



PIÈCE C

TOME 1 - ÉTUDE D'IMPACT GÉNÉRALE

Partie 8 : Méthodes et auteurs



SOMMAIRE

1	MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE	5			
1.1	DÉFINITION DES AIRES D'ÉTUDE	5			
1.1.1	Aire d'étude des cahiers territoriaux	5			
1.1.2	Aire d'étude générale	6			
1.2	DÉFINITION DES ENJEUX	8			
1.2.1	A l'échelle des cahiers territoriaux	8			
1.2.2	A l'échelle de l'étude d'impact globale	12			
1.3	DÉFINITION DES IMPACTS ET MESURES	12			
1.3.1	A l'échelle des cahiers territoriaux	12			
1.3.2	A l'échelle de l'étude d'impact globale	17			
2	MÉTHODOLOGIES DES ÉTUDES SPÉCIALISÉES	18			
2.1	ETUDES HYDRAULIQUES	18			
2.1.1	Analyse de l'état initial	18			
2.1.2	Accompagnement durant la conception des aménagements	19			
2.1.3	Analyse de l'incidence du projet	19			
2.1.4	Mesures compensatoires ou d'accompagnement	19			
2.2	MILIEU NATUREL	20			
2.2.1	Inventaires de terrain - Caractérisation des habitats naturels	20			
2.2.2	Volet naturel de l'étude d'impact	24			
2.3	CONSÉQUENCE DU PROJET SUR L'URBANISATION	25			
2.3.1	Preambule	25			
2.3.2	Rappels réglementaires	25			
2.3.3	Methodologie	25			
2.4	ANALYSE DES CONSÉQUENCES PRÉVISIBLES SUR LE DÉVELOPPEMENT ÉVENTUEL DE L'URBANISATION	26			
2.4.1	Rappels réglementaires	26			
2.4.2	Methodologie	26			
2.5	ETUDE DE CIRCULATION	27			
2.5.1	Préambule	27			
2.5.2	Horizons de présentation des résultats	27			
2.5.3	méthodologie (pour toutes les gares sauf Nice Aéroport)	27			
2.5.4	Méthodologie (pour Nice Aéroport)	27			
2.6	ETUDE ACOUSTIQUE– EFFETS DIRECTS DU PROJET	28			
2.6.1	Définitions	28			
2.6.2	Contexte réglementaire pour les infrastructures ferroviaires	29			
2.7	ETUDE ACOUSTIQUE– EFFETS INDUITS	33			
2.7.1	Description generale de l'utilisation du logiciel cadnaa dans la cadre d'une etude acoustique	33			
2.7.2	Secteur d'etude	33			
2.7.3	Hypotheses de trafic ferroviaire	43			
2.7.4	Résultats	43			
2.8	ETUDE ACOUSTIQUE – APPROCHE MULTISOURCES	44			
2.9	ÉTUDES VIBRATOIRES	44			
2.9.1	Définitions	44			
2.9.2	Evaluation de l'impact vibratoire du projet	46			
2.10	ETUDE AIR ET SANTÉ (ÉTUDES DE NIVEAU I ET DE NIVEAU III)	48			
2.10.1	Contenu des études air et santé	48			
2.10.2	Niveaux des études air et santé	48			
2.10.3	Domaine d'étude et bande d'étude	48			
2.10.4	Polluants étudiés pour les deux types d'études	49			
2.10.5	Entrants nécessaires	49			
2.10.6	Caractérisation de l'état initial	49			
2.10.7	Evaluation des émissions routières	50			
2.10.8	Evaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air	51			
2.10.9	Evaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations et sur la santé	51			
2.11	VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	52			
2.11.1	Démarche générale	52			
2.11.2	Définitions / Notions Générales	52			
2.11.3	Etape de l'analyse	52			
2.12	BILAN CARBONE PHASE CHANTIER	55			
2.12.1	Cadre législatif	55			
2.12.2	Périmètre d'étude	55			
2.12.3	Collecte des données d'entrée	55			
2.12.4	Outils employés	56			
2.12.5	Hypothèses	57			
2.12.6	Limites	58			
2.12.7	Interface et conclusions	58			
2.12.8	Interface avec le bilan carbone – phase exploitation	59			
2.12.9	Amortissement carbone	59			
3	AUTEURS	60			
3.1	ETUDE D'IMPACT GÉNÉRALE ET COHÉRENCE D'ENSEMBLE	60			
3.2	ETUDE D'IMPACT : CAHIERS TERRITORIAUX	61			
3.3	ETUDES SPÉCIALISÉES	64			

LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : LISTE DES THEMATIQUES ET SOUS-THEMATIQUES DE L'ETAT INITIAL	8
FIGURE 2 : GRILLE D'EVALUATION DES NIVEAUX D'ENJEUX.....	11
FIGURE 3 : DETERMINATION DE LA SENSIBILITE A PARTIR DE L'ENJEU INTRINSEQUE ET DE L'INSERTION DU PROJET PAR RAPPORT A LA THEMATIQUE	12
FIGURE 4 : HIERARCHISATION DES NIVEAUX DE SENSIBILITE.....	12
FIGURE 5 : LES DIFFERENTS TYPES D'INCIDENCES LIES AU PROJET	12
FIGURE 6 : LES INCIDENCES CUMULEES AVEC D'AUTRES PROJETS EXISTANTS OU APPROUVES	13
FIGURE 7 : LES INCIDENCES NOTABLES ET NON NOTABLES	13
FIGURE 8 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU BILAN ECOLOGIQUE DE LA SEQUENCE ERC (BUSINESS AND BIODIVERSITY OFFSETS PROGRAMME MODIFIE DANS LE GUIDE D'AIDE A LA DEFINITION DES MESURES ERC, CGDD, CEREMA)	13
FIGURE 9 : DEFINITION DES NIVEAUX D'INCIDENCES SUR LE MILIEU NATUREL	15
FIGURE 10 : GRILLE D'EVALUATION DES NIVEAUX D'INCIDENCES SUR LE MILIEU NATUREL	15
FIGURE 11 : LES DIFFERENTS TYPES D'INCIDENCES LIES AU PROJET	17
FIGURE 12 : RECONNAISSANCE IN SITU D'OUVRAGE HYDRAULIQUE	18
FIGURE 13 : EXEMPLE DE BILAN HYDROLOGIQUE.....	18
FIGURE 14 : EXEMPLE DE MAILLAGE BI-DIMENSIONNEL	18
FIGURE 15 : EXEMPLE D'ANALYSE DES IMPACTS A PARTIR D'UNE MODELISATION HYDRAULIQUE BI-DIMENSIONNELLE (IMPACT EN NIVEAUX D'EAU = NIVEAU D'EAU A L'ETAT PROJET MOINS LE NIVEAU D'EAU A L'ETAT INITIAL)	19
FIGURE 16 : PROSPECTION D'UN GITE CAVERNICOLE PHOTO : CEDRIC MROCZKO	22
FIGURE 17 : RHINOLOPHE GITE DANS UN BATIMENT PHOTO : CEDRIC MROCZKO	22
FIGURE 18 : PIEGE INRA – PHOTO : WWW.GARE-BTT.FR.....	22
FIGURE 19 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE MISE EN ŒUVRE (SOURCE : GUIDE CEREMA – NOVEMBRE 2017)	25
FIGURE 20 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE MISE EN ŒUVRE (GUIDE CEREMA – NOVEMBRE 2017)	26
FIGURE 21 : SCHEMA METHODOLOGIQUE POUR LES ETUDES.....	27
FIGURE 22 : SCHEMA METHODOLOGIQUE POUR L'ETUDE DE LA GARE NAE.....	27
FIGURE 23 : ÉCHELLE DES NIVEAUX DE BRUIT –SNCF RESEAU [D01]	28
FIGURE 24 : LAEQ : NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE CONTINU EQUIVALENT... 28	
FIGURE 25 : DU BRUIT DE PASSAGE AU BRUIT « MOYEN » OU DOSE DE BRUIT (LAEQ) (SNCF RESEAU [D01])	29
FIGURE 26 : CRITERE D'AMBIANCE SONORE	29
FIGURE 27 : OBJECTIFS ACOUSTIQUE – CREATION D'INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES NOUVELLES	30
FIGURE 28 : METHODOLOGIE DESTINEE A CARACTERISER L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET	30
FIGURE 29 : CRITERES DE DEFINITION DES POINTS NOIRS DU BRUIT	30
FIGURE 30 : TERME CORRECTIF A APPLIQUER A L'EMERGENCE GLOBALE SUIVANT LA DUREE D'APPARITION DU BRUIT	31
FIGURE 31 : EMERGENCES SPECTRALES AUTORISEES	31
FIGURE 32 : EXEMPLE DU PLAN DE LOCALISATION DES MESURES DE BRUIT SUR UN OPERATION	31
FIGURE 33 : REPRESENTATION 3D D'UNE MODELISATION	33
FIGURE 34 : PUISSANCE ACOUSTIQUE EN LW EN DB(A) PAR SECTIONS (SYSTRA, 2021).....	43
FIGURE 35 : PHENOMENES VIBRO-ACOUSTIQUES AU PASSAGE D'UN TRAIN (EGIS/ACOUSTB)	44
FIGURE 36 : ÉCHELLE DE NIVEAUX VIBRATOIRES (EGIS/ACOUSTB).....	45
FIGURE 37 : VALEURS DE NIVEAUX VIBRATOIRES ADMISSIBLES	46
FIGURE 38 : VALEURS VIBRATOIRES ET RESENTIS RIVERAINS	46
FIGURE 39 : VALEURS CIBLES DE VITESSE PARTICULAIRE NON PONDEREE LV,S,MAX	46
FIGURE 40 : VALEURS CIBLES DE BRUIT SOLIDIEN LPA,S,MAX GENERE	46
FIGURE 41 : RISQUE D'IMPACT VIBRATOIRE POTENTIEL EN FONCTION DE LA PRESENCE DE BATIMENTS SENSIBLES POUR UNE VOIE FERREE SANS AIGUILLAGE / APPAREIL DE VOIE	47
FIGURE 42 : RISQUE D'IMPACT VIBRATOIRE POTENTIEL EN FONCTION DE LA PRESENCE DE BATIMENTS SENSIBLES POUR UNE VOIE FERREE AVEC AIGUILLAGE / APPAREIL DE VOIE	47
FIGURE 43 : NIVEAU D'ETUDE EN FONCTION DU TRAFIC, DE LA DENSITE DE POPULATIONS ET DE LA LONGUEUR DU PROJET (NOTE TECHNIQUE RELATIVE A LA PRISE EN COMPTE DES EFFETS SUR LA POLLUTION DE L'AIR DANS LES ETUDES D'IMPACT DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES – MINISTERE).....	48
FIGURE 44 : EXEMPLE D'INSTALLATION DE CAPTEURS PASSIFS ET D'APPAREIL SEQUENTIEL (PARTISOL) (EGIS).....	50
FIGURE 45 : EXEMPLE DE FICHE DE MESURES (EGIS)	50
FIGURE 46 : EXEMPLE DE CARTES DE DISPERSION DE POLLUANTS EN VALEUR D'ISO-CONCENTRATION (EGIS)	51
FIGURE 47 : PRINCIPAUX ELEMENTS CARACTERISANT LA VULNERABILITE D'UN RESEAU D'INFRASTRUCTURE LINEAIRE.....	52
FIGURE 48 : GRILLE D'EVALUATION DU RISQUE CLIMATIQUE	54
FIGURE 49 : PAGE D'ACCUEIL LORS DE LA CREATION D'UN BILAN CARBONE SUR L'OUTIL TUVALU	56
FIGURE 50 : ILLUSTRATION DE L'OUTIL TUVALU PARTIE INTRODUCTION DES DONNEES	56
FIGURE 51 : RESULTAT PAR POSTES (MATERIAUX, TRANSPORTS, ENERGIE DE CHANTIER ..).....	58
FIGURE 52 : RESULTATS PAR LOTS TECHNIQUES.....	58
FIGURE 53 : RESULTATS DETAILLES AU SEIN D'UN LOT TECHNIQUE.....	58

1 METHODOLOGIE GENERALE DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

1.1 DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

1.1.1 AIRE D'ETUDE DES CAHIERS TERRITORIAUX

Les aires d'étude ont été définies de manière à recouvrir les emprises des travaux et à présenter l'ensemble des enjeux susceptibles d'être concernés par l'opération. Les effets potentiels de l'opération étant variables d'une thématique environnementale à une autre, deux types d'aires d'étude ont été définies en veillant à garder des échelles d'analyse cohérentes :

- une aire d'étude dite « rapprochée » d'environ 250 m autour de la zone d'intervention des travaux. Cette aire d'étude est commune à tous les thèmes ; elle permet d'informer le lecteur sur les enjeux du territoire à proximité de l'opération ;
- des aires d'études ajustées que l'on peut appeler « fonctionnelles », qui varient selon les thèmes en fonction des effets potentiels du projet sur les composantes de celui-ci et qui peuvent être soit plus larges, soit plus restreintes que l'aire d'étude « rapprochée ».

Par exemple, le milieu naturel est analysé à plusieurs échelles : un rayon de 5 km pour identifier les périmètres de protection contractuelle, un périmètre plus réduit représentant le périmètre potentiel incluant les emprises provisoires et définitives, appelé aire d'étude immédiate.

Le tableau ci-après présente les thématiques pour lesquelles l'analyse est ajustée et/ou complétée par rapport à l'aire d'étude rapprochée.

Facteur		Aire d'étude fonctionnelle
Milieu humain et socio-économie	Occupation du sol, foncier	/
	Urbanisme réglementaire	Description à l'échelle du périmètre potentiel d'intervention incluant les emprises temporaires dans lesquelles seront recherchés d'éventuels accès travaux ainsi que les zones d'installations de chantier, tout en évitant les zones à enjeux (zones d'habitat écologique, zones

Facteur	Aire d'étude fonctionnelle	
		inondables, etc.), ainsi que les emprises définitives
	Eléments socio-économiques	Description à l'échelle de la commune sur laquelle est prévue l'opération
	Activités économiques	/
	Tourisme, loisirs, liaisons douces	/
	Risques technologiques et pollution	/
	Réseaux et servitudes d'utilité publique	/
Infrastructures de transport et circulation	Offre et demande de transport	/
Milieu physique (hors eaux souterraines et superficielles)	Climat et risques associés	Analyse à l'échelle de la station météo la plus proche
	Géologie et risques associés	/
	Relief et topographie	/
Environnement physique : eaux souterraines et superficielles	Hydrogéologie	Analyse à l'échelle des masses d'eau souterraines et pouvant être ciblée en cas de données piézométriques
	Eaux superficielles	Analyse à l'échelle des données des documents cadres sur la gestion des eaux
	Risques naturels liés	Analyse à l'échelle des données des documents

Facteur	Aire d'étude fonctionnelle	
	aux eaux souterraines et superficielles	cadres sur la gestion des risques naturels et pouvant être ciblée en cas d'étude hydraulique spécifique
	Contexte écologique	Rayon de 5 km autour du projet
Milieu naturel	Investigations écologiques	Aire d'étude immédiate
	Paysage et patrimoine culturel	Paysage
Patrimoine		/
Cadre de vie et santé humaine	Environnement sonore	Analyse à l'échelle des points de mesures
	Qualité de l'air	/
	Vibration	Zone susceptible d'être impactée par les modifications de l'infrastructure ferroviaire
	Ambiance lumineuse	/
	Odeurs et fumées	/
Energie, GES et bilan carbone	Energie	Analyse à l'échelle communale
	Vulnérabilité au changement climatique	A compléter
	Gaz à effet de serre	Analyse à l'échelle territoriale (régional – départemental – communal)

1.1.2 AIRE D'ETUDE GENERALE

L'aire d'étude générale a été réfléchiée depuis 2011 et reste pertinente pour avoir une vision d'ensemble des enjeux à l'échelle du territoire.

Le tableau ci-après décrit pour chaque thématique les éléments à analyser qui seront structurants pour l'aire d'étude.

Thématiques	Les éléments structurants pour l'aire d'étude à présenter car susceptibles d'être affectés par le projet	Délimitation retenue pour la description des enjeux pour l'état initial
Climat	Description du climat en référence aux stations les plus proches avec un historique statistique suffisant. Identification des événements climatiques exceptionnels	Stations météo les plus proches de l'aire d'étude rapprochée
Relief	Analyse des grandes unités de relief	Limites de crêtes des grandes unités de relief
Géologie / Pédologie	Analyse des grandes entités géologiques et pédologiques	Grandes entités interceptées par le projet
Eaux souterraines	Analyse des grandes entités géologiques et des eaux souterraines (grandes masses d'eau souterraines). Analyse des eaux souterraines à usage d'alimentation en eau potable à l'échelle des périmètres de protection éloignée, (exemple : périmètre de protection éloignée des Sources Romaines sur les communes de Valbonne, Biot, Antibes)	Limite des masses d'eau interceptées par le projet, ou à proximité immédiate
Eaux superficielles	Analyse au niveau du bassin versant du cours d'eau (les bassins versants de cours d'eau étant de grandes entités allant au-delà de la délimitation de la zone d'étude) Grandes orientations et objectifs figurant dans les SDAGE, SAGE, contrats de milieux interceptés par le projet (mais dont le périmètre va au-delà de la zone d'étude)	Limite des bassins versants et limite des schémas directeurs interceptés par le projet
Patrimoine naturel et biodiversité	Inventaires écologiques Sites Natura 2000 à proximité de la zone d'étude et sous réserve d'effets prévisibles du projet Grandes unités biogéographiques Description des principales espèces présentes dans les régions naturelles traversées Synthèse par grands groupes d'espèces	Limite des zones naturelles d'inventaires Limite des zones naturelles réglementaires Limite des inventaires écologiques
	Schéma Régional de cohérence écologique Etude Trame verte et bleue réalisée au-delà de la zone d'étude	Limite des continuités écologiques identifiées au SRCE et interceptées par le projet
Population, habitat, activités	Démographie et tendance des communes de la zone d'étude Analyse socio-économique et perspectives d'évolution.	Limite des documents de planification des EPCI concernées (PLUi, SCOT ...)
Agriculture	Analyse locale et spatiale de l'agriculture/viticulture/Sylviculture	Limites des secteurs d'appellation concernés Occupation du Sol
Urbanisme et planification	Analyse des documents de planification à l'échelle de l'intercommunalité (SCOT)	Limite des documents de planification des EPCI concernées (PLUi, SCOT ...)
Acoustique vibrations	Analyse des Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement et des cartes de bruits stratégique Densité du bâti	Echelle départementale
Qualité de l'Air	/	Echelle régionale / départementale

Thématiques	Les éléments structurants pour l'aire d'étude à présenter car susceptibles d'être affectés par le projet	Délimitation retenue pour la description des enjeux pour l'état initial
Paysage	Unités paysagères, paysages (sites classés / inscrits) protégés et ou identitaires. Analyse de co-intervisibilité de longue distance.	Unités paysagères traversées par le projet
Patrimoine	Monuments Historiques et périmètres de protection de leurs abords Site Patrimoniaux Remarquables Sites archéologiques et Zone de Présomption de Prescription Archéologique	Limite des unités paysagères pour garder une cohérence avec la thématique Paysage
Loisirs	Analyse des équipements de loisirs	/
Gestion des déblais	Emplacement des lieux de stockage	Périmètre retenu dans la stratégie matériaux
Mobilité, déplacements	Réseau ferré régional Réseau routier régional Réseaux de transports en commun communaux ou intercommunaux	Echelle régionale

1.2 DEFINITION DES ENJEUX

1.2.1 A L'ECHELLE DES CAHIERS TERRITORIAUX

ETAT INITIAL ET FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

L'état initial des cahiers territoriaux permet **d'identifier, définir synthétiser et hiérarchiser les enjeux environnementaux**. Les facteurs environnementaux (ou thématiques) abordés au sein des cahiers territoriaux sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

Thématique	Sous-thématique
Milieu humain et socio-économie	Organisation administrative, occupation du sol et foncier
	Urbanisation
	Eléments socio-économiques
	Activités économiques
	Activités agricoles (si opération concernée)
	Tourisme, loisirs et liaisons douces
	Risques technologiques et pollution
	Réseaux et servitudes d'utilité publique
Infrastructures de transport et de circulation	Offre et demande de transport : réseau routier
	Offre et demande de transport : réseau ferroviaire
	Offre et demande de transport : transports en commun autres que le ferroviaire
	Offre et demande de transport : transport maritime
Milieu physique (hors eaux souterraines et superficielles)	Climat et risques associés
	Géologie et risques associés
	Relief et topographie
Environnement physique : eaux souterraines et superficielles	Hydrogéologie
	Etat qualitatif et quantitatif des eaux souterraines
	Usages des eaux souterraines
	Eaux superficielles
	Qualité des eaux superficielles
	Usages des eaux superficielles

Thématique	Sous-thématique
	Risques naturels liés aux eaux souterraines et superficielles
Milieu naturel	Contexte écologique
	Habitats, flore et faune
	Enjeux fonctionnels – continuités écologiques
	Zones humides
Paysage et patrimoine culturel	Paysage
	Patrimoine culturel
	Archéologie
Cadre de vie et santé humaine	Environnement sonore
	Qualité de l'air
	Vibrations
	Ambiance lumineuse
	Odeurs et fumées
Energie, GES et bilan carbone	Energie
	Vulnérabilité au changement climatique
	Gaz à effet de serre

Figure 1 : Liste des thématiques et sous-thématiques de l'état initial

DEFINITION GENERALE

Il y a enjeu environnemental quand, compte tenu de son état actuel ou de son évolution dans le temps sans le projet, une portion de l'espace ou une fonction présente une valeur au regard de préoccupations écologiques, urbanistiques, patrimoniales, culturelles, sociales, esthétiques, économiques...

Cette valeur s'apprécie par rapport à des critères scientifiques mais aussi au regard de la conscience et du poids accordé par la société et par les services concernés, au niveau national, régional ou local.

Un enjeu est donc défini par sa valeur intrinsèque et est totalement indépendant du projet.

ENJEU DE CONSERVATION DES HABITATS NATURELS ET DES ESPECES

La notion d'enjeu de conservation est distincte de celle de contrainte réglementaire. Cette dernière fait appel aux listes d'espèces protégées, qui traduisent parfois mal les priorités en termes de conservation de la flore et de la faune. SNCF-R a développé une méthode standardisée et opérationnelle pour l'ensemble du projet LNPCA. Cette méthode associe des critères quantitatifs objectifs (éléments disponibles dans des bases de données ou faisant l'objet de publications de référence) et des critères qualitatifs, qui autorisent un « dire d'expert » cadré.

Pour chaque taxon (faune / flore), un enjeu de conservation intrinsèque peut être évalué en croisant les données relatives à sa rareté, aux particularités de son aire de répartition (prise en compte de l'endémisme notamment) et à sa vulnérabilité. Les sources employées sont diverses : il s'agit d'atlas (dont l'atlas des mammifères de Provence-Alpes-Côte d'Azur), de bases de données, de listes rouges ou autres listes d'alerte comme la hiérarchisation des enjeux de conservation de la flore du conservatoire national de botanique (CBN MED) ainsi que diverses publications scientifiques. Pour les groupes les moins documentés, les connaissances propres aux spécialistes et les échanges avec divers experts extérieurs apportent un complément utile.

Chaque niveau d'enjeu est ensuite pondéré si besoin par les particularités de l'aire d'étude. Un enjeu stationnel est ainsi évalué : il traduit la valeur locale de la station du taxon observé au moment de l'inventaire (effectifs, qualité des habitats, utilisation de l'espace, etc.).

C'est la valeur de cet enjeu stationnel qui est retenue, quand elle existe.

DEFINITION DE CINQ NIVEAUX D'ENJEU

Les enjeux intrinsèques sont évalués sur une échelle à cinq niveaux, de faible à très fort et complétés de la notion de « Sans enjeu ».

Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
--------	-------	------------	------	-----------

Cette échelle permet de classer graduellement les enjeux de celui qui ne présente pas de contraintes particulières (enjeu faible) jusqu'à celui qui présente une contrainte très forte pour la réalisation du projet (enjeu très fort), entraînant probablement une adaptation technique du projet, nécessitant des études environnementales très détaillées, l'obtention d'autorisations administratives et voire de potentiels conflits à gérer.

APPLICATION AUX OPERATIONS

Les tableaux suivants permettent de hiérarchiser les enjeux au sein des cahiers territoriaux.

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu	
Milieu humain et socio-économie	Occupation du sol, bâti	Bâti aggloméré (habitat, activités)	Enjeu fort	
		Bâti dispersé	Enjeu moyen	
	Urbanisme réglementaire	Zonages A et N des documents d'urbanisme	Enjeu fort	
		Emplacements réservés, espaces boisés classés des documents d'urbanisme	Enjeu moyen	
Milieu humain et socio-économie	Activités économiques	Zones industrielles et commerciales Zones de concentration de commerces en centre-ville	Enjeu moyen	
	Activités agricoles	Terres cultivées et à forte valeur ajoutée AOC	Enjeu fort	
	Tourisme, loisirs et liaisons douces	Haut lieu touristique	Enjeu fort	
		Itinéraires de randonnées, itinéraires cyclables	Enjeu moyen	
		Equipements sportifs	Enjeu moyen	
	Risques technologiques et pollution	Transport matières dangereuse (TMD) par le réseau routier	Transport matières dangereuse (TMD) par le réseau routier	Enjeu moyen
			Transport matières dangereuse (TMD) par le réseau ferroviaire	Enjeu faible
		Site Seveso seuil haut (PPRT) et seuil bas	Enjeu très fort	
		ICPE non seveso	Enjeu fort	
		Sites et sols pollués (Basol)	Enjeu fort	
Sites et sols pollués (Basias)		Enjeu moyen		

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
Milieu humain et socio-économie	Réseaux et servitudes d'utilité publique	Réseaux structurants : transport de gaz, installations électriques à haute tension (HT)	Enjeu moyen
		Autres réseaux	Enjeu moyen
		Servitudes d'utilité publique relatives à la salubrité et à la sécurité publique (dont cimetières et PPR)	Enjeu fort
		Servitudes d'utilité publique relatives à la défense nationale	Enjeu fort
		Servitudes d'utilité publique relatives à l'utilisation de certaines ressources et équipements : énergie, mines et carrières, canalisations, communications, télécommunications	Enjeu moyen
		Servitudes d'utilité publique relatives à la conservation du patrimoine	Enjeu fort
Infrastructures de transport et de circulation	Offre et demande de transport : réseau routier	Infrastructures structurantes du territoire d'importance régionale et nationale : autoroute (y compris nœuds et échangeurs) et routes nationales	Enjeu fort
		Réseau départemental d'importance pour le trafic local	Enjeu fort
		Autre réseau départemental, réseau communal, chemin vicinal	Enjeu moyen
	Offre et demande de transport : réseau ferroviaire	Infrastructures structurantes du territoire d'importance régionale et nationale : voies	Enjeu fort

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
	Offre et demande de transport : transports en commun autres que le ferroviaire	pour le trafic ferroviaire à grande distance, voies principales, gare voyageurs	Enjeu fort
		Autres voies ferroviaires	Enjeu moyen
		Métro, tramway, bus	Enjeu moyen
		Grand Ports Maritime	Enjeu fort
Climat et risques associés		Climat méditerranéen	Enjeu faible
		Risque d'incendie de forêt, canicule	Enjeu moyen
Milieu physique (hors eaux souterraines et superficielles)	Géologie et risques associés	Géologie - Milieux karstiques ou très fissurés (calcaire, craie)	Enjeu fort
		Géologie - Galets, graviers, sables grossiers et moyens, arène granitique, calcaire, craie ou granit fissuré	Enjeu moyen
		Géologie - Sables fins à silteux, sables argileux, schistes, grès, silts argileux et argiles	Enjeu faible
		Risque sismique de niveau 3 et 4	Enjeu moyen
		Risque sismique de niveau 2	Enjeu faible
		Risque de retrait / gonflement d'argiles - aléa fort	Enjeu fort
		Risque de retrait / gonflement d'argiles - aléa moyen	Enjeu moyen
		Risque de retrait / gonflement d'argiles - aléa faible	Enjeu faible
		Risque de mouvements de terrain – présence d'un plan de prévention des risques	Enjeu fort

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
		Risque de mouvements de terrain – cavités souterraines et mouvements de terrains localisés (glissement, effondrement)	Enjeu moyen
		Potentiel radon – catégorie 3	Enjeu moyen
		Potentiel radon – catégorie 2 et 1	Enjeu faible
	Relief et topographie	Relief pentu et accidenté	Enjeu fort
		Relief vallonné	Enjeu moyen
		Relief plat, relief de plaine	Enjeu faible
Environnement physique : eaux souterraines et superficielles	Eaux souterraines	Masse d'eau souterraine d'affleurement	Enjeu très fort
		Masse d'eau souterraine d'accompagnement de cours d'eau	
		Autre masse d'eau souterraine	Enjeu fort
	Etat qualitatif et quantitatif des eaux souterraines	Zone de répartition des eaux (ZRE)	Enjeu très fort
		Préservation et non dégradation des masses d'eau	Enjeu fort
	Usages des eaux souterraines	Captage AEP public – périmètres de protection immédiate et rapprochée	Enjeu très fort
		Captage AEP public – périmètre de protection éloignée	Enjeu fort
		Captage AEP privé	Enjeu fort
		Autres usages	Enjeu moyen
	Eaux superficielles	Masse d'eau de rivière / côtière / de	Enjeu fort

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu	
		transition / de plan d'eau Cours d'eau, surface en eau	Enjeu fort	
		Autres écoulements aérien	Enjeu moyen	
		Autres écoulements enterrés	Enjeu faible	
	Qualité des eaux superficielles	Préservation et non dégradation des masses d'eau	Enjeu fort	
		Classement des cours d'eau	Enjeu fort	
	Environnement physique : eaux souterraines et superficielles (suite)	Usages des eaux superficielles	Captage AEP public – périmètres de protection immédiate et rapprochée	Enjeu très fort
Captage AEP public – périmètre de protection éloignée			Enjeu fort	
Captage AEP privé			Enjeu fort	
Autres usages			Enjeu moyen	
Risques naturels liés aux eaux souterraines et superficielles		Remontée de nappe - zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ou aux inondations de cave	Enjeu moyen	
		Risque inondation – non aggravation d'un risque inondation avec ou sans présence d'un plan de prévention des risques (PPRI)	Enjeu très fort	
Milieu naturel ¹		Contexte écologique	Périmètre de protection contractuelle et de protection au titre	Enjeu très fort

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
		d'un texte européen ou international	Enjeu très fort
		Périmètre de protection par la maîtrise foncière	Enjeu fort
		Périmètre d'inventaire	Enjeu moyen
	Habitats naturels ² <i>Ex La Pauline traité ici pour une meilleure illustration et compréhension</i>	Mares temporaires	Enjeu très fort
		Autres habitats naturels à enjeu ³	Enjeu moyen
	Milieu naturel	Flore	Espèces végétales : <i>Isoète de Durieu</i> (protégée), <i>Salicaire à feuilles de Thym</i> (protégée) ⁴ , <i>Alpiste bleuâtre</i>
Espèces végétales protégées : <i>Alpiste aquatique</i> , <i>Glaïeul douteux</i> , <i>Romulée de Colonna</i>			Enjeu moyen
Espèces exotiques envahissantes			Sans enjeu
Faune - Invertébrés		Invertébrés sur le cours d'eau du Régana : Gomphe à crochets, Aeschna paisible	Enjeu moyen
		Faune - Amphibiens	Amphibiens protégés : Crapaud calamite, têtards observés dans un fossé jouxtant le remblai ferroviaire ⁵
Amphibiens protégés : Grenouille rieuse			Enjeu faible
Faune - Reptiles		Reptiles protégés bénéficiant d'un Plan national d'action (PNA) ⁶ : Tortue d'Hermann	Enjeu assez fort
		Reptiles protégés : Tarente de Maurétanie	Enjeu faible

¹ Sur la thématique milieu naturel, la synthèse est réalisée par une approche par compartiment, l'aspect cumulatif de hiérarchisation des enjeux est abordé au sein du chapitre 1.1.

² A compléter par cahier territorial selon rédaction et fiche descriptive d'Ecosphère.

³ Identique dans tous les cahiers territoriaux pour les autres habitats non classés très fort, fort et assez fort.

⁴ Pour flore et faune, spécifier si protégée (PN ou PR).

⁵ Pour amphibiens, préciser si reproduction.

⁶ Spécifier si PNA.

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
Milieu naturel	Faune - Oiseaux	Oiseaux nicheurs protégés : Moineau friquet	Enjeu assez fort
		Autres oiseaux nicheurs dont une grande majorité est protégée	Enjeu moyen ⁷
	Faune – Oiseaux (suite)	Oiseaux migrateurs et hivernants protégés	Enjeu faible
		Autres oiseaux remarquables protégés	Enjeu faible
	Faune - mammifères	Chiroptères protégés : bâti et arbres gîtes potentiels pour les chiroptères	Enjeu fort
		Chiroptères protégés - activité de chasse et de transit ⁸ : Minioptère de Schreibers	Enjeu moyen
		Chiroptères protégés - activité de chasse et de transit : Pipistrelle pygmée	Enjeu faible
		Chiroptères - activité de chasse et de transit : Sérotine commune, Vespère de Savi	Enjeu moyen
		Autres chiroptères remarquables protégés : - activité de chasse et de transit	Enjeu faible
		Autres mammifères	Sans enjeu
		Enjeux fonctionnels – continuités écologiques	Milieus ouverts humides au sein de la trame agricole intensive
	Bois des Tourraches déconnecté et isolé		Enjeu moyen
	Structures paysagères relictuelles (lambeaux de haies, alignements d'arbres, etc.)		Enjeu faible

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
Paysage et patrimoine culturel	Zones humides	Zone humide effective réglementaire	Enjeu fort
	Paysage	Paysage urbain reconnu de valeur patrimoniale, sites ou panoramas d'exception	Enjeu très fort
		Paysage urbain fortement marqué par les infrastructures de transport et les zones industrielles et commerciales	Enjeu moyen
		Paysage agricole et naturel	Enjeu fort
	Patrimoine culturel	Monument historique et son périmètre de protection, site classé, SPR/AVAP, loi littorale	Enjeu fort
		Site inscrit, élément de patrimoine protégé au titre du code de l'urbanisme	Enjeu moyen
	Archéologie	Zone de présomption de prescription archéologique	Enjeu moyen
		Opération considérée à enjeu par la DRAC	Enjeu fort
	Environnement sonore	Ambiance sonore préexistante modérée	Enjeu fort
		Ambiance sonore préexistante non modérée	Enjeu fort
Cadre de vie et santé humaine	Qualité de l'air	Densité de population supérieure à la moyenne (> à 105 habitants au km ²)	Enjeu fort
		Densité de population inférieure à la moyenne (< à 105 habitants au km ²)	Enjeu moyen

Thématique	Sous-thématique	Enjeu recensé	Niveau d'enjeu
		Présence d'établissements à caractère sanitaire et social et sites sensibles	Enjeu très fort
		Proximité vis-à-vis de bâtiments sensibles aux vibrations : logements, établissements d'enseignement et de soin santé	Enjeu fort
	Vibrations	Pollution lumineuse importante	Enjeu faible
		Pollution lumineuse moyenne	Enjeu moyen
		Pollution lumineuse faible	Enjeu fort
	Ambiance lumineuse	Présence d'activités qui dégagent des odeurs et des fumées	Enjeu faible
Peu ou pas d'activités qui dégagent des odeurs et des fumées		Enjeu moyen	
Odeurs et fumées	Energie	Parc éolien, parc photovoltaïque, installations hydroélectrique	Enjeu moyen
		Vulnérabilité au changement climatique	Vulnérabilité des territoires (augmentation des températures, incendies, recul du trait de côte et submersion)
	Gaz à effet de serre	Présence d'activités qui produisent des gaz à effet de serre Peu ou pas d'activités qui produisent des gaz à effet de serre	Enjeu fort

Figure 2 : Grille d'évaluation des niveaux d'enjeu

⁷ Retenir le niveau d'enjeu le plus élevé dans le cas des autres oiseaux.

⁸ Préciser l'activité pour les chiroptères.

