

# La lutte contre l'érosion sur l'emprise routière

## Une contribution à la protection de l'environnement



### RÉSUMÉ

L'érosion est l'une des principales menaces pour l'environnement dans les travaux de construction, mais ce risque dépend beaucoup des conditions locales et de l'organisation des chantiers.

L'article comporte trois parties.

- La première partie rappelle les principes généraux de la lutte contre l'érosion, qui consiste, d'une part, à empêcher ou freiner son apparition et, d'autre part, à maîtriser la sédimentation pour diminuer ses effets néfastes sur l'environnement.
- La deuxième partie examine cinq groupes de techniques permettant de réduire les risques d'érosion ou la charge solide des eaux quittant les terres cultivées, les chantiers et les ouvrages de génie civil : actions sur la physique et la physico-chimie des sols, protection des surfaces, modulation des talus, maîtrise des eaux superficielles, protections spéciales des zones très attaquées ou sensibles.
- La troisième partie commente les modalités pratiques du choix des techniques les mieux adaptées aux conditions particulières d'un site.

**MOTS CLÉS :** 42-15 - Érosion - Prévention - Eau - Construction routière - Chantier - Diminution - Sédimentation - Classification - Technique - Infiltration - Ruissellement - Traitement des sols - Compactage - Surface - Végétation - Talus - Pente - Évacuation des eaux - Choix.

Pierre HÉNENSAL

Assistant

Section Mécanique des sols et fondations  
Division Mécanique des sols et géologie de l'ingénieur  
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

### Environnement et construction routière... Le cas de l'érosion

Les définitions de l'environnement sont à la fois nombreuses et peu précises.

□ Pour le Robert, c'est « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines ».

□ En ce qui concerne le Larousse, la définition est la suivante : « ensemble des éléments naturels et artificiels qui entourent un individu, humain, animal ou végétal, ou une espèce » ou encore « ensemble des éléments objectifs et subjectifs qui constituent le cadre de vie d'un individu ».

Ces définitions sous-entendent l'existence d'un milieu ou d'un cadre de vie présentant des conditions relativement homogènes (pour que l'on puisse au moins les définir) et d'extension limitée, donc avec des frontières et des interfaces avec d'autres cadres de vie et d'autres milieux.

On parle beaucoup de la défense ou de la protection de l'environnement sans souligner suffisamment la diversité de cet environnement. En fait, il y a autant d'environnements que de façons pour l'homme d'occuper le sol et d'en arracher un moyen de subsistance et, bien sûr, que de conditions naturelles et sociales locales. La défense de l'environnement ne peut pas faire appel à des recettes passe-partout ; elle doit s'adapter aux conditions locales, aux problèmes posés localement et, bien entendu, à la nature des attaques ou des traumatismes subis par l'environnement.

Dans le domaine du génie civil, on sait combien peut être traumatisante l'implantation d'une autoroute (ou d'une ligne TGV). Outre l'expropriation des propriétaires, elle consomme beaucoup d'espace ; les talus de déblai et de remblai, parfois de grande hauteur, ne s'intègrent pas toujours très bien dans le paysage ; les remembrements et réaménagements des terrains voisins, parfois l'attirance de zones d'activité mal conçues, modifient ou dénaturent aussi l'environnement ; les effets de coupure pour la faune peuvent mettre en danger certaines espèces ; le bruit et l'émission de divers polluants solides ou gazeux sont chroniques et omniprésents ; la gêne pour les riverains est toujours considérable et, naturellement, pendant et après les travaux, les terrains mis à nus et éventrés sont soumis à une redoutable érosion.

Le problème de l'érosion (et celui de la pollution des eaux qui en est la conséquence directe) est certainement l'un des plus graves rencontrés dans la protection de l'environnement par les constructeurs, au moins dans certaines régions françaises très sensibles.

L'érosion, en fait, est un phénomène dont l'ampleur dépend de très nombreux paramètres. Toutes les techniques de manipulation, de déplacement, de régalinge et de traitement des sols et des surfaces agissent sur l'érosion. On comprend, dès lors, que la lutte contre l'érosion a, la plupart du temps, une grande incidence sur la vie et les cadences d'un chantier de terrassement.

