

ECO-
COMPARATEUR

VARIWAYS®

VARIWAYS® v2.1 (Module Construction)



L'éco-comparateur de variantes de tracés routiers, VARIWAYS® v2.1, permet la comparaison environnementale de tracés dans le cadre des études de conception d'une infrastructure routière, sur les phases exploitation et construction de l'infrastructure. C'est ce dernier module de VARIWAYS qui fait l'objet du présent avis, dans la mesure où le volet exploitation développé initialement, ayant fait l'objet de l'Avis Technique éco-comparateur de l'IDRRIM N° 159, est identique dans cette version.

L'unité fonctionnelle de ce module de VARIWAYS® v2.1 correspond à la phase construction de l'infrastructure routière. VARIWAYS® prend en compte les spécificités du projet (caractéristiques des équipements, nature des ouvrages d'art, structure de la chaussée, équipements linéaires, viaducs, tunnels et assainissement), ainsi que, en fonction des données disponibles, les estimations quantitatives du projet (mètres, volumes de matériaux, etc). Il permet ainsi de calculer les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES - exprimées en t éq CO₂) résultant de la phase travaux des différents ouvrages suivant les paramètres fixés par l'utilisateur, en intégrant la géométrie du projet.

Sur toutes ces phases et sur plusieurs natures d'ouvrages, les émissions liées à l'extraction des constituants, leurs transports, ainsi que la fabrication et la mise en oeuvre des matériaux sont prises en compte. L'entretien des ouvrages n'est pas pris en compte.

Les hypothèses retenues, ainsi que les résultats, sont fournis par variante, sous forme de tableaux et de graphes.

EGIS, concepteur de ce logiciel, en est le seul utilisateur. Il propose son utilisation sous forme de prestation. Son emploi est adapté à toute entité (Maitrise d'Ouvrage et entreprise) souhaitant optimiser un projet d'infrastructure routière.

Les principaux paramètres de tracés, les géométries, les structures et natures d'ouvrages (terrassements, chaussées, OA courants, tunnels, équipements linéaires et assainissements) sont intégrés dans l'outil. Le logiciel a été utilisé pour l'élaboration de plusieurs projets en France et à l'international.

Sommaire

| | |
|-----|---------------------------------------|
| p2 | Présentation de l'outil par l'éditeur |
| p5 | Procédure d'examen |
| p6 | Instruction |
| p11 | Avis du comité |
| p12 | Annexes |

1 PRÉSENTATION DE L'OUTIL PAR L'ÉDITEUR

A. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'OUTIL

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® est un logiciel d'aide à la conception et à la décision. Il permet une analyse comparative de différentes variantes routières afin de proposer une conception optimisée des tracés au regard de deux indicateurs :

- Pour la phase « construction », objet du présent avis : les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par les principaux postes de travaux d'une infrastructure routière (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement).
- Pour la phase « exploitation » (cf. AT N°159) : la consommation énergétique (MJ) et les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par le trafic routier (voyageurs et fret) sur la durée de référence de l'infrastructure.

VARIWAYS® permet 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.

VARIWAYS® permet ainsi aux maîtres d'ouvrage de se positionner, dès la phase amont, sur leur choix de tracés en contribuant à l'engagement de l'Union européenne de réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 par rapport aux niveaux de 1990.

Il est admis par la profession que :

- environ 20% des émissions de GES résultent de la phase « construction » notamment à travers de la fabrication des matériaux,
- environ 80% des émissions de GES résultent de la phase « exploitation », au travers des émissions des véhicules (sur une période moyenne de vingt ans).

Appréhender l'impact de la phase « construction », dès la phase de conception, constitue donc un levier important et une opportunité pour les maîtres d'ouvrage soucieux des impacts environnementaux de leurs projets, compte-tenu du spectre des natures de travaux proposés. Il en était déjà ainsi pour la phase « exploitation » qui permet aux maîtres d'ouvrage d'identifier les leviers les plus impactant en termes d'émission de GES sur les variantes de tracé intégrant les paramètres du projet (vitesse, trafic) une fois mis en service.

B. PERIMETRE D'APPLICATION

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

Lors des études, l'outil permet de quantifier les émissions de gaz à effet de serre résultant des principaux postes travaux d'une infrastructure routière (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement) en fonction des paramètres du projet (métrés et/ou principales caractéristiques).

C. UTILISATEURS CIBLES

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® 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 » pour le module exploitation uniquement).

D. BASE DE DONNÉES ET GESTION

Pour la phase de construction, l'éco-comparateur utilise les facteurs d'émissions unitaires liés à la fabrication des matériaux, leur transport et leur mise en œuvre, issus des bases de données de référence disponibles. Il s'agit notamment :

- des facteurs d'émissions unitaires de la méthode Bilan Carbone™ de l'ADEME/ABC,
- des facteurs d'émissions unitaires de l'AIE (énergie),
- des facteurs d'émissions unitaires de l'Inventory of Carbon and Energy (ICE) ou de EcoInvent (fabrication des matériaux et mise en oeuvre),
- de données constructeur (consommation des engins).

Les bases de données sont mises à jour par l'administrateur EGIS pour la prise en compte des mises à jour de la base COPERT (concernant le module exploitation uniquement) et de toutes autres bases de données de référence utilisées dans l'outil.

E. DOMAINES D'UTILISATION VISES

VARIWAYS® permet, dès la phase de conception, de sensibiliser et d'impliquer les maîtres d'ouvrages dans une démarche environnementale au regard des indicateurs « émissions de gaz à effet de serre » (et « consommation énergétique » pour le module exploitation uniquement) et d'enrichir ainsi la démarche de conception / construction dans une approche globale et durable.

F. PERIMETRE DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) permet d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre résultant de la fabrication des matériaux, de leur transport et de leur mise en œuvre sur les principaux postes travaux d'une infrastructure routière (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement).

Le périmètre de l'analyse environnementale correspond donc à la phase « construction », hors la surveillance et la maintenance de l'infrastructure. La phase de fin de vie de l'infrastructure (démolition, réhabilitation) n'est pas prise en compte.