Ces 5 niveaux, présentés sous la forme d'un tableau de synthèse au sein des cahiers territoriaux, **permettent ainsi** :

- De **présenter les enjeux de façon synthétique, homogène et claire** dans un souci de lisibilité des informations et pour répondre à l'objectif d'information et de transparence vis-à-vis du public ;
- De **mettre en exergue les enjeux nécessitant une attention accrue en termes d'écoconception** ;
- **D'appliquer la séquence Eviter-Réduire-Compenser** dite « ERC » (Cf. chapitre suivant) **de façon proportionnée** aux enjeux en présence.

1.2.2 A L'ECHELLE DE L'ETUDE D'IMPACT GLOBALE

Les cahiers territoriaux (Tome C2) présentent pour chaque opération les enjeux intrinsèques de la zone associés aux différentes thématiques environnementales :

- Milieu humain et socio-économie ;
- Infrastructures de transport et de circulation ;
- Milieu physique (hors eaux souterraines et superficielles) ;
- Eaux souterraines et superficielles ;
- Milieu naturel ;
- Paysage et patrimoine culturel ;
- Cadre de vie et santé humaine ;
- Energie, GES et bilan carbone.

Les enjeux intrinsèques permettent d'identifier les éléments importants caractérisant les aires d'études concernées par le projet.

Cette partie introduit la notion de sensibilité, qui permet de caractériser les enjeux de la zone vis-à-vis de l'insertion du projet, mais aussi l'enjeu du projet vis-à-vis de certains risques. La sensibilité a été déterminée en croisant les enjeux intrinsèques identifiés pour chaque zone avec l'insertion du projet et les incidences qu'il est susceptible d'avoir sur la thématique considérée.

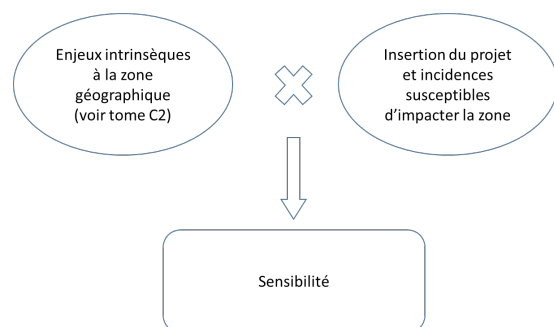


Figure 3 : Détermination de la sensibilité à partir de l'enjeu intrinsèque et de l'insertion du projet par rapport à la thématique

Les enjeux intrinsèques dans les cahiers territoriaux sont hiérarchisés en cinq niveaux (très fort, fort, assez fort, moyen, faible), auxquels s'ajoute un niveau nul. Dans le présent chapitre, la sensibilité est hiérarchisée en trois niveaux synthétiques permettant de mettre en avant les secteurs à forte sensibilité. Les niveaux de sensibilité ne sont donc pas les mêmes que les niveaux d'enjeux intrinsèques : une zone peut présenter un enjeu intrinsèque fort mais pas de sensibilité réelle au projet si l'opération n'a pas d'incidence sur les thématiques environnementales.

Le passage de cinq à trois niveaux se fait en croisant le niveau d'enjeu et la typologie d'incidence et de mesure du projet. Sont ainsi distinguées :

- **Sensibilité forte** : risque fort et/ou incidences particulières à l'opération faisant l'objet de mesures spécifiques ;
- **Sensibilité moyenne** : enjeu moyen à fort et incidences non spécifiques à l'opération, ne faisant pas l'objet de mesures spécifiques ;
- **Sensibilité faible** : enjeu faible et incidence du projet nulle ou accidentelle (donc à faible probabilité).

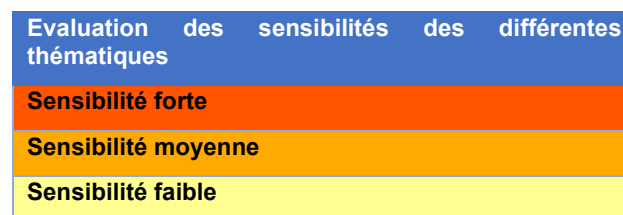


Figure 4 : Hiérarchisation des niveaux de sensibilité

A ces trois niveaux s'ajoute un niveau de sensibilité nulle, lorsqu'il n'y a aucun enjeu ni incidence.

Pour la thématique particulière « Milieux naturels », le niveau de sensibilité est considéré comme identique à celui des incidences brutes du projet. Il est estimé à dire d'experts.

1.3 DEFINITION DES IMPACTS ET MESURES

1.3.1 A L'ECHELLE DES CAHIERS TERRITORIAUX

DEFINITION DES PRINCIPALES NOTIONS

L'analyse des incidences du projet concerne à la fois **la phase de réalisation de l'infrastructure** et **sa phase de fonctionnement** intégrant ainsi les nuisances dues au trafic et à l'entretien de l'infrastructure. La réalisation du projet peut entraîner une modification de l'état initial et de son évolution prévisible sans le projet, modification qui pourra être **négative ou positive, directe ou indirecte, temporaire ou permanente, à court, moyen ou long terme**. Ces termes sont définis dans le tableau suivant.

Type d'incidence	Définition
Incidence positive	Incidence du projet qui se révélera bénéfique pour l'environnement et les populations
Incidence négative	Incidence du projet qui sera dommageable pour l'environnement et les populations
Incidence directe	Incidence directement attribuable aux travaux et aux aménagements projetés ; elles sont le plus généralement présentes dans l'emprise des travaux
Incidence indirecte	Incidence généralement différée dans le temps, dans l'espace, qui résulte indirectement des travaux et aménagements projetés et de leur entretien
Incidence temporaire	Incidence liée à la phase de réalisation ou à des opérations ponctuelles de maintenance/d'entretien lors du fonctionnement de l'infrastructure, limités dans le temps et qui s'atténue progressivement jusqu'à disparaître
Incidence permanente	Incidence durable que le projet doit s'efforcer d'éliminer, de réduire ou, à défaut, de compenser
Incidence à court terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît immédiatement ou quelques jours après la réalisation d'une opération
Incidence à moyen terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît plusieurs semaines à plusieurs mois après la réalisation d'une opération
Incidence à long terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît plusieurs années après la réalisation d'une opération

Figure 5 : Les différents types d'incidences liés au projet

Type d'incidence	Définition
Incidence cumulée	<p>La notion d'effets cumulés recouvre l'addition, dans le temps ou dans l'espace, d'effets directs ou indirects issus d'un ou de plusieurs projets et concernant le même facteur environnemental.</p> <p>Conformément à la réglementation (article R122-5 du code de l'environnement), les effets cumulés doivent être analysés avec d'autres projets existants ou approuvés qui :</p> <p>« – Ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;</p> <p>– Ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.</p> <p>Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage. »</p> <p>La liste des autres projets connus sera établie via la consultation du :</p> <ul style="list-style-type: none"> Site internet de l'autorité environnementale, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Provence Alpes-Côte d'Azur (DREAL PACA) http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/avis-de-l-autorite-environnementale-r2082.html ; Site de la direction départementale des territoires (et de la mer) DDT(M) / service en charge de la police de l'eau. <p>Les projets locaux trop éloignés du projet (distance géographique menant au-delà de la zone d'influence du projet) ou trop anciens (faisant partie de l'état initial car réalisés) ne sont pas retenus pour l'analyse.</p>

Figure 6 : Les incidences cumulées avec d'autres projets existants ou approuvés

L'article R122-5 du code de l'environnement, qui détermine le contenu du dossier d'étude d'impact, introduit la notion d'« incidence notable », l'étude d'impact devant notamment présenter : « [...] »

- 5° Une description des **incidences notables** que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement [...] ;
- 8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :
 - Éviter **les effets négatifs notables** du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;
 - Compenser, lorsque cela est possible, **les effets négatifs notables du projet** sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité. »

Le guide du CEREMA sur l'évaluation environnementale des projets d'infrastructures linéaires de transport [D01] précise que l'« impact sur les milieux peut être qualifié de « notable » lorsqu'un enjeu environnemental associé apparaît important et lorsque le projet porte atteinte au maintien de leur qualité environnementale.

Type d'incidence	Définition
Incidence négative notable	Incidence négative du projet non acceptable pour le milieu
Incidence négative non notable	Incidence négative suffisamment faible pour être acceptable par le milieu

Figure 7 : Les incidences notables et non notables

SEQUENCE EVITER-REDUIRE-COMPENSER

Introduite en droit français dès 1976, la **séquence Eviter, Réduire, Compenser (ERC)** permet de concevoir des projets, plans et programmes de moindre impact environnemental.

Les mesures ERC montrent plus directement les efforts réalisés par le maître d'ouvrage pour intégrer les considérations liées à l'environnement et la santé humaine dans son projet, puis en limiter les conséquences. **La réflexion vise à chercher l'évitement avant tout, puis la réduction des incidences qui n'ont pu être évitées et seulement en dernier lieu la compensation, si des incidences résiduelles restent notables après réduction.**

Il est donc nécessaire de souligner la distinction entre **d'une part les mesures d'évitement et de réduction**, en étroite relation avec les choix opérés lors des différentes phases de définition du projet (choix d'un parti d'aménagement, variante, sous variante), **et d'autre part, les mesures de compensation** qui interviennent, une fois toute possibilité d'adaptation écartée, sur la base d'une incidence résiduelle importante du projet.

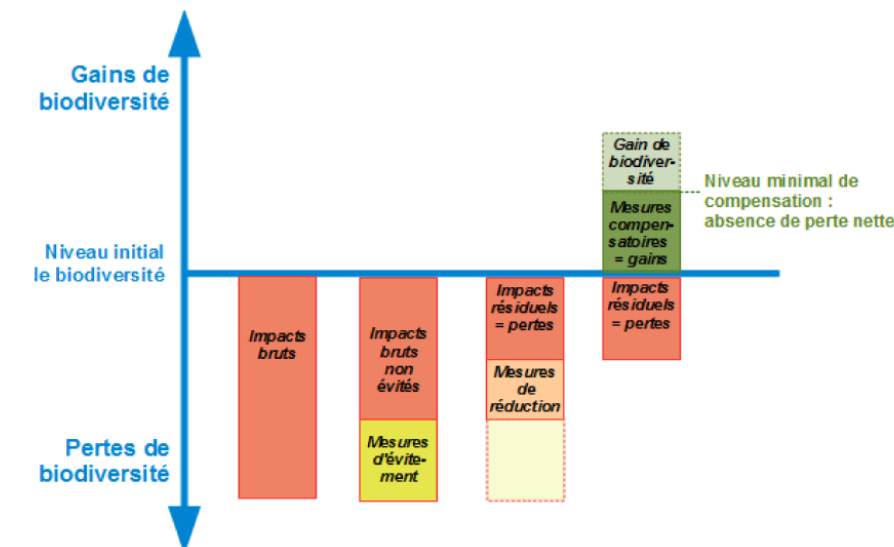


Figure 8 : Représentation schématique du bilan écologique de la séquence ERC (Business and Biodiversity Offsets Programme modifié dans le Guide d'aide à la définition des mesures ERC, CGDD, CEREMA)

INCIDENCES BRUTES

Les incidences brutes correspondent aux incidences du projet avant la recherche de mesures d'évitement et de réduction. Elles n'ont pas de valeur juridique.

MESURES D'EVITEMENT

Les mesures d'évitement modifient un projet afin de supprimer totalement une incidence négative identifiée que ce projet engendrerait. L'évitement est la seule solution qui permet de s'assurer de la non-dégradation des composantes de l'environnement et de la santé humaine par le projet.

Cela ne signifie pas que la solution retenue, avec mise en œuvre de la mesure d'évitement identifiée, n'aura pas d'autres impacts, parfois importants sur d'autres enjeux environnementaux. Mais la mesure d'évitement constitue alors le meilleur compromis possible au regard des différents enjeux pour assurer la prise en compte d'un enjeu très fort.

Les mesures d'évitement seront classées selon quatre (4) niveaux (Cf. 0 ci-après).

Les cahiers territoriaux s'attacheront à valoriser les mesures d'évitement présentées au sein des dossiers de concertation 2019, 2020 et 2021.

MESURES DE REDUCTION

Les mesures de réduction visent à réduire autant que possible la durée, l'intensité et/ou l'étendue des incidences négatives d'un projet sur l'environnement qui ne peuvent pas être complètement évitées.

Ces incidences doivent alors être suffisamment réduites, notamment par la mobilisation de solutions techniques de moindre impact, pour ne plus constituer que des incidences négatives résiduelles les plus faibles possibles.

On parlera de réduction, et non d'évitement, lorsque la solution retenue ne garantit pas ou ne parvient pas à la suppression totale d'un impact.

Elles peuvent concerner :

- La conception technique du projet : intégration d'aménagements spécifiques ou mixtes (passages grande, moyenne et petite faune par exemple, schéma d'aménagement paysager, protections acoustiques réglementaires, etc.) ;
- La phase de réalisation avec le calendrier de mise en œuvre et son déroulement ;
- La phase de fonctionnement et de maintenance des aménagements (mise au point de règles de maintenance et de gestion spécifiques).

INCIDENCES RESIDUELLES

Les incidences résiduelles correspondent aux incidences du projet après mise en œuvre effective des mesures d'évitement et de réduction.

Les deux notions d'évitement et de réduction se distinguent par le résultat environnemental constaté : incidence résiduelle nulle en cas d'évitement ou encore présente en cas de réduction.

On parle aussi d'incidences résiduelles acceptables par le milieu, en tant qu'incidences suffisamment faibles pour ne pas devoir nécessairement être compensées.

MESURES DE COMPENSATION

Les mesures de compensation ont pour objet d'apporter une contrepartie aux incidences négatives notables directes ou indirectes du projet qui n'ont pu être évitées ou suffisamment réduites. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux.

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 08 août 2016 a réaffirmé (pour les atteintes à la biodiversité) les principes de la séquence ERC et en a renforcé certains (L163-1 du code de l'environnement) :

- L'équivalence écologique avec la nécessité de « compenser dans le respect de leur équivalence écologique » ;
- L'« objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité » ;
- La proximité géographique avec la priorité donnée à la compensation « sur le site endommagé ou, en tout état de cause, à proximité de celui-ci afin de garantir ses fonctionnalités de manière pérenne » ;
- L'efficacité avec « l'obligation de résultats » pour chaque mesure compensatoire ;
- La pérennité avec l'effectivité des mesures de compensation « pendant toute la durée des atteintes ».

A noter également que le même article décrit les moyens disponibles pour mettre en œuvre une mesure de compensation des atteintes à la biodiversité (« soit directement, soit en confiant par contrat, la réalisation de ces mesures à un opérateur de compensation [...], soit par l'acquisition d'unités de compensation dans le cadre d'un site naturel de compensation ») et précise que « le maître d'ouvrage reste seul responsable à l'égard de l'autorité administrative » qui a prescrit les mesures de compensation.

Les lignes directrices nationales sur la séquence ERC ont apporté des précisions sur la nature des mesures compensatoires « Les mesures compensatoires font appel à une ou plusieurs actions écologiques : restauration ou réhabilitation, création de milieux et/ou, dans certains cas, évolution des pratiques de gestion permettant un gain substantiel des fonctionnalités du site de compensation. Ces actions écologiques sont complétées par des mesures de gestion afin d'assurer le maintien dans le temps de leurs effets. » (Cf. tableau ci-dessous).

Les lignes directrices sur la séquence ERC précisent qu'une action qui comprendrait seulement un ou deux des éléments ci-avant ne peut pas être reconnue en tant que « mesure compensatoire ». Ainsi, « la préservation de milieux, consistant à assurer la maîtrise foncière d'un site et à le protéger réglementairement, n'est pas une modalité de compensation. Dans certains cas exceptionnels, la préservation peut néanmoins être proposée comme mesure compensatoire dans le cadre d'un panachage de mesures (comprenant par exemple des mesures de restauration), si le maître d'ouvrage démontre qu'il s'agit de préserver un milieu fortement menacé, de manière additionnelle aux politiques publiques en vigueur. Les sites préservés pourront notamment permettre de garantir le bon fonctionnement des sites faisant l'objet de mesures de restauration ou de création, dans une logique de fonctionnalité écologique et de trame verte et bleue. »

MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

Les mesures d'accompagnement ne s'inscrivent pas dans un cadre réglementaire ou législatif obligatoire. Elles peuvent être **proposées en complément des mesures compensatoires** (ou des mesures d'évitement et de réduction) pour renforcer leur pertinence et leur efficacité, mais ne sont pas en elles-mêmes suffisantes pour assurer une compensation.

MODALITES DE SUIVI DES MESURES

Les mesures de suivi permettent de rendre compte de la bonne mise en œuvre et de l'efficacité des mesures ERC pendant la phase de réalisation et de fonctionnement de l'infrastructure.

Les modalités de suivi (éléments suivis, intensité du suivi, périodicité) sont proportionnées à la nature et aux dimensions du projet ainsi qu'aux incidences prévues sur l'environnement (R122-13 du code de l'environnement).

n° 13	RESTAURATION OU RÉHABILITATION (y compris mesures de gestion)	CRÉATION (y compris mesures de gestion)	ÉVOLUTION DES PRATIQUES DE GESTION
Définition	Action sur un milieu dégradé par l'homme ou par une évolution naturelle (ex.: fermeture d'un milieu par développement des espèces ligneuses suite à un abandon de gestion), visant à faire évoluer le milieu vers un état plus favorable à son bon fonctionnement ou à la biodiversité. Interventions faisant appel à des travaux (terrassment, travaux hydrauliques, génie écologique, etc.).	Action visant à créer un habitat sur un site où il n'existait pas initialement. Interventions faisant appel à des travaux de terrassment, des travaux hydrauliques ou de génie écologique.	Action qui permet d'assurer une gestion optimale d'un milieu, des espèces et de leurs habitats. L'évolution des pratiques de gestion peut être envisagée au titre de la compensation dès lors qu'elle permet un gain substantiel des fonctionnalités du site.
Nature de la mesure	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Mesures techniques visant à l'amélioration de la qualité écologique des milieux naturels. + Mesures de gestion.	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Mesures techniques visant la création de milieux. + Mesures de gestion.	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Application éventuelle d'outils réglementaires. + Mesures de gestion.

QUALIFICATION DE L'INCIDENCE BRUTE

Evaluation générale

La qualification de l'incidence brute se base sur les termes de la réglementation définis ci-avant :

- Incidence positive ;
- Incidence négative ;
- Incidence directe ;
- Incidence indirecte ;
- Incidence temporaire ;
- Incidence permanente ;

Des combinaisons sont attendues, du type « Incidence négative permanente ».

Parmi les effets attendus **sur les habitats naturels et les espèces faunistiques et floristiques**, il conviendra d'évaluer :

- **La destruction d'habitats naturels (en tant que tels) ou d'individus d'espèces remarquables** : concerne le plus souvent l'effet direct de l'emprise du chantier mais aussi, dans le cas d'infrastructures routières, les éventuelles collisions d'espèces animales en phase exploitation si l'infrastructure est positionnée dans un corridor biologique ;
- **La destruction d'habitats d'espèces** : concerne pour la faune la perte d'habitats de reproduction, de chasse ou de repos, y compris pour les oiseaux en haltes migratoires ;
- La modification des facteurs abiotiques et des conditions stationnelles : modelé du sol, composition du sol, hydrologie... ;
- **La perte d'attractivité (bruit, fréquentation, pollutions diverses)** : concerne, pour la faune, la répulsion que pourra générer le projet pour des espèces nécessitant une certaine quiétude pour accomplir leur cycle biologique. Pour la flore, il peut s'agir de l'arrivée d'espèces exogènes à caractère envahissant qui concurrencent les espèces autochtones.

Les principaux effets attendus du projet sur les fonctionnements écologiques sont :

- **Les ruptures des continuités écologiques** : concerne le morcellement des axes d'échanges intraspécifiques (qui conduit à un appauvrissement génétique) ;
- **La fragmentation des aires vitales** : concerne le morcellement des axes d'échanges entre différents habitats d'espèces utilisés à des moments clés du cycle vital des espèces (ex pour des amphibiens : isolement d'une mare de reproduction et d'un boisement voisin utilisé pour l'hivernage).

Evaluation des niveaux d'incidences sur le milieu naturel (habitat, flore et faune)

L'évaluation des incidences attendues est réalisée en confrontant les incidences des différentes composantes techniques du projet aux niveaux d'enjeux écologiques définis à l'issue du diagnostic de l'état initial.

Un niveau d'incidence est défini pour chaque habitat naturel ou semi-naturel, espèce, habitat d'espèces ou éventuellement fonction écologique (par exemple corridor). L'évaluation des niveaux d'incidences est ainsi donnée selon une échelle à cinq niveaux :

Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
--------	-------	------------	------	-----------

De façon logique, le niveau d'incidence ne peut pas être supérieur au niveau d'enjeu. Ainsi, l'incidence maximale sur un enjeu assez fort (destruction totale) ne peut dépasser un niveau d'incidence assez fort : « On ne peut donc pas perdre plus que ce qui est mis en jeu ».

Pour chaque composante du projet, le niveau d'incidence sur le milieu naturel et ses composantes dépend du niveau d'enjeu écologique concerné, de la sensibilité de l'enjeu à l'incidence et de la portée (ou intensité) de l'incidence. À ce titre, l'appréciation des niveaux d'incidences, qu'ils soient directs (destruction d'espèces) ou indirects (altération des flux), temporaires (dérangement des espèces) ou permanents, en phase travaux (consommation d'habitats, fractionnement de populations, etc.) ou exploitation (maintien d'une servitude d'entretien, visites de contrôle, etc.) peut être défini ainsi :

Définition des niveaux d'incidence sur le milieu naturel	
Très fort	L'activité affecte de manière irréversible l'intégrité de la composante ou son utilisation.
Fort	L'activité affecte lourdement l'intégrité de la composante ou son utilisation et compromet sa pérennité. L'incidence est cependant réversible.
Assez fort	L'activité affecte sensiblement l'intégrité de la composante ou son utilisation sans compromettre sa pérennité.
Moyen	L'activité affecte peu l'intégrité de la composante ou son utilisation.
Faible	L'activité n'affecte quasiment pas l'intégrité de la composante ou son utilisation.
Négligeable	Aucune incidence notable

Figure 9 : Définition des niveaux d'incidences sur le milieu naturel

Le tableau présenté page suivante permet de synthétiser les incidences et mesures au sein des chapitres 4.2.10 et 4.3.10 des cahiers territoriaux.

Enjeu stationnel	Sensibilité taxon	Portée de l'incidence	Niveau d'incidence
Très fort	Elevée	Elevée	Très fort
		Modérée	Fort
		Marginale	Assez fort
	Modérée	Elevée	Très fort
		Modérée	Fort
		Marginale	Assez fort
	Marginale	Elevée	Fort
		Modérée	Assez fort
		Marginale	Moyen
Fort	Elevée	Elevée	Fort
		Modérée	Assez fort
		Marginale	Moyen
	Modérée	Elevée	Fort
		Modérée	Assez fort
		Marginale	Moyen
	Marginale	Elevée	Fort
		Modérée	Assez fort
		Marginale	Moyen
Assez fort	Elevée	Elevée	Assez fort
		Modérée	Moyen
		Marginale	Faible
	Modérée	Elevée	Assez fort
		Modérée	Moyen
		Marginale	Faible
	Marginale	Elevée	Moyen
		Modérée	Faible
		Marginale	Négligeable
Moyen	Elevée	Elevée	Moyen
		Modérée	Faible
		Marginale	Négligeable
	Modérée	Elevée	Moyen
		Modérée	Faible
		Marginale	Négligeable
	Marginale	Elevée	Faible
		Modérée	Négligeable
		Marginale	Négligeable

Figure 10 : Grille d'évaluation des niveaux d'incidences sur le milieu naturel

CLASSIFICATION DES MESURES ERC

Le guide Théma « Guide d'aide à la définition des mesures ERC », publié par le commissariat général au développement durable (CGDD) et élaboré par le CEREMA, propose une classification nationale des mesures ERC.

La classification proposée ci-après s'en inspire sans toutefois l'appliquer à la lettre dans un souci de lisibilité et de compréhension des mesures par un public non averti lors de l'enquête publique.

La classification des mesures se base sur la séquence **ERC** :

- **ME** : Mesure d'Évitement ;
 - **ME1** :
 - **MR** : Mesure de Réduction ;
 - **MC** : Mesure de Compensation ;
- et la complète par :
- **MA** : Mesure d'Accompagnement ;
 - **MS** : Mesure de Suivi.

Cette classification s'applique en l'état aux mesures génériques, principalement de réduction, valables pour tous les cahiers territoriaux comme la mise en place d'un assainissement provisoire de chantier, la limitation des emprises au strict nécessaire ou encore le respect des prescriptions d'archéologie.

TYPLOGIE DES IMPACTS / MESURES ERC

Le tableau suivant présente une première liste des mesures ERC :

Liste des mesures ERC	
ME1	Abandon des variantes à fortes incidences
Milieu humain et socio-économie	
ME2	Évitement de bâti
MR	Acquisition de bâti
	Limitation des emprises foncières
	Maintien des accès aux activités économiques en phase de réalisation
	Indemnités agricoles
	Rétablissement des chemins d'exploitations agricoles
	Maintien des accès aux activités de tourisme et de loisirs en phase de réalisation
	Rétablissement des itinéraires de randonnée
	Limitation de la gêne aux riverains et aux usagers en phase de réalisation

Liste des mesures ERC	
	Remise en état des terrains après finalisation des travaux
	Travaux sur voies sous interruption temporaire des transports de matières dangereuses
	Mesures en cas de suspicion de terres polluées
	Rétablissement des réseaux
Infrastructures de transport et de circulation	
MR	Limitation de la gêne aux riverains et aux usagers en phase de réalisation
	Rétablissement des voiries
Milieu physique (hors eaux souterraines et superficielles)	
MR	Mesures en cas de suspicion de terres polluées
	Maîtrise du risque de pollution des sols et sous-sols pendant la phase de réalisation
	Approvisionnement en matériaux à partir de carrières existantes
	Mise en place de dispositifs spécifiques contre le risque de mouvement de terrain
Environnement physique : eaux souterraines et superficielles (suite)	
MR	Maîtrise du risque de pollution des eaux superficielles et souterraines pendant la phase de réalisation
	Mise en place d'un assainissement provisoire pendant la phase de réalisation
	Rétablissement de cours d'eau ou d'autres écoulements
	Mise en place d'une gestion séparative des ruissellements naturels et ferroviaires
	Mise en place d'un système de gestion des eaux de drainage ferroviaire
	Réduction des incidences sur les zones inondables
	MC
MS	Suivi des eaux souterraines en phase de réalisation
	Suivi des eaux souterraines en phase de fonctionnement
	Suivi des eaux superficielles en phase de réalisation
	Suivi des eaux superficielles en phase de fonctionnement
Milieux naturels	
ME2	Évitement de stations à enjeux (habitats naturels / flore / faune)
ME1	Évitement d'effet d'emprise par mur de soutènement
ME2	Évitement de zones humides
ME2	Balisage et mise en défens

Liste des mesures ERC	
MR	Réalisation des travaux aux périodes favorables
	Sensibilisation et information du personnel de chantier
	Pose de clôtures provisoires faunistiques limitant l'accès à la zone de chantier
	Mise en place d'un assainissement provisoire pendant la phase de réalisation
	Balisage, déplacement et transplantation d'espèce végétale et/ou animales
	Gestion des espèces exotiques envahissantes pendant la phase de réalisation
	Limitation des envols de poussières en phase de réalisation
	Tri des terres issues des terrassements et évacuation des excédents de terre
	Restriction des travaux de nuit aux tâches les plus nécessaires
	Remise en état des terrains après finalisation des travaux
	Repérage des gîtes (arbres, bâtis) pouvant convenir à l'accueil des chiroptères et défavorabilisation préalable
	Capture et déplacement d'amphibiens
	Rétablissement et/ou maintien des corridors de déplacement de la faune
	Création de milieux propices à l'insolation des reptiles
MC	Compensation de zones humides
	Compensation par restauration ou réhabilitation des milieux
	Compensation par création de milieux
	Compensation par l'évolution des pratiques de gestion
MS	Suivi du chantier par un écologue
	Suivis floristiques en phase de fonctionnement
	Suivis faunistiques en phase de fonctionnement
	Suivi des mesures compensatoires
Paysage et patrimoine culturel	
MR	Traitement architectural des ouvrages d'art
	Plantations paysagères
	Respect des obligations réglementaires au titre du code de l'urbanisme et du patrimoine
	Respect des prescriptions d'archéologie
MS	Suivi des plantations paysagères en phase de fonctionnement

Liste des mesures ERC	
Cadre de vie et santé humaine	
MR	Limitation de la gêne aux riverains et aux usagers en phase de réalisation
	Restriction des travaux de nuit aux tâches les plus nécessaires
	Mesure de protection acoustique par merlon ou écran anti-bruit
	Bâti nécessitant une protection acoustique complémentaire
MS	Suivi de l'environnement sonore en phase de réalisation
	Suivi de l'environnement sonore en phase de fonctionnement
	Suivi de la qualité de l'air en phase de réalisation
	Suivi de la qualité de l'air en phase de fonctionnement
Energie, GES et bilan carbone	
MR	Limitation de l'emprunte énergétique en phase de réalisation
	Restriction des travaux de nuit aux tâches les plus nécessaires

1.3.2 A L'ECHELLE DE L'ETUDE D'IMPACT GLOBALE

INCIDENCES

L'analyse des incidences du projet concerne à la fois la phase de réalisation de l'infrastructure et sa phase de fonctionnement intégrant ainsi les nuisances dues au trafic et à l'entretien de l'infrastructure.

La réalisation du projet peut entraîner une modification de l'état initial et de son évolution prévisible sans le projet, modification qui pourra être positive ou négative, directe ou indirecte, temporaire ou permanente, à court, moyen ou long terme, notable ou non notable. Ces termes sont définis dans le tableau suivant.

Type d'incidence	Définition
Incidence positive	Incidence du projet qui se révélera bénéfique pour l'environnement et les populations
Incidence négative	Incidence du projet qui sera dommageable pour l'environnement et les populations
Incidence directe	Incidence directement attribuable aux travaux et aux aménagements projetés ; elles sont le plus généralement présentes dans l'emprise des travaux
Incidence indirecte	Incidence généralement différée dans le temps, dans l'espace, qui résulte indirectement des travaux et aménagements projetés et de leur entretien
Incidence temporaire	Incidence liée à la phase de réalisation ou à des opérations ponctuelles de maintenance/d'entretien lors du fonctionnement de l'infrastructure, limités dans le temps et qui s'atténue progressivement jusqu'à disparaître
Incidence permanente	Incidence durable que le projet doit s'efforcer d'éliminer, de réduire ou, à défaut, de compenser
Incidence à court terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît immédiatement ou quelques jours après la réalisation d'une opération
Incidence à moyen terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît plusieurs semaines à plusieurs mois après la réalisation d'une opération
Incidence à long terme	Incidence dont le pic d'intensité apparaît plusieurs années après la réalisation d'une opération
Incidence négative notable	Incidence négative du projet non acceptable pour le milieu
Incidence négative non notable	Incidence négative suffisamment faible pour être acceptable par le milieu

Figure 11 : Les différents types d'incidences liés au projet

MESURES

On désigne par « mesures génériques » les mesures appliquées pour répondre à une incidence qu'on retrouve de manière systématique pour les différentes opérations.

Elles s'opposent aux mesures qualifiées de « spécifiques » qui sont mises en place dans le cas d'une incidence particulière à l'opération en raison du type d'aménagement ou de la sensibilité de la zone.

Par exemple, sur la sous-thématique « géologie » dans « milieu physique » en phase de réalisation :

- La mesure « maîtrise du risque de pollution des sols et sous-sols au droit des zones de stockage de terres polluées » constitue une **mesure générique** car appliquée à toutes les opérations.
- En revanche, pour les opérations de Cannes la Bocca et de la Pauline, la mesure « réutilisation de déblais dans le cadre de l'opération afin de limiter les apports en matériaux extérieurs » constitue une **mesure spécifique** car particulière aux travaux réalisés et à la quantité de déblais générée.

La classification des mesures se base sur la séquence ERC (Eviter, Réduire, Compenser) :

- **ME** : Mesure d'Evitement :
 - **ME1** : Mesure d'Evitement « amont » ;
 - **ME2** : Mesure d'Evitement géographique ;
 - **ME3** : Mesure d'Evitement technique ;
 - **ME4** : Mesure d'Evitement temporel ;
 - **MR** : Mesure de Réduction ;
 - **MC** : Mesure de Compensation ;
- et la complète par :
- **MA** : Mesure d'Accompagnement ;
 - **MS** : Mesure de Suivi.

Pour chaque thématique, les mesures spécifiques présentées dans le tableau associé sont numérotées et cartographiées.

2 METHODOLOGIES DES ETUDES SPECIALISEES

2.1 ETUDES HYDRAULIQUES

2.1.1 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL

L'analyse des éléments concernant la problématique hydraulique et en particulier celle des inondations de s'est déroulée en 4 étapes :

- Récolte des **données existantes** (Etudes spécifiques existantes, documents de cartographie de zones inondables type TRI, PPRI, Atlas des zones inondables, topographie au sol et LIDAR RGE Alti 1 m d'IGN)
- **Visite de terrain** de l'hydraulicien pour tous les sites étudiés, mesures des caractéristiques dimensionnelles complémentaires, échange avec des riverains en fonction des rencontres de terrain, parcours du bassin versant en site urbain pour mieux en apprécier les limites, expertise visuelle des ouvrages hydrauliques ou passage piéton sous voie ferrée, appréciation des coefficients de rugosité, identification des réseaux pluviaux locaux, etc...



Figure 12 : Reconnaissance in situ d'ouvrage hydraulique

- **Bilan hydrologique** : les estimations des débits de références des cours d'eau étudiés reposent sur les études antérieures. Au besoin, des calculs homothétiques (formule de MEYER) ont été réalisés pour connaître les débits au droit du projet.

Formule de Myer :

$$QT_2 = QT_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^\alpha$$

Avec :

QT_1 = débit connu de période de retour T du bassin versant (BV1)

QT_2 = débit de période de retour T du bassin versant étudié (BV2)

S_1 = surface du bassin versant BV1

S_2 = surface du bassin versant BV2

Alpha = coefficient compris entre 0.7 et 0.8

Vallon	La Bourrasque	Le Barbarie	Le Dégoutant
Superficie	1,5 km ²	4,3 km ²	20 km ²
Q 100 en m ³ /s	9	21	72

Figure 13 : Exemple de bilan hydrologique

- **Bilan hydraulique de l'état initial**, soit en créant un modèle de simulation des écoulements (modèle unidimensionnel ou bi-dimensionnel), soit en utilisant un modèle existant, soit à dire d'expert pour les cas les plus simples. On cherche à qualifier les écoulements dans la zone de projet afin de déterminer les effets potentiels des crues sur l'infrastructure ferroviaire existante.

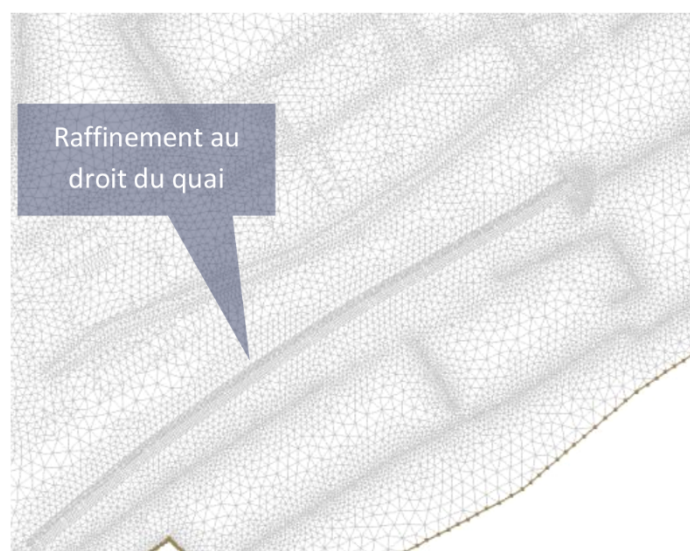


Figure 14 : Exemple de maillage bi-dimensionnel

Pour la modélisation hydraulique, les écoulements sont simulés en régime transitoire. Les logiciels utilisés (Mike, Telemac, InfoWorks) résolvent les équations de Barré de Saint Venant.

