

MANUEL TERRASSEMENT

CONCEPTION ET RÉALISATION D'OUVRAGES EN TERRE

PARTIE 2 - DÉVELOPPEMENTS TECHNIQUES SPÉCIFIQUES

2E / ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

COMITÉ TECHNIQUE 4.4 TERRASSEMENTS ET ROUTES NON REVÊTUES

COMITÉ MIROIR 8 DE PIARC FRANCE TERRASSEMENTS

À PROPOS DE PIARC

L'Association mondiale de la Route (PIARC) est une organisation sans but lucratif, fondée en 1909 pour améliorer la coopération internationale et pour encourager les avancées en matière de routes et de transport routier.

L'étude, objet du présent Manuel, a été définie dans le Plan stratégique PIARC 2012-2015 approuvé par le Conseil de l'Association mondiale de la Route dont les membres représentent les gouvernements des pays qui en font partie. Les membres du Comité technique chargés de ce rapport ont été choisis par les gouvernements de ces pays pour leurs compétences particulières.

Les opinions, constatations, conclusions et recommandations exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues des organisations ou organismes auxquels ils appartiennent.

Ce rapport est disponible sur le site de l'Association mondiale de la Route (PIARC) : <http://www.piarc.org>

Copyright Association mondiale de la Route. Tous droits réservés.

Association mondiale de la Route (PIARC)

Arche Sud 5° niveau

92055 La Défense Cedex, France

ISBN: 978-2-84060-659-8

Page de couverture : Autoroute A28 Rouen-Alençon © Bouygues TP

MANUEL TERRASSEMENT

CONCEPTION ET RÉALISATION D'OUVRAGES EN TERRE

PARTIE 2 - DÉVELOPPEMENTS TECHNIQUES SPÉCIFIQUES

2E / ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

COMITÉ TECHNIQUE 4.4 *TERRASSEMENTS ET ROUTES NON REVÊTUES*

COMITÉ MIROIR 8 DE PIARC FRANCE *TERRASSEMENTS*

TABLE DES MATIÈRES

1. PRÉAMBULE	2
2. INTRODUCTION	3
3. PRÉSERVATION DES RESSOURCES NON RENOUVELABLES.....	4
4. RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'EAU SUR LES CHANTIERS DE TERRASSEMENT.....	6
5. RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE.....	8
5.1. CONTRIBUTION DE L'ACTIVITE DES TERRASSEMENTS.....	8
5.2. OPTIMISATION DE LA FONCTION « TRANSPORT »	8
5.3. OPTIMISATION DE L'EMPLOI DES LIANTS.....	9
5.4. BILAN ET SUIVI DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	9
5.5. OUTIL DE SUIVI ET DE MESURE DES GES.....	11
6. PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ ET LES MILIEUX NATURELS.....	12
6.1. AU STADE DE LA CONCEPTION ET DU PROJET	12
6.2. AU STADE DE LA REALISATION	12
7. ACCROITRE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DES ENTREPRISES ET DE LA ROUTE	14
8. DÉVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE ET DIFFUSION DE L'INNOVATION	16
ANNEXES TECHNIQUES.....	14

1. PRÉAMBULE

Référence IFSTTAR France

Tout projet d'aménagement a un impact sur les trois piliers du développement durable que sont l'environnement, l'économie et la société.

Le terrassement constitue l'étape où l'impact sera le plus fort et où les propositions d'aménagements pour traiter ces impacts pourront être mises en œuvre.

L'évaluation de l'impact est un exercice complexe qui suppose de disposer :

- de moyens d'analyse de l'existant avant le projet d'aménagement,
- d'analyse du projet et des impacts supposés,
- d'analyse des solutions dites compensatoires.

Il n'y a pas de consensus international sur ces trois points. Il peut même il y avoir divergence d'analyse selon les échelles d'analyse des enjeux. Exemples...

Les points de vigilance en matière de développement durable s'appliquant aux travaux de terrassement sont :

- la lutte contre le changement climatique et la protection de l'atmosphère,
- la préservation de la biodiversité, la protection des milieux et des ressources,
- la cohésion sociale et la solidarité entre territoires et entre générations,
- les dynamiques de développement respectant des modes de production et de consommation responsables.

Pour chacun de ces points, il conviendrait d'apporter des éléments d'analyse du projet.

2. INTRODUCTION

L'approche sur la stratégie de développement durable est différente suivant les différents pays concernés dans le monde. Les enjeux sont analysés de façon variable en fonction de l'échelle des enjeux propre à chaque pays.

Dans le domaine qui nous intéresse ici, une stratégie commune pourrait être la suivante :

Concevoir, construire, aménager et entretenir des infrastructures routières ou des voiries urbaines performantes sur le plan économique, responsables sur le plan social et respectueuses de l'environnement.

Le consensus devrait être recherché sur des notions environnementales et économiques communes à la majorité des pays, comme répondre aux enjeux du réchauffement climatique ou à la raréfaction des ressources non renouvelables en proposant des solutions concrètes, innovantes.

Pour être performante, la stratégie de développement durable devrait être mise en œuvre sur la base d'une concertation engagée entre les principaux acteurs économiques impliqués dans la conception, la réalisation et la maintenance des infrastructures routières.

La référence d'une expérience menée en France depuis 2009 est présentée en Annexe.

Nous présentons ci-après les actions à conduire qui nous paraissent essentielles pour établir un projet de terrassement performant au plan économique et environnemental.

3. PRÉSERVATION DES RESSOURCES NON RENOUVELABLES

La préservation des ressources non renouvelables est recherchée en optimisant la valorisation de matériaux disponibles sur le projet.

Cette valorisation permet de diminuer les transports induits par le projet.

Un objectif doit être fixé : le ré-emploi ou la valorisation maximum et si possible de la totalité des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers.

Utilisation en remblai et couches de forme

En premier lieu, la réutilisation des matériaux extraits sur les chantiers de terrassement doit être optimisée pour les besoins du mouvement des terres avec l'objectif majeur d'éviter le recours à des carrières ou emprunts de matériaux extérieurs au site du projet.

Certains matériaux extraits peuvent être « non conformes » aux spécifications techniques (matériaux dits marginaux).

Ils sont encore aujourd'hui généralement mis en dépôt.

Les recherches de solutions techniques fiables (traitement par exemple) permettent cependant d'envisager à terme leur utilisation lorsqu'elle est nécessitée par les besoins en remblais des projets.

Utilisation des excédents de matériaux

Lorsque le mouvement des terres optimisé est excédentaire, il y a lieu d'utiliser les matériaux excédentaires normalement utilisables ou non dans l'aménagement de dépôts sur le site "intelligents", pertinents au plan économique et environnemental : aménagements paysagers, merlons anti-bruits, ..ou si le cas se présente de réserver les matériaux utilisables pour un autre chantier situé à proximité.

Toute autre alternative conduit à évacuer les matériaux excédentaires en dépôt extérieur, et le cas échéant dans certains pays à changer leur statut de déblai en celui de déchet (envisagé en Europe). Ce qui constituera un surcoût important pour le projet.

Actions à mener

Ces enjeux sont à considérer depuis les études de conception et de projet jusqu'à la réalisation.

Réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers nécessite une coopération technique entre les acteurs impliqués dans la construction : maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre / ingénierie, entreprises. L'ouverture à des possibilités de variantes techniques dans le cahier des charges favorise l'optimisation du projet.

Les progrès dans ce domaine reposent sur des actions de recherche organisées en commun par les sociétés d'ingénierie publiques ou privées et les entreprises permettant de s'appuyer sur des retours d'expérience.

Valorisation de déchets

Lors d'opérations de terrassement, de construction, d'aménagement ou d'entretien portant sur les infrastructures routières, les solutions de réemploi des matériaux ou de valorisation, notamment par recyclage, des déchets issus de la déconstruction, seront privilégiées. Cette disposition concerne plus particulièrement le domaine des chaussées.

Dans le domaine du Terrassement, la valorisation de déchets intervient le plus souvent sur l'utilisation de sous-produits industriels, produits et stockés sur des sites proches du projet considéré.

Cette solution est mise en œuvre lorsque qu'elle s'avère économique et elle présente alors l'avantage d'éliminer des déchets.

Exemple : Emploi de cendres volantes en remblai ou en couche de forme après traitement.

Des solutions peuvent être mises en œuvre rapidement en passant au stade d'une application généralisée. Une évaluation basée sur le retour d'expérience permettra de valider les modalités de leurs mises en œuvre.

4. RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'EAU SUR LES CHANTIERS DE TERRASSEMENT

La réduction de la consommation d'eau pour les besoins des terrassements fait partie d'un objectif écologique très important, vital pour les pays dont la climatologie impose des mesures drastiques de ce point de vue.

Les opérations de terrassement nécessitent l'utilisation d'importantes quantités d'eau.

D'un point de vue technique, elle se justifie pour le « **compactage** » des matériaux, afin d'éviter une déformation future des ouvrages.

Pour des raisons de sécurité et de réduction des nuisances, l'eau est également utilisée pour prévenir l'envol de poussières sur les **pistes de chantiers**.

Deux actions possibles :

- **Ajout d'eau pour le compactage**

L'ajout d'eau aux matériaux de remblais ou couches de forme dont l'état est trop sec est justifié par la nécessité de ramener cet état dans les valeurs optimales pour le compactage.. Dans les pays de climat tempéré, l'optimisation de l'ajout d'eau est à rechercher en premier lieu par les conditions d'extraction, de transport et de mise en œuvre des matériaux, la période climatique favorable,...

Les matériaux trop secs compactés de façon classique peuvent subir des déformations lorsqu'ils sont ensuite portés à saturation.

L'augmentation de l'énergie de compactage peut alors permettre d'atteindre une densité suffisante pour éviter ce phénomène. Cette voie est à rechercher dans les pays de climat sec ou très sec. Les conditions de compactage (type de matériels, intensité de compactage) sont alors à redéfinir et à valider par les expériences acquises sur les chantiers.

Références : présentations RABAT

- **Arrosage des pistes de chantier**

L'entretien et la tenue des pistes de chantier a un impact économique très important sur le coût des transports de matériaux. L'arrosage doit être suffisant pour assurer cette fonction. C'est une optimisation complexe. La consommation d'eau est tributaire de nombreux facteurs qui se conjuguent : trafic, nature des sols, dénivelés et sinuosités des pistes, température de l'air et pluviométrie,...

Réduire la consommation d'eau sur les chantiers nécessite d'améliorer les méthodes d'arrosage des pistes. Les pratiques actuelles sont généralement empiriques.

L'optimisation de la consommation d'eau d'arrosage doit être basée sur :

- le recensement et le suivi des ressources en eau du site du projet
- de préférence l'utilisation d'eaux recyclées
- la quantification et la planification des besoins
- l'adéquation du matériel
- adaptation des rampes d'arrosage ou dispositifs pour obtenir une humidification bien répartie
- précision des débits

La mise en place de procédures d'arrosage est souhaitable.

Solutions de remplacement

La recherche de solutions de remplacement par des traitements utilisant des produits fixateurs appropriés - qui se révéleraient performants - est à privilégier dans les régions et les pays sujets aux pénuries d'eau.

Références : présentations et documents Mexique, Etats-Unis, Australie, Afrique...relatives à l'entretien des routes non revêtues.

5. RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

C'est un enjeu vital à l'échelle mondiale provoqué par le réchauffement climatique. Citons l'action du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat).

Un certain nombre de pays se sont fixé un objectif de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre. A titre d'exemples, le Conseil Européen a adopté un objectif de réduction de 20% à 2020 - la France de 3% par an et d'une division par quatre de ses émissions d'ici à 2050.

Engagements de la majorité des pays : [Référence COP 21 Paris \(Octobre 2016\)](#)

5.1. CONTRIBUTION DE L'ACTIVITE DES TERRASSEMENTS

Nous nous intéressons principalement à l'évaluation environnementale des projets de terrassements selon deux indicateurs : les émissions de GES et la consommation énergétique. (Voir paragraphe 5.4 pour l'évaluation de ces émissions).

Les principales sources d'émission en GES (principalement CO₂) et de consommation énergétique des chantiers de terrassements sont issues :

- De la consommation en carburant des engins sur chantier (extraction, chargement, mise en œuvre) ;
- Du transport des matériaux sur chantier ;
- De la fabrication des liants ;
- Du transport de fournitures extérieures au chantier (matériaux d'apport, liants,...).

Sur le plan des émissions, 90% sont liées à l'utilisation du carburant et à l'utilisation de la chaux et des liants hydrauliques.

L'activité Terrassement apporte sa principale contribution en diminuant quantitativement les transports, ce qui résulte de l'utilisation optimale des matériaux.

Mais d'autres sources de progrès y participent.

5.2. OPTIMISATION DE LA FONCTION « TRANSPORT »

Les consommations énergétiques et par conséquent des émissions de GES peuvent être réduites par :

- la qualité des pistes de chantier
- la modernisation et l'entretien du matériel et des engins
- la recherche d'équipements générateurs d'économie d'énergie
- les conditions d'utilisation des engins (formation à l'éco-conduite et systèmes d'informations)
- les nouveaux carburants (bio - carburants)
- l'utilisation de matériels hybrides
- d'une façon générale la contribution à la recherche de nouvelles sources d'énergie auprès des constructeurs de matériels

5.3. OPTIMISATION DE L'EMPLOI DES LIANTS

Le bilan de l'utilisation des liants est à considérer dans une évaluation économique et environnementale globale.

L'emploi des liants participe en effet grandement à l'utilisation optimale des matériaux du site et de ce fait à la préservation des ressources non renouvelables et à la réduction des transports.

La réduction des consommations de liants, plus particulièrement de la chaux, ne peut être obtenue sur le terrain qu'en veillant à optimiser les dosages en fonction de l'état hydrique du matériau, des conditions météorologiques, ...

5.4. BILAN ET SUIVI DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

5.4.1. Bilan équivalent carbone (ou équivalent CO₂)

Remarque préalable

L'équivalent carbone est la mesure "officielle" des émissions de gaz à effet de serre. Beaucoup d'entreprises, toutefois, utilisent "l'équivalent CO₂", donnant des valeurs 3,67 fois supérieures (dans un rapport de 44/12 pour être exact), facteur atomique du carbone)

L'équivalent C ou l'équivalent CO₂ englobant tous les gaz à effet de serre, eux-mêmes pondérés pour leur potentiel de réchauffement global.

Le bilan équivalent carbone permet d'évaluer au stade des études de conception et de projet, la quantité prévisible des émissions de CO₂ gaz à effet de serre du projet. Le cas échéant, il peut être utile pour participer à la comparaison des performances environnementales de solutions ou variantes techniques du projet considéré. A ce titre, cette évaluation peut être prise en considération dans les appels d'offres ou consultations.

Référence Revue TRAVAUX France 2012

Il est très important de souligner que le bilan carbone n'est pas le seul critère pour apprécier la performance environnementale d'un projet de terrassement.

La préservation des ressources naturelles et le réemploi maximal des matériaux du site constituent des critères également déterminants.

5.4.2. Calcul des bilans carbone carbone ou équivalent CO₂

Des éléments de calcul sont fournis par les fournisseurs et validés par des organismes nationaux ou internationaux d'état ou privés ...

A titre d'exemples, références Françaises :

- Valeurs de carburants prises en compte par l'ADEME

Référence « GUIDE DES FACTEURS D'EMISSIONS Bilan Carbone® Entreprises et Collectivités » - Mission Interministérielle/ADEME - France 2007

	Emissions de combustion	Emissions liées au raffinage	Extraction et transport amont	Emissions totales	% supplémentaire par rapport aux seules émissions de combustion
source	MEDD	CEREN	IFP		
unité	kg équ. C par tonne	kg équ. C par tonne	kg équ. C par tonne	kg équ. C par tonne	
Carburant					
GPL	803	90	61	954	18,8%
Essence	876	88	61	1025	17,0%
Carburéacteur	852	18	61	931	9,3%
FOL (fioul lourd)	851	56	61	968	13,7%
FOD/Gazole	859	31	61	951	10,7%

Tableau 1 : Calcul des facteurs d'émission (amont + combustion) en kg / tonne PCI à partir de la décomposition des facteurs d'émission amont et de la combustion concernant les principaux carburants

Source d'énergie	kg équivalent carbone par tonne	kg équivalent carbone par kWh	kg équivalent carbone par tep PCI	kg équivalent carbone par litre
Gaz de Pétrole Liquéfié - GPL	954	0,075	871	0,513
Supercarburant (ARS, SP95, SP98) ²³	1 025	0,084	978	0,774
Gazole	951	0,082	951	0,804
Fuel domestique	951	0,082	951	0,804
Fuel lourd	968	0,087	1 016	0,968
Pétrole brut	898	0,077	898	0,779
Carburéacteur ²⁴	931	0,080	926	0,745

Tableau 2 : Conversion des facteurs d'émission globaux (amont + combustion) de différents carburants

Remarque ADEME :

Le tableur de la méthode Bilan Carbone® propose les résultats avec les deux unités, toutefois les facteurs d'émission sont uniquement en équivalent carbone.

- Valeurs de carburants prises en compte dans la Revue Travaux 2012

Carburant	Facteur d'émissions de GES (émissions amont + combustion) ^[9]	Impact énergétique (impact amont + combustion) ^[9]
Gazole	2,948 kg équ. CO ₂ / l	38,26 MJ / l

Tableau 3 : Extrait de l'article de la Revue Travaux

- Valeurs de produits de traitement (liants) prises en compte dans la Revue Travaux 2012 (Références CIMBETON)

CIMBETON qui tire ses sources de deux associations françaises de producteurs : l'Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques (ATILH) et l'Union des Producteurs de Chaux (UPC). Le tableau 2 indique les valeurs retenues pour deux des principaux produits de traitement : la chaux vive et le ciment CEM II.

