

Insertion d'une infrastructure routière

Concilier terrassements et enjeux paysagers

Économie
Environnement
Conception

84

Les terrassements ont pour objectif de donner à la future infrastructure les caractéristiques géométriques la rendant compatible avec sa destination fonctionnelle et les contraintes géotechniques des terrains traversés. Par leur fréquence et leur impact, les travaux de terrassement jouent un grand rôle dans la fabrication de l'image future de l'infrastructure et la qualité du projet global ; en cela ils intéressent le projet de paysage.

L'objectif de cette note d'information est de sensibiliser le maître d'ouvrage et les équipes projets (concepteurs routiers, paysagistes, géotechniciens, chefs de projet) aux enjeux paysagers des terrassements pour l'insertion de l'infrastructure dans le territoire, et de leur proposer la mise en place de méthodes de travail garantes du dialogue et des interfaces entre les deux domaines.

Cette note d'information a été élaborée en concertation entre des paysagistes et des géotechniciens des Centres d'études techniques de l'Équipement (CETE) et des Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées (LRPC).

Sommaire

I - Préambule	2
II – Les acteurs	2
III – Les moments clés du travail en équipe.....	4
IV – Les problématiques géotechniques.....	10
V – Dialogue entre choix d'aménagements paysagers et terrassements.....	12
Conclusion.....	16
Bibliographie.....	16

I - Préambule

Vecteur de promotion des régions et de leurs paysages, une infrastructure s'implante dans le territoire en y imposant ses propres caractéristiques et une nouvelle organisation des lieux. La difficulté quant à l'insertion de tels aménagements provient, entre autres, des nouveaux jeux d'échelles engendrés par le projet et des conflits entre la nouvelle image du territoire traversé engendrée par le projet et celles antérieures au projet et communément appropriées.

Les travaux de terrassements ont un impact important dans la fabrication de l'image projetée de l'infrastructure et dans son acceptabilité sociale future. Ainsi, la répartition et le traitement des déblais et des remblais jouent un rôle essentiel dans le rapport entre l'infrastructure et le territoire. Les terrassements, éléments techniques incontournables, permettent de conférer à la route les caractéristiques géométriques et techniques la rendant compatible avec sa destination fonctionnelle, mais aussi vis-à-vis des contraintes physiques des sols traversés.

Afin d'aboutir à un projet d'aménagement techniquement et qualitativement inséré dans le paysage, la mise en place de démarches de communication et d'échange d'informations entre les équipes en charge des études géotechniques et de paysage apparaît comme primordiale. En effet, trop souvent encore la question du paysage et de l'insertion du projet dans le territoire est envisagée tardivement en tant qu'élément secondaire ou solution de rattrapage. Le travail du paysagiste consiste à mettre en relation le territoire et l'infrastructure en prenant en compte la perception et le confort des usagers, la qualité d'environnement des riverains et la relation avec les différents acteurs du territoire.

Prendre en compte les enjeux paysagers suffisamment tôt au cours de la démarche de projet (dès les phases amont) permet d'aboutir à un meilleur projet tant du point de vue technique, environnemental, esthétique qu'économique ; par ailleurs cela répond aux orientations affirmées dans la convention européenne du paysage [1].

Cette note d'information vise à sensibiliser le maître d'ouvrage et les équipes projet (concepteurs routiers, paysagistes, géotechniciens, ou chefs de projet) aux enjeux paysagers des terrassements pour l'insertion dans le territoire, et propose la mise en place des méthodes de travail garantant le dialogue et des allers-retours entre les domaines. Elle met l'accent sur les éléments incontournables du paysage et des terrassements qui doivent être pris en compte et connus de chacun des partenaires, et ceci, à toutes les phases du projet. En effet, une approche univoque, menée uniquement sous l'angle du paysage ou de la géotechnique conduirait à des erreurs de conception ou de mise en œuvre du projet d'aménagement. En s'appuyant sur les contraintes de nature et de stabilité des sols, l'interface entre les équipes « terrassements » et « paysage » permettra d'optimiser le projet. Pour cela, le rôle du chef de projet ou maître d'œuvre consistera alors à marquer des points d'arrêt et s'assurer que le dialogue est effectif tout au long du processus.

Cette note d'information ne traite pas des bassins, des fossés et des rétablissements hydrauliques.

II – Les acteurs

La mission et la démarche du paysagiste

Sa mission consiste à définir un **parti d'aménagement paysager** visant à insérer le projet d'infrastructure dans le territoire en valorisant les paysages¹ traversés. Cette insertion passe par une mise en cohérence de l'infrastructure avec les grandes lignes structurelles et éléments du paysage en considérant les **différents échelles et modes de perception** (territoriale, locale, vision des usagers et des riverains).

Par ailleurs, la proposition doit également tenir compte des **usages et fonctionnalités** des lieux traversés (pratiques agricoles et forestières, développement urbain, fonctions écologiques, ...) mais aussi des exigences budgétaires et techniques (assainissement, tracé routier, géotechnique...).

C'est donc ce défi que le paysagiste doit relever pour chaque projet. Ceci nécessite une vision globale des problématiques et une attitude transversale. En pratique le paysagiste agit sur la conception des terrassements et sur les principes de plantation. Si ces interventions sont complémentaires il faut cependant souligner le rôle déterminant et durable des terrassements dans la fabrication du paysage de l'infrastructure. En fonction des grands types de paysage les conséquences sur les choix des terrassements et de leurs emprises seront différentes.

¹ La France a adhéré à la Convention européenne du Paysage [1], laquelle précise que : « *paysage désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations* ». Cette convention, qui a pour objet de promouvoir la protection, la gestion et l'aménagement des paysages, s'applique à l'ensemble du territoire et "elle concerne autant les paysages pouvant être considérés comme remarquables, que les paysages du quotidien et les paysages dégradés".

Pour mener à bien sa mission le paysagiste s'appuie sur une démarche de projet itérative et pluridisciplinaire. Cette démarche s'applique à toutes les phases d'études sachant que chacune de celles-ci présente des enjeux tout aussi importants quant au résultat final. Ainsi, à chaque étape, le paysagiste est amené à « réinterroger » les principes ou orientations d'aménagement définis aux études préalables. Dans cette perspective il est toujours à la recherche d'un dialogue avec les acteurs et autres professionnels impliqués pour faire émerger des solutions appropriées et acceptées de tous.

Les dimensions et les interfaces prises en compte par le paysagiste sont nombreuses : paysage/aménagement foncier, paysage/équipements, paysage/ouvrage d'art, paysage/agriculture, paysage/entretien, etc. , mais seule la problématique de l'insertion paysagère des terrassements est développée dans cette note.