Les paramètres pouvant avoir une influence sur la précision des modèles entrant en jeu sont (entre-autre) : les coefficients de rugosités des conduites, ouvrages et surface des lits majeurs, les pas de temps, la taille des mailles, la topographie utilisée.

- Les paramètres étudiés sont les hauteurs d'eau, niveaux et les vitesses d'écoulement.
- Lorsque le projet est situé à proximité de la mer, le niveau marin de référence est celui généralement utilisé dans l'élaboration des PPRI à savoir 1,3 m NGF.

Note sur les incertitudes liées à la modélisation hydrologique et hydraulique

Les modèles sont une représentation simplifiée d'un processus ou d'un système, la plupart du temps sous une forme différente par rapport au système lui-même. Ainsi, les comportements hydrologique et hydraulique d'un bassin versant urbain soumis à une précipitation peuvent être très complexes et un modèle peut fournir une vue simplifiée permettant de réduire cette complexité et de résoudre des problèmes spécifiques. Ainsi, l'utilisation d'un modèle suppose qu'on soit conscient des relations plus ou moins floues qui peuvent exister entre les problèmes de conception qui doivent être résolus, l'incertitude qui peut être associée au modèle et l'interprétation des résultats obtenus par modélisation.

Aussi, les modèles hydrologiques permettant de traduire la transformation Pluie-Débit ne traduisent jamais l'ensemble des processus en jeu, mais tentent de s'en approcher par simplification, ramenant la formulation mathématique aux seuls paramètres jugés les plus importants et déterminants dans la réponse hydrologique. En ce qui concerne la modélisation des écoulements, celle-ci est limitée par les approximations et hypothèses du code de calcul lié au logiciel lui-même. On peut citer à titre d'exemples :

Le code 1D ou 2D : l'hypothèse est faite d'une répartition des vitesses homogène sur la section d'écoulement ce qui n'est, en réalité, jamais totalement le cas. Il en est de même pour les écoulements 2D puisqu'en réalité, les écoulements se produisent dans les 3 dimensions d'espace.

Les changements de régimes d'écoulement faisant par exemple passer d'un écoulement en charge à un écoulement à surface libre ou encore d'un écoulement fluvial à un écoulement torrentiel : la plupart des logiciels de simulations hydrauliques montrent des limites dans leur aptitude à gérer les changements de régimes d'écoulements car, dans ce cas, on peut voir apparaître des discontinuités sur la ligne d'eau. La position du ressaut hydraulique ne peut être évaluée finement. De plus, les phénomènes qui se produisent au niveau de ces état limites sont difficilement prévisibles et peuvent engendrer d'autres phénomènes rendant plus défavorables encore les conditions

d'écoulement (par exemple, l'emprisonnement d'air dans l'écoulement en conduite- qui est négligé dans la simulation numérique - peut engendrer des effets de type « coups de béliers »).

Le transport solide est négligé alors qu'en réalité, il peut modifier le profil en long au cours d'une crue et participe au débit total constitué d'une part solide non évaluée ici.

Enfin, les paramètres des modélisations eux-mêmes sont eux-mêmes sources d'incertitudes :

- Les données topographiques : les erreurs topographiques et hydrologiques sont considérées comme les sources majeures d'incertitudes dans la modélisation de l'aléa inondation (Stelling & Verwey, 2005) ;
- Les conditions aux limites amont et aval du modèle (notamment liées à l'hydrologie : coefficients de ruissellement, pluies, paramètres des sous bassins versants...);
- Les coefficients de rugosité ;
- Les incertitudes liées à la structure du modèle.

Dans la pratique, il est souvent impossible de prendre en compte l'ensemble des sources d'incertitudes.

Ainsi, bien que les modèles parviennent généralement à représenter de manière acceptable le fonctionnement des bassins versants, cette représentation, nécessairement simplifiée, reste imparfaite.

Les objectifs fixés reposent donc sur les résultats des modélisations et n'ont pas de valeurs à représenter strictement la réalité. Malgré ces quelques réserves, la modélisation est un outil privilégié en hydrologie et hydraulique urbaine et fluviale puisqu'elle permet d'obtenir une meilleure compréhension des systèmes à l'étude et de fournir une base pour une prise de décision éclairée ; on peut trouver là un de ses plus grands avantages. Ainsi, nous considérons que la méthodologie employée ici est adaptée au besoin de la présente mission.

2.1.2 ACCOMPAGNEMENT DURANT LA CONCEPTION DES AMENAGEMENTS

Au vu des éléments d'état initial, les contraintes hydrauliques ont été intégrées et prises en compte dans la conception des aménagements à chaque réunion d'écoconception. Les mesures d'évitement ont été intégrées durant cette phase sur les avis de l'expert hydraulicien, en évitant au maximum les remblais en zone inondable dès la conception, en limitant les interventions en lit mineur de cours d'eau et en cherchant toujours à profiter des travaux en question pour tendre vers une **amélioration de la situation hydraulique**.

2.1.3 ANALYSE DE L'INCIDENCE DU PROJET

Les éléments de projet ayant été calés, les incidences hydrauliques ont été approchées soit :

- par un avis d'expert si les enjeux locaux étaient plutôt faibles,
- au moyen d'une simulation des écoulements par modélisation 2D.

Les incidences ont été évaluées en comparant l'état projet avec l'état actuel de référence, sur la base d'une **crue centennale** et exceptionnelle selon les cas.



Figure 15 : Exemple d'analyse des impacts à partir d'une modélisation hydraulique bi-dimensionnelle (impact en niveaux d'eau = niveau d'eau à l'état projet moins le niveau d'eau à l'état initial)

2.1.4 MESURES COMPENSATOIRES OU D'ACCOMPAGNEMENT

Selon les sites étudiés, les mesures compensatoires ou d'accompagnement ont été dimensionnées en utilisant les modèles de simulation des écoulements ou sur la base d'avis d'expert.

Les mesures envisagées sont dimensionnées au stade de la faisabilité. Ces études hydrauliques garantissent que ces mesures sont réalisables et qu'elles atteignent les **objectifs de réduction recherchés**.

Les dimensionnements définitifs seront affinés lors des études ultérieures constitutives des dossiers de demande d'autorisation ou déclaration au titre du Code de l'Environnement.

2.2 MILIEU NATUREL

2.2.1 INVENTAIRES DE TERRAIN - CARACTERISATION DES HABITATS NATURELS

Le travail vise à compléter, actualiser et préciser la cartographie des habitats élaborée dans le cadre des études naturalistes précédentes :

- Compléter : réaliser la carte des habitats naturels dans les parcelles non incluses dans les zones d'investigation prioritaire de la première campagne d'inventaire ;
- Actualiser : prendre en compte les évolutions du territoire survenues depuis les inventaires précédents (aménagement notamment) ;
- Préciser : utiliser la deuxième campagne d'inventaires pour caractériser les formations végétales à un rang plus précis des nomenclatures et homogénéiser l'information sur tout le territoire.

Les référentiels taxonomiques utilisés pour les habitats naturels sont identiques à ceux utilisés pour les études précédentes :

- Corine Biotope « Devillers P., Devillers-Terschuren J., Ledant J.-P. & coll., 1991. CORINE biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications - Part 2. EUR 12587/3 EN. European Commission, Luxembourg, 300 p » ;
- Natura 2000 « Typologie des Cahiers d'habitats synthétisée à partir de la collection des Cahiers d'habitats (Bensettiti et al., 2001-2005) » ;
- Classification phytosociologique « Prodrôme des végétations de France, classification jusqu'au niveau de la sous-alliance phytosociologique selon Bardat et al., 2004 ».

Dans la continuité des études précédentes, la typologie suivante sera utilisée pour caractériser l'occupation du sol :

- Eléments surfaciques de l'occupation du sol => polygone
- Haies => polyligne
- Ripisylves => polyligne ou polygone suivant la largeur de la ripisylve (polygone à partir de 10 m de large)
- Rivières => polyligne ou polygone suivant la largeur du cours d'eau (polygone à partir de 10 m de large)
- Fossés => polyligne
- Etangs, mares, lagunes... => polygone ou point selon la taille (moins de 20 m de diamètre)
- Infrastructures linéaires (voie ferrée, route...) => pas de saisie / arrêter les polygones en limite de ces infrastructures, bermes incluses

- Chemins et petites départementales inférieurs à 5m => intégrer dans parcelle
- Chemins et petites départementales supérieurs à 5 m => cf. infrastructure linéaire

Ces éléments sont construits tout d'abord via photo-interprétation de la BDOrtho® (avec couplage SCAN25®) au 1/10 000 (pour une échelle de rendu au 1/25 000), avant validations par des campagnes de terrain et reprises autant que nécessaire.

Les habitats remarquables de taille réduite (mares et ruissellements temporaires) feront l'objet de zooms si nécessaire, avec cartographie au 1/2 500.

INVENTAIRES FLORISTIQUES

Les inventaires réalisés dans le fuseau de la variante retenue ont pour objectif de caractériser la richesse et diversité floristique des groupements végétaux, de localiser les secteurs à plus fort enjeux de conservation nécessitant en priorité la recherche de solutions d'évitement, d'identifier les espèces végétales pour lesquelles les mesures d'évitement ne seront pas suffisantes et pour lesquelles des mesures de compensation devront être mises en œuvre.

La mise en œuvre d'investigations de terrain relatives à la flore vasculaire implique une démarche logique et structurée selon trois étapes principales :

- l'élaboration d'un référentiel taxonomique contextualisé ;
- le choix des informations à recueillir et l'élaboration des fiches de terrain ;
- la planification et la réalisation des inventaires.

Les protocoles prévus pour les études de phase 2 sont compatibles avec les protocoles mis en œuvre lors des études de phase 1 :

- mise en œuvre de points d'observation standardisés répartis de manière à prendre en compte la représentativité des grands habitats ;
- réalisation de prospections aléatoires complémentaires pour les espèces à détectabilité difficile et de prospections ciblées pour les habitats les plus attractifs.

La planification des inventaires sera organisée de manière à cibler les populations d'espèces à enjeu de conservation dans le fuseau.

- la base de données SILENE Flore (<http://flore.silene.eu/index.php?cont=accueil>) ;
- le conservatoire botanique méditerranéen de Porquerolles ;
- la compilation d'atlas départementaux et autres ouvrages de référence ;

- des contacts auprès de sociétés savantes telles que la Société Linnéenne de Provence ;
- des publications dans des revues spécialisées (Le Monde des Plantes, Bulletin de la Société Linnéenne de Provence, etc.)

La dernière version du référentiel TAXREF (version 9.0 de décembre 2015) est utilisée dans le cadre du présent travail.

Dans un premier temps, la liste des taxons cible sera établie à partir des listes d'espèces patrimoniales et/ou réglementées potentiellement présentes dans l'aire d'étude. Ces listes sont notamment :

- annexes II, IV et V de la directive Habitats ;
- annexes 1 et 2 de la Convention de Berne ;
- liste des espèces protégées en France ;
- liste des espèces protégées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, ainsi que dans les départements des Bouches du Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes ;
- Livre Rouge national tome 1 ;
- Livre Rouge national tome 2 en projet ;
- Liste rouge de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- liste des espèces déterminantes et remarquables pour les ZNIEFF de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Le catalogue de la flore rare et menacée en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (ROUX J. P. & NICOLAS, 2001) viendra compléter ces listes, principalement sur la base du critère de rareté.

Toutes les espèces végétales protégées susceptibles d'être rencontrées dans l'aire d'étude font partie de cette liste, indépendamment de leur niveau d'enjeu.

Note importante : les bryophytes ne feront pas l'objet d'inventaires ciblés mais les principaux taxons les plus patrimoniaux pourront être notés et signalés lorsqu'ils seront contactés au gré des prospections des botanistes (*Riccia spp.*, *Mannia triandra*, etc.).

INVENTAIRES DE LA GRANDE ET DE LA PETITE FAUNE

Le projet traverse de larges secteurs boisés au sein desquels la petite et la grande faune terrestre trouvent des espaces favorables (bois de la Valmasque et de la Brague, collines de Grasse...).

La **Petite Faune** comprend :

- des espèces protégées comme le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*), l'Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*), le Muscardin (*Muscardinus avellanarius*), la Genette (*Genetta genetta*) et le Chat forestier (*Felis silvestris*) ;
- des espèces sans statut particulier, tels les petits Insectivores : crocitudes, musaraignes, etc. et les petits Rongeurs : Loir (*Glis glis*), Léroty (*Eliomys quercinus*), campagnols, mulots, rats, souris, etc. ;
- des espèces chassables (Arrêté ministériel du 26 juin 1987 modifié) et/ou dites « nuisibles » (à partir d'une liste nationale française des espèces d'animaux susceptibles d'être classés nuisibles, fixée par arrêté du 30 septembre 1988, modifiée le 18 mars 2009, une liste départementale est fixée par un arrêté préfectoral), comme les Mustélidés terrestres - Belette (*Mustela nivalis*), Hermine (*Mustela erminea*), Putois (*Mustela putorius*), Fouine (*Mustela foina*), Martre (*Martes martes*) et Blaireau (*Meles meles*) - ou encore le Renard (*Vulpes vulpes*).

La **Grande Faune** comprend les Ongulés, c'est-à-dire, pour le territoire concerné, principalement le Chevreuil (*Capreolus capreolus*), le Sanglier (*Sus scrofa*) et le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*), voire le Loup gris (*Canis lupus*), dont des observations ont été réalisées récemment à proximité de la zone préférentielle d'inventaires.

Les objectifs de l'étude sont :

- de caractériser la diversité spécifique de la petite et de la grande faune terrestre dans l'aire d'étude en axant les inventaires sur les espèces d'intérêt patrimonial ainsi que sur leurs habitats ;
- d'analyser les flux de faune sauvage au sein de l'aire d'étude afin de définir les zones à enjeu et de hiérarchiser les voies de déplacement entre les différents noyaux de population.

L'étude de la grande faune et de la petite terrestre se basera dans un premier temps, sur une enquête auprès de l'ONCFS, des fédérations et sociétés de chasse, des associations naturalistes..., ainsi qu'auprès d'Escota (au titre de l'exploitation de l'autoroute A8), des gendarmeries et de la DDTM, afin de connaître les tronçons routiers accidentogènes pour la grande faune et l'existence d'éventuels ouvrages et passages faunes sur des infrastructures proches, et appréhender ainsi les corridors. L'ONF sera également contacté pour les boisements soumis au régime forestier.

Les informations suivantes seront recherchées :

- Territoires de chasse et modalités générales d'organisation des activités cynégétiques ;
- Attributions et tableaux de chasse par commune et/ou secteur ;
- Axes de déplacement déjà identifiés ;
- Zones de collisions connues avec des infrastructures ;
- Localisation et caractéristiques des éventuels passages faunes sur des infrastructures existantes.

L'ensemble des prospections de terrain effectuées par les naturalistes mobilisés sur cette étude permettront de récolter divers indices de présence (empreintes, laissées, coulées, traces odorantes, cadavres, etc.), voire de réaliser des observations fortuites d'individus vivants.

Un réseau écologique cohérent permet aux espèces animales et végétales de circuler, de s'alimenter, de se reproduire, de se reposer... en d'autres termes, d'assurer leur survie. L'analyse spatiale croisée des éléments paysagers et des données récoltées permettront de faire ressortir les corridors et les obstacles à la circulation des grands mammifères.

L'analyse des continuums écologiques est faite par mise en place de pièges photographiques fixés aux murs d'ouvrages (auto)routiers ou ferroviaires inférieurs, sur les rambardes des passages supérieurs, ou bien sur des pieux *in natura* au niveau de coulées.



Exemple d'installation d'un piège photographique
Photo : Bénédicte Culorier

Les images recueillies seront horodatées, permettant un traitement des données recueillies. On pourra ainsi connaître le nombre de contacts par jour, toutes espèces confondues ou pour chaque espèce. Une étude plus approfondie des clichés pourra si nécessaire mettre en évidence :

- le passage d'individus en dispersion ou migration, et donc mettre au jour un corridor efficace (pour cela les individus doivent être facilement identifiables, comme le chat forestier, le cerf mâle, le chevreuil mâle...);
- le type de fréquentation d'une zone donnée par différentes espèces (passages quotidiens, occasionnels, passages uniquement de jeunes mâles, ou uniquement de jeunes...).

Chaque appareil sera installé sur site pour une durée de 28 jours consécutifs, avec une répartition de la pose au cours de chacun des saisons. (4 campagnes de pose au total).

INVENTAIRES DES CHIROPTERES

L'étude des Chiroptères sera axée non seulement sur la recherche des espèces d'intérêt patrimonial mais également sur l'analyse du fonctionnement écologique des espaces (localisation des gîtes, des zones d'alimentation, des axes de déplacement privilégiés...). Une grande importance sera accordée aux éléments structurants du paysage (haies, alignements d'arbres, cours d'eau...) qui sont fréquentés par les chiroptères entre leur gîte et leur terrain de chasse.

Les chiroptères seront recherchés soit de jour dans les gîtes potentiels (bâtiments, grottes, tabliers de ponts, etc.) soit de nuit lorsqu'ils se déplacent. Dans ce dernier cas, des techniques très particulières sont employées, basées sur l'écoute ultrasonore soit active (en présence de l'observateur), soit passive (enregistreurs automatiques). Les résultats seront interprétés à l'aide d'outils informatiques spécialisés.

Les recherches conduites dans le fuseau de la variante retenue viseront à caractériser :

- La distribution des colonies (hibernation, reproduction, transit, swarming) au sein des habitats favorables (entité forestière, paroi rupestre, sites hypogé/épigé) ;
- l'attractivité des habitats de chasse et des éléments paysagers favorables aux transits ;
- l'évaluation et la hiérarchisation de l'ensemble des « grands » corridors et vecteurs de déplacement préférentiel (flux migratoires notamment) ;

Note : aucun protocole de capture ne sera déployé dans le cadre de cette étape.

En période hivernale, les prospections des gîtes a été faite de mi-novembre à fin février, avec une préférence pour les coups de froid de janvier et février, les recherches se focaliseront sur les sites souterrains (caves, carrières, abris hypogés, souterrains divers, formations karstiques...). Les prospections sont effectuées grâce à des lampes frontales et des lampes portables puissantes qui permettent d'inspecter les anfractuosités, les « plafonds » et les fissures susceptibles d'accueillir des chauves-souris en hibernation.



Figure 16 : Prospection d'un gîte cavernicole Photo : Cédric Mroczko

En période estivale, des prospections auront lieu afin de repérer les éventuels gîtes naturels et liés au bâti. Pour cela, nous effectuerons une visite des cavités naturelles identifiées et ponts routiers de la zone d'étude et de ses abords.

La prospection des colonies liées aux bâtiments et aux ouvrages est subordonnée à la possibilité d'accès sur le site. Les bâtiments ne seront donc visités que lorsque nous aurons pu obtenir un accord de la part des propriétaires. Nous proposons dans ce dernier cas de mettre en place des systèmes d'enregistrement automatique des ultrasons de type Anabat ou SM2BAT.

Lors des prospections, les zones boisées accueillant des arbres favorables à l'accueil des chiroptères qui seront rencontrées seront systématiquement notées.

Pour des raisons de sécurité, les sites seront prospectés à deux personnes.

Les données seront reportées sur la fiche de terrain « faune » (cf annexe 4).



Figure 17 : Rhinolophe gîté dans un bâtiment Photo : Cédric Mroczko

Les prospections au détecteur d'ultrasons ont été réalisées par prospection mobile et prospection automatisée. Les prospections auront lieu à deux périodes : aux mois de juin-juillet durant la période de reproduction, et entre les mois d'août à octobre, période de forte activité (migration, transit, accouplements). Les prospections auront souvent lieu de nuit, dans des zones souvent difficiles d'accès. Elles

seront effectuées systématiquement à deux personnes pour assurer la sécurité du personnel.

Tous les points de contacts avec les chiroptères seront localisés précisément avec le détail des espèces qui y sont liés.

INVENTAIRES DES MAMMIFERES AQUATIQUES

Campagnol amphibie

La présence du campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) sur un site peut être mise en évidence de façon efficace par la découverte d'indices de présence. En milieu aquatique linéaire (cours d'eau), le campagnol amphibie vit en groupe de quelques individus occupant une portion de berges représentant un linéaire de l'ordre d'une centaine de mètres, le long duquel on trouve des crotties typiques. En milieu surfacique (marais), on trouve les crotties sur le substrat émergé (touradon de végétation...).

La méthode mise en œuvre consistera à :

- 1/ Repérer sur carte puis sur le terrain les milieux aquatiques possiblement propices à la présence du campagnol amphibie dans la zone d'étude selon le faciès des rives et de la végétation riveraine en bordure des cours d'eau et des zones humides.
- 2/ Rechercher activement les indices de présence de l'espèce. Cette recherche se fait à pieds en parcourant les berges ou la zone humide, et en identifiant dans la végétation riveraine les indices de présence typiques de l'espèce.

Musaraigne aquatique

La Musaraigne aquatique ne peut être efficacement détectée qu'au moyen d'une campagne de capture non létale.

Les pièges utilisés pour la Musaraigne aquatique sont de type « INRA » (référence BTTm). Il s'agit de boîtes (16x5x5 cm) avec porte à bascule. Pour permettre la survie des animaux entre le moment de la capture et le relevé du piège, un "dortoir" est adapté à chaque piège : il s'agit d'une boîte en bois (12x5x5 cm) dont l'ouverture est embouchée au fond ouvert du piège, boîte dans laquelle de la nourriture en quantité suffisante et une boule de foin sec offrant une isolation thermique, l'absorption de l'humidité et servant de refuge à l'animal. Les pièges sont relevés toutes les 4 heures afin d'éviter toute mortalité. Les individus capturés sont identifiés et relâchés sur place. L'ensemble de la manipulation dure quelques secondes à quelques minutes.



Figure 18 : Piège INRA – Photo : www.gare-btt.fr

INVENTAIRES DE LA FAUNE INVERTEEBREE

La malacologie souffre d'un manque de spécialistes et par conséquent de données permettant de statuer sur la rareté, la chorologie et la vulnérabilité des taxons.

Face à ce constat, l'approche préconisée pour appréhender les enjeux liés à la malacofaune au sein du fuseau est basée sur la compilation des deux principales listes de référence dans l'objectif de ne cibler que les taxons jugés patrimoniaux :

- Liste des mollusques d'intérêt patrimonial de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GARGOMINY & RIPKEN, 1999) ;
- Liste rouge des mollusques de France (BOUCHET, 1994).

Une liste d'une vingtaine de taxons jugés rares et/ou menacés et potentiellement présents dans l'aire d'étude est ainsi obtenue et à partir de laquelle sont calibrées les différentes techniques d'inventaire.

En effet, en fonction de l'écologie et de la morphologie générale des taxons ciblés, différentes techniques doivent être mises en œuvre. Toutefois, ces techniques sont difficilement « standardisables » (CUCHERAT & DEMUYNCK, 2008), même dans le cadre d'études scientifiques poussées, c'est pourquoi seuls les grands principes méthodologiques suivants sont proposés :

- pour les taxons dont la coquille dépasse 5mm, une recherche active « à vue » dans les situations les plus favorables en soulevant les cailloux et inspectant les troncs d'arbres morts, les anfractuosités de rochers...
- pour les taxons de petite taille (<5mm), les techniques varient suivant l'écologie. Un filet fauchoir et/ou un parapluie japonais seront utilisés en période d'activité (printemps et automne) pour battre la végétation des milieux humides le long de transects à la recherche notamment de *Vertigo angustior*. Des placettes de 1m² seront échantillonnées pendant 20 minutes en pratiquant des recherches à vue par manipulation de la litière in situ sur quelques centimètres d'épaisseur, répétées plusieurs fois sur un même milieu homogène.

INVENTAIRES DES ODONATES

Toutes les espèces d'odonates seront prises en compte, avec un effort de prospection plus appuyé sur les espèces à enjeu de conservation notable et/ou protégées (*Agrion bleuissant*, *Cordulie métallique*, *Cordulie à corps fin*, *Agrion de Mercure*, etc.).

Les odonates adultes seront recherchés à vue (éventuellement avec l'aide d'une paire de jumelles) et identifiés directement ou après avoir été capturés brièvement à l'aide d'un filet à insectes. Une loupe portative grossissant 10 ou 20 fois a été utilisée pour l'observation de critères anatomiques difficilement visibles à l'œil nu.

En complément de l'observation des adultes, les exuvies (dépouilles larvaires abandonnées par les libellules au moment de leur émergence hors du milieu aquatique) seront recherchées le long des cours d'eau, aux abords des sources, et sur les marges des mares et des plans d'eau, sur les cailloux, les plantes aquatiques et les racines des arbres riverains. Elles seront déterminées sur place (à l'aide d'une loupe portative) ou prélevées pour être examinées en laboratoire sous une loupe binoculaire.

La période d'observation des odonates s'étend du mois de mai au mois d'août.

INVENTAIRES DES ORTHOPTERES

Toutes les espèces d'orthoptères seront prises en compte, avec un effort de prospection particulier sur les espèces à enjeu de conservation, comme l'Arcyptère provençale, l'Ephippigère de Provence, le Criquet hérisson, la Magicienne dentelée, les deux dernières espèces étant par ailleurs protégées en France.

Les orthoptères seront recherchés à vue et identifiés directement sur le terrain. Pour les espèces dont la détermination nécessite un examen plus attentif, des individus seront capturés au filet à insectes puis relâchés sur place. Une loupe portative grossissant 10 ou 20 fois sera utilisée pour l'observation de critères anatomiques difficilement visibles à l'œil nu.

Pour détecter certaines espèces discrètes, notamment des grillons, il pourra être nécessaire de soulever des pierres ou d'autres objets posés au sol, ou bien encore de faucher (à l'aide du filet fauchoir) ou de battre (en employant un parapluie japonais) la végétation. Pour les espèces mimétiques nécessitant une attention particulière, les prospections seront réalisées par une marche lente, en ligne droite ou en zigzag, dans les milieux favorables, suivi d'un retour pour détecter les individus qui auraient été mis en mouvement lors du premier passage.

L'écoute des stridulations apportera un complément utile en permettant de détecter les espèces plus rapidement et, dans la plupart des cas, de les déterminer sans même avoir besoin de les observer visuellement. Certaines espèces de sauterelles ayant des stridulations inaudibles ou difficilement audibles par une oreille humaine, un détecteur d'ultrasons, de type hétérodyne, pourra également être employé.

La période la plus favorable pour l'observation des orthoptères s'étend du mois de mai au mois de septembre.

INVENTAIRES DES LEPIDOPTERES DIURNES

Tous les papillons de jour (rhopalocères) seront pris en compte, de même que les zygènes rouges (sous-famille des Zygaeninae). Les prospections cibleront toutefois les espèces patrimoniales et/ou protégées, ainsi que celles inscrites à l'annexe 2 de la directive

Habitats : Thècle de l'arbousier, Diane, Proserpine, Nacré de la Filipendule, Damier de la succise, Zygène du Peucedan, Zygène cendrée, etc.

Les papillons adultes seront recherchés à vue et identifiés directement sur le terrain, le plus souvent après avoir été capturés brièvement à l'aide d'un filet à insectes. Une loupe portative grossissant 10 ou 20 fois permettra l'observation de critères anatomiques difficilement visibles à l'œil nu (pièces génitales des Mélitées et des Sylvandres, par exemple). Pour certains groupes d'espèces (certaines zygènes et certaines hespéries du genre *Pyrgus*), le prélèvement de spécimens pourra s'avérer nécessaire, afin d'effectuer des dissections en laboratoire, leur identification étant quasiment impossible sur le terrain.

En complément, une recherche des chenilles ou des œufs sera effectuée, afin de détecter les espèces et de prouver leur reproduction locale. Il s'agit notamment de la Diane, de la Proserpine, du Damier de la succise et de la Zygène cendrée, taxons protégés en France. La technique consiste à examiner attentivement les feuilles, les tiges et les inflorescences des plantes-hôtes des espèces ciblées. Les inventaires réalisés par les botanistes constituent une aide précieuse pour la localisation de ces plantes.

La période la plus favorable pour l'observation des papillons de jour s'étend du mois d'avril au mois d'août.

INVENTAIRES DES COLEOPTERES

L'inventaire portera essentiellement sur les espèces sensibles et protégées, appartenant à plusieurs groupes, notamment :

- les saproxyliques (espèces dont les larves se développent dans le bois mort), avec le Grand Capricorne (un longicorne), le Pique-prune (une cétoine) et le Taupin violacé (un membre de la famille des Elatéridés) ;
- les carabes, avec le Carabe de Solier.

L'observation directe des coléoptères adultes est assez aléatoire : leur période d'émergence est courte et les adultes ne se déplacent généralement qu'au crépuscule. C'est pourquoi il est nécessaire d'employer des méthodes particulières, faisant appel notamment à des techniques de piégeage.

Grand-Capricorne

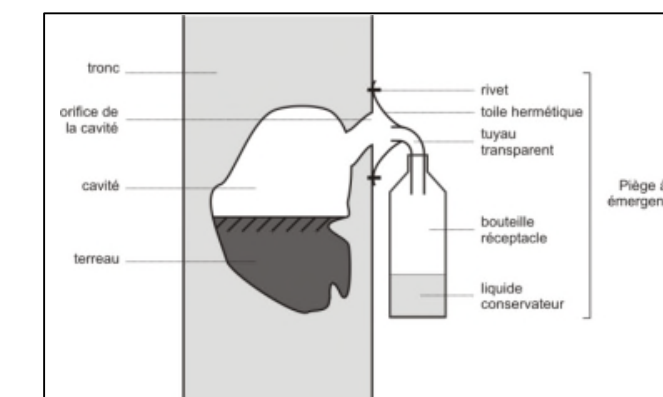
Le piégeage aérien est la seule technique réellement efficace pour la détection de cette espèce. Il s'agit de suspendre un récipient (en général une bouteille percée dans sa partie haute) rempli d'un liquide, mélange de jus de fruit, d'alcool, de sel, de sucre et d'eau, servant à la fois à attirer les insectes adultes, à les noyer et à les conserver. Le piège est accroché à une branche à l'aide d'un crochet ou bien au tronc à l'aide d'un clou (sur un arbre mort dans ce dernier cas).

Pique-prune

L'observation des adultes de cette espèce est quasiment impossible. Les recherches visent donc généralement plutôt les larves, plus exactement les traces qu'elles laissent dans les cavités (situées en hauteur) des arbres creux : la technique consiste en l'examen du terreau humide contenu dans les arbres cariés (le plus souvent des Chênes pubescents). Les crottes des larves du Pique-prune se distinguent alors de celles d'autres cétoines par leur taille en général supérieure et leur forme particulière. D'autres indices de présence peuvent être découverts : des restes chitineux d'adultes ou des coques de nymphose. Seules les cavités les plus accessibles (si besoin en plaçant une échelle contre le tronc) peuvent faire l'objet de ces investigations.



Taupin violacé



Comme pour le Pique-Prune, la meilleure technique pour localiser cette espèce est de fouiller les cavités (situées au ras du sol) d'arbres cariés, dans lesquelles se développent

les larves. Dans ce cas, ce sont les coques de nymphose qui sont recherchées. Lorsque les cavités sont trop étroites pour être explorées, une solution alternative est l'installation d'un piège à émergence printanière permettant d'intercepter les adultes lors de leur premier vol.

Carabe de Solier

La seule méthode efficace pour la détection de cette espèce est la pose de pièges de type Barber : il s'agit de récipients enfoncés dans le sol de manière à ce que les insectes terrestres tombent à l'intérieur lors de leurs déplacements. Dans le cas particulier des carabes, on peut placer quelques escargots écrasés au fond, de façon à renforcer l'attractivité du piège. Si le piège ne peut pas être relevé dans les jours suivant sa pose, on peut y adjoindre un liquide conservateur.

2.2.2 VOLET NATUREL DE L'ETUDE D'IMPACT

ZONAGES DU PATRIMOINE NATUREL

Présentation du contexte écologique local, y compris cartographies (sites protection foncière, réglementaire, d'inventaire), présentation des sites, des liens fonctionnels et réglementaires, des espèces cibles.

INVENTAIRES FAUNE-FLORE, HABITATS ET BOISEMENTS

- Présentation des sources des données d'enquête et bibliographiques par cahier (SILENE, LPO) ;
- Présentation et justification des méthodologies d'inventaires, d'évaluation des enjeux et des impacts, cartographie et justification de l'aire d'étude par cahier ;
- Mise à jour de la cartographie des habitats, des espèces à enjeu faune et flore (saisie des habitats d'espèces) avec compléments pour les secteurs urbains non couverts précédemment ;
- Présentation générique de l'ensemble des habitats naturels, des cortèges d'espèces végétales, des espèces invasives, des habitats et espèces patrimoniales ;
- Présentation des peuplements faunistiques tous groupes (insectes, amphibiens, reptiles, avifaune, mammifères) ;
- Rédaction de 12 fiches espèces pour les espèces d'enjeu assez-fort à très fort (tableau synthétique pour les autres espèces) ;
- Hiérarchisation des enjeux écologiques par site.

ENJEUX FONCTIONNELS - CONTINUITES ECOLOGIQUES

Enjeux fonctionnels - continuités écologiques Présentation des éléments SRCE, PLUi, analyse des trames locales (modélisation issue de la phase 1 sur les départements 13-83 par ECOSPHERE et 06 par Naturalia avec une approche différentes, exploitation des études sur la transparence du réseau Provence-Alpes-Côte d'Azur et sur la TVB de Nice par ECOSPHERE et observations de terrain).

ANALYSE DES IMPACTS BRUTS

Évaluation des impacts bruts du projet sur la base des résultats de l'état initial et de la prise en compte des éléments projet décrits et transmis par EIDR (hors analyse des impacts des déblais présentés succinctement - projet non consolidé). Les impacts seront décrits dans chaque cahier territorial.

PROPOSITION DE MESURES

Mise en œuvre de la séquence ER/A Constitution de fiches mesures synthétiques avec chiffrage et localisation + intégration dans les cahiers territoriaux et cartographie.

ANALYSE DES IMPACTS RESIDUELS ET DEFINITION DU BESOIN COMPENSATOIRE

Évaluation des impacts résiduels après application des mesures et définition de la compensation, chiffrage.

2.3 CONSEQUENCE DU PROJET SUR L'URBANISATION

2.3.1 PREAMBULE

La problématique des conséquences prévisibles du projet sur l'urbanisation est traitée à plusieurs niveaux :

- dans chacun des cahiers territoriaux, où seront décrits les effets rapprochés et locaux.
- au sein de l'étude d'impact générale, où seront décrits les effets globaux, généraux et/ou plus éloignés.

2.3.2 RAPPELS REGLEMENTAIRES

Le contenu de l'étude d'impact imposé par la réglementation actuelle dans le cadre de projets d'infrastructures de transport exige que soient analysées les « **conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation** ».

Toute nouvelle infrastructure de transport est en effet susceptible d'avoir des effets sur l'urbanisation qui se mesurent plutôt sur le long terme, en engendrant potentiellement une certaine pression foncière à **proximité de ses points d'échanges**, de par l'amélioration de l'accessibilité qu'elle procure.

À défaut de quantification précise des risques d'urbanisation induite, l'étude d'impact doit :

- Identifier les tendances attendues ;
- Localiser les zones présentant les risques potentiels de consommations foncières les plus importants ;
- Analyser leur cohérence avec les documents de planification communaux et supra-communaux ;
- Préciser les éventuelles mesures intégrées au projet afin d'éviter ou de réduire les risques d'urbanisation non désirée.

2.3.3 METHODOLOGIE

L'analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation a été réalisée suivant une méthodologie inspirée du guide produit sur ce sujet par le **CEREMA** (Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) paru en novembre 2017.

L'amélioration de l'accessibilité doit être suffisamment prononcée pour être de nature à modifier les comportements et orienter les choix de localisation des ménages et des entreprises.

La difficulté de l'exercice réside principalement dans le fait que de nombreux facteurs agissent en interaction sur le développement urbain : politique locale et planification urbaine, projets d'aménagement divers, contexte socio-économique...

Aucun modèle ne permettant d'anticiper l'ensemble de ces influences conjuguées, il s'agit essentiellement d'analyser les tendances prévisibles, et de les croiser avec le potentiel de développement du territoire, afin d'éviter ou de minimiser les effets négatifs potentiels (consommation foncière excessive, effets de coupure dans l'organisation urbaine...) et de préparer le territoire à l'intégration de ces effets.

Dans un premier temps, un rappel des aménagements prévus et des effets attendus sur la mobilité est présenté.

Deux **périmètres d'influence potentielle** sont ensuite définis, l'un de proximité, l'autre éloigné.

- **périmètre d'influence de proximité :**

En accord avec les recommandations du guide du CEREMA, le **périmètre d'influence potentielle de proximité** des différentes gares étudiées a été délimité par un **isochrone correspondant à la zone accessible en quinze minutes à pied depuis la gare concernée**. Il permet d'appréhender les évolutions en lien direct avec le projet, notamment ses conséquences sur l'organisation des déplacements, voire du territoire.

NB : les périmètres isochrones sont délimités à l'aide de l'outil du site Géoportail, et sont basés sur les temps de parcours moyens.

- **périmètre d'influence éloigné :**

Le périmètre d'influence potentielle éloigné concerne un territoire plus large autour de la gare étudiée, au sein duquel la nouvelle offre de mobilité est susceptible de contribuer au développement de l'urbanisation.

Ce périmètre dépend de la typologie des gares étudiées et de l'ampleur de leur rayonnement.

Trois typologies ont ainsi été définies pour qualifier les gares concernées :

- **gare d'intérêt régional à national :** gare qui dessert aussi bien des destinations proches que l'ensemble du territoire français. Le périmètre éloigné retenu pour l'analyse est un **isochrone de 20 minutes en voiture**, en cohérence avec les normes utilisées habituellement dans ce type d'exercice et les recommandations du CEREMA.
- **gare d'intérêt local en milieu rural :** gare éloignée d'autres points d'arrêt et dessert un territoire qui reste important en raison d'un habitat plus diffus et d'un usage plus important de la voiture. Le périmètre éloigné retenu est un **isochrone de 15 minutes en voiture**.

- **gare d'intérêt local en milieu urbain dense :** l'objectif de desserte d'une telle gare est plus circonscrit, et la proximité immédiate d'autres gares potentiellement plus attractives justifie la limitation du périmètre éloigné à un **isochrone de 5 minutes en voiture**.

L'analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation au sein du périmètre de proximité est effectuée à **l'échelle des cahiers territoriaux**.

Au sein du périmètre éloigné, une **analyse de la dynamique territoriale** et du potentiel de développement est effectuée, en s'appuyant sur les documents de planification urbaine à l'échelle locale et intercommunale (PLU et SCOT).

La dernière partie conclut concernant les **conséquences prévisibles du projet sur le développement de l'urbanisation** au sein du territoire concerné.

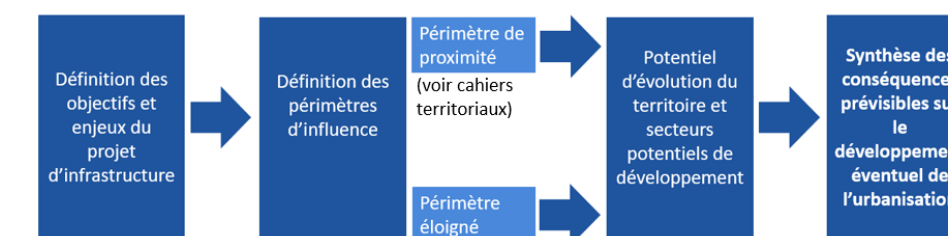


Figure 19 : Démarche méthodologique mise en œuvre (source : guide CEREMA – novembre 2017)

2.4 ANALYSE DES CONSEQUENCES PREVISIBLES SUR LE DEVELOPPEMENT EVENTUEL DE L'URBANISATION

2.4.1 RAPPELS REGLEMENTAIRES

Le contenu de l'étude d'impact imposé par la réglementation actuelle dans le cadre de projets d'infrastructures de transport exige que soient analysées les « **conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation** ».

Toute nouvelle infrastructure de transport est en effet susceptible d'avoir des effets sur l'urbanisation qui se mesurent plutôt sur le long terme, en engendrant potentiellement une certaine pression foncière à **proximité de ses points d'échanges**, de par l'amélioration de l'accessibilité qu'elle procure.

À défaut de quantification précise des risques d'urbanisation induite, l'étude d'impact doit :

- Identifier les tendances attendues ;
- Localiser les zones présentant les risques potentiels de consommations foncières les plus importants ;
- Analyser leur cohérence avec les documents de planification communaux et supra-communaux ;
- Préciser les éventuelles mesures intégrées au projet afin d'éviter ou de réduire les risques d'urbanisation non désirée.

2.4.2 METHODOLOGIE

L'analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation a été réalisée suivant une méthodologie inspirée du guide produit sur ce sujet par le **CEREMA** (Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) paru en novembre 2017.

L'amélioration de l'accessibilité doit être suffisamment prononcée pour être de nature à modifier les comportements et orienter les choix de localisation des ménages et des entreprises.

La difficulté de l'exercice réside principalement dans le fait que de nombreux facteurs agissent en interaction sur le développement urbain : politique locale et planification urbaine, projets d'aménagement divers, contexte socio-économique...

Aucun modèle ne permettant d'anticiper l'ensemble de ces influences conjuguées, il s'agit essentiellement d'analyser les tendances prévisibles, et de les croiser avec le potentiel de développement du territoire, afin d'éviter ou de minimiser les effets négatifs potentiels (consommation foncière excessive, effets de coupure dans l'organisation urbaine...) et de préparer le territoire à l'intégration de ces effets.

Dans un premier temps, un rappel des aménagements prévus et des effets attendus sur la mobilité est présenté.

Deux **périmètres d'influence potentielle** sont ensuite définis, l'un de proximité, l'autre éloigné.

- périmètre d'influence de proximité :

En accord avec les recommandations du guide du CEREMA, le **périmètre d'influence potentielle de proximité** des différentes gares étudiées a été délimité par un **isochrone correspondant à la zone accessible en quinze minutes à pied depuis la gare concernée**. Il permet d'appréhender les évolutions en lien direct avec le projet, notamment ses conséquences sur l'organisation des déplacements, voire du territoire.

NB : les périmètres isochrones sont délimités à l'aide de l'outil du site Géoportail, et sont basés sur les temps de parcours moyens.

- périmètre d'influence éloigné :

Le périmètre d'influence potentielle éloigné concerne un territoire plus large autour de la gare étudiée, au sein duquel la nouvelle offre de mobilité est susceptible de contribuer au développement de l'urbanisation.

Ce périmètre dépend de la typologie des gares étudiées et de l'ampleur de leur rayonnement.

Trois typologies ont ainsi été définies pour qualifier les gares concernées :

- **gare d'intérêt régional à national** : gare qui dessert aussi bien des destinations proches que l'ensemble du territoire français. Le périmètre éloigné retenu pour l'analyse est un **isochrone de 20 minutes en voiture**, en cohérence avec les normes utilisées habituellement dans ce type d'exercice et les recommandations du CEREMA.
- **gare d'intérêt local en milieu rural** : gare éloignée d'autres points d'arrêt et dessert un territoire qui reste important en raison d'un habitat plus diffus et d'un usage plus important de la voiture. Le périmètre éloigné retenu est un **isochrone de 15 minutes en voiture**.
- **gare d'intérêt local en milieu urbain dense** : l'objectif de desserte d'une telle gare est plus circonscrit, et la proximité immédiate d'autres gares potentiellement plus attractives justifie la limitation du périmètre éloigné à un **isochrone de 5 minutes en voiture**.

L'analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation au sein du périmètre de proximité est effectuée à **l'échelle des cahiers territoriaux**.

Au sein du périmètre éloigné, une **analyse de la dynamique territoriale** et du potentiel de développement est effectuée, en s'appuyant sur les documents de planification urbaine à l'échelle locale et intercommunale (PLU et SCOT).

La dernière partie conclut concernant les **conséquences prévisibles du projet sur le développement de l'urbanisation** au sein du territoire concerné.

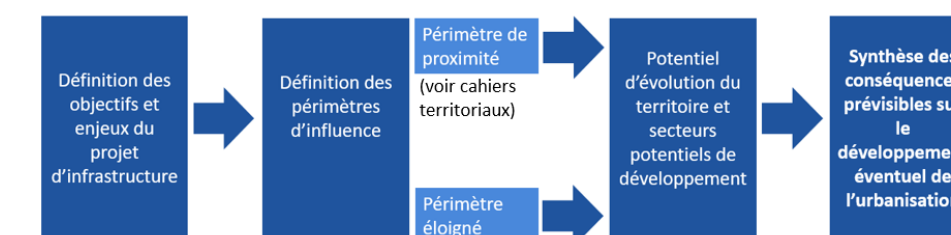


Figure 20 : Démarche méthodologique mise en œuvre (guide CEREMA – novembre 2017)

2.5 ETUDE DE CIRCULATION

2.5.1 PREAMBULE

Le projet des phases 1 et 2 de la LNPCA va impacter les conditions de circulation routière :

- d'une part et avant tout en permettant un report modal important de la route sur le fer, ce qui va permettre de faire diminuer les trafics sur les axes de transit à l'échelle nationale et à l'échelle régionale. C'est l'objet de la pièce C – Tome 1
- d'autre part, autour des gares, avec à l'inverse un effet d'accroissement des trafics routiers découlant de l'attractivité du mode ferroviaire améliorée par le projet. En effet, une partie des voyageurs supplémentaires dans le train se rendront à la gare en voiture, que ce soit pour du stationnement courte durée, longue durée, de la dépose-minute, du taxi ou VTC. C'est l'objet des études présentées dans les cahiers territoriaux (pièce C – Tome 2).

Plus le périmètre routier examiné est restreint autour de la gare, plus le second effet (l'accroissement de véhicules dus aux trafics d'accès à la gare) l'emportera sur l'effet d'allègement de trafic de transit global.

Mais il faut souligner que l'effet du projet des phases 1 et 2 est globalement positif, avec un volume de trafic annuel reporté de la route vers le fer variant entre 475 et 560 M veh.km dans le scénario le plus pessimiste (AMS).

L'objectif des études de circulation locales est de quantifier l'impact du projet sur la circulation routière autour des gares afin de caractériser les impacts connexes comme les émissions de bruit et de polluants.

Les périmètres étudiés portent sur les gares de voyageurs bénéficiant d'une opération d'aménagement dans le cadre du projet des phase 1 et 2. Il s'agit donc de :

- St-André (Marseille) et Arenc toutes deux situées dans le corridor ouest Marseille (Cahier Territorial Corridor Ouest) ;
- Marseille St-Charles ;
- St-Cyr-les-Lecques – La Cadière ;
- La Pauline – Hyères ;
- Carnoules ;
- Les Arcs – Draguignan ;
- Cannes La Bocca devenant Cannes La Roubine ;
- Cannes Centre ;
- Nice Aéroport ;
- Nice Ville.

2.5.2 HORIZONS DE PRESENTATION DES RESULTATS

L'horizon de mise en service de la phase 2 du projet LNPCA est 2035. Nous étudierons donc cet horizon, ainsi que l'horizon de modélisation long terme qui est 2050. Des cartographies des flux à l'horizon 2019 sont également présentées.

Pour les horizons futurs, nous distinguerons les situations suivantes :

- L'option de référence, correspondant à la situation future la plus probable si le projet n'était pas réalisé ;
- L'option projet, correspondant à la situation future la plus probable si le projet était réalisé.

2.5.3 METHODOLOGIE (POUR TOUTES LES GARES SAUF NICE AEROPORT)

Le principe méthodologique suivant a été utilisé pour l'étude de circulation :

- Reprise des données de trafic du modèle de trafic voyageurs SNCF Réseau pour déterminer les flux de rabattement / diffusion autour des gares en 2035 et 2050 ;
- Ajustement des parts modales de rabattement / diffusion sur la base d'hypothèses définies d'après enquêtes et dire d'expert ;
- Reprise et affinage local du réseau du modèle de prévisions de trafic de SNCF Réseau pour déterminer les volumes de véhicules en option de référence. Les trafics en situation actuelle (2019) ont localement été ajustés sur la base de comptages routiers disponibles ;
- Affectation des différentiels de flux de rabattement / diffusion et des écarts de flux de transit liés aux effets macroscopiques du projet (report modal de la route vers le rail) sur ce réseau.

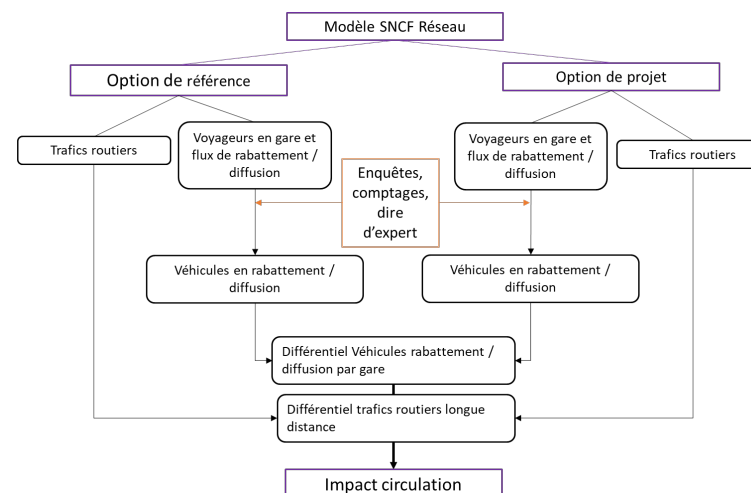


Figure 21 : Schéma méthodologique pour les études

2.5.4 METHODOLOGIE (POUR NICE AEROPORT)

La situation 2019 et l'option de projet 2035 ont été modélisées via le modèle de la Métropole Nice Côte d'Azur. L'option de référence 2035 a été déduite en soustrayant aux flux projet le différentiel des flux de rabattement entre option projet et option de référence.

Pour l'horizon 2050, les trafics en option de projet ont été extrapolés en multipliant les flux 2035 projet par un coefficient d'évolution déterminé à partir du modèle SNCF Réseau. Les trafics en option de référence ont ensuite été générés de la même manière que pour 2035.

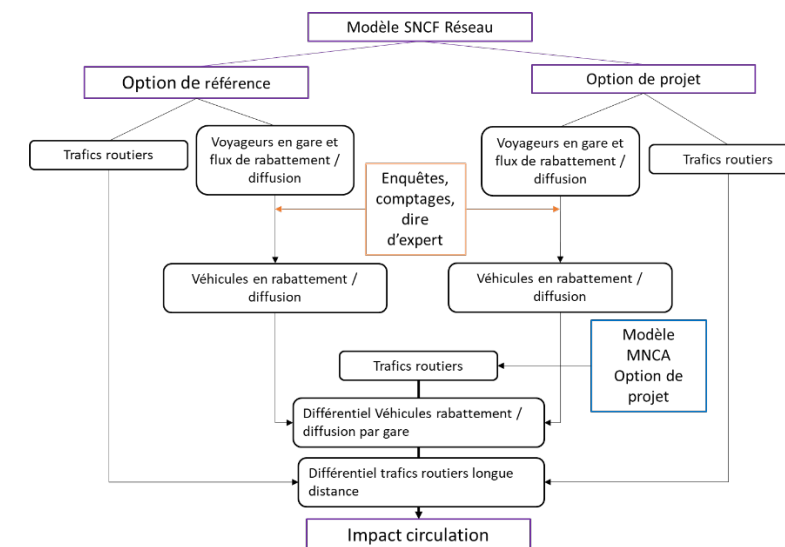


Figure 22 : Schéma méthodologique pour l'étude de la gare NAE

2.6 ETUDE ACOUSTIQUE – EFFETS DIRECTS DU PROJET

2.6.1 DEFINITIONS

Les définitions ci-après sont données pour la bonne compréhension du document et de la maîtrise de la documentation en général.

- Le bruit :

Il est dû à une variation de la pression régnant dans l'atmosphère ; il peut être caractérisé par sa fréquence (grave, médium, aiguë) exprimée en Hertz (Hz) et par son amplitude (ou niveau de pression acoustique) exprimée en décibel (dB).

- Plage de sensibilité de l'oreille :

L'oreille humaine a une sensibilité très élevée, puisque le rapport entre un son juste audible (2.10⁻⁵ Pascal), et un son douloureux (20 Pascal) est de l'ordre de 1 000 000. L'échelle usuelle pour mesurer le bruit est une échelle logarithmique et l'on parle de niveaux de bruit exprimés en décibels A (dB(A)) où A est un filtre caractéristique des particularités fréquentielles de l'oreille.

BRUIT « INSTANTANÉ »		dB(A)	BRUIT SUR UN TEMPS LONG	
	Coup de feu	140		Pont d'emvol d'un porte-avion
	Vuvuzela	130		Course de Formule1
	Ambulance, marteau piqueur	120		Atelier de chaudronnerie
	Tronçonneuse	110		Concert proche des enceintes
	Décollage d'avion à 150m	100		Discothèque
	Mixeur	90		Orchestre symphonique
	Aboiement	80		Cour d'école
	Sonnerie téléphone, aspirateur	70		Brasserie
	Imprimante	60		Conversation
	Machine à laver	50		Intérieur d'un salon
	Moustique vers l'oreille	40		Place tranquille
	Tic-Tac d'une montre	30		Chambre à coucher
	Murmures	20		Studio d'enregistrement
	Chutes de feuilles	10		Laboratoire acoustique

Figure 23 : Échelle des niveaux de bruit –SNCF Réseau [D01]

- Les composantes du bruit :

Le bruit ambiant : Il s'agit du bruit total existant dans une situation donnée, pendant un intervalle de temps donné. Il est composé des bruits émis par toutes les sources proches ou éloignées.

Le bruit particulier : C'est une composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement par des analyses acoustiques (analyse fréquentielle, spatiale, étude de corrélation...) et peut être attribuée à une source d'origine particulière.

Le bruit résiduel : C'est la composante du bruit ambiant lorsqu'un ou plusieurs bruits particuliers sont supprimés.

L'émergence : Elle correspond à la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et le niveau de bruit résiduel.

- L'indicateur LAeq :

L'indicateur LAeq correspond au niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A correspondant à une période de temps T. Lors d'une mesure sonométrique, cet indicateur est calculé et correspond à la moyenne du niveau de pression sur l'ensemble du temps de mesure.

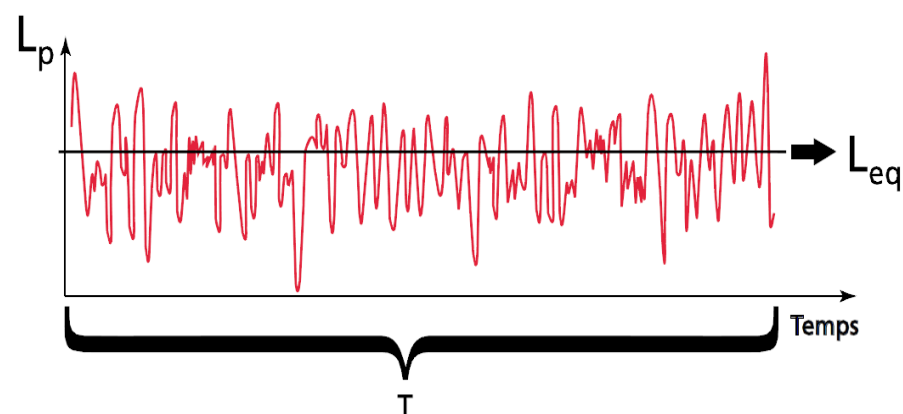


Figure 24 : LAeq : niveau de pression acoustique continu équivalent

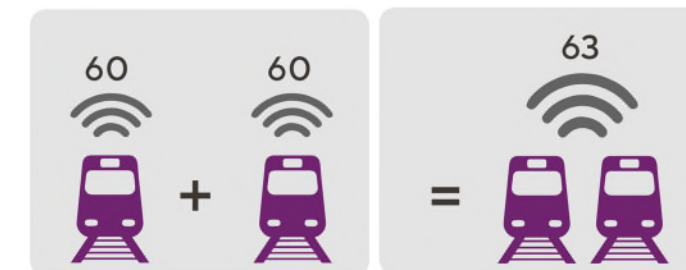
- Les indices fractiles :

Les indices fractiles (ou indices statistiques) sont définis dans la norme NF S 31.110 intitulée « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement » et peuvent être calculés sur une mesure sonométrique : ils permettent de mettre en avant certains événements particuliers. Le niveau de pression acoustique LN correspond au niveau dépassé pendant N% de la durée du mesurage.

À titre d'exemple, le L90 (niveau de bruit dépassé pendant 90% du temps) peut être utilisé comme indicateur du bruit de fond, et le L10 (niveau de bruit dépassé pendant 10% du temps) comme indicateur des niveaux maximaux atteints.

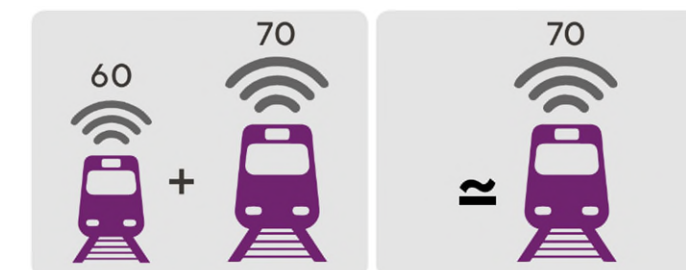
- Arithmétique liée à l'échelle logarithmique :

Le doublement de l'intensité sonore, dû par exemple à un doublement du trafic, se traduit par une augmentation de 3 dB(A) du niveau de bruit :



Source : [D01]

Si deux niveaux de bruit sont émis simultanément par deux sources sonores, et si le premier est supérieur au second d'au moins 10 dB(A), le niveau sonore résultant est égal au plus grand des deux. Le bruit le plus faible est alors masqué par le plus fort :



Source : [D01]

De manière expérimentale, il a été montré que la sensation de doublement du niveau sonore (deux fois plus de bruit) est obtenue pour un accroissement de 10 dB(A) du niveau sonore initial.



Source : [D01]

- Exemple du calcul du LAeq dans le cas de sources ferroviaires (source : SNCF Réseau [D01]) :

« Prenons l'exemple de plusieurs circulations de trains « identiques » générant un niveau de bruit au passage de 80 dB (A) pendant 10 secondes par passage, sur une période allant de 6 h à 22 h. L'énergie acoustique d'un passage de train de 80 dB (A) émise pendant 10 secondes est équivalente à celle d'un bruit de 42 dB(A) émis en continu de 6 h à 22 h. Cela revient à dire que le niveau LAeq (6 h – 22 h) du passage d'un seul train sur la période serait de 42 dB(A).

Pour plusieurs passages, le niveau global LAeq va augmenter rapidement en fonction du nombre de passages. Lorsqu'on double le trafic, le niveau sonore augmente de 3 dB(A). Ainsi, le passage d'un deuxième train rajoutera 42 dB(A) au bruit généré par le passage du premier train. 42 + 42 = 84 dB(A) : le niveau cumulé des deux trains sera de 84 dB(A). Un nouveau doublement du trafic (passage de 2 à 4 trains) augmentera encore le niveau de bruit ferroviaire de 3 dB(A), et ainsi de suite...

Pour 16 trains, on aura un niveau LAeq (6 h – 22 h) de 54 dB(A). Pour 128 passages, on aura un niveau LAeq (6 h – 22 h) de 63 dB(A). »

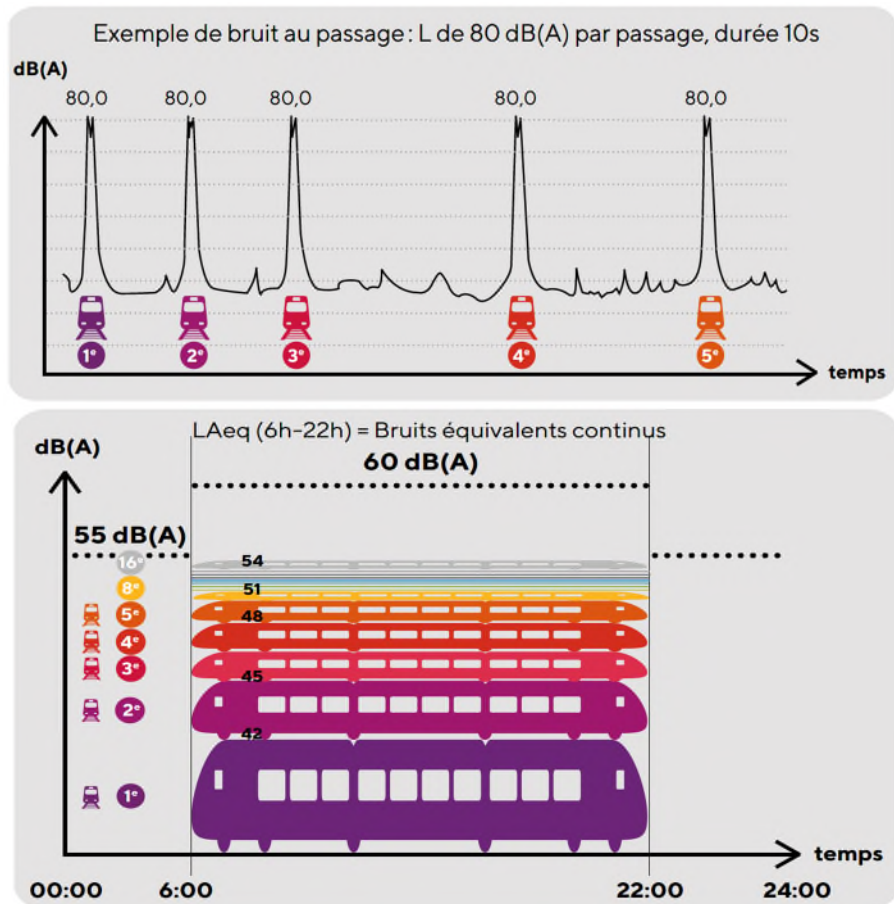


Figure 25 : Du bruit de passage au bruit « moyen » OU Dose de bruit (LAeq) (SNCF Réseau [D01])

2.6.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE POUR LES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES

Les articles L571-1 à L571-26 du Livre V du Code de l'Environnement (Prévention des pollutions, des risques et des nuisances), reprenant la Loi n° 92.1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, prévoient la prise en compte des nuisances sonores aux abords des infrastructures de transports terrestres.

Les articles R571-44 à R571-52 du Livre V du Code de l'Environnement (Prévention des pollutions, des risques et des nuisances), reprenant le Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, indiquent les prescriptions applicables aux voies nouvelles, aux modifications ou transformations significatives de voiries existantes.

L'Arrêté du 8 novembre 1999, relatif au bruit des infrastructures ferroviaires, mentionne les niveaux sonores maximaux admissibles lors de la construction ou du réaménagement d'une infrastructure ferroviaire en précisant notamment les indicateurs de gêne ferroviaire, suivant l'usage et la nature des bâtiments et le niveau de bruit préexistant.

La Circulaire du 28 février 2002, relative à la prise en compte du bruit dans la conception, l'étude et la réalisation de nouvelles infrastructures ferroviaires ou l'aménagement d'infrastructures ferroviaires existantes, complète les exigences réglementaires détaillées par les textes précédents.

La Circulaire du 25 mai 2004, relative au bruit des infrastructures de transports terrestres précise les instructions à suivre concernant les observatoires du bruit des transports terrestres, le recensement des Points Noirs et les opérations de résorption des Points Noirs Bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux. Elle modifie les Circulaires du 12 juin 2001, du 28 février 2002 et du 23 mai 2002.

INDICES REGLEMENTAIRES

Le bruit de la circulation automobile ou ferroviaire fluctue au cours du temps. La mesure instantanée (au passage d'un camion ou d'un train, par exemple), ne suffit pas pour caractériser le niveau d'exposition des personnes.

Les enquêtes et études menées ces vingt dernières années dans différents pays ont montré que c'est le **cumul de l'énergie sonore** reçue par un individu qui est l'indicateur le plus représentatif des effets du bruit sur l'homme et, en particulier, de la gêne issue du bruit de trafic. Ce cumul est traduit par le niveau énergétique équivalent noté Leq. En France, ce sont les périodes (6 h - 22 h) et (22 h - 6 h) qui ont été adoptées comme référence pour le calcul du niveau Leq.

Les niveaux sonores sont mesurés ou calculés à 2 m en avant de la façade concernée et entre 1.2 m et 1.5 m au-dessus du niveau de l'étage choisi, conformément à la réglementation. Ce niveau de bruit dit « en façade » majore de 3 dB le niveau de bruit en champ libre, c'est-à-dire en l'absence de bâtiment.

Pour le trafic routier, les indices réglementaires sont notés LAeq (6 h - 22 h) et LAeq (22 h - 6 h). Ils correspondent à la moyenne de l'énergie cumulée sur ces périodes, pour l'ensemble des bruits observés. Pour le trafic ferroviaire, les indices réglementaires sont les indicateurs de gêne ferroviaire If jour (6 h - 22 h) et If nuit (22 h - 6 h).

Pour les trains circulant à des vitesses inférieures à 250 km/h, la correspondance entre les indicateurs de gêne ferroviaire et les niveaux LAeq est définie par (cf. article 2 de l'Arrêté du 8 novembre 1999) :

- If jour = LAeq (6 h - 22 h) - 3 dB(A),
- If nuit = LAeq (22 h - 6 h) - 3 dB(A).

Le terme « - 3 dB(A) » est un terme correcteur qui traduit les caractéristiques du bruit des transports ferroviaires et permet d'établir une équivalence avec la gêne due au trafic routier.

Dans la suite de cette étude, pour plus de simplicité, tous les niveaux sonores seront exprimés en LAeq (6 h - 22 h) et LAeq (22 h - 6 h).

CRITERE D'AMBIANCE SONORE

Le critère d'ambiance sonore est défini dans l'Arrêté du 8 novembre 1999. Le tableau ci-dessous présente les critères de définition des zones d'ambiance sonore avant la création de nouvelles infrastructures ou la modification d'infrastructures existantes :

Type de zone	Bruit ambiant existant avant travaux toutes sources confondues	
	LAeq (6 h - 22 h)	LAeq (22 h - 6 h)
Modérée	< 65 dB(A)	< 60 dB(A)
Modérée de nuit	≥ 65 dB(A)	< 60 dB(A)
Non modérée	< 65 dB(A)	≥ 60 dB(A)
	≥ 65 dB(A)	≥ 60 dB(A)

Figure 26 : Critère d'ambiance sonore

CREATION D'INFRASTRUCTURES NOUVELLES – OBJECTIFS ACOUSTIQUES

Dans les secteurs concernés par la création d'infrastructures ferroviaires nouvelles, la contribution sonore maximale admissible de celles-ci à terme, en façade des bâtiments, est donnée dans le tableau suivant :

Usage et nature des locaux	LAeq (6 h - 22 h)	LAeq (22 h - 6 h)
Logements situés en zone modérée	63 dB(A)	58 dB(A)
Logements situés en zone modérée de nuit	68 dB(A)	58 dB(A)
Logements situés en zone non modérée	68 dB(A)	63 dB(A)
Établissements de santé, de soins et d'action sociale (1)	63 dB(A)	58 dB(A)
Établissements d'enseignement (2)	63 dB(A)	-
Locaux à usage de bureaux en zone modérée	68 dB(A)	-

Figure 27 : Objectifs acoustique – Création d'infrastructures ferroviaires nouvelles

(1) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour des malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A) sur la période (6 h - 22 h).

(2) Sauf pour les ateliers bruyants et les locaux sportifs.

MODIFICATION D'INFRASTRUCTURES EXISTANTES – OBJECTIFS ACOUSTIQUES

Le caractère significatif d'une modification d'infrastructure est défini par l'article R.571-45 du Code de l'environnement :

« Est considérée comme significative, au sens de l'article R.571-44, la modification ou la transformation d'une infrastructure existante, résultant d'une intervention ou de travaux successifs autres que ceux mentionnés à l'article R.571-46, et telle que la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes représentatives de la gêne des riverains mentionnées à l'article R.571-47, serait supérieure de plus de 2 dB(A) à la contribution sonore à terme de l'infrastructure avant cette modification ou cette transformation ».

Dans le cas d'une modification significative, les seuils réglementaires sont définis de la façon suivante :

« Si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux seuils applicables à une voie nouvelle, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux. Dans le cas contraire, la contribution sonore, après travaux, ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 68 dB(A) en période

diurne et 63 dB(A) en période nocturne ». Application à l'étude d'impact acoustique du projet

La méthodologie générale de l'étude de l'impact acoustique de la modification des voies ferroviaires peut être schématisée comme suit :

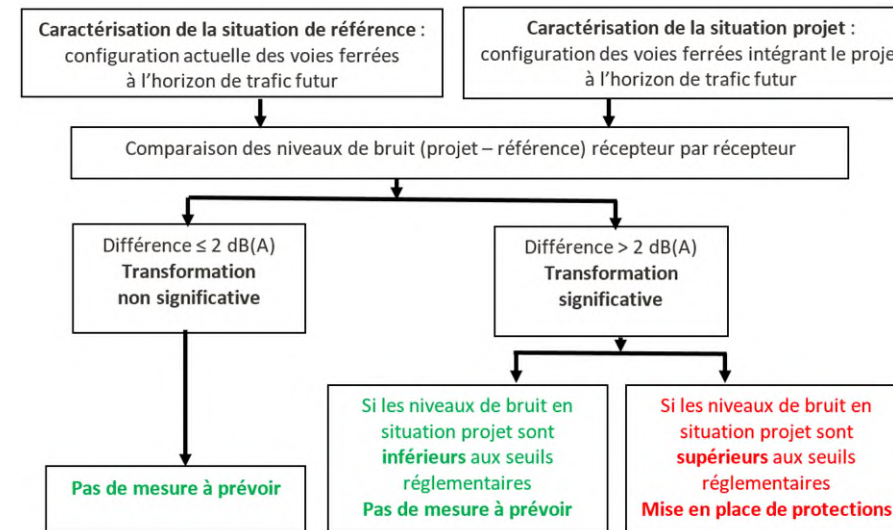


Figure 28 : Méthodologie destinée à caractériser l'impact acoustique du projet

Pour qu'il soit nécessaire réglementairement de prévoir des protections sonores, il faut donc que deux conditions soient réunies :

- Les travaux engendrent une modification significative de l'ambiance sonore sur au moins une des deux périodes jour ou nuit (augmentation > 2 dB(A)),
- Les niveaux sonores en situation projet sont supérieurs aux seuils réglementaires (cf 0) sur au moins une des deux périodes jour ou nuit.

DEFINITION ET RESORPTION DES POINTS NOIRS DU BRUIT

La Circulaire du 25 mai 2004 introduit la notion de Zone de Bruit Critique (ZBC) : cette zone est définie comme étant composée de bâtiments sensibles dont les niveaux sonores en façade, résultant de l'exposition au bruit des infrastructures terrestres, dépassent ou risquent de dépasser à terme l'une au moins des valeurs limite diurne et nocturne présentées par le tableau suivant :

Indicateur de bruit	Routes et/ou LGV	Voies ferrées conventionnelles	Cumul Routes et/ou LGV + Voies ferrées conventionnelles
LAeq (6 h - 22 h)	70 dB(A)	73 dB(A)	73 dB(A)
LAeq (22 h - 6 h)	65 dB(A)	68 dB(A)	68 dB(A)
Lden (1)	68 dB(A)	73 dB(A)	73 dB(A)
Ln (2)	62 dB(A)	65 dB(A)	65 dB(A)

Figure 29 : Critères de définition des Points Noirs du bruit

(1) $L_{den} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{24} \cdot \left(12 \cdot 10^{(LA_{eq}(6h-18h) / 10)} + 4 \cdot 10^{(LA_{eq}(18h-22h) / 10)} + 8 \cdot 10^{(LA_{eq}(22h-6h) / 10)} \right) \right) - 3 \text{ dB}$

(2) $L_n = LA_{eq}(22h-6h) - 3 \text{ dB}$

Les bâtiments sensibles ainsi définis sont des Points Noirs du Bruit (PNB) : ce sont les locaux à usage d'habitation et les établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale situés dans une Zone de Bruit Critique, et répondant aux critères d'antériorité.

Si des Points Noirs du Bruit sont créés dans le cadre des aménagements liés à la présente opération, les niveaux de bruit LAeq résultant de l'exposition au bruit des infrastructures routières et ferroviaires devront respecter les seuils réglementaires de 68 dB(A) le jour et 63 dB(A) la nuit en façade des bâtiments sensibles concernés, après la mise en œuvre des protections acoustiques.

CONTEXTE REGLEMENTAIRE POUR LE BRUIT DE VOISINAGE

Dans le cadre des aménagements prévus à l'opération, l'implantation d'équipements doit respecter les exigences réglementaires relatives au bruit de voisinage.

Notamment, la définition, le dimensionnement et le paramétrage du système de sonorisation de la gare et des quais devront prendre en compte les contraintes liées aux exigences détaillées ci-après.

Cette analyse sera conduite dans les phases d'études ultérieures.

Les émergences admissibles par rapport au bruit résiduel sont fixées par les articles R. 1336-4 à R. 1336-16 du code de la santé publique reprenant le Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre le bruit de voisinage et précise des maxima d'émergence à ne pas dépasser en périodes diurne et nocturne à l'extérieur en limite de propriété des riverains. Les valeurs à respecter sont les suivantes :

- 5 dB(A) en période diurne (de 7 h à 22 h),
- 3 dB(A) en période nocturne (de 22 h à 7 h).

Un terme correctif s'ajoute à ces émergences selon la durée cumulée d'apparition du bruit particulier :

Durée cumulé d'apparition du bruit particulier T	Terme correctif en dB(A)
1min ≤ T	6
1 min < T ≤ 5 min	5
5 min < T ≤ 20 min	4
20 min < T ≤ 2 h	3
2 h < T ≤ 4 h	2
4 h < T ≤ 8 h	1

Figure 30 : Terme correctif à appliquer à l'émergence globale suivant la durée d'apparition du bruit

L'article R1336-6 stipule que « Lorsque le bruit [...], perçu à l'intérieur des pièces principales de tout logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées, est engendré par des équipements d'activités professionnelles, l'atteinte est également caractérisée si l'émergence spectrale de ce bruit, définie à l'article R. 1336-8, est supérieure aux valeurs limite fixées au même article. »

Les valeurs limite d'émergences spectrales sont les suivantes :

Fréquence centrale de l'octave	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Niveau sonore à la réception	7 dB	7 dB	5 dB	5 dB	5 dB	5 dB

Figure 31 : Emergences spectrales autorisées

CONTEXTE REGLEMENTAIRE LIE AU BRUIT EVENEMENTIEL

L'arrêté du 29 septembre 2022 fixe à titre expérimental les modalités de détermination d'évaluation applicables à l'établissement d'indicateurs de gêne due au bruit événementiel des infrastructures de transport ferroviaire. Le but de cette expérimentation est de déterminer les indicateurs et les seuils permettant de caractériser une gêne au passage d'un train pour des riverains.

AMBIANCE SONORE EXISTANTE

Les mesures du niveau de pression acoustique permettent de connaître les niveaux sonores en façade des habitations riveraines de la ligne ferroviaire ou des infrastructures routières voisines, sur les périodes réglementaires diurne (6 h - 22 h) et nocturne (22 h - 6 h). Elles sont basées sur la méthode du « LAeq court », qui stocke un échantillon LAeq par seconde pendant l'intervalle de mesure. Cette méthode permet de reconstituer l'évolution temporelle d'un environnement sonore et d'en déduire la valeur du niveau de pression acoustique équivalent pondéré A, noté LAeq.

La méthode de mesure des bruits de l'environnement suit les normes par un organisme agréé. Le traitement des données acoustiques est

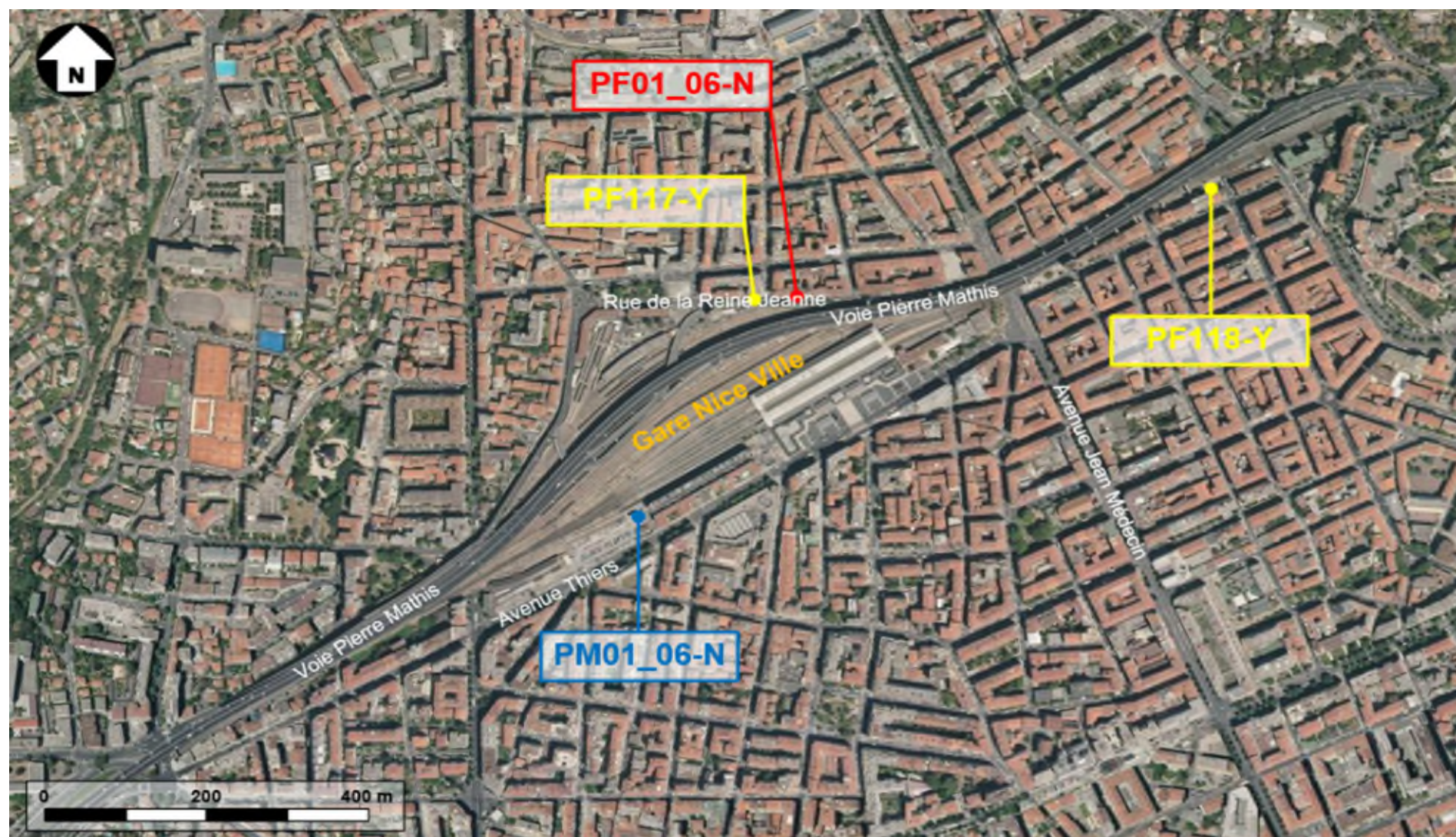


Figure 32 : exemple du plan de localisation des mesures de bruit sur un opération

NF S 31-010 intitulée « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesurage » de décembre 1996 et NF S 31-110 intitulée « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation » de novembre 2005.

Les mesures réalisées à proximité d'une infrastructure ferroviaire suivent en particulier la norme NF S 31.088 intitulée « Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation » d'octobre 1996.

Durant la période de mesurage, le trafic ferroviaire réel a été fourni par SNCF Réseau sous la forme de fichiers de type BREHAT.

Les sonomètres utilisés sont conformes à la classe 1 des normes NF EN 60651 et NF EN 60804 et font l'objet de vérifications périodiques

effectué grâce au logiciel DBTRAIT32 de 01dB-Metravib.

Une fiche de synthèse des résultats est créée pour chaque point de mesure. Elle comporte les renseignements suivants :

- Coordonnées du riverain ou localisation de la mesure,
- Date et horaires de la mesure,
- Localisation du point de mesure sur un plan de situation orienté,
- Photographies du microphone et de son angle de vue,
- Sources sonores identifiées et commentaires éventuels,
- Évolution temporelle des niveaux sonores.

Les résultats de mesure acoustique suivants sont indiqués :

- Niveau sonore LAeq « Global » sur les 2 périodes réglementaires, correspondant à la contribution sonore de l'ensemble des sources de bruit,
- Niveau sonore LAeq « Ferroviaire », correspondant à la contribution sonore du passage des trains,
- Niveau sonore LAeq « Hors fer », correspondant au bruit de fond (LAeq global – LAeq ferroviaire), intégrant le bruit routier, le bruit de voisinage, ...
- Indices statistiques L5, L10, L50, L90 et L95 sur le niveau sonore global, sur les 2 périodes réglementaires.

Note : Les indices statistiques (L5, L10, L50, L90, L95) sont définis dans la norme NF S 31.110 intitulée « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement ». Ces indices représentent un niveau acoustique fractile, c'est-à-dire qu'un indice Lx représente le niveau de pression acoustique continu équivalent dépassé pendant x % de l'intervalle de mesurage. L'indice L50 représente le niveau sonore équivalent dépassé sur la moitié de l'intervalle de mesurage. L'indice L90 est couramment assimilé au niveau de bruit de fond.

La contribution sonore ferroviaire, pour chacun des points de mesure, est déterminée sur la base :

- de l'émergence observée lors du passage d'un train par rapport au bruit de fond, sur l'évolution temporelle des niveaux sonores,
- des horaires de passage fournis par SNCF Réseau (fichiers BREHAT).

Le nombre de trains codés sur les évolutions temporelles des niveaux sonores peut être ponctuellement inférieur de quelques unités au nombre de trains qui ont réellement circulé.

En effet, le passage des trains les moins bruyants est parfois masqué par le bruit de la circulation routière ou par les activités voisines, du fait de l'éloignement relatif des points de mesure par rapport aux voies ferrées. La contribution ferroviaire calculée est néanmoins représentative de l'impact de la voie ferrée.

Lorsqu'aucune émergence n'est constatée au passage des trains, le LAeq « Ferroviaire » n'est pas calculé.

EVALUATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET

La cartographie des niveaux sonores en milieu extérieur est basée sur une simulation informatique des différentes sources de bruit pour le calcul de la propagation acoustique. La modélisation du site est réalisée en trois dimensions à l'aide du logiciel CadnaA version 2021, conforme aux normes NF S 31-131 et NF S 31-133 relatives à la prévision du bruit des transports terrestres.

Les modélisations sont réalisées en 3 dimensions et intègrent les courbes de niveau, les bâtiments et les infrastructures existantes. Elle

est réalisée sur la base de la BDTopo® de l'IGN et des données topographiques 2013 relatives à l'opération.

Dans un premier temps, une simulation est effectuée pour l'un des points de mesure in situ de manière à valider le modèle de calcul. Les paramètres du logiciel peuvent alors être ajustés afin de minimiser les écarts entre les résultats de mesure et les résultats de calcul.

Une fois le modèle calé, les calculs sont alors étendus au secteur concerné par les aménagements susceptibles d'avoir un impact acoustique, de manière à caractériser l'évolution des niveaux sonores entre la situation initiale, la situation de référence et la situation projet phase 2.

La méthode de calcul employée par le logiciel CadnaA respecte la Nouvelle Méthode de Prédiction du Bruit des Infrastructures Routières, dite NMPB 2008, qui inclut notamment les effets météorologiques issus de statistiques sur des données réelles recueillies sur dix ans.

L'effet des conditions météorologiques est mesurable dès que la distance Source / Récepteur est supérieure à une centaine de mètres et croît avec la distance. Il est d'autant plus important que le récepteur, ou l'émetteur, est proche du sol. La variation du niveau sonore à grande distance est due à un phénomène de réfraction des ondes acoustiques dans la basse atmosphère (dus à des variations de la température de l'air et de la vitesse du vent).

Les facteurs météorologiques déterminants pour ces calculs sont les facteurs thermiques (gradient de température) et les facteurs aérodynamiques (vitesse et direction du vent).

En journée, les gradients de température sont négatifs (la température décroît avec la hauteur au-dessus du sol), la vitesse du son décroît avec la hauteur par rapport au sol : ce type de conditions est défavorable à la propagation du son. La nuit, les gradients de température sont positifs (le sol se refroidit plus rapidement que l'air), la vitesse du son croît : ce type de conditions est favorable à la propagation du son.

Les hypothèses météorologiques utilisées dans le cadre de cette étude correspondent au pourcentage d'occurrences favorables à la propagation du son dans la région, cohérentes avec la région du site d'étude et incluses dans la NMPB 2008.

Les opérations localisées dans le Var et les Alpes-Maritimes se réfèrent à la NMPB 2008 de Nice et celles des Bouches-du-Rhône à la NMPB 2008 d'Aix-en-Provence.

La validation du modèle numérique est effectuée par comparaison des niveaux LAeq mesurés et des niveaux LAeq simulés avec le logiciel CadnaA au même emplacement.

Un écart de 2 dB(A) est toléré entre la mesure et le calcul dans le cas d'un site modélisé simple et de 3 à 4 dB(A) pour un site modélisé complexe.

2.7 ETUDE ACOUSTIQUE– EFFETS INDUITS

Les définitions et le contexte réglementaire décrits dans le chapitre précédent sur l'étude des effets acoustiques directs du projet restent valables pour ce chapitre.

L'étude des effets induits est basée sur la comparaison des niveaux de puissance (L_w) entre la situation projet Phase 2 et la situation de référence. Compte tenu de l'aire d'étude à traiter cela permet d'identifier rapidement les secteurs à enjeux, c'est-à-dire les secteurs subissant une augmentation du bruit de plus de 2 dB(A).

Dans le cas où une différence de 2 dB(A) est observée entre la situation référence et la situation projet phase 2, la valeur de l'indicateur L_w calculé sur un secteur est complétée avec le calcul du L_{Aeq} en façade des habitations concernées.

En effet, comme rappelé en section 2.1.5, pour qu'une protection sonore soit nécessaire réglementairement, il faut d'une part une augmentation de l'ambiance sonore de 2 dB(A) entre avant et après le projet et d'autre part que la valeur de ces niveaux sonores en situation projet soit supérieure aux seuils réglementaires. Dans le cadre de cette étude, les secteurs étudiés correspondent à des zones hors travaux, par conséquent, les seuils réglementaires déterminant la nécessité d'une protection acoustique ne sont pas ceux relatifs à la création d'infrastructures nouvelles (63 dB(A) le jour et/ou 58 dB(A) la nuit) mais ceux relatifs aux Points Noirs du Bruit (73 dB(A) le jour et/ou 68 dB(A) la nuit).

Rappel : La situation de référence est définie comme la situation au même horizon que la situation projet, avec une augmentation du trafic (différente de celle liée au projet), avec la configuration de voies actuelle.

2.7.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'UTILISATION DU LOGICIEL CADNAA DANS LA CADRE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE

Le logiciel CadnaA version 2021 a été utilisé pour les différents calculs, conforme aux normes NF S 31-131 et NF S 31-133 relatives à la prévision du bruit des transports terrestres.

CadnaA permet de prédire le bruit en extérieur en calculant l'impact sonore de différentes sources dans l'environnement.

Pour les sources de type ferroviaire, le logiciel comprend une base de données caractérisant le niveau de bruit de différents types de trains. L'impact acoustique d'une voie ferrée sur l'environnement peut ainsi être simulé en renseignant le trafic (type, nombre et vitesses des trains). La propagation du bruit généré est ensuite calculée, prenant en compte la topographie du secteur et les éventuelles réflexions sur les bâtiments, les routes et les écrans. Le placement de récepteurs en façade de bâtiments permet de connaître le niveau sonore L_{Aeq} reçu à un endroit donné, dans les conditions de la modélisation.

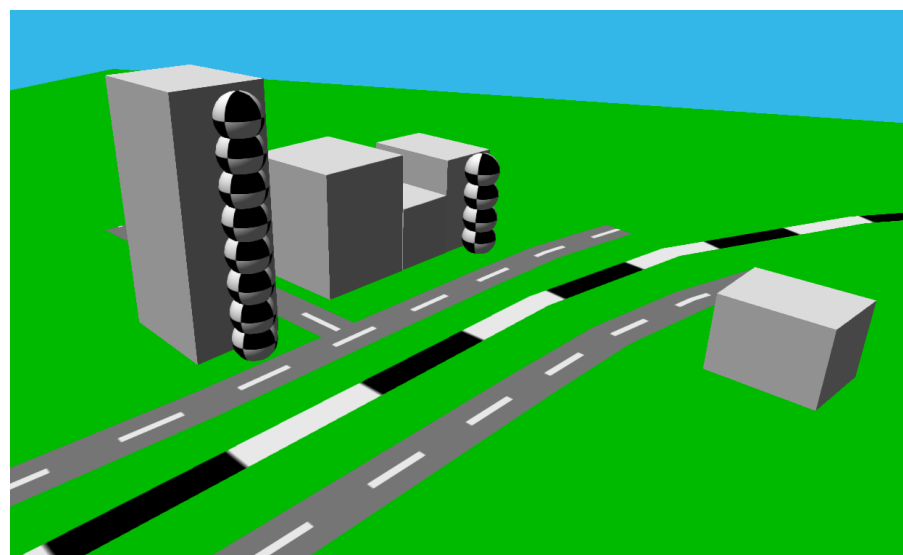
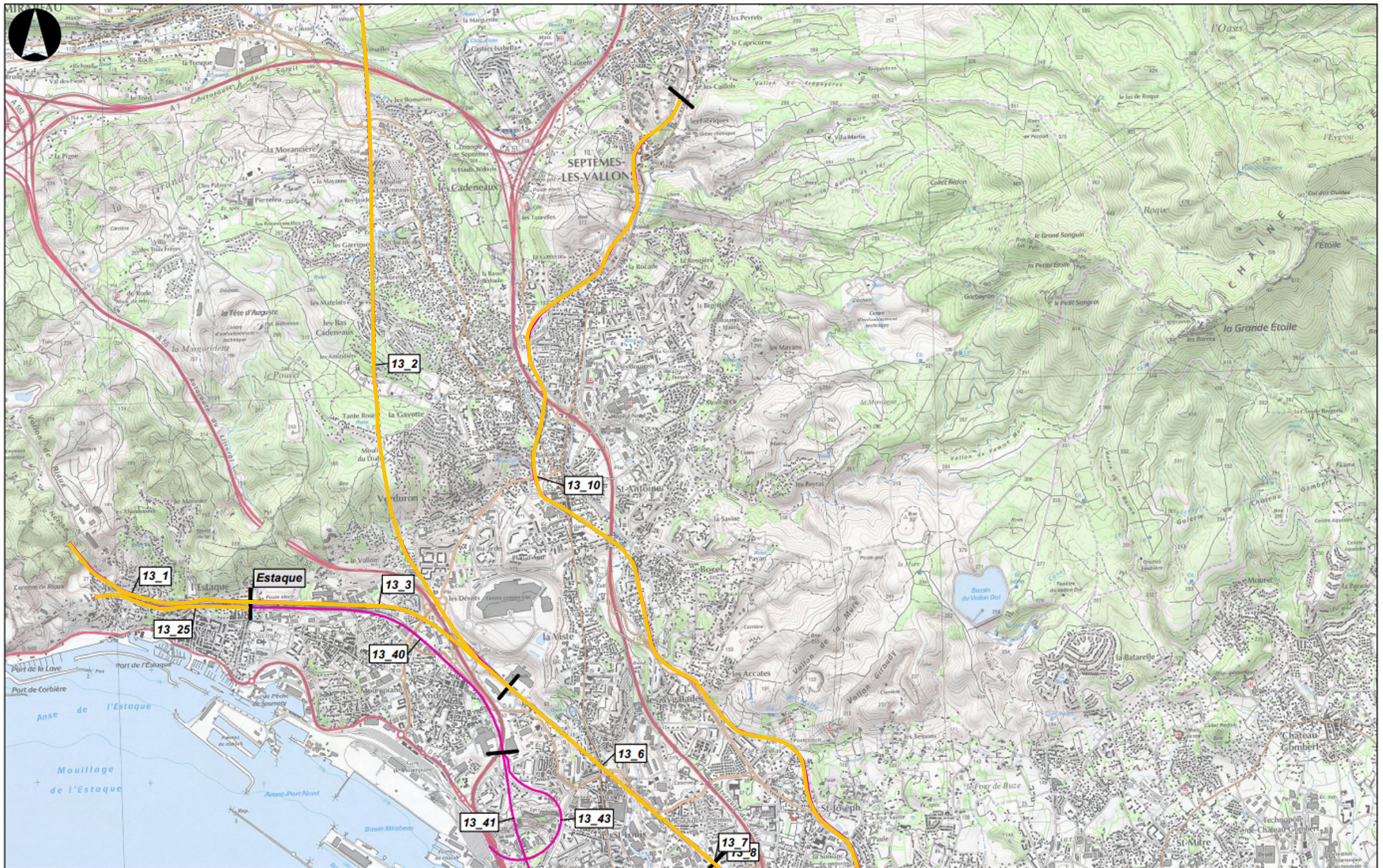


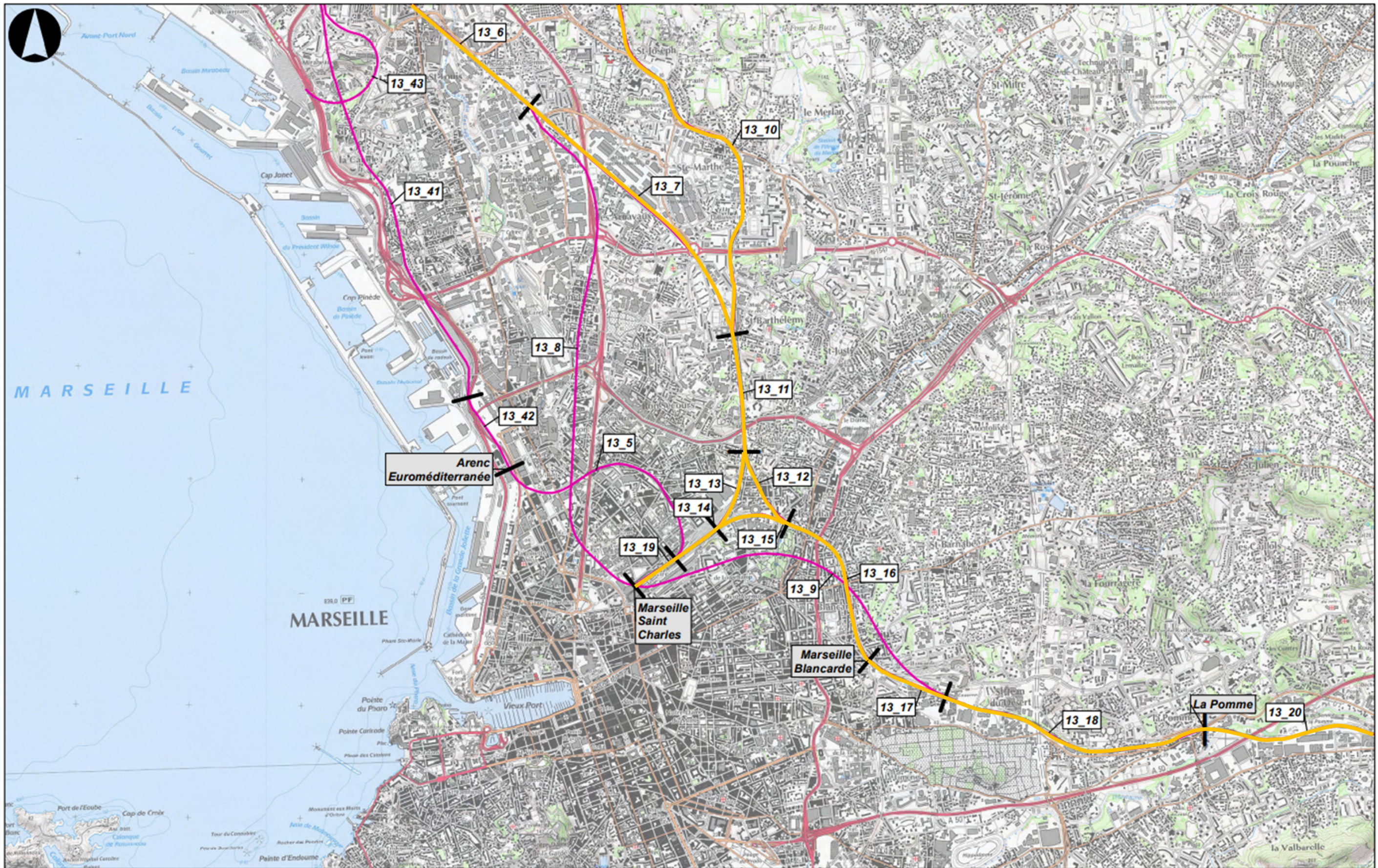
Figure 33 : Représentation 3D d'une modélisation

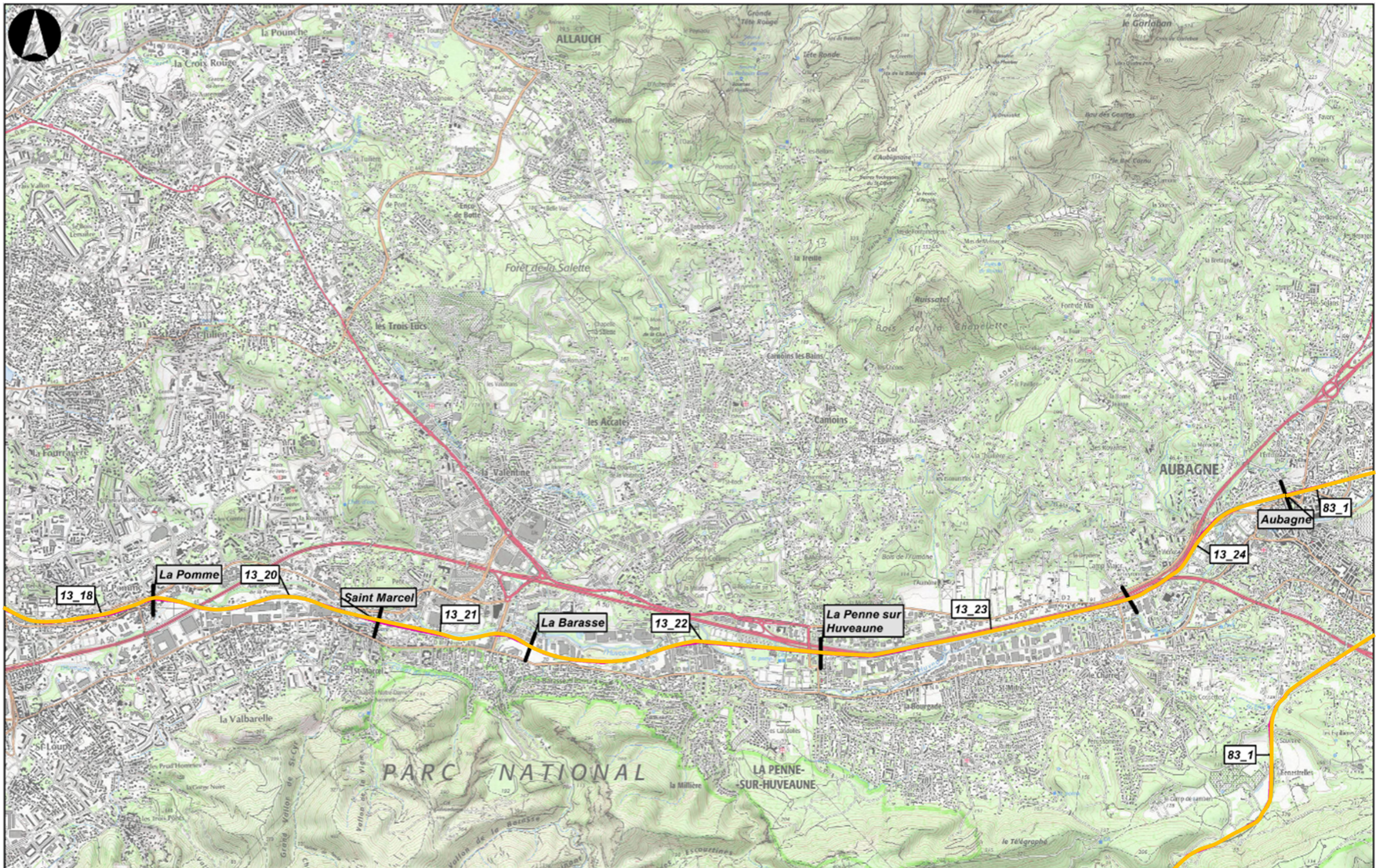
2.7.2 SECTEUR D'ETUDE

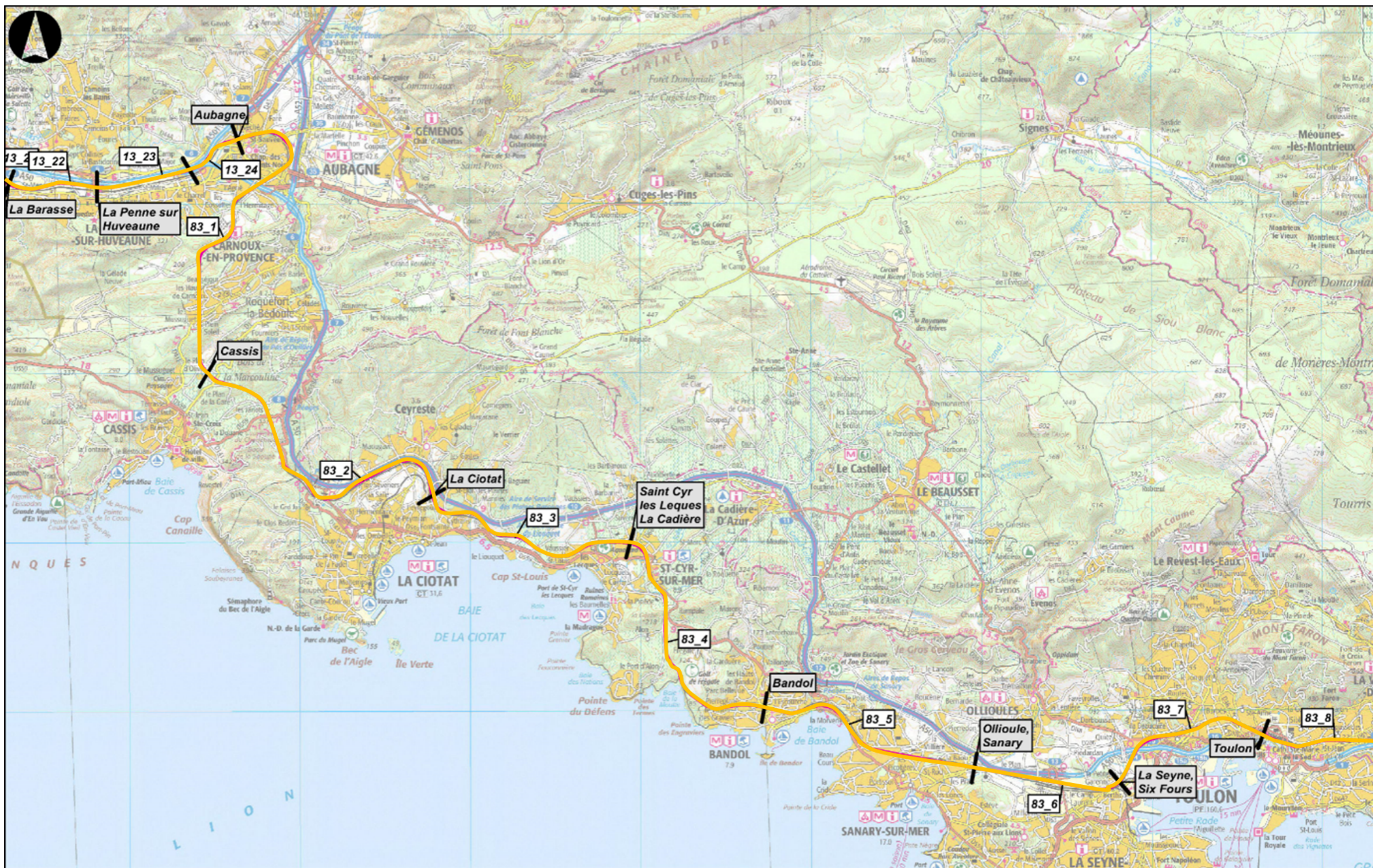
Le secteur d'étude pour l'évaluation des effets induits est présenté sur les pages suivantes. Les sections étudiées correspondent à celles pour lesquelles il n'y a pas de travaux en situation projet phase 2 ou seulement sur une partie de la section. Ces sections sont surlignées en orange sur les cartographies et figurent sur le Tableau 4.

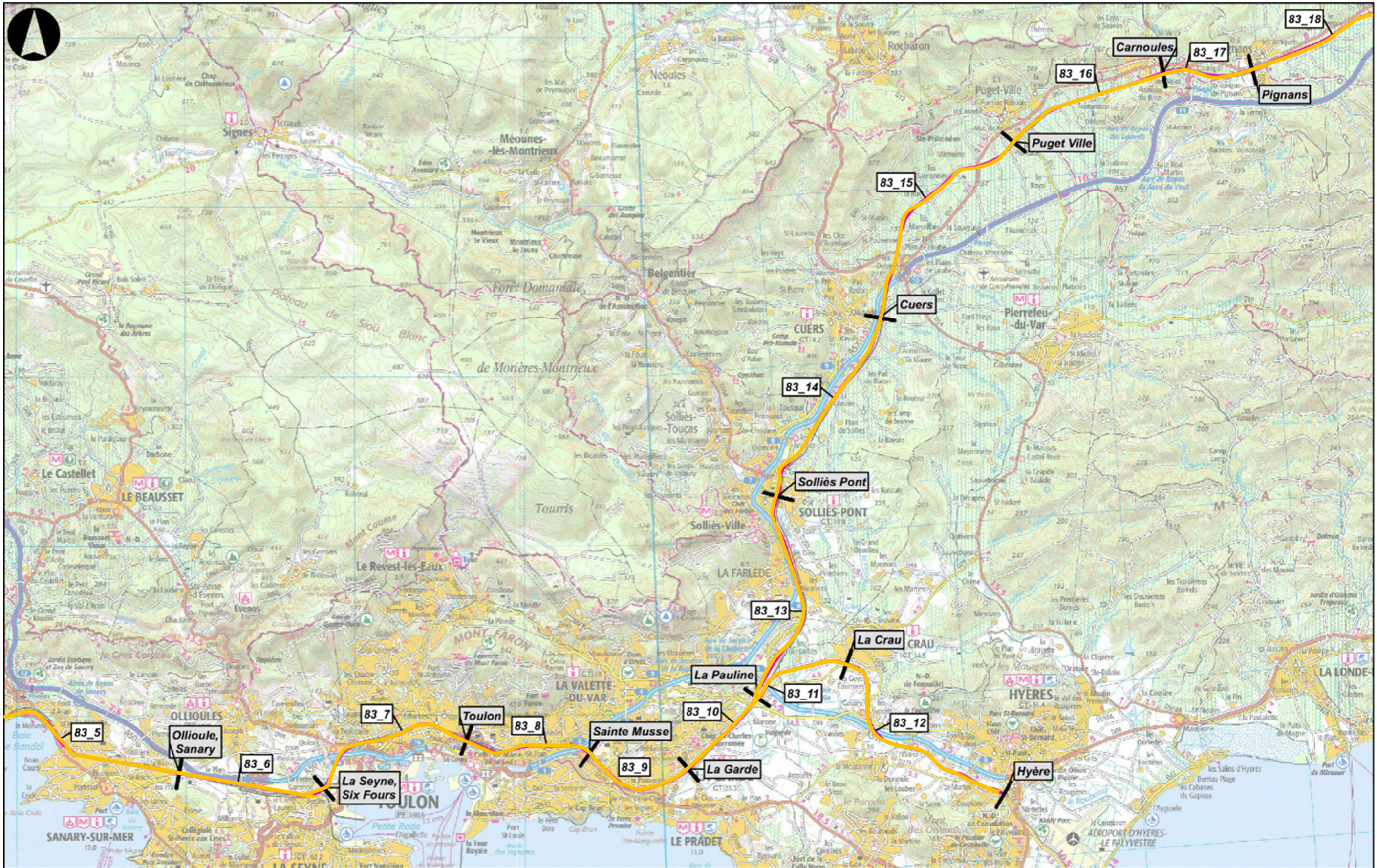
Pour les autres sections il faut se référer aux rapports d'étude d'impact acoustique et vibratoire spécifiques.