Chaux ou liant	Impact CO ₂ de fabrication (kg équ. CO ₂ / t)	Impact énergétique de fabrication (MJ / t)
Chaux vive	1 059	4 301
Ciment CEM II	650	4 395

Tableau 4 : Extrait de l'article de la Revue Travaux

- Valeurs de produits de produits divers prises en compte dans la profession TP

Postes	Facteur d'émission Kg Eq C du projet de référence	Facteur d'émission Kg Eq CO2 du projet de référence
Energie		
Electricité	0,02	0,07
Essence	0,77	2,84
Gazole	0,80	2,95
Fioul 1er	0,97	3,55
Matériaux entrants		
Acier recyclé 0%	870,00	3 190,00
Acier recyclé 100%	300,00	1 100,00
Agrégats, granulats, sable, remblais...	3,00	11,00
Béton	37,00	135,67
Chaux	300,00	1096,00
Ciment	235,00	861,67
LHR 10% Clinker		200,40
LHR 30% Clinker		349,00
LHR 70% Clinker		645,00
Enrobés	14,00	51,33
Canalisations PVC et plastiques	3,00	11,00
Géotextiles	3,27	12,00
Bitume	15,00	55,00

5.5. OUTIL DE SUIVI ET DE MESURE DES GES

Un outil de mesures de l'impact en termes de gaz à effet de serre des activités de Travaux Publics - et notamment des Terrassements -, est à mettre en place afin de suivre les progrès de la réduction des GES, suivant les objectifs que l'on s'est fixé. Il permet d'évaluer le volume de GES produits dans le cadre des activités des travaux publics pour les engins de chantier et les véhicules de transport.

(Se référer au paragraphe 7 concernant les éco-comparateurs)

6. PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ ET LES MILIEUX NATURELS

C'est un enjeu vital au plan mondial. La Communauté Internationale dresse régulièrement des constats (ONU, GIEC, ...).

6.1. AU STADE DE LA CONCEPTION ET DU PROJET

La maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre publique ou privée s'attacheront à préserver en priorité la biodiversité et à assurer une préservation des fonctionnalités des milieux naturels tant terrestres qu'aquatiques. Des méthodologies et recommandations pour la réalisation des travaux seront établies en partenariat avec les acteurs techniques concernés.

6.2. AU STADE DE LA REALISATION

Les méthodologies et les recommandations en matière de management environnemental pourront porter notamment sur :

- une prise de connaissance approfondie, avant tous travaux, des données relatives à la biodiversité et aux fonctionnalités écologiques des milieux, de manière à identifier et hiérarchiser les enjeux ;
- la création et la généralisation d'une signalétique spécifique en faveur de la protection des zones sensibles, accompagnée d'une communication sur la conduite à tenir ;
- la mise en œuvre de solutions d'organisation du chantier préservant au mieux la biodiversité et les corridors écologiques : emplacement des pistes de chantier, des zones de dépôts de matériaux ;
- le renforcement et la formalisation des dispositions d'organisation, de contrôle et de suivi des différentes phases du chantier ;
- une politique de communication et de sensibilisation du personnel sur les chantiers ;
- la réhabilitation complète, dès la fin du chantier, des espaces naturels et des fonctionnalités détériorées
- un devoir d'alerte auprès des parties prenantes pendant la construction

Exemple d'actions concrètes adaptées à des pays comme la France :

La création et la généralisation d'une signalétique spécifique en faveur de la protection des zones sensibles, accompagnée d'une communication sur la conduite à tenir.

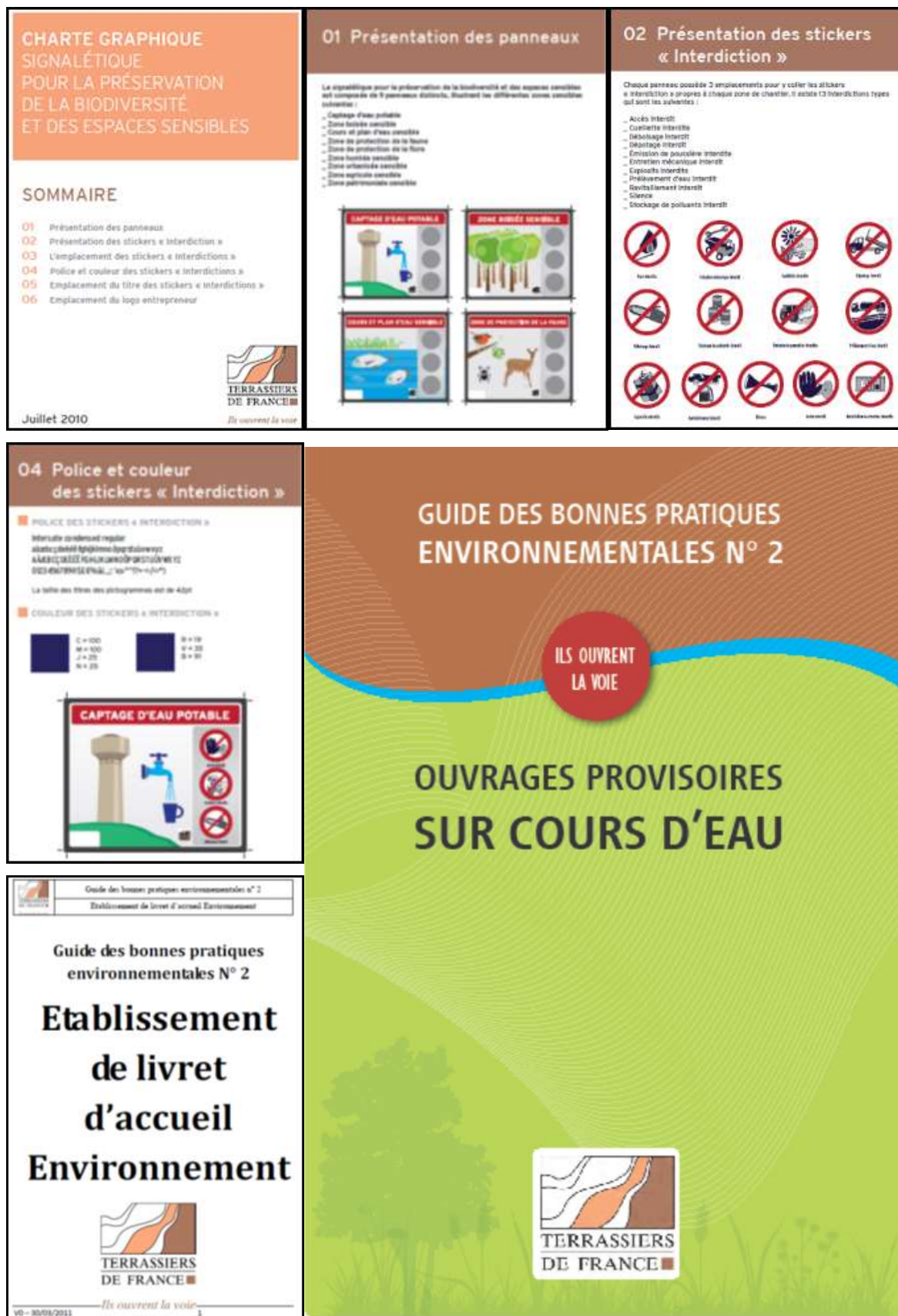


Illustration 1 : Diffusion de guides de bonnes pratiques « Terrain »

7. ACCROITRE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DES ENTREPRISES ET DE LA ROUTE

La performance se traduit par la proposition de solutions concrètes et innovantes incluant des objectifs de réduction de la consommation d'énergie, de l'émission des gaz à effet de serre et de préservation des ressources naturelles, notamment dans le cadre d'appels d'offres de travaux de construction ou d'entretien d'infrastructures routières.

Mise en place d'un « Eco-comparateur »

Afin de favoriser la comparaison de différentes solutions techniques d'un point de vue environnemental, un « Eco-comparateur » (logiciel intégrant des données d'Analyse du Cycle de Vie) commun aux entreprises de terrassement, de construction et d'entretien d'infrastructures routières peut être mis en place.

Il devrait comporter notamment les trois indicateurs de performance environnementale portant sur :

- l'énergie consommée
- les émissions de gaz à effet de serre
- la préservation de la ressource naturelle

Cet « Eco-comparateur » serait validé par les services compétents de l'Etat concerné. Les données de référence seraient actualisées à termes réguliers. A cette occasion, d'autres indicateurs pourraient être intégrés suivant des méthodologies à développer qui le permettent.