La mission et la démarche du géotechnicien

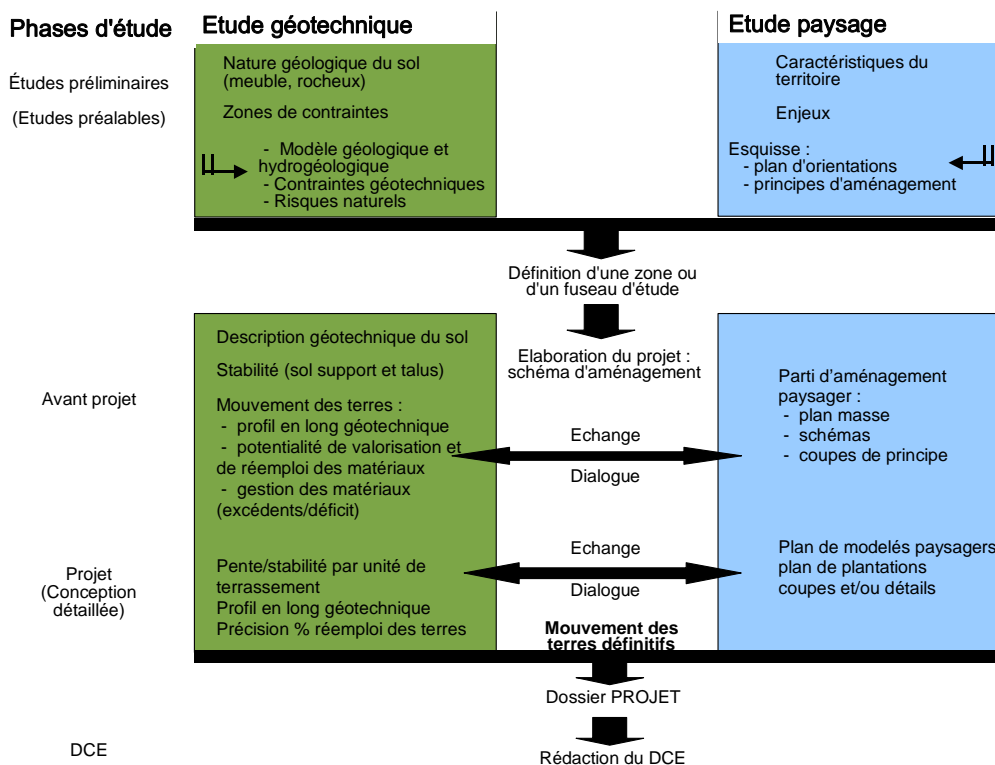
Sa mission consiste à définir les contraintes géotechniques du site « s'exerçant » sur le projet d'infrastructure (contraintes de stabilité) et à caractériser les matériaux (sols, roches) en proposant leur valorisation dans l'ouvrage routier (remblais, couche de forme, voire structure de chaussées).

Dans un premier temps, le géotechnicien réalise un état des lieux de la nature du sol afin de préciser ses caractéristiques et les difficultés susceptibles d'être rencontrées. Ce travail permet de définir les principes techniques compatibles avec les caractéristiques géotechniques et de stabilité des matériaux (pente des talus,...), les contraintes hydrogéologiques, mais aussi avec la géométrie du projet (profil en long et en travers).

Dans un deuxième temps, le géotechnicien contribue à l'étude de projet de terrassements proprement dit. Les volumes de terrains générés en déblais et les volumes créés en remblais doivent, dans l'idéal, s'équilibrer. L'étude de terrassements doit proposer « des destinations privilégiées » au sein de l'ouvrage routier (en remblais, partie supérieure des terrassements, en couche de forme, en aménagements paysagers...). Ces déplacements de matériaux constituent **le mouvement des terres**. Toute opération modifiant l'équilibre des terres a une conséquence directe sur le coût des travaux de terrassement et sur le parti d'aménagement général.

Le géotechnicien doit ainsi répondre à un double défi, **assurer la stabilité à long terme du projet routier et optimiser la valorisation des matériaux du site**. Le mouvement des terres constitue l'aboutissement de l'étude géotechnique et un document de base pour l'élaboration du projet de terrassements.

Liens entre l'étude géotechnique et l'étude de paysage



Relations et échanges entre l'étude géotechnique et l'étude de paysage pendant l'élaboration du projet d'infrastructure

Le concepteur de l'infrastructure doit, avec l'accord du maître d'ouvrage, établir un mouvement des terres « définitif » répondant à la fois aux besoins géotechniques et hydrauliques et aux enjeux paysagers. Cette synthèse nécessite d'initier le dialogue (cf. schéma précédent) entre les spécialistes des terrassements et du paysage le plus tôt possible. L'objectif est de concilier les contraintes de chacun dans un projet partagé.

III – Les moments clés du travail en équipe

Le travail en équipe et la mise en place d'échanges entre les différentes disciplines, dès les phases d'étude amont, sont garants d'un projet partagé, où toutes les composantes contribuent à sa qualité globale.

Pour chacune des phases de déroulement des études, il est possible d'identifier des « moments clés ». Ceux-ci permettent de garantir les échanges nécessaires entre les différentes disciplines, d'affirmer la volonté d'un travail d'équipe où chaque réflexion apporte au projet d'ensemble. Ces moments clés permettent également d'anticiper les difficultés et de trouver les solutions appropriées.

Études d'avant-projet²

A ce stade de première esquisse, chacun doit pouvoir faire évoluer ses propositions. Le travail sur les profils en travers et le profil en long doit pouvoir se faire en concertation : géotechnicien, concepteur de l'infrastructure, et paysagiste. D'autres thématiques, faisant également appel au modelé de terrain, sont à solliciter : hydraulique, acoustique et ouvrage d'art notamment. Enfin, avant de confirmer les options en phase projet, il ne faut pas oublier les grands principes à mettre en œuvre dans le domaine foncier, ceux-ci sont en effet à aborder avec les acteurs du territoire (agriculteurs, forestiers...).

Il y a donc **nécessité d'échange d'informations entre l'ensemble de l'équipe de conception** pour que la poursuite de la réflexion puisse se faire en cohérence entre les différentes thématiques. Pour cela, le paysagiste peut produire un carnet d'esquisses préalables servant de support de discussion entre les disciplines et avec les acteurs locaux.

De même, le géotechnicien précise les contraintes incontournables (équilibre des terres, stabilité des talus, stabilité des sols supports). Les grandes lignes du projet de terrassement et les partis d'aménagement du territoire émergent à ce stade d'étude, comme par exemple concilier :

- emprunt de matériaux de bonne qualité (matériaux nobles) et création d'effets de mise en scène en travaillant sur le substratum géologique ;
- gestion d'excédent des terres et création de modelé reproduisant la morphologie du site.

Conception détaillée

A ce stade, les résultats des études complémentaires peuvent permettre des ajustements des principes d'aménagement envisagés. On se situe donc dans la phase de calage du projet d'infrastructure à proprement parler.

Il est ainsi indispensable d'établir un calendrier pour formaliser des réunions de travail ou des temps d'échange interdisciplinaires : interfaces, points d'arrêt ou d'information, moment d'échanges/d'informations/de décision. L'objectif est de réunir les conditions propices pour l'élaboration de la conception détaillée de l'ensemble du projet d'infrastructure de façon concertée.

Elaboration du DCE³ et réalisation des travaux

Enfin, la rédaction du CCTP⁴ va permettre d'intégrer les spécificités et les exigences techniques de chaque ouvrage. Il faut notamment prévoir dans sa rédaction une **liste de points d'arrêt** permettant de garantir la qualité des différents ouvrages (suivant les critères définis dans le GTS [3]). Celle-ci permet d'anticiper les interactions entre les lots (terrassements, plantations, ...). La phase de chantier correspondant à des points d'arrêt identifiés peut nécessiter la présence ou l'avis

² Conformément à la circulaire du 7 janvier 2008 de la DGR fixant les modalités d'élaboration, d'instruction, d'approbation et d'évaluation des opérations d'investissement sur le réseau routier national [2].

³ Dossier de Consultation des Entreprises.

⁴ Cahier des Clauses Techniques Particulières.

obligatoire du paysagiste (plans d'exécution, lieux et conditions de stockage de la terre végétale, mise en oeuvre de la terre végétale, fond de forme⁵, talus, ...).

Il est également nécessaire de prévoir la présence du paysagiste en démarrage de chantier (1^{ère} réunion formalisée) pour apporter des précisions ou répondre aux questions que pourrait poser l'entreprise de terrassements, mais également en cours de travaux (en fonction des contraintes et des aléas du chantier) et à la réception des travaux.

Ainsi, en fonction de l'importance et de la complexité des terrassements et comme préconisé dans le GTS, il est nécessaire de s'interroger sur la nécessité de prévoir :

- la présence du paysagiste pendant toutes les réunions de chantier ;
- une assistance conjointe (paysagiste, géotechnicien) pour la réception de l'ouvrage.

Documents à produire par phase d'étude relatifs aux thématiques "terrassements et paysage"

Phase d'étude	Equipe Terrassements	Equipe Paysage
Etudes préalables	Carte géologique - Carte des contraintes Plan de tracé : profil en long et ébauche profil en travers	Esquisse d'un schéma général d'aménagement paysager
Avant projet	Profil en long géotechnique Principes de profils en travers Evaluation des cubatures (réutilisation, excédent...)	Plan masse Principes de mouvement des terrassements (plan topographique/altimétrique, coupes de principe)
Conception détaillée	Plan d'entrées en terre % de réutilisation des matériaux Mouvement des terres géotechnique	Plan de terrassement Coupes, plan masse Carnet de détails (plantations, schéma de principe des modelés et enrochements, épaisseur de la terre végétale)
DCE	Mouvement des terres définitifs CCTP ; carnet de détails Liste des points d'arrêt avec présence conjointe géotechnicien et paysagiste	
Réalisation des travaux	Rédiger et diffuser le planning de l'ensemble des interventions, à tous les lots Caler les points d'arrêt (définir les dates)	

⁵ Le fond de forme doit être constitué, dans sa couche supérieure de matériaux ou terre offrant une perméabilité compatible avec une bonne colonisation racinaire, et doit donc favoriser la continuité des caractéristiques physiques de la terre végétale ou de tout autre substrat (extrait Fascicule 35 du CCTG Aménagements paysagers –aires de sports et de loisir de plein air – travaux neufs[4]).

Exemple : Le franchissement d'un vallon bocager par l'A29 : un traitement géomorphologique⁶ exemplaire



Le vallon en 1989

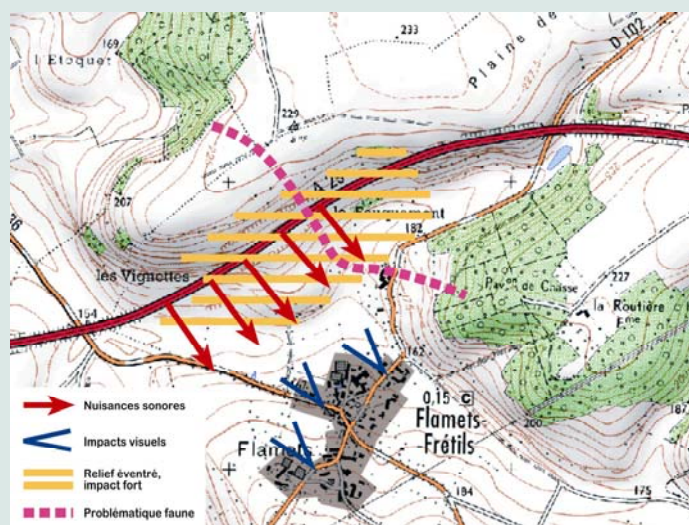
Contexte et enjeux paysagers

Dans cet exemple, l'A29 traverse la région bocagère et vallonnée du Pays de Bray. Elle emprunte au niveau de la commune de Flamets-Frétils, un profond vallon bocager où quelques beaux rideaux d'arbres soulignent les courbes de niveaux. Les dénivellations sont de l'ordre d'une cinquantaine de mètres.

Dès les études amont ce site fut identifié comme un secteur très sensible auquel il fallait prêter une attention particulière. Outre ses qualités paysagères ce site présentait de fortes co-visibilités avec le village implanté sur un versant opposé et plus largement avec le paysage environnant. Il était certain que le **franchissement de ce vallon créerait des terrassements de fort impact visuel**.

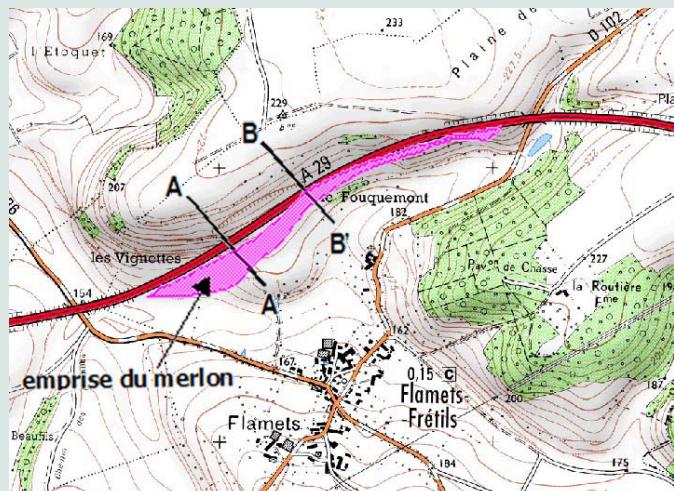
Autres enjeux du projet

D'autres enjeux sont apparus au fil des études et de la conception du projet, à l'échelle globale du projet et plus locale du site. Les études faisaient en particulier apparaître **un excédent de matériaux de plus de 1 million de m³** et la nécessité de rétablir un passage pour la faune au droit de ce vallon.



Impact du projet brut

⁶ Ce terme "traitement géomorphologique" est utilisé par opposition aux techniques de terrassement classiques définies selon les règles techniques et fonctionnelles et qui déterminent des formes régulières. Il recouvre les techniques de terrassement qui permettent de créer des mouvements de sol en rapport avec la morphologie des lieux traversés.



Les principes d'aménagement

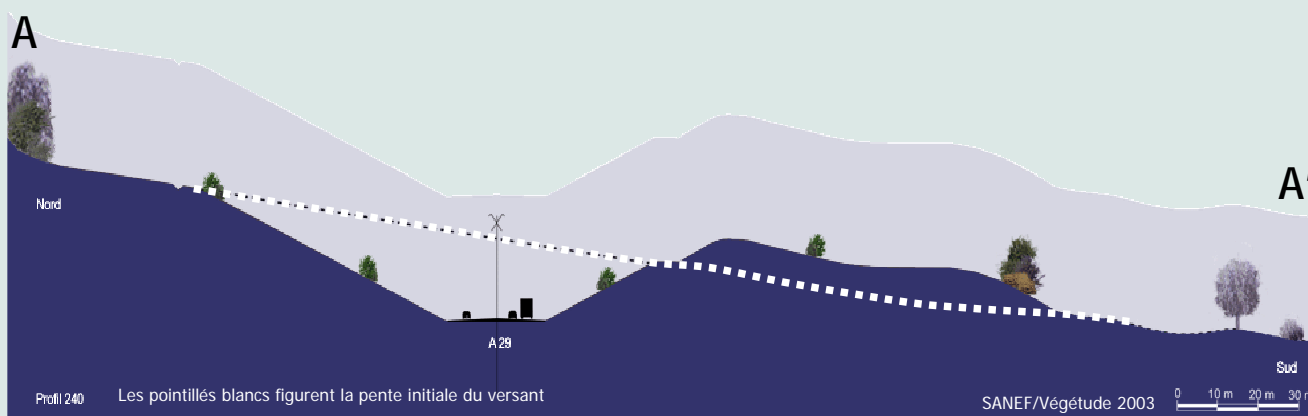
Le parti d'aménagement

C'est un parti d'aménagement ambitieux mais approprié qui a été retenu pour répondre à l'ensemble des exigences techniques, économiques, environnementales et paysagères du projet.

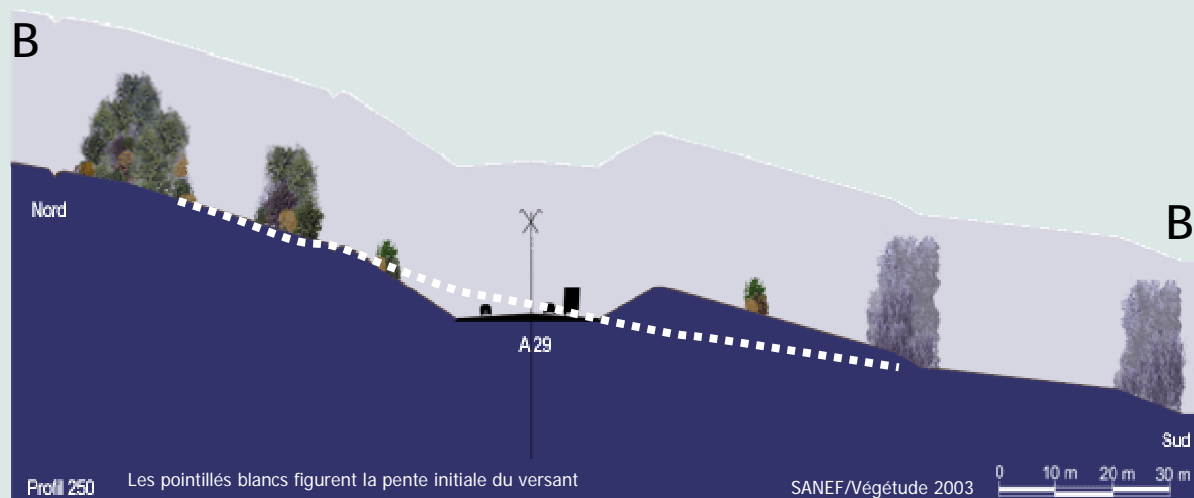
Le principe consiste à **faire passer l'A29 à mi-versant du vallon et à recréer artificiellement un nouveau versant de sorte à dissimuler l'autoroute et à préserver les lignes de force du paysage.**

La mise en œuvre de ce parti d'aménagement a nécessité l'acquisition de larges emprises pour pouvoir venir adosser un « merlon » dont la hauteur, la forme et les pentes s'harmonisent avec celles du site. Cet aménagement a permis d'optimiser la gestion d'un volume considérable de matériaux excédentaires à l'intérieur de l'emprise en évitant un « saupoudrage » de zones de dépôts le long de l'A29 dans des secteurs inappropriés. Des plantations sous forme de rideaux d'arbres viennent parachever le travail d'insertion.

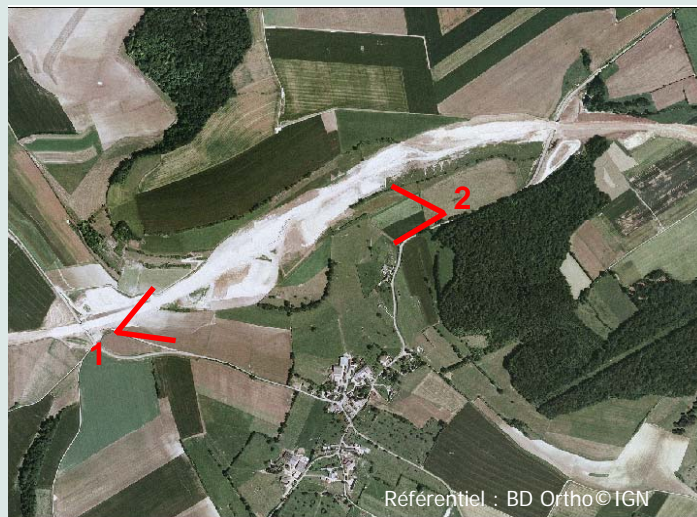
Par ailleurs, un passage à faune franchit l'A29 dans un environnement favorable à sa fréquentation par les grands animaux. Enfin un autre point positif est à souligner : le conventionnement passé avec un éleveur local afin qu'il mette à pâturer ses animaux et assure de cette façon l'entretien du nouveau versant bocager.



Un merlon est accolé à l'autoroute à mi-versant. Il permet de dissimuler l'autoroute et ses grands talus de déblais et de reconstituer un paysage à l'image du paysage initial. La **hauteur, la largeur et les pentes du merlon varient pour s'adapter aux pentes et se raccorder harmonieusement avec le terrain naturel** (cf. coupes transversales AA' et BB' ci-contre).



Le projet en cours de chantier



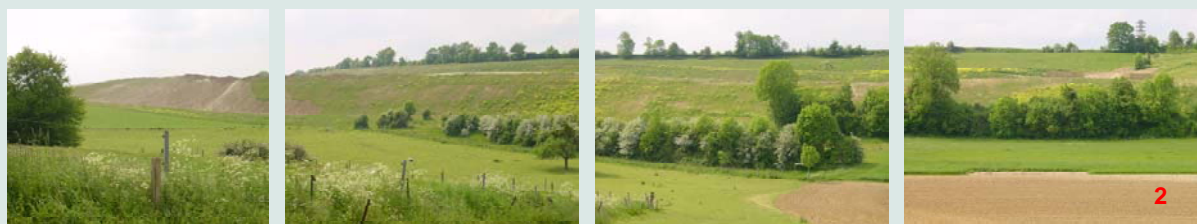
Visualisation du chantier au niveau de la commune de Flamets-Frétils



Le merlon en cours d'élévation ne masque pas encore le talus de déblai vis à vis du village



En octobre 2003 les travaux de terrassement sont en cours d'achèvement, le merlon est recouvert d'une couche de terre végétale