G. LES INDICATEURS

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) propose la comparaison des différentes variantes de tracé selon un indicateur : les émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des principaux postes de la phase de construction d'une infrastructure routière (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement).

L'indicateur « émissions de gaz à effet de serre », exprimé en t eq CO₂, permet de rendre compte de l'impact potentiel sur le changement climatique.

H. PRINCIPE DE CALCUL

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) calcule les émissions de gaz à effet de serre résultant de la fabrication des matériaux, de leur transport et de leur mise en œuvre sur les principaux postes travaux (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement) à partir de bases de données de référence disponibles en fonction des principales caractéristiques du projet et de ses métrés.

VARIWAYS® peut ainsi réaliser aisément des comparaisons de variantes au regard de l'indicateur sus-cité en fonction, par exemple, des choix de tracé, des caractéristiques de terrassements, de la nature des ouvrages d'art, du type de structure de chaussée, etc.

I. DONNEES A RENSEIGNER PAR L'UTILISATEUR

Les principaux entrants de l'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) sont pour la phase « construction », en fonction des données disponibles :

- Les caractéristiques générales du projet sous forme d'une quinzaine d'indicateurs à renseigner : linéaire, type d'infrastructure (autoroute, RN, RD), type de travaux (neuf, réhabilitation, élargissement), environnement (rural, urbain), nature des sols, type de chaussée, nature des ouvrages d'art, des tunnels ;
- Les métrés propres au projet (volumes de matériaux) en fonction des natures de travaux connues.

Les caractéristiques générales du projet permettent un pré calcul des émissions de gaz à effet de serre. L'utilisateur peut ensuite affiner l'évaluation avec les métrés spécifiques au projet.

Les distances de transport sont modifiables par l'administrateur.

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.

J. TYPE DE RESULTATS OBTENUS ET PRESENTATIONS

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) propose différents sortants (tableaux, graphiques, histogrammes, etc.) afin de répondre aux différents besoins de l'utilisateur :

- des tableaux par variante et par tronçon qui permettent de disposer, en un seul visuel, des différentes variantes, et de les comparer au regard de l'indicateur carbone et énergie ;
- des graphiques qui présentent les indicateurs par phase et par poste émetteur en les associant, par un jeu de couleurs, à chaque variante étudiée et par nature de travaux.

K. MISE À DISPOSITION

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) est utilisé par la société EGIS dans le cadre de missions de maîtrise d'œuvre ou d'études.

2 PROCEDURE D'EXAMEN

Cet avis technique «Eco-comparateur», limité aux domaines des infrastructures de transports routiers, est instruit par un Groupe Spécialisé (GS) mandaté par l'IDRRIM (Institut Des Routes, des Rues et Infrastructures pour la Mobilité). La procédure d'instruction de la demande d'avis est la suivante :

1/ Les caractéristiques et fonctionnalités de l'outil décrites par l'éditeur ont fait l'objet d'une vérification par le GS suivant une grille d'analyse, jointe en annexe du présent Avis

2/ L'éco-comparateur a été examiné au regard du référentiel d'analyse proposé par la commission infrastructure de l'Observatoire Energie – Environnement des Transports (OEET). L'éditeur propose une réponse aux 46 points détaillés dans ce référentiel, qui a été examinée par un expert indépendant, membre de l'Observatoire Energie – Environnement des Transports et extérieur au Groupe Spécialisé Eco-comparateur.

3/ L'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) a fait l'objet de présentations par la société EGIS en séance du GS. Lors de ces séances, il a été présenté un projet qui a fait l'objet d'une démonstration et d'un calcul par la société EGIS. Les résultats de ce projet ont fait l'objet d'une analyse par le GS et d'une expertise extérieure concernant les tunnels et ouvrages d'art.

3 INSTRUCTION

A. EXAMEN DE LA GRILLE IDRRIM

a. Périmètre d'application :

Le périmètre de l'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® v2.1 (module construction) couvre principalement la phase conception (ex-ante : amont / réalisation d'études). En outre, il est possible de fournir un bilan d'exécution (ex-post) sur la base de facteurs d'émission unitaires et de quantités réelles. VARIWAYS® v2.1 (Module Construction) permet de réaliser des comparaisons de variantes de tracés routier au regard des émissions de GES (exprimées en t éq CO₂). Ces tracés peuvent inclure en particulier des tunnels et des ouvrages d'art (courants et/ou non-courants).

La comparaison se fait en intégrant les différentes natures de travaux :

- Terrassements (généraux)
- Chaussées (normes françaises et AASHTO)
- Equipements linéaires (de la route)
- Assainissements
- Tunnels et viaducs (OA non-courants)
- Ouvrages d'art (OA courants et murs)

b. Utilisateurs cibles :

L'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) est utilisé par la société EGIS pour le compte de divers Maîtres d'Ouvrage et/ou entreprises soucieux d'intégrer les impacts environnementaux dès la phase de conception et d'optimiser leurs projets d'infrastructures au regard de l'indicateur « émissions de gaz à effet de serre ». Il est utilisé en France et à l'International dans le cadre de missions de maîtrise d'œuvre ou d'études.

c. Base de données et gestion

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® v2.1 (module construction) est associé à plusieurs bases de données de facteurs d'émission unitaires (issus des bases constructeurs et des bases bibliographiques de référence).

Il s'agit notamment :

- des facteurs d'émission unitaires de la méthode Bilan Carbone™ de l'ADEME/ABC,
- des facteurs d'émission unitaires de l'AIE (énergie),
- des facteurs d'émission unitaires de l'Inventory of Carbon and Energy (ICE) ou d'EcolInvent (fabrication des matériaux et mise en oeuvre),
- de données constructeur pour la consommation des engins.⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ La base de données matériel utilisée actuellement est celle du constructeur Caterpillar. Ces données sont susceptibles d'évoluer avec l'actualité (publication d'autres données)

d. Domaines d'utilisation visés :

L'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) permet, dès la phase conception du projet d'infrastructure routière, la réalisation de bilans environnementaux selon un indicateur ciblé : les émissions de gaz à effet de serre, et ce dans le but de sensibiliser et d'impliquer les maîtres d'ouvrages dans une démarche environnementale.

e. Périmètre de l'analyse environnementale :

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® (module construction) permet d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre résultant de la fabrication des matériaux, de leur transport et de leur mise en œuvre sur les principaux postes travaux d'une infrastructure routière (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement).

Le périmètre de l'analyse environnementale correspond donc à la phase construction, hors la surveillance et la maintenance de l'infrastructure (l'entretien n'est pas pris en compte). La phase de fin de vie de l'infrastructure (démolition, réhabilitation) n'est pas prise en compte.

f. Indicateurs disponibles :

L'indicateur environnemental retenu pour les comparaisons de variantes dans l'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) est l'indicateur des émissions de GES exprimé en t eq CO₂ qui permet de rendre compte de l'impact potentiel sur le changement climatique.

g. Principe de calcul :

Le calcul des émissions de GES se fait, pour la phase de construction, en fonction des facteurs d'émission unitaires liés à la fabrication des matériaux, leur transport et leur mise en œuvre sur les principaux postes travaux (terrassements, chaussées, équipements linéaires, ouvrages d'art, tunnels et assainissement) à partir de bases de données de référence disponibles en fonction des principales caractéristiques du projet et de ses métrés.

A titre d'exemple,

- Terrassement : prise en compte du transport des matériaux (déblai/remblai) sur des distances moyennes calculées à partir de la typologie de projet ou saisies par l'utilisateur, du traitement au liant hydraulique (fabrication en usine et sur une base forfaitaire pour l'acheminement sur le chantier) ;
- Tunnels : prise en compte de la construction des tubes (fabrication du béton, extraction des matériaux, mise en œuvre), des éventuelles usines de ventilation, des têtes de tunnel ;
- Équipements linéaires :
 - o Signalisation : prise en compte en fonction du type de route, du nombre de voie et de l'environnement (urbain ou rase campagne),
 - o Glissières : prise en compte en fonction de la typologie de projet et choix de la nature des matériaux constitutifs (métallique/béton/mixte) ;

- Ouvrages d'arts : prise en compte de la construction pour des OA types (mixte acier/béton, béton armé ou précontraint ou acier) en fonction des caractéristiques du projet et du contexte environnemental (montagneux, urbain...).

VARIWAYS® (module construction) peut ainsi réaliser aisément des comparaisons de variantes au regard de l'indicateur GES en fonction, par exemple, des choix de tracé, de profil en long, des caractéristiques de terrassements, de la nature des ouvrages d'art, du type de structure de chaussée (normes françaises et AASHTO). En fonction de la nature des travaux, le tracé peut être découpé en tronçon.

Le calcul des émissions de GES pour la partie matériel de la phase construction est issu des bases constructeurs ⁽¹⁾ et des bases bibliographiques de référence citées précédemment.

h. Procédure, données à fournir par l'utilisateur :

Le logiciel propose par défaut des quantités de matériaux en fonction d'une description générale de l'outil. Il est possible de modifier ces quantités de matériaux et leur facteur d'émission unitaire en fonction de la connaissance des natures de travaux et de l'affinage du choix des matériaux.

Les principaux entrants de l'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® v2.1 (module construction) sont déclinés suivant une quinzaine de paramètres :

- le type de projet (ex : élargissement de chaussée par l'extérieur ou par l'intérieur, construction de projet neuf, ou projet de réhabilitation (renforcement)...),
- la typologie de voie (autoroute, route principale, route départementale),
- l'environnement (rural, urbain), la nature des sols
- les natures de structures et des classes de trafic
- les volumes de terrassements

Les caractéristiques générales du projet permettent un pré-calcul des émissions de gaz à effet de serre. L'utilisateur peut ensuite affiner l'évaluation avec les métrés spécifiques au projet. Les distances de transports sont éventuellement modifiables par l'administrateur (distances proposées par défaut mais modifiable par l'utilisateur).

Pour les projets intégrant des OA courants et des tunnels, le logiciel propose un pré-calcul de quantités de matériaux usuels selon 3 types d'OA courants (mixte (béton/acier), béton armé, béton précontraint) et 3 types de tunnel (tranchée couverte, voute, tunnelier).

Pour les projets intégrant des OA « non courants », le logiciel prend en compte les quantités de béton et d'acier.

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.

i. Présentation des résultats :

L'éco-comparateur de variantes routières VARIWAYS® v2.1 (module construction) propose différents sortants (tableaux, graphiques, extraits en plan, etc.) afin de les comparer au regard de l'indicateur des émissions de GES (t éq CO₂) et de répondre aux différents besoins de l'utilisateur :

- des tableaux par variante et par tronçon qui permettent de disposer, en un seul visuel, des différentes variantes, et de les comparer au regard de l'indicateur GES,

⁽¹⁾ La base de données matériel utilisée actuellement est celle du constructeur Caterpillar. Ces données sont susceptibles d'évoluer avec l'actualité (publication d'autres données)

- des graphiques qui présentent l'indicateur GES par poste émetteur en les associant, par un jeu de couleurs, à chaque variante étudiée et par nature de travaux.

Il est aussi possible de représenter les résultats de VARIWAYS® v2.1 (module exploitation) afin de mettre en évidence la part construction au regard de la phase exploitation du projet, et ce pour chaque variante.

j. Mise à disposition

L'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) est utilisé exclusivement par la société EGIS.

k. Appréciation générale de la facilité d'appropriation :

Sans objet. L'éco-comparateur VARIWAYS® v2.1 (module construction) étant utilisé exclusivement par la société EGIS.

B. SYNTHÈSE DE L'EXAMEN DE LA GRILLE OEET

Les éléments présentés ici sont partiels car limités tant par le champ de l'évaluation relatif à la méthodologie OEET V1, que par les réponses fournies, souvent incomplètes, car s'insérant dans une démarche d'avis technique plus large. Ils ne peuvent donc pas à eux seuls constituer un jugement exhaustif quant à la qualité des outils présentés.

Les éléments de réponse aux différents critères de la méthodologie réalisée par la commission infrastructure de l'OEET situent l'outil VARIWAYS® v2.1 sur un double champ d'évaluation :

- 1/ Construction d'une infrastructure routière, entrant dans le cadre de la méthodologie de référence OEET,
- 2/ Exploitation d'une infrastructure routière (trafic voyageurs et marchandises), hors cadre de la méthodologie de référence OEET.

Concernant le premier champ d'évaluation, les éléments de réponse aux différents critères de la grille d'évaluation OEET permettent d'établir les éléments de synthèse suivants :

- L'outil VARIWAYS® v2.1 permet de réaliser une évaluation environnementale tronquée⁽²⁾ d'infrastructures routières sur les seules étapes de production, transport et mise en œuvre des matériaux,
- L'outil évalue à partir des entrées utilisateur les différents éléments constitutifs d'une infrastructure routière, y compris, de manière simplifiée, tunnels, ouvrages d'art et équipements,
- L'outil évalue une seule catégorie d'impact, le changement climatique,
- L'outil utilise par défaut plusieurs bases de données publiques généralistes, ce qui doit attirer la vigilance sur la compatibilité des données. Ces bases de données peuvent être modifiées selon le contexte local,
- L'outil n'a pas fait l'objet de revue critique, et s'appuie sur des tests réalisés en interne, et dans le cadre du présent avis.

⁽²⁾ L'évaluation environnementale est dite « tronquée » car ne prenant uniquement en compte les premières étapes de l'Analyse de Cycle de Vie au sens de la norme NF EN 15 804 (A1-A3 Etape de PRODUCTION & A4-A5 Etape du PROCESSUS DE CONSTRUCTION), les étapes B1-B7 UTILISATION et C1-C4 FIN DE VIE n'étant pas prises en compte.

Dédié à l'origine à l'étude de l'usage des infrastructures routières pour les voyageurs et les marchandises, l'outil VARIWAYS® v2.1 permet désormais une évaluation environnementale, au stade des études, et de la réalisation d'une infrastructure routière au travers des phases de production, transport et mise en œuvre des matériaux. L'outil considère les éléments linéaires et ponctuels constitutifs d'un projet d'infrastructures.

Au travers de son double champ d'évaluation, l'outil VARIWAYS® v2.1 est destiné à répondre aux attentes d'un utilisateur souhaitant réaliser ou optimiser un choix de tracé dans le cadre d'un projet routier en phase amont. Il constitue un outil d'évaluation global, dont ses caractéristiques l'orientent vers la quantification des émissions de GES au stade des études et de la réalisation. L'évaluation simplifiée des tunnels et ouvrages d'art ne permet pas une utilisation adaptée en phase projet.

C. SYNTHÈSE DES CALCULS

Dans le but d'évaluer cet outil, une étude de cas a été réalisée par la société EGIS en présence des membres du GS. Elle a permis d'évaluer les GES liées à la réalisation d'un projet d'infrastructure routière interurbain, comprenant un ouvrage d'art et un tunnel.

Le GS a vérifié les éléments suivants :

- Vérification par des experts extérieurs des éléments dimensionnant et des résultats pour les ouvrages d'art courant et les tunnels.
- Vérification des éléments dimensionnant et des résultats du reste de la phase construction, chaussée et terrassement notamment, à l'aide de l'éco-comparateur SEVE.

Les résultats sont les suivants :

- Les résultats constatés avec les deux études (VARIWAYS et SEVE) sur la partie chaussée sont cohérents entre eux.
- L'ordre de grandeur des résultats a été confirmé par l'expert extérieur pour les ouvrages courants.
- L'ordre de grandeur des résultats a été confirmé par l'expert extérieur pour les ouvrages non courants.

VARIWAYS® v2.1 n'a pas pour objet de comparer finement des ouvrages spécifiques entre eux mais, de manière plus globale, dans le cadre de choix de tracés intégrant différentes typologie de nature de travaux.

4 AVIS DU COMITÉ

Le logiciel VARIWAYS® v2.1 (module construction) est un éco-comparateur dédié à la comparaison environnementale de variantes de tracés d'infrastructures, dans le cadre d'étude de conception de projets (ex-ante).

Il permet le calcul des émissions de GES (exprimées en t eq CO₂) induites par la phase de construction des ouvrages (extraction de matériaux/ transport/ fabrication et mise en œuvre) suivant des paramètres (caractéristiques du projet, métrés) par défaut et/ou fixés par l'utilisateur.

Il permet d'établir ou d'optimiser les caractéristiques géométriques, structurelles, le choix de tracés et d'ouvrages dans le cadre d'un projet d'infrastructure routière en calculant les émissions de GES générées par les phases de construction de cette infrastructure.

Les résultats constatés avec les deux études portant sur les travaux de chaussées et de terrassements (VARIWAYS vs. SEVE) sont cohérents entre eux. Les ordres de grandeurs des études de cas avec des OA et des tunnels ont été également validés par des experts extérieurs. Rappelons que l'analyse des résultats s'intègre de manière plus globale dans les choix de tracé.

VARIWAYS® v2.1 (Module Construction) contribue à atteindre les engagements en terme de réduction des émissions de GES, pris par les partenaires lors de la signature, le 25 Mars 2009, de la Convention d'Engagement Volontaire (CEV) des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voiries et espaces publics urbains.

L'utilisation de cet éco-comparateur est exclusivement réservée à la société EGIS qui propose son utilisation dans le cadre de missions de maîtrise d'œuvre ou d'études.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que VARIWAYS® v2.1 est un éco-comparateur de variantes routières et qu'il n'a pas pour objet de dimensionner les ouvrages proposés. Ainsi, le logiciel n'a pas vocation à étudier un ouvrage complexe (tunnel ou ouvrage non courant) de manière isolée.

Néanmoins, il permet de prendre en compte la majeure partie des émissions de GES de la phase construction d'un projet routier en intégrant toutes ses composantes (chaussée, terrassement, tunnel, OA, équipements linéaires, etc).

L'éditeur a été informé qu'il se devait lors de la transmission des résultats de bien rappeler le périmètre de l'étude, les hypothèses, les entrants et les limites de l'outil.

5 ANNEXES

A. RÉFÉRENCES PRÉSENTÉES PAR L'ÉDITEUR À LA PUBLICATION DE L'AVIS

Principales références VARIWAYS® v2.1 (Module Construction)

| Projet | Pays | Linéaire | Année | Utilisation |
|-------------------------------|---------|----------|-------|------------------------|
| A89 | France | 30 km | 2013 | Test |
| RN 164 | France | 16 km | 2013 | Projet yc exploitation |
| Brazzaville | Congo | 4,5 km | 2013 | Test |
| Doha expresseways P16 (30 km) | Qatar | 30 km | 2013 | Projet |
| Section neuve Tunnel - Viaduc | Maurice | 4,4 km | 2013 | Test |
| Section Elargissement | Maurice | 4 km | 2013 | Test |
| Réhabilitation | Maurice | 2 km | 2013 | Test |
| A45 | France | 45 km | 2014 | Offre |
| RN154 - RN12 | France | 100 km | 2015 | Etudes préliminaires |
| A 355 | France | 30 km | 2015 | Offre |

B. TABLEAU IDRRIM

| Généralités : | |
|-------------------|---|
| Nom du logiciel | VARIWAYS® (Module Constrution) |
| Concepteur | EGIS |
| Date de lancement | 2012 |
| Version Examinée | Version V 2.1 (Module construction). Le volet exploitation ne fait pas l'objet de l'analyse par le biais de cette grille. Il a fait l'objet d'une analyse dans l'avis technique 159. |
| Origine du projet | La V1.1 incluait un module exploitation sans prise en compte du module construction. EGIS a souhaité développer un module construction afin de pouvoir réaliser une étude environnementale plus représentative du cycle de vie. |

| | |
|--|--|
| Objectifs | Outil développé pour des études destinées aux MOA / MOE dans le cadre du Grenelle de l'environnement dans le but de réduire les GES lors de la phase construction de l'infrastructure. La phase exploitation étant prise en compte dans le précédent avis. |
| Périmètres d'application et d'analyse : | |
| Phase(s) du projet routier | Phase conception (amont) ainsi que la phase de réalisation des études. |
| Utilisateurs cibles | EGIS pour le compte de MOA diverses |
| Domaine(s) visé(s) | Principaux paramètres de tracés, géométries (plan et profil en long...), structures et natures d'ouvrages (terrassements, chaussées, OA, tunnels, équipements et assainissements) |
| Périmètre d'analyse | L'unité fonctionnelle de VARIWAYS® correspond à l'infrastructure routière pour la phase construction de l'infrastructure de transport. VARIWAYS® évalue les émissions de GES issues des phases de constructions, en intégrant la géométrie du projet. Sur toutes ces phases et sur plusieurs natures d'ouvrages, les émissions liées à l'extraction des constituants, les transports, la fabrication et la mise en œuvre des matériaux sont prises en compte. |
| Temps de réalisation d'une étude | En fonction de la complexité du projet, du nombre de variantes et des paramètres d'entrée. |
| Indicateurs disponibles : | |
| Emissions de GES (CO2 équivalent) | Oui |
| Consommation énergétique (MJ) | Non |
| Consommation de granulats | Non |
| Valorisation d'agrégats d'enrobés | Non |
| Acidification | Non |
| Toxicité chronique | Non |
| Consommation d'eau | Non |
| Ecotoxicité | Non |
| Eutrophisation | Non |
| Consommation de matériaux | Non |
| Ozone photochimique | Non |
| Ajout de nouveaux indicateurs | Non |

| Les calculs : | |
|---|---|
| Principes du calcul | <p>Pour la phase de construction, l'éco-comparateur utilise les facteurs d'émissions unitaires liés à la fabrication des matériaux, leur transport et leur mise en œuvre, issus des bases constructeurs et des bases bibliographiques de référence. Il s'agit notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - des facteurs d'émission unitaires de la méthode Bilan Carbone™ de l'ADEME/ABC, - des facteurs d'émissions unitaires de l'AIE (énergie), - des facteurs d'émissions unitaires de l'Inventory of Carbon and Energy (ICE) ou d'EcoInvent (fabrication des matériaux et mise en œuvre), - de données constructeur (consommation des engins). <p>Ces bases de données sont régulièrement mises à jour par l'administrateur.</p> |
| Données nécessaires | <p>L'utilisateur a la possibilité de choisir le type de projet (ex : élargissement de chaussée ou projet neuf ; réhabilitation...), une typologie de voie (autoroute, route principale, route départementale), une nature de structure et des classes de trafic. Le logiciel propose par défaut des facteurs d'émissions unitaires, des distances de transport et pré-calcule des quantités de matériaux qu'il est possible de changer.</p> |
| Intégration des données spécifiques aux entreprises en complément de la base de données générale | <p>Oui (basées sur des données constructeurs qu'il est possible de changer)</p> |
| Phases du cycle de vie de l'ouvrage prises en compte : | |
| Durée de vie de l'ouvrage | Non |
| Entretien | Oui (possible pour la partie chaussée) |
| Production, extraction matière première | Oui |
| Transport amont | Oui |
| Centrales de fabrication | Oui |
| Transport et mise en œuvre | Oui |
| Valorisation de l'ouvrage en fin de vie | Non |
| Exploitation (trafic) | Objet de l'avis 159 |

| Agrément & facilité d'utilisation : | |
|--|---|
| Interface informatique de l'outil | Oui |
| Nécessité de maîtrise de l'environnement des travaux routiers | Oui |
| Résultats obtenus | Obtention de résultats graphiques et sous formes de tableaux conviviaux |
| Appréciation générale de l'interface Homme / Machine | Convivial |
| Gestion de la banque de données centrale des ressources : | |
| Modification ou ajout d'information | Administrateur EGIS |
| Fréquence possible de mise à jour | En fonction de mise à jour des bases de données de référence |
| Consolidation des données nouvelles | Sans objet |
| Assistance - Aide : | |
| Référent(s) ou structure Hot Line | Sans objet |
| Club utilisateur | Sans objet, utilisation exclusive EGIS |
| Données : | |
| Origine des informations de la base de données centrale commune | <ul style="list-style-type: none"> - Bilan Carbone™ de l'ADEME/ABC, - AIE (énergie), - Inventory of Carbon and Energy (ICE) - EcoInvent (fabrication des matériaux et mise en œuvre), |
| Forme de restitution des résultats | Tableau, graphique, courbe et la répartition construction/exploitation |
| Déploiement et utilisation du logiciel | EGIS pour le compte de MOA et entreprises diverses |
| Fiabilité des données | Dépendant des bases de données à disposition (sauf modification forcée par l'utilisateur) |
| Sécurité des données - confidentialité | <p>Les données ne sont pas confidentielles.</p> <p>Les données sont modifiables avec la fonction administrateur pour prendre en compte par exemple de nouvelles mises à jour de la base de données européennes ou pour une utilisation à l'étranger en fonction des données ministérielles du pays en question.</p> |
| Réalisation d'une revue critique | Non |
| Coût du produit : | |
| Achat | Sans objet |
| Licences | |
| Maintenance | |

C. ÉTUDE DE CAS

> Données d'entrée de l'étude de cas

Les données suivantes ont été fournies par l'IDRRIM.

Caractéristiques générales :

- Projet interurbain
- Linéaire : 3 km

Chaussées :

- Largeur de chaussée : 7 m
- Pas de TPC
- Accotements : 1,5 m x 2
- Structure de la chaussée : 8 cm de BBSG, 2 x 20 cm de GC3 et 35 cm de traitement de sol à 6% de LHR et 1% de chaux.

Terrassements :

- 40 000 m³ en déblais
- 20 000 m³ en remblais
- 20 000 m³ en évacuation
- Pas d'apport extérieur

Pour les postes ouvrage d'art, tunnel, assainissement et équipements, les hypothèses sont détaillées ci-dessous :

Ouvrage d'Art :

- Ouvrage mixte acier-béton à 3 travées de longueur respective 6 m, 10 m et 6 m et de largeur 9 m.
- Cet ouvrage est soutenu par 4 piles de dimension 3,5 m x 0,6 m et de 5,5 m de hauteur.

Tunnel :

- Tranchée couverte monotube de 320 m de long, avec des têtes de type « rampe d'accès », un local technique et une issue de secours.
- Pas d'usine de ventilation.

Assainissement :

- Assainissement longitudinal à 50% revêtu et 50% en terre.

Équipement :

- Type de dispositif de retenue : 3000 ml de barrière béton.
- L'éco-comparateur prend en compte les panneaux de signalisation de police et de direction.

Les distances de transports et les facteurs d'émissions unitaires sont ceux de VARIWAYS® v2.1. Ils sont détaillés ci-après.

> Variways Construction – Entrants

Les données d'entrée ont été transcrites comme suit pour être utilisables dans le logiciel.

| Désignation | Unité | Valeur/ Quantité | Commentaire |
|--|-------|---------------------|---|
| Type de route/ Profil en travers | | | |
| Type de travaux | Liste | Nouveau tracé | |
| Longueur du tracé | Mètre | 3 000 | |
| Nombre de voies | Unité | 2 | |
| Largeur de la voie | Mètre | 3,5 | |
| Largeur du terre-plein central | Mètre | 0 | |
| Type de terre-plein central | Liste | x | |
| Largeur de BAU | Mètre | 1,5 | |
| Type de BAU | Liste | Non structuré | Nous avons pris l'hypothèse que les BAU étaient revêtues mais non structurées. |
| Largeur du profil en travers existant | Mètre | 0 | |
| Terrassement | | | |
| Profil en long général | % | - 33 | 100 % = remblai uniquement, - 100% = déblai uniquement. Le pourcentage indiqué permet d'obtenir 2 fois plus de déblais que de remblais comme dans l'exemple proposé par l'IDRRIM. |
| Longueur de la route en terrain montagneux en % de la longueur du projet routier | % | 0 | |
| Longueur de la route en milieu urbain (en % de la longueur du projet routier) | % | 50 | Le chantier étant interurbain, nous avons retenu une valeur de 50%. |
| Paramètre qui reflète l'équilibre entre déblais et remblais | % | 50 | La moitié des déblais sera réutilisée en remblais, l'autre moitié sera évacuée. |
| Matériaux rocheux en % du volume de déblai | % | 0 | |
| Volume de remblai à traiter en pourcentage du volume de déblai réutilisé | % | 80 | Valeur moyenne basée sur l'expérience. Par défaut dans Variways, le traitement du remblai est le suivant : 1% de chaux pour le remblai et 6% de ciment pour le sol de fondation (PST) |

| Désignation | Unité | Valeur/ Quantité | Commentaire |
|--|-------|---------------------|---|
| Chaussées | | | |
| Structure de chaussée | Liste | MTLH | MTLH = Matériaux Traités aux Liants Hydraulique |
| Type de route | Liste | RD (VRNS) | VRNS = Voie du Réseau Non Structurant |
| Classe d'arase | Liste | AR 1 | Les structures proposées dans Variways (en norme française) sont issues du catalogue des structures types de chaussées neuves (1998). La combinaison AR/PF/Trafic présentée ci-contre permet d'obtenir la structure approchant le plus celle demandée par l'IDRRIM, à savoir 6 BBSG 0/10 + 40 GC3 sur 30 cm de CDF traitée. Par défaut dans Variways, le traitement en place de la couche de forme est le suivant : 1,8% de chaux + 4,5% de Liant Hydraulique Routier. |
| Classe de plateforme | Liste | PF 2 | |
| Trafic cumulé attendu (millions de PL) | Liste | 2,5 à 6,5 | |
| Zone où la couche de forme doit être traitée aux liants hydrauliques | % | 100 | |
| Ouvrages d'Art | | | |
| Type d'ouvrages d'Art | Liste | Mixte (acier/béton) | |
| Tunnels | | | |
| Linéaire de la section en tunnel | | 320 | |
| Nombre de tubes | | 1 | |
| Type de construction pour tunnel | Liste | Tranchée couverte | |
| Equipements de la route | | | |
| Longueur du projet éclairé | % | 0 | |
| Type de dispositif de retenue | Liste | Béton | |
| Assainissement | | | |
| Longueur de l'assainissement longitudinal existant | % | 0 | Nouveau tracé, aucun drain existant. |
| Longueur de l'assainissement transversal existant | % | 0 | Nouveau tracé, aucun drain existant. |

> Variways Construction – Résultats

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par chacun des postes de la phase construction sont présentées dans les deux tableaux ci-dessous en distinguant les matériaux, le matériel et le transport.

Sur la base des hypothèses et entrants présentés ci-dessus, la construction du projet interurbain induirait plus de 9 000 t CO₂eq, soit environ 300 kg/m².

Terrassement :

| | Unité | Quantité | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|------------------------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| Défréichissement et dés-souchement | m ² | 20 000 | | 5 260 | | 5 260 |
| Préparation du sol de fondation | m ² | 30 000 | | 3 210 | | 3 210 |
| Déblai | m ³ | 40 000 | | 11 980 | | 11 980 |
| Matériau évacué | m ³ | 20 000 | | 1 950 | 208 000 | 209 950 |
| Matériau mis en remblai | m ³ | 20 000 | | 12 960 | 20 800 | 33 760 |
| Remblai traité | m ³ | 16 000 | | 340 | | 340 |
| Sol de fondation traité | m ³ | 9 000 | | 190 | | 190 |
| Liant hydraulique | t | 1 260 | 674 100 | | 72 450 | 746 550 |
| | | | 674 100 | 35 890 | 301 250 | 1 011 240 |

Chaussées :

| | Superficie m ² | Structure | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|-------------|------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| CDF traitée | 31 500 | 30 cm CDF traitée | 633 150 | 56 700 | 315 | 690 165 |
| Voies | 22 800 | 6 BBSG + 40 GC3 | 399 000 | 114 000 | 1 824 | 514 824 |
| Accotement | 9 600 | 6 BBSG + 40 GNT | 39 360 | 48 000 | 576 | 87 936 |
| | | | 1 071 510 | 218 700 | 2 715 | 1 292 925 |

Ouvrage d'art :

| | Unité | Quantité | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|-------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| Béton | m ³ | 265 | 85 330 | 2 080 | 6 060 | 93 470 |
| Acier | t | 38 | 109 820 | | 2 190 | 112 010 |
| | | | 195 150 | 2 080 | 8 250 | 205 480 |

Tunnel :

| | Unité | Quantité | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|-----------------------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| Béton pour tunnel | m ³ | 6 400 | 2 060 800 | 50 354 | 732 163 | 2 843 317 |
| Acier pour tunnel | t | 768 | 2 219 520 | | 49 916 | 2 269 436 |
| Béton pour têtes | m ³ | 800 | 257 600 | 6 294 | 91 520 | 355 415 |
| Acier pour têtes | t | 96 | 277 440 | | 6 239 | 283 679 |
| Béton pour ouvrages sous-terrains | m ³ | 190 | 61 180 | 1 495 | 21 736 | 84 411 |
| Acier pour ouvrages sous-terrains | t | 12,35 | 35 660 | | 803 | 36 493 |
| Béton pour locaux extérieurs | m ³ | 250 | 80 500 | 1 967 | 28 600 | 111 067 |
| Acier pour locaux extérieurs | t | 20 | 57 800 | | 1 300 | 59 100 |
| Matériaux axcavés | m ³ | 32640 | | 51 220 | 135 780 | 187 000 |
| | | | 5 050 530 | 111 330 | 1 068 058 | 6 229 918 |

Equipement :

| | Unité | Quantité | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|---------------------------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| Acier pour barrières | t | 6 | 17 340 | | 350 | 17 690 |
| Béton pour barrières | m ³ | 750 | 183 750 | 4 000 | 17 160 | 204 910 |
| Longueur de barrières | ml | 3 000 | | 90 | | 90 |
| Acier pour signalisation de police | t | 0.56 | 1 630 | | 30 | 1 660 |
| Acier pour signalisation de direction | t | 1.73 | 5 000 | | 100 | 5 100 |
| Béton pour signalisation de direction | m ³ | 8.04 | 1 970 | 40 | 180 | 2 190 |
| Panneaux de direction | m ³ | 40.20 | | 570 | | 570 |
| | | | 209 690 | 4 700 | 17 820 | 232 210 |

Assainissement :

| | Unité | Quantité | Matériaux | Matériel | Transport | TOTAL |
|--------------------------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq | kgCO ₂ eq |
| Béton pour assainissement revêtu | m ³ | 810 | 198 450 | 4 320 | 18 530 | 221 300 |
| Acier pour assainissement revêtu | t | 57 | 164 730 | | 3 280 | 168 010 |
| Béton pour canalisations | m ³ | 21.12 | 9 990 | | 1 880 | 11 870 |
| Acier pour canalisations | t | 1.73 | 4 990 | | 100 | 5 090 |
| Béton pour dalots | m ³ | 16.80 | 9 500 | 90 | 380 | 9 970 |
| Acier pour dalots | t | 1.74 | 5 030 | | 100 | 5 130 |
| Assainissement longitudinal revêtu | m | 3 000 | | 430 | | 430 |
| Assainissement longitudinal en terre | m | 3 000 | | 430 | | 430 |
| Canalisations | m | 96 | | 10 | | 10 |
| Dalots | m | 96 | | 90 | | 90 |
| | | | 392 690 | 5 370 | 24 270 | 422 330 |

> Variways Construction – Sortants

Les illustrations ci-dessous donnent un aperçu des sortants proposés par l'outil.

Le listing par poste et variante (Figure 1) permet d'avoir une vue synthétique des résultats.

L'histogramme comparatif (Figure 2) permet de représenter la part de chaque poste travaux dans les émissions totales induites par la phase construction.

Lorsque plusieurs variantes entrent en jeu (Figure 3), elles sont associées à une couleur spécifique, ce qui permet de les visualiser sur un unique sortant. Lorsque l'étude est menée à la fois sur les phases construction et exploitation (Figure 4), le bas de page permet d'avoir une idée de la répartition des émissions entre ces deux phases. En effet, un carré est associé à chacune d'entre-elles avec une superficie proportionnelle aux émissions induites. Dans l'exemple ci-dessous, l'exploitation n'ayant pas été traitée, seul le « carré construction » est visible.

Figure 1 : Synthèse des émissions de GES induites par la construction, par poste et par variante

Unité : t eq. CO2

| Tronçon | Nature de travaux | Matériaux | Matériel | Transport | Totaux | % |
|--|-------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|
| Tronçon : Chantier inter-urbain | | | | | | |
| 10 | Terrassements | 673 | 36 | 301 | 1 010 | 11% |
| 10 | Chaussées | 1 072 | 219 | 3 | 1 294 | 14% |
| 10 | Assainissement | 393 | 5 | 24 | 422 | 4% |
| 10 | Ouvrages OAC | 195 | 2 | 8 | 205 | 2% |
| 10 | Ouvrages Tunnels | 5 051 | 111 | 1 068 | 6 230 | 66% |
| 10 | Equipements de la route | 210 | 5 | 18 | 233 | 2% |
| Tronçon : Totaux | | 7 594 | 378 | 1 422 | 9 394 | |
| 10 | % | 81% | 4% | 15% | | 100% |

Figure 2 : Répartition des émissions globales de GES

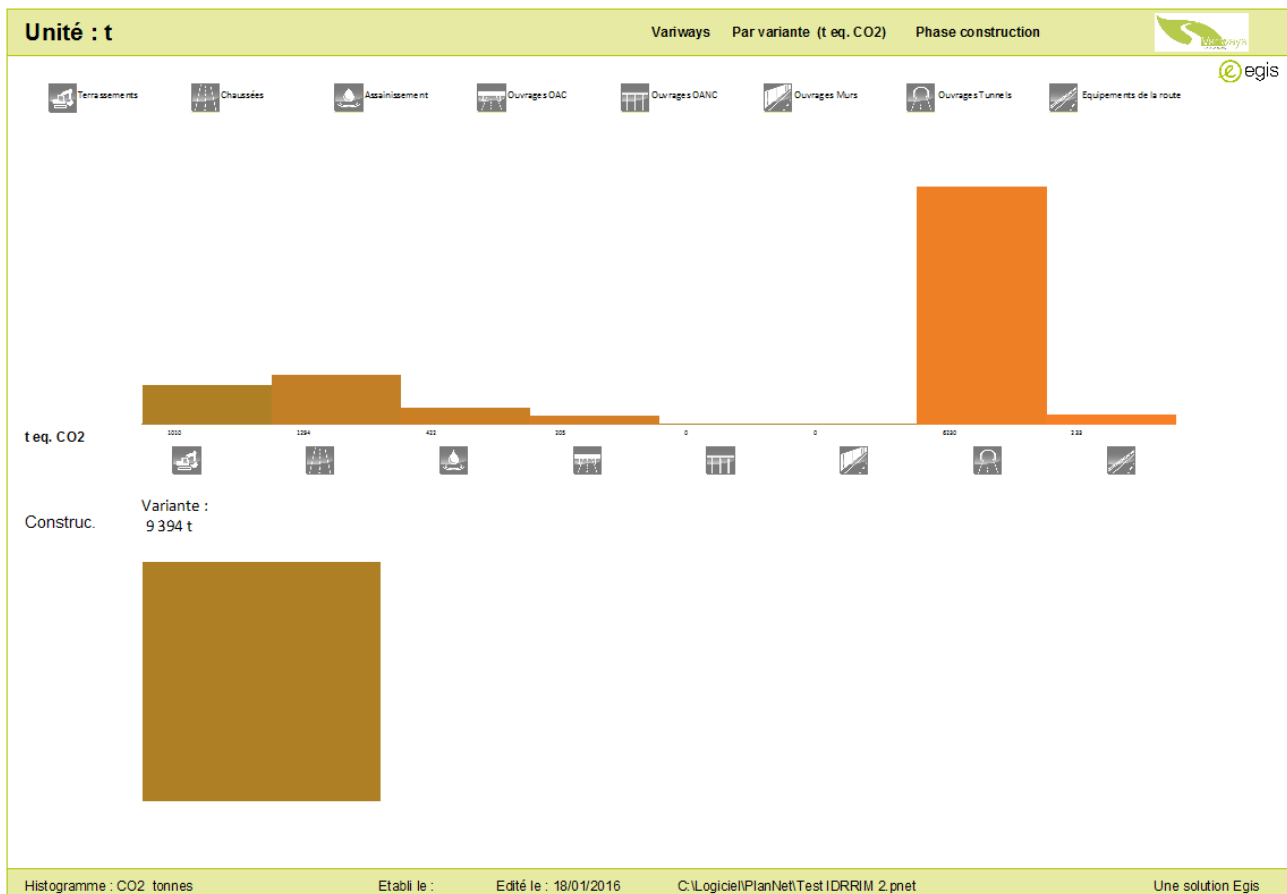


Figure 3 : Comparaison de variantes par poste de construction (projet RN 164)



Figure 4 : Comparaison de variantes en intégrant les phases construction et exploitation (projet RN 164)



Document réalisé par l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

IDRRIM – 9, rue de Berri 75008 PARIS

Téléphone : 01.44.13.32.87 – Télécopie : 01.42.25.89.99

E-mail : idrrim@idrrim.com

Disponible en téléchargement sur www.idrrim.com

Référence du document : AT163 - 0216

Avertissement : Le présent avis est destiné à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.

Cet avis technique a été préparé par le Groupe Spécialisé ECO-COMPARATEUR du Comité opérationnel Avis de l'IDRRIM.

NB : le GS Eco-comparateur attire l'attention du lecteur sur le fait que la société EGIS a fait évoluer en 2013 le logiciel VARIWAYS® v2.1 (Module Construction) (la version 1.1 ayant fait l'objet de l'Avis N° 159 relatif au module Exploitation). Le présent avis ne porte que sur le module construction de la Version v2.1.



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com

 @IDRRIM

Association loi 1901