

SYNTHÈSE

ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE INGEROP - NOVEMBRE 2020

PRÉSENTATION

Dans le dossier du maître d'ouvrage (DMO, p 74), nous proposons d'aborder la question de la compatibilité du projet avec l'objectif de neutralité carbone, et de lutte contre le changement climatique, selon plusieurs axes. L'un d'eux consiste à établir un bilan de l'évaluation des gaz à effet de serre du projet. Le principe de ce bilan est de comparer les émissions nettes de CO₂ équivalent induites par le projet, c'est-à-dire de comparer la situation de référence et la situation de projet. L'établissement d'une évaluation répond en particulier à la demande de l'Autorité environnementale du CGEDD qui indique : « il apparaît réellement indispensable de présenter lors du débat public l'impact du projet en matière d'émissions de GES avec notamment le « coût carbone de construction » (y compris l'effet lié à l'artificialisation des sols) » [avis disponible sur le site du débat]

Le sujet appelle des remarques importantes :

- **L'évaluation présentée ici est conforme aux principes fixés** par le Code de l'environnement (art. D222-1-G à 1-I) et se base sur la méthodologie recommandée par le ministère de la transition écologique ;
- **Cette évaluation reste une première approche, et vise à donner un ordre de grandeur.** Une évaluation des incidences est requise par le code de l'Environnement dans la cadre de l'étude d'impact. En effet, sur la base des études préalables à la déclaration d'utilité publique, le projet, ces caractéristiques techniques, ces effets (en particulier en matière de « trafic ») seront mieux connus qu'au présent stade d'étude d'opportunité. De même, l'essentiel des mesures d'évitement de réduction et de compensation du projet seront bien définies et pourront alors être prises en compte dans le bilan.
- **Les résultats dépendent largement des hypothèses posées et doivent s'interpréter en les prenant en compte.** Le principe même de l'évaluation conduit surtout à considérer les comparaisons entre des scénarios projet et un scénario de référence (sans le projet).
- **L'évaluation des gaz à effet de serre suit une approche quantitative.** Elle apporte les principales informations requises au stade de l'étude d'impact « L'information requise pour répondre au critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre est apportée en appliquant les modalités de calcul prévues aux articles D. 222-1-G. à D. 222-1-I, ou sur la base de l'analyse relative aux incidences du projet sur le climat fournie dans l'étude d'impact en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, en précisant la méthodologie employée et l'origine des données utilisées ». En tout état de cause, une telle approche quantitative, au-delà des questions de précision mentionnée ci-avant, présente des limites et ne permet pas seule de cerner la compatibilité du projet avec les politiques en matière de lutte contre le changement climatique.
- **Des effets possibles et attendus du projet ne peuvent être à ce stade être pris en compte.** Par exemple, le projet doit favoriser le développement de l'arrière-pensée du GPMM, l'accessibilité aux chantiers de transport combiné (Clésud) ou le développement de services de transport collectifs. Outre les difficultés d'évaluation, ces bénéfices ne peuvent évidemment pas être mis au crédit du seul projet routier.

En résumé : une première évaluation quantitative de l'effet du projet de Liaison Fos-Salon est ici proposée, se basant sur les principes en vigueur pour cet exercice.

MÉTHODOLOGIE

Le bilan des émissions de GES consiste en pratique à comparer deux scénarios (options) de projet contrastés au **scénario de référence**. Ce scénario représente une intervention a minima avec des travaux de conservation du patrimoine, de sécurisation, de mise en conformité environnementale mais pas de travaux d'envergure.

La méthode utilisée pour calculer les émissions se base sur le **guide du CEREMA** « Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers » de décembre 2019.

Le « bilan GES » d'un projet doit tenir compte de l'ensemble des incidences dudit projet, positives comme négatives, et de ses seules incidences. Les facteurs de réduction externes au projet, déterminants dans la politique de lutte contre le changement climatique, comme les progrès techniques et la transition vers un parc de véhicules fonctionnant avec des carburants décarbonés, sont considérés avec les hypothèses d'évolution les plus récentes et en cohérence avec les orientations nationales, mais leurs effets ne doivent pas à être mis au crédit de la réalisation du projet. Il en est de même bien sûr des facteurs d'augmentation telle que l'évolution de la demande de trafic (voyageur et marchandises) dans le secteur d'étude.

Le bilan est ainsi la différence, cumulée dans le temps, entre les émissions GES de la situation sans le projet et les émissions dans la situation avec projet.

Ce bilan intègre :

- les émissions afférentes à la phase d'utilisation ou d'exploitation du réseau de transports, dans les deux situations avec et sans projet,
- les émissions afférentes à la phase de construction du projet, dont la consommation de carbone issue de la construction des infrastructures (terrassements, ouvrages d'art, chaussées, équipements, etc.). Cela inclut la construction à proprement parler, mais aussi l'entretien du patrimoine ainsi créé ou modifié, et le recyclage supposé en fin de vie ;
- la réduction des capacités de stockage de carbone résultant de l'artificialisation des sols engendrée par le projet (à ce stade, la compensation par renaturation ou stockage de carbone n'est pas prise en compte).

Plusieurs remarques méthodologiques importantes sont à souligner :

- ① La question de la **durée prise en compte** pour effectuer le bilan reste arbitraire et donc sujet à discussion. Le guide Cerema propose une durée longue de 50 ans. L'avantage de cette durée est une certaine cohérence avec une logique de calcul en cycle de vie (ouvrages, chaussées, etc.). Elle a pour inconvénient de nous placer à un horizon (2080) pour le moins incertain. Cette durée n'est pas décisive sur l'évaluation qui compare des scénarios sur les mêmes bases, mais peut influencer sur le poids respectif des émissions construction et utilisation. Plus la durée prise en compte est importante, plus elle donne de poids à la phase « utilisation » versus « la construction ». Inversement, la prise en compte d'une durée relativement courte questionne le principe d'une analyse sur le cycle de vie (ACV) pour une infrastructure de transport dont les composantes ont une durée de vie de plusieurs décennies (durée d'amortissement longue).
- ② La question de la prise en compte de **l'évolution du parc à moyen et long terme**. Afin de pouvoir utiliser les logiciels en vigueur, notamment COPERT V, pour mener l'évaluation (et ainsi tenir compte assez précisément des facteurs liés à la vitesse, ou à la congestion notamment, sur lesquels le projet a un effet), aucune évolution du parc n'a été prise en compte au-delà de 2030 pour l'évaluation comparée des scénarios. Cela n'a pas d'effet sur les résultats relatifs des phases « utilisation » mais influe nettement sur leur poids comparé aux autres aspects du bilan (construction et artificialisation des sols).

En particulier, la prise en compte de l'orientation de la SNBC de décarbonation complète du parc conduit à recommander dans le guide Cerema une baisse des émissions VL et PL de 10% par an soit une baisse de 88% entre 2030 et 2050. Les résultats correspondants sont également donnés par application d'un coefficient de correction de 0,122 (résultats en vert dans le tableau de synthèse).
- ③ La question du périmètre de l'évaluation. L'évaluation est à mener sur la globalité du périmètre d'influence du projet : les routes modifiées comme la N568, le N569 ou les voies portuaires, mais aussi sur les voies non aménagées dont le trafic varie (en général à la baisse). Cela conduit à prendre un périmètre très large pour une voie structurante et surtout des voies assez nombreuses. Nous présentons aussi les résultats sur les deux périmètres.
- ④ Les deux scénarios de projet « R2 » et « A2ASP » sont comparés à un scénario de référence. Ce scénario représente une intervention a minima à l'horizon 2080 avec des travaux de sécurisation, de mise en conformité environnementale mais pas de travaux d'envergure.