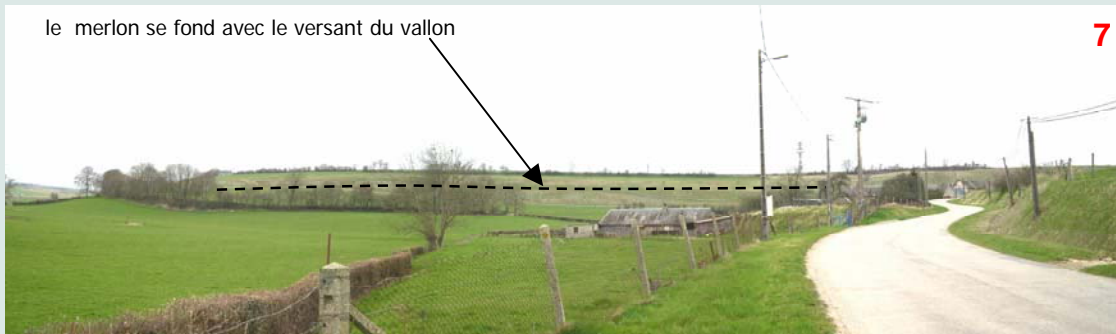
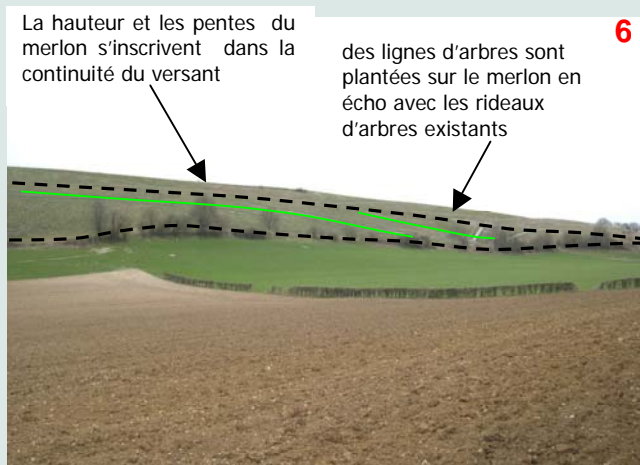
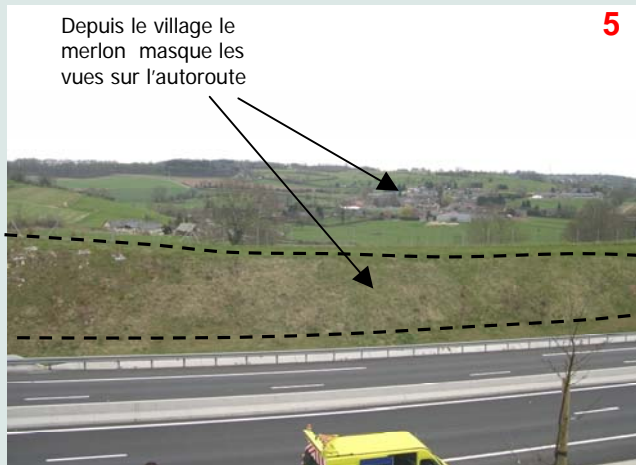
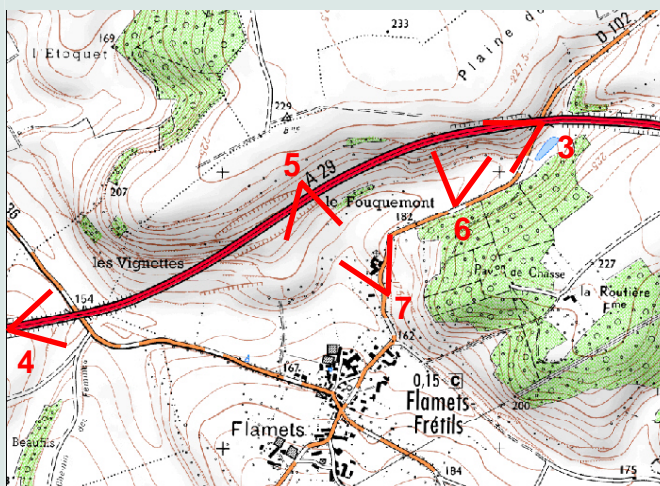


Dès l'achèvement des travaux de terrassement le merlon est engazonné et rapidement celui-ci se fond dans le paysage (mai 2004)

Une intégration paysagère réussie

D'un point de vue paysager, ce parti d'aménagement a permis d'apporter une réponse satisfaisante en terme de recomposition du paysage aux abords de l'autoroute en s'adaptant à l'échelle du grand paysage. Il a permis par ailleurs de gérer de façon économe les excédents de matériaux.

Photographies d'automne 2006



IV – Les problématiques géotechniques

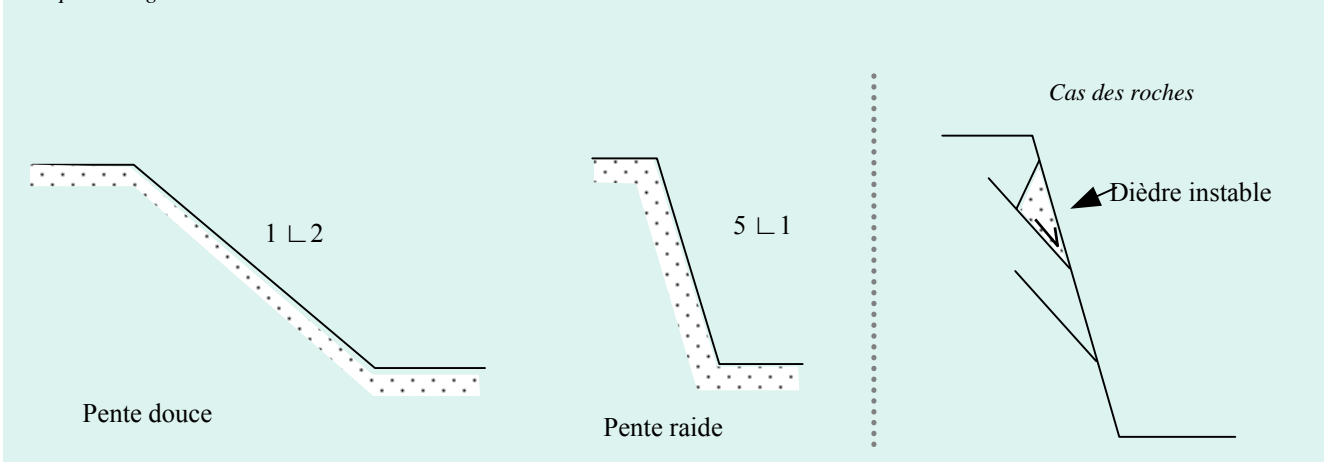
La stabilité des talus de terrassements et leur évolution

Le talus est un ouvrage qui doit être stable dans le temps. Sa stabilité est définie par les études géotechniques. Il est construit par l'entreprise de terrassement. Le talus peut être en déblai ou en remblai, il peut être technique ou paysager.

L'étude géotechnique contient donc des éléments essentiels pour le paysagiste présentant les pentes de stabilité admissibles.

La **nature des sols** ou **des roches** constituant les talus implique des traitements adaptés. Selon la nature des matériaux, **l'angle de stabilité** des talus défini par le géotechnicien varie : l'angle de stabilité correspond à la pente maximale pour laquelle le matériau est réputé stable. **C'est la pente qui déterminera l'emprise et les volumes des terrassements. Les traitements de ces pentes auront donc des conséquences sur l'ampleur des emprises finales.**

Exemples d'angle de stabilité :



En déblai, les contraintes géotechniques peuvent **imposer un adoucissement des pentes de talus ou à l'inverse autoriser un raidissement de talus rocheux**. En remblai, les contraintes de stabilité peuvent nécessiter un adoucissement des pentes de talus ou un renforcement (raidissement des talus limitant l'emprise au sol des remblais).

Le dimensionnement des talus tient également compte des possibilités d'évolution naturelle des matériaux soumis aux effets du gel ou de l'érosion.

Equilibre et mouvement des terres : la valorisation des matériaux

Les études de tracé définissent **les contraintes d'utilisation des sols pour le projet**. Cette utilisation des matériaux du site est aujourd'hui poussée à un niveau très important grâce aux techniques de traitement (liants) ou par optimisation des moyens de concassage, améliorant les caractéristiques intrinsèques des sols et des roches en place et permettant la mise en place d'actions de développement durable sur le projet. On parle de « valorisation des matériaux ».

Cette problématique (environnementale et économique) peut modifier considérablement la géométrie du projet, **l'équilibre des terres et le déplacement des volumes de matériaux (mouvement des terres)**.

Le croisement de toutes ces contraintes aboutit à la définition d'une stratégie des travaux de terrassements avec comme fil conducteur, **l'enjeu économique**. Cette stratégie vise à rechercher des matériaux valorisables (c'est-à-dire réutilisables) pour le projet, les zones de dépôts pour les matériaux impropres tout en visant un équilibre des terres et en limitant les distances de transport.