Exemple du projet d'Eco-comparateur en France

Par la convention d'engagement volontaire (Voir Annexe), le syndicat professionnel des terrassiers de France s'est engagé à mettre en œuvre un éco-comparateur (logiciel intégrant des données d'Analyse du cycle de vie), afin de favoriser la comparaison des différentes solutions d'un point de vue développement durable. Cet outil permettra d'évaluer les résultats du travail que les entreprises ont engagé pour accroître la performance environnementale des projets qu'elles réalisent.

Une série d'indicateurs a été déterminée pour permettre de suivre les engagements de la convention d'engagement volontaire. Ces indicateurs permettront aux maîtres d'ouvrage de comparer les propositions des entreprises (en solution de base ou variantes) sur des critères de Développement Durable. Ces indicateurs sont :

- Les émissions de Gaz à effet de serre
- L'Economie de ressources naturelles
- La Valorisation des matériaux excédentaires
- La préservation de l'eau
- Le respect de la biodiversité
- La réduction des nuisances aux riverains

Afin de pouvoir mettre en évidence l'offre Développement Durable répondant le plus à ses attentes, le Maître d'ouvrage ou d'œuvre peut établir un classement intégrant les six indicateurs, avec calcul pondéré d'un Indice Global Développement Durable.

Une pondération sera prédéfinie mais pourra être modifiable par le maître d'ouvrage ou d'œuvre.

	Pondération
GES	15
Economie ressources naturelles	20
Valorisation des matériaux excédentaires	20
Eau	15
Biodiversité	15
Réduction des nuisances aux riverains	15

Les critères ayant le plus de poids sont ceux sur lesquels la profession a le plus de moyen d'action pour réduire l'impact des chantiers.

8. DÉVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE ET DIFFUSION DE L'INNOVATION

Les progrès escomptés en matière de développement durable pourront être atteints en disposant de nouveaux outils, méthodes et méthodologies préparant les ruptures technologiques de demain.

A terme, de nouveaux cadres techniques et normatifs devront être mis en place notamment en matière de réemploi des matériaux et de valorisation des déchets.

La collaboration entre les différentes instances techniques : réseaux scientifiques publics, ingénierie publique ou privée, entreprises est nécessaire pour accroître les recherches suivant des programmes pertinents.

Le partage des connaissances et la diffusion de l'innovation entre les différentes instances techniques est également indispensable pour progresser dans le développement durable.

ANNEXES TECHNIQUES



TABLE DES MATIÈRES

1. ANNEXE 1 « Terrassements durables »

Article Revue TRAVAUX n°890 Juillet/Septembre 2012 – Revue technique des entreprises de Travaux Publics (FNTF)

2. ANNEXE 2 Convention d'engagement volontaire

Référence d'une expérience menée en France pour l'établissement d'une "Convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain" signée le 25 mars 2009

ANNEXE 1



TERRASSEMENTS DURABLES

AUTEURS : S. BERNHARD & D. GAUTIER, DIRECTION TECHNIQUE ET DE L'INNOVATION, EGIS INTERNATIONAL, FRANCE

LA CONCEPTION D'UN PROJET DE TERRASSEMENTS D'UNE INFRASTRUCTURE LINÉAIRE (ROUTE, AUTOROUTE OU VOIE DE CHEMIN DE FER) PASSE PAR LA RÉALISATION DE SON MOUVEMENT DES TERRES. LE LOGICIEL MASSTER A ÉTÉ DÉVELOPPÉ PAR EGIS POUR OPTIMISER CE MOUVEMENT DES TERRES, C'EST-À-DIRE MINIMISER LA DISTANCE CUMULÉE DES TRANSPORTS. CET OUTIL PERMET D'ÉVALUER ET D'OPTIMISER UN PROJET DE TERRASSEMENTS SOUS L'ANGLE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE. IL CONSTITUE UNE AIDE À LA CONCEPTION ET À LA DÉCISION DANS UN CONTEXTE INTERNATIONAL DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE PRÉSERVATION DES RESSOURCES NATURELLES. LE LOGICIEL PERMET DE COMPARER PLUSIEURS SCÉNARIOS DE TERRASSEMENTS SELON DEUX CRITÈRES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET CONSTITUE UNE AIDE À LA DÉCISION.

INTRODUCTION AU PROJET DE TERRASSEMENTS

Les terrassements consistent à modeler le terrain naturel afin d'obtenir une plate-forme permettant de supporter des chaussées, des voies ferrées, des bâtiments ou tout autre structure ou superstructure. Ils ont pour conséquence de produire des ouvrages en

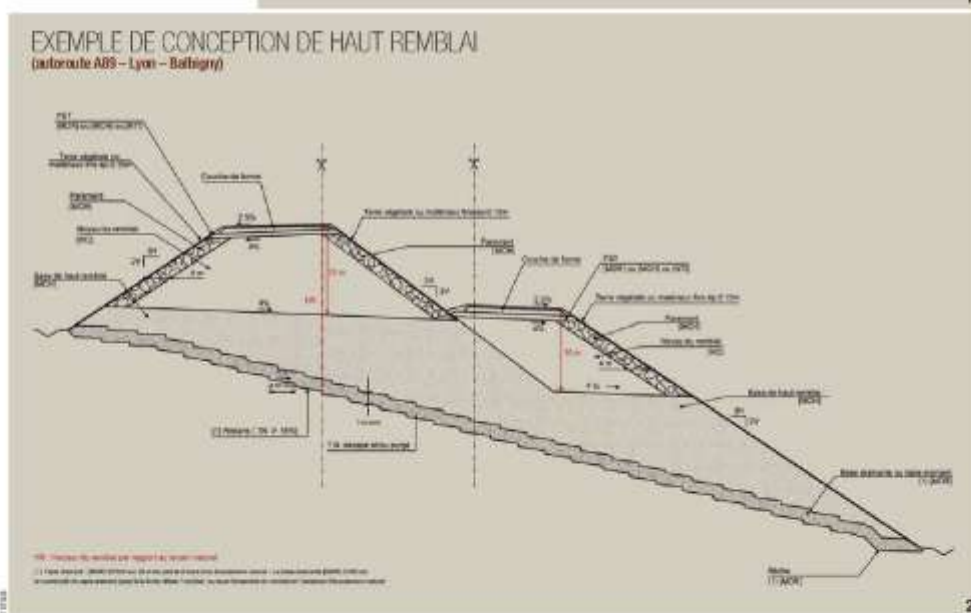
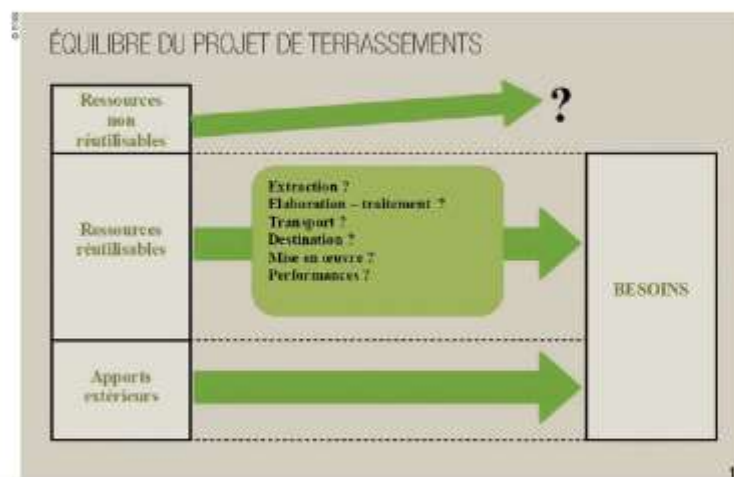
terre (principalement des déblais et des remblais) qui doivent être à la fois stables et durables. Pour en arriver là, le concepteur est amené à imaginer de quelle façon va se dérouler le chantier de terrassements et donc à se poser les questions suivantes : quelles vont être les conditions d'extraction ? De stabilité des ouvrages ? La destination de

chaque matériau extrait et ses conditions de réutilisation ? Les performances mécaniques de la plate-forme ? Mais les réponses à ces questions ne sont pas suffisantes car le projet doit également tenir compte d'un certain nombre de contraintes comme les coupures physiques (par exemple la traversée d'un cours d'eau) ou temporelles

(construction d'un ouvrage d'art) qui ont une conséquence sur le déroulement du transport des matériaux. La conception des terrassements doit permettre de répondre à l'ensemble des questions posées ci-dessus et appréhender la problématique des transports, particulièrement importante pour les projets d'infrastructures linéaires.

1- Équilibre du projet de terrassements.
2- Exemple de conception de haut remblai (autoroute A89 – Lyon – Bagny).

1- Balance of the earthworks project.
2- Example of design of a high embankment (A89 motorway, Lyon-Bagny).



DE LA CONCEPTION À L'OPTIMISATION DU MOUVEMENT DES TERRES

Un projet de terrassement est soit en excédent soit en déficit de matériaux. Sur un chantier linéaire, l'excédent d'une partie des ouvrages en terre doit compenser le déficit des autres, d'où un équilibre nécessaire à trouver entre

les caractéristiques des ressources disponibles et la qualité nécessaire des besoins.