Pour que le lecteur puisse apprécier toute la complexité du problème, on présentera ci-après, de façon synthétique, d'une part, les principes généraux de la lutte contre l'érosion et, d'autre part, un classement des différentes techniques et des paramètres importants dans la lutte contre l'érosion.

## Principes généraux de la lutte contre l'érosion

La lutte contre l'érosion présente deux aspects :

- empêcher ou freiner l'apparition de l'érosion,
- puis maîtriser la sédimentation, c'est-à-dire diminuer ses conséquences les plus néfastes sur l'environnement.

### Empêcher ou freiner l'apparition de l'érosion

Les principes d'action antiérosive sont les suivants.

- **Veiller à l'adéquation en temps et en lieu des mesures antiérosives.** Une programmation correcte des mesures antiérosives, leur localisation sur le projet, la chronologie de leur installation et leur entretien correct sont des points critiques d'un contrôle réussi de l'érosion et de la sédimentation.

Pendant les travaux, la nature des surfaces et les conditions météorologiques changent très vite. Mais il existe toujours une certaine marge prévisionnelle et, par conséquent, quand les travaux approchent d'une zone ou d'une période délicate (sols très érodables, orages ou périodes très pluvieuses), le responsable doit mettre en œuvre les mesures temporaires prévues à l'avance pour ces conditions délicates. Après l'orage, il devra réparer immédiatement les dégâts subis par les protections antiérosives et les débuts de ravinement.

- **Réduire au minimum la surface des zones travaillées.** Notamment, on n'enlèvera la végétation protectrice que sur les surfaces sur lesquelles on est assuré d'une progression normale et continue des travaux.

- **Stabiliser les surfaces le plus vite possible.** Les travaux étant multiples sur une même surface, on devra s'arranger pour qu'il y ait le minimum de temps mort, sans protection de surface, entre chacun des travaux à engager.

Si les temps morts se prolongent ou si un orage menace, on stabilisera les surfaces mécaniquement, chimiquement ou à l'aide d'un paillis quelconque, et cela d'autant mieux que la période d'arrêt des travaux sera longue.

Les surfaces ayant atteint leur profil définitif devront, rapidement, être stabilisées ou recouvertes d'une végétation adaptée.

- **Empêcher les eaux extérieures de surface de pénétrer sur le chantier.** Les eaux d'amont, susceptibles de pénétrer sur le chantier, seront déviées à l'aide d'une banquette de bordure ou d'un fossé.

- **Améliorer la planéité des surfaces de ruissellement.** Cela permet d'éviter la concentration des eaux sur des zones non préparées à l'avance et, par conséquent, le danger d'érosion.

- **Organiser et préparer la concentration des eaux sur le chantier.** Les terrassements doivent être conduits de manière à ce que les eaux concentrées dans des fossés drainants provisoires ne divaguent pas, trouvent un exutoire en dehors de l'emprise du chantier et ne s'accumulent pas sur les zones de travail (à moins de prévoir, dans certains cas, une évacuation par pompage).

- **Briser l'énergie des eaux concentrées.** Dans certains ouvrages de drainage en forte pente, la vitesse et l'énergie de l'eau peuvent mettre en danger les ouvrages. On brisera donc cette énergie à l'aide de dissipateurs (escaliers, plots, chicanes) installés sur les radiers de place en place.

## Maîtriser la sédimentation

Les dangers relatifs à la turbidité des eaux et à la sédimentation anarchique peuvent être amoindris si l'on facilite le dépôt des sédiments au plus près des surfaces en cours d'érosion et sur le lieu même des travaux. Les principes d'action pour la maîtrise de la sédimentation sont les suivants.

- **Freiner et filtrer le ruissellement diffus.** Les meilleurs agents pour lutter contre l'érosion sont les graminées et les autres plantes herbacées des engazonnements. Mais l'efficacité d'un gazon dépend de son pourcentage de couverture. Une couverture totale de 100 %, définie comme celle à travers laquelle on ne voit pas le sol, empêche totalement l'érosion due à la battance de la pluie ; elle filtre et freine également de façon efficace les eaux de ruissellement chargées provenant de l'amont, à la condition, toutefois, que ce ruissellement reste diffus, car si la hauteur du ruissellement devient trop forte, la fonction de filtrage de la végétation est fortement réduite.

Les fonctions de filtrage peuvent être assurées par des paillis et des obstacles divers aménagés perpendiculairement à la direction du ruissellement. Aux États-Unis, par exemple, des barrières à limon en géotextile, appuyées et tendues sur des piquets et parfois confortées par des bottes de paille, sont fréquemment utilisées.

- **Diminuer la charge solide des eaux quittant le chantier.** Si l'on veut protéger au maximum de la pollution les récepteurs les plus fragiles à l'aval du chantier, il est souvent nécessaire de réduire fortement la turbidité des eaux concentrées sur le chantier même. Pour cela, on crée un certain nombre de bassins de sédimentation dans lesquels la vitesse de l'eau est très fortement diminuée.

On distingue les bassins d'urgence (durée de vie de quelques jours), les bassins temporaires (opérationnels pendant tous les terrassements) et les bassins permanents (qui permettent aussi de lutter contre des pollutions chimiques accidentelles).

En ce qui concerne plus particulièrement les bassins temporaires, il semble plus efficace et plus économique de créer de nombreuses petites trappes à sédiment très près de la source des sédiments (100 mètres).

Si l'eau qui sort du chantier est encore trop trouble, l'ingénieur devra se résoudre à agrandir ses bassins ou à procéder aux traitements des eaux à l'aide de flocculants.

- **Entretenir tous les ouvrages de protection.** Il faut assurer le nettoyage périodique et l'entretien des réseaux de drainage des eaux superficielles, des barrages filtrants et des bassins de sédimentation,

notamment après tous les orages. La périodicité de nettoyage des bassins dépendra de l'érodabilité des sols, de la dimension ainsi que du régime des pluies.

- **Limiter l'extension de la turbidité autour des travaux en rivière.** Cette limitation se fera grâce à l'utilisation de barrières à limon flottantes en géotextile. On n'effectuera, si possible, les travaux qu'en période de basses eaux.

## Classement des techniques et procédés de lutte contre l'érosion

Les principes de la lutte antiérosion et ceux de la maîtrise de la sédimentation sont relativement peu nombreux, mais ils s'appliquent à des conditions locales extrêmement diverses. Les caractéristiques topographiques, pédologiques ou climatiques, l'environnement économique et social des chantiers, la dimension, le matériel et les habitudes techniques des entreprises peuvent, en effet, être très différents suivant les lieux. Il en ressort une grande diversité dans les mesures antiérosives.

L'hétérogénéité des mesures antiérosives peut aussi s'expliquer par la persistance locale, traditionnelle d'anciennes mesures de stabilisation. Inversement, dans les régions urbaines et industrielles et pour les ouvrages de génie civil, où l'investissement consenti est parfois énorme ou, du moins, sans commune mesure avec les terrains agricoles avoisinants, les ingénieurs ou les aménageurs n'hésitent pas à innover. Ils expérimentent des matériaux plus performants, ils vulgarisent de nouvelles techniques en essayant, si possible, de leur fixer des limites d'application ou d'utilisation économique.

L'ensemble des actions, procédés, matériaux et dispositifs qui sont utiles pour réduire, au maximum, les risques d'érosion ou la charge solide des eaux quittant les terres cultivées, les chantiers et les ouvrages de génie civil, peut être subdivisé en cinq groupes. Ils ont été reportés dans les cinq tableaux insérés dans cet article. On a distingué successivement.

- **Tableau 1 - les actions sur la physique et la physico-chimie du sol :** agir sur le couple infiltration-ruissellement et diminuer l'érodabilité des sols superficiels dans leur masse.

- **Tableau 2 - les protections des surfaces :** protéger les surfaces soit avec des couverts végétaux, soit avec des matériaux inertes.

- **Tableau 3 - la modulation des talus :** intégrer les talus autoroutiers dans le paysage, stabiliser, faciliter la végétalisation et l'entretien des talus, raidir et conforter les pentes.

## TABLEAU 1

### ACTIONS SUR LA PHYSIQUE ET LA PHYSICO-CHEMIE DU SOL

#### Agir sur le couple infiltration-ruisellement

- **Réglage de la pente des surfaces facilitant le ruisellement**
  - o Augmentation et réglage des pentes en terrain subhorizontal
  - o Ados
- **Assainissement entraînant une diminution des teneurs en eau**
  - o Tranchées drainantes et drains
  - o Fossés à ciel ouvert
- **Traitements mécaniques jouant sur la perméabilité**
  - o Façons culturales des sols à végétaliser
    - Labours. Quasi-labours (avec dents, disques, rotovator, etc.)
    - Sous-solage. épierrage, etc.
  - o Compactage
- **Augmentation de la détention superficielle des eaux par micromodelage des surfaces**
  - o Travail du sol isohypse (suivant les courbes de niveau)
  - o Redans isohypses
  - o Gaufrage
  - o Crantage par chenilles
- **Structures poreuses pour parkings, chaussées et accotements**

#### Diminuer l'érodabilité des sols superficiels dans leur masse

- **Conditionneurs de sol**
  - o Produits divers à base de polyacrylamide ou polybutadiène ou silicates ou urée et formaldéhyde, etc.
- **Amendements organiques et humus**
  - o Lisiers et fumiers
  - o Empailage et engrais verts
  - o Déchets végétaux et composts
  - o Gadoues et boues organiques des stations d'épuration
- **Amendements minéraux pour augmenter le pH**
  - o Chaux vive éteinte. Marnes. Calcaires broyés. Laitiers, etc. (relèvement du pH d'un sol argileux d'une demi-unité : environ 0,15 kg/m<sup>2</sup> de chaux vive sur 10 centimètres)
- **Traitements des sols tendant à la cimentation**
  - o Ciments. Chaux vive. Chaux éteinte (dosage moyen de ciment 5 % - dosage moyen de chaux vive 2,5 %, soit environ 4,5 kg/m<sup>2</sup> sur 10 centimètres)
- **Compactage**
  - o Compactage de bords de remblai
  - o Fermeture des couches superficielles avant l'orage

## TABLEAU 2

### PROTECTIONS DES SURFACES

#### Protéger les surfaces avec des couverts végétaux

- **Maintien ou enlèvement de la couverture végétale initiale**
- **Satisfaction des besoins élémentaires de la végétation**
  - Aération du sol - rétention en eau - pH - éléments nutritifs
  - Apports éventuels : terre végétale - amendements - engrais (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)
- **Adaptation des espèces choisies au climat et aux fonctions recherchées**
- **Mise en place avec ou sans matériaux inertes végétalisables**
  - Engazonnements
    - Semis classique - semis hydraulique - gazon en plaque
    - Nattes et géotextiles préensemencés
  - Plantations des ligneux
    - Semis - jeunes plantes - boutures
  - Structures biomécaniques
    - Plançons - fascinages - clayonnages et tunages
    - Cordons de branchages - paillonnages de branches
- **Entretien et gestion de la végétation**

#### Protéger les surfaces avec des matériaux inertes

- **Protections perméables légères, végétalisables**
  - Fixateurs et stabilisants
    - Alginates et polyuronides - émulsions de latex ou de bitume
    - Dispersions de polymères de vinyle ou d'éthylène, etc.
  - Mulchs ou paillages (avec ou sans fixateurs et engrais)
    - Paille, foin, paille-bitume - tourbe, cellulose et déchets de bois
    - Broussailles broyées - fibre de verre - filets de jute - paillis
    - Nattes et paillonnages - géotextiles (filets et non tissés)
    - Nappes géosynthétiques tridimensionnelles - films de paillage en polyéthylène basse densité (PE bd) autour ou entre les plants (plasticulture)
  - Géogrilles, grillages, filets avec ancrages
    - Plaçage et confinement des matériaux évolutifs
    - Dispositifs antichute de pierres
- **Revêtements perméables lourds, végétalisables**
  - Couche de terre végétale
  - Mélange boueux épais (5 à 10 cm) + fils ou grillages
  - Structures cellulaires remplies de terre végétale
    - Géotextiles tridimensