

UN ECO-COMPARATEUR DE VARIANTES ROUTIERES SELON LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET LES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

Eric LOCQUET^(a), Mireille LATTUATI^(b)

^aEgis, Guyancourt, France

^bEgis, Guyancourt, France

Abstract

Striving for environmental excellence means assessing and controlling greenhouse gas emissions and energy consumption. The proposed software, a road variant eco-comparator, analyses and compares various road routes, thereby proposing an optimised design with respect to the two environmental criteria mentioned above. It considers the operating phase, for a set time after entry into service, and the engineered structure construction phase. For the construction part, the assessments consider all categories of work representative of earthworks, pavements, drainage, road bridges, tunnels and road furniture. By using Variways®, an eco-comparator with a built-in monetisation aspect, the prime contractor can contribute to the commitments of the European Union and the goals of the French "Grenelle de l'environnement" targeting 20% reduction of greenhouse gas emissions by 2020 (compared with the 1990 level).

Keywords: eco-comparateur; Road infrastructure; greenhouse gas emissions; energy consumption; software; monetary terms; road project construction; operating phases; energy transition

Résumé

Résumé

Tendre vers l'excellence environnementale passe par l'évaluation et la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques. Le logiciel proposé, un éco-comparateur de variantes routières, permet une analyse comparative des différents tracés routiers afin de proposer une conception optimisée au regard des deux critères environnementaux précités. Il prend en compte la phase exploitation, sur une durée paramétrée après la mise en service, et la phase de construction de l'ouvrage. Pour la partie construction, les évaluations prennent en compte l'ensemble des familles de travaux représentatifs des terrassements, chaussées, assainissement, ponts routiers, tunnels et des équipements linéaires. Variways®, éco-comparateur avec également un aspect monétarisation intégré, permet ainsi au maître d'ouvrage de contribuer aux engagements de l'Union Européenne et aux objectifs du « Grenelle de l'environnement » Français qui visent une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 (par rapport au niveau de 1990).

Mots-clé: éco-comparateur ; infrastructure routière ; gaz effet de serre ; consommation d'énergie ; logiciel ; monétarisation ; projet construction routière ; phase exploitation ; transition énergétique.

* Corresponding author information here. Tel.: +00 33 622 91 05 28
E-mail address: eric.locquet@egis.fr.





1. Introduction

1.1. Contexte et Enjeux

Tendre vers l'excellence environnementale passe par l'évaluation et la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques.

Sur la base des connaissances actuelles, les émissions de gaz à effet de serre d'une infrastructure routière proviennent à 10% de la phase de construction, au travers notamment de la fabrication et du transport des matériaux, et à 90% de la phase d'exploitation, au travers des émissions des véhicules.

Conscient de ces enjeux, EGIS a développé, un éco-comparateur de variantes routières qui prend en compte le cycle construction-exploitation de l'infrastructure. Cet outil participe aux engagements de l'Union européenne de réduire de 20 % ses émissions de GES d'ici à 2020 par rapport aux niveaux de 1990.

1.2. Présentation Générale

L'éco-comparateur proposé est un outil d'aide à la conception et à la décision pour les projets d'infrastructures de transport routier. Il permet, sur les phases construction et exploitation de l'ouvrage, une analyse comparative des différentes variantes routières afin de proposer une conception optimisée des tracés au regard de deux critères environnementaux : les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la consommation énergétique (J) sur les périodes de construction et d'exploitation de l'infrastructure.

L'éco comparateur permet ainsi une hiérarchisation des variantes de tracé au regard de ces deux critères et peut être avantageusement utilisé :

- en phase amont, lors d'une comparaison environnementale de variantes routières ou lors de l'optimisation environnementale d'un tracé ;
- en phase d'études, pour la réalisation de bilans environnementaux ;
- en phase offre, pour montrer au Maître d'Ouvrage les possibilités offertes en intégrant cet aspect dans l'analyse environnementale.