RÉSULTATS

Les résultats des évaluations montrent que le poste le plus important dans le bilan est celui du trafic (l'utilisation des infrastructures), résultat habituel dans les bilans de GES des infrastructures routières.

Le total des émissions de la seule année 2030 sur l'axe aménagé représente 1,5 à 2 fois celui du poste construction. Sur une pé-

riode cumulée de plusieurs décennies, le poids du poste construction peut devenir du second ordre. Cela confirme, qu'à ce stade, une évaluation simplifiée des émissions liées au poste construction (alors que le projet n'est pas encore défini précisément) reste suffisante pour une première approche.

FACTEURS D'ÉMISSION EN TONNES EQ CO ₂	SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE	OPTION A2ASP	OPTION R2
CONSTRUCTION			
ARTIFICIALISATION DES SOLS	1 750	12 220	8 740
TERRASSEMENTS*	670	4 330	3 360
CONSTRUCTION DE LA CHAUSSEE*	2 700	19 390	13 510
OUVRAGES D'ART*	1 400	10 980	7 040
ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ*	2 100	13 570	10 380
TOTAL CONSTRUCTION	8 620	60 490	43 030
UTILISATION			
ENTRETIEN CHAUSSEES SUR 50ANS		2 570	1 490
ENTRETIEN DES OA SUR 50 ANS		1 540	880
ENTRETIEN DES ÉQUIPEMENTS SUR 50 ANS		660	380
EXPLOITATION SUR 50 ANS		3 610	2 080
Trafic généré par le projet sur les seules voies aménagées (périmètre restreint)			
TRAFIC ANNUEL SUR LE PROJET 2015	53 600**		
TRAFIC ANNUEL SUR LE PROJET 2030	87 500	82 090	79 840
TRAFIC ANNUEL SUR LE PROJET 2050 (en tenant compte de l'évolution du parc 2030-2050)	78 740 (9600)	79 280 (9670)	75 500 (9210)
TRAFIC ANNUEL SUR LE PROJET 2080 (en tenant compte de l'évolution du parc 2030-2050)	75 390 (9200)	77 230 (9420)	74 990 (9150)
Trafic généré par le projet sur la globalité du périmètre d'influence du projet			
TRAFIC 2030 SUR LE PÉRIMÈTRE D'INFLUENCE	2 274 600	2 225 100	2 224 300
TRAFIC 2050 SUR LE PÉRIMÈTRE D'INFLUENCE	2 083 600 (254 200)	2 074 900 (253 140)	2 074 100 (253 040)
TRAFIC 2080 SUR LE PÉRIMÈTRE D'INFLUENCE	1 943 400	1 933 000	1 932 400
TRAFIC SUR 50 ANS (2030-2080) SUR LE PÉRIMÈTRE D'INFLUENCE	105 528 000 (26 901 700)	104 874 900 (26 605 500)	104 834 500 (26 595 000)
FIN DE VIE			
DÉCONSTRUCTIONS		2 480	1 709
ÉCARTS ENTRE SCÉNARIO DE PROJET ET SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE			
CONSTRUCTION (YC ARTIFICIALISATION)		51 870	34 410
ENTRETIEN		8 380	4 830
CIRCULATION ANNUELLE EN 2030 SUR « LE PROJET »		-5 410	-7 660
CIRCULATION ANNUELLE EN 2050 SUR LE PÉRIMÈTRE D'INFLUENCE		8 700 (- 1060)	9 500 (- 1160)
CIRCULATION : ÉCART CUMULÉ SUR 50 ANS		(-296 200)	(-306 500)
BILAN GLOBAL		(- 233 500)	(-265 500)

Tableau de synthèse des résultats des émissions de gaz à effet de serre par postes d'émissions et par scénario

• Le tableau ci-dessus présente les émissions de gaz à effet de serre ramenées à l'équivalent de tonne de CO₂ par scénario et par poste d'analyse.

• * y compris échangeurs

• **Les données de trafic en situation « actuelle » (2015) sont données à titre indicatif. Elles ne prennent pas en compte les émissions de la déviation de Miramas mise en service en 2017, ni de l'ex RN1569 en traversée de Miramas. De facto, elles sont difficilement comparables aux données de 2030, le linéaire pris en compte étant plus réduit. Les émissions dans la traversée de Miramas peuvent être évaluées en 2015 à environ 15 000 t éq. CO₂.

• Les valeurs entre parenthèses sont associées aux émissions liées au trafic, en tenant compte d'une forte évolution de la motorisation du parc de véhicules entre 2030 et 2050, les autres valeurs supposent un parc stable au-delà de 2030.

• L'entretien actuel des voiries n'est pas intégré au scénario de référence mais le calcul de ces postes pour les autres scénarios se fait en comparaison de l'état initial soit sur le linéaire de voiries supplémentaires créé.

Le bilan du poste construction intégrant l'artificialisation des sols est par nature négatif. Il est évalué à 34 kt eq CO₂ pour l'option R2 et 52 kt eq CO₂ pour l'option A2-ASP. La différence entre les 2 options est donc appréciable (+50 % pour l'option autoroutière vs voie express).

Les options de projet présentent évidemment des émissions supérieures au scénario de référence. L'écart entre les deux options de projet est relativement marqué. Les travaux vont venir impacter une surface plus importante et nécessiter plus de matériaux sur la variante A2ASP puisque celle-ci prévoit un élargissement sur l'ensemble du linéaire. Il convient de rappeler qu'à ce stade des études le bilan n'intègre pas de mesures de réduction ou de compensation particulière.

Le bilan du poste entretien va logiquement dans le même sens puisque corrélé aux ouvrages créés ou élargis : 5 kt pour R2 et 8 kt pour A2 ASP.

Le bilan du poste « trafic » est lui nettement favorable dans le sens où il atténue les émissions de gaz à effet de serre. Si l'on considère la seule année 2030, pour l'option R2, l'axe génère près de 8 kt de moins que le scénario de référence, et 5 kt de moins pour l'option A2-ASP. Cela représente pour R2 une baisse de 9 % rapportées aux émissions 2030 de l'axe (6 % pour A2-ASP). A l'horizon 2050, cette baisse se réduit, dans un cadre d'hypothèses prenant une baisse de la demande de trafic entre 2030 et 2050 (orientations SNBC).

Cette appréciation ne signifie pas que le projet est seul suffisant pour produire un effet de nature à placer les émissions de l'axe sur une trajectoire compatible avec la neutralité carbone. Cela nécessitera d'autres efforts en matière de report modal, mais aussi en matière d'évolution du parc (voire à ce titre les 5 leviers de la stratégie nationale bas carbone).