Exemples :

cas d'un chantier excédentaire en matériaux : la stratégie des terrassements est alors réduite à la recherche de zones de dépôts ou de création de merlons pour consommer les matériaux (à proximité immédiate). Cette stratégie répond-elle à un besoin paysager ? Si la réponse est positive on peut concevoir une valorisation paysagère des excédents. Si la réponse est négative, il y a certainement intérêt à rechercher des solutions techniques réduisant l'excédent (comme par exemple la remontée du profil en long) ;

cas d'un chantier déficitaire avec nécessité d'emprunts : dans ce cas, la stratégie des terrassements prévaut sur le paysage, il existe un intérêt économique à valoriser les matériaux du site. Cet intérêt financier a également un enjeu environnemental (développement durable) avec la valorisation des matériaux du site en préservant les gisements extérieurs (qui ne seront pas prélevés pour le projet). La stratégie des terrassements recommandera d'augmenter les volumes de déblais valorisants pour répondre aux besoins du chantier. Ces « emprunts » deviennent des contraintes pour le paysagiste qui devra y apporter une réponse par ses orientations d'aménagement.

Les contraintes d'extraction

Déblais meubles

L'exécution des talus se fait par des engins classiques : pelle, décapeuse, bouteur, chargeur. Ces engins permettent d'obtenir des pentes de talus planes avec peu d'incertitudes ou de variations entre la pente de talus décrite dans les documents du projet paysager et celle obtenue lors des travaux.

Arrondir les crêtes de talus et effectuer un traitement morphologique sont plus difficiles à réaliser pour plusieurs raisons :

- la difficulté de traduire le modelé en plan d'exécution (profil en travers et profil en long de la crête de talus) d'où la nécessité d'un dialogue avec le paysagiste en début de chantier ;
- la rémunération spécifique du travail du modelé qui ne peut pas se faire dans le cadre du terrassement en grande masse, rémunéré au m³ ;
- la concrétisation d'un arrondi en crête de talus doit souvent être confiée à du personnel expérimenté (nécessité d'une compétence spécifique) ;
- la difficulté de définir les entrées en terre (les emprises) et l'assiette ;
- la difficulté d'exécution, voire l'impossibilité une fois le talus réalisé (nécessité d'anticiper et de réaliser des plannings de travaux).

Déblais rocheux

Les possibilités de mise en valeur paysagère dépendront de différents paramètres : du pendage (pente des bancs), de l'orientation des bancs, de la nature de la roche et de sa fracturation.

Les travaux peuvent être exécutés soit à l'explosif soit par des engins de forte puissance (brise-roche hydraulique, ripper, pelle de grande dimension). Ces techniques d'extraction présentent un risque (difficilement quantifiable) de variations des pentes obtenues en raison principalement d'instabilités apparaissant lors des travaux (dièdres rocheux, effets arrières des tirs de mine, poche de matériaux plus altérés,...).

On distingue les talus rocheux géométriques (pentes régulières) des talus rocheux avec mise en valeur de la roche.

Les premiers sont facilement traduits sur des profils en travers. Les techniques d'extraction seront adaptées en fonction de la pente recherchée (ex : techniques de pré-découpage, variation des charges). Ces adaptations techniques ne suppriment pas pour autant la totalité des incertitudes de travaux.

Dans le second cas, il existe une plus grande incertitude « de réalisation ». Ils sont difficiles à représenter sur des profils en travers. Les techniques de minage sont alors soit adaptées, soit associées à des techniques de reprise (déblais de petite masse). Ces dispositions sont parfois difficiles à quantifier. D'autre part, elles doivent être réalisées à l'avancement des travaux.

La végétalisation des talus

Les objectifs de la végétalisation des talus sont multiples [5] :

- la stabilisation superficielle des sols : la végétalisation rapide des talus permet de stabiliser la surface des sols et d'éviter les effets de ravinement ; le couvert végétal est un des meilleurs moyens de réduire l'érosion superficielle dans la mesure où les végétaux et les techniques sont adaptés à cet objectif ;
- la sécurité des usagers : augmentation de la lisibilité du parcours, fixation de neige, etc.;
- la qualité paysagère et écologique ;
- l'optimisation des travaux d'entretien, etc.

Selon le type de végétation envisagée il peut être nécessaire de faire des apports de terre végétale. Si l'on souhaite végétaliser les talus, il est non seulement nécessaire de **constituer un sol, mais également une qualité de sol (substrat)**.

Pendant longtemps l'utilisation de la terre végétale a été considérée comme l'étape indispensable d'une action de végétalisation. A l'heure actuelle, une meilleure connaissance de la gestion des espaces enherbés et des mécanismes de recolonisation attestent que, pour une conception plus écologique, l'utilisation de la terre végétale ne doit pas être systématique. Une nature de terrain, pauvre en matière organique, permet l'établissement d'une flore particulièrement intéressante au contraire d'un sol riche qui laissera s'installer une flore prairiale (majoritairement des graminées) moins intéressante d'un point de vue paysager.

La mise en œuvre de la terre végétale fait souvent partie des tâches du terrassier. En phase d'étude, le géotechnicien contribue peu à la valorisation de la terre végétale, mais plutôt à :

- l'indication des épaisseurs de terre végétale découvertes en sondage ;
- des prescriptions en matière de décapage de la terre végétale dans l'emprise des travaux ;
- des prescriptions en matière d'épaisseur acceptable de terre végétale en fonction des pentes et de la nature des talus (matériaux sensibles à l'érosion - cas des sables, des argiles ou des marnes).

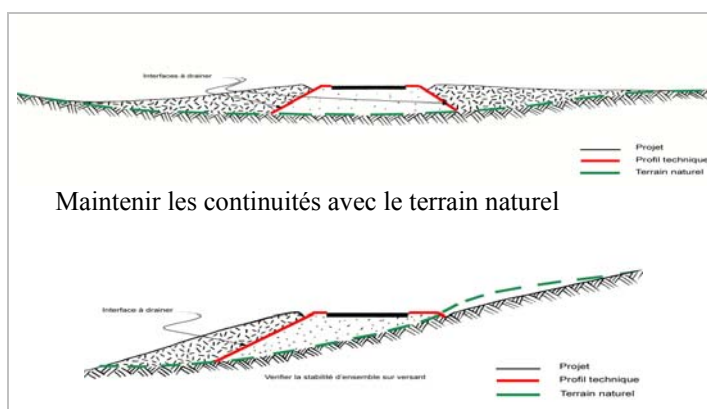
Il faut éviter de régaler la terre végétale sur une épaisseur trop importante, en particulier sur les talus de déblais, car cela peut entraîner des problèmes de stabilité (glissements pelliculaires) parfois plusieurs années après l'enherbement. Une épaisseur de 5 à 15 cm est l'idéal pour un enherbement de talus mais reste à adapter en fonction du type de plantation envisagé (jeunes plants, arbustes, arbre 16/18, ...). Dans le cas de plantations, une épaisseur minimale de 15 cm est requise. Il n'est en général pas conseillé de dépasser 20 cm d'épaisseur (exceptionnellement 30 cm) pour la terre végétale sous peine de la trouver rapidement en bas du talus. Ensuite, il est essentiel que **le paysagiste précise la qualité de la terre végétale et son mode de mise en œuvre** dans le CCTP⁷. Enfin, la mise en œuvre de la terre végétale ne peut pas se faire sur une surface lisse : il faut griffer ou cheniller le sol support perpendiculairement à la ligne de pente.