Si l'équilibre global du projet est négatif, on fait appel à des matériaux de provenance extérieure.

Si l'équilibre est positif, il est nécessaire de trouver une destination pour les matériaux en excédent (dépôt,

modelage ou autre). Dans la pratique, les chantiers peuvent produire à la fois des matériaux non réutilisés (impropres ou qualité insuffisante par rapport aux besoins) et nécessiter des matériaux d'apport extérieur.

La qualité des ressources disponibles sur le projet est définie par les études géotechniques.

La qualité des besoins est quant à elle dépendante de la conception des ouvrages en terre. On peut citer par exemple, et de façon non exhaustive, les parties d'ouvrages suivantes et leurs besoins :

→ Couche de forme : matériaux insensibles à l'eau permettant d'obtenir un module de déformation élevé. ▷



- Base de hauts remblais : matériaux de résistance au cisaillement élevée et peu compressibles ;
- Base de remblai en zone inondable : matériaux insensibles à l'eau ou rendus insensibles à l'eau par traitement ;
- Parements de remblais : matériaux permettant d'assurer la stabilité des talus ;
- Etc.

Le profil en travers de la figure 2 illustre un exemple de conception de remblai de grande hauteur sur pont sur le projet d'autoroute A88 entre Lyon et Bolligny (France).

Le mouvement des terres consiste à mettre dans la même équation le volume, la qualité, et la position géographique des ressources et des besoins, ainsi que les contraintes physiques et temporelles du projet. L'optimisation du projet de terrassements permet de résoudre cette équation avec pour objectif de minimiser la distance totale parcourue par les engins de transport. Le module d'assistance aux terrassements (MASSTER) a été développé par Egis dans le but d'aider à la conception et à l'optimisation du mouvement de terres en étude et au suivi des terrassements en phase travaux aussi bien pour les infrastructures routières que pour les infrastructures ferroviaires. Il permet donc d'assurer la continuité études/travaux, en offrant notamment la possibilité d'analyse du mouvement des terres de l'entreprise vis-à-vis de celui du maître d'œuvre puis d'assurer le suivi de la réalisation du mouvement des terres à partir de la récupération par moyens informatiques des données fournies par l'entrepreneur.

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES PROJETS DE TERRASSEMENTS

TERRASSEMENTS

ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Pendant très longtemps, les projets de terrassements ont été conçus dans une logique d'optimisation technico-économique. Depuis quelques années, il est apparu évident qu'un projet d'infrastructure ne peut plus être construit sans tenir compte de ses impacts environnementaux et sociaux. Le contexte actuel nous pousse donc à aborder les projets dans une optique de développement durable et il est donc de la responsabilité des concepteurs de proposer aux donneurs d'ordre des solutions innovantes pour répondre à cet enjeu.

La tendance actuelle est donc d'évaluer et d'optimiser les projets selon les trois piliers du développement durable (économique, environnemental et social). Dans la suite du présent article, on s'intéressera principalement à l'évaluation environnementale des projets de terrassements selon deux indicateurs : les émissions de GES et la consommation énergétique.

MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES ET DE CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

L'idée directrice du développement de MASSTER est d'évaluer individuellement l'ensemble des sources d'émission de GES et de consommation énergétique unitaires.

Les principales sources d'émission en GES et de consommation énergétique des chantiers de terrassements sont issues :

- De la consommation en carburant des engins sur chantier (extraction, chargement, mise en œuvre) ;
- Du transport des matériaux sur chantier ;
- De la fabrication des liants ;
- Du transport de fournitures extérieures au chantier (matériaux d'apport, liants,...).

Afin d'être exhaustif, il conviendrait également de tenir compte de l'impact lié à la fabrication, à l'entretien et la durée de vie des engins de chantier ou encore à la préparation du chantier et aux travaux annexes. Le choix a été fait de ne pas en tenir compte car la principale fonctionnalité recherchée pour le logiciel est de comparer les émissions de GES et les impacts énergétiques liés à des scénarios de mouvement des terres. Les émissions citées ci-dessus ne dépendant pas ou peu du scénario choisi, leur évaluation ne nous a pas paru indispensable. Ainsi, le chantier de terrassements a été décomposé en ateliers élémentaires, dont les principaux sont détaillés sur le schéma de la figure 3.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION ET CONSOMMATIONS UNITAIRES

Engins de chantier et de transport

Comme vu dans les paragraphes précédents, les principaux postes d'émission de GES et de consommation énergétique d'un chantier de terrassement sont dus à la consommation en carburant (ou électrique le cas échéant) des engins de chantier (extraction, transport et mise en œuvre) et à la fabrication des liants.

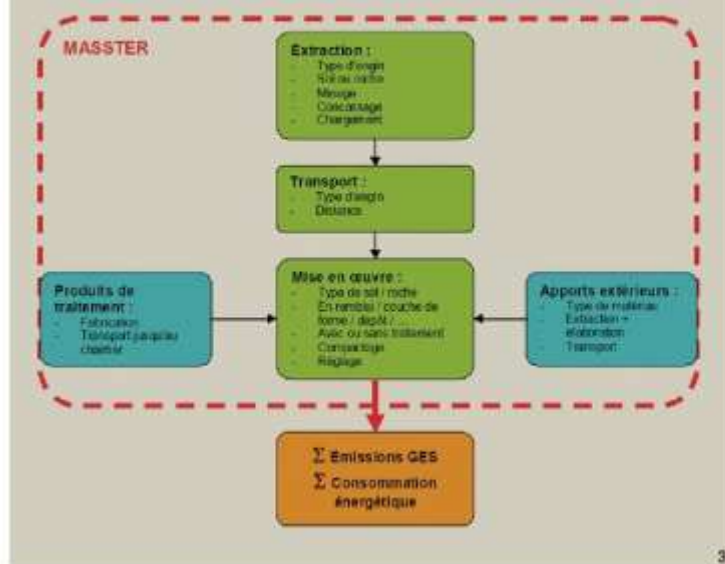
Les valeurs retenues pour les carburants sont présentées dans le tableau 1. Ces valeurs tiennent compte de l'impact lié à la combustion des carburants mais aussi à l'impact amont (affinage du pétrole notamment).

La consommation des ateliers de terrassements peut dépendre quant à elle principalement de trois facteurs :

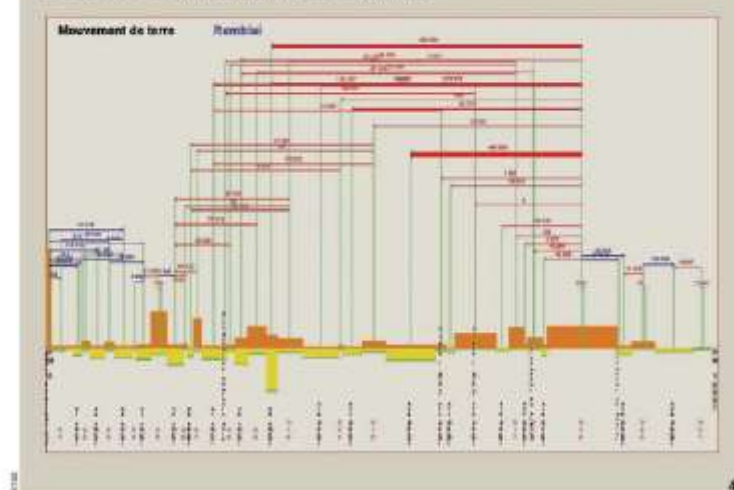
- La nature des matériaux : cas de l'extraction et de la mise en œuvre ;
- La distance et l'état des pistes : cas du transport des matériaux ;
- Le type d'engins utilisé : cas de l'extraction, du transport et de la mise en œuvre.

Pour chaque nature de matériau, les ateliers de terrassements suivants ont ainsi été retenus :

POSTES D'ÉMISSION ET DE CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE



EXEMPLE DE MOUVEMENT DES TERRES

→ **Extraction :**

- à la décapeuse,
- à la pelle hydraulique,
- à la pelle hydraulique accompagnée d'un ripper,
- par minage,
- concassage des matériaux rocheux,

→ **Transport :**

- en décapeuse,
- en tombereau,
- en semi-remorque,

→ **Mise en œuvre des matériaux :**

- mise en dépôt,
- mise en remblai non traité,
- mise en remblai traité (plusieurs choix de traitement),
- mise en PST non traitée,
- mise en PST traitée (plusieurs choix de traitement),
- couche de forme granulaire,
- couche de forme traitée (plusieurs choix de traitement).

Les ateliers de mise en œuvre ont été définies pour les 51 classes de matériaux définies dans la classification du guide technique GTR¹⁹.

Ainsi, on obtient un total de 432 ateliers de terrassements.

Produits de traitement

Les facteurs d'émission de GES et les émissions énergétiques retenus pour les produits de traitement sont quant à eux issus de la publication de CIMBETON²⁰, qui tire ses sources de deux associations françaises de

producteurs : l'Association Technique de l'Industrie des Usiers Hydrauliques (ATIUH) et l'Union des Producteurs de Chaux (UPC).

Le tableau 2 indique les valeurs retenues pour deux des principaux produits de traitement : la chaux vive et le ciment CEM II.

4- Exemple de mouvement des terres.

4- Exemple of earthmoving.

TABLEAU 1 : IMPACTS RETENUS POUR LES CARBURANTS

Carburant	Facteur d'émission de GES (émissions avant + combustion) ¹⁹	Impact énergétique (impact avant + combustion) ¹⁹
Gazole	2,946 kg éq. CO ₂ / l	38,26 MJ / l

TABLEAU 2 : IMPACT DE LA FABRICATION DES PRODUITS DE TRAITEMENT

Chaux ou liant	Impact CO ₂ de fabrication (kg éq. CO ₂ / t)	Impact énergétique de fabrication (MJ / t)
Chaux vive	1 059	4 301
Ciment CEM II	650	4 335

TABLEAU 3 : VOLUMES EN JEU LORS DE L'ÉTUDE D'AVANT-PROJET DE L'A304

Volume de déblais	7 100 000 m ³
Volume de remblais (y compris les dispositions constructives)	4 000 000 m ³
Dispositions constructives : bases drainantes, murettes de protection, substitutions, etc.	1 200 000 m ³
Couche de forme granulaire	500 000 m ³
Dépôts	3 900 000 m ³

DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL MASSTER

L'ensemble des données présentées ci-dessus a été intégré sous le logiciel MASSTER. Ainsi pour chaque projet de terrassements, on importe les données suivantes :

→ Les volumes géométriques des ouvrages de terrassements (déblais, remblais, dépôts...) ainsi que leur position géographique sur le tracé;

→ La composition géotechnique des déblais : classe géotechnique, conditions de remploi, taux de remploi, rendement,...

→ Le volume, la qualité et la provenance géographique des apports extérieurs.

→ La conception des ouvrages de terrassement et les besoins en qualité de matériau.

À partir de ces données, le logiciel calcule automatiquement le bilan ressources – besoins pour chaque nature de besoin (par exemple : couche de forme, remblai courant, PST, base de tout remblais, etc.) et établit le mouvement des terres optimisé. Un exemple de sortie graphique est présenté sur la figure 4.

Lors du calcul du mouvement des terres, le logiciel affecte automatiquement à chaque matériau et pour chaque destination : les ateliers d'extraction, de transport et de mise en œuvre correspondants.

Le bilan des émissions de GES et de consommation énergétique du mouvement des terres est alors automatiquement calculé.

APPLICATION À UN PROJET LINÉAIRE PRÉSENTATION DU PROJET

L'autoroute A304 est un projet autoroutier neuf d'un linéaire de 30 km situé entre Charleville-Mézières et Rancro, dans le département des Ardennes (France). Les données présentées dans les paragraphes suivants sont issues de l'étude d'avant-projet.

Le tableau 3 présente les principales quantités mises en jeu sur le projet.

Le projet se caractérise par la présence majoritaire dans les déblais de matériaux fins sensibles à l'eau et notamment des argiles marnueuses du Tournaisien, qui présentent en plus une propriété à gonfler en cas de changement d'état hydrique.

Les études géotechniques d'avant-projet ont conduit à leur intégration à être réalisées en remblai et ont ainsi conduit à prévoir la mise en dépôt de 3 900 000 m³ de déblai.



Compte-tenu des possibilités de réutilisation des matériaux de déblai et des besoins, le projet est définitoire de 1 300 000 m³ pour réaliser : la couche de forme, une partie des dispositifs géotechniques et une partie des remblais.

SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Comme vu précédemment, l'objectif principal de la démarche est de comparer plusieurs scénarios de mouvement des terres. À ce stade des études, nous avons choisi de faire varier à la fois les hypothèses de conception de la couche de forme et les taux de réutilisation de certains matériaux :

→ Conception de la couche de forme : à performances mécaniques égales (classe de plate-forme PF3), nous avons étudié les cas de couche de forme granulaire et de couche de forme en limons traités aux liants hydrauliques.

→ Réutilisation des déblais : nous avons considéré l'hypothèse de la réutilisation d'une partie des marnes du Bordier après stabilisation des gonflements par traitement à la chaux vive.

→ Approvisionnement extérieur : deux distances emport – chantier ont été étudiées : 20 km et 50 km.

Les 5 scénarios étudiés sont présentés dans le tableau 4. Aucune coupure n'a été imposée dans l'étude de ces cinq hypothèses.

RÉSULTATS OBTENUS

Pour les cinq scénarios étudiés, les émissions de GES sont comprises entre 66 000 t eq. CO₂ (hypothèse 1) et 102 000 t eq. CO₂ (hypothèse 4), soit un écart de 55 % (tableau 5).

De même, la consommation énergétique est comprise entre 500 000 GJ (hypothèse 1) et 666 000 GJ (hypothèse 4) soit un écart de 33 % (tableau 6).

ANALYSE

Le principal enseignement est que le résultat final est essentiellement fonction de la quantité de chaux et de ciment utilisée sur chantier, comme le montrent les figures 5 et 6. En effet, la fabrication des produits de traitement pèse entre 59 et 76 % des émissions de GES, et entre 31 % et 51 % de la dépense énergétique. Il faut noter que la quantité de produits de traitement est particulièrement importante sur ce chantier car environ la moitié du volume de matériaux mis en œuvre en remblai est traitée à un dosage compris entre 1 et 2 % de chaux vive. Ce point illustre l'extrême sensibilité des résultats aux

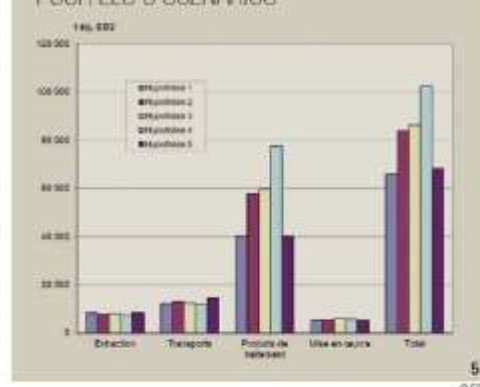
TABLEAU 4 : SCÉNARIOS DE MOUVEMENT DES TERRES

	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4	Hypothèse 5
Couche de forme	Granulaire (0,90 m)	Limons traités à 5% de ciment (0,35 m) sur une PST en limons traités à 2% de chaux vive (0,35 m)	Granulaire (0,90 m)	Limons traités à 5% de ciment (0,35 m) sur une PST en limons traités à 2% de chaux vive (0,35 m)	Granulaire (0,90 m)
Réutilisation des argiles massives (1 000 000 m ³)	0%	0%	50% du volume traité à 2% de chaux vive	50% du volume traité à 2% de chaux vive	0%
Distance usine de fabrication des liants - chantier	100 km	100 km	100 km	100 km	100 km
Distance carrière - chantier	20 km	20 km	20 km	20 km	50 km

TABLEAU 5 : ÉMISSIONS DE GES POUR LES 5 SCÉNARIOS

	Hypothèse 1		Hypothèse 2		Hypothèse 3		Hypothèse 4		Hypothèse 5	
	t eq. CO ₂	%	t eq. CO ₂	%	t eq. CO ₂	%	t eq. CO ₂	%	t eq. CO ₂	%
Extraction	8 264	13	7 840	9	7 982	9	7 313	7	8 264	12
Transport	12 262	18	13 003	16	12 402	14	11 524	12	14 651	21
Fabrication des liants	40 208	61	57 803	69	59 823	69	77 345	76	40 208	59
Mise en œuvre	5 178	8	5 167	6	5 000	7	5 795	6	5 178	8
TOTAL	65 912		83 821		85 007		102 328		68 321	

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE GES POUR LES 5 SCÉNARIOS



5- Répartition des émissions de GES pour les 5 scénarios.

5- Breakdown of GHG emissions for the 5 scenarios.

de forme, qui est granulaire dans le cas de l'hypothèse 1 (extraction par minage et concassage) et traitée dans le cas de l'hypothèse 4 (pas de minage ni de concassage).

Il y a très peu de différence d'impact de mise en œuvre entre les cinq scénarios étudiés. En effet, les émissions de GES varient entre 6 et 8 % du total et la consommation énergétique entre 11 et 13 %. On peut donc considérer que les conditions de mise en œuvre n'ont que très peu d'influence sur les émissions de GES et sur la consommation énergétique totales de ce projet de terrassements.

CONCLUSIONS – PERSPECTIVES

Le logiciel MASTER a été développé pour optimiser le mouvement des terres des projets de terrassements linéaires. De récents développements ont permis d'y ajouter un calculateur des émissions de GES et de consommation énergétique.