Sur le périmètre d'influence du projet, l'effet des deux options est plus significatif. Cela représente 12 % des émissions 2030 de l'axe (si l'on admet de comparer le gain sur un réseau aux émissions d'un axe).

Le bilan cumulé sur 50 ans est 50 fois plus élevé (par construction), si l'on ne prend pas en compte d'évolution du parc après 2030. Le bilan trafic cumulé est environ 28 fois plus élevé en retenant l'hypothèse d'une forte évolution du parc (hypothèse SNBC), soit -300 kt environ.

Ces résultats s'expliquent par des reports de trafic d'un axe à l'autre, des vitesses d'exploitation (qui augmentent plus ou moins sensiblement selon les options de projet, davantage pour A2-ASP que pour R2), mais aussi par la forte baisse de la congestion. En effet, les périodes de congestion ou de circulation ralenties sont pénalisantes pour le bilan GES de l'option de référence, notamment au niveau des poids lourds.

Le poids du poste construction n'apparaît plus accessoire au niveau du bilan comparant les options de projet au scénario de référence, puisqu'il représente 5 fois le gain lié au trafic à l'année 2030 sur le périmètre d'influence. Ceci suggère que, très schématiquement, « l'empreinte carbone » du chantier serait amortie après 5 ans d'exploitation de l'infrastructure (7 ans si l'on tient compte d'une rapide décarbonation du parc automobile).

Le bilan GES global du projet de liaison Fos-Salon, intégrant l'ensemble des postes (construction, utilisation...) apparaît comme globalement positif. Le résultat global dépend bien sûr des hypothèses posées (durée d'évaluation, évolution du parc). Pour une durée d'évaluation de 50 ans et un « parc SNBC », le gain est de -265 kt pour l'option R2 et de - 233 kt pour l'option A2-ASP.

Le scénario R2 (voie express) est dans tous les cas plus favorable que la variante A2ASP, parce que les vitesses de circulation sont moins élevées (90 vs 110 km/h), il génère moins de besoins en matériaux et limite les surfaces de sols artificialisées.

Les hypothèses de calcul qui ont permis de réaliser cette étude sont présentées dans la note d'hypothèses.

Comment ces résultats éclairent-ils la compatibilité du projet avec l'objectif de neutralité carbone ?

Rappelons que cet objectif de neutralité implique, non pas un statu quo par rapport à la situation actuelle, mais une très forte réduction des émissions de GES, en visant le « zéro émission nette ». Pour le secteur des transports (et partant pour le secteur routier, contributeur principal), selon la SNBC, cela implique une réduction des émissions de 28 % entre 2015 et 2030, et une décarbonation quasi complète du secteur à l'horizon 2050.

Le bilan GES réalisé suggère que le projet, de par ses effets positifs sur le trafic, devrait apporter un gain additionnel significatif aux bénéfices liés aux mesures adoptées dans le cadre de la SNBC. Les émissions de GES liées au trafic sont, à tous les horizons (2030 et sq.), sensiblement inférieures avec le projet que sans le projet. La réduction de l'empreinte carbone de l'axe aménagé (et a fortiori celle du réseau dans le périmètre d'influence) permet d'amortir assez rapidement l'empreinte liée au chantier de réalisation du projet.

ANNEXE 1 : DÉTAILS DES CALCULS

Trafic

Résultats issus du logiciel Trefic				Horizons d'étude		
				2030 = mise en service	2050	2080
Scénario référence	teq CO2/j	146,86		239,72	215,72	206,54
	teq CO2/an	53 603,90		87 497,18	78 738,53	75 386,37
Variante A-2-ASP	teq CO2/j			224,90	217,20	211,58
	teq CO2/an			82 087,60	79 278,26	77 227,51
Variante R-2	teq CO2/j			218,73	206,84	205,45
	teq CO2/an			79 835,91	75 497,35	74 989,12

Artificialisation des sols

Méthode issue de Bilan Carbone, facteur de niveau 2 uniquement					
		SURFACES (m²)			
		Affectation initiale des sols	Affectation des sols variante A2ASP	Affectation des sols variante R2	
Forêts					
Prairies		X			
Cultures					
Espaces articialisés	Imperméabilisé		421 400,00	301 400,00	
	Non imperméabilisé				
		Forêts	Prairie	Culture	Sols artificialisés imperméabilisés
					Sols artificialisés non imperméabilisés
	kg eq CO2/m²				
Forêts			1,11	8,25	29
Prairie		-1,11		2,85	29
Culture		-4,83	-5,4		19
Mesures compensatoires		Dans une ligne à part			
		variante A2ASP		variante R2	
Poste artificialisation des sols		12 220 600,00	kg eq CO2	8 740 600,00	teq CO2
		12 220,60	kg eq CO2	8 740,60	teq CO2

Terrassements

Facteur de niveau 2 (pas de niveau 1)										
					Condition du projet	Proche	Moyen	éloigné		
								1		
	kg eq CO2/ UNITE	Distance des ressources/décharges			variante A2ASP		variante R2			
		Proche	moyen	éloigné	VOLUME	EMISSIONS	VOLUME	EMISSIONS		
Fourniture, transport et mise en oeuvre de matériaux d'apport en remblai	M3	1,05	1,93	3,68	794 150,00	1 532 709,50	603 050,00	1 163 886,50		
Supplément de mise en oeuvre pour le traitement à la chaux de l'arase des terrassements en vue d'une amélioration de la PST (PST4/AR2) (incluant la fourniture et le transport des produits de traitement)	M²	11,6	11,6	11,6	50 470,00	585 452,00	42 090,00	488 244,00		
Fourniture, transport et mise en oeuvre de matériaux de couche de forme non traitée	M3	6,33	8,09	11,6	228 350,00	1 847 351,50	187 050,00	1 513 234,50		
					Poste terrassements	3 965 513,00	kg eq CO2	3 165 365,00	kg eq CO2	
						3 965,51	teq CO2	3 165,37	teq CO2	

Chaussées

Facteur de niveau 2 (pas de niveau 1)					Condition du projet		
					Proche	moyen	éloigné
							1
</							

Équipements de sécurité

Facteur de niveau 2									
	UNITE	kg eq CO2/ unité	variante A2ASP		variante R2				
			QUANTITE	EMISSIONS	QUANTITE	EMISSIONS			
Construction									
Glissières métalliques GS2 (N2-W514)	m	95	83 400,00	7 923 000,00	63 800,00	6 061 000,00			
Système de protection motocycliste (SPM)	m	55	4 170,00	229 350,00	3 190,00	175 450,00			
Glissières béton DBA (H2-W1)	m	130	41 700,00	5 421 000,00	31 900,00	4 147 000,00			
				13 573 350,00	kg eq CO2	10 383 450,00	kg eq CO2		
				13 573,35	teq CO2	10 383,45	teq CO2		
			variante A2ASP		variante R2				
			KM	EMISSIONS	KM	EMISSIONS			
Entretien annuel des glissières	km de voie / an	460	28,8	13248	16,6	7636			
				13 248,00	kg eq CO2 par an	7 636,00	kg eq CO2 par an		
				662 400,00	kg eq CO2 sur 50 ans	381 800,00	kg eq CO2 sur 50 ans		
				662,40	teq CO2 sur 50 ans	381,80	teq CO2 sur 50 ans		
Fin de vie									
Les facteurs d'émission proposés pour la déconstruction									
intègrent uniquement le transport des matériaux									
déconstruit vers un centre de recyclage. Cette part									
représente environ 1 % de la valeur des facteurs d'émissions									
pour les glissières métalliques et 2 % pour les glissières		2%							
				271 467,00	kg eq CO2	207 669,00	kg eq CO2		
				271,467	teq CO2	207,669	teq CO2		
				TOUT COMPRIS	14 507,22	teq CO2	10 972,92	teq CO2	

ANNEXE 2 : NOTE D'HYPOTHÈSES (NOVEMBRE 2020)

Cette évaluation des émissions de gaz à effet de serre est réalisée en se basant sur le guide CEREMA « Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers ». Les éléments de cadrage ci-dessous sont repris du guide. Les éléments pris en compte concernent :

- Au titre de La phase « Utilisation » : La circulation des véhicules (VL, PL).
- Au titre de La phase « construction » : les postes les plus émetteurs que sont :
 - Les terrassements ;
 - Les ouvrages d'art (construction, entretien, fin de vie) ;
 - Les chaussées (construction, entretien, fin de vie) ;
 - Les glissières de sécurité (construction, entretien, fin de vie) ;
 - L'exploitation du réseau principal ;

Les éléments suivants de second ordre ne sont pas intégrés :

- Les équipements routiers hors glissières de sécurité (signalisation horizontale et verticale, éclairage et équipements dynamiques...) ;
- Les ouvrages de génie civil (murs anti-bruit par exemple) ;
- Les ouvrages d'assainissement.

Les facteurs d'émissions utilisés ont été établis par le CEREMA en analyse de cycle de vie (depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie) et intègrent les coûts liés à la phase amont de production de l'énergie. Pour les déplacements en véhicules routiers, les émissions couvrent, par exemple, la combustion des carburants dans les véhicules, mais aussi l'amont de la filière de production des carburants.

Les facteurs d'émissions intègrent les émissions de gaz à effet de serre liées au fonctionnement des installations, équipements et engins intervenant dans les processus de production des matériaux et leur mise en œuvre, mais n'intègrent pas nécessairement les émissions liées à la fabrication de ces installations, équipements et engins.

Certains paramètres prépondérants ont été volontairement isolés pour pouvoir affiner l'évaluation lorsque ces données sont connues avec précision. À l'inverse les postes marginaux ont été volontairement écartés ou regroupés avec d'autres postes prépondérants (par exemple, la couche de cure sur couche de forme ou couche d'accrochage sur enrobés bitumineux).

Enfin les facteurs d'émissions n'intègrent pas le potentiel de recyclage des matériaux mis en œuvre (dont la prise en compte est optionnelle).

L'approche se base sur une méthodologie déjà en partie éprouvée et traduite dans un guide du CEREMA (V2, 2020). Cependant, cette méthode présente des imprécisions et il convient d'en rappeler les limites. Il convient également de rappeler ici que le calcul se base sur les études d'opportunité de niveau 1 avec le niveau de définition et les incertitudes liées à ce niveau d'étude.

Horizon de l'analyse

Le guide propose un horizon de 50 ans à partir de la date de mise en service. La mise en service du projet est estimée à l'horizon 2030. Nous adoptons une durée d'évaluation de 50 ans soit un horizon de 2080.

Scénario de référence

Le scénario de référence apparaît notamment pour les postes liés à l'utilisation et l'entretien de l'infrastructure. En effet, les gestionnaires entretiennent et exploitent les voiries actuelles. Les émissions de GES estimées pour les variantes viennent s'ajouter à ce qui est déjà en place pour l'entretien et l'exploitation des voiries existantes.

Le trafic actuel est également pris en compte dans le scénario de référence. Celui-ci est extrait du modèle de trafic.

Concernant le poste de construction, il a été considéré en hypothèse que 20 % des aménagements de l'option R2 seraient réalisés d'ici 2080 dans le scénario de référence. Cette quantité est représentative des divers équipements de voiries que la réglementation en matière d'environnement notamment obligera le gestionnaire à réaliser.

En effet, si le projet ne se faisait pas, des investissements et des travaux seraient nécessaire d'ici 50 ans (et bien avant) pour améliorer l'infrastructure et son impact sur l'environnement.

Variantes étudiées

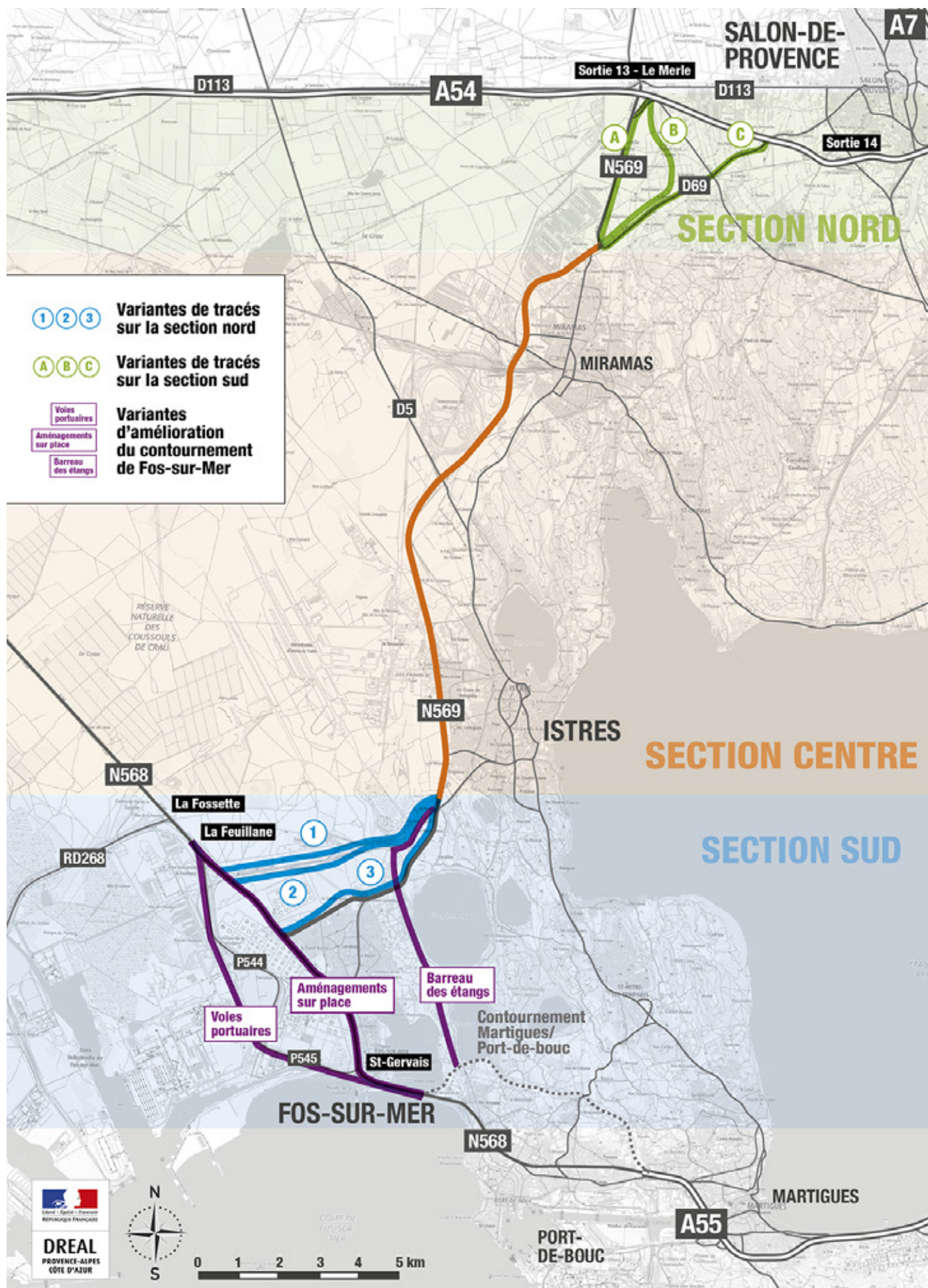
Afin de retenir deux scénarios d'analyse qui soient cohérents avec les études acoustiques et air qui ont été réalisées, nous retenons l'étude des variantes A2 ASP et R2.