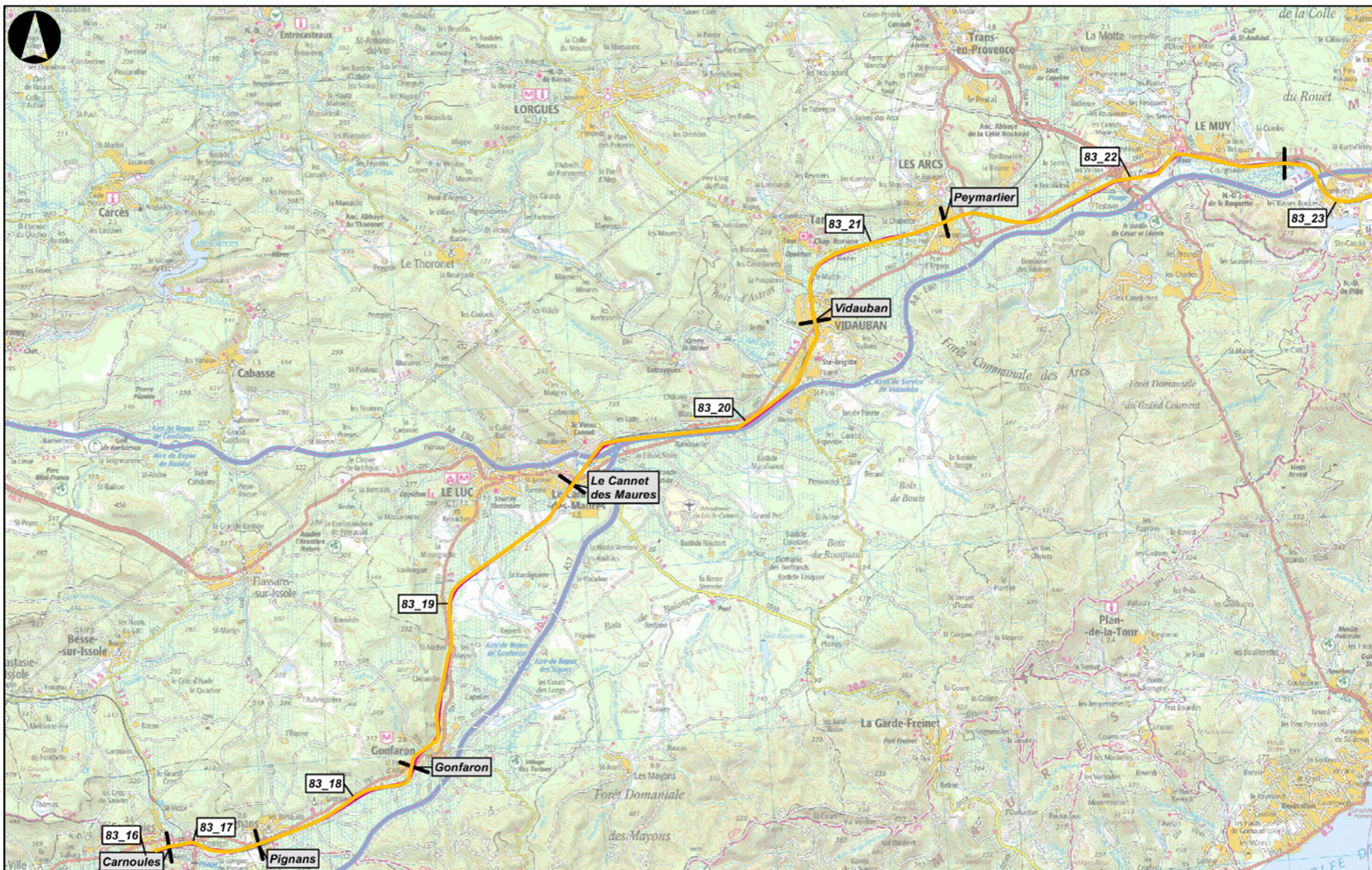




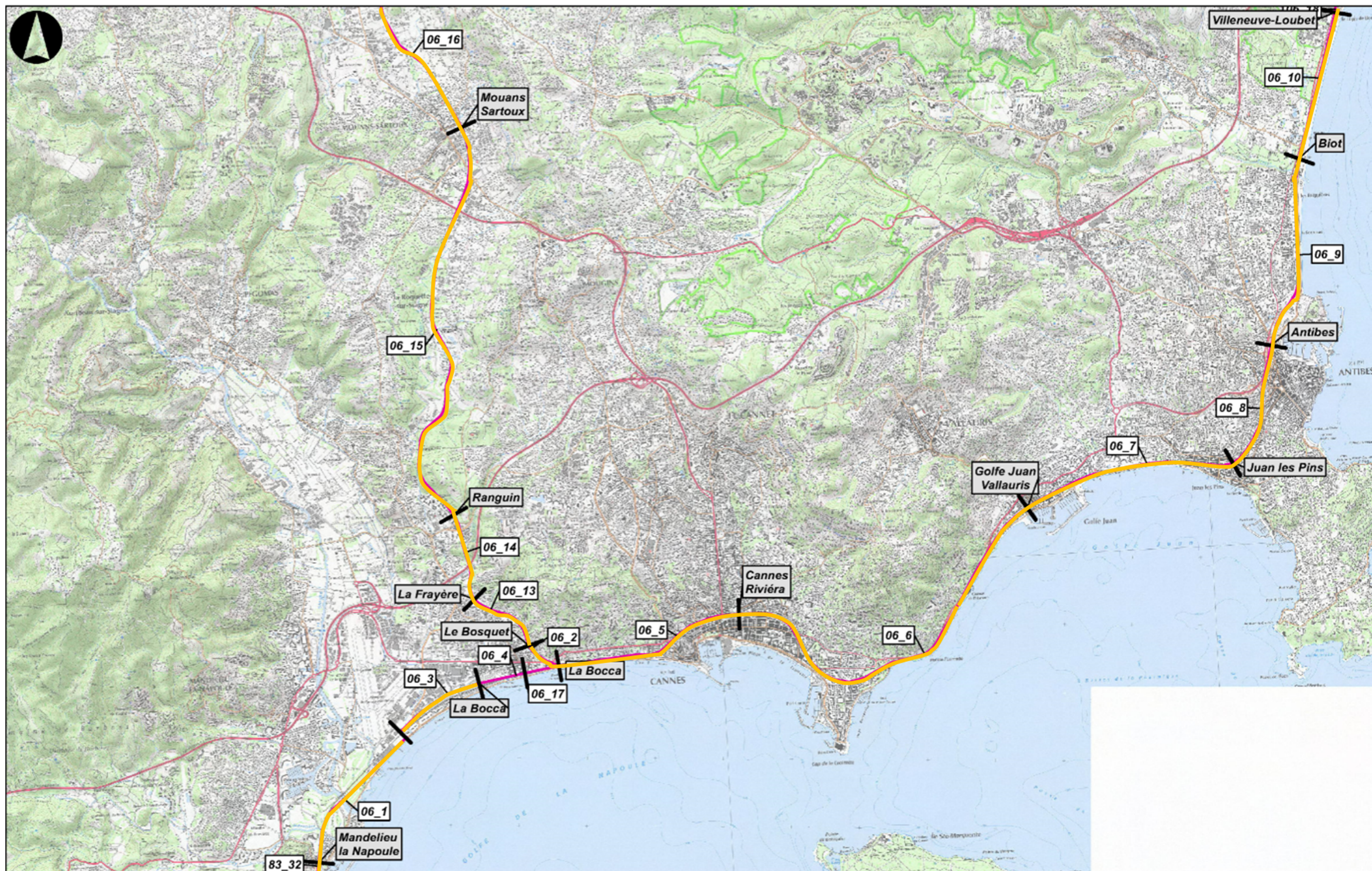














2.7.3 HYPOTHESES DE TRAFIC FERROVIAIRE

Pour le calcul des niveaux de puissance acoustique de la source ferroviaire, les hypothèses de trafic pour les trains voyageurs (TER, Intercités et TGV) et FRET sont fournies par SNCF Réseau :

- Pour la situation de référence (horizon du projet phase 2, mais sans réalisation des aménagements liés à celui-ci) ;
- Pour la situation projet phase 2.

Les rames simples sont notées US (Unité Simple) et les rames doubles sont notées UM (Unités Multiples).

Les hypothèses d'émission sonore des matériels roulant sont issues du document « Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de

transport ferroviaire dans l'environnement » (RFF – SNCF – Version 3b du 21/10/20012) :

- Les BGC 4C correspondent au matériel B81500 quadricaisse,
- Les Régiolis électriques correspondent au matériel Z27500 quadricaisse,
- Les Regio 2N correspondent au matériel Z26500-longue,
- Les FRET F2, F3, F40, F41, F5, F10, F11, F6 et F8 sont composés respectivement de 22, 45, 26, 26, 30, 36, 20, 50 et 50 wagons freinés fonte (FF).

Les vitesses de circulation des trains correspondent aux données des Schémas des Infrastructures Ferroviaires (SIF) relatifs au projet pour les trains voyageurs et aux Renseignements Techniques (RT) fournis par SNCF Réseau pour le FRET.

2.7.4 RESULTATS

Après calcul des niveaux de puissance acoustique hors zones d'opération du projet, une augmentation globale en période jour de 0,4 dB(A) et une diminution globale de 1,6 dB(A) en période nuit sont observées (cf. Figure 34).

Seule une section subit une augmentation supérieure à 2 dB(A), il s'agit de celle située entre la bifurcation vers La Roya et Nice-Saint-Roch. En effet, en période jour l'augmentation du trafic induite par le projet engendre une puissance acoustique Lw supérieure de 2,5 dB(A) par rapport à la situation référence.

Une modélisation a donc été réalisée sur ce secteur afin de connaître les niveaux de pression acoustique LAeq en façade des habitations concernées. Les niveaux de seuil PNB (Points Noirs du Bruit, 73 dB(A) le jour et 68 dB(A) la nuit) ne sont pas dépassés. La valeur maximale calculée en façade est de 61,1 dB(A) en période jour et 47,4 dB(A) en période nuit.

Aucune protection sonore n'est à prévoir réglementairement au titre des effets induits.

Repère géographique		PK début	PK fin	Sections	Lw dB(A) - Situation référence		Lw dB(A) - Situation projet phase 2		Evolution entre situation référence et situation projet phase 2	
De	à				Période jour (6h – 22h)	Période nuit (22h – 6h)	Période jour (6h – 22h)	Période nuit (22h – 6h)	Période jour (6h – 22h)	Période nuit (22h – 6h)
Rognac	Estaque	-	-	13_1	89,3	82,6	89,3	82,6	0	0
Côte Bleue	Côte Bleue	-	-	13_25	73	66,5	73,5	66,5	0,5	0
LN5	Bif Tuileries	-	-	13_2	86,8	74,8	88,2	74,8	1,4	0
Estaque	Bif Tuileries	851+699	854+520	13_3	86,3	71,7	86,1	71,7	-0,2	0
Bif Tuileries	Tête Nord tunnel Mrs	854+520	855+457	13_61 et 13_62	87,8	74,1	88,1	74,1	0,3	0
Tête Nord tunnel Mrs	Bif ligne Aix	855+457	859+800	13_7	87,4	74,1	86,8	73,1	-0,6	-1
Lignes des Alpes	Bif ligne Aix	859+800	S.O	13_10	74	66,9	74,5	66,9	0,5	0
Bif ligne Aix	Bif Chartreux Nord	859+715	860+417	13_11	86,9	74,1	86,6	73,5	-0,3	-0,6
Bif Chartreux Nord	Bif Chartreux Est	860+417	1+761	13_12	85,2	69,7	85,1	69,7	-0,1	0
Bif Chartreux Nord	Pautrier	860+417	861+111	13_13	82,1	72,1	81,3	71,1	-0,8	-1
Pautrier	Portique avant gare St-Charles	861+111	861+495	13_14	83,3	75	83	73,7	-0,3	-1,3
Portique avant gare St-Charles	Fond gare Saint Charles	861+495	-	13_19	83,5	75,3	83,5	74,1	0	-1,2
Pautrier	Bif Chartreux Est	861+111	1+761	13_15	75,6	68	74,3	66,3	-1,3	-1,7
Bif Chartreux Est	Gare de La Blancarde	1+761	3+258	13_16	85,9	73	85,6	72,1	-0,3	-0,9
Gare de La Blancarde	La Parette	3+258	4+970	13_17	85,4	72,4	85,1	71,7	-0,3	-0,7
La Parette	Gare Aubagne	4+970	16+945	13_18 à 13_24	86,3	74,4	86,7	73,4	0,4	-1
Aubagne	Saint Cyr Les Leques	16+945	43+156	83_1 à 83_3	85,9	71,2	86,2	70,4	0,3	-0,8
Saint Cyr Les Leques	La Seyne Six Four	43+156	61+820	83_4 à 83_6	86,6	73,3	87,4	74	0,8	0,7
La Seyne Six Four	Gare de Toulon	61+820	66+982	83_7	84,4	72,2	85,4	72,9	1	0,7
Gare de Toulon	La Pauline	66+982	77+239	83_8 à 83_10	84,1	74	84,5	72	0,4	-2
La Pauline	Hyères	77+239	9+923	83_11 et 83_12	75,4	68	75,8	68	0,4	0
La Pauline	Carnoules	77+239	101+476	83_13 à 83_16	83,5	72,8	83,8	69,8	0,3	-3
Carnoules	Les Arcs	101+476	135+538	83_17 à 83_21	83,1	71	83,5	68	0,4	-3
Les Arcs	Fréjus	135+538	157+996	83_22 à 83_23	83,9	71,5	84,7	65	0,8	-6,5
Fréjus	Gare de La Bocca	157+996	188+198	83_24 à 83_32 et 06_1 et 06_3	81,9	69,6	82,7	63,1	0,8	-6,5
Cannes Suquet	Cannes Centre	191+354	192+851	06_05'	82,8	72,5	84,3	67,4	1,5	-5,1
Cannes Centre	Antibes	-	-	06_6 à 06_8	83,5	73,9	84,9	70,9	1,4	-3
Antibes	Villeneuve Loubet	-	-	06_9 et 06_10	83,6	73,3	84,8	70,3	1,2	-3
Cannes Centre	Grasse	0+000	3+000	06_2 à 06_16	71,6	64,5	71,9	64,5	0,3	0
Villeneuve Loubet	Nice Saint Augustin / NAE	-	-	06_18 à 06_22	83,6	73,3	84,8	70,3	1,2	-3
Nice Saint Augustin / NAE	Nice Ville	-	-	06_23	82,8	72,6	84	69,6	1,2	-3
Nice Ville	Bif La Roya	-	-	06_24	82	71,2	82,9	68,1	0,9	-3,1
Bif La Roya	Italie	-	-	06_25 à 06_31	81,1	69,6	81,5	66	0,4	-3,6
Bif la Roya	Nice St Roch	-	2+860	-	74,7	66,2	77,2	64	2,5	-2,2

Figure 34 : Puissance acoustique en Lw en dB(A) par sections (Systra, 2021)

2.8 ETUDE ACOUSTIQUE – APPROCHE MULTISOURCES

Certaines habitations des secteurs d'étude se trouvent dans une situation de multi-exposition bruit routier / bruit ferroviaire. Une analyse a donc été réalisée en plusieurs étapes.

La première purement réglementaire par l'analyse du cumul des bruits routiers et ferroviaires.

La réglementation en vigueur relative à la multi exposition des infrastructures de transport terrestres consiste à vérifier, à l'aide d'une modélisation, si, dans le cadre du projet, les voies ferroviaires modifiées cumulées à la circulation routière du secteur, à un horizon futur, n'entraînent pas l'apparition de nouveau point noir du bruit.

En complément de l'analyse réglementaire, l'impact des opérations, en considérant la multi exposition a été étudié. La deuxième étape consiste donc à combiner la multi exposition et le caractère significatif ou non d'une modification d'infrastructure de transport terrestre. Ainsi une comparaison a été réalisée entre les niveaux sonores en façade des habitations à l'horizon futur en situation projet (route + fer) et référence (route + fer).

En cas d'augmentation de plus de 2dB(A) des niveaux sonores en façade, une comparaison par rapport aux seuils applicables dans la réglementation ferroviaire et dans la réglementation routière a été réalisée.

Une fois les calculs réalisés, les seuils réglementaires (route ou fer) ont été retenus avec le maître d'ouvrage, afin de déterminer les actions à entreprendre en terme de dimensionnement de protections sonores.

Pour rappel, on considère qu'une source sonore est masquée par une autre source sonore lorsque la différence de niveaux induits par ces sources diffère d'au moins 10dB(A).

2.9 ETUDES VIBRATOIRES

2.9.1 DEFINITIONS

- Propagation des vibrations au passage d'un train :

Le passage d'un train peut être source de vibrations qui se transmettent par le sol vers le plancher, mais aussi de bruit généré par la vibration du plancher.

Le bruit de grondement occasionné par la vibration du plancher est appelé bruit solidien, par opposition au bruit aérien qui se transmet dans l'air à travers les ouvertures du bâtiment.

Le chemin suivi par les ondes générées au passage d'un train depuis la voie ferrée jusqu'à l'intérieur des bâtiments est illustré dans le schéma suivant :

- Emission :
 1. Efforts dynamiques d'un train au passage
 2. Transmission de la voie (rail + semelle + ballast + résilient)
- Propagation :
 3. Transmission du sol
 4. Interface sol / structure
- Réception (nuisance potentielle)
 5. Interface structure / plancher RdC (nuisance tactile)
 6. Interface plancher RdC / Plancher R+n (nuisance tactile)
 7. Régénération acoustique (nuisance sonore).

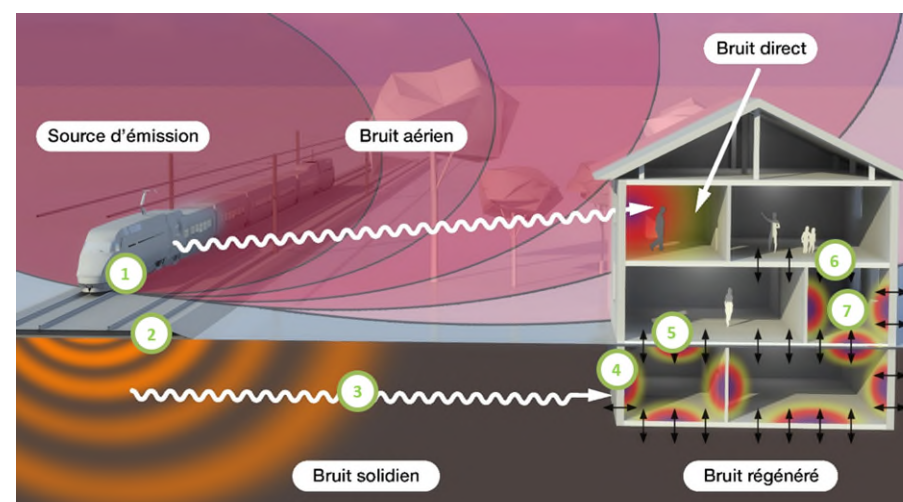


Figure 35 : Phénomènes vibro-acoustiques au passage d'un train (Egis/ACOUSTB)

NOTIONS DE PERCEPTION TACTILE ET DE NUISANCE

Pour qu'un occupant puisse percevoir les vibrations au passage d'un train, il est nécessaire que l'amplitude de vibration du plancher dépasse le seuil de perception tactile (perception non-auditive par les membres ou le corps). Le seuil de perception tactile est généralement fixé à 0.1 mm/s.

Lorsque l'amplitude des vibrations est telle qu'elle constitue une gêne pour le bien-être des occupants, les vibrations peuvent être qualifiées de nuisances.

Lorsque la contribution du bruit solidien au passage d'un train dépasse le bruit de fond à l'intérieur d'une pièce, un bruit de grondement peut être perçu par l'occupant, parfois sans perception tactile des vibrations du plancher.

VITESSE PARTICULAIRE

Une des grandeurs pertinentes pour décrire un phénomène vibratoire est la vitesse particulière en moyenne RMS, notée V_{rms} , mesurée en un point et exprimée en mm/s ou en dBv. Le seuil de perception humaine tactile est de l'ordre de 0.1 mm/s, soit 66 dBv.

Le niveau de vitesse vibratoire est aussi exprimé en dBv par la relation suivante :

$$Lv = 10 \log \frac{V_{rms}^2}{V_{ref}^2}$$

Avec ;

Lv = niveau de vitesse vibratoire en dB ;

V_{rms} = niveau de vitesse vibratoire RMS en m/s ;

V_{ref} = niveau de vitesse vibratoire de référence fixé à 5×10^{-8} m/s.

ECHELLE DE NIVEAUX VIBRATOIRES

La figure suivante propose une échelle indiquant les niveaux vibratoires et correspondant aux impacts potentiels sur les structures et sur les activités humaines. Les valeurs de vitesse vibratoire mesurées usuellement à proximité de voies routières et ferroviaires sont généralement inférieures à 1 mm/s.

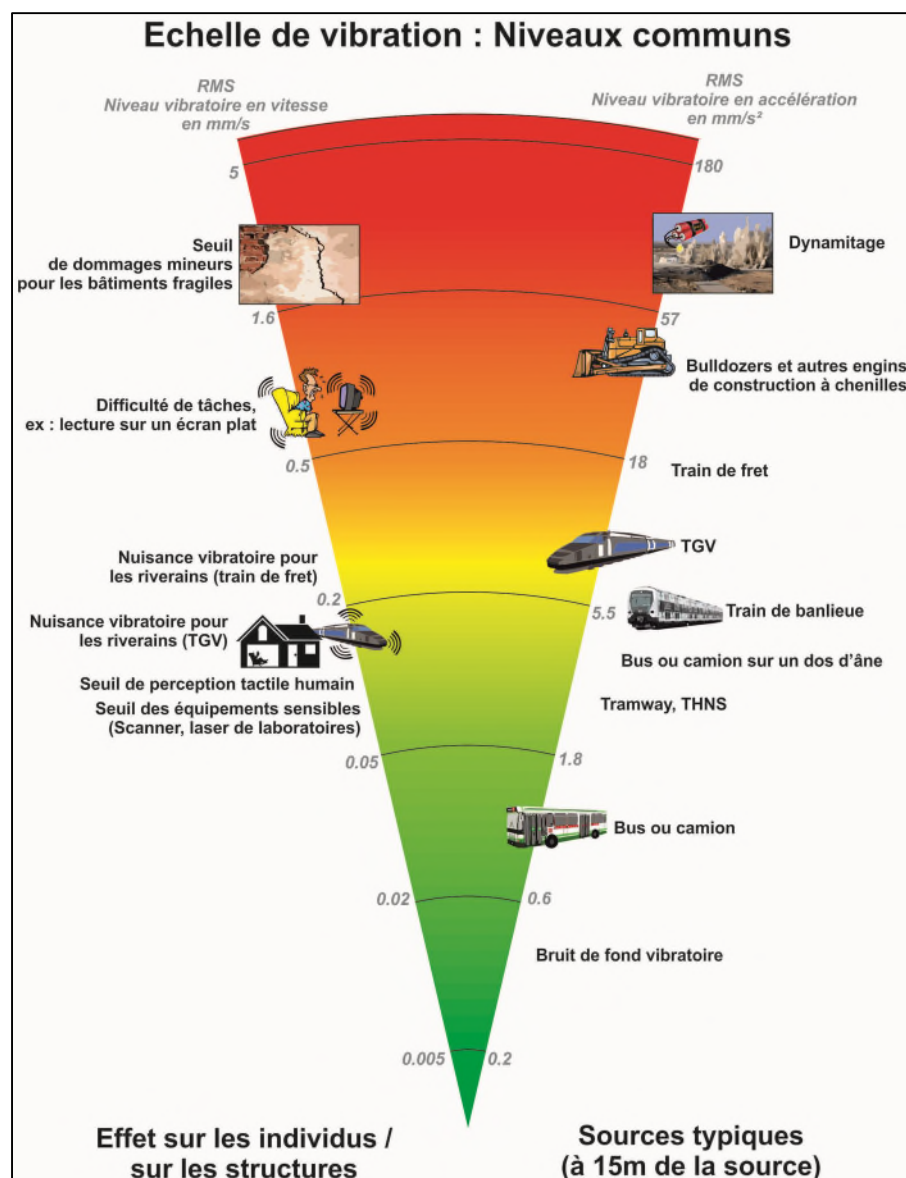


Figure 36 : Échelle de niveaux vibratoires (Egis/ACOUSTB)

CONTEXTE NORMATIF ET REGLEMENTAIRE

Les textes suivants servent de cadre pour l'étude d'impact vibratoire du projet LNPCA des phases 1 et 2 :

- Circulaire du 23/07/86 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.
- NF E90-020-1 de 2015 « Vibrations et chocs mécaniques - Méthode de mesure et d'évaluation - Partie 1 : mesures et évaluation des réponses des structures aux vibrations générées par les activités humaines ».
- ISO 14837-1 de 2005 « Vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires – Partie 1 : directives générales. »
- ISO 14837-31 de 2017, relative aux vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires qui définit les conditions de mesure in-situ.
- ISO 4866 de 2010 « Mechanical vibration and shock – Vibration of fixed structures – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their structures ».
- ISO 2631-1 de 1997 « Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements ».
- ISO 2631-2 de 2003 « Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz) ».
- Guide américain Federal Transit Administration U.S Department of Transportation, Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual, September 2018, FTA Report No. 0123 relatif aux critères de perception et exposition des individus riverains d'infrastructures ferroviaires et les risques de perturbations aux équipements sensibles.
- Directives de l'OMS 1999 relatives au bruit dans l'environnement et dans les logements.

DOMMAGES AUX STRUCTURES

Ce paragraphe rappelle les valeurs des niveaux vibratoires admissibles issues de la réglementation applicable aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

La Circulaire du 23 Juillet 1986 définit les seuils vibratoires (en valeurs crêtes de la vitesse vibratoire) garantissant la tenue mécanique d'un bâtiment en fonction de la fréquence d'excitation et du type de construction.

Les valeurs des niveaux vibratoires admissibles pour garantir l'absence de dommage aux structures sont indiquées ci-dessous pour les différents types de construction définis par la circulaire du 23 Juillet 1986 (vibrations continues ou assimilées).

Cas des constructions très sensibles :

- Pour une fréquence de vibration entre 4 Hz et 8 Hz : 2 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 8 Hz et 30 Hz : 3 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 30 Hz et 100 Hz : 4 mm/s.

Cas des constructions sensibles :

- Pour une fréquence de vibration entre 4 Hz et 8 Hz : 3 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 8 Hz et 30 Hz : 5 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 30 Hz et 100 Hz : 6 mm/s.

Cas des constructions résistantes :

- Pour une fréquence de vibration entre 4 Hz et 8 Hz : 5 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 8 Hz et 30 Hz : 6 mm/s,
- Pour une fréquence de vibration entre 30 Hz et 100 Hz : 8 mm/s.

SEUILS VIBRATOIRES DE PERCEPTION TACTILE

Il n'existe pas en France de texte réglementaire fixant des seuils concernant le risque de perception tactile des vibrations. Des valeurs limites sont néanmoins définies dans la norme ISO 10137 de 2007 relative aux vibrations dans les bâtiments, qui reprend les seuils définis dans la norme ISO 2631-2 de 1989 (valeurs RMS de vitesse vibratoire moyennées sur le passage d'une circulation) :

Type de locaux	Période	Niveau vibratoire Lv, S max	
		En mm/s	En dBv réf 5.10 ⁻⁸ m/s
Équipements sensibles	Jour	0.10	66
	Nuit	0.10	66
Bâtiments résidentiels	Jour	0.20	72
	Nuit	0.14	69
Bureaux standards	Jour	0.20	72
	Nuit	0.20	72
Bureaux calmes	Jour	0.40	78
	Nuit	0.40	78
Ateliers	Jour	0.80	84
	Nuit	0.80	84

Figure 37 : Valeurs de niveaux vibratoires admissibles

Les équipements sensibles sont ceux du type microscope électronique à balayage, ou équipements de laboratoire de classe de précision de l'ordre du micromètre.

Le Ministère de l'Environnement fixe également les valeurs cibles suivantes :

Niveau de vibration Lv en dBv (et mm/s)	Perception	Réponse des individus
90 dBv (1.6 mm/s)	Forte	Panique - Plainte
80 dBv (0.5 mm/s)	Moyenne	Inquiétude - Plainte
70 dBv (0.16 mm/s)	Moyenne faible	Plainte de certains riverains
66 dBv (0.1 mm/s)	Faible négligeable	Peu de perception des vibrations mais bruit perceptible, vigilance pour hôpitaux et laboratoires
60 dBv (0.05 mm/s)	Négligeable	Bruit régénéré par faibles vibrations « bruits solidiens » perceptibles par les individus et vigilance pour les appareils médicaux
50 dBv (0.016 mm/s)	Aucune	Pas de perception bruit et vibration

Figure 38 : Valeurs vibratoires et ressentis riverains

Dans le cadre de cette étude, les valeurs cibles retenues sont les suivantes :

Classe de bâtiment selon activité	Valeurs cibles Lv,S,max en dBv par tiers d'octave de 10 Hz à 250 Hz (réf 5x10 ⁻⁸ m/s)
Résidences et bâtiments où les occupants sont susceptibles de dormir, hôpitaux, laboratoires	66 dBv (= 0.1 mm/s)
Locaux avec usage exclusivement en journée dans les établissements d'enseignement, les lieux institutionnels et culturels	69 dBv (= 0.14 mm/s)

Figure 39 : Valeurs cibles de vitesse particulière non pondérée Lv,S,max

SEUILS VIBRATOIRES DE PERCEPTION AUDITIVE

Pour évaluer le risque de perception du bruit solidien occasionné au passage des trains, le niveau LpAS,max (valeur maximale du niveau de pression acoustique mesuré avec le filtre de pondération A, avec la constante de temps Slow 1 seconde) est retenu. La valeur cible retenue est la somme énergétique des valeurs calculées dans les bandes de tiers d'octave 20 Hz – 160 Hz. La position du point de mesure/calcul de référence dans le local est définie dans le projet de norme ISO TS 14837-31 (AFNOR, 2017).

Le tableau suivant synthétise ces valeurs cibles de bruit solidien :

Classe de bâtiment selon activité	Niveau global LpA,S,max en dB(A) (réf. 2x10 ⁻⁵ Pa)
Résidences et bâtiments où les occupants sont susceptibles de dormir, hôpitaux	30
Locaux avec usage exclusivement en journée dans les établissements d'enseignement, les lieux institutionnels et culturels	35

Figure 40 : Valeurs cibles de bruit solidien LpA,S,max généré

2.9.2 EVALUATION DE L'IMPACT VIBRATOIRE DU PROJET

RISQUE DE PERCEPTION AUDITIVE DU BRUIT SOLIDIEN

Le risque de perception du bruit solidien au passage d'un train est évalué par comparaison à la valeur cible de 30 dB(A) fixée dans le cadre du projet.

L'impact potentiel d'un aménagement lié au projet est classé en trois catégories :

- Impact Faible :**
Le risque de perception auditive du bruit solidien dans les logements est faible, mais toujours existant selon la sensibilité des personnes et les caractéristiques particulières de certains bâtiments.
- Impact Moyen :**
Le risque de perception auditive est moyenne (moins de 15 % des personnes exposées se déclarent gênées *).
- Impact Fort :**
Le risque de perception auditive est fort (environ 30 % des personnes exposées se déclarent gênées *).

*Source: «Annoyance and self-reported sleep disturbances due to structurally radiated noise from railway tunnels" Gunn Marit Aasvang, Bo Engdahl, Karin Rothschild - Applied Acoustics 68 (2007) 970–981)».

RISQUE DE PERCEPTION TACTILE DES VIBRATIONS

Le risque de perception corporelle des vibrations est évalué par comparaison à une valeur cible courante de 66 dBv sur le plancher des locaux.

Note : Le niveau vibratoire correspondant à une perception tactile est inférieur d'un facteur de l'ordre de 50 à 100 aux valeurs limites réglementaires d'apparition de dommages aux structures (circulaire du 23 juillet 1986).

Le seuil de perception tactile est très supérieur au seuil de perception auditive. Par conséquent, les critères d'évaluation et les traitements anti-vibratiles recommandés sont définis pour le risque de perception auditive, dimensionnant devant le risque de perception corporelle des vibrations.

Les critères ci-dessous sont proposés sur la base des retours d'expérience récents sur d'autres projets d'infrastructures ferroviaires (Société du Grand Paris (SGP) et projet RER E EOLE).

- Distance entre le bâtiment et les rails

L'impact vibratoire des aménagements du projet est évalué selon les 3 catégories de distances suivantes entre le bâtiment et les rails :

- Inférieur à 20 m : Impact Fort ;
- Compris entre 20 m et 35 m : Impact Moyen ;
- Supérieur à 35 m : Impact Faible.

- Présence d'un aiguillage ou d'un appareil de voie

En présence d'un aiguillage ou d'un appareil de voie, le niveau vibratoire au passage du train est susceptible d'être amplifié jusqu'à 15 dBv par rapport à un passage de train sur voie classique.

Les critères d'évaluation du paragraphe précédent sont repris dans le cadre de la présence d'aiguillage ou d'un appareil de voie.

L'impact vibratoire est alors évalué selon les 3 catégories de distances suivantes entre le bâtiment et l'appareil de voie :

- Inférieur à 35 m : Impact Fort ;
- Compris entre 35 m et 50 m : Impact Moyen ;
- Supérieur à 50 m : Impact Faible.

- Sensibilité du bâti

L'impact définit selon les critères précédents est modulé selon la sensibilité du bâti situé à proximité des circulations ferroviaires :

- Logements ;
- Soins santé / Enseignement / Spectacles ;
- Bureaux ;
- Activité industrielle ou commerciale.

SYNTHESE

Dans le cadre d'une voie de train classique (sans aiguillage), les critères permettant de définir le risque d'impact vibratoire potentiel d'un tronçon du projet en phase exploitation sont synthétisés dans le tableau suivant :

Type de locaux	Distance bâtiment-rails inférieure à 20 m	Distance bâtiment-rails comprise entre 20 m et 35 m	Distance bâtiment-rails supérieure à 35 m
Logements	FORT	MOYEN	FAIBLE
Soins santé / Enseignement / Spectacles	FORT	MOYEN	FAIBLE
Bureaux	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE
Activité industrielle * ou commerciale	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE

Figure 41 : Risque d'impact vibratoire potentiel en fonction de la présence de bâtiments sensibles pour une voie ferrée sans aiguillage / appareil de voie

En présence d'un aiguillage ou d'un appareil de voie, les critères permettant de définir le risque d'impact vibratoire en phase exploitation sont synthétisés dans le tableau suivant :

Type de locaux	Distance bâtiment-rails inférieure à 35 m	Distance bâtiment-rails comprise entre 35 m et 50 m	Distance bâtiment-rails supérieure à 50 m
Logements	FORT	MOYEN	FAIBLE
Soins santé / Enseignement / Spectacles	FORT	MOYEN	FAIBLE
Bureaux	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE
Activité industrielle * ou commerciale	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE

Figure 42 : Risque d'impact vibratoire potentiel en fonction de la présence de bâtiments sensibles pour une voie ferrée avec aiguillage / appareil de voie

* Sauf les centres de recherche, laboratoires, établissements dont la présence d'équipements sensible aux vibrations est avérée.

Le risque d'impact vibratoire est indiqué à ce stade des études en fonction de la distance par rapport à l'infrastructure et de la sensibilité du bâti. Une variabilité due à la transmission par le sol de nature complexe et au type de construction peut être observée d'un secteur à l'autre : elle fera l'objet des études de détail ultérieures (APD-PRO).

2.10 ETUDE AIR ET SANTE (ETUDES DE NIVEAU I ET DE NIVEAU III)

2.10.1 CONTENU DES ETUDES AIR ET SANTE

Conformément à la **note technique du 22 février 2019**, relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et son guide méthodologique, l'étude air et santé doit comprendre :

- Une caractérisation de l'état initial ;
- Une analyse des impacts du projet sur l'air et la santé de la solution retenue pour cinq scénarios (Horizon à définir) :
 - un état de référence (état actuel),
 - un état projeté (1) à la mise en service : horizon futur **sans la réalisation du projet**,
 - un état projeté (1) à la mise en service : horizon futur **avec la réalisation du projet**,
 - un état projeté (2) : horizon futur (à + 15 ans après la mise en service de l'installation) **sans la réalisation du projet**.
 - un état projeté (2) : horizon futur (à + 15 ans après la mise en service de l'installation) **avec la réalisation du projet**

L'inter comparaison des résultats obtenus pour ces différents scénarii permet une analyse de l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé dans le domaine d'étude.

Pour les études de niveau I uniquement, cette analyse sera menée comme suit pour chacun des 5 scénarios :

- Une estimation des **émissions polluantes** induites par le trafic routier (conformément à la méthodologie COPERT) ;
- Une **évaluation des teneurs** en polluants en tout point de la bande d'étude (modélisation gaussienne de dispersion des polluants avec le modèle ADMS Road) ;
- Une évaluation de l'impact sur la qualité de l'air ;
- Une **évaluation de l'impact du projet sur les populations** avec l'indicateur sanitaire simplifié IPP (Indice Pollution Population) pour le dioxyde d'azote ;
- Une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)Contexte réglementaire

Le Code de l'Environnement impose **des études particulières sur la pollution atmosphérique**, qu'il définit comme suit : « constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives » (L. 220-2).

Le Code de l'Environnement est complété, pour le volet air et santé des **études d'impact des infrastructures routières**, par les textes suivants :

- Note technique du 22 février 2019, relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;
- Guide méthodologique sur le « volet air et santé » des études d'impact routières CEREMA 2019 ;
- Étude d'impact - Projets d'infrastructures linéaires de transport – CEREMA – avril 2016.
- Avis de l'ANSES relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012 ;
- Études d'impact des infrastructures routières, volet air et santé, état initial et recueil de données - SETRA, CERTU – février 2009 ;
- Circulaire DGS n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts.

2.10.2 NIVEAUX DES ETUDES AIR ET SANTE

L'étude air et santé sera réalisée **en accord avec la note technique du 22 février 2019** relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières et son guide méthodologique, **bien que le projet LNPCA ne soit pas directement concerné par sa stricte application au regard du périmètre pour lequel elle a été établie (à savoir des projets routiers neufs et des projets d'aménagement d'infrastructures routières existantes)**.

Compte tenu des trafics prévisionnels, de la densité de population le long du projet, de **la nature du projet susceptible d'impacter le trafic routier** et conformément à la circulaire suscitée, deux types d'études seront menées, des études de niveau I et des études de niveau III.

Trafic à l'horizon d'étude Densité dans la bande d'étude	>50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Figure 43 : Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de populations et de la longueur du projet (Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère)

2.10.3 DOMAINE D'ETUDE ET BANDE D'ETUDE

Conformément à la note technique et à son guide méthodologique précités, **le domaine d'étude et le réseau routier** devront être déterminés par le réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une variation (augmentation ou diminution) de **trafic supérieure à 10%**.

Le domaine d'étude sera défini précisément sur la base des données de trafic (précisées ci-après).

Une bande d'étude sera définie autour de chaque voie du réseau routier défini ci-avant. La largeur de la bande d'étude est généralement comprise entre 150 et 300 m de part et d'autre des axes routiers, conformément à la note technique du 22 février 2019.

Cette largeur sera définitivement arrêtée au regard des données de trafic transmises.

Si le projet n'impacte aucun tronçon routier, l'étude sera menée dans l'aire d'étude du projet tracée à partir de l'emprise des opérations et leurs l'environnements.

2.10.4 POLLUANTS ETUDIÉS POUR LES DEUX TYPES D'ETUDES

Conformément au guide méthodologique du CEREMA précité, les études air et santé porteront sur les polluants suivants :

- Les oxydes d'azote (NO₂ et NO_x) ;
- Le monoxyde de carbone (CO),
- Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)
- Le dioxyde de soufre (SO₂),
- Les PM10 et les PM2,5 ;
- Le benzène ;
- Le benzo(a)pyrène ;
- le nickel, l'arsenic

Polluants supplémentaires étudiés pour l'étude de niveau I

- 15 HAP supplémentaires autres que le benzo(a)pyrène ;
- 1,3 butadiène ;

2.10.5 ENTRANTS NECESSAIRES

1 : Données météorologiques (ne concerne que l'étude de niveau I)

Cette prestation ne prévoit pas l'acquisition ou le traitement de données, excepté :

- Les données météorologiques tri-horaires (direction et vitesse du vent, température, nébulosité) de la station de Météo France la plus représentative du domaine d'étude, qui seront acquises pour une année récente ;
- Les données météorologiques sur la période de mesures.
- Les données topographiques si nécessaires.

2 : Caractéristiques du projet

3 : Trafics

Notre expérience des études air et santé nous a montré que les données de trafic sont des entrants particulièrement sensibles.

Ainsi, pour être analysée, l'étude de trafic comprend au minimum cinq scénarios :

- le trafic dit « actuel » ;
- le trafic dit de « référence » (trafic sans le projet, au fil de l'eau) ;
 - à l'horizon de la mise en service du projet ;

- à un horizon à long terme (15 à 20 ans) après cette mise en service.
- le trafic dit « à terme » (trafic avec le projet) :
 - à l'horizon de la mise en service du projet ;
 - à un horizon à long terme (15 à 20 ans) après cette mise en service.

Pour chacun des tronçons du réseau routier retenu, pour chacun des scénarios, cette base comprendra à minima :

- Les Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA) des véhicules légers et des poids lourds (ou la part modale de ceux-ci) ;
- Les vitesses en charge (vitesse réelle) des véhicules légers et des poids lourds ;
- La longueur du tronçon et son identifiant.

2.10.6 CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

La caractérisation de l'État de référence a pour objectif de fournir une description détaillée de la qualité de l'air et de ses effets dans le domaine d'étude en l'absence de tout projet. Il se composera notamment de :

- Un bilan de la qualité de l'air dans le domaine d'étude sur la base des études et mesures de l'AASQA locale, AtmoSud, ainsi que des documents de planification ;
- Un inventaire des sources de pollution sur la base des recensements des principaux émetteurs industriels effectués par la DREAL ;
- Un inventaire des établissements à caractère sanitaire et social (établissements scolaires et de soin notamment) et des zones sensibles, ainsi que des populations ;

Ce diagnostic donnera lieu à des cartographies sous SIG.

L'étude de niveau I, **uniquement**, sera en plus caractérisée par une **campagne de mesures in situ** de la qualité de l'air de quatre semaines

D'un point de vue technique et dans le cadre d'une approche globale vis-à-vis de l'impact du projet sur la qualité de l'air, nous avons proportionné l'étude air en proposant la réalisation **d'une campagne de mesures** dans des conditions plutôt défavorables à la dispersion atmosphériques (saison hivernale). Par ailleurs, les délais de l'étude ne nous permettent pas de réaliser une seconde campagne de mesures dans des conditions météorologiques contrastées par rapport à celle prévue.

Les polluants prélevés, en accord avec les préconisations de **la note du 22 février 2019, pour une étude de niveau I** seront les suivants :

- par capteurs passifs : le dioxyde d'azote, le benzène, le dioxyde de soufre, le 1,3 butadiène et le monoxyde de carbone ;
- par analyseurs automatiques : les PM10, PM2,5, les 16 HAP, les métaux (nickel, chrome et arsenic).

La campagne de mesure est réalisée sur deux périodes consécutives de 2 semaines, soit une durée de 4 semaines.

Les développements ci-après de la caractérisation de l'état initial ne s'appliquent qu'aux études de niveau I :

PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Le plan d'échantillonnage, permettant de caractériser l'état actuel de la pollution de l'air au niveau de la zone projet, est établi au regard des caractéristiques du projet et des enjeux.

Les sites de mesures sont localisés suivant deux types d'ambiances :

- Fond urbain et péri-urbain : Permet d'évaluer la qualité de l'air sans l'influence du trafic routier à proximité d'habitations et d'établissements vulnérables. Ces mesures représentent l'exposition moyenne de la population ;
- Proximité routière : Permet d'évaluer la qualité de l'air sous l'influence du trafic routier.

Des sites de mesures sont également positionnés à proximité de stations de mesures AtmoSud afin de comparer nos mesures à celles d'AtmoSud.

MISE EN ŒUVRE

Les capteurs passifs sont placés dans des abris de protection à une hauteur du sol comprise entre 2 et 3 mètres, et à distance de tout obstacle de nature à modifier la circulation de l'air. Les abris portent une étiquette mentionnant leur objet, le nom et les coordonnées d'EGIS afin d'éviter tout acte de malveillance et éviter ainsi les pertes éventuelles de capteurs.

La pose et la dépose des capteurs sur les sites de mesure sont assurées par EGIS Elles sont réalisées au cours de deux journées au maximum afin d'assurer une cohérence dans les mesures sur l'ensemble du domaine d'étude (homogénéité des mesures et des conditions météorologiques).

Concernant les analyseurs automatiques, leurs manipulations (chaque appareil pèse une cinquantaine de kilos) et leurs utilisations sont plus délicates : ils nécessitent un apport d'électricité et doivent être placés dans des sites sécurisés ; ils doivent également faire l'objet d'une surveillance (au minimum 1 fois par semaine) pour vérifier leurs bons fonctionnements et les changements de filtres nécessaires à la mesure des différentes substances.

Dans le cadre de ces mesures en continu, des appareils séquentiels (type Partisol reconnu par le CEREMA) mais non dichotomiques (ne mesurant pas les PM10 et PM2,5 en même temps), sont envisagés. Cette technologie, mobilisant l'équipement pour un mois, contraint la mesure des particules respectivement PM10 et PM2,5 sur 15 jours (au lieu des 4 semaines requises) : mesures sur 15 jours des PM10 et mesures sur 15 jours des PM2,5. Pour les HAP et métaux lourds, les mesures sont réalisées à partir des filtres pour les PM10 (soit également sur une période de 15 jours) avec un partage des filtres (car les métaux et les HAP ne sont pas analysés avec les mêmes méthodes d'extraction). Ainsi, nous obtiendrons :

- une valeur moyenne sur la période de 15 jours de mesures pour les 16 HAP et les métaux lourds,
- une valeur moyenne journalière pour les PM10 et PM2,5 sur la période de 15 jours.



Capteur passif



Appareil séquentiel - Partisol

Figure 44 : Exemple d'installation de capteurs passifs et d'appareil séquentiel (Partisol) (Egis)

FICHES DE MESURES

Pour chacun des sites de mesure, une **fiche de suivi** sera réalisée.

Cette fiche contiendra toutes les informations relatives à la **traçabilité de la mesure**, et notamment une photo numérique du site, son implantation sur un extrait de plan au 1/25 000^{ème} environ, ses coordonnées finement géo référencés grâce à un GPS, sa typologie,

ses caractéristiques (distance à la voie, proximité à un bâtiment sensible ...), ainsi que les résultats des mesures.

Fiche de mesure - RN57 - Contournement de Besançon Site 08

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance : Proximité routière	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie : Terrain naturel	Support et Hauteur : poteau - 2 m

Campagne Automnale 1		Campagne Hivernale 2	
Du 23/09/2019 au 21/10/2019		Du 14/01/2020 au 11/02/2020	
Polluants :	Teneurs (µg/m³) :	Polluants :	Teneurs (µg/m³) :
NO ₂	48.4	NO ₂	61.6
C ₆ H ₆	0.6	C ₆ H ₆	1.5
SO ₂	4.8	SO ₂	2.5
CO		CO	
1,3-butadiène	0.52	1,3-butadiène	0.08
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 925352 m - Y 6684675 m Commune : Besançon
Projection : Lambert 93 Adresse : RN57

PHOTOGRAPHIES DU SITE

Figure 45 : Exemple de fiche de mesures (Egis)

ANALYSE DES RESULTATS ET CARTOGRAPHIES

Les résultats des mesures seront comparés aux normes de qualité de l'air en vigueur, ainsi qu'aux mesures du réseau de surveillance local, en prenant en compte les données météorologiques qui seront acquises sur la période de mesure. Les résultats des mesures seront cartographiés sous SIG.

2.10.7 EVALUATION DES EMISSIONS ROUTIERES

Les émissions routières sont évaluées selon la méthodologie COPERT V (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport), développée pour l'Agence Européenne de l'Environnement.

Cette méthodologie permet de quantifier les polluants émis pour un parc de véhicules à un horizon choisi, en fonction du type et de l'âge des véhicules, du kilométrage parcouru et de la vitesse moyenne.

La composition du parc roulant est issue des dernières projections de parc de l'IFSTTAR (parc automobile français simulé par l'IFSTTAR mis à jour en 2019). La composition du parc y est simulée pour la période 1970-2050.

Cette méthodologie constitue, à ce jour, la référence en termes d'évaluation des émissions routières ; son utilisation fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau européen.

Les émissions seront évaluées pour chacun des polluants, pour chaque scénario et tronçon du réseau routier retenu.

L'inter comparaison des résultats obtenus pour les différents scénarii (état initial, états futurs avec et sans projet) permettra **une analyse qualitative et relative de l'impact du projet sur la qualité de l'air**.

Les développements ci-après de l'évaluation des émissions routières ne s'appliquent qu'aux études de niveau I :

EVALUATION DES TENEURS EN POLLUANTS

L'estimation des concentrations en polluants dans l'environnement du projet sera réalisée via l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique de type gaussien de seconde génération⁹.

Le logiciel de dispersion atmosphérique utilisé, ADMS Roads, développé par le CERC, le Cambridge Environmental Research Consultants Ltd, est un modèle conçu pour estimer et étudier l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air. Ce logiciel, largement utilisé en Europe, est reconnu en France comme à l'international pour la modélisation de la dispersion atmosphérique de polluants. Il permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française et européenne sur la qualité de l'air.

Les émissions routières, les données météorologiques représentatives du site étudié et les données topographiques (données acquises par Egis) constituent les principaux paramètres d'entrée du modèle.

⁹ Les outils de « seconde génération » permettent une description plus fine de la turbulence atmosphérique que les approches numériques précédentes. La couche limite atmosphérique est décrite de façon continue et non plus sous la forme de

classes de stabilité limitant le nombre de situations météorologiques. Le niveau de turbulence de l'atmosphère est par ailleurs caractérisé verticalement en 3 dimensions en tenant compte à la fois de la turbulence d'origine thermique et de

la turbulence d'origine mécanique en fonction des caractéristiques d'occupation des sols.

Les caractéristiques émissives se composent de :

- La localisation géographique géo référencée des tronçons routiers considérés, projetés sur le fond de plan retenu (carte IGN au 1/25000ème par exemple),
- Les émissions routières de chaque polluant, pour chaque tronçon comme évaluées ci-avant.
- Les données météorologiques : elles seront acquises auprès de Météo France, pour la station la plus représentative du site, avec un pas de temps tri-horaires, puis interpolées en données horaires grâce au pré-processeur météorologique du logiciel ADMS Roads.

Quatre paramètres météorologiques seront pris en compte (la vitesse et la direction du vent, la température ambiante et la nébulosité pour appréhender la stabilité atmosphérique) sur une année type (soit 8 760 échéances temporelles engendrant autant de simulations pour chaque polluant).

Les teneurs de fond retenues seront évaluées sur la base des résultats des campagnes de mesure et/ou des mesures du réseau permanent d'Airparif. Ces teneurs seront uniformes sur chaque domaine d'étude et identiques pour tous les scénarios. Elles seront précisées dans l'étude.

2.10.8 EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

Les résultats des calculs de dispersion atmosphérique seront exprimés en concentrations de polluant dans l'air, pour l'ensemble des substances considérées.

Les concentrations du polluant majeur (le dioxyde d'azote) seront cartographiées sous SIG, en tout point de la bande d'étude, par une méthode d'interpolation géostatistique.

Les concentrations de l'ensemble des polluants seront également présentées, sous forme de tableaux, en certains points récepteurs représentatifs (zone d'impact maximale, écoles ou crèches, lieux de vie sensibles...).

En fonction des polluants et de leurs risques sanitaires, les concentrations seront exprimées :

- en moyenne annuelle, pour les polluants susceptibles de générer des risques chroniques : le dioxyde d'azote, le benzène, le chrome, le 1,3-butadiène, le nickel, les 16 HAP dont le benzo[a]pyrène, et l'arsenic.
- en concentration maximale ou percentile, pour les polluants susceptibles de générer des risques aigus : le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5,

Par ailleurs les dépôts au sol pour les 16 HAP pourront être également présentés s'il y a lieu de traiter une exposition pour la voie par ingestion (voie potentielle d'exposition en fonction notamment de la présence de jardins potagers, de jardins ou zones de jeux pour enfants, dans la bande d'étude).



Figure 46 : Exemple de cartes de dispersion de polluants en valeur d'iso-concentration (Egis)

2.10.9 EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EXPOSITION DES POPULATIONS ET SUR LA SANTE

Les développements ci-après de l'évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations et sur la santé ne s'appliquent qu'aux études de niveau I :

INDICE POLLUANT POPULATION

Conformément à la note technique du 22 février 2019, l'impact sanitaire du projet sera apprécié via l'indicateur sanitaire simplifié : l'Indice Pollution Population (IPP).

Cet indicateur sanitaire permet la comparaison de différents horizons d'étude et différentes variantes de tracé (déjà présenté ci-avant) eu égard à leurs impacts sur l'exposition de la population présente dans la bande d'étude.

Cet indicateur sanitaire sera déterminé pour le dioxyde d'azote

Il convient de préciser que cet indicateur s'utilise comme une aide à la comparaison de situation. Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique.

Dans le cadre de cette étude, l'IPP sera évalué pour les cinq scénarios retenus.

EVALUATION QUANTITATIVE DU RISQUE SANITAIRE

Conformément à la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières, l'impact sanitaire du projet sera également établi selon la démarche de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

Cette démarche permet de :

- Traiter l'identification des dangers et l'évaluation de la relation dose-réponse, en identifiant les substances susceptibles de générer un effet indésirable pour les populations et en sélectionnant, pour chacune de ces substances, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) les plus appropriées en accord avec la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014
- D'évaluer l'exposition des populations, par inhalation et par ingestion à partir des concentrations dans l'air et des dépôts au sol issus de l'étude de dispersion atmosphérique et en considérant des scénarios d'exposition définis notamment en fonction des populations concernées (durée et fréquence d'exposition déterminées en fonction des cibles considérées). Pour ces scénarios d'exposition, nous distinguerons ainsi l'exposition des enfants et des adultes ; les expositions suivantes seront étudiées :
 - Les **expositions de type chronique** c'est-à-dire les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction de la durée de vie significatives,
 - Les expositions aiguës
- De caractériser les risques sanitaires. C'est l'étape de synthèse : elle est l'expression qualitative et, si possible, quantitative du risque. Dans cette étape, les résultats sont analysés et les incertitudes sont évaluées.

L'évaluation des risques sanitaires sera conduite dans un objectif de transparence conformément aux trois principes majeurs de la démarche :

- Le principe de prudence, lié aux limites relatives à l'état des connaissances ;
- Le principe de proportionnalité qui veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible ;
- Le principe de spécificité qui vise à tenir compte au mieux des caractéristiques propres au site, des sources de pollution et des populations cibles.

2.11 VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.11.1 DEMARCHE GENERALE

La démarche méthodologique repose en grande partie sur le retour d'expérience acquis sur les liaisons et infrastructures existantes. En effet, d'une part le projet reprend – pour l'essentiel – les tronçons et infrastructures du réseau existant, d'autre part les nouvelles infrastructures et équipements seront positionnés à faible distance de ceux existant, et l'on peut supposer qu'ils seront globalement exposés aux mêmes aléas climatiques.

La démarche méthodologique est par ailleurs guidée par le souci de valoriser l'expérience acquise par Egis dans le cadre de plusieurs projets de R&D portant sur l'analyse de l'impact du changement climatique sur les infrastructures de transport (GERICI, RIMAROC, ROADAPT, WATCH), et sur des études antérieures du même type sur le réseau ferroviaire français. De même, les études actuellement en cours sur la ligne ferroviaire Toulouse-Auch et la LNMP sont venues alimenter la réflexion.

2.11.2 DEFINITIONS / NOTIONS GENERALES

Sont données ci-après les définitions des termes structurants de l'étude. Notons que ces définitions varient d'un auteur à l'autre et ont fortement évolué ces dernières années. La terminologie proposée ci-après est celle qui nous paraît la plus adaptée à cette étude.

- **Aléa** : les aléas sont les événements climatiques susceptibles d'avoir des conséquences négatives sur le réseau ferroviaire. Les aléas dépendent de variables climatiques (une ou la combinaison de plusieurs d'entre elles), qui sont caractérisées par une intensité, une probabilité d'occurrence spatiale et une probabilité d'occurrence temporelle.

Dans la présente étude, ne seront considérés que les aléas climatiques extrêmes (ex : canicules, inondations, glissement de terrain, submersions marines, vents forts, incendies de forêt, épisodes de froid, etc.). Il est en effet généralement considéré que les infrastructures sont peu sensibles aux évolutions de paramètres climatiques courants (exemple : température ou précipitation moyenne).

- **Sensibilité** : la sensibilité d'un réseau de transport en général et ferroviaire en particulier se décompose en deux types de sensibilité :

- La sensibilité physique, qui est relative aux composants du système étudié et dépend des caractéristiques physiques des composants de l'infrastructure, de leurs résistances, de leur comportement, etc.

- La sensibilité fonctionnelle, qui est relative aux caractéristiques fonctionnelles du réseau (besoins d'accès aux territoires, circulation des services d'urgence, transports liés à des besoins économiques, etc.). La sensibilité fonctionnelle du périmètre ferroviaire considéré n'est pas incluse dans la présente étude.

- **Vulnérabilité** : la vulnérabilité est la combinaison de la sensibilité physique d'une infrastructure, de son exposition aux aléas, et de la capacité adaptative. La sensibilité est le principal critère de vulnérabilité. Selon les auteurs, l'exposition est parfois traitée séparément.
- **Risque** : il s'agit du croisement entre vulnérabilité et aléa. Le risque englobe généralement la conséquence de l'évènement climatique (impact potentiel de l'aléa). Il est indissociable de la notion de probabilité, qui traduit la fréquence observée ou prévisible de l'aléa.
- **Adaptation** : démarche permettant d'augmenter la résilience ou la résistance aux risques climatiques.

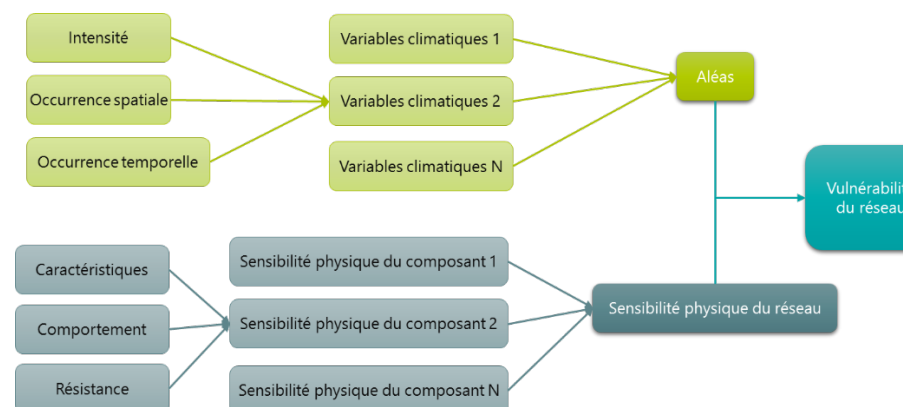


Figure 47 : Principaux éléments caractérisant la vulnérabilité d'un réseau d'infrastructure linéaire

2.11.3 ETAPE DE L'ANALYSE

ETAPE 1 : IDENTIFICATION DES EVENEMENTS POTENTIELLEMENT IMPACTANTS

Cette première étape de l'étude porte sur l'identification des événements climatiques pouvant impacter la zone d'étude. Le périmètre d'étude est ici défini comme étant les tracés des lignes existantes et nouvelles.

Les événements climatiques extrêmes ont comme conséquences de créer des désordres aux infrastructures de transport et d'empêcher leur bonne utilisation de manière partielle ou totale. Il convient de qualifier ces événements par rapport aux principaux scénarios de changement climatique envisagés (par exemple en signalant quelle serait leur probabilité actuelle et le sens de l'évolution de cette probabilité dans un scénario de changement climatique).

Des événements climatiques extrêmes se sont déjà produits sur la zone d'étude (exemple : tempête Alex en 2020). Leur gravité est connue. Il est vraisemblable que leur fréquence d'apparition augmentera fortement dans les décennies à venir sans que l'on puisse encore indiquer des probabilités (notion de possible différente de la notion de probabilité). Par contre, en travaillant sur les différents événements connus on peut déjà étudier des réponses possibles à de tels phénomènes.

Cette analyse se base sur l'étude des événements ayant impacté les infrastructures du périmètre d'étude. Les données permettant d'établir cette analyse sont principalement issues de l'historique des incidents dont SNCF Réseau dispose pour le suivi de ses ouvrages en terre (OT). Elles sont complétées par les données disponibles auprès de Météo France concernant les principaux événements climatiques et incendies répertoriés sur la zone d'étude. Ces deux informations sont ensuite croisées.

ETAPE 2 : ANALYSE DES SENSIBILITES PHYSIQUES ET DES FACTEURS AGGRAVANTS

Cette phase de l'étude a pour objectif d'identifier les différentes composantes des lignes existantes et opérations associées, et pour chaque composante quelles sont leurs sensibilités physiques intrinsèques, les facteurs aggravants associés et lister les impacts potentiels des aléas sur ces composantes. Par composante, il faut comprendre les structures et équipements de la ligne. L'objectif n'est pas ici d'en faire un recensement exhaustif, mais au moins d'identifier les plus sensibles aux aléas climatiques.

Le travail s'articule en cinq sous-étapes :

- Retour sur l'étape 1, et recensement des composantes impliquées dans les désordres identifiés lors des événements climatiques.
- Résultats des entretiens menés auprès des experts SNCF-Réseau.
- Capitalisation des réflexions déjà engagées à Egis sur la sensibilité des composantes aux aléas climatiques.
- Identification des particularités des opérations au regard des lignes existantes.
- Synthèse des réflexions précédentes.
- Établissement de valeurs seuils.

L'introduction de la notion de facteur aggravant dans l'analyse permet d'expliquer des sensibilités physiques différentes au sein d'une même catégorie ou sous-catégorie de composantes.

Notons que toutes les composantes et infrastructures ne sont pas systématiquement prises en compte dans les différentes parties de ce chapitre. Dans la mesure où les démarches d'identification des composantes sensibles du réseau telles que présentées ci-après sont très différentes les unes des autres, il est normal d'avoir une certaine hétérogénéité dans les résultats obtenus. L'homogénéisation et la mise en cohérence de ces différentes démarches est réalisée à la fin de cette étape.

ETAPE 3 : NOTATION DE LA SENSIBILITE PHYSIQUE

A l'origine, il était prévu de mener la réflexion sur la notation de la sensibilité physique des composantes du réseau ferroviaire, et des infrastructures et équipements associés, au travers de la démarche Quicksan de brainstorming avec une équipe d'expert de SNCF-Réseau. Pour des raisons pratiques, cette démarche n'a pas pu être mise en œuvre pour la présente étude.

Il est cependant possible de proposer un classement des sensibilités physiques du réseau à partir de la synthèse du chapitre précédent, notamment l'évaluation des conséquences des divers aléas climatiques (gravité des impacts potentiels) sur les différentes composantes du réseau. Par ailleurs, la démarche Quicksan ayant été mise en œuvre récemment par Egis dans le cadre de réflexions similaires sur la LNMP et la ligne Toulouse-Auch, il semble intéressant de tirer profit de ce retour d'expérience.

ETAPE 4 : SELECTION ET DESCRIPTION DES VARIABLES CLIMATIQUES DONT LES PROJECTIONS SONT A ANALYSER

Les aléas et scénarios d'impacts climatiques associés seront analysés pour la situation actuelle (période de référence), ainsi qu'aux horizons à moyen (2050) et long terme (2100). Deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre seront considérés pour cette analyse : RCP 4.5 (scénario médian) et RCP 8.5 (scénario le plus « pessimiste »).

Sur la base des événements climatiques et variables associées identifiés lors de la première phase d'étude, il s'agit ici de sélectionner les variables climatiques qui seront intégrées à l'analyse. Cette étape de l'étude est une étape assez courte mais essentielle, car une fois validée la liste des critères d'analyse, cette liste sera considérée comme définitive. L'analyse à proprement parler ne commencera qu'après validation de la liste.

ETAPE 5 : ANALYSE DES PROJECTIONS CLIMATIQUES

L'étape d'analyse des projections climatiques a pour objectif d'étudier l'évolution des variables climatiques (température, précipitations etc..) à moyen et long terme, selon différents scénarios d'évolution climatique.

Parmi les quatre scénarios d'émission de gaz à effet de serre proposés par le GIEC et utilisés classiquement dans les travaux de ce type, deux scénarios seront considérés pour cette analyse :

- RCP¹⁰4.5 : Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du 21^{ème} siècle à un niveau faible ;
- RCP8.5 : Aucune mesure de réduction des émissions ne sont prises. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) continuent d'augmenter au rythme actuel. C'est le scénario le plus pessimiste.

Les anciens scénarios A2 et B1 seront également retenus pour deux indicateurs (SSWI et IFM). On retiendra en termes de comparaison entre les RCP et anciens scénarios la correspondance suivante : B1 correspond au scénario RCP 4.5 et A2 au scénario plus pessimiste du RCP 8.5.

Les résultats des projections climatiques présentées dans ce document sont issus du site DRIAS11, porté par le Ministère de la Transition Écologique. Ce site a pour vocation de mettre à disposition du public des projections climatiques régionalisées et donne accès aux résultats de nombreux modèles climatiques français (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME etc.).

Au-delà des variables climatiques présentes sur DRIAS (températures, précipitations, vents), il a été décidé de travailler sur les aléas suivants : montée du niveau de la mer, submersions temporaires, inondations par débordement de cours d'eau et par remontée de nappe, inondations type crue torrentielle, retrait/gonflement des argiles, mouvements de terrain hors retrait/gonflement des argiles.

Le présent chapitre présente la situation actuelle du projet au regard de ces aléas, et les évolutions prévisibles dans un contexte de changement climatique. Les sources de données sont variables d'un aléa à l'autre, mais la principale source utilisée est le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN), permettant de connaître les zones géographiques soumises à des risques naturels et de définir les mesures adéquates pour réduire les risques encourus. Ces plans sont définis sur la base d'une analyse et d'une cartographie des aléas et sont opposables (valeur réglementaire). Ils constituent donc une base idéale pour l'analyse des aléas.

¹⁰ Les RCP sont les scénarios d'émission de gaz à effet de serre proposés par le GIEC. Les RCP (Representative Concentration Pathways) décrivent l'évolution possible des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre selon diverses hypothèses du développement économique futur et de ses conséquences sur

l'environnement. Ils prennent en compte l'évolution de la population, l'économie, le développement industriel et agricole, et de façon assez simplifiée la chimie atmosphérique.

¹¹ Source : Drias Les futurs du climat – Projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés – site web : <http://www.drias-climat.fr/>

ETAPE 6 : EVALUATION DES RISQUES CLIMATIQUES

Le risque est le croisement de la sensibilité physique analysée à l'Etape 2 et des aléas analysés à l'Etape 5. Plus précisément il s'agit de combiner les niveaux de sensibilité physiques et les niveaux d'aléa, pour déterminer un niveau global de risque climatique pour les infrastructures et équipements. Ce niveau de risque global est ensuite précisé via une analyse cartographique à l'échelle de chaque opération.

La sensibilité physique des composantes de l'infrastructure est approchée par le niveau de conséquences potentielles des aléas climatiques sur les différentes composantes de l'infrastructure. Les conséquences peuvent être qualifiées de faibles, modérées, fortes.

Ceci étant, comme le montre la tentative de notation de la sensibilité physique proposée à l'Etape 3, il faudra garder à l'esprit que la sensibilité physique de chaque composante de la ligne ferroviaire, prise séparément, n'a que peu de sens. C'est le comportement d'ensemble de l'infrastructure face à un aléa qui compte. Ainsi, trois des cinq aléas majeurs rencontrés sur la ligne existante (glissement de terrain, affouillement au niveau des ponts et OH, fontis) menacent la plate-forme ferroviaire dans son ensemble. Ajoutons à cela la combinaison d'impacts et les réactions en chaîne, comme la défaillance d'un OH pouvant conduire à la destruction complète de l'infrastructure ferroviaire.

Pour chaque aléa climatique une appréciation globale est donnée, qualifiant l'aléa de faible, moyen, ou fort. Le niveau d'aléa peut changer au cours du temps, avec le réchauffement climatique. La plupart des aléas susceptibles de générer des conséquences sur l'infrastructure ferroviaire sont les aléas « non-DRIAS », en d'autres termes des aléas qui ne dépendent pas uniquement de variables climatiques. Les niveaux de sensibilité physique et d'aléas climatiques se combinent pour donner des **niveaux de risque**, tel que proposé dans la grille d'évaluation suivante :

		Aléa climatique		
		Faible	Moyen	Fort
Sensibilité physique	Faible	Faible	Faible	Moyen
	Modérée	Faible	Moyen	Fort
	Forte	Moyen	Fort	Fort

Figure 48 : Grille d'évaluation du risque climatique

Notons que la grille d'évaluation proposée repose sur un même niveau d'importance donné à la sensibilité physique et aux aléas climatiques.

Cette approche du risque climatique vaut tant pour les infrastructures existantes que celles prévues dans le cadre du projet. Pour le projet, il convient cependant de tenir compte du fait que certaines composantes de l'infrastructure seront neuves et que leur conception est basée sur des normes et de standards beaucoup plus protecteurs au regard des aléas climatiques. Par rapport à la ligne existante, la sensibilité physique des nouvelles composantes de l'infrastructure sera donc globalement plus faible.

ETAPE 7 : PROPOSITION DE PLAN D'ADAPTATION

Comme pour les étapes précédentes de l'étude, la proposition de plan d'adaptation se fait dans une logique de progressivité, avec d'abord la définition d'une stratégie d'adaptation, puis la proposition de mesures d'amélioration de la résilience et de la résistance du projet face aux risques climatiques.

Notons cependant que, dans le cadre de la présente étude, il n'est pas possible de préciser les mesures d'adaptation site par site. Ce travail devra être intégré dans les études ultérieures. L'objet de la présente partie est de proposer une typologie de mesures d'adaptation pour chaque type de risque climatique jugé fort en situation actuelle ou future.

Il s'agit d'abord d'identifier les composantes du projet et les procédures opérationnelles affectées par les principaux risques liés au climat sélectionnés au cours de l'étape précédente.

La durée de vie des composantes du Projet sera rapportée aux horizons temporels critiques du changement climatique pour chaque type de risque.

Une stratégie pour l'adaptation aux risques climatiques est alors esquissée, avec pour objectifs de déterminer :

- Si des mesures doivent être prises avant la fin de la durée de vie des composantes du projet, ou simplement la prochaine période de maintenance,
- Les catégories de mesures d'adaptation les plus pertinentes (études visant à réduire l'incertitude, plans d'urgence visant à améliorer la résilience de l'infrastructure, renforcement de l'entretien préventif, renforcement de l'infrastructure, etc.),
- Les niveaux de priorité,
- Une proposition de plan d'action.

Cette réflexion a largement été alimentée par les échanges avec les experts de SNCF Réseau, les experts d'Egis et Systra travaillant sur les aspects hydrauliques du projet, ainsi que les résultats de la démarche Quicksan réalisée par Egis sur la ligne Toulouse-Auch.

2.12 BILAN CARBONE PHASE CHANTIER

La réalisation du bilan carbone en phase chantier vise plusieurs objectifs :

- Il s'agit tout d'abord de quantifier les émissions de gaz à effet de serre liées à la phase chantier,
- Cette quantification doit conduire à l'identification des postes les plus émetteurs, relevant d'un enjeu de hiérarchisation des postes d'émissions
- Enfin, les conclusions tirées des résultats de ce bilan carbone permettront de proposer des préconisations susceptibles d'alimenter la note de recommandations pour la conception du projet en vue de diminuer le bilan carbone de construction du projet.

Afin d'y parvenir, il est primordial de mettre en place une méthodologie claire et construite. Ce document s'y emploie en présentant :

- Le périmètre de l'étude
- La méthode de calcul, les données à collecter, les hypothèses retenues à défaut de données disponibles
- Les outils employés
- Les postes d'émissions à évaluer, ceux qui n'ont pas été retenus dans le périmètre de comptabilisation (argumentaire à fournir)
- L'interface (i.e. un pont Excel entre les différents volets exploitation – conception) avec le bilan carbone exploitation, via la réalisation d'un outil Excel, et les conclusions de l'étude.

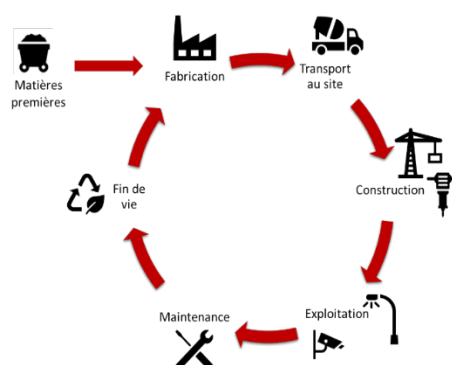
2.12.1 CADRE LEGISLATIF

D'un point de vue législatif, la réalisation d'un bilan carbone pour le projet LNPCA répond aux exigences définies dans l'article R122-5 du Code de l'Environnement.

La présente méthodologie est conforme aux exigences de l'article D222-1-G.

2.12.2 PERIMETRE D'ETUDE

D'après la méthodologie proposée par l'ADEME, sur laquelle est basée la présente méthodologie, la réalisation d'un bilan carbone porte sur l'ensemble du cycle de vie.



Ce bilan carbone portant sur la phase chantier, on inclura les phases suivantes :

- Matières premières
- Fabrication
- Transport sur site
- Construction

La fin de vie ne sera pas traitée à ce niveau de l'étude, les données n'étant pas suffisantes

pour traiter cette étape du cycle de vie.

Ce bilan carbone porte sur l'ensemble des opérations prévues dans le cadre du projet LNPCA des phases 1 et 2. L'ensemble des opérations est présenté ci-dessous :

- Nice St-Roch
- Nice Ville
- Nice aéroport TGV
- Cannes centre
- Bifurcation Cannes-Grasse
- Gare TER Cannes Marchandises
- Terminus les Arcs
- Terminus Carnoules TVP Var
- La Pauline
- Terminus Ouest navette Toulonnaise
- Aménagement du plan de voie de la gare d'Aubagne
- 4ème voie Blancarde – La Penne
- Technicentre Blancarde (phase 1 et 2)
- Bloc Est
- Bloc Ouest
- Déplacement Abeilles phase 1
- Gare de la Blancarde
- Entrée Est Parette
- Gare St-Charles (gare souterraine et aménagements de la gare en surface)
- Entrée Nord Delorme
- Tunnel de St-Louis
- Déplacement Abeilles phase 2
- Doublement St-Charles / Arenc (doublement de la halte inclus)

- Faisceau d'Arenc
- St-André (PEM+PN)
- Compléments corridor ouest (relèvement de vitesse entre Estaque et Arenc)
- Renforcement des installations fixes de traction électrique (IFTE) dans les Alpes Maritimes

Au sein de ces différentes opérations, les lots techniques suivants sont considérés :

- Libération des emprises / installation de chantier
- Génie civil
- Ouvrages d'art
- Voie
- Gare et halte
- Alimentation électrique
- Signalisation et télécommunication
- Autres aménagements (voiries d'entretien, équipements routiers, clôtures, murs hors soutènement, isolation acoustique de façade, enherbement, aménagements photovoltaïques, changement d'affectation des sols direct)

Il convient de rappeler que toutes les opérations ne seront cependant pas concernées par l'ensemble des lots techniques cités ci-dessus.

2.12.3 COLLECTE DES DONNEES D'ENTREE

La réalisation d'un bilan carbone nécessite la collecte d'un nombre important de données. C'est la première étape, primordiale et potentiellement chronophage, de la réalisation d'un bilan carbone. Les informations suivantes sont alors nécessaires, non exhaustifs :

- La quantité et le type de matériaux des différents postes pour chaque opération
- Les volumes de déchets de démolition
- Les volumes de déblais/remblais
- Les distances parcourues pour le transport (acheminement dans le cas des matériaux ou évacuation dans le cas des déchets/déblais) ainsi que les modes de transport (ferroviaire, fluvial ou routier)
- Les surfaces et la typologie de sols dans le cadre d'un changement d'affectation des sols (libération des emprises)
- Le coût des études menées
- La durée de vie prévisionnelle du chantier

Seront aussi demandés :

- L'année prévisionnelle de mise en service
- Le montant prévisionnel de l'opération
- Le linéaire de l'opération

Ces informations pourront être utilisées pour fournir des indicateurs en tCO2e/k€ ou en tCO2e/km par exemple.

Ces données seront collectées pour les opérations relevant du périmètre d'ECTE et à fournir au groupement ECTE par les autres BE concepteurs (AREP, etc.). La collecte de ces données se fera via un outil construit sur Excel présenté ultérieurement dans ce document.

Le projet LNPCA étant encore à un stade amont de la conception, certaines données pourront ne pas être disponibles. Les hypothèses envisagées seront présentées dans la suite de ce document.

2.12.4 OUTILS EMPLOYES

Un premier outil Excel sera utilisé pour collecter les données. Un extrait est fourni ci-dessous :

Postes de collectes de données	
Commentaire général (préciser si postes manquants ou en trop par ex.)	
Voie	Complété par :
Alimentation électrique 25 000 V	Complété par :
Alimentation électrique 1 500 V	Complété par :
Génie civil	Complété par :
Ouvrages d'art tout type	
Ouvrages d'art tout type (rénovation)	
Gare et halte	
Autres aménagements	

Ces données seront collectées par opération et déclinées par lots techniques comme on peut l'observer ci-dessus.

L'outil principal utilisé dans le cadre de ce bilan carbone sera l'outil TIVALU développé par la SNCF. Cet outil permet une saisie des données d'entrée efficace et fournit un résultat facilement analysable.

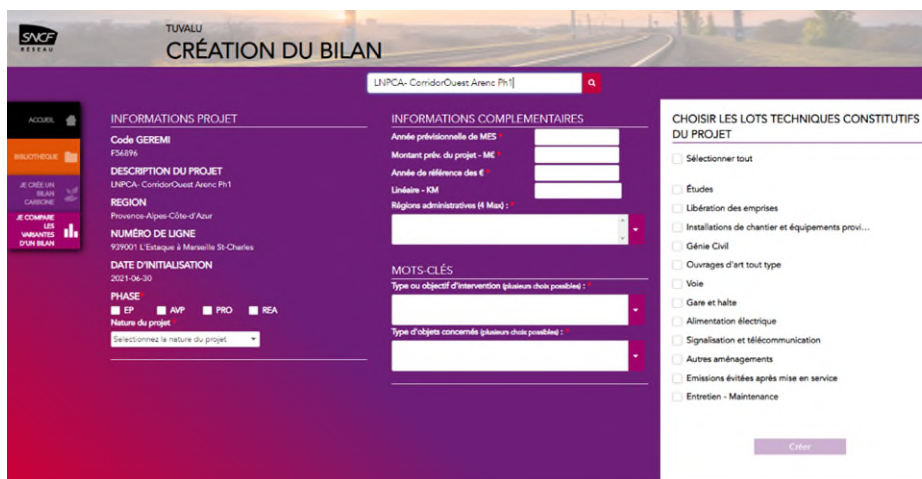


Figure 49 : Page d'accueil lors de la création d'un bilan carbone sur l'outil TIVALU

Comme évoqué ci-dessus, l'outil TIVALU sera utilisé pour le calcul. Ce sera donc la méthodologie utilisée par l'outil qui sera appliquée.

La première étape phare de la méthodologie de calcul de bilan gaz à effet de serre (GES) est la collecte des données qui sera réalisée comme décrite dans la section 2.5.1.

Le calcul des émissions sur TIVALU est découpé selon différents lots techniques. Ce sont les lots techniques listés dans la section « 2.3.2. Opérations ». On les rappelle ci-dessous :

- Libération des emprises / installation de chantier
- Génie civil
- Ouvrages d'art
- Voie
- Gare et halte
- Alimentation électrique
- Signalisation et télécommunication
- Autres aménagements

Pour estimer les émissions correspondant à un lot technique, TIVALU suit un schéma commun de type :

- Données de l'activité x Facteur d'émissions = Émissions de GES

Les facteurs d'émissions convertissent les données techniques (données d'activité) introduites par l'utilisateur de l'outil en équivalents carbone.

TIVALU permet de réaliser un bilan carbone adapté à la phase d'étude du projet. En effet, les données disponibles ne seront pas du même niveau de précision dans les phases amont du projet qu'en phase de réalisation. Ainsi, il est découpé en 4 principales phases projet :

- La phase EP (Études Préliminaires) ;
- La phase AVP (Avant-Projet) ;
- La phase PRO (Projet) ;
- La phase REA (Réalisation).

Selon la phase de projet en cours, l'utilisateur choisit les lots techniques composant son projet. Il doit ensuite, dans chacun de ces lots techniques, saisir les données nécessaires au calcul des émissions de gaz à effet de serre en privilégiant un niveau de détail le plus fin possible, tout en ayant la possibilité de rester sur un faible niveau de détail s'il ne dispose pas des données (les incertitudes du calcul étant alors plus fortes). L'illustration ci-dessous permet d'observer sur le lot technique « Voie », les différents niveaux de détails disponibles.



Figure 50 : Illustration de l'outil TIVALU partie introduction des données

Le calcul des émissions est effectué après la saisie des données, sur la base des facteurs d'émissions préalablement établis dans TIVALU (voir paragraphe suivant) et fait l'objet d'une restitution sous forme littérale, et aussi de graphiques et de tableaux par lots techniques et par type de matériaux (voir suite du document).

Il a été décidé que des calculs distincts seraient menés par opération¹². Cela permettra non seulement de mieux analyser chacune d'entre elles, mais aussi de les comparer les unes aux autres, permettant de faire ressortir les plus émettrices. En effet, il semble plus approprié d'obtenir ce niveau de détails plutôt qu'un résultat global à l'échelle du projet.

¹² Suite à la réunion de présentation de l'outil de la part de la SNCF aux équipes ECTE et EIDR (20/01/2021)

TUVALU ne permet pas d'ajuster les facteurs d'émission en fonction du projet. Ce seront donc les facteurs d'émission de l'outil qui seront utilisés.

Il existe deux niveaux de facteurs d'émissions différents dans l'outil, en fonction des différents niveaux de détail des données d'activité renseignés dans l'outil.

Lorsque le niveau de détail des données d'entrée ne permet pas d'utiliser les facteurs d'émission précédents, l'outil TUVALU a recours aux facteurs d'émission plus génériques.

Ces derniers facteurs d'émission proviennent pour une grande partie de retours d'expérience. On veillera à les utiliser le moins possible. En effet, ces facteurs d'émission étant plus génériques, ils sont par conséquent aussi moins précis.

Que ce soit pour les facteurs d'émission les plus fin, ou macroscopiques, on rappelle qu'ils ne seront pas utilisés dans leur totalité dans le cadre de ce bilan carbone. Tout dépendra des matériaux utilisés ainsi que des techniques de construction mises en œuvre mais aussi du niveau de détails fourni par les équipes techniques du projet.

2.12.5 HYPOTHESES

Le principal lot technique négligé est celui des signalisations et télécommunications. En effet, n'étant pas encore développé par l'outil TUVALU, il ne pourra être calculé dans le cadre de ce projet. Cependant, ce lot est loin d'être significatif en raison de la faible quantité de matériaux mis en œuvre. Il peut donc être considéré comme négligeable. Il convient ici de rappeler que cette hypothèse ne concerne que la phase chantier et n'engage en rien la réalisation du bilan carbone en phase exploitation.

Le reste des lots techniques évoqués au paragraphe « 2.3.2. Opérations » sera pris en compte.

Certaines hypothèses sont inhérentes à l'outil TUVALU lui-même. Elles sont présentées ci-dessous :

- Consommations énergétiques :

La consommation des engins de terrassement sera prise en compte à partir du volume de matériaux terrassés (déblais, remblais), associé à un ratio de consommation de carburant (fioul) par m³ terrassé et au facteur d'émissions du fioul. Le ratio de consommation est d'environ 1 litre de fioul par m³ terrassé.

Pour les démolitions de bâti ou d'ouvrages, les reprises d'ouvrages et la création d'ouvrages d'art, le ratio de consommation est doublé (2 l / m³).

Ainsi, un ratio est fixé en fonction des différents cas de figures, basé sur des retours d'expérience.

- Transport :

Par défaut, le mode de transport routier sera pris en compte si aucune information n'est fournie sur le type de fret (mode de transport présentant le facteur d'émission le plus fort). Il est bien entendu possible, si le niveau de détails le permet, de choisir, dans l'outil TUVALU, un autre mode de transport que celui choisi par défaut (ici le transport routier).

- Facteur d'émissions du Réemploi (fin de vie) :

Le facteur d'émission du réemploi est considéré comme négligeable (0 kgCO₂e/tonne) car il comprend soit une réutilisation in-situ des matériaux (pas de traitement), soit une réutilisation sur un autre projet et dans ce cas le transport des matériaux afférent sera comptabilisé dans le second projet.

- Changement d'affectation des sols :

L'outil TUVALU permet de prendre en compte les changements d'affectation des sols suivants :

- Forêt vers artificialisé
- Prairie vers artificialisé
- Culture vers artificialisé
- Culture vers forêt
- Culture vers prairie
- Prairie vers forêt
- Forêt vers culture
- Forêt vers prairie
- Prairie vers culture

Mis à part le lot « signalisations et télécommunications », l'ensemble des lots techniques sera pris en compte dans le calcul du bilan carbone. En revanche, comme évoqué dans la section « 8.3.4.1.1.32.1 Collecte des données », certaines données nécessaires ne seront peut-être pas disponibles compte tenu du niveau d'avancement des études techniques.

Afin de palier la fragilité des données, deux approches pourront être adoptées :

- Comme expliqué l'outil TUVALU permet tout de même de calculer les émissions de carbone avec des données d'entrée moins précises. L'outil a recours à des ratios basés sur des retours d'expérience principalement.
- Des hypothèses pourront être posées par les équipes techniques.

Dans les deux cas, les résultats obtenus seront nécessairement approximatifs. Autant que possible, les hypothèses propres au projet seront privilégiées plutôt que d'avoir recours aux ratios génériques proposés par l'outil TUVALU. En effet, bien que moins précises que les résultats d'études techniques, les hypothèses posées dans le cadre du projet resteront plus appropriées que des ratios généraux.

Toutefois l'utilisation des ratios posés par l'outil TUVALU n'est pas exclue. En effet, il est possible que même le recours à des hypothèses soit difficile au vu de l'avancée du projet pour certains lots techniques (ou certaines sous-catégories des lots techniques).

Il faudra notamment poser des hypothèses pour :

- Les distances ainsi que les modes de transport des matériaux (approvisionnement et évacuation)
- Le traitement des matériaux déposés (décharge, valorisation, réemploi...)
- La provenance et type de matériaux mis en œuvre

Pour les ouvrages d'art, entre autres, il faudra définir des ratios de quantité de matériaux en fonction du type d'ouvrage. On sera amené à faire de même pour le génie civil et la dépose de voie.

2.12.6 LIMITES

L'outil TUVU permet un calcul rapide, efficace, et possède ainsi de nombreux atouts. En revanche, par la volonté des concepteurs de standardiser l'outil (dans le but notamment de pouvoir comparer différents projets entre eux), certaines limites ont aussi été érigées, entres autres, par rapport aux facteurs d'émissions.

En effet, si les valeurs de facteurs d'émissions sont tout à fait recevables et sourcées, certaines pourraient être améliorées. C'est notamment le cas du béton par exemple. Il semblerait que les facteurs d'émission utilisés soit un peu faible en comparaison d'autres bases de données standard. On prend ci-dessous le cas du béton de type CEM II :

	Facteur d'émission retenu	Source
Béton (C25/30CEM II)	88 kgCO ₂ e/tonne	Facteur d'émission utilisé dans l'outil
Béton – (C25/30 14% limestone)	111 kgCO ₂ e/tonne	Base de données ICE V3 ¹³

On notera également que par défaut, le logiciel considère que le béton utilisé est de type CEM II, or ce type de béton, par ses caractéristiques, est moins émetteur que le béton CEM I, couramment utilisé.

Ainsi, le poste béton, souvent prédominant dans les projets d'infrastructure, pourra être jugé comme sous-estimé. Il faudra tenir compte de ce paramètre lors de l'analyse des résultats finaux.

2.12.7 INTERFACE ET CONCLUSIONS

L'outil TUVU permet d'obtenir le type de résultats suivants :

Remarque : les illustrations ci-dessous proviennent d'un autre projet réalisé sur TUVU et ne sont en aucun cas indicatrices de l'ordre de grandeur des émissions que pourrait générer le projet LNPCA

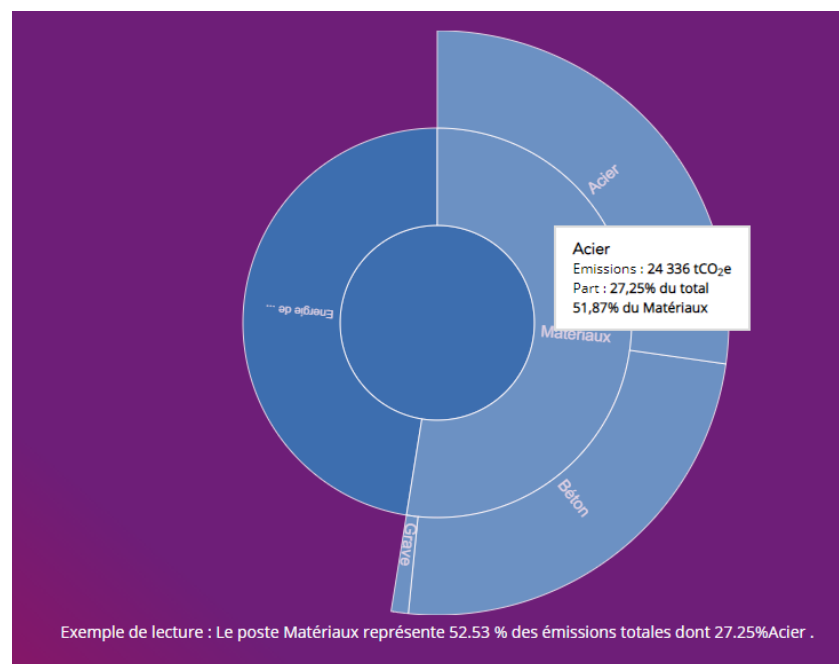


Figure 51 : Résultat par postes (matériaux, transports, énergie de chantier ...)

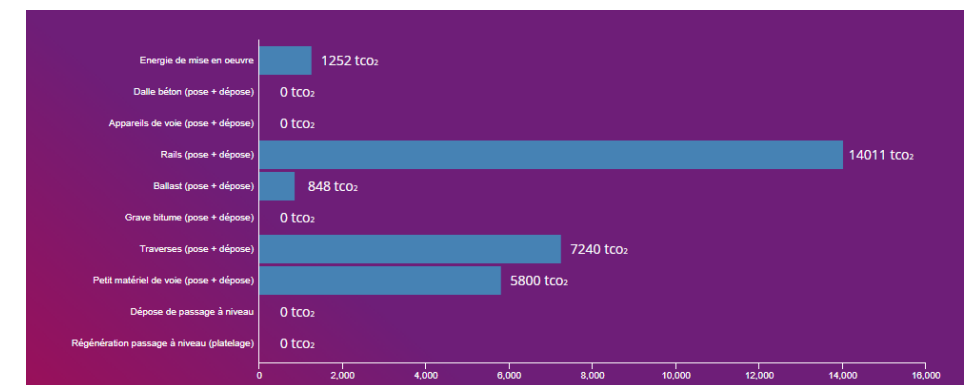


Figure 53 : Résultats détaillés au sein d'un lot technique

L'objectif premier de ce bilan carbone phase chantier, au-delà de simplement quantifier les émissions de gaz à effet de serre du projet, est de parvenir à les réduire, à les minimiser.

Comme évoqué précédemment dans ce document, la réalisation du bilan carbone phase chantier sera donc accompagnée de son analyse, permettant d'identifier les opérations, ainsi que les lots techniques (génie civil, voie, ouvrages d'art ...) et les matériaux les plus impactant en termes de gaz à effet de serre. Cette analyse sera faite grâce aux rendus illustrés ci-dessus.

Cela va permettre de prioriser et de mener des actions ayant le plus d'influence possible sur les émissions de GES.

Afin de mettre en place lesdites actions, le bilan carbone phase chantier sera donc suivi d'une note de recommandations.

Cette note aura pour but d'orienter les acteurs du projet dans leurs choix techniques et de leur fournir une liste de bonnes pratiques en vue de réduire leurs émissions de GES en phase projet. Elle portera aussi bien sur la conception (mesures constructives permettant de limiter les émissions de GES, comme la préfabrication par exemple) que sur les techniques de construction et la gestion du chantier (préconisations pour limiter les émissions de GES pendant les travaux, réutilisation des matériaux, gestion des matériaux excédentaires, etc.).

Au vu des caractéristiques du projet, une attention particulière sera portée aux infrastructures souterraines (sections en tunnel et gare Saint-Charles) qui possèdent, par leur nature, un fort contenu carbone à priori (importants volumes de matériaux et de déblais). Notamment sur ce point, des échanges seront nécessaires avec le responsable en charge des études ECTE de la stratégie matériaux.

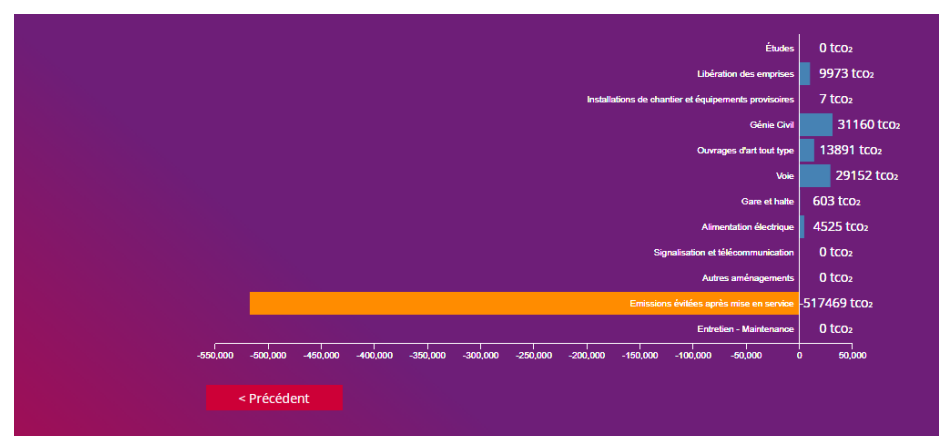


Figure 52 : Résultats par lots techniques

¹³ Inventory of Carbon Emissions (ICE) accessible à : <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>

2.12.8 INTERFACE AVEC LE BILAN CARBONE – PHASE EXPLOITATION

Afin d'apprécier les émissions de gaz à effet de serre du projet dans leur globalité, il est important d'en obtenir une estimation à la fois sur les phases chantier et exploitation.

2.12.9 AMORTISSEMENT CARBONE

Les résultats principaux des bilans carbone phase chantier et phase exploitation resteront bien distincts et feront l'objet de conclusions présentées séparément.

Cependant, afin de compléter les résultats mentionnés précédemment, la mise en parallèle des deux bilans carbone, permettant de comparer les émissions générées (phase travaux et circulation supplémentaire ainsi que maintenance) aux émissions évitées, grâce aux reports modaux, sur la durée d'exploitation permettra d'analyser si le projet LNPCA des phases 1 et 2 atteint un « amortissement carbone », et surtout en combien de temps. La notion d'« amortissement carbone » est traitée ici strictement d'un point de vue long terme, étant donné la longue durée de vie de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et ne déduit, ou n'annule, en aucun cas l'impact au changement climatique des émissions de la phase chantier. L'objectif est de démontrer la contribution du projet à la réduction des émissions à long terme.

3 AUTEURS

3.1 ETUDE D'IMPACT GENERALE ET COHERENCE D'ENSEMBLE

EIDR – Etude d'Impact et Dossiers Réglementaires		
Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact DUP
Catherine DUPUY	Directrice de projet	Cohérence d'ensemble
Bernard COUVERT	Chef de projet	Description du projet Enjeux du territoire et les solutions proposées Eaux superficielles
Amandine POIMIROO	Responsable réglementaire Adjoint	Préambule Cohérence d'ensemble
Marie-Jeanne CADET-LEBENS	Adjointe Responsable 83	Stratégie des Matériaux
Mélanie KESSLER	Ingénieur Environnement et Réglementaire	Paysage et patrimoine
Aurélien DUPUY	Chef de projet environnement	Milieu naturel
Anne PIVETEAU	Responsable hydraulique	Eaux superficielles
Estelle MORCELLO	Correspondante thématique socio-économie – transport	Socio-Economie / Transports
Emmanuelle REY	Correspondante santé-Air-Bruit – Vibrations	Air-Santé Acoustique et vibrations
Juliette HEBENSTREIT	Correspondante milieu humain / urbain	Milieu humain Enjeux du territoire
Morgane LE GUERN	Ingénieure environnement	Scénario de référence Enjeux climatiques

Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact DUP
Peter GRUDINA	Cartographe	Enjeux du territoire
Eric DURAND	Expert faune – flore	Milieu Naturel Natura 2000
Charlotte HONNORAT	Chef de projet	Milieu Naturel Natura 2000
Mohamed MIDOUN	Expert géologue	Géologie Pédologie Eaux souterraines
Romain PAOLI	Expert SIG et Géomatique	Atlas cartographique


3.2 ETUDE D'IMPACT : CAHIERS TERRITORIAUX

ECTE – Etudes de Conception Techniques et Environnementales		
Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact DUP
Marie-Christine MONTANO Eric MEYER	Responsable environnement d'ECTE	Coordination générale des cahiers territoriaux Pilotage des études spécialisées
Line ROMDHANE Violaine RAULIN	Adjointe à la responsable environnement d'ECTE	Pilotage et contrôle des cahiers territoriaux Nice Ville, La Pauline, Corridor Ouest, Gare et traversée souterraine de Marseille Appuis à la rédaction du cahier territorial corridor ouest
Tiffany POQUET	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux Corridor Ouest et Gare et traversée souterraine de Marseille et de l'état initial toutes thématiques confondues du cahier territorial Plateau St Charles
Guillaume DALEGRE	Rédacteur cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux Nice ville et la Pauline et de l'opération Bloc Ouest du cahier territorial Plateau St Charles
Eileen NDONGO Salma BOUKHARI	Intégratrice des études spécialisées	En charge de l'intégration des études spécialisées dans les cahiers territoriaux Nice Ville, La Pauline, Corridor Ouest, Gare et traversée souterraine de Marseille
Elodie MAYNADIER	Coordinatrice SIG	Responsable de la base SIG
Sam ANTONETTI Dagmara DEREN	Géomaticien	En charge de la production cartographique toutes thématiques confondues de l'ensemble des cahiers territoriaux
Jean-Bernard NAPPI	Architecte DPLG, Paysagiste concepteur	En charge de la rédaction de la thématique architecture et paysage des cahiers territoriaux la Pauline, Corridor Ouest et Gare et traversée souterraine de Marseille

Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact DUP
Alexandra GARDE	Adjointe à la responsable environnement d'ECTE	Pilotage et contrôle des cahiers territoriaux Nice St Roch, Nice aéroport, Cannes centre, Cannes La Bocca, Les Arcs, Carnoules, St Cyr, Technicentre Blancarde, Plateau St-Charles Appuis à la rédaction des cahiers territoriaux
Marie-Ange ZANELLO DEPASQUALE	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux du cahier territorial Nice Saint-Roch. En charge du volet paysage des états initiaux des cahiers territoriaux Nice St Roch, Nice aéroport, Cannes centre, Cannes La Bocca, Les Arcs, Carnoules, St Cyr.
Cécile LUCQUIN	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux Nice aéroport et Carnoules
Ronan VEILEX	Rédacteur cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux les Arcs, Carnoules et Saint-Cyr
Mélissa LECERF	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux Cannes centre et Nice Aéroport
Romain ANGELATS	Rédacteur cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues du cahier territorial Technicentre Blancarde
Valentine LENSJ	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux Cannes La Bocca
Valérie GRENET	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues du cahier territorial Plateau Saint-Charles et de la rédaction des incidences et mesures de l'opération Saint-André au sein du cahier territorial Corridor Ouest
Bertrand CAHEZ	Paysagiste	En charge de la rédaction de la thématique architecture et paysage du cahier territorial Cannes La Bocca

AREP / SNCF Gares & Connexions		
 		
Opération de Saint-Cyr sur Mer		
Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact
Karim LETERTRE	Architecte Directeur de projet de conception	Réalisation des études d'architecture et insertion urbaine du cahier territorial de Saint-Cyr
Nicolas THIBAUT	Chef de projet technique	Coordination technique des études y compris phasage des travaux du cahier territorial de Saint-Cyr
Quentin GLEVAREC	Ingénieur structure	Réalisation des études structure du cahier territorial de Saint-Cyr
Cédric Rivière	Paysagiste DPLG	Réalisation des études paysage du cahier territorial de Saint-Cyr
Jack SUDDABY	Responsable éco-conception	Réalisation des études sur la thématique éco-conception en lien avec la méthode EMC2B du cahier territorial de Saint-Cyr
Carel ABBOUD	Ingénieur éco-conception	Appui à la réalisation des études sur la thématique éco-conception en lien avec la méthode EMC2B du cahier territorial de Saint-Cyr
Georgies SROUR	Ingénieur VRD	Réalisation des études VRD du cahier territorial de Saint-Cyr
Paloma ANDRE	Ingénieure mobilité	Réalisation des études de trafic du cahier territorial de Saint-Cyr
Janis HUBERT	AMO Management de projet	Cohérence et uniformisation des rédactions AREP du cahier territorial de Saint-Cyr

Opération de La Pauline-Hyères		
Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact
Perrine DUBREUX	Architecte Directeur de projet de conception	Réalisation des études d'architecture et insertion urbaine du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Julien BAILLY	Chef de projet technique	Coordination technique des études y compris phasage des travaux du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Guillaume ROYER	Ingénieur structure	Réalisation des études structure du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Céline CHARTIER	Paysagiste DPLG	Réalisation des études paysage du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Jack SUDDABY	Responsable éco-conception	Réalisation des études sur la thématique éco-conception en lien avec la méthode EMC2B du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Carel ABBOUD	Ingénieur éco-conception	Appui à la réalisation des études sur la thématique éco-conception en lien avec la méthode EMC2B du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Georgies SROUR	Ingénieur VRD	Réalisation des études VRD du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Paloma ANDRE	Ingénieure mobilité	Réalisation des études de trafic du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Li YAN	AMO Management de projet	Cohérence et uniformisation des rédactions AREP du cahier territorial de La Pauline-Hyères
Opération de Carnoules		
Nom	Rôle	Thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact
Perrine DUBREUX	Architecte Directeur de projet de conception	Réalisation des études d'architecture et insertion urbaine du cahier territorial de Carnoules


Nicolas THIBAULT	Chef de projet technique	Coordination technique des études y compris phasage des travaux du cahier territorial de Carnoules
Nathalie DABBOUSSI	Ingénieur génie civil	Réalisation des études génie civil de quais du cahier territorial de Carnoules
Franklin POSSI	Ingénieur Ouvrage de Franchissement	Réalisation des études des passerelles du cahier territorial de Carnoules
Jack SUDDABY	Responsable éco-conception	Réalisation des études sur la thématique éco-conception en lien avec la méthode EMC2B du cahier territorial de Carnoules
Georgies SROUR	Ingénieur VRD	Réalisation des études VRD du cahier territorial de Carnoules
Paloma ANDRE	Ingénieure mobilité	Réalisation des études de trafic du cahier territorial de Carnoules
Victor BLANCHARD	AMO Management de projet	Cohérence et uniformisation des rédactions AREP du cahier territorial de Carnoules
SYSTRA		
		
Alexandra GARDE	Responsable rédaction cahiers territoriaux périmètre G&C SNCF	Pilotage et contrôle des cahiers territoriaux du Var Appuis à la rédaction des cahiers territoriaux
Cécile LUCQUIN	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux du Var
Angèle BOURGEOIS	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux du Var (La Pauline)
Thomas GUIRAUD	Rédacteur cahier territorial	En charge de la rédaction toutes thématiques confondues des cahiers territoriaux du Var (Saint-Cyr)



Amélie GUYOT	Rédactrice cahier territorial	En charge de la rédaction des volets mobilité et trafic des cahiers territoriaux du Var
--------------	-------------------------------	---

3.3 ETUDES SPECIALISEES

Bureau d'étude et nom	Thématique étudiée dans le cadre du dossier de DUP
 ACOUSTIQUE - ONDES - VIBRATIONS Florence MINARD Sébastien DUFOUR	En charge des études sur la thématique Acoustique de l'ensemble des cahiers territoriaux
 ACOUSTIQUE - ONDES - VIBRATIONS Robin WALTHER	En charge des études sur la thématique Vibrations de l'ensemble des cahiers territoriaux
 Géraldine DEIBER Martin JOFFRE	En charge des études sur la thématique Air et Santé de l'ensemble des cahiers territoriaux
 Ludovic LEJOUR Olivier BECKER Clémence GUILLER	En charge des études sur la thématique Milieu naturel de l'ensemble des cahiers territoriaux
 Yves ENNESSER Laureline MONTEIGNIES	En charge des études sur la thématique Vulnérabilité au changement climatique

Bureau d'étude et nom	Thématique étudiée dans le cadre du dossier de DUP
 Sofia FOTIADOU Shérif SALIM	En charge du Bilan carbone phase travaux
 Didier CORNOUAILLE	En charge des études sur la thématique Hydraulique des cahiers territoriaux La Pauline, Corridor Ouest, Gare et traversée souterraine de Marseille, Nice St Roch, Cannes centre, l'opération Bifurcation Cannes Grasse, St Cyr
 Anne PIVETEAU	En charge des études sur la thématique Hydraulique des cahiers territoriaux Nice aéroport et Cannes la Bocca
 Valérie GRENET Léo BOUQUEAU	En charge des études sur la thématique Conséquence du projet sur l'urbanisation de l'ensemble des cahiers territoriaux
 Laura LASCAR Christophe RAIZER	En charge des études sur la thématique Circulation pour les cahiers territoriaux de Nice Ville, Nice aéroport, Cannes centre, Cannes La Bocca, Les Arcs, Carnoules, St Cyr, La Pauline, Corridor Ouest, Gare et traversée souterraine de Marseille, Plateau St-Charles
 Laure BUFFAZ	En charge des études sur la thématique Stratégie des matériaux pour le cahier territorial Gare et traversée souterraine de Marseille

Bureau d'étude et nom	Thématique étudiée dans le cadre du dossier de DUP
 SOCOTEC Chef de projet : Samuel AMIENS Technicien(s) : Laurent PELLECUER Ingénieur(s) : Samuel AMIENS Superviseur : Olivier DI GRAZIA	En charge des diagnostics de pollution des sols, eaux souterraines et terres à excaver

Bureau d'étude et nom	Thématique étudiée dans le cadre du dossier de DUP
 GINGER BURGEAP Sian LEMPEREUR-CASTELLI Jérôme PERICAT	En charge des études hydrogéologiques
 GINGER CEBTP Emmanuel AMEAUME	En charge des études géotechniques