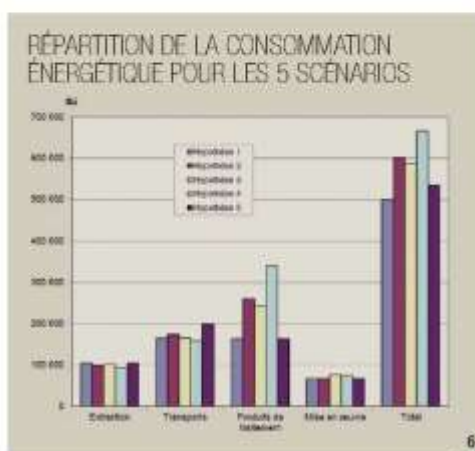
TABLEAU 6 : CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE POUR LES 5 SCÉNARIOS

	Hypothèse 1		Hypothèse 2		Hypothèse 3		Hypothèse 4		Hypothèse 5	
	GJ	%	GJ	%	GJ	%	GJ	%	GJ	%
Extraction	104 759	21	99 086	18	101 117	17	92 646	14	104 759	20
Transport	164 630	33	173 832	29	165 556	28	157 967	24	198 824	37
Fabrication de liants	163 290	33	260 905	43	242 963	41	240 273	37	163 298	31
Mise en œuvre	67 169	13	67 824	11	76 270	13	74 543	11	67 169	13
TOTAL	499 855		600 647		585 906		665 428		534 049	

6- Répartition de la consommation énergétique pour les 5 scénarios.

6- Breakdown of energy consumption for the 5 scenarios.

Une première étude a été réalisée sur un projet autoroutier neuf de 30 km. Les résultats montrent que le plus gros poste d'émission de GES et de consommation énergétique est dû à la fabrication des produits de traitement des sols et n'est donc pas directement visible sur chantier. Ceci montre que l'éventuelle réduction des empreintes carbone et énergie de ce chantier passera par la recherche d'un traitement optimisé et donc d'une connaissance approfondie de la géotechnique du site et du comportement des matériaux traités.



Il faut également avoir à l'esprit que les indicateurs GES et énergie proposés sont deux indicateurs parmi d'autres et ne doivent pas être considérés eux seuls pour réaliser une évaluation développement durable d'un projet. Par exemple,

les résultats de l'étude montrent que, pour le projet en question, le traitement des sols est source d'émissions importantes de GES et de surconsommation énergétique. Le traitement permet cependant de limiter le recours à des

empreintes extérieures et par conséquent de préserver les ressources naturelles, ce qui peut être considéré comme un impact positif en termes de développement durable.

Le logiciel ainsi développé permet donc de comparer plusieurs scénarios de terrassements selon deux critères du développement durable et constitue une aide à la décision. Le développement sera poursuivi pour que le logiciel puisse tenir compte d'autres indicateurs et donner ainsi une évaluation développement durable plus complète des projets de terrassements. □

[Références]

- [1] Leoy C., Malcom H., Goshen V., Qunt S., Faleiro D., Hoff G., Jakubowski M., Brossier E., Varhe F., Vermeir P. (2011). SEVE, le nouvel outil des entreprises routières. Revue Générale des Routes et Autoroutes (RGA), pp. 25-33.
- [2] CARRETON (2000). Etude comparative en technique routière traitant des sols VS empreintes granulaires - Méthode graphique de comparaison comparative et normalisée. Collection technique CARRETON 130, 70 pages.
- [3] ACRH (2008). BLAN GARBONNE* Entreprises et Collectivités - Guide méthodologique - version 8.0 - aspects et principes de mise en œuvre. ACRH, 117 pages.
- [4] Caumont J.-F., Demonceau J.-R., Maréchal F. (2008). L'asphalte, une source d'énergie efficace et propre. Travaux P864, pp. 60-65.
- [5] ACRH (2007). BLAN GARBONNE* Entreprises et Collectivités - Guide des facteurs d'émission - version 5.0 - Calcul des facteurs d'émission et sources bibliographiques utilisées. ACRH, 240 pages.
- [6] SETRA - LCP (2000). Guide technique - réalisation des remblais et des couches de forme (STR, Fascicule 1) (88 pages) et Fascicule 2 (102 pages).
- [7] GIEC (1996). Manuel simplifié pour l'évaluation des gaz à effet de serre - Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux du gaz à effet de serre - version révisée 1996. Volume 2, 311 pages.

ABSTRACT

SUSTAINABLE EARTHWORKS

S. BERNHARD & D. GAUTIER, EGS

The design of an earthworks plan for a linear infrastructure (road, motorway or railway track) entails performing earthmoving. The MASSTER software has been developed to optimise this earthmoving, i.e. minimise the cumulative transport distance. Recent developments have made it possible to enrich it with a calculator for calculating greenhouse gas emissions and energy expenditure. The innovative feature is the fact that the software breaks the earthworks project down into elementary workshops, in order to calculate the impacts due to extraction, transport, materials placing and binder production. A study was performed on a motorway project 30 km long in France. It showed that the manufacture of treatment products and transport have a preponderant influence on the greenhouse gas emissions and energy consumption of this project. This tool therefore makes it possible to evaluate and optimise an earthworks project from the viewpoint of greenhouse gas emissions and energy consumption. It represents an aid for design and decision making in an international context of efforts to prevent climate change and conserve natural resources. □

MOVIMIENTOS DE TIERRAS SOSTENIBLES

S. BERNHARD & D. GAUTIER, EGS

El diseño de un proyecto de terraplenado de una infraestructura lineal (carretera, autopista o vía de ferrocarril) pasa por la realización de un movimiento de tierras. El software MASSTER ha sido desarrollado para optimizar este movimiento de tierras, es decir, minimizar la distancia acumulada de los transportes. Los recientes desarrollos han permitido enriquecerlo con un calculador de emisión de gases de efecto invernadero y de gasto energético. El software presenta la innovación de que desglosa la obra de excavaciones en talleres elementales para calcular los impactos inherentes a la extracción, los transportes, la aplicación de los materiales y la fabricación de los aglomerados. El estudio realizado sobre un proyecto vial de 30 km de longitud en Francia muestra que la fabricación de los productos de tratamiento y el transporte tienen una importancia preponderante en las emisiones de gases de efecto invernadero y en el consumo energético de este proyecto. Esta herramienta permite evaluar y optimizar un proyecto de excavaciones desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo energético y constituye una ayuda para el diseño y la toma de decisiones en un contexto internacional de lucha contra el cambio climático y de preservación de los recursos naturales. □

ANNEXE 2

Exemple d'une Convention entre Parties prenantes pour la conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières durables

REFERENCE FNTP

Les entreprises de Travaux Publics participent à la « croissance durable » préconisée par le Grenelle de l'environnement et décrite par la Stratégie Nationale de développement durable 2010-2013. La convention d'engagement volontaire (dont est présenté ici un extrait) a marqué l'implication des entreprises et de leurs collaborateurs dans l'évolution des métiers face au « défi écologique ».

Aujourd'hui, la transition écologique est au cœur des débats politiques. Le secteur de la construction et tout particulièrement les TP sont à même d'apporter des solutions. Les émissions de GES sont quantifiables et la Stratégie Nationale Bas Carbone structure les politiques publiques. Des scénarios prospectifs contrastés sont construits à partir d'hypothèses sur les usages dans le but de dimensionner les besoins en investissements dans les infrastructures « verte » à l'horizon 2030, pour imaginer 2050.

Le texte de Mars 2009 reste représentatif des objectifs qualitatifs d'une nouvelle version de la Convention mise à jour en 2021, dont voici un extrait.

Convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain

25 mars 2009

Entre :

L'Etat / Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire / Secrétaire d'Etat chargé de l'Ecologie
L'Assemblée des Départements de France, d'une part

La Fédération Nationale des Travaux Publics,
Le Syndicat Professionnel des Terrassiers de France,
L'Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française,
La Fédération Syntec-Ingénierie, d'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

Préambule

La France avec le "Grenelle Environnement" s'est engagée dans la mise en œuvre d'une stratégie ambitieuse en matière de développement durable.

Cette stratégie passe notamment par une lutte contre le changement climatique, la préservation de la biodiversité et des milieux naturels, la prévention des risques pour l'environnement et la santé et la promotion de modes de développement écologiques favorables à la compétitivité et à l'emploi.

Dans le domaine des transports, de nouveaux équilibres sont à trouver entre les différents modes de transport. Les aspirations de nos concitoyens et des territoires pour une meilleure prise en compte des matières de mobilité et d'intermodalité.

Qu'il s'agisse de la création de nouveaux services de transport avec leurs infrastructures, leurs exploitations, ou de l'optimisation des services et réseaux existants et de la généralisation des offres intermodales, tout doit donc être repensé pour que la mobilité durable devienne très vite une réalité.

Le secteur routier a beaucoup œuvré pour améliorer les conditions d'une meilleure acceptabilité sociale et environnementale. Premier mode de transport de biens et de personnes, il doit encore poursuivre sa mutation.

Les entreprises de Travaux Publics qui assurent la construction, l'aménagement, et l'entretien des infrastructures routières et des voiries urbaines (1 million de kilomètres existants) sont prêtes à relever ce défi avec l'ensemble de leurs donneurs d'ordre.

Elles sont présentes sur l'ensemble des territoires et constituent des acteurs de proximité et de services. Elles ont diversifié leur savoir-faire vers l'espace public urbain. Elles sont de plus en plus impliquées sur des chantiers de transports collectifs (TGV, tramway ...), de requalification urbaine ou de réaménagement des espaces urbains (petites et grandes communes), voire de développement des modes doux.

Des phases amonts du projet jusqu'à son achèvement, les sociétés d'Ingénierie accompagnent de leur côté les maîtres d'ouvrage publics et privés, dans la définition des modes de transport les plus adaptés aux besoins identifiés, dans la conception des infrastructures les plus respectueuses de leur environnement et dans la préconisation de dispositions les plus économes tant en phase chantier qu'en phase exploitation : en ce sens, elles contribuent de longue date à la promotion de la mobilité durable et confirment leur implication.

Sous l'égide de leurs organisations professionnelles (FNTP, SPTF, SYNTEC-INGENIERIE, USIRF), les entreprises de Travaux Publics, en particulier celles de terrassement et d'entretien et construction routière, et les sociétés d'Ingénierie, en particulier celles agissant dans le domaine de la maîtrise d'œuvre d'infrastructures, souhaitent aujourd'hui amplifier la coopération engagée avec les acteurs publics nationaux et locaux, et notamment l'Assemblée des Départements de France.

Elles décident de s'engager dans la mise en œuvre des orientations du Grenelle Environnement pour favoriser la compétitivité écologique à des conditions économiques acceptables.

Les derniers transferts de patrimoine et de compétences ont renforcé le rôle très important des départements français dans le domaine des infrastructures routières et des transports auquel il faut ajouter l'aide apportée aux communes pour leurs aménagements de voirie. A ce titre, les départements sont des interlocuteurs privilégiés de la profession.

Le MEEDDAT et l'ADF, témoins de ces engagements, sont signataires de la présente convention.

Synthèse des principaux engagements

Concevoir, construire, aménager et entretenir des infrastructures routières ou des voiries urbaines performantes sur le plan économique, responsables sur le plan social et respectueuses de l'environnement, est un défi que relèvent les entreprises de terrassements et de construction routière et les sociétés d'Ingénierie.

Les entreprises doivent aujourd'hui répondre aux enjeux du réchauffement climatique ou à la raréfaction des ressources non renouvelables en proposant des solutions concrètes, innovantes.

- **Réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers :**

A l'horizon 2020, les entreprises de terrassement se fixent pour objectif de réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers. Elles s'engagent en outre, à éviter de recourir à des emprunts ou carrières extérieurs aux projets : « zéro apport extérieur ».

Selon les caractéristiques géotechniques des chantiers, le pourcentage de réemploi des matériaux en l'état se situe de manière générale entre 40% et 80%. Afin de fixer une valeur de référence, la Profession réalisera un état des lieux des pratiques en matière de réemploi des matériaux à l'échéance 2010. Une amélioration de 10% du pourcentage de réemploi ou de valorisation des matériaux est attendue dès 2012. L'amélioration de 10% s'applique à la moyenne constatée de réemploi ou de valorisation en 2010.

Réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers nécessite une coopération entre les acteurs impliqués dans la recherche et les entreprises. Les entreprises de terrassement participent à ces recherches et s'engagent à maintenir leurs efforts visant à acquérir des connaissances nouvelles, faciliter la mise à disposition de chantiers expérimentaux et mener des actions d'information et de diffusion des avancées techniques.

Les sociétés d'Ingénierie s'engagent à promouvoir cette démarche dans leurs projets.

- **Atteindre un recyclage de 100% des routes :**

Les entreprises de construction routière privilégieront les solutions qui économisent les ressources naturelles non renouvelables en favorisant une meilleure valorisation des déchets de la déconstruction en optant notamment pour un recyclage des matériaux issus de la déconstruction routière et un accroissement du recyclage des déchets des TP. D'ici à 2012, elles s'engagent à passer d'un pourcentage de recyclage en centrale d'environ 20% aujourd'hui à 60% des matériaux bitumineux issus de la déconstruction routière.

Ceci permettrait une économie de 4 millions de tonnes d'enrobés neufs, soit l'équivalent de la production annuelle de 10 carrières de taille moyenne et de la production annuelle de bitume d'une raffinerie de pétrole de taille moyenne.

- **Préserver la biodiversité et les milieux naturels :**

Dans le cadre d'un partenariat général avec les maîtres d'ouvrage, les entreprises de terrassement et de construction routière s'attacheront, lors d'opérations de travaux à préserver en priorité la biodiversité et à assurer une préservation des fonctionnalités des milieux naturels tant terrestres qu'aquatiques. Des méthodologies et recommandations seront établies et diffusées vers les entreprises au plus tard en 2012.

- **Réduire les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie :**

Les entreprises de terrassement et de construction routière s'engagent à l'horizon 2020 à réduire de 33% leurs émissions de gaz à effet de serre liées aux activités de terrassement, d'entretien routier et de construction.

Dès 2012, les entreprises de construction routière souhaitent réduire de 10% ces émissions de CO2 grâce aux progrès sur les transports, les centrales d'enrobage et les produits routiers. Les entreprises de terrassement souhaitent quant à elles atteindre une réduction de 6% de ces émissions grâce aux progrès sur les transports. Des valeurs de référence seront fixées dès 2009.

- **Réduire la consommation d'eau sur les chantiers de terrassement :**

Pour des raisons de sécurité et de réduction des nuisances, d'importantes quantités d'eau sont utilisées pour prévenir l'envol de poussières sur les pistes de chantiers. Les pratiques actuelles sont essentiellement empiriques. Réduire la consommation d'eau sur les chantiers nécessite de repenser et codifier les méthodes d'arrosage des pistes jusqu'alors employées. Les entreprises de terrassements s'engagent à établir des recommandations pour les membres de la Profession. Elles aboutiront sur la validation de « Plans Arrosage ». Des outils de suivi permettront de mesurer les progrès et des objectifs quantifiés de réduction de la consommation d'eau seront fixés dès 2012.

L'ambition serait de réduire de moitié la consommation d'eau.

- **Accroître la performance environnementale des entreprises et de la Route :**

Afin de favoriser la comparaison des solutions environnementales, un « Eco-comparateur » commun aux entreprises sera mis en place. Les indicateurs porteront sur : l'énergie consommée, les émissions de gaz à effet de serre, la préservation de la ressource naturelle. Cet « Eco-comparateur » qui verra le jour au second semestre 2009 devrait être validé par la puissance publique.

- **Améliorer la sécurité routière, la sécurité des personnels, des usagers et des riverains :**

Les signataires conviennent d'engager un effort particulier sur les conditions de réalisation des chantiers sous circulation. Ils souhaitent amplifier les actions menées en matière de conduite apaisée objectifs sera signée durant le premier trimestre 2009 entre la Profession, la Délégation Interministérielle à la Sécurité Routière et la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs salariés (CNAMTS).

- **Participer au développement de la recherche et diffuser l'innovation**

Les ambitions en matière de développement durable ne pourront être atteintes sans disposer de nouveaux outils, méthodes et méthodologies préparant les ruptures technologiques de demain. Les entreprises de terrassement et de construction routière et les sociétés d'Ingénierie s'engagent à accroître les recherches et leur collaboration avec notamment le Réseau Scientifique et Technique (RST) de l'État, le Comité de l'innovation routière du MEEDDAT, le Comité Français des Techniques Routières (CFTR), l'Assemblée des Départements de France (ADF) et les autres associations nationales de collectivités locales. Les résultats de ces travaux pourraient aboutir à une refonte de l'ensemble de la doctrine routière.

- **Adopter un nouveau mode de partenariat : vers un Institut Français de la Route et des Infrastructures de transport :**

Créer aujourd'hui les conditions d'une véritable compétitivité écologique s'avère nécessaire. Pour y parvenir, les signataires de la charte s'engagent notamment à poursuivre en liaison avec tous les acteurs concernés leur réflexion sur la mise en place d'une plate-forme unifiée d'échanges à partir des instances de partenariat existantes tels que le CFTR ou le Comité Français de PIARC, qui pourrait aboutir, à terme, à la création d'un Institut Français de la Route et des Infrastructures de Transport.



Copyright by the World Road Association. All rights reserved.

World Road Association (PIARC)

La Grande Arche, Paroi Sud, 5e étage, F-92055 La Défense cedex