• option de projet autoroutière A-2-ASP : variante autoroutière avec Aménagement Sur Place de la RN 568

- fuseau A pour le raccordement Nord sur A54,
- fuseau 2 pour le raccordement Sud vers la ZIP de Fos,
- fuseau ASP pour le contournement de Fos-sur-Mer.

• option voie expresse R-2 : variante voie expresse avec aménagements de sécurité et capacité sur le VP et RN 568

- fuseau A pour le raccordement Nord sur A54,
- fuseau 2 pour le raccordement Sud vers la ZIP de Fos (2x1voie)
- sans contournement de Fos-sur-Mer (aménagements VP et RN568)



Trafic

Les émissions liées au trafic devront être calculées en fonction des trafics estimés en situation de référence et de situation de projet. Un calcul simplifié par vkm (véhicule.km) pourra être réalisé à partir des variations de TMJA VL et PL entre l'option de référence et l'option de projet. Pour les VL, on pourra prendre un facteur d'émission pour 2016 de 0,170 kgCO₂eq/VL.km et pour les PL un facteur de 0,840 kgCO₂eq/PL.km. En cohérence avec les objectifs de la Stratégie Nationale bas Carbone, on pourra supposer une décroissance des émissions par vkm des VL de -4 % par an jusqu'en 2030 et -10 % par an au-delà, et pour les PL de -2,5 % par an jusqu'en 2030 et -10 % par an au-delà.

Cependant, nous avons choisi d'utiliser un autre modèle (conforme au guide méthodologique du CEREMA du 22 février 2019 sur le volet « air et santé » des études d'impact routières) qui permet de prendre en considération plus de facteurs et sera donc plus précis pour traduire les effets attendus du projet (augmentation des vitesses, baisse de la congestion...).

Le calcul des émissions des GES est réalisé à partir du logiciel TREFICTM distribué par Aria Technologies. Cet outil de calcul intègre la méthodologie COPERT V issue de la recherche européenne (European Environment Agency). La méthodologie COPERT est basée sur l'utilisation de facteurs d'émission qui traduisent en émissions et consommations de carburant l'activité automobile à partir de données qualitatives (vitesse de circulation, type de véhicule, durée du parcours...).

La méthode intègre plusieurs types d'émissions :

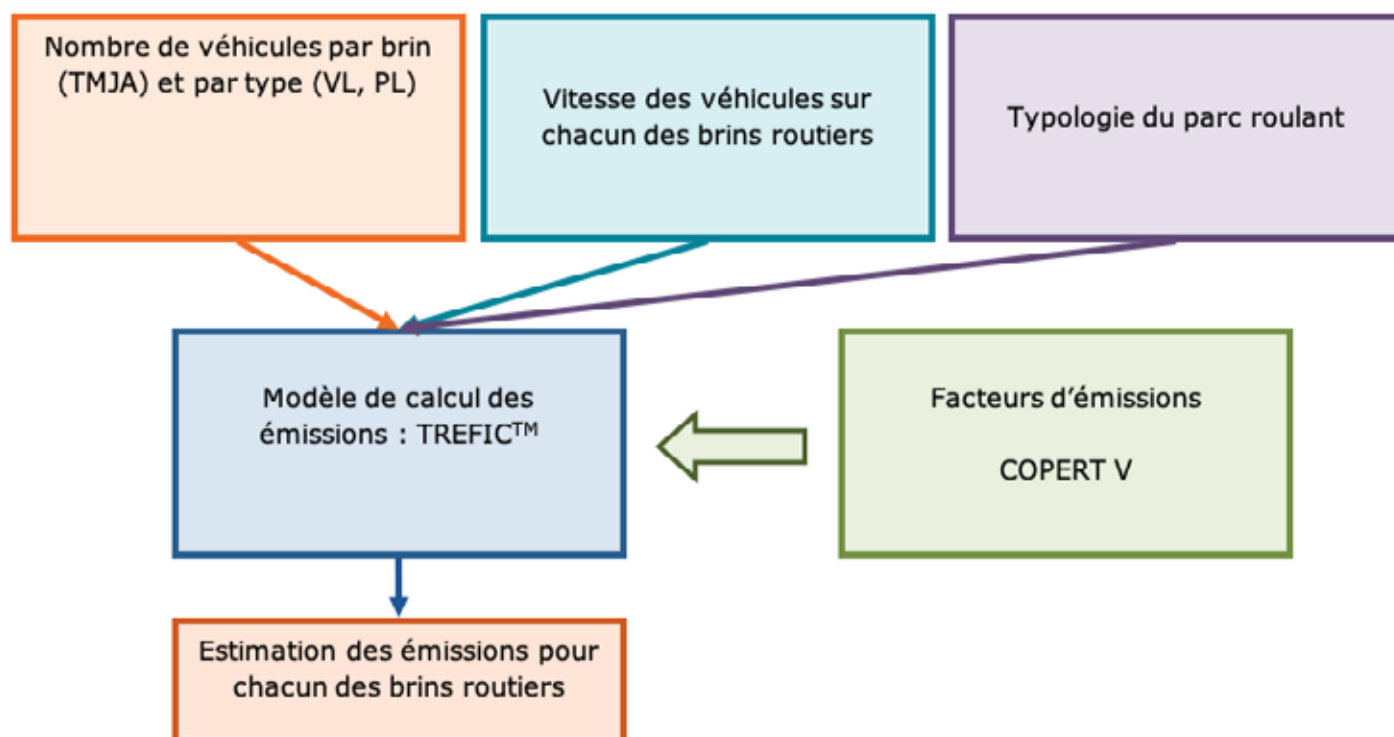
- Les émissions à chaud produites lorsque les « organes » du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement. Elles dépendent directement de la vitesse du véhicule ;

- Les émissions à froid produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les « organes » du véhicule (moteur et dispositif de traitement des gaz d'échappement), sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. Elles sont calculées comme des surémissions par rapport aux émissions « attendues » si tous les organes du véhicule avaient atteint leur température de fonctionnement (les émissions à chaud) ;
- Les surémissions liées à l'usure des équipements ;
- Les surémissions liées à la charge des poids-lourds. Nous avons choisi une charge moyenne de 50 %.

Elle intègre aussi :

- Les corrections pour traduire les surémissions pour des véhicules anciens et/ou ayant un kilométrage important, et ce pour les véhicules essences catalysés ;
- Les corrections liées aux améliorations des carburants.

Les vitesses très faibles (inférieures à 10 km/h) sont en dehors de la gamme de validité des facteurs d'émissions de la méthode COPERT V (gamme de validité de 10 à 130 km/h). TREFICTM associe un coefficient multiplicatif aux facteurs d'émissions déterminés à 10 km/h selon la méthode COPERT pour redéfinir les facteurs d'émissions des vitesses inférieures. Ce coefficient correspond au ratio entre la vitesse basse de validité, soit 10 km/h, et la vitesse de circulation pour laquelle le facteur est estimé (par exemple pour une vitesse de circulation de 5 km/h, le coefficient appliqué est de 2). Toutefois, pour les vitesses inférieures à 3 km/h, les incertitudes sont trop importantes et les facteurs d'émissions ne peuvent être recalculés.



Les émissions d'un véhicule dépendent entre autres :

- De la classe du véhicule (véhicule léger, utilitaire, poids-lourd, bus, deux-roues...);
- De la motorisation ;
- Du poids ;
- Du carburant ;
- De la norme d'émission (norme Euro du véhicule) ;
- Du procédé de traitement des émissions.

Ainsi les facteurs d'émissions issus de la méthodologie Copert V sont proposés pour chaque type de véhicule discrétisé selon les paramètres précédemment cités.

Par conséquent pour déterminer les émissions d'un flux de véhicule, il est primordial de connaître sa composition ou encore son parc automobile. La construction d'un parc automobile est une démarche complexe qui nécessite des hypothèses sur la dynamique de son renouvellement dans le temps (lois de survie).

Cette démarche a été réalisée par l'IFSTTAR dans le cadre de la participation de la France au projet HBEFA¹. Compte tenu des parcs routiers roulants différents en fonction de la typologie d'un axe, trois parcs ont été définis : pour les axes urbains, ruraux et autoroutiers.

Ces parcs ont été conçus à partir de travaux de recherche du début des années 2000. Bien que régulièrement mis à jour, ils n'intègrent pas toutes les orientations politiques (taxation du diesel, par exemple) et sociétales (scandale de fraude aux émissions des moteurs diesel, véhicules hybrides et électriques, etc.). À ce titre, les parcs roulants disponibles ne sont pas totalement représentatifs des horizons d'étude retenus et doivent être utilisés pour une analyse relative des bilans des émissions.

De ce fait le parc roulant retenu pour les horizons 2050 et 2080 est le même que celui de 2030 (sans évolution technologique). Cela conduit à majorer fortement le calcul des émissions en 2050 et 2080.

En effet, en appliquant l'hypothèse donnée ci-dessus dans le guide Cerema 2019(-10 %/an au-delà de 2030), les émissions des véhicules sont supposées baisser de 88% à l'horizon 2050). Il est néanmoins possible de redresser ces résultats en appliquant aux émissions de chaque année un coefficient correcteur (2030 : 0,9, 2031 : 0,81... 2050 à 2080 : 0,122). Ces coefficients ne changent pas les comparaisons en relatif du poste trafic des différents scénarios. En revanche, ils réduisent sensiblement le poids du poste trafic (et utilisation) par rapport au poste « construction ».

Pour la répartition des véhicules utilitaires légers il a été fait le choix de considérer un pourcentage moyen national de 23 % des véhicules légers. Pour les poids lourds, les données sont issues de l'étude de trafic.

L'évaluation des émissions routières reposent sur trois critères spécifiques présentant chacun un certain nombre d'incertitudes :

- Le trafic routier retenu sur le réseau routier étudié dont les deux niveaux d'incertitude – la représentativité des périodes et des sites de comptages et l'utilisation de profils types ;
- Les facteurs d'émissions sont incertains ou agrégés et ne prennent pas en compte avec assez de précision les spécificités locales (conditions météorologiques, topographie et état des routes, etc.) ou unitaires des véhicules (entretien, type de conduite, etc. ;
- Les parcs roulants sont représentatifs des données nationales et ne considèrent pas les spécificités d'ancienneté, de typologie et d'usage relatives à la sectorisation géographique (Paris et les petites et grandes couronnes franciliennes vs les secteurs ruraux hors agglomération, par exemple). Par ailleurs, les parcs prévisionnels reposent sur des anticipations statistiquement probables mais souvent altérées a posteriori par des évolutions conjoncturelles, politiques et sociétales.

En tout état de cause, ces incertitudes sont néanmoins d'un second ordre par rapport aux hypothèses d'évolution du parc au-delà de 2030. Surtout, elles s'appliquent de la même manière dans les différents scénarios : il convient bien de privilégier une analyse relative des résultats ce qui est le principe même de l'évaluation de l'incidence.

Malgré les incertitudes existantes sur les résultats, la méthodologie COPERT constitue, à ce jour, la référence en termes d'évaluation des émissions routières et son utilisation fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau européen.

L'estimation des GES s'est donc basée sur le modèle trafic comportant les 3 scénarios aux 3 horizons d'étude :