V – Dialogue entre choix d'aménagements paysagers et terrassements

Principes et effets paysagers recherchés

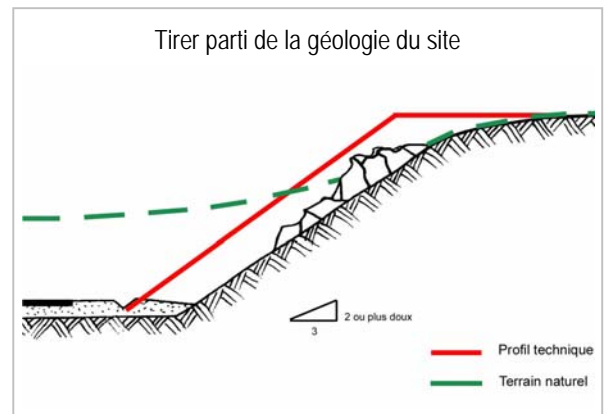
La conception des terrassements dans une optique paysagère s'appuie sur les principes ou effets recherchés suivants :

- Inscrire l'infrastructure dans la géographie (le sol) qu'elle traverse :
 - relier harmonieusement les lignes de l'infrastructure avec celles du site

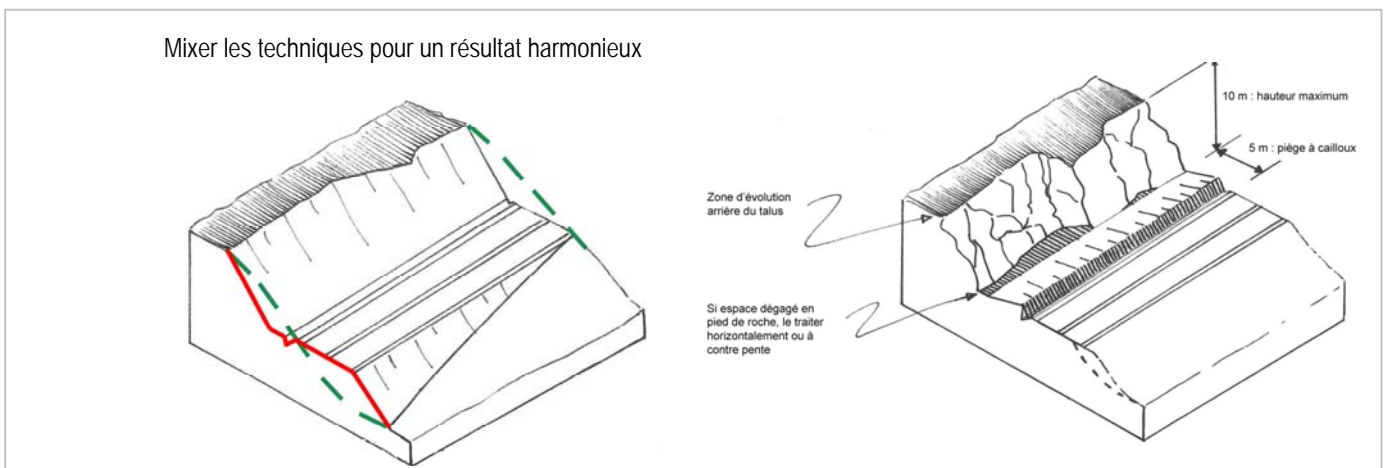


⁷ Cahier des clauses techniques particulières

- révéler le substrat géologique en déblai :



- Créer des effets de mise en scène, de cadrage, de balcon :



- Permettre la réappropriation des espaces proches de la voie pour des usages agricoles ou d'autres usages (voir *NI Environnement : gestion matériaux excédentaires en zone agricole [6]*).
- Créer les conditions optimales à l'implantation et au développement de la végétation.

Ces principes généraux peuvent être mis en œuvre de multiples façons et font appel selon le contexte aux techniques suivantes :

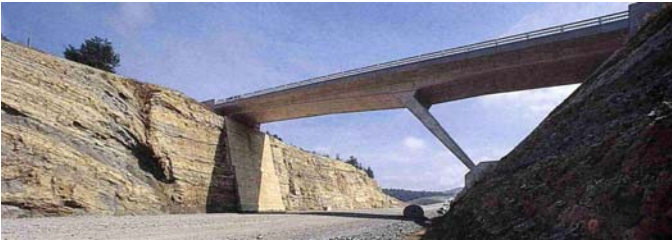
- Chaussées décalées :



S'inscrire dans la pente en respectant la géographie

Mots clés :
Profil en travers - stabilité - profil mixte

▪ Pentes raidies :



RD 52 – Déviation de la Motte sur A75 DDE de la Lozère (Ruban d'or 1993, Direction des Routes)[7]

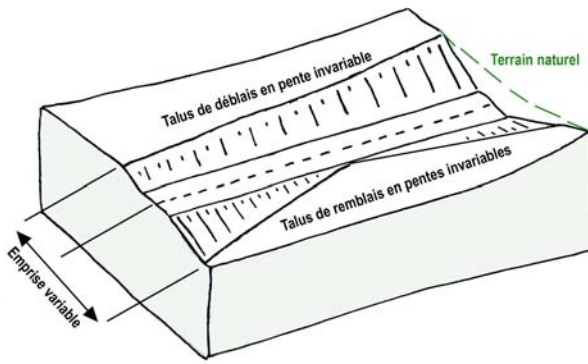


A28 Rouen-Alençon, zone d'emprunt avec reconstitution et mise en valeur de "falaises"

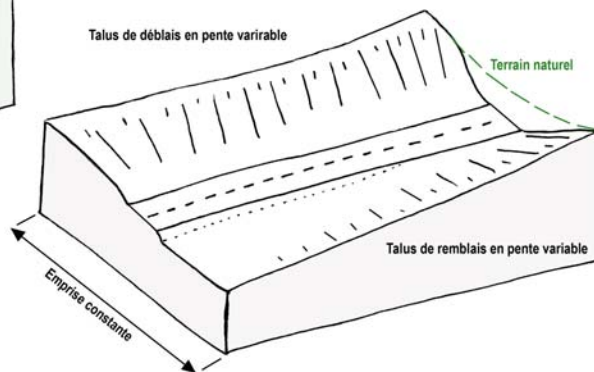
Magnifier la géologie du lieu
Tirer partie de mouvement de terre déficitaire

Mots clés :
piège à cailloux - stabilité - déblais - matériaux rocheux

▪ Pentes variables :



Traitement technique (d'après [8])



Modèles respectueux de la géographie traversée (d'après [8])

S'inscrire dans la topographie du lieu
Restitution à l'agriculture (qualité agronomique)

Mots clés :
Nature des matériaux - valorisation des matériaux - stabilité

▪ Pentes adoucies et choix de localisation et morphologie des zones de dépôts ou de protection phonique :



A19 étirement et adoucissement des talus de remblai et de déblai en continuité avec le site



A 84 zone de matériaux excédentaires les pentes faibles et étirées s'inscrivent dans les lignes générales du site.

Procédé intéressant pour les mouvements des terres
S'inscrire dans la topographie du lieu
Restitution à l'agriculture (qualité agronomique)

Mots clés :
Nature des matériaux - stabilité - drainage -

Traduction technique des effets recherchés

Adapter les pentes de talus de remblais

Les contraintes de stabilité (interne et externe) augmentent avec la hauteur de terre mise en œuvre. Un adoucissement des pentes de talus permet généralement de répondre aux contraintes de stabilité interne du remblai. Il convient néanmoins en cas de remblai sur versant de vérifier la stabilité d'ensemble.

Note : L'utilisation du terme "remblai" signifie une construction dans "les règles de l'art" répondant à des prescriptions de compactage et un choix de matériaux selon le guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme [9 et 10].

Pour des remblais ou dépôts dits "paysagers", il est courant d'utiliser les matériaux de qualité géotechnique souvent médiocre dans le respect des contraintes de stabilité et sans prescriptions de compactages. Par contre, suivant l'usage futur (restitution à des fins agricoles, base de loisirs,...) il conviendra de définir le niveau de qualité requis (compactage, portance, absence de tassements différentiels...). Enfin, les pentes de talus sont souvent très douces (inférieures à 3 de base pour 1 de hauteur).



Instabilité dans les formations meubles : le talus est trop raide



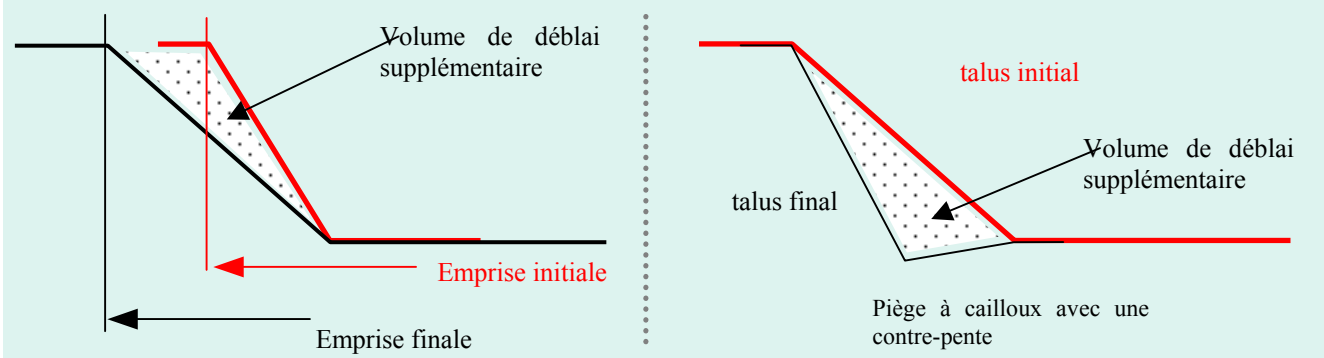
Cas des déblais de Gien : raidissement des talus dans la craie

Adapter les pentes des talus de déblais

Un déblai en sol fin, quelle que soit sa hauteur, ne pourra supporter des pentes de talus supérieures à 3 de base pour 2 de hauteur ou 2 de base pour 1 de hauteur. Pour un déblai rocheux, en fonction de la hauteur et de la fracturation du massif, des pentes de talus plus raides peuvent être envisagées : 1 pour 1, et jusqu'à 5 de hauteur pour 1 de base (avec aménagements spécifiques : redans intermédiaires, piège à cailloux⁸, ancrages).

La pente de talus peut être adoucie généralement sans inconvénient pour la stabilité. Dans ce cas, les conséquences pour le projet sont l'augmentation des volumes de déblais et l'augmentation des emprises au sol. Cet adoucissement de pente peut être recherché pour le projet paysager ou pour répondre à un besoin de valorisation de matériaux spécifiques (sols ou roches de bonne qualité géotechnique).

Exemple d'adaptation de pente de talus :



⁸ Pour assurer la sécurité des usagers, il convient de prévoir un espace en pied de talus (dimensionné en fonction de la hauteur du talus) destiné à piéger les matériaux qui chuteront, en anticipant sur d'éventuels rebonds. Ce dispositif n'assure pas à court terme la stabilité mais la sécurité. Cet espace est souvent appelé "piège à cailloux" et prend la forme d'un fossé avec contre pente vers le talus.

Conclusion

Au-delà des différences constatées entre les méthodes ou les préoccupations du géotechnicien et du paysagiste dans le projet d'infrastructure, il est possible de créer des convergences et des temps de dialogue dans l'intérêt de l'ouvrage : convergences techniques et paysagères, et ceci en permettant l'émergence de bases communes (en fonction du vocabulaire, des enjeux et finalités de chacun).

Dans un objectif de conciliation des différents points de vue (géotechnicien et paysagiste) et pour aboutir à un projet partagé, le chef de projet et le maître d'ouvrage ont un rôle essentiel dans la mise en place des méthodes de travail et de concertation garantant de la qualité finale du projet d'infrastructure.

Bibliographie

- [1] Convention européenne du Paysage – Conseil de l'Europe, adoptée le 20 octobre 2000 à Florence (Italie). *Loi n° 2005-1272 du 13 octobre 2005 - Décret n°2006-1643 du 20 décembre 2006 – JO du 22 décembre 2006 – Circulaire d'application du 1^{er} mars 2007 n° NOR DEVN0700133C*
- [2] Circulaire du 7 janvier 2008 de la DGR fixant les modalités d'élaboration, d'instruction, d'approbation et d'évaluation des opérations d'investissement sur le réseau routier national
- [3] Guide de traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – application à la réalisation des remblais et des couches de forme (GTS), *Guide technique*, Sétra – LCPC, 2000
- [4] Le nouveau fascicule 35 du CCTG aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air, *Note d'information Economie Environnement Conception – Série ECC n°62*, Sétra, 1999
- [5] La végétalisation : la végétation, outil d'aménagement, *Guide technique*, Sétra, 1994, 112 p.
- [6] Gestion des dépôts de matériaux excédentaires en zone agricole, *Note d'information Economie Environnement Conception – Série ECC n°68*, Sétra, 2002
- [7] Autoroute et paysages, C. LEYRIT, B.LASSUS, Editions du Demi-Cercle, 1994, 196 p.
- [8] Routes nationales 7 et 82, Coordination paysagère, IVe Phase. A. MAZAS, C. CHAZELLE. *Schéma directeur paysager*. DDE de l'Allier, de la Loire & et de la Nièvre, 1996, 113p.
- [9] Réalisation des remblais et des couches de forme, *Guide technique*, Sétra, LCPC, 1992
- [10] Conception et réalisation des terrassements : Fascicule 1 : Etudes et exécution des travaux , *Guide technique*, Sétra, 2007

Rédacteurs :

Yasmina Boussafir – LRPC Blois

téléphone : 33 (0)2 54 55 48 52 - télécopie : 33 (0)2 54 55 48 71

mél : yasmina.boussafir@developpement-durable.gouv.fr

Valérie Brillaud – Cete Nord Picardie

téléphone : 33 (0)3 20 49 62 64 – télécopie : 33 (0)3 20 53 15 25

mél : valerie.brillaud@developpement-durable.gouv.fr

Dominique Guy – Cete Normandie Centre

téléphone : 33 (0)2 35 68 82 77 – télécopie : 33 (0)2 35 68 82 52

mél : dominique.guy@developpement-durable.gouv.fr

Olivier Malassingne – LRPC Saint-Brieuc

téléphone : 33 (0)2 96 75 93 71 – télécopie : 33 (0)2 96 75 93 10

mél : olivier.malassingne@developpement-durable.gouv.fr

Jérôme Varillon – LRPC Clermont-Ferrand

téléphone : 33 (0)4 73 42 10 31 – télécopie : 33 (0)4 73 42 10 01

mél : sabine.cavellec@developpement-durable.gouv.fr

Renseignements techniques

Amandine Bommel – Sétra – DE ENV

téléphone : 33 (0)1 46 11 32 46 – télécopie : 33 (0)1 45 36 83 46

mél : amandine.bommel@developpement-durable.gouv.fr

Sabine Cavellec – Sétra – DE TCE

téléphone : 33 (0)1 46 11 35 56 – télécopie : 33 (0)1 45 36 86 56

mél : catherine.drouaux@developpement-durable.gouv.fr

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Service d'études techniques des routes et autoroutes
46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document imprimé par téléchargement à partir des sites web du Sétra :
- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/>
- P (réseau intranet) : <http://intra.setra.l2>

Directeur de la publication : Philippe Redoulez – Directeur du Sétra
L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction même partielle de ce document.
Référence : 0826w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDAT

