé à étudier les trois variantes suivantes :

4.1.1 Variante 1

Cette variante présente une longueur d'environ 90 Km. Elle prend naissance au niveau de l'autoroute A3 (aux alentours du PK60), à environ 4km à l'aval de l'échangeur Majaz el Bab sur la RN5 moyennant un nœud liant les deux autoroutes, puis bifurque au Nord pour passer dans la vallée de l'oued Medjerda entre le barrage Sidi Salem et la RN5. Elle descend ensuite en traversant une fois la RN5 pour passer au piémont Nord de Djebel Echehid, remonte et passe à la périphérie Nord d'El Krib en croisant deux fois la RN5, continue en longeant la RN5 par le Sud puis redescend vers la plaine de Zaâfrane en croisant successivement la RR78 et la RN12 où elle prend sa fin.

Quatre échangeurs sont proposés pour cette variante. Il s'agit notamment de :

- | | | | |
|----|---|---|--------------|
| 1. |  | Echangeur Teboursouk / Testour | au PK 17+324 |
| 2. |  | Echangeur Siliana / Al Karib | au PK 41+510 |
| 3. |  | Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah | au PK 57+938 |
| 4. |  | Echangeur Sers / Nebeur | au PK 84+137 |

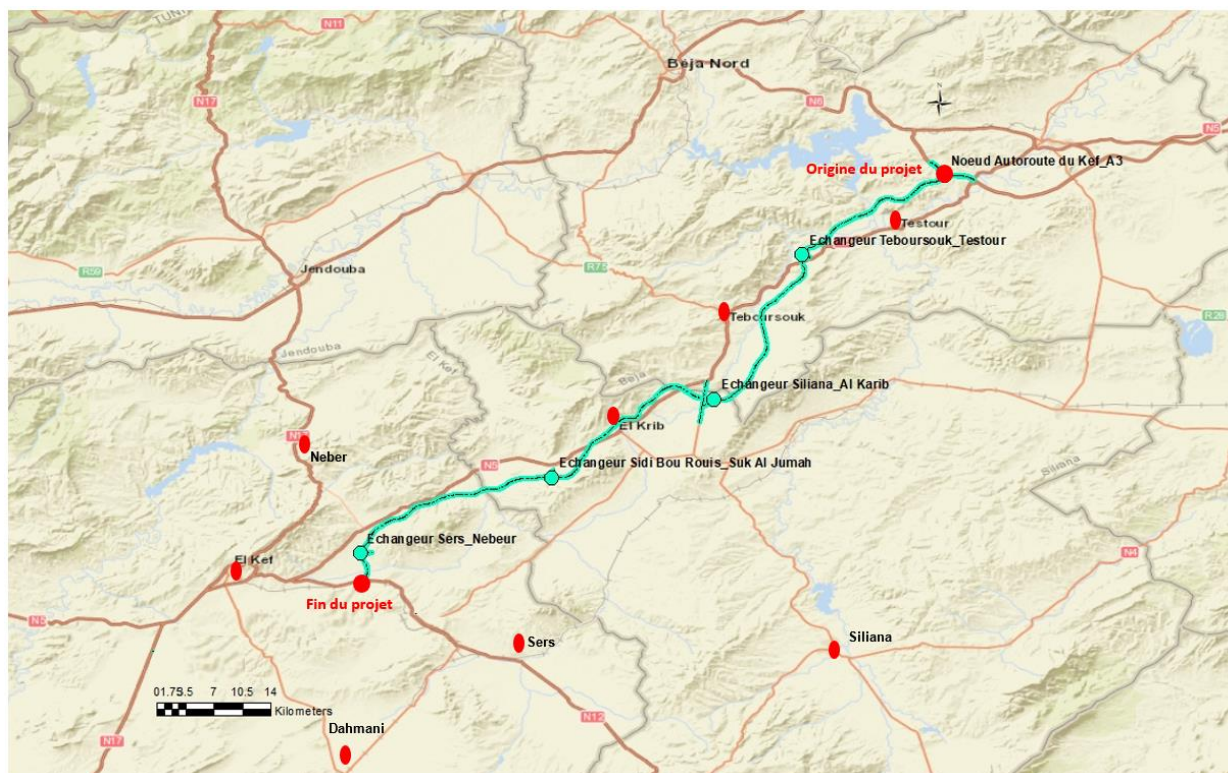


Figure 4-1: Variante 1

43 rétablissements sont proposés afin de rétablir les voies de communications impactées par l'aménagement de l'autoroute projetée. Ces rétablissements sont assurés par 13 passages supérieurs et 30 passages inférieurs.

4.1.2 Variante 2

Cette variante présente une longueur d'environ 94 Km. Elle prend origine à partir de l'autoroute A3 (aux alentours du PK50), à environ 5km à l'amont de l'échangeur Majaz el Bab sur la RN5, moyennant un nœud liant les deux autoroutes, puis continue dans la partie dorsale de la zone d'étude en croisant la RR131 et arrive au piémont de Djebel Echehid. Elle bifurque ensuite pour passer à la

périphérie Sud d'El Krib, repasse en position dorsale entre la RN5 et la RN18 en croisant dans son chemin la RN12 où elle prend sa fin.

Trois échangeurs sont proposés pour cette variante. Il s'agit notamment de :

1.  Echangeur Teboursouk / El Aroussa au PK 32+060
2.  Echangeur Siliana / Al Karib au PK 47+238
3.  Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah au PK 63+644

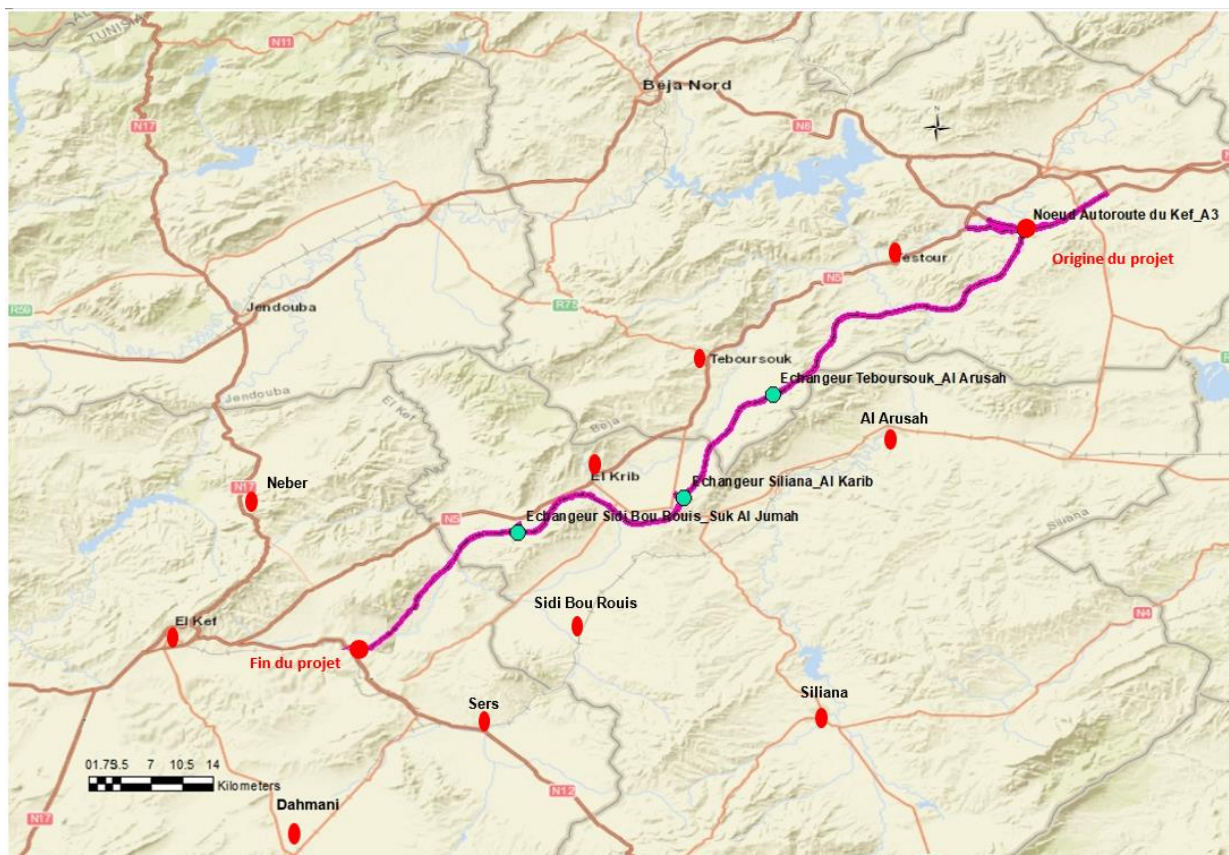





Figure 4-2: Variante 2

43 rétablissements sont proposés afin de rétablir les voies de communications impactées par l'aménagement de l'autoroute projetée. Ces rétablissements sont assurés par 8 passages supérieurs et 35 passages inférieurs.

4.1.3 Variante 3

Cette variante présente une longueur de 90 Km. Elle débute à la même origine que la variante 2 moyennant un nœud liant les deux autoroutes, puis bifurque au Sud pour longer la RR49 et la RR47 à la périphérie de Laâroussa et de Gââfour et au piémont Sud de Djebel Echehid. Elle continue à la périphérie d'El Akhwat en croisant la RR73, à la périphérie de Sidi Bou rouis puis remonte et se termine sur la RN12.

Trois échangeurs sont proposés pour cette variante. Il s'agit notamment de :

1.  Echangeur El Aroussa / Gaafour au PK 19+215
2.  Echangeur Siliana / Al Karib au PK 45+211
3.  Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah au PK 63+102

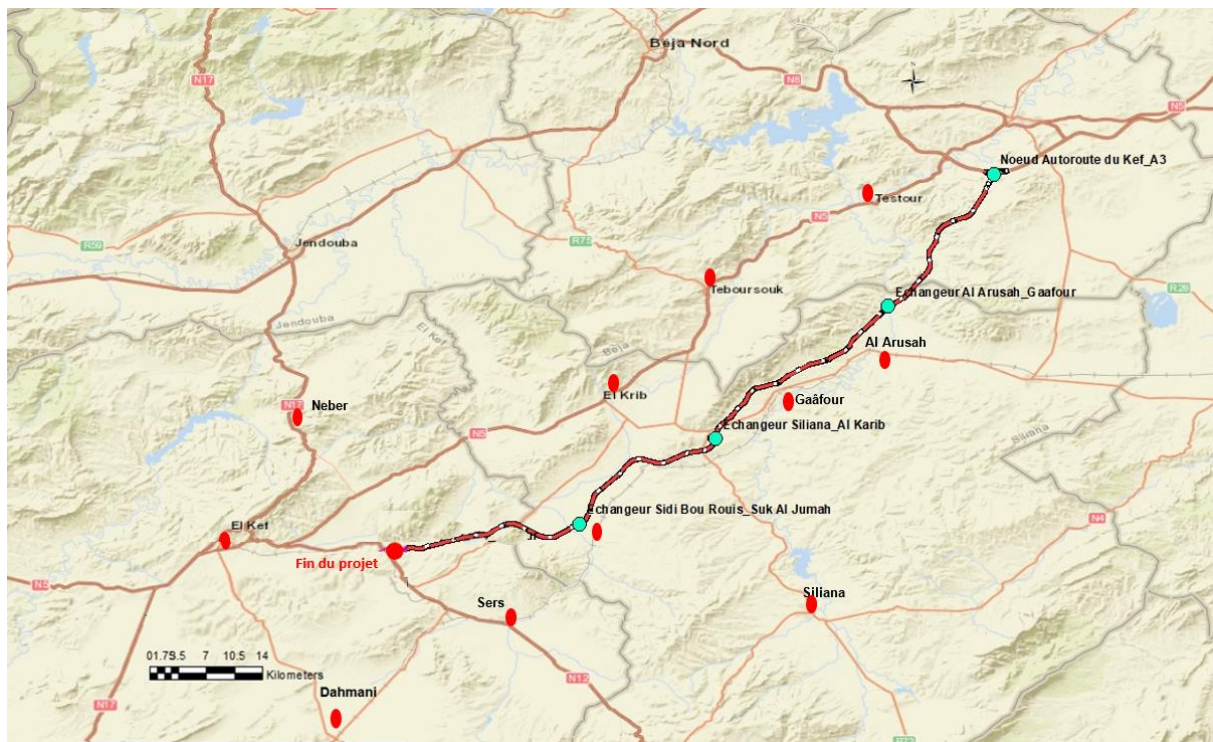


Figure 4-3: Variante 3

35 rétablissements sont proposés afin de rétablir les voies de communications impactées par l'aménagement de l'autoroute projetée. Ces rétablissements sont assurés par 13 passages supérieurs et 22 passages inférieurs.

4.1.4 Sous-variante (SV1)

Au niveau de la ville d'El Karib, une sous-variante est proposée pour la variante1 (SV1). Cette alternative contourne la ville par le sud et permet ainsi d'éviter la traversée du relief montagneux au Nord de la ville.

4.1.5 Liaison 1 (2) -3

La liaison 1(2) -3 permet de basculer le tracé autoroutier, aux alentours de l'échangeur de Siliana / El Karib, de la variante 2 ou de la variante 1 à la variante 3 pour la suite du tracé.

4.1.6 Liaison 3-2 (1)

La liaison 3-2 (1) permet de basculer le tracé autoroutier, aux alentours de l'échangeur de Siliana / El Karib, de la variante 3 à la variante 2 ou la variante 1 pour la suite du tracé.

4.2 Profil en travers type

Le profil en travers type proposé par le Consultant en section courante est comme suit :

- ❑ Deux chaussées de largeur 7,00 m chacune ;
- ❑ Un TPC de largeur 12,00 m y compris les bandes dérasées de gauche de largeur 1,00 m chacune ;
- ❑ Deux bandes d'arrêt d'urgence de largeur 3,00 m ;
- ❑ Une berme de largeur 1,50 m (y compris l'arrondi de talus de 0,50 m) côté remblai et 1,00 m côté déblai.

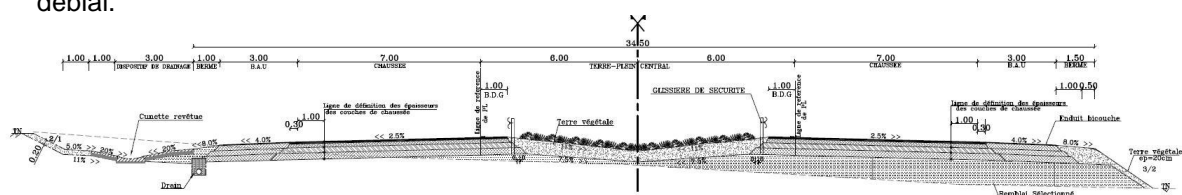


Figure 4-4: Profil en Travers Type – Section Courante

4.3 Nœuds / Diffuseurs

Pour assurer la fluidité des échanges entre le tronçon autoroutier et le réseau routier structurant, le Consultant propose l'aménagement d'un nœud permettant la connexion de l'autoroute projetée à l'autoroute A3. Il sera de type T : Echangeur Boutonnière où tous les sens sont assurés. Le mouvement Kef – Béja est assuré moyennant une branche à une voie en boucle.³



Figure 4-5: Nœud autoroutier / Autoroute A3- Autoroute du Kef

Chaque variante de tracé sera aménagée avec des diffuseurs de type trompète, répondant aux normes de l'ICTAAL 2015. Ces diffuseurs seront reliés à la route existante par une bretelle de liaison équipée d'une gare de péage. Le liste de ces échangeurs est donnée dans les tableaux suivants.

Tableau 4-1. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 1

Destination	PK	Route de liaison	Type de franchissement
Echangeur Teboursouk / Testour	PK 17+324	RN5	Passage Supérieur
Echangeur Siliana / Al Karib	PK 41+510	RN18	Passage Supérieur
Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah	PK 57+938	RN5	Passage Supérieur
Echangeur Sers / Nebeur	PK 84+137	RR78	Passage Inférieur

Tableau 4-2. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 2

Destination	PK	Route de liaison	Type de franchissement
Echangeur Teboursouk / El Aroussa	PK 32+060	RR47E	Passage Inférieur
Echangeur Siliana / Al Karib	PK 47+238	RN18	Passage Supérieur
Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah	PK 63+644	RN5	Passage Supérieur

Tableau 4-3. Inventaire des ouvrages des échangeurs pour la variante 3

Destination	PK	Route de liaison	Type de franchissement
Echangeur El Aroussa / Gaafour	19+215	R49	Passage Supérieur
Echangeur Siliana / Al Karib	45+211	R73	Passage Supérieur
Echangeur Sidi Bou Rouis / Suk Al Jumah	63+102	RL713	Passage Inférieur

4.4 Rétablissements de communications

Les rétablissements des communications nécessitent la construction d'ouvrages pour traverser l'autoroute. Ces ouvrages sont des ponts qui permettent de franchir l'autoroute soit par le dessus et ils sont appelés Passages Supérieurs, soit par le dessous et ils sont désignés Passages Inférieurs.

4.4.1 Passages supérieurs

Ci-dessous un tableau récapitulatif des passages supérieurs proposés pour chaque variante.

Tableau 4-4. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 1

Type de Rétablissement	PK	Profil Type	Descriptif
PS 1	1+594	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 2	7+157	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 3	19+848	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 4	28+965	Type 1	Passage supérieur sur la route régionale RR47E
PS 5	31+657	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 6	40+251	Type 3	Passage supérieur sur la route nationale RN18

PS 7	42+800	Type 1	Passage supérieur sur la route nationale RN5
PS 8	54+156	Type 2	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 9	60+817	Type 1	Passage supérieur sur la route locale RL 715
PS 10	66+579	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 11	69+097	Type 1	Passage supérieur sur la route régionale RR60
PS 12	74+386	Type 2	Passage supérieur sur une piste rurale
PS 13	78+181	Type 1	Passage supérieur sur une piste rurale

Tableau 4-5. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 2

Type du Rétablissement	PK	Profil type	Descriptif
PS 1	5+325	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 2	14+905	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 3	19+015	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 4	25+756	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 5	33+966	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS6	66+523	Type1	Passage Supérieur sur la Route Locale L715
PS 7	72+267	Type2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 8	75+130	Type2	Passage Supérieur sur la Route Régionale R60

Tableau 4-6. Inventaire des passages supérieurs pour la Variante 3

Type du Rétablissement	PK	Profil type	Descriptif
PS 1	5+325	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 2	10+274	Type 1	Passage Supérieur sur la Route Régionale RR131
PS 3	17+810	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 4	23+988	Type 1	Passage Supérieur sur la Route Régionale RR47E
PS 5	27+067	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 6	30+838	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 7	40+920	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 8	43+510	Type 1	Passage Supérieur sur la Route Régionale RR47
PS 9	47+070	Type 3	Passage Supérieur sur la Route Régionale RR73 (Bretelle Siliana)
PS 10	49+754	Type 2	Passage Supérieur sur la Route locale RL713
PS 11	67+039	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale
PS 12	76+695	Type 1	Passage Supérieur sur la Route Régionale RR60
PS 13	79+897	Type 2	Passage Supérieur sur une Piste Rurale

4.4.2 Passages inférieurs

Ci-dessous un tableau récapitulatif des passages inférieurs retenues pour chaque variante.

Tableau 4-7. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 1

Type de Rétablissement	PK	Profil Type	Descriptif
PI 1	5+017	Type 1	Passage inférieur sur la Route Régionale R131
PI 2	12+854	Type 1	Passage inférieur sur la Route Locale RL 620
PI 3	15+834	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 4	18+162	Type 1	Passage inférieur sur la Route Nationale RN 5
PI 5	24+588	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 6	27+122	Type 1	Passage inférieur sur la Route Locale RL 704
PI 7	33+115	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 8	34+944	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 9	36+103	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 10	37+060	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 11	38+244	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 12	45+283	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 13	47+588	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 14	49+026	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale

Type de Rétablissement	PK	Profil Type	Descriptif
PI 15	51+036	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 16	52+260	Type 1	Passage inférieur sur la Route Locale RL 711
PI 17	55+308	Type 1	Passage inférieur sur la Route Nationale RN5
PI 18	57+325	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 19	59+547	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 20	62+523	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 21	64+218	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 22	71+709	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 23	75+412	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 24	80+439	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 25	81+098	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 26	82+687	Type 1	Passage inférieur sur la Route Régionale RR78
PI 27	85+448	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale
PI 28	87+664	Type 1	Passage inférieur sur la Route Nationale RN12
PI 29	87+880	Type 2	Passage inférieur sur voie ferrée
PI 30	88+388	Type 1	Passage inférieur sur une piste rurale

Tableau 4-8. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 2

Type du Rétablissement	PK	Profil type	Descriptif
PI 1	2+272	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 1Bis	4+332	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 2	10+454	Type 1	Passage inférieur sur la Route Régionale RR131
PI 3	10+888	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 4	17+075	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 5	23+003	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 6	27+050	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 7	29+928	Type 1	Passage inférieur sur la Route régionale R47E
PI 8	30+471	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 9	33+156	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 10	36+102	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 11	37+931	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 12	39+092	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 13	40+047	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 14	43+652	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 15	45+723	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 16	48+817	Type 1	Passage Inférieur sur la Route régionale RR73(Bretelle Siliana)
PI 17	49+531	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 18	53+339	Type 1	Passage Inférieur sur la route locale L712
PI 19	55+684	Type 1	Passage Inférieur sur la Route nationale N18
PI 20	59+947	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 21	61+420	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 22	63+031	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 23	65+252	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 24	68+229	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 25	69+924	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 26	77+627	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 27	79+475	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 28	82+506	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 29	84+287	Type 1	Passage Inférieur sur la route locale L722

Type du Rétablissement	PK	Profil type	Descriptif
PI 30	86+619	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 31	89+123	Type 1	Passage Inférieur sur la Route nationale N12
PI 32	89+650	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 33	90+074	Type 2	Voie ferrée
PI 34	92+173	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale

Tableau 4-9. Inventaire des passages inférieurs pour la Variante 3

Type du Rétablissement	PK	Profil type	Descriptif
PI 1	2+272	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 1Bis	4+332	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 3	12+968	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 4	20+210	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 5	21+145	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 6	25+715	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 7	34+982	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 8	37+450	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 9	42+358	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 10	53+003	Type 1	Passage Inférieur sur la Route Locale RL713
PI 11	59+248	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 12	60+455	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 13	64+560	Type 1	Passage Inférieur sur la Route Locale RL715
PI 14	67+596	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 15	69+290	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 16	70+365	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 17	71+796	Type 1	Passage Inférieur sur la Route Nationale RN18
PI 18	83+419	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 19	86+109	Type 1	Passage Inférieur sur la Route Nationale RN12
PI 20	86+332	Type 2	Passage Inférieur Sur la Voie ferrée
PI 21	87+288	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale
PI 22	89+506	Type 1	Passage Inférieur sur une Piste Rurale

4.4.3 Profils en travers types

L'ensemble des rétablissements a été conçu selon le guide technique « Aménagement des Routes Principales » du CEREMA (Août 2022).

Le choix de ces rétablissements a été établi sur la base des critères suivants :

- Toutes les routes classées sont à rétablir avec un profil en travers type 1 ;
- Les pistes revêtues sont aussi à rétablir avec un profil en travers type 2 ;
- Les pistes non revêtues mais assurant la desserte d'agglomérations ou d'exploitations agricoles sont aussi à rétablir en profil en travers type 2 ;
- Les pistes non rétablies seront rabattues sur des pistes rétablies.

Profil en travers type 1 :

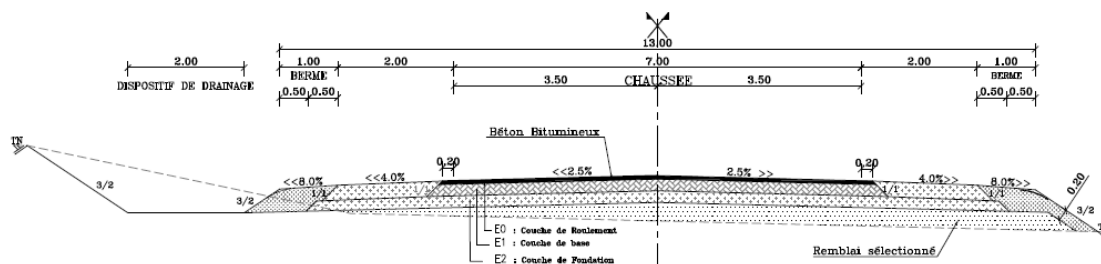


Figure 4-6: Rétablissement de communication : Profil en Travers Type 1

- Largeur de la plate-forme : 13,00 m

- Largeur de la chaussée : 7,00 m (2 voies de 3,50m chacune)
- Largeur des accotements : 2,00 m (y compris bande de guidage)
- Berme : 1,00 m (y compris 0,50m arrondi de talus)

Profil en travers type 2 :

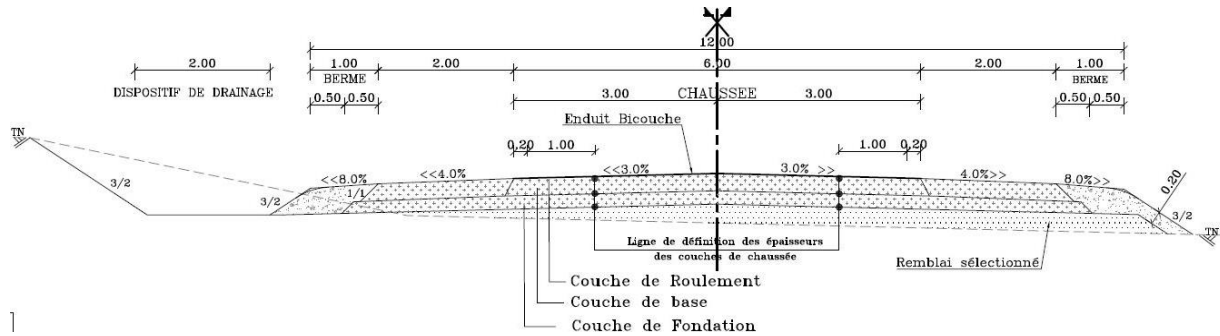


Figure 4-7: Rétablissement de communication : Profil en Travers Type 2

- Largeur de la plate-forme : 12,00 m
- Largeur de la chaussée : 6,00 m (2 voies de 3,00m chacune)
- Largeur des accotements : 2,00 m (y compris bande de guidage)
- Berme : 1,00 m (y compris 0,50m arrondi de talus)

4.5 Bretelle de Siliana

4.5.1 Tracé

Conformément aux termes de référence, le Consultant a étudié l'option de desserte de la ville de Siliana par une bretelle de raccordement.

Le tracé de cette bretelle de raccordement dépend de la variante de tracé retenue et sera assurée comme suit :

Variante 1	<ul style="list-style-type: none"> Aménagement de la RR73 depuis la sortie de la ville de Siliana jusqu'à l'intersection avec la RR47 Aménagement de la RR47 depuis son intersection avec la R73 jusqu'à son croisement avec la RN18 Aménagement de la RN18 depuis son intersection avec la RR47 jusqu'à son croisement avec la RN5
Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> Aménagement de la RR73 depuis la sortie de la ville de Siliana jusqu'à l'intersection avec la RR47 Aménagement de la RR47 depuis son intersection avec la R73 jusqu'à son croisement avec la RN18 Aménagement de la RN18 depuis son intersection avec la RR47 jusqu'à son croisement avec la RN5
Variante 3	<ul style="list-style-type: none"> Aménagement de la RR73 depuis la sortie de la ville de Siliana jusqu'à l'intersection avec la RR47

L'aménagement de la bretelle de Siliana devra tenir compte des contraintes techniques, physiques et foncières existantes dont principalement :

- L'emprise existante,
- Les caractéristiques géométriques de la route existante,
- Le relief et les cours d'eau,
- Les ouvrages existants,
- Les traversées des agglomérations,
- Les réseaux concessionnaires.

4.5.2 Profils en travers types

a. Section courante

Le profil en travers type proposé en section courante en dehors des traversées urbaines comprend :

- Une chaussée de largeur 7,00 m ;
- Un accotement de chaque côté, composé comme suit :
 - Une bande dérasée de droite de largeur 2,00 m ;
 - Une berme de largeur 0,75 m.

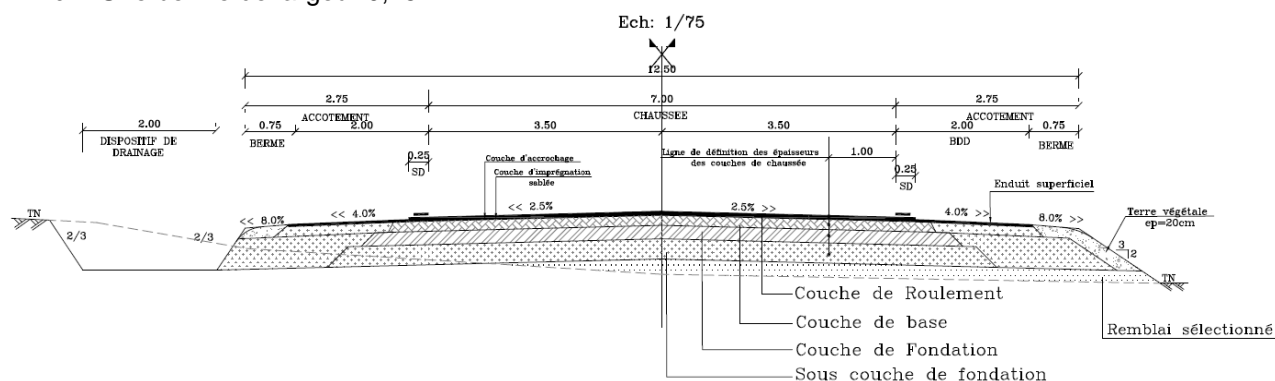


Figure 4-8: Profil en travers type hors traversée urbaine

b. Traversée urbaine

Au niveau des traversées urbaines, deux profils en travers type sont proposés,

Le premier est composé de :

- ❑ Une chaussée de largeur 7,00 m ;
- ❑ Deux trottoirs de 2.5m chacun.

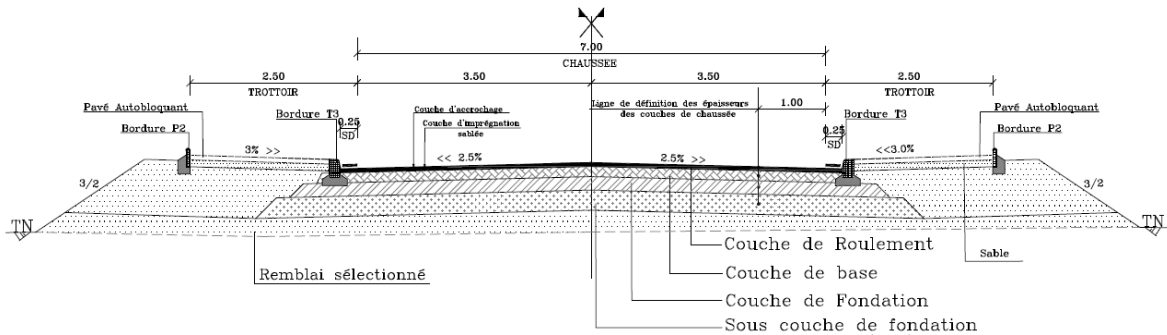


Figure 4-9: Profil en travers type des traversées urbaines sans aire de stationnement

Le deuxième comprend :

- ❑ Une chaussée de largeur 7,00 m ;
- ❑ Une éventuelle aire de stationnement, selon la disponibilité de l'emprise, de largeur 2,50m ;
- ❑ Deux trottoirs de 2.5m chacun.

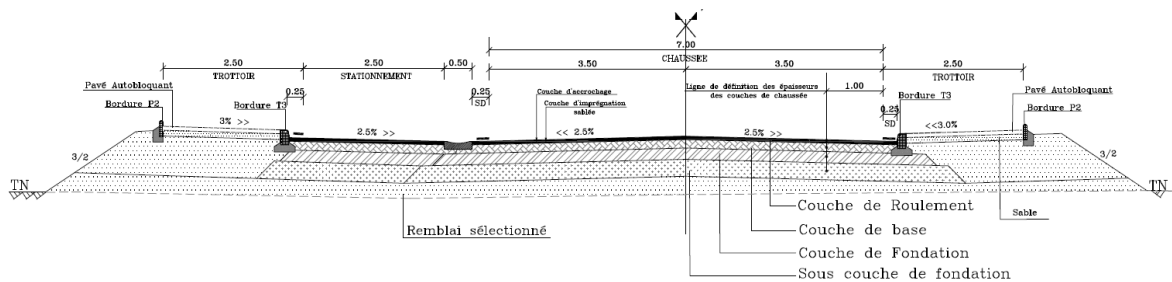


Figure 4-10: Profil en travers type des traversées urbaines avec aire de stationnement

5. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE HYDRAULIQUE

Les ouvrages hydrauliques projetés par variantes de tracé sont de type dalot dont les dimensions sont les suivantes :

- ❑ Dalot simple (1.5x1,5)
- ❑ Dalot simple (2x2)
- ❑ Dalot simple (3x2)
- ❑ Dalot simple 2x(3x2)
- ❑ Dalot simple 1x(4x2,5)
- ❑ Dalot simple 2x(4x2,5)
- ❑ Dalot simple 3x(4x2,5)
- ❑ Dalot simple 4x(4x2,5)
- ❑ Dalot simple 5x(4x2,5)

Les variantes de l'autoroute ont été étudiées sur la base du seuil de récurrence centennal à la fois pour les ouvrages de drainage (buses et dalots) et pour les ouvrages de traversée (ponts et viaducs). La bretelle de Siliana a été étudiée sur la base du seuil de récurrence cinquantennal

Le nombre total des ouvrages hydrauliques projetés pour la Variante 1 est de 222, soit en moyenne 2 ouvrages hydrauliques par 1 km.

Le nombre total des ouvrages hydrauliques projetés pour la Variante 2 est de 277, soit en moyenne 3 ouvrages hydrauliques par 1 km.

Le nombre total des ouvrages hydrauliques projetés pour la Variante 3 est de 271, soit en moyenne 3 ouvrages hydrauliques par 1 km.

Pour les grands ouvrages hydrauliques prévus pour le franchissement des grands écoulements, 15 GOH sont prévus pour la variante 1, 10 pour la variante 2 et 13 pour la variante 3.

6. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE GEOTECHNIQUE

6.1 Structures de chaussée proposées

Les variantes de structure de chaussée proposées lors de cette phase d'étude sont :

1. Structures bitumineuses
2. Structures de chaussées à modules élevés
3. Structures de chaussée inverses
4. Structures à assises traitées aux liants hydrauliques

6.1.1 Dimensionnement des structures bitumineuses

Les calculs itératifs permettent d'aboutir à une structure de chaussée pour laquelle toutes les déformations admissibles sont respectées. Les tableaux ci-après récapitulent les structures de chaussées justifiées.

Tableau 6-1: Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T2

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles (μdéf)	Valeurs calculées (μdéf)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBSG3	6	-	-	<u>OK</u>
Grave bitume-EB-GB3	14	114,6	108	<u>OK</u>
GRH	25	454,5	251,5	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	454,5	194,1	<u>OK</u>
Sol support	-	454,5	253,5	<u>OK</u>

Tableau 6-2 : Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T3

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles (μdéf)	Valeurs calculées (μdéf)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBSG3	6	-	-	<u>OK</u>
Grave bitume-EB-GB3	10	138	133,8	<u>OK</u>
GRH	25	505,7	338,3	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	505,7	246,3	<u>OK</u>
Sol support	-	505,7	309,4	<u>OK</u>

Tableau 6-3 : Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T5

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles (μdéf)	Valeurs calculées (μdéf)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBSG3	6	-	-	<u>OK</u>
Grave bitume-EB-GB3	9	201,0	141,9	<u>OK</u>
GRH	25	744,8	366,6	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	744,8	262,3	<u>OK</u>
Sol support	-	744,8	325,7	<u>OK</u>

6.1.2 Dimensionnement des structures de chaussées à modules élevés

Les calculs itératifs permettent d'aboutir à une structure de chaussée pour laquelle toutes les déformations admissibles sont respectées.

Les tableaux ci-après récapitulent les structures de chaussées justifiées.

Tableau 6-4: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T2

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles ($\mu\text{déf}$)	Valeurs calculées ($\mu\text{déf}$)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBEM1	6	-	-	<u>OK</u>
Enrobé à module élevé-EB-EME1	13	87	84	<u>OK</u>
GRH	25	454,5	206,1	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	454,5	174,5	<u>OK</u>
Sol support	-	454,5	236,9	<u>OK</u>

Tableau 6-5: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T3

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles ($\mu\text{déf}$)	Valeurs calculées ($\mu\text{déf}$)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBEM1	6	-	-	<u>OK</u>
Enrobé à module élevé-EB-EME1	10	104,8	99,8	<u>OK</u>
GRH	25	505,7	263,8	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	505,7	215,1	<u>OK</u>
Sol support	-	505,7	282,1	<u>OK</u>

Tableau 6-6: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic 5

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles ($\mu\text{déf}$)	Valeurs calculées ($\mu\text{déf}$)	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBEM1	6	-	-	<u>OK</u>
Enrobé à module élevé-EB-EME1	9	152,6	106,5	<u>OK</u>
GRH	25	744,8	288,1	<u>OK</u>
Grave non traitée	25	744,8	231,4	<u>OK</u>
Sol support	-	744,8	299,4	<u>OK</u>

6.1.3 Dimensionnement des structures de chaussée inverses

Les calculs itératifs permettent d'aboutir à une structure de chaussée pour laquelle toutes les déformations admissibles sont respectées.

Les tableaux ci-après récapitulent les structures de chaussées justifiées.

Tableau 6-7: Structure de chaussée justifiée-chaussée inverse-Classe de Trafic T2

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles	Valeurs calculées	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBSG3	6	-	-	<u>OK</u>
Grave bitume-EB-GB3	9	114,6 $\mu\text{déf}$	83,5 $\mu\text{déf}$	<u>OK</u>
GRH	12	545,4 $\mu\text{déf}$	354,4 $\mu\text{déf}$	<u>OK</u>
Grave ciment	25	0,711 MPa	0,672 MPa	<u>OK</u>
Sol support	-	454,5 $\mu\text{déf}$	94,6 $\mu\text{déf}$	<u>OK</u>

Il est à noter que le dimensionnement des chaussées inverses pour la classe de trafic la plus élevée (T2) conduit à une structure de chaussée constructive notamment par rapport à l'épaisseur du grave bitume de 9cm. Ainsi, cette structure de chaussée sera retenue pour les autres classes de trafic.

6.1.4 Dimensionnement des structures à assises traitées aux liants hydrauliques

Les calculs itératifs permettent d'aboutir à une structure de chaussée pour laquelle toutes les déformations admissibles sont respectées.

Les tableaux ci-après récapitulent les structures de chaussées justifiées.

Tableau 6-8: Structure de chaussée justifiée-chaussée bitumineuse-Classe de Trafic T2

Type de matériaux	Épaisseur (cm)	Valeurs admissibles	Valeurs calculées	Vérification
Béton bitumineux-EB-BBSG3	6	-	-	OK
Grave ciment	20	0,721 MPa	0,459 MPa	OK
Grave ciment	20	0,655 MPa	0,625 MPa	OK
Sol support	-	454,5 µdéf	95,1 µdéf	OK

De manière à éloigner de la surface de la chaussée, l'interface entre les couches de base et fondation, l'épaisseur de la couche de base est prise au moins égale à celle de la couche de fondation. De ce fait, le dimensionnement des chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques pour la classe de trafic la plus élevée (T2) conduit à une structure de chaussée constructive notamment par rapport aux épaisseurs de la grave ciment. Ainsi, cette structure de chaussée sera retenue pour les autres classes de trafic.

6.2 Analyse multicritère des structures de chaussées proposées

La comparaison des variantes de structures de chaussées a été menée selon les quatre critères suivants :

- Coût ;
- Sensibilité technique et facilité d'exécution ;
- Dispositions environnementales (matériaux de construction) ;
- Retour d'expérience.

Les coefficients de pondération suivants ont été aussi attribués à chaque critère :

- 30% pour le critère « Coût » ;
- 30% pour le critère « Sensibilité technique et facilité d'exécution » ;
- 10% pour le critère « Dispositions environnementales » ;
- 30% pour le critère « Retour d'expérience ».

Nous présentons ci-dessous l'estimation du coût de chaque variante de structure proposée (Prix au m²).

Tableau 6-9: Coût de chaque variante de structure de chaussée

	Variante1	Variante2	Variante3
	Coût au m ²	Coût au m ²	Coût au m ²
Option1-Structures de chaussées bitumineuses	69	69	68
Option2-Structures de chaussées à modules élevés	77	77	76
Option3-Structures de chaussées inverses	70	70	70
Option4-Structures à assises traitées aux liants hydrauliques	61	57	61

Le tableau ci-après récapitule la notation des variantes de structures de chaussées, ainsi que le classement qui en résulte. Ce classement avantage les structures de chaussées bitumineuses.

Tableau 6-10: Notation et classification des variantes de structure de chaussée

VARIANTE-1	Coût (30%)	Sensibilité technique et facilité d'exécution (30%)	Dispositions environnementales (10%)	Retour d'expérience (30%)	Score	Rang
Option1-Structures de chaussées bitumineuses	3	5	3	5	4,2	1
Option2-Structures de chaussées à modules élevés	2	4	4	1	2,5	3
Option3-Structures de chaussées inverses	3	3	2	1	2,3	4
Option4-Structures à assises traitées aux liants hydrauliques	5	1	5	1	2,6	2

VARIANTE-2	Coût (30%)	Sensibilité technique et facilité d'exécution (30%)	Dispositions environnementales (10%)	Retour d'expérience (30%)	Score	Rang
Option1-Structures de chaussées bitumineuses	3	5	3	5	4,2	1
Option2-Structures de chaussées à modules élevés	1	4	4	1	2,2	3
Option3-Structures de chaussées inverses	2	3	2	1	2	4
Option4-Structures à assises traitées aux liants hydrauliques	5	1	5	1	2,6	2

VARIANTE-3	Coût (30%)	Sensibilité technique et facilité d'exécution (30%)	Dispositions environnementales (10%)	Retour d'expérience (30%)	Score	Rang
Option1-Structures de chaussées bitumineuses	3	5	3	5	4,2	1
Option2-Structures de chaussées à modules élevés	2	4	4	1	2,5	3
Option3-Structures de chaussées inverses	3	3	2	1	2,3	4
Option4-Structures à assises traitées aux liants hydrauliques	5	1	5	1	2,6	2

Il est à préciser que la notation des variantes a été attribuée comme suit :

i. Pour le critère « Coût » :

- Variante la moins cher (coût de base) : 5
- Coût de base +1% à +10% : 4
- Coût de base +11% à +20% : 3
- Coût de base +21% à +30% : 2
- Coût de base +31% : 1

ii. Pour le critère « Sensibilité technique et facilité d'exécution » :

Les notes ont été attribuées de 1 à 5 selon (i) la facilité d'exécution et (ii) la sensibilité technique (ex. remontée de fissures, etc.)

i. Pour le critère « Dispositions environnementales » :

Les notes ont été attribuées de 1 à 5 selon l'importance d'utilisation des matériaux de construction.

ii. Pour le critère « Retour d'expérience » :

Les notes ont été attribuées de 1 à 5 selon la structure de chaussée généralement utilisée dans les projets autoroutiers en Tunisie.

6.3 Conclusion

Compte tenu de ce qui précède, le Consultant recommande une structure de chaussée bitumineuse dont la rigidité des couches en matériaux bitumineux permet de diffuser, en les atténuant fortement, les contraintes verticales transmises au support ; Les efforts induits par les charges roulantes sont repris en traction-flexion dans les couches bitumineuses.

Une étude de traitement à la chaux et au ciment, conformément aux prescriptions du GTR, sera envisagée lors des études d'APD.

7. RESULTATS DE L'ETUDE DE TRAFIC

7.1 Délimitation de la zone d'influence du projet

Deux zones d'influence, directe et indirecte, sont identifiées. La première, zone d'influence directe, correspond aux unités administratives (gouvernorat, délégations) concernées par l'étude, à savoir :

- Gouvernorat de Béja : Medjez el Bab, Testour, Goubellat, Teboursouk
- Gouvernorat de Siliana : El Aroussa, Bou Arada, El Krib, Gaafour, Siliana Nord, Siliana Sud, Bou Rouis
- Gouvernorat du Kef : Nebeur, Kef Est, Kef Ouest, Sers, Dahmani, Tajerouine

Quant à la zone d'influence indirecte ou élargie, elle est plus vaste et est composée des pôles économiques urbains et administratifs qui interfèrent avec les villes situées dans la zone d'influence directe. Elle couvre les zones reliées au projet par l'intermédiaire des tronçons de l'autoroute A3 (i) existant, entre Tunis et Medjez el Bab ainsi que (ii) les voiries existantes et projetées qui se greffent sur la section autoroutière à réaliser jusqu'à la ville du Kef, la vallée de Medjerda et vers le sud jusqu'au nord de la dorsale tunisienne en passant par Siliana et Makhtar.



Figure 7-1 : Carte de délimitation de la zone d'influence directe du projet

7.2 Flux de trafic antérieurs à 2020

Sur la période 2012 – 2017, la majorité des flux sur les nationales et les régionales n'ont pas observé une tendance particulière et sont restés figés. Les seuls tronçons qui ont observé un accroissement significatif sont la RN5 entre Medjez El Bab et El Krib et la RR49 entre Medjez El Bab et El Aroussa, avec respectivement des taux annuels de 4,2 % et 5,4 %.

Tableau 7-1: Evolution du TJMA sur quelques axes routiers nationaux et régionaux dans la zone d'influence du projet (2002 – 2017)

Gouvernorat	Route	Tronçon	2002	2007	2012	2017	TCAM (12-17)	TCAM (02-17)
Béja	RN5	Echang A3 – Lte Béja (N18)	4 966	6 296	7 945	9 773	4,2%	4,6%
	RR49	Medjez El Bab – Lte Béja	888	1 256	1 421	1 550	1,8%	3,8%
	RR74	Teboursouk - Dogga	576	737	946	996	1,0%	3,7%
Siliaana	RN5	Lte Siliana (N18) – Krib – Lte Siliana	4 446	5 772	9 208	9 358	0,3%	5,1%
	RN18	Embt N5 – Lte Siliana	1 371	1 876	2 583	2 965	2,8%	5,3%
	RR47	Embt R49 –Gaâfour – Embt R73	2 052	2 630	7 232	7 315	0,2%	8,8%
	RR49	Lte Siliana - Embt.R47	219	304	716	932	5,4%	10,1%
	RR74	Lte Béja – Lte Le Kef	549	699	714	718	0,1%	1,8%
Le Kef	RN5	Lte Le Kef - Embt.Anc. N5	4 695	5 955	6 531	6 782	0,8%	2,5%
	RN12	Embt.R78 - Embt.N5	1 684	2 173	2 207	2 231	0,2%	1,9%
	RR74	Lte Le Kef – Emb N17	677	866	1075	1086	0,2%	3,2%

Source : Recensement Général de la Circulation 2002, 2007, 2012, 2017

7.3 Consistance de la campagne de comptage et enquête OD (2020)

La campagne de comptage et enquête OD a démarré le 20 Janvier 2020 pour une durée d'une semaine au niveau de neuf postes pour les comptages et six pour les enquêtes OD. La campagne a porté sur :

- Des comptages moyennant des enregistrements vidéo pendant une période d'une semaine (du lundi 20/01/2020 au dimanche 26/01/2020), 24h/24, au niveau de 9 postes (voir carte suivante). Les résultats ont été recensés suite au visionnage par des techniciens et la saisie des résultats sur des fichiers Excel par tranche horaire.
- Des enquêtes OD réalisées de façon simultanée avec les comptages, au niveau de 6 postes (voir carte suivante), du Mardi 21/01/20 au Jeudi 23/01/20. L'objectif est de connaître le profil des futurs usagers de l'autoroute (motif, fréquence, acceptabilité du péage ...) et de constituer les matrices OD pour les besoins de la modélisation de trafic.

Les catégories de véhicules qui ont été recensés sont les suivants :

- Véhicule particulier
- Louage
- Camionnette
- Camion léger (OM)
- Camion lourd sans remorque
- Camion lourd avec remorque
- Transport exceptionnel/ Engins spéciaux
- Bus

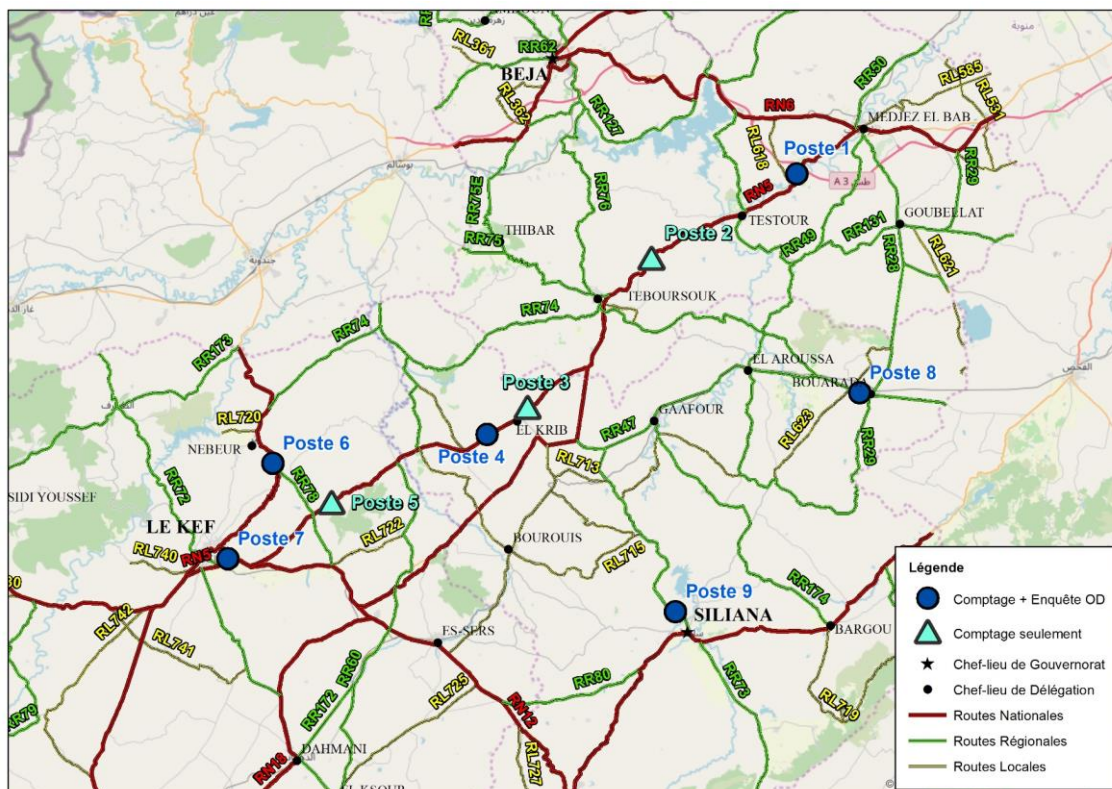


Figure 7-2 : Localisation des postes de comptage et enquêtes OD

7.4 Résultats des comptages de trafic

Le trafic brut moyen journalier a été évalué, en premier lieu. Ce trafic représente la moyenne des comptages enregistrés par jour de 24h, par catégorie de véhicule, dans les deux sens de circulation, pour chaque poste de comptage.

Les flux du trafic brut ont été traités pour s'ajuster à un trafic représentatif de l'année entière, en se basant sur les indices de fluctuation saisonnière établis dans le cadre des recensements généraux de la circulation et qui prennent en considération le cycle économique de la région. Les ratios de fluctuation saisonnière considérés sont :14,9% pour les postes de comptage au Kef, 22,0% pour ceux situés à Siliana et 12,4% pour ceux de Béja. Les trafics journaliers moyens annuels sont consignés dans ce tableau.

Tableau 7-2 : TJMA par poste par catégorie de véhicule

	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9
	Medjez el Beb	Testour	Entrée el Krib	Sortie el Krib	Borj Elaifa	RN17 : Embt.R78 à Embt.Anc. N5	Entrée el Kef	Bouarada	Entrée Siliana
Axe routier	RN5	RN5	RN5	RN5	RN5	RN17	RN5	RR47	RR73
PK	70	85	105	125	148	90	162	21	25
Voiture particulière	4925	3354	4062	3425	2461	1355	4705	2433	1265
% vol (par jour)	59%	59%	61%	53%	64%	47%	61%	49%	51%
Camionnette	1516	1080	1254	1640	554	717	1390	1215	610
% vol (par jour)	18%	19%	19%	25%	14%	25%	18%	24%	24%
Total VL	6 441	4 434	5 316	5 065	3 015	2 073	6 094	3 648	1 876
% vol VL (par jour)	78%	78%	80%	78%	79%	72%	78%	73%	75%
Louage	961	568	540	730	417	310	852	610	242
% vol (par jour)	12%	10%	8%	11%	11%	11%	11%	12%	10%

	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9
	Medjez el Beb	Testour	Entrée el Krib	Sortie el Krib	Borj Elaïfa	RN17 : Embt.R78 à Embt.Anc. N5	Entrée el Kef	Bouarada	Entrée Siliana
Axe routier	RN5	RN5	RN5	RN5	RN5	RN17	RN5	RR47	RR73
PK	70	85	105	125	148	90	162	21	25
Camion léger	463	343	435	351	207	265	478	333	190
% vol (par jour)	6%	6%	7%	5%	5%	9%	6%	7%	8%
Total VUL	1 424	911	976	1 081	625	576	1 330	943	432
% vol VUL (par jour)	17%	16%	15%	17%	16%	20%	17%	19%	17%
Camion lourd sans remorque	145	131	98	125	70	104	106	180	57
% vol (par jour)	2%	2%	1%	2%	2%	4%	1%	4%	2%
Camion lourd avec remorque	149	145	154	116	66	87	110	129	57
% vol (par jour)	2%	3%	2%	2%	2%	3%	1%	3%	2%
Transport exceptionnel et Engins spéciaux	50	30	47	31	14	7	31	24	28
% vol (par jour)	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Bus	82	53	61	87	36	51	101	49	55
% vol (par jour)	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	2%
Total PL	426	359	360	358	185	249	348	381	197
% vol PL (par jour)	5%	6%	5%	6%	5%	9%	4%	8%	8%
TOTAL PAR JOUR	8291	5704	6652	6504	3825	2897	7772	4972	2506
% vol (par jour)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Avec :

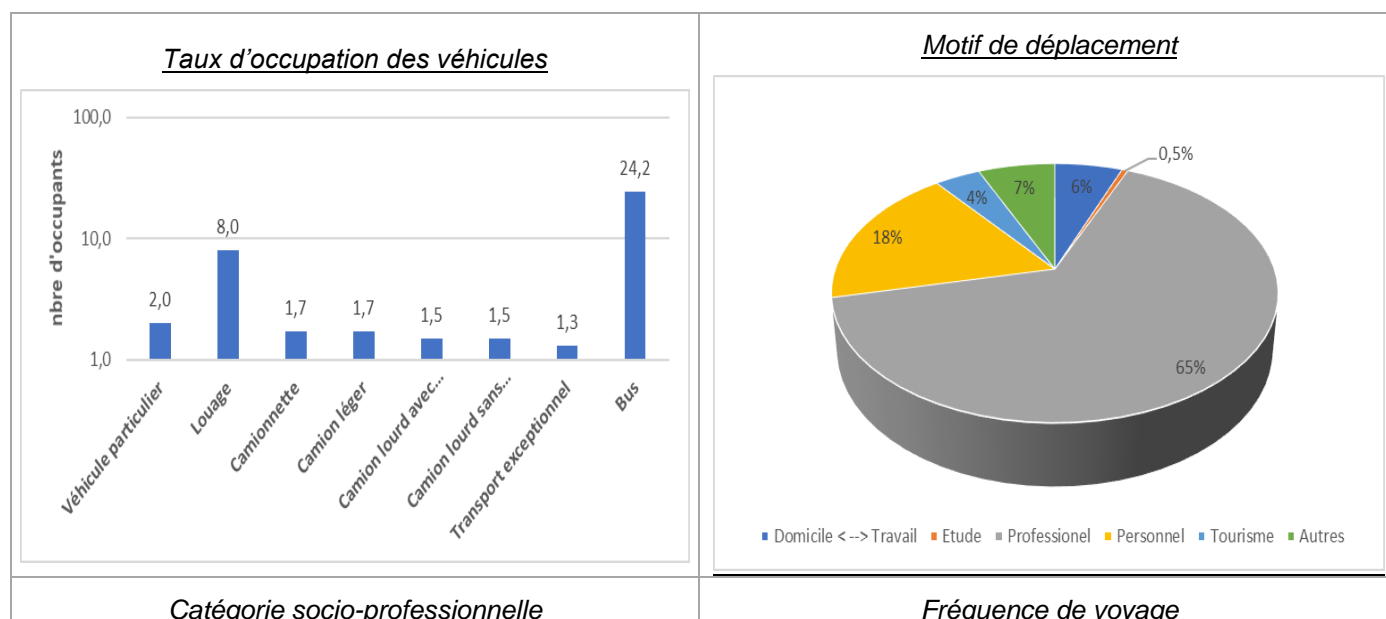
VL : Véhicules légers ;

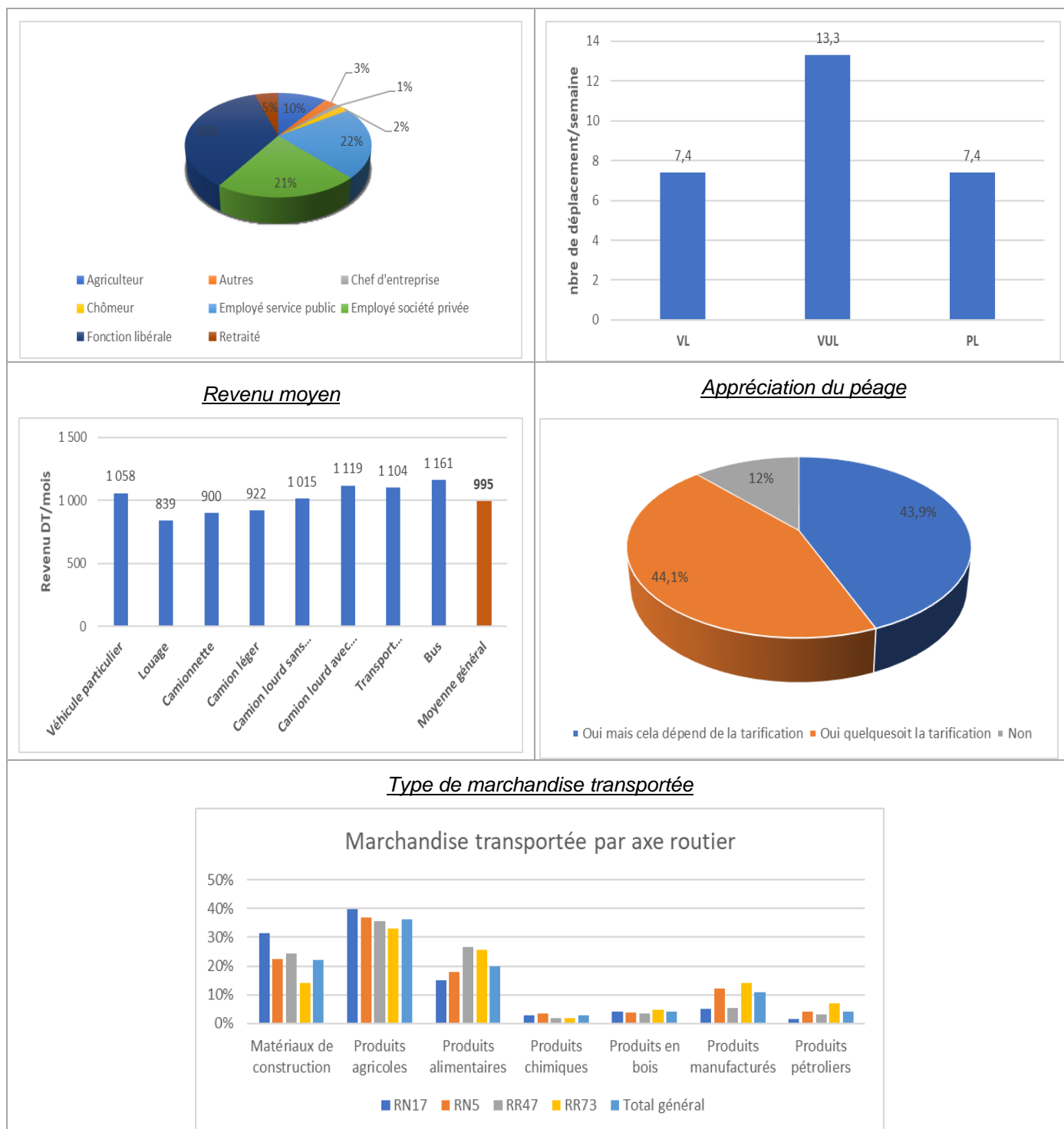
VUL : Véhicules utilitaires légers ;

PL : Poids lourds

7.5 Résultats de l'enquête OD

L'examen de l'enquête OD permet de ressortir les résultats suivants.





Les Matrices OD ont été élaborées pour les 3 catégories de véhicules, les Véhicules Légers (VL), les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) et les poids lourds (PL).

La matrice utilisée dans le modèle est une matrice OD conçue par zone et regroupant 219 zones : 197 internes, 15 ports et aéroports et 7 aux frontières (2 avec la Libye et 5 avec l'Algérie). Un travail de pondération a été mené en vue de calculer les matrices de trafic TJMA pour les 3 catégories de véhicules citées plus haut. L'analyse de la matrice OD, tout poste et tout type de véhicule confondu, permet de conclure que les flux de trafic sont majoritairement générés ou attirés par le gouvernorat du Kef avec environ 30 % des flux journaliers émis et attirés. Les gouvernorats de Siliana et Tunis viennent en deuxième et troisième position en termes d'émission et d'attraction.

7.6 Calage du modèle de trafic

L'étape d'affectation du trafic consiste à affecter sur le réseau routier les matrices OD représentant la demande de transport par type de véhicule. L'étape du calage est primordiale pour s'assurer que la modélisation reproduit correctement la situation observée pour l'année de base (2020). Il s'agit d'un processus itératif dans lequel le modèle est ajusté jusqu'à l'obtention de l'écart minimal entre les valeurs modélisées et les valeurs observées.

La figure ci-après confirme un très bon calage de l'ensemble des véhicules sur le réseau de la zone d'influence du projet. Le nuage de points obtenus pour le trafic routier total se répartit le long d'une droite et l'analyse de régression indique un coefficient de détermination $R^2 = 0,99$ proche de 1. Le GEH moyen est de 2,0.

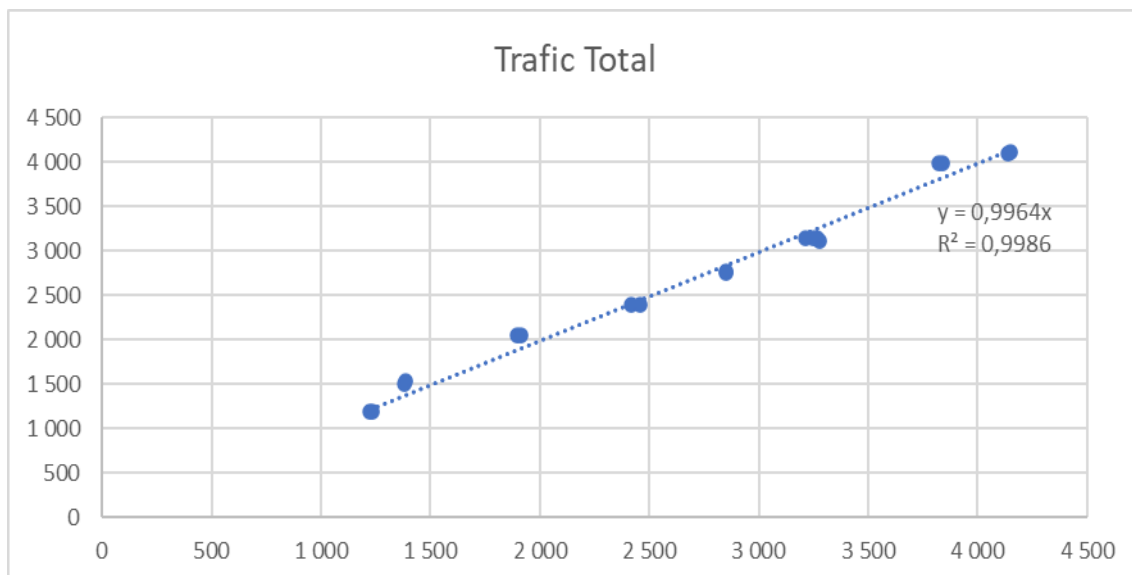


Figure 7-3 Trafic total des véhicules observé et reconstitué

7.7 Prévision du trafic

Les élasticité PIB per capita et population ont été utilisées par le Consultant pour projeter la matrice OD aux horizons 2030, 2040 et 2050. L'évaluation de la demande future est réalisée pour les horizons 2030 (horizon de mise en service), 2040 et 2050, sur la base des projections des facteurs explicatifs, notamment la population, le PIB et le revenu par tête d'habitant.

Les trois scénarios de croissance du PIB retenus sont résumés dans le tableau suivant. Les prévisions du trafic seront effectuées sur la base du scénario moyen.

Tableau 7-3 : Scénarios de croissance du PIB Tunisien à l'horizon 2055

Scénario	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2035-2040	2040-2045	2045-2050	2050-2055
Scénario Bas	0,0%	3,0%	3,8%	3,9%	3,9%	4,0%	4,0%
Scénario Moyen	1,0%	4,5%	6,1%	4,8%	4,8%	5,0%	5,0%
Scénario Haut	2,0%	4,5%	6,1%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%

Ce scénario est caractérisé par une reprise assez rapide de l'économie tunisienne post-Covid-19. Des changements structurels tels que l'augmentation de la compétitivité et du climat des affaires (bonne gouvernance, augmentation des exportations, stabilisation de la monnaie nationale) ainsi que la recherche systématique d'opportunités de grands projets à financement international, lui faisant atteindre en 2050 des taux se rapprochant de la moyenne sur 1966-2010. Ce scénario tient entre autres compte des projets présentés lors de la conférence Tunisia 2020.

7.8 Résultats de l'affectation de la demande du trafic sur le réseau

Les résultats des simulations relatives aux trois variantes du projet pour la période 2025 – 2050, sont consignés dans les tableau suivants (trafic dans les deux sens).

Tableau 7-4 : Volume du trafic - Variante V1 sans péage à l'horizon 2030

Variante	Section	De	à	VL	VUL	PL
V1	1	Noeud Autoroute du Kef A3	Echangeur Teboursouk Testour	6899	2064	569
	2	Echangeur Teboursouk Testour	Echangeur Siliana Al Krib	6236	1823	474
	3	Echangeur Siliana Al Krib	Echangeur Sidi Bou Rouis/Souk Al Jumah	7088	1414	487
	4	Echangeur Sidi Bou Rouis-Suk Al Jumah	Echangeur Sers Nebeur	8582	1286	487
	5	Echangeur Sers Nebeur	Fin projet	8508	1190	489

Tableau 7-5 : Volume du trafic - Variante V1 avec péage en 2030, 2040, 2050

Variante	Section	2030			2040			2050		
		VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL
V1	1	4178	1215	317	6424	1897	462	10397	3101	740
	2	3876	1147	231	5945	1789	334	9635	2924	538
	3	3413	948	316	5251	1478	457	8532	2417	745
	4	436	281	260	669	436	368	1086	714	603
	5	436	281	260	669	436	368	1086	714	603

Tableau 7-6 : Volume du trafic - Variante V2 sans péage à l'horizon 2030

Section	De	à	VL	VUL	PL	
V2	1	Noeud Autoroute du Kef_A3	Echangeur Teboursouk Laroussa	6008	1823	474
	2	Echangeur Teboursouk Laroussa	Echangeur Siliana Al Krib	6008	1823	474
	3	Echangeur Siliana Al Krib	Echangeur Sidi Bou Rouis-Suk Al Jumah	8144	1575	569
	4	Echangeur Sidi Bou Rouis-Suk Al Jumah	Fin projet	9970	1529	600

Tableau 7-7 : Volume du trafic - Variante V2 avec péage en 2030, 2040, 2050

Variante	Section	2030			2040			2050		
		VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL
V2	1	4185	1376	231	6427	2145	353	10395	3506	567
	2	4185	1376	231	6427	2145	353	10395	3506	567
	3	4075	1171	278	6253	1822	432	10135	2979	707
	4	8060	1202	486	12251	1868	751	19671	3054	1229

Tableau 7-8 : Volume du trafic - Variante V3 sans péage à l'horizon 2030

Section	De	à	VL	VUL	PL	
V3	1	Noeud Autoroute du Kef_A3	Echangeur Al Arusah-Gaafour	6242	1775	456
	2	Echangeur Al Arusah-Gaafour	Echangeur Siliana Al Krib	5882	1713	446
	3	Echangeur Siliana Al Krib	Echangeur Sidi Bou Rouis-Suk Al Jumah	7283	1341	511
	4	Echangeur Sidi Bou Rouis-Suk Al Jumah	Fin projet	8127	1451	555

Tableau 7-9 : Volume du trafic - Variante V3 avec péage en 2030, 2040, 2050

Variante	Section	2030			2040			2050		
		VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL
V3	1	4378	1462	255	6716	2278	389	10855	3723	625
	2	4041	1421	250	6324	2047	385	10043	3620	613
	3	4202	1208	250	6324	2047	385	10440	3071	635
	4	5017	1318	294	7660	2048	456	12354	3348	747

Sur la bretelle d'accès à Siliana, les trafics sont estimés aux valeurs suivantes.

Tableau 7-10 : Volume du trafic - Bretelle de Siliana V1 (2030, 2040, 2050)

Section	2030			2040			2050			
	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	
V1	N18	934	108	66	1398	164	102	2230	268	168
	RR47	2946	556	270	4714	916	496	7538	1498	820
	RR73	2228	490	204	3660	802	394	5816	1310	650

Tableau 7-11 : Volume du trafic - Bretelle de Siliana V2 (2030, 2040, 2050)

Section	2030			2040			2050			
	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	
V2	N18	596	168	52	898	168	82	1438	276	134
	RR47	3660	1212	352	5534	1212	552	8834	1980	918
	RR73	2230	740	204	3368	740	320	5384	1208	528

Tableau 7-12 : Volume du trafic - Bretelle de Siliana V3 (2030, 2040, 2050)

Section	2030			2040			2050			
	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	VL	VUL	PL	
V3	RR47	2452	458	268	2878	572	256	4386	878	402
	RR73	1814	396	164	2224	482	204	3348	740	320

8. RESULTATS DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

8.1 Méthodologie

L'évaluation économique s'effectue du point de vue de la collectivité par la méthode coûts-avantages. Le bilan socio-économique sera élaboré sur un horizon de 20 ans à partir de l'année de mise en service.

L'étude compare les coûts et les avantages du projet dans le but de dégager les indicateurs de rentabilité : la Valeur Actuelle Nette du projet (VAN) et le Taux de Rentabilité Interne (TRI). La méthode coût-avantage adoptée dans cette étude est décrite par le graphique suivant.

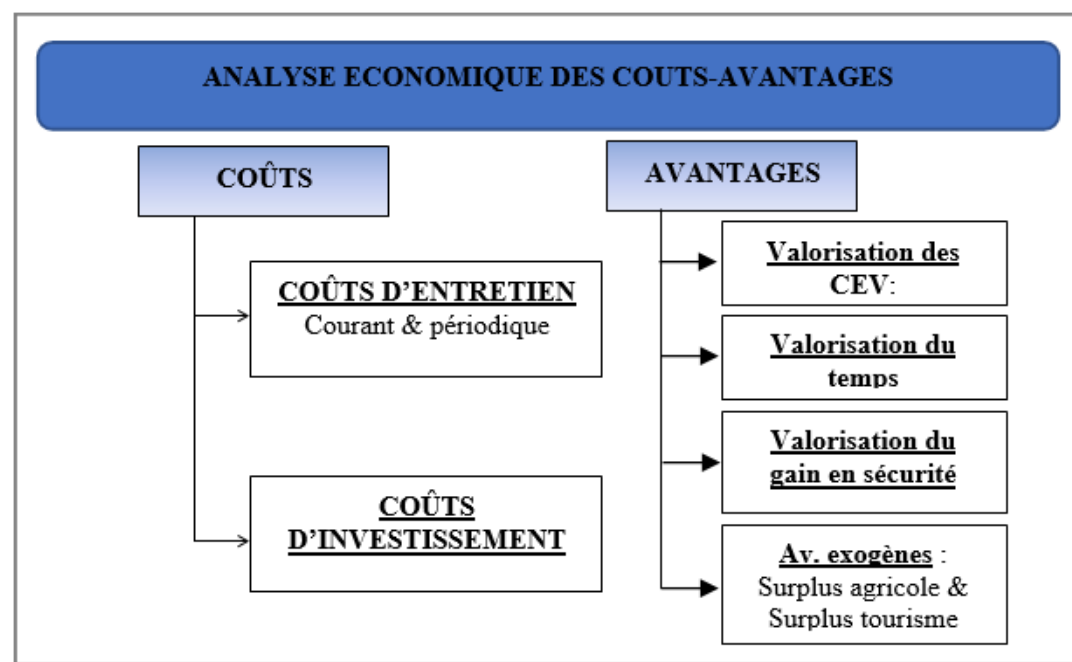


Figure 8-1 Organisation de la méthode coût-avantage

8.2 Calcul économique

En vue d'appréhender la faisabilité économique du projet, le taux de rentabilité interne (TRI) et la valeur actuelle nette (VAN (12 %)) ont été évalués pour une mise en service de l'aménagement en 2030. Les indicateurs de rentabilité sont les suivants.

Tableau 8-1 : TRI et VAN (12 %, MDT) de l'aménagement autoroutier + bretelle Siliana

	Variante V1	Variante V2	Variante V3
TRI (%)	1,1 %	3,4 %	3,3 %
VAN (12 %), MDT	-907 MDT	-743 MDT	-710 MDT

Tableau 8-2 : TRI et VAN (12 %, MDT) section autoroutière Medjez El Bab – Kef

	Variante V1	Variante V2	Variante V3
TRI (%)	1,0 %	3,6 %	3,3 %
VAN (12 %), MDT	-833 MDT	-667 MDT	-657 MDT

Tableau 8-3 : TRI et VAN (12 %, MDT) - Bretelle de Siliana

	Variante V1	Variante V2	Variante V3
TRI (%)	2,1 %	2,2 %	3,4 %
VAN (12 %), MDT	-78 MDT	-76 MDT	-54 MDT

En raison des avantages insuffisants générés par l'aménagement et des coûts d'investissement élevés, la rentabilité globale de l'infrastructure est réduite. En effet, la rentabilité économique de la section autoroutière Medjez el Bab – Kef pour une mise en service en 2030 est estimée à 3,6 % pour la variante 2, 3,3 % pour la variante 3 et 1 % pour la variante 1.

9. SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

La construction d'une nouvelle liaison autoroutière entre la ville du Kef et le réseau autoroutier s'inscrit dans le cadre de la poursuite des efforts déjà entrepris pour l'extension du réseau autoroutier et la desserte des régions de l'intérieur et leur inclusion dans l'économie nationale.

La réalisation du projet offrira ainsi plusieurs opportunités :

- ❑ Accroître la desserte de la région de façon à mieux répondre aux attentes des populations,
- ❑ Améliorer l'attractivité de la région (Béjà, Siliana et Le Kef) en y créant les conditions favorables permettant d'attirer les investisseurs,
- ❑ Renforcer l'inclusion de la région dans l'économie nationale,
- ❑ Dynamiser les échanges commerciaux, culturels et touristiques avec l'Algérie et plus généralement entre les pays de l'Union du Maghreb Arabe.

9.1 Les variantes retenues pour l'étude d'APS

L'analyse préliminaire des contraintes dans la zone d'étude a conduit à la pré-identification et la configuration de quelques couloirs pouvant convenir pour y inscrire le projet de la liaison autoroutière de la ville du Kef au réseau autoroutier.

L'ensemble des couloirs est structuré en un faisceau comprenant trois variantes schématisées comme suit :

- **Variante 1 « Nord »** : cette variante commence à partir de l'autoroute A3 aux alentours du PK60, puis bifurque au Nord pour passer dans la vallée de l'oued Medjerda entre le barrage Sidi Salem et la RN5. Elle descend ensuite en traversant une fois la RN5 pour passer au piémont Nord de Djebel Echehid, remonte et passe à la périphérie Nord d'El Krib en croisant deux fois la RN5, continue en longeant la RN5 par le Sud puis redescend vers la plaine de Zaâfrane en croisant successivement la RR78 et la RN12 où elle prend sa fin.
- **Variante 2 « Médiane »** : elle prend origine à partir de l'autoroute A3 aux alentours du PK50, puis continue dans la partie dorsale de la zone d'étude en croisant la RR131 et arrive au piémont de Djebel Echehid. Elle bifurque ensuite pour passer à la périphérie Sud d'El Krib, repasse en position dorsale entre la RN5 et la RN18 en croisant dans son chemin la RN12 où elle prend sa fin.
- **Variante 3 « Sud »** : elle débute à la même origine que la variante 2, puis bifurque au Sud pour longer la RR49 et la RR47 à la périphérie de Laâroussa et de Gaâfour et au piémont Sud de Djebel Echehid. Elle continue à la périphérie d'El Akhwat en croisant la RR73, à la périphérie de Sidi Bou rouis puis remonte et se termine à la RN12.

L'analyse et la configuration des couloirs prédéfinies sur la base des données cartographiques d'analyse et d'hierarchisation des contraintes, a notamment montré l'existence d'un certain nombre de points de « passage obligé » ou de sections de convergence de ces couloirs :

- Un point A correspondant à l'origine du projet avec 2 possibilités de raccordement sur l'A3 soit sur l'échangeur existant au PK56+600 soit par la création d'un nouvel échangeur intermédiaire entre ce dernier et celui de Medjez el beb au PK45+500,
- Un point B correspondant au passage au piémont de Djebel Echehid avec 2 possibilités : au Nord à la périphérie de Doukhania ou au Sud à la périphérie de Laâroussa et de Gaâfour,
- Un point C correspondant au passage dans la plaine de Zaâfrane entre le pied de Djebel el Arkebat et Djebel Zitouna,

Ceci nous a amené à distinguer trois principales sections à l'intérieur desquelles des variantes de couloir de tracé plausibles peuvent s'inscrire. Les sections et les variantes de couloirs associées se présentent comme suit :

- ❑ Une section A-B localisée entre l'origine du projet sur l'autoroute A3 (nœud A) et les piémonts Nord (périphérie de Doukhania) et Sud (périphérie de Laâroussa et de Gaâfour) de Djebel Echehid (nœud B). Cette première section comprend trois variantes de couloirs :
 - **Variante 1- Nord** débutant de l'échangeur existant entre l'A3 et la RN5 (nœud A) et passant au Nord dans la vallée de la Medjerda en croisant la RN5 en plusieurs points puis descend pour rejoindre le piémont Nord de Djebel Echehid à la périphérie de Doukhania (Nœud B),

- **Variante 2- Médiane** prenant naissance à partir d'un nouvel échangeur à créer sur l'A3 entre l'échangeur de la RN5 (PK56+600) et celui de Medjez el Beb (PK45+500) (Nœud A) puis continue dans la partie dorsale de la zone d'étude en croisant la RR131 et se termine au piémont Nord de Jebel Echehid à la périphérie de Doukhanja (Nœud B),
 - **Variante 3-Sud** qui débute à la même origine que la variante 2 (Nœud A), puis bifurque au Sud pour longer la RR49 et la RR47 à la périphérie de Laâroussa et de Gââfour pour rejoindre piémont Sud de Djebel Echehid (Nœud B).
- Une section B-C allant des piémonts Nord et Sud de Djebel Echehid (nœud B) à la plaine de Zaâfrane entre Djebel el Arkebat au Sud et Dejebel Zitouna au Nord (nœud C),

Dans cette section se développent trois variantes et une sous variante :

- **Variante1- Nord** qui remonte depuis le piémont Nord de Jebel Echehid (Nœud B) vers le Nord et passe à la périphérie Nord d'El Krib en croisant 2 fois la RN5, continue en longeant la RN5 par le Sud puis redescend vers la plaine de Zaâfrane (Nœud C) en croisant successivement la RR78 et la RN12. Cette variante 1 traverse un réseau hydrographique très dense dont les cours d'eau permanent (oued Mejerdah, oued Khalled, oued Swani et oued Gharsallah). Aussi, elle passe par-dessus quatre nappes phréatiques (nappe Teboursouk, nappe El Krib, nappe Borj Messaoudi et celle de la plaine du Kef). Son passage très proche de l'oued Mejerdah et à l'aval de la digue de la retenue du plus grand barrage du pays (barrage de Sidi Salem), se trouve dans la zone à risque d'inondation. En plus, cette variante affecte environ 94 ha de forêt de grandes cimes dont la couverture est entre 50 et 70 %. Sur le plan
- **Variante2- Médiane** qui bifurque depuis le piémont Nord de Jebel Echehid (Nœud B) pour passer à la périphérie Sud d'El Krib, repasse en position dorsale entre la RN5 et RN18 jusqu'à arriver à la plaine de Zaâfrane (Nœud C) en croisant dans son chemin la RN12. Cette variante 2 traverse elle aussi un nombre très important de cours d'eau dont les deux cours d'eau (oued Siliana et oued khmissa) et les mêmes nappes phréatiques traversées par la variante 1. Cependant, de par son éloignement de l'aval du barrage de Sidi Salem elle ne présente le risque d'inondation. Par ailleurs, le couloir de la variante 2 affecte à lui seul 210 ha de forêt de grandes cimes dont la couverture est entre 50 et 70 %.
- **Variante3-Sud** qui continue au Sud depuis piémont Sud de Djebel Echehid (Nœud B) jusqu'à la périphérie d'El Akhwat en croisant la RR73, à la périphérie de Sidi Bou rouis puis remonte vers la plaine de Zaâfrane (Nœud C). La variante 3 traverse elle aussi un nombre très important de cours d'eau dont un seul permanent (oued Siliana).). De par sa position assez loin de la digue du barrage de Sidi Salem, cette variante ne présente pas de risque d'inondation. En rapport avec la faune et la flore, cette variante reste la moins nuisible puisque son couloir affecte les plus faibles superficies d'espace forestier toutes catégories confondues.

9.2 Les contraintes socio-environnementales pour les variantes

L'objectif principal de la construction d'une autoroute est d'améliorer la qualité de déplacements des voyageurs et de marchandises en termes de vitesse moyenne et de sécurité. Cependant, la quasi, linéarité de cette structure de transport peut éviter les zones urbanisées par la construction des bretelles, mais pose souvent un défi quant au respect de l'intégrité des unités naturelles et l'occupation du sol dans les zones rurales.

9.2.1 Comparaison des atteintes des variantes au milieu naturel

Les trois variantes traversent les affluents sud de l'oued Majerdah dont Oued Siliana, Oued Tessa et Oued Mellègue. Seule la variante 3 contourne JJbal Ech Chid par le Sud. Des formations forestières composées essentiellement par des forêts de résineux et des maquis et garrigues arborés et non arborés couvrent les reliefs à des proportions inégales. Aussi, les différentes variantes traversent plusieurs nappes phréatiques et profondes telles les nappes de Gboulat, de Bled Ghenima et de Bou Arada.

Pour pouvoir évaluer et comparer l'impact des différentes variantes sur le milieu naturel on a procédé à une analyse spatiale à travers la superposition des différentes couches qui représentent les unités naturelles par rapport à une zone tampon de 300 m pour chaque variante et sous-section de variante.

9.2.2 Comparaison des atteintes des variantes au milieu humain

Les différentes variantes traversent trois gouvernorats en touchant directement un nombre inégal de délégations par gouvernorats. Si la future autoroute desservira un certain nombre de structures urbaines et desservira des zones industrielles et des sites archéologiques, il aura des effets d'emprise entraînant la consommation d'espaces agricoles aménagés (périmètres irrigués publics et privés, plantations ...).

9.3 Analyse multicritère

Une analyse multicritère a été établie pour ressortir la variante la plus avantageuse de point de vue environnemental. Les critères d'ordre environnemental et social, concernent et englobent les sous-critères suivants :

- Effets permanents de dégradation des ressources naturelles (notamment des nappes phréatiques, des sols et de la biodiversité) ;
- Nuisances durables engendrées pour les localités environnantes (pollutions sonore et hydrique, pollution de l'air, sécurité) ;
- Et les effets sur le patrimoine culturel et historique.

La prise en compte de ces seuls sous-critères suppose que certaines préoccupations habituelles d'ordre environnemental et qui n'ont pas été retenues, feront l'objet de mesures appropriées d'atténuation des impacts négatifs prévisibles, et que ces impacts seront réduits pour toutes les variantes à leurs stricts minima acceptables.

De ce fait, et bien que ces effets soient traités dans les études d'impact, nous ne les avons pas retenus comme critères de comparaison parce qu'elles ne permettront pas de départager les variantes. Il s'agit notamment des :

- Impacts négatifs temporaires tels que ceux liés à la période de réalisation des travaux ;
- Ainsi que des effets paysagers, à la fois en ce qui concerne la qualité esthétique des ouvrages divers (Ponts et Ouvrages divers) et de leur intégration dans le paysage naturel de la région traversée.

Le résultat de cette analyse est donné dans le chapitre suivant.

10. RESULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITERES

10.1 Définition des variantes

L'analyse et la configuration des couloirs pré-identifiés lors de la précédente phase préliminaire, sur la base des données cartographiques d'analyse et de hiérarchisation des contraintes, a fait ressortir le sectionnement suivant :

- Une section A-B localisée entre l'origine du projet sur l'autoroute A3 (nœud A) et les piémonts Nord (périphérie de Doukhania) et Sud (périphérie de Laâroussa et de Gaâfour) de Djebel Echehid (nœud B),
- Une section B-C allant des piémonts Nord et Sud de Djebel Echehid (nœud B) à la plaine de Zaâfrane entre Djebel el Arkebat au Sud et Dejebel Zitouna au Nord (nœud C),

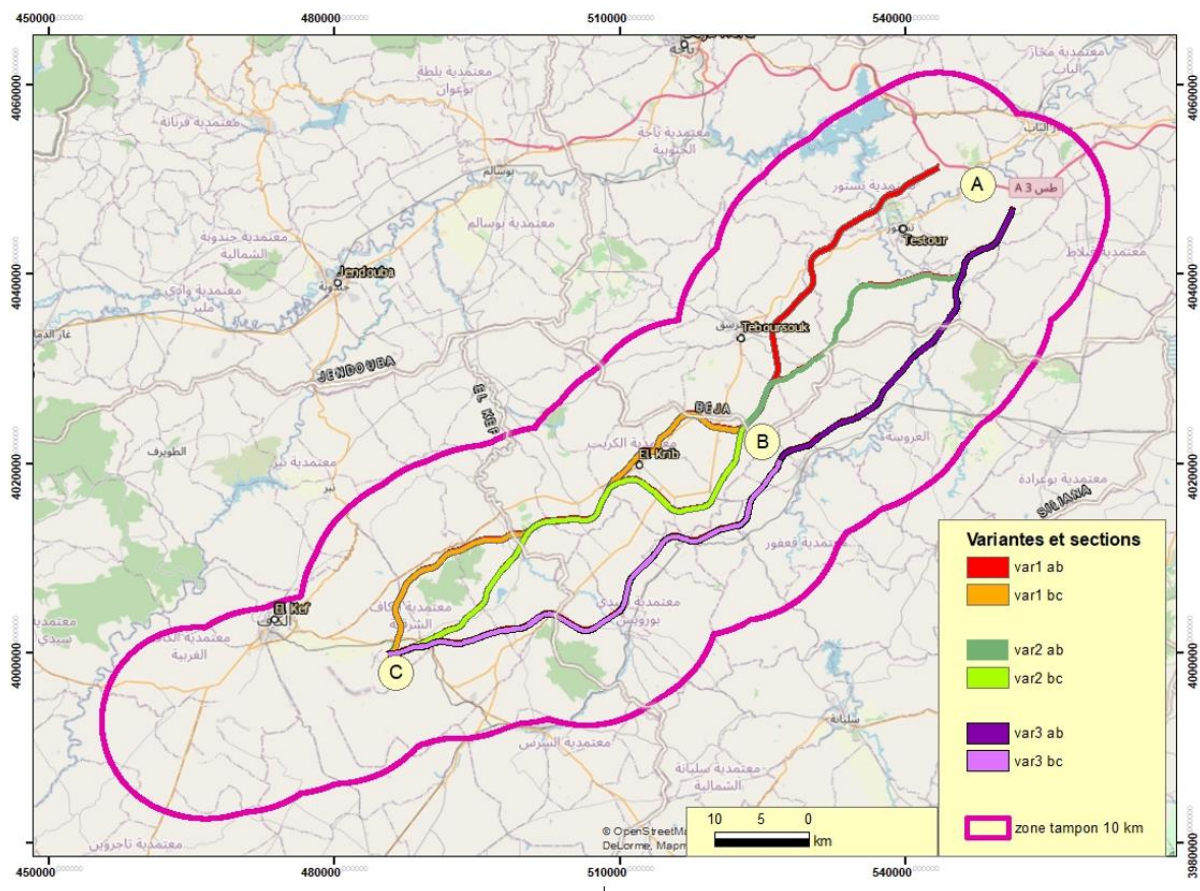


Figure 10-1 : Sectionnement de l'autoroute du Kef

10.2 Méthode de comparaison multicritères

10.2.1 Critères de comparaison

La comparaison des variantes ci-avant est menée selon trois critères globaux choisis, décomposés en sous-critères comme suit :

- Le premier critère global se rapporte aux critères techniques intégrant :
 - Le niveau de confort et de sécurité traduisant les caractéristiques de chaque variante ;
 - La longueur de chaque variante.
 - Les difficultés hydrauliques, en termes de zones inondables traversées et de nombre d'écoulements importants franchis et qui nécessitent le recours à un GOH ;

- Les difficultés géologiques/géotechniques, en termes de nombre de zones à Géorisques traversées (glissement, trias, karst),
- Le deuxième critère global se rapporte aux critères économiques intégrant :
 - Les coûts des travaux (terrassment, chaussée, drainage, ouvrages d'art, signalisation, équipements, etc.) ;
 - Les coûts de libération des emprises nécessaires à la réalisation du projet, notamment en ce qui concerne l'expropriation et l'indemnisation des occupants et exploitants ;
 - Les coûts d'exploitation et d'entretien des différents ouvrages et équipements ;
 - La rentabilité économique de chaque variante ;
 - Le trafic ;
 - Le temps de parcours.
- Troisième critère global, concerne les effets d'ordre environnemental et social, et englobe les sous-critères suivants :
 - Effets sur les ressources naturelles ;
 - Effet sur le patrimoine culturel et historique ;
 - Pertes immobilières et délocalisation de la population ;
 - Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruit, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager) ;
 - Desserte de la population, désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques

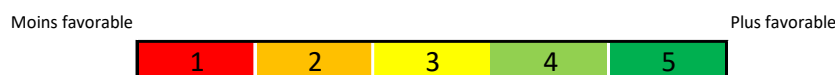
La prise en compte de ces seuls sous-critères suppose que certaines préoccupations habituelles d'ordre environnemental et qui n'ont pas été retenues, feront l'objet de mesures appropriées d'atténuation des impacts négatifs prévisibles, et que ces impacts seront réduits pour toutes les variantes à leurs stricts minima acceptables.

De ce fait, et bien que ces effets soient traités dans les études d'impact, nous ne les avons pas retenus comme critères de comparaison parce qu'elles ne permettront pas de départager les variantes. Il s'agit notamment des :

- Impacts négatifs temporaires tels que ceux liés à la période de réalisation des travaux ;
- Ainsi que des effets paysagers, à la fois en ce qui concerne la qualité esthétique des ouvrages divers (Ponts et Ouvrages divers) et de leur intégration dans le paysage naturel de la région traversée.

Les critères et sous-critères sont présentés sous la forme d'un tableau récapitulatif l'analyse qualitative des différentes variantes.

Le résultat de l'analyse qualitative des sous-critères est ensuite traduit sur une échelle de couleur de cinq niveaux, du meilleur en vert (5), au moins bon en rouge (1).



Les notes correspondantes sont ensuite reportées dans le tableau.

Tableau 10-1. Echelle de notation des variantes

Critères	Moins favorable					Plus favorable
	1	2	3	4	5	
Sous-critères (S/C)						
Critères Techniques						
Confort et sécurité (*)	Note de base, sinuosité +91% ou plus	Note de base, sinuosité +71% à + 90%	Note de base, sinuosité +51% à + 70%	Note de base, sinuosité +1% à +50%	Le parcours ayant la meilleure note (note de base ou de référence)	
Longueur	Longueur de base +31% ou plus	Longueur de base +21% à +30%	Longueur de base +11% à +20%	Longueur de base +1% à +10%	Le parcours le moins court (longueur de base ou de référence)	
Difficultés hydrauliques (Inondabilité et nombre de GOH)	Présence de plus que deux zones inondables et +61% ou plus de GOH	Présence de deux zones inondables et +41% à +60% de GOH	Présence d'une zone inondable et +21% à +40% de GOH	Passage à proximité d'une zone inondable et +1% à +20% de GOH	Le parcours ayant la meilleure note ne traverse pas des zones inondables et comporte le minimum de GOH (Note de base)	
Difficultés géologiques/géotechniques	Présence de plus que cinq zones à risque	Présence de quatre ou cinq zones à risque	Présence de trois ou quatre zones à risque	Présence d'une ou deux zones à risque	Le parcours ne présentant aucun risque géologique/géotechnique: trias, karst, glissement (situation de base)	
Critères Economiques						
Coût des travaux	Coût de base +20% ou plus	Coût de base +10 à +20%	Coût de base +5% à +10%	Coût de base +1% à +5%	Le moins cher (coût de base ou de référence)	
Coût de libération des emprises	Surface de base +31% ou plus	Surface de base +21% à +30%	Surface de base +11% à +20%	Surface de base +1% à +10%	Surface d'expropriation la moins importante (surface de base ou de référence)	
Coût d'exploitation et d'entretien	Coût de base +20% ou plus	Coût de base +10 à +20%	Coût de base +5% à +10%	Coût de base +1% à +5%	Le moins cher (coût de base ou de référence)	
Rentabilité économique	TRI de base -4 pts ou plus	TRI de base -3 pts	TRI de base -2 pts	TRI de base -1 pt	La valeur de TRI la plus importante (TRI de base ou de référence)	
Trafic	Trafic de base -61% ou plus	Trafic de base -41% à 60%	Trafic de base -21% à 40%	Trafic de base -1% à 20%	Le trafic le plus important (Trafic de base)	
Temps de parcours	Temps de base +61% ou plus	Temps de base +41% à +60%	Temps de base +21% à +40%	Temps de base +1% à +20%	Temps de parcours le plus faible (situation de base)	
Critères Environnementaux et Sociaux						

Critères	Moins favorable					Plus favorable
Sous-critères (S/C)	1	2	3	4	5	
Effets sur les ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> - Très fort risque de contamination des eaux de surface ou de la nappe phréatique en rapport avec la proximité d'une retenue d'eau ou une zone d'alimentation et de recharge d'une nappe phréatique, - Menace des ressources édaphiques et de la biodiversité suite aux défrichements et traversée de parc ou de réserves naturelles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fort risque de contamination des eaux et pour cause la densité du réseau hydrographique intersecté par tracé de l'autoroute et l'extension de la nappe phréatique en aval des eaux de ruissellement ; - Coupe partielle de la forêt au droit du passage de l'autoroute. 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque moyen de contamination des eaux en rapport avec le nombre réduit et le débit faible des cours d'eau traversés par l'autoroute ; - Perturbation des niches éco logique des peuplements faunistiques sous l'effet de l'augmentation de flux de transport la pollution sonore. 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible risque de pollution des eaux à cause de l'éloignement des retenues d'eau (barrage ou lac collinaire) et l'absence de nappe phréatique dans la zone de passage de l'autoroute ; - Dommage très limité au couvert végétal qui est initialement clairsemé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de risque de contamination des eaux et pour cause l'absence totale de barrage, de lac collinaire ou de nappe phréatique à proximité ou au passage de l'autoroute ; - Absence de couvert végétal au dans l'emprise de l'autoroute par contre ce dernier permet une meilleure desserte des parcs et réserves naturels. 	
Effets sur le patrimoine culturel et historique	<ul style="list-style-type: none"> - Traversée de site archéologique majeure. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sites archéologiques mineurs au droit de l'emprise de l'autoroute. 	<ul style="list-style-type: none"> - Passage à moins de 75 m d'un monument ou d'un site. 	<ul style="list-style-type: none"> - Passage à environ 300 m d'un monument culturel ou d'un site majeur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eloignement de plus de 500 m de site majeure avec une meilleure desserte. 	
Pertes immobilières et délocalisation de la population	<ul style="list-style-type: none"> - Traversée d'agglomérations de plus de 2000 hab. l'autoroute avec obligation de délocalisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de groupements d'habitats entre 50 et 100. dans l'emprise de l'autoroute avec obligation de délocalisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Habitats à moins de 75 m de l'autoroute dont le nombre est inférieur à 50 avec obligation de délocalisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'habitat à moins de 300 m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'habitats dans l'emprise directe ainsi que dans les environs de 300 m contre une meilleure desserte pour des centres urbains situés à quelques kilomètres. 	
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'agglomération de plus de 2000 hab. à moins de 300 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de groupements d'habitats inférieurs à 2000 hab. à moins de 300 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'habitats entre 100 et 200 maisons à moins de 300 m de l'autoroute 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'habitat à moins de 300 m mais perte de route non classées 	<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure desserte routière contre absence d'impact paysager négatif en raison d'un éloignement assez suffisant de l'autoroute 	
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de tout type de groupements d'habitats ou de zones d'activités économiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Quelques localités sans zones d'activités économiques spécifiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Présences d'agglomérations et quelques zones d'activités industrielles 	<ul style="list-style-type: none"> - Proximité immédiate de villes avec des zones d'activités industrielles 	<ul style="list-style-type: none"> - Desserte des villes importantes (chef-lieu de gouvernorat avec grande zone industrielle 	

(*) : Le sous-critère « Confort et sécurité » est évalué selon l'indice de sinuosité de chaque variante.

10.2.2 Pondération accordée aux critères

Désignons par p_1 , p_2 , p_3 les coefficients de pondération à attribuer respectivement aux trois critères globaux ci-avant. Pour les fixer, nous opérerons de la façon suivante :

- ❑ Nous conviendrons d'abord qu'il faut donner aux effets économiques et environnementaux la plus grande importance, disons le double de celle accordée au critère « Techniques » ;
- ❑ A l'intérieur du critère « Techniques », les sous-critères « Difficultés géologiques et « Difficultés hydrauliques » » auront les plus grandes importances ;
- ❑ A l'intérieur du critère « Economiques », les sous-critères « Cout des travaux » et « Rentabilité économiques » auront les poids les plus importants. ; Enfin, pour les sous critères « Environnementaux et Sociaux » une plus grande importance est accordée à la fois, à l'effet sur les ressources naturelles et celle de l'impact sur la qualité de la vie et la perception humaine.

Ces différentes considérations concernant les importances relatives des différents critères permettent de dresser le tableau récapitulatif ci-contre :

Tableau 10-2. Poids des critères et des sous-critères

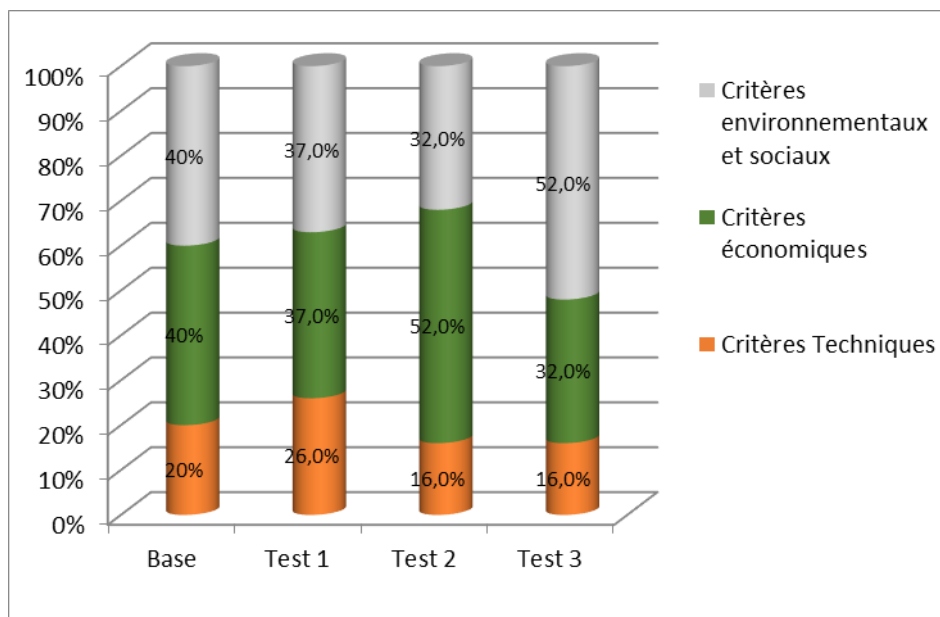
Critères/Sous-critères	Poids accordés aux sous critères	Poids accordés aux critères globaux
Critères Techniques	100%	20%
Confort et sécurité	20%	4,0%
Longueur	15%	3,0%
Difficultés hydrauliques (inondabilité et nombre de GOH)	30%	6,0%
Difficultés géologiques/géotechniques	35%	7,0%
Critères économiques	100%	40%
Coût des travaux	25%	10,0%
Coût de libération des emprises	10%	4,0%
Coûts d'exploitation et d'entretien	10%	4,0%
Rentabilité économique	20%	8,0%
Trafic	20%	8,0%
Temps de parcours	15%	6,0%
Critères environnementaux et sociaux	100%	40%
Effets sur les ressources naturelles	30%	12,0%
Effets sur le patrimoine culturel et historique	15%	6,0%
Pertes immobilières et délocalisation de la population	15%	6,0%
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	20%	8,0%
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	20%	8,0%

10.2.3 Tests de sensibilité pour la variante optimale

Nous avons testé la sensibilité de ces comparaisons multicritères pour se faire une idée de la stabilité des variantes les mieux classées au cas où on changerait la pondération entre les différents critères. Les hypothèses retenues pour ces tests sont les suivantes :

- Le premier test est basé sur une augmentation de 30% du poids du critère « Techniques » ;
- Le deuxième sur une augmentation de 30% du poids du critère « Economiques » ;
- Et le troisième sur une augmentation de 30% du poids du critère « Environnementaux et Sociaux ».

Ces différentes hypothèses sont représentées sur le diagramme ci-contre.



Graphique 10-1. Tests de sensibilité

La pondération des sous critères pour chaque test de sensibilité est récapitulée par le tableau suivant :

Tableau 10-3: Comparaison multicritère des variantes - Scénario de base et tests de sensibilité

Comparaisons multicritères des variantes - Scénario de base et tests de sensibilité					
Critères/Sous-critères	Poids	Base	Test 1	Test 2	Test 3
Critères Techniques	100%	20%	26,0%	16,0%	16,0%
Confort et sécurité	20%	4,0%	5,2%	3,2%	3,2%
Longueur	15%	3,0%	3,9%	2,4%	2,4%
Difficultés hydrauliques (Nombre de GOH)	30%	6,0%	7,8%	4,8%	4,8%
Difficultés géologiques	35%	7,0%	9,1%	5,6%	5,6%
Critères économiques	100%	40%	37,0%	52,0%	32,0%
Coût des travaux	25%	10,0%	9,3%	13,0%	8,0%
Coût de libération des sols	10%	4,0%	3,7%	5,2%	3,2%
Coûts d'exploitation et d'entretien	10%	4,0%	3,7%	5,2%	3,2%
Rentabilité économique	20%	8,0%	7,4%	10,4%	6,4%
Trafic	20%	8,0%	7,4%	10,4%	6,4%
Temps de parcours	15%	6,0%	5,6%	7,8%	4,8%
Critères environnementaux et sociaux	100%	40%	37,0%	32,0%	52,0%
Effets sur les ressources naturelles	30%	12,0%	11,1%	9,6%	15,6%
Effets sur le patrimoine culturel et historique	15%	6,0%	5,6%	4,8%	7,8%
Pertes immobilières et délocalisation de la population	15%	6,0%	5,6%	4,8%	7,8%
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	20%	8,0%	7,4%	6,4%	10,4%
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	20%	8,0%	7,4%	6,4%	10,4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

10.3 Analyse et notation des variantes

10.3.1 Section 1 : A-B

Les tableaux ci-après récapitulent la notation des trois variantes dans la Section A-B, ainsi que le classement qui en résulte, et ce pour les coefficients de pondération considérés comme Option de base. Ce classement avantage la variante 2.

Tableau 10-4 : Notation des variantes-section A-B

Notation des variantes	SECTION AB		
	Critères / Sous-critères		
	V1	V2	V3
Techniques			
Confort et sécurité	Indice de Sinuosité ~46% (+11%) 4	Indice de Sinuosité ~48% (+13%) 4	Note de base (Indice de Sinuosité ~35%) 5
Longueur	37,2Km (note de base) 5	40,6Km 4	40Km 4
Difficultés hydrauliques (Inondabilité et nombre de GOH)	5 GOH et présence de deux zones inondables 2	4 GOH (note de base) 5	4 GOH et passage à proximité d'une zone inondable 4
Difficultés géologiques/géotechniques	3 zones 3	2 zones 4	2 zones 4
Economiques			
Coût des travaux	512 MDT (coût de base) 5	527 MDT (+3%) 4	512 MDT (coût de base) 5
Coût de libération des emprises	Expropriation sur environ 335 Ha (surface de base) 5	Expropriation sur environ 365 Ha 4	Expropriation sur environ 360 Ha 4
Coûts d'exploitation et d'entretien	(coût de base) 5	coût de base + 15.8% 4	coût de base + 5.8% 4
Rentabilité économique	TRI 1% 3	TRI de base (3,6%) 5	TRI 3,3% 5
Trafic	Trafic de base -6% 4	Trafic de base 5	Trafic de base 5
Temps de parcours	25 min 3	temps de base 13,5 min 5	15 min 4
Environnementaux et sociaux			
Effets sur les ressources naturelles	* Risque moyen de contamination des eaux en rapport avec le nombre réduit et le débit faible des cours d'eau traversés par l'autoroute * Perturbation des niches écologiques des peuplements faunistiques sous l'effet de l'augmentation de flux de transport la pollution sonore 3	* Faible risque de pollution des eaux à cause de l'éloignement des retenues d'eau (barrage ou lac collinaire) et l'absence de nappe phréatique dans la zone de passage de l'autoroute * dommage très limité au couvert végétal qui est initialement clairsemé 4	* Risque moyen de contamination des eaux en rapport avec le nombre réduit et le débit faible des cours d'eau traversés par l'autoroute * Perturbation des niches écologiques des peuplements faunistiques sous l'effet de l'augmentation de flux de transport la pollution sonore 3
Effets sur le patrimoine culturel et historique	* passage à moins de 75 m d'un monument ou d'un site 3	* passage à environ 300 m d'un monument culturel ou d'un site majeur 4	* passage à environ 300 m d'un monument culturel ou d'un site majeur 4
Pertes immobilières et délocalisation de la population	* Absence d'habitat à moins de 300 m 4	* Absence d'habitat à moins de 300 m 4	* Absence d'habitat à moins de 300 m 4
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	* Présence d'habitats entre 100 et 200 maisons à moins de 300 m de l'autoroute 3	* Absence d'habitat à moins de 300 m mais perte de route non classées 4	* Présence d'habitats entre 100 et 200 maisons à moins de 300 m de l'autoroute 3

Notation des variantes	SECTION AB		
Critères / Sous-critères			
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	Proximité immédiate de villes avec des zones d'activités industrielles	Présences d'agglomérations et quelques zones d'activités industrielles	Proximité immédiate de villes avec des zones d'activités industrielles
	4	3	4

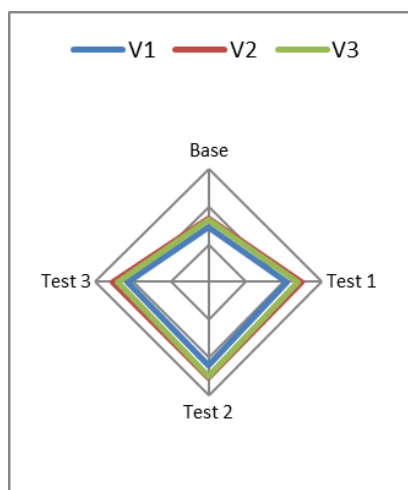
Tableau 10-5 : Comparaison des variantes-scénario de base-section A-B

Comparaison multicritère des variantes - Scénario de base		SECTION A-B		
Critères Sous-critères	Poids	V1	V2	V3
Techniques	20%	12,8	17,2	16,8
Confort et sécurité	4%	3,2	3,2	4
Longueur	3%	3	2,4	2,4
Difficultés hydrauliques (Nombre de GOH)	6%	2,4	6	4,8
Difficultés géologiques/géotechniques	7%	4,2	5,6	5,6
Economiques	40%	32,8	36,4	37,2
Coût des travaux	10,0%	10	8	10
Coût de libération des emprises	4,0%	4	3,2	3,2
Coût d'exploitation et d'entretien	4,0%	4	3,2	3,2
Rentabilité économique	8,0%	4,8	8	8
Trafic	8,0%	6,4	8	8
Temps de parcours	6,0%	3,6	6	4,8
Environnementaux et sociaux	40%	26,8	30,4	28
Effets sur les ressources naturelles	12,0%	7,2	9,6	7,2
Effets sur le patrimoine culturel et historique	6,0%	3,6	4,8	4,8
Pertes immobilières et délocalisation de la population	6,0%	4,8	4,8	4,8
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	8,0%	4,8	6,4	4,8
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	8,0%	6,4	4,8	6,4
NOTE TOTALE		72,4	84	82
RANG		3	1	2

Les différents tests de sensibilité confirment le classement obtenu pour les trois variantes dans la Section 1 : A-B, aussi bien dans la comparaison selon l'option de base que pour les différents tests, comme le montre le tableau et le diagramme synthétiques ci-après.

Tableau 10-6: Comparaison des variantes - tests de sensibilité-section A-B

Comparaison multicritère des variantes	SECTION A-B		
SCENARIO	V1	V2	V3
Base	72,4	84,0	82,0
Test 1	103,9	123,2	119,2
Test 2	110,0	127,3	125,4
Test 3	108,3	126,6	120,5



Graphe 10-2. Diagramme synthétique des différents tests de sensibilité – Section: A-B

10.3.2 Section 2 : B-C

Les tableaux ci-après récapitulent la notation des trois variantes dans la Section B-C, ainsi que le classement qui en résulte, et ce pour les coefficients de pondération considérés comme Option de base. Ce classement avantage les variantes 2 et 3.

Tableau 10-7 : Notation des variantes-section B-C

Notation des variantes	SECTION BC		
	V1	V2	V3
Critères / Sous-critères			
Techniques			
Confort et sécurité	Indice de Sinuosité ~58% (+19%) 4	Indice de Sinuosité ~42% (+3%) 4	Note de base (Indice de Sinuosité ~39%) 5
Longueur	52Km 4	52,6Km 4	50Km(note de base) 5
Difficultés hydrauliques (Inondabilité et nombre de GOH)	10 GOH 3	6 GOH (note de base) 5	9 GOH 3
Difficultés géologiques	2 zones 4	2 zones 4	1 zone 4
Economiques			
Coût des travaux	912MDT (7%) 3	846 MDT (coût de base) 5	883 MDT (+4%) 4
Coût de libération des emprises	Expropriation sur environ 470 Ha 4	Expropriation sur environ 475 Ha 4	Expropriation sur environ 450 Ha (surface de base) 5
Coûts d'exploitation et d'entretien	(coût de base+7%) 3	(coût de base) 5	(coût de base +4%) 4
Rentabilité économique	TRI 1% 2	TRI de base (3,6%) 5	TRI 3,3% 4
Trafic	Trafic de base -44% 2	Trafic de base 5	Trafic de base -9% 4
Temps de parcours	25 min 4	23 min (temps de base) 5	25 min 4
Environnementaux et sociaux			

Notation des variantes		SECTION BC		
Critères / Sous-critères				
Effets sur les ressources naturelles	* Risque moyen de contamination des eaux en rapport avec le nombre réduit et le débit faible des cours d'eau traversés par l'autoroute	* Faible risque de pollution des eaux à cause de l'éloignement des retenues d'eau (barrage ou lac collinaire) et l'absence de nappe phréatique dans la zone de passage de l'autoroute	* Risque moyen de contamination des eaux en rapport avec le nombre réduit et le débit faible des cours d'eau traversés par l'autoroute	
	* Perturbation des niches écologiques des peuplements faunistiques sous l'effet de l'augmentation de flux de transport la pollution sonore	* dommage très limité au couvert végétal qui est initialement clairsemé	* Perturbation des niches écologiques des peuplements faunistiques sous l'effet de l'augmentation de flux de transport la pollution sonore	
	3	4	3	
Effets sur le patrimoine culturel et historique	* passage à moins de 75 m d'un monument ou d'un site	* passage à moins de 75 m d'un monument ou d'un site	* passage à environ 300 m d'un monument culturel ou d'un site majeur	
		3	4	
Pertes immobilières et délocalisation de la population	- Habitats à moins de 75 m de l'autoroute dont le nombre est inférieur à 50 avec obligation de délocalisation.	- Habitats à moins de 75 m de l'autoroute dont le nombre est inférieur à 50 avec obligation de délocalisation.	- Absence d'habitat à moins de 300 m.	
		3	4	
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	* Présence d'habitats entre 100 et 200 maisons à moins de 300 m de l'autoroute	* Présence d'habitats entre 100 et 200 maisons à moins de 300 m de l'autoroute	* Meilleure desserte routière contre absence d'impact paysager négatif en raison d'un éloignement assez suffisant de l'autoroute	
		3	5	
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	Présences d'agglomérations et quelques zones d'activités industrielles	Présences d'agglomérations et quelques zones d'activités industrielles	Proximité immédiate de villes avec des zones d'activités industrielles	
		3	4	

Tableau 10-8 : Comparaison des variante-scénario de base-section BC

Comparaison multicritère des variantes - Scenario de base	
Critères Sous-critères	Poids
Techniques	20%
Confort et sécurité	4%
Longueur	3%
Difficultés hydrauliques (Nombre de GOH)	6%
Difficultés géologiques/géotechniques	7%
Economiques	40%
Coût des travaux	10,0%
Coût de libération des emprises	4,0%
Coût d'exploitation et d'entretien	4,0%
Rentabilité économique	8,0%
Trafic	8,0%
Temps de parcours	6,0%
Environnementaux et sociaux	40%
Effets sur les ressources naturelles	12,0%

SECTION B-C		
V1	V2	V3
14,8	17,2	16,2
3,2	3,2	4
2,4	2,4	3
3,6	6	3,6
5,6	5,6	5,6
22,8	39,2	32,8
6	10	8
3,2	3,2	4
2,4	4	3,2
3,2	8	6,4
3,2	8	6,4
4,8	6	4,8
24	26,4	31,2
7,2	9,6	7,2

Comparaison multicritère des variantes - Scenario de base	
Critères Sous-critères	Poids
Effets sur le patrimoine culturel et historique	6,0%
Pertes immobilières et délocalisation de la population	6,0%
Impact sur la qualité de la vie et la perception humaine (bruits, vibrations, pollution atmosphérique, impact paysager)	8,0%
Desserte de la population désenclavement et accessibilité aux zones d'activités économiques	8,0%

NOTE TOTALE
RANG

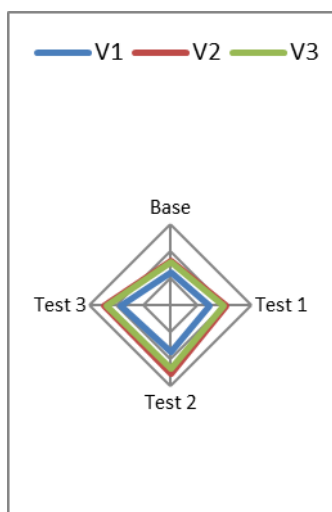
SECTION B-C		
V1	V2	V3
3,6	3,6	4,8
3,6	3,6	4,8
4,8	4,8	8
4,8	4,8	6,4

61,6	82,8	80,2
3	1	2

Pour la Section 2 : B-C, les différents tests de sensibilité confirment le classement obtenu par le scénario de base comme le montre le tableau et le diagramme synthétiques ci-après.

Tableau 10-9: Comparaison des variantes - tests de sensibilité - section B-C

Comparaison multicritère des variantes	SECTION B-C		
SCENARIO	V1	V2	V3
Base	61,6	82,8	80,2
Test 1	73,4	102,9	98,9
Test 2	88,2	129,0	117,6
Test 3	92,6	123,2	119,5



Graphe 10-3. Diagramme synthétique des différents tests de sensibilité – Section 2 : B-C

11. CONCLUSION

11.1 Efficacité attendue du projet

L'intégration régionale fait partie des premières priorités du pays. La construction d'une nouvelle liaison autoroutière entre la ville du Kef et le réseau autoroutier s'inscrit dans le cadre de la poursuite des efforts déjà entrepris pour l'extension du réseau autoroutier et la desserte des régions de l'intérieur et leur inclusion dans l'économie nationale.

Les quatre principaux effets attendus de la présente autoroute concernent :

- ❑ Réduire l'enclavement et accroître la desserte de la région,
- ❑ Améliorer l'attractivité de la région (Béjà, Siliana et Le Kef) en créant des conditions favorables pour les investisseurs,
- ❑ Renforcer l'inclusion de la région dans l'économie nationale,
- ❑ Améliorer l'accessibilité de l'ensemble des villes de la région comme Testour, Teboursouk, Goubellat, Siliana, ...

Le développement de la région ne pourra pas se faire par la réalisation du seul projet d'autoroute, et restera tributaire d'un ensemble de mesures dont les plus importantes sont les suivantes :

- ❑ Renforcement du réseau de desserte régional et réalisation d'une bonne connexion à ce réseau ;
- ❑ Développement de l'armature urbaine indispensable pour assurer un bon rayonnement sur l'économie de la région ;
- ❑ Identification des axes nécessaires à l'extension du réseau de base ;
- ❑ Programmation des liaisons de ramification et de maillage nécessaires à l'aménagement et aux équilibres territoriaux.

11.2 Variantes de tracés recommandées pour la suite des études

La caractérisation des différentes variantes et leur comparaison sur la base de critères techniques, économiques et environnementaux, fait ressortir ce qui suit :

- ❑ Dans la Section 1 (A-B), les tracés des Variantes 2 et 3 sont nettement les plus avantageux en comparaison avec le tracé de la variante 1 mais la variante 2 reste modérément mieux notée que la variante 3 aussi bien pour le scénario de base que pour les tests de sensibilité ;
- ❑ Dans la Section 2 (B-C), le scénario de base et les tests de sensibilités favorisent les variantes 2 et 3 qui présentent des scores qui se rapprochent.