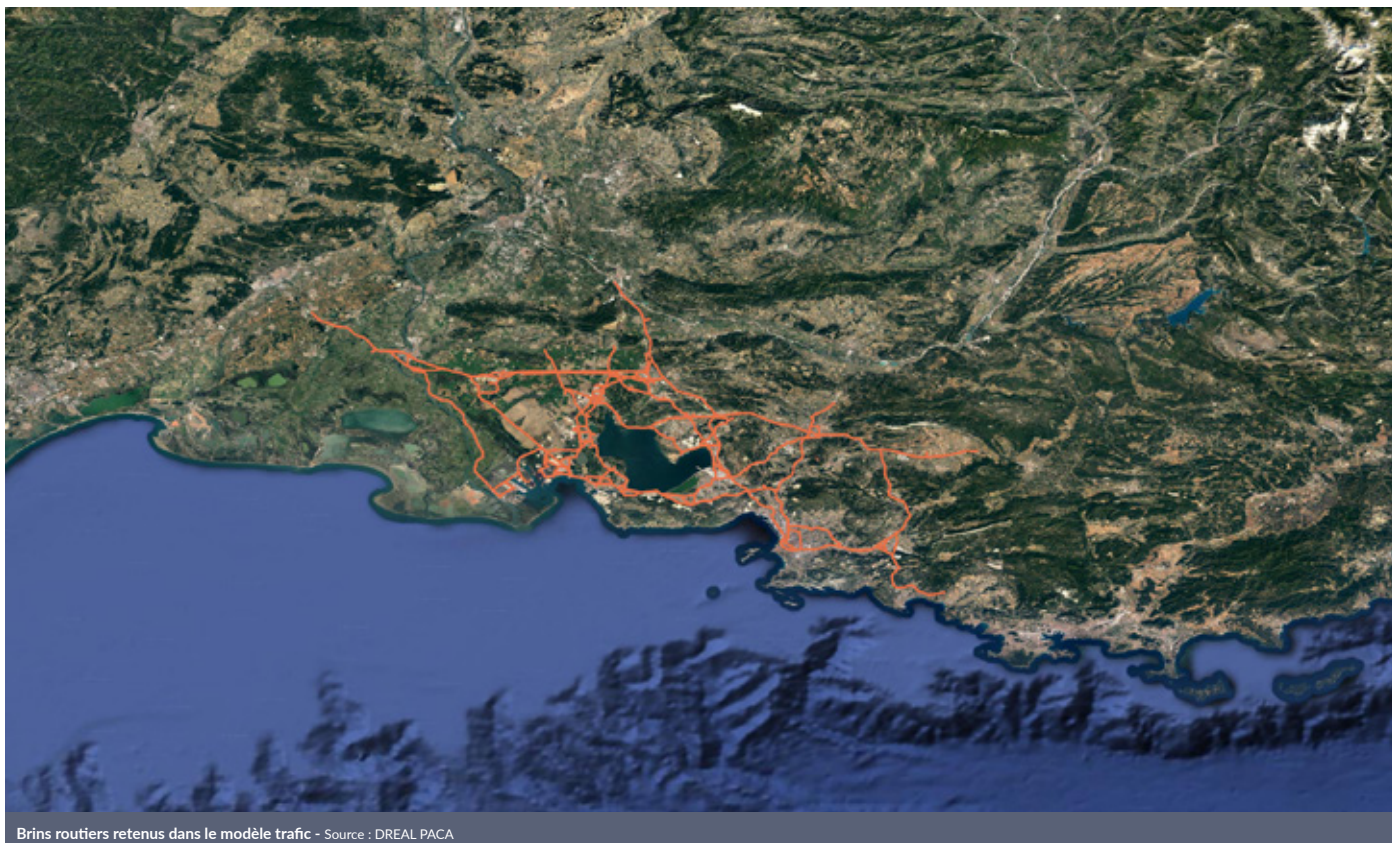
- Scénario référence (2015, 2030, 2050 et 2080),
- Scénario A-2-ASP (2030, 2050 et 2080),
- Scénario R-2 (2030, 2050 et 2080),

Pour ces 3 scénarios, nous avons les données suivantes :

- TMJA pour les VL et PL,
- Une vitesse moyenne pour chaque brin modélisé pour les VL et PL permettant de prendre en compte un phénomène de congestion sur certains tronçons (vitesse moyenne inférieure à 40 km/h).

Le modèle trafic utilisé comprend une zone d'étude élargie avec environ 360 brins routiers (ou tronçons routiers) modélisés.

¹HBEFA : Handbook Emission Factors for Road Transport (méthodologie de calcul des émissions polluantes basée sur différentes typologie de trafic définies selon la caractéristique de l'axe routier, la vitesse et la congestion.



Brins routiers retenus dans le modèle trafic - Source : DREAL PACA

Cependant, une aire d'étude restreinte a été retenue pour une étude plus adaptée :



Zoom étude de trafic pour émissions GES

Les émissions estimées seront donc celles générées par le trafic sur les axes RN568/RN569 et VP sur le linéaire aménagé. Cette réduction de périmètre, évaluée à la demande de la CPDP aura pour effet d'intégrer des trafics de report sur un axe fluidifié pour les scénarios de projet et ne pas comptabiliser du trafic congestionné sur les axes secondaires pour le scénario de référence.

Les données météorologiques prises en compte

Les émissions à froid (émission durant la période où le moteur n'est pas à sa température optimum) sont d'une part liées au temps de parcours d'un trajet (en France le parcours moyen est de 12,4 km) mais également à la température extérieure. Pour estimer ces surémissions, la température moyenne (sur un an) est renseignée. Pour l'aire d'étude, la température moyenne est de 15°C. Les envolées de poussières sont tributaires de la pluviométrie, ce paramètre est par conséquent également intégré en indiquant le ratio de jour de pluie annuel. Avec environ 60 jours pluvieux par an en normales saisonnières, le ratio est de 0,15.

Les résultats des émissions en GES pour chaque scénario seront exprimés en tonnes par jour.

Le calcul est ensuite mené pour établir ces émissions par année pour les trois valeurs de 2030, 2050 et 2080 pour chaque scénario ainsi que la valeur de 2015 pour le scénario de référence.

Artificialisation des sols

Des mesures compensatoires seront probablement prévues dans les phases ultérieures de conception du projet. Pour l'instant, ces mesures ne sont pas définies. Nous avons donc choisi de ne pas les intégrer à la présente analyse. Elles pourront venir diminuer le

total d'émissions dans chaque variante.

En accord avec les profils types définis dans les études d'opportunité de niveau 1, les hypothèses sont donc les suivantes :

	2*1 A CRÉER SUR EXISTANT	2*2 A CRÉER SUR EXISTANT	2*2 EXISTANT	2*2 A CRÉER	2*1 A CRÉER	
Variante A2ASP (km)		14,2	3	7,2		
Variante R2 (km)	4,8	9,4	3		7,2	
Largeur caractéristique à artificialiser (m)	7	17	0	25	15	
SURFACE RESULTANTE						
Variante A2ASP	-	241 400	-	180 000	-	421 400
Variante R2	33 600	159 800	-	-	108 000	301 400

Les sols qui seront artificialisés dans les projets sont considérés comme étant des zones de prairie actuellement. Cette hypothèse est la plus contraignante en comparaison d'une occupation du sol

dite agricole. Elle correspond en grande majorité à ce qui est identifié aux abords du projet.

Le facteur retenu est donc de **29 kg de CO₂ par m² artificialisé**.

Terrassements

Nous prenons l'hypothèse que les conditions du projet sont moyennes et que l'ensemble des fournitures et carrières est situé à une **distance moyenne du chantier**. C'est une hypothèse sécuritaire.

La **plupart du projet est en remblai** au vu du site. Les postes de déblais ne concernent donc pas les variantes.

En revanche, en l'absence de précision à ce stade de l'étude, nous avons choisi d'inclure le traitement à la chaux permettant une amélioration de la PST à hauteur de 10 % du traitement de l'arase des terrassements.

Nous sommes partis sur les **hypothèses similaires à l'élaboration de l'estimation** au stade de l'étude d'opportunité.

Les sections courantes sont définies selon plusieurs fiches qui incluent des quantités différenciées en fonction du nombre de voies, de la création ou de l'élargissement de voies.

Pour les terrassements, le tableau de synthèse ci-contre nous permet de définir les quantités.

Le scénario A2ASP comprend :

- 3,8 km de SC1
- 3 km de SC3
- 1 km de SC5
- 11 km de SC2
- 7,2 km de SC1bis
- 9,2 km de SC4
- 6,5 km de SC5BIS

Le scénario R2 comprend :

- 3,2 km de SC1bis
- 3 km de SC4
- 7,5 km de SC5BIS
- 11 km de SC2
- 7,2 km de SC1bis

SC1		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	60,00
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	30,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	14,00

SC1BIS		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	42,00
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	21,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	9,50

SC2		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	10,00
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	15,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	7,00

SC3		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	-
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	4,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	2,00

SC4		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	-
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	-
Couche de forme	<u>m</u> 3	-

SC5		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	105,00
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	30,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	14,00

SC5BIS		
	Unité	Quantité / ml
Déblais - Remblais	<u>m</u> 3	7,50
Traitement de l'arase de terrassement	<u>m</u> 2	5,00
Couche de forme	<u>m</u> 3	1,50

Chaussées

Comme pour le volet terrassement, nous réutilisons les scénarios d'hypothèses de l'estimation de l'étude d'opportunité qui nous per-

mettent de définir des quantités pour les différents types de sections courantes.

SC1		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	4,00
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	16,00
Structure et revêtement BAU	m2	5,00
Structure et revêtement TPC	m2	2,00
Renforcement chaussée existante	m2	

SC1BIS		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	2,25
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	9,00
Structure et revêtement BAU	m2	4,00
Structure et revêtement TPC	m2	2,00
Renforcement chaussée existante	m2	

SC2		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	2,00
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	8,00
Structure et revêtement BAU	m2	2,50
Structure et revêtement TPC	m2	2,00
Renforcement chaussée existante	m2	12,00

SC3		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	-
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	
Structure et revêtement BAU	m2	4,00
Structure et revêtement TPC	m2	
Renforcement chaussée existante	m2	19,00

SC4		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	-
Couche de roulement	m2	19,00
Chaussée couche de liaison et surface	m2	-
Structure et revêtement BAU	m2	1,00
Structure et revêtement TPC	m2	-
Renforcement chaussée existante	m2	

SC5		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	4,00
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	16,00
Structure et revêtement BAU	m2	5,00
Structure et revêtement TPC	m2	2,00
Renforcement chaussée existante	m2	

SC5BIS		
	Unité	Quantité / ml
Couches de base et Fondation	m3	0,25
Couche de roulement	m2	
Chaussée couche de liaison et surface	m2	1,00
Structure et revêtement BAU	m2	4,00
Structure et revêtement TPC	m2	-
Renforcement chaussée existante	m2	10,00

Pour faire correspondre ces données aux données du guide du CE-REMA, nous avons dû convertir des surfaces en volumes. Les cou-

leurs correspondent à la case dans laquelle la donnée sera injectée. Voici les hypothèses retenues :

Intitulé du poste dans l'estimation	Unité		VARIANTE R2	VARIANTE A2ASP				
Couches de base et Fondation	m3	1/3 pour accotements, 2/3 pour chaussées	47 275	59 025				
Couche de roulement (RN568 reprise/SC4)	m2	*7cm épaisseur	57 000	174 800	Intitulé du détail des émissions	Unité	VARIANTE R2	VARIANTE A2ASP
Chaussée couche de liaison et surface (yc couche de roulement)	m2	*30cm épaisseur	189 100	236 100	Fourniture et mise en œuvre de mélanges bitumineux en couches d'assises ou de roulement (ex BBSG, BBME, BBTM, EME, GB ...)	M3	137 310	176 616
Structure et revêtement BAU	m2	*10cm épaisseur	102 100	127 500	Fourniture, transport et mise en œuvre de GNT de type A (pour accotements)	M3	15 758	19 675
Structure et revêtement TPC	m2	*10cm épaisseur	42 800	46 000	Fourniture, transport et mise en œuvre de GNT de type B (pour structures de chaussées)	M3	31 517	39 350
Renforcement chaussée existante	m2	*30cm épaisseur	207 000	254 000				

Afin de définir le poste « utilisation » du volet chaussées, puisque nous sommes en étude d'opportunité, le calcul se fait en fonction du linéaire de voirie.

Ce linéaire s'ajoute au linéaire déjà entretenu par les services (égal au scénario de référence).

Nous avons estimé que ces linéaires correspondent aux linéaires d'artificialisation des sols soit :

LINEAIRE ENTRETIEN SUPPLEMENTAIRE						
	2*1 A CRÉER SUR EXISTANT	2*2 A CRÉER SUR EXISTANT	2*2 EXISTANT	2*2 A CRÉER	2*1 A CRÉER	
entretien A2ASP (km)	0	14,2	0	14,4	0	28,6
entretien R2 (km)	0	9,4	0	0	7,2	16,6

Conformément au guide du CEREMA, la fin de vie concerne le frai- sage et la mise en décharge des couches de roulement et d'assises.

Ouvrages art

Concernant les ouvrages d'art, au vu de notre niveau de défini- tion du projet, nous utiliserons ici un facteur agrégé de niveau 1 puisque les niveaux supérieurs supposent de connaître les maté- riaux précisément.

Pour la variante A2ASP, 8 ouvrages d'art ont été pris en compte : 3 ouvrages sur la partie centrale soit un total de 1 852 m² et 5 ouvrages sur le fuseau 2 pour un total de 1 320 m².

Pour la variante R2, 8 ouvrages d'art sont également concernés : 3 ouvrages sur la partie centrale pour 1 284 m² et 5 ouvrages sur le fuseau 2 pour un total de 1 320 m².

Ce sont des ouvrages qui viennent s'ajouter aux ouvrages déjà entretenus par le gestionnaire. Il s'agit donc bien d'un différentiel entre un scénario de référence et des scénarios étudiés.

Sécurité

L'hypothèse commune retenue dans l'estimation pour l'ensemble des types de voiries concernant les glissières de sécurité est la suivante :

	Unité	Quantité / ml
DBA	ml	1,00
GS2	ml	2,00

Ce sont ces données qui sont utilisées pour le calcul. Concernant les équipements de protection pour les motocyclistes, nous avons considéré qu'ils seraient mis en place sur 10% du linéaire total re- pris. Ce linéaire correspond au linéaire de reprise des équipements de sécurité qui est donc supérieur au linéaire utilisé pour l'artifi- cialisation des sols ou l'entretien des chaussées supplémentaires.

Exploitation

Les facteurs d'émissions ont été agrégés au km de voie de la sec- tion courante et intègrent l'exploitation des voies annexes et bre- telles relevant du gestionnaire.

Comme pour l'entretien des chaussées, ce facteur est défini par km de voie supplémentaire en comparaison avec le scénario de référence. Nous sommes donc ici repartis sur les mêmes hypo- thèses à savoir :

- 28,8 km pour la variante A2ASP
- 16,6 km pour la variante R2

Échangeurs

Les émissions liées aux échangeurs ont été quantifiées à part dans notre outil de calcul mais les méthodes utilisées sont les mêmes. Plusieurs hypothèses ont été retenues pour permettre leur inté- gration au même niveau de définition que la section courante.

Les hypothèses sont les suivantes :

- Les ouvrages d'art sont intégrés avec le ratio par m² de tablier décrit précédemment ;
- Les bretelles et rampes d'ouvrage : plusieurs hypothèses ici avec une moyenne de 6 m de largeur, une structure de chaussée esti- mée à 20 cm d'enrobé et 50 cm de GNT. Les volumes des rem- blais sont estimés être réalisés pour monter à 3m de hauteur.

Sur cette base nous avons défini les émissions de la phase construction pour les échangeurs.

Les postes entretien et fin de vie ont été ajoutés également.