Il permet ainsi aux maîtres d'ouvrage de se positionner, dès la phase amont, sur leur choix de tracé, Appréhender l'impact de la phase exploitation, dès la phase de conception, constitue un levier important et une opportunité pour les maîtres d'ouvrage soucieux des impacts environnementaux de leurs projets. [3] [4]

2. Description de l'éco-comparateur de variantes routières

2.1. Périmètre d'application

Le périmètre d'application de l'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® est plus particulièrement la phase de conception (amont / réalisation d'étude).

L'éco-comparateur permet effectivement, dès la phase de conception, de sensibiliser et d'impliquer les maîtres d'ouvrages dans une démarche environnementale et d'enrichir ainsi la démarche de conception/construction dans une approche globale et durable. Il peut aussi aider un exploitant à apprécier l'impact d'une réduction de vitesse temporaire sur les rejets des émissions de GES

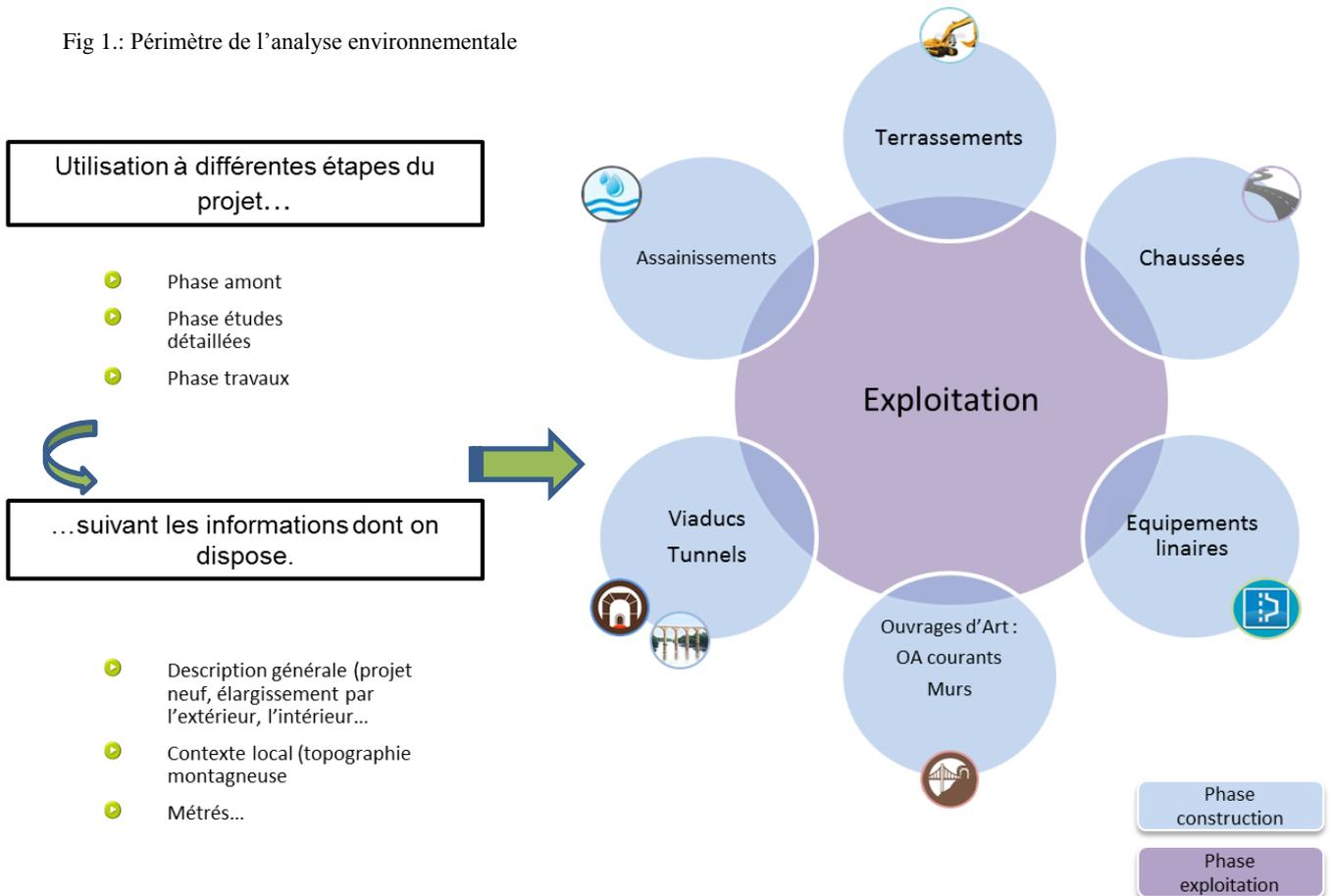
2.2. Périmètre de l'analyse environnementale

L'éco-comparateur de variantes routières permet de quantifier les émissions de gaz à effet de serre et la consommation énergétique en fonction des paramètres du projet, en phase exploitation (profil géométrique, trafics, vitesse) et en phase construction (caractéristiques des terrassements, nature des ouvrages d'art, structure de chaussée, etc.).

Le périmètre de l'analyse environnementale (cf.Fig1) correspond ainsi aux phases construction et exploitation, hors les interventions de maintenance et surveillance



Fig 1.: Périmètre de l'analyse environnementale



2.3. Utilisateurs cibles

L'éco-comparateur de variantes routières s'adresse à l'ensemble des Maîtres d'Ouvrage soucieux d'intégrer les impacts environnementaux dès la phase de conception et d'optimiser leurs projets d'infrastructures au regard des indicateurs « émissions de gaz à effet de serre » et « consommation énergétique ».

Il leur permet, dès la phase de conception, de se positionner sur leurs choix de variantes (choix de tracé, de profil en long, de stratégie de réglementation de la vitesse des véhicules) et sur les caractéristiques intrinsèques des tracés et de son environnement (type de structure de chaussée, nature des ouvrages d'art ...).

2.4. Principes de calcul

- En phase exploitation

L'éco-comparateur de variantes routières calcule les émissions de gaz à effet de serre et la consommation énergétique en utilisant les facteurs d'émissions unitaires des véhicules (véhicules légers, poids lourds, etc.) issus de la méthodologie COPERT, en fonction de la géométrie du tracé, de l'évolution des trafics et des conditions de circulation (prise en compte des évolutions technologiques des parcs essence et diesel, etc.) sur la période d'exploitation de l'infrastructure.

il peut ainsi contribuer réaliser aisément des comparaisons de variantes au regard des deux indicateurs en fonction, par exemple, des choix de tracé, de profil en long, de stratégie de réglementation de la vitesse des véhicules.

- En phase construction

L'éco-comparateur de variantes routières calcule les émissions de gaz à effet de serre en utilisant les facteurs d'émissions unitaires liés à la fabrication des matériaux, à leur transport et à leur mise en œuvre. Il prend en



compte cette approche pour les postes de travaux importants que sont les terrassements, les chaussées, les équipements linéaires, les ouvrages courants, les viaducs, les tunnels et l'assainissement.

2.5. Base de données et gestion

- En phase exploitation

L'éco-comparateur de variantes routières est associé à une base de données de facteurs d'émissions unitaires, qui repose sur la méthodologie COPERT (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Transport), développée pour l'Agence Européenne de l'Environnement et référencée dans la note n°92 du SETRA [1].

Ces facteurs d'émissions unitaires sont spécifiques à chaque véhicule (véhicules légers, poids lourds, ..). Ils sont fonction du carburant (essence, gazole...), de la cylindrée, de l'âge et de la vétusté du véhicule (pour tenir compte des normes Euro), de sa vitesse et plus largement des conditions de circulation.

Par ailleurs, il permet de monétariser les émissions de GES afin de disposer d'une évaluation socio-économique des tracés. Cette évaluation s'appuie sur une estimation annuelle du coût d'une tonne équivalent carbone. Les valeurs du rapport Sétra [2] ont été intégrées comme valeur par défaut, sachant qu'il est possible de les adapter.

- En phase construction

L'éco-comparateur de variantes routières est associé à des bases de facteurs d'émissions unitaires pour la fabrication, le transport et la mise en œuvre des matériaux issues des bases des constructeurs et des bases bibliographiques.

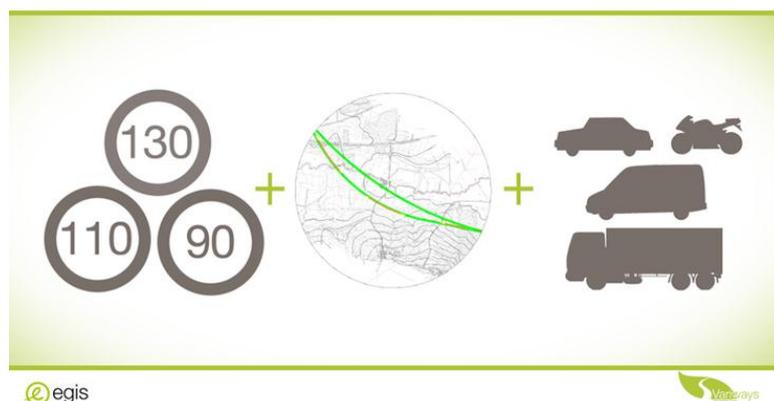
Ces bases de données sont régulièrement mises à jour par l'administrateur.

2.6. Données à renseigner par l'utilisateur

Pour la phase d'exploitation, les principaux entrants de l'éco-comparateur de variantes routières sont (cf. figure 2) :

- les données de géométrie du projet (en coordonnées x, y, z et abscisse curviligne s),
- les trafics attendus et leurs évolutions (nombre de véhicules légers, de poids lourds, etc.),
- les vitesses des véhicules la durée d'exploitation retenue.

Fig. 2 Visualisation des principaux entrants pour l'utilisation de Variways
Visualisation of main input data for using Variways



La géométrie du projet peut être récupérée via un fichier de transfert type, au format Excel, permettant ainsi l'import aisé de la majorité des formats.

Les trafics et les vitesses sont définis par tronçon ; il est possible d'attribuer des zones origines/extrémités à des sections linéaires pour matérialiser les points singuliers du projet, comme des échangeurs ou des zones de limitation de vitesse.



Pour la phase de construction, les principaux entrants de l'éco-comparateur de variantes routières sont les caractéristiques intrinsèques du tracé et de son environnement (type de structure de chaussée, nature des ouvrages d'art ...).

Afin d'en faciliter l'utilisation, un questionnaire liste, par type de travaux, les entrants requis. Ces données techniques peuvent être recherchées auprès du chef de projet qui connaît l'ensemble des données du projet. Ces données portent ainsi sur :

- les caractéristiques générale du projet : sa nature (projet neuf, élargissement par l'intérieur, etc.), la géométrie du profil en travers type,
- les caractéristiques environnementales du projet : milieu urbain, type de topographie, montagneux,
- la nature des ouvrages d'art : béton, métal, préfabriqué, etc...,
- la structure des chaussées selon les normes françaises ou AASHTO.

Une fois les descriptions générales saisies, le logiciel évalue les quantités en fonctions de toutes les informations descriptives et quantitatives renseignées et calcule les émissions de GES correspondantes.

En fonction de l'avancement du projet, il est possible de forcer les valeurs précalculées par les mètres précis sur tout ou partie des thématiques. Les calculs de GES se remettent en suite à jour automatiquement après saisie des nouvelles quantités.

La convivialité de l'interface permet à l'utilisateur de revenir sur ses données, les modifier et les faire évoluer tout ou partie, à n'importe quelle étape de l'utilisation.

2.7. Type de résultats obtenus et présentation

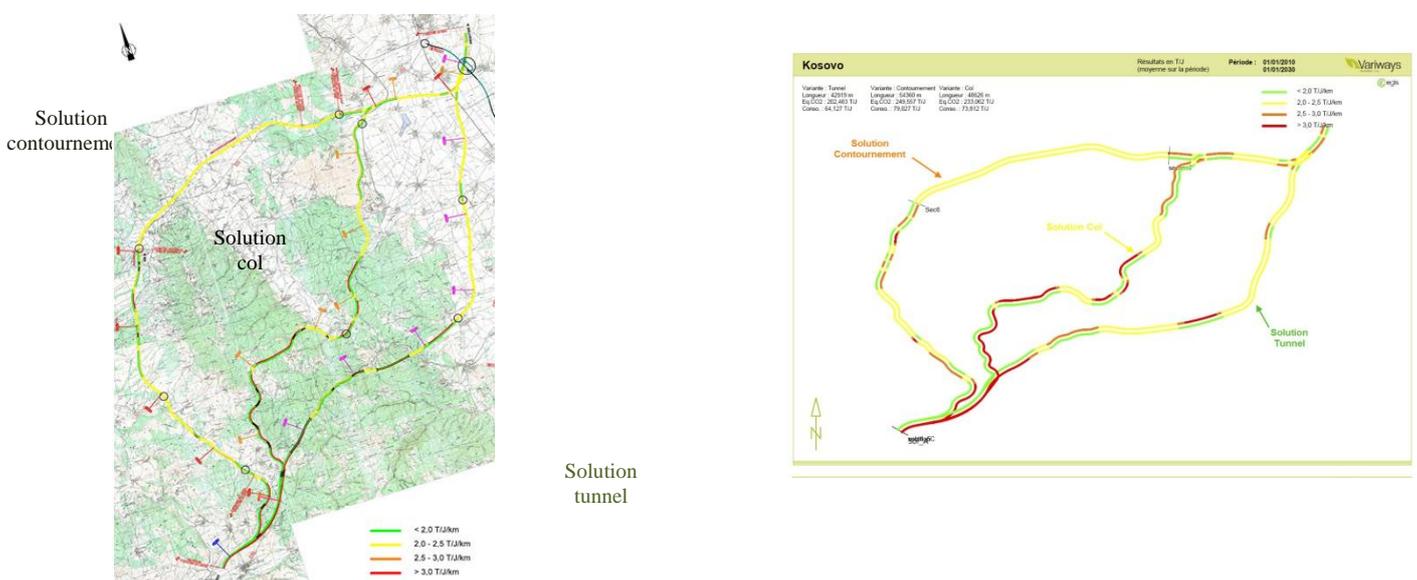
L'éco-comparateur de variantes routières propose différents sortants (tableaux, graphiques, extraits en plan, courbes et profils en long, etc.) afin de répondre à des besoins précis :

- les tableaux par variante et par tronçon permettent de disposer en un seul visuel des différentes variantes, afin de les comparer au regard des indicateurs carbone et énergie ;
- les représentations graphiques (vues en plan et profil en long, cf. fig. 4) présentent, par sens et par section linéaire, les indicateurs selon une représentation de couleurs ;

Une récupération automatique des résultats sur logiciel DAO est possible afin de générer des documents graphiques (cf. fig. 3) permettant, si besoin, d'illustrer une concertation.

- Pour la partie exploitation :

Figure 3 : Visualisation des résultats pour visualiser des plans de concertation-Fig 4 plan automatique





The output data without background is directly produced with it and enables assessment, by variant and traffic direction, of the areas where the designer could act by modifying one of the geometric parameters (e.g. longitudinal profile).

The areas marked in red are the areas with the highest GHG emission rates, i.e. the significant slopes where the longitudinal profile elevates, whereas in the other direction, with the profile descending, the adjacent green colour marks areas of low emission.

- Pour la partie construction, une visualisation sous forme d'histogrammes permet de comparer les différentes variantes (cf Fig 5):



Fig 5 : comparaison de variantes pour la partie construction

2.8. Labélisation IDRRIM

L'IDRRIM (Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité) a émis, par le biais de son groupe spécialisé éco-comparateur, un avis technique très attendu par les acteurs des infrastructures de transport (cf. Fig 6).

Cet avis renforce la position de l'éco comparateur de variantes routières dans la communauté des infrastructures de transport routier et en certifie la méthodologie et les résultats vis-à-vis des clients.



Fig 6 : Extrait de l'avis technique délivré par l'IDRRIM

2.9. Positionnement à l'international

L'éco comparateur de variantes routières peut être utilisé en France comme à l'international car le logiciel fonctionne en français et en anglais avec une mise à jour automatique en fonction du choix de l'utilisateur. Néanmoins, les bases de données sont plus particulièrement dédiées à un contexte européen. Pour une utilisation



dans n'importe quel pays hors Europe, certains paramètres spécifiques aux pays concernés doivent être mis à jour (émissions unitaires, parc roulant, par exemple) (cf. Figure 2).

En l'absence de données spécifiques aux pays, il est possible de comparer différentes variantes avec les valeurs unitaires par défaut. L'analyse consistera, dans ce cas, à identifier la solution la plus favorable vis-à-vis des émissions de GES et des consommations d'énergie par une approche « relative » sans omettre de rappeler les hypothèses de calcul lors de la production des éditions.

3. Approche différenciante dans l'optimisation des tracés

Tendre vers l'excellence environnementale passe par la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques. Néanmoins, l'ingénieur ne retiendra pas seulement ces seuls indicateurs dans l'analyse multicritères qu'il réalisera et présentera à son maître d'ouvrage. Egis, par sa dimension multi-métiers, intègre dans son analyse l'ensemble des thèmes interférant avec les trois piliers du développement durable.

L'éco-comparateur permet d'évaluer au regard des indicateurs gaz à effet de serre et consommation énergétique :

- Pour un projet neuf, l'impact de l'infrastructure linéaire projetée en comparaison avec d'autres variantes de tracés ou l'incidence du projet sur le réseau structurant existant par rapport à une solution « fil de l'eau » où il n'y aurait pas de projet.
- Pour un projet d'élargissement ou une infrastructure existante, l'impact des évolutions de trafic ou des vitesses tout en prenant en compte la géométrie du projet.

Un exploitant peut ainsi estimer l'impact d'une réduction de vitesse partielle au regard de ces indicateurs.

Un maître d'ouvrage peut, ainsi, écarter ou retenir, dès les études de conception de son projet, un fuseau parce que les impacts carbone et énergétiques sont plus ou moins conséquents. Il peut également évaluer dans quelle mesure une réduction de vitesse ou une modification du profil en long peut diminuer les émissions de GES du tracé retenu.

4. Illustration par un cas pratique

Ce paragraphe présente les principaux résultats obtenus avec l'éco-comparateur de variantes routières pour les phases construction et exploitation de la RN 164. La RN164 est une route nationale située en Bretagne (France) qui fait partie du réseau structurant.(cf fig 7)

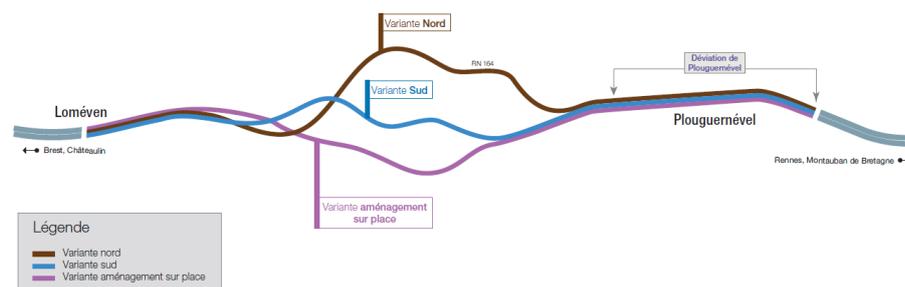


Fig 7 Schéma des trois variantes

4.1. Description du projet

Le tracé se décompose en deux sections. La première section, en tracé neuf, s'étend de Loméven à Rostrenen. Trois variantes sont envisagées :

- Variante Nord : 11.5 km avec 4 PI (passages inférieurs) et 7 PS (passages supérieurs)
- Variante Sud : 10.5 km avec 7 PI et 5 PS
- Variante ASP (aménagement sur place) : 10.2 km avec 3 PI, 7 PS et une trémie



La seconde section existante, à 2 x 1 voies, de 6,1 km, est située dans la continuité des trois variantes précédemment exposées et correspond à la déviation de Plouguernevel. Il s'agit de procéder à son doublement.

4.2. Entrants fournis pour l'étude

Estimation des trafics sur trois horizons (2016, 2025 et 2035)

Hypothèses de vitesse de circulation des usagers : **110 km/h**

Hypothèses générales de terrassements :

- Matériaux réutilisables ou non : **Oui à 80%** / Equilibre du mouvement de terre : **Oui**
- Couche de forme en matériaux du site ou granulaire : **Granulaire**
- Classe d'arase, couple Arase/plateforme : **PST3/AR2, plate-forme PF2**
- Remblai traités : **60 % du volume total de remblai en matériau du site sur variantes Nord, Sud et ASP**. Les quantités de liant pour les terrassements correspondent à 3 % de traitement.
- Couche de forme en matériaux granulaires d'apport : 160 000 m³ / Pas d'emprunt identifié

Les métrés de terrassements (section courante, échangeurs et rétablissements) Hypothèses de chaussées : structure Française Chaussées : **TC5 30, fiche 3 (EME2)**

4.3. Résultats pour la phase exploitation

Les émissions de gaz à effet de serre (GES), ainsi que la consommation énergétique (J), induites par le trafic routier sur la période d'exploitation (2015-2035) sont présentées ci-après pour chacune des variantes envisagées (cf. Figure 8).

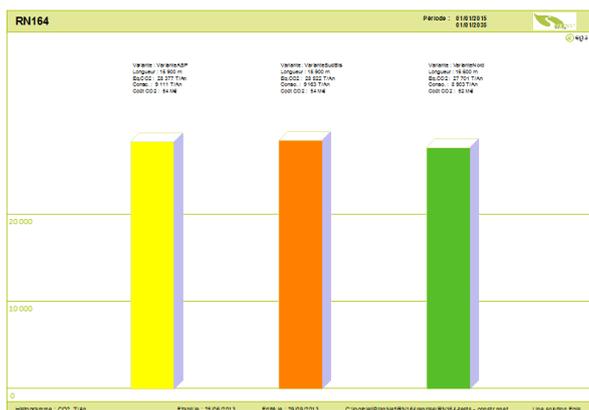


Fig 8 : représentation GES partie exploitation sur trois variantes

4.4. Résultats pour la phase construction

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par la construction sont présentées ci-après (cf. Figure 9).

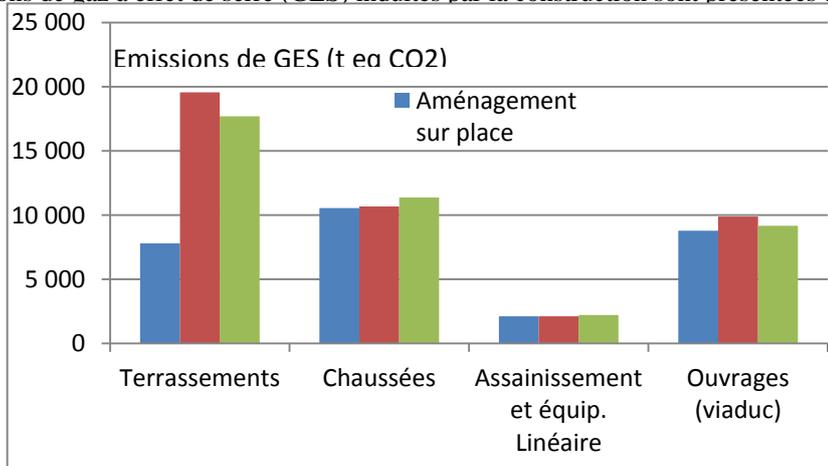


Fig 9 : représentation histogramme par famille de travaux



4.5. Analyse des résultats

Tab 1 : comparaison des GES par variante

	Aménagement sur place (ASP)	Variante Sud	Variante Nord
Emission de GES sur la période d'exploitation (21 ans) (en t eq CO2)	689 612	696 166	664 962
Emissions de GES dues à la construction (en t eq CO2)	29 234	42 234	40 443
Emissions totales de GES (exploitation + construction)	718 846	738 400	705 405
Emissions phase construction / phase exploitation (sur 21 ans d'exploitation)	4.2%	6.1%	6.0%

Au regard de l'indicateur GES, les variantes Nord et ASP (aménagement sur place) sont, en phases construction et exploitation cumulées, les plus favorables.

La variante Sud se révèle finalement être la moins favorable sur le cycle construction-exploitation.

5. Références

Les principales références de l'éco-comparateur de variantes routières pour la phase exploitation ou (et) construction figurent en Tab 2 et Tab 3.

Tab 2 : principales références en phase exploitation

Projet et linéaire	Année	Utilisation
Autoroute A304 réalisation du prolongement de l'A34 vers la Belgique (32km)	2010	Avant projet autoroutier
RD642 liaison A25 vers Hazebrouck (14 km)	2011	Projet
Autoroute Morine Merdare (Kosovo-54 km)	2011	Post
Nouvelle route du Littoral (12 km)	2012	Projet
RD30 (4,2 km)	2012	Test-Idrriim
Déviation de Troissereux (9 km)	2013	offre
RN164 (16 km)	2013	APA
Qatar – Doha expressways	2013	APA

Tab 3 : principales références en phase construction

Projet et linéaire	Année	Utilisation
A89 (30 km)	2013	Test
Rn164 16km)	2013	Projet yc exploitation
Brazaville Congo	2013	Test
Qatar – Doha expressways P16 (30 km)	2013	Projet
Maurice (section neuve Tunnel-viaduc 4,4 km)	2013	Test
Maurice (section Elargissement 4 km)		
Maurice (réhabilitation 2km)	2013	Test
	2013	Test



6. Conclusion

Avec l'éco-comparateur de variantes routières, développé dans le cadre d'un projet de recherche interne, Egis participe aux objectifs du Grenelle de l'environnement avec la volonté de participer à un renouveau dans la manière de conduire les projets d'infrastructures pour en faire de véritables projets de développement durable et d'aménagement du territoire, respectueux de l'environnement et des enjeux économiques et sociaux.

Egis met ainsi à disposition de ses clients un éco comparateur global labélisé qui intègre les phases exploitation et construction et qui leur permet de prendre en compte concrètement le développement durable dans le cadre de leurs projets. Les deux indicateurs retenus sont les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie.

Acknowledgements

Nous remercions tout particulièrement Dominique Gautier, Céline Gesippe, Lionel Fabre, et Brigitte Roncolato, EGIS.

Références

- [1] Emissions routières de polluants atmosphériques. Courbes et facteurs d'influence – Setra Note Economie Environnement Conception n°92, novembre 2009
- [2] Monétarisation des externalités environnementales – Setra, Rapport d'études mai 2010
- [3] RGRA N°109, may 2012Revue Générale des Routes et de l' Aménagement « Variways, l'éco-comparateur de variantes routières » (E.Locquet - M.Lattuati)
- [4] ERR European roads review N°20 ° 20"Variways, eco-comparator for roads variants" (E.Locquet - M.Lattuati)
- [5] Labelisation par l'IDRRIM 23 septembre 2013 <http://www.idrrim.com/actualites-presse/2013-07-11,1709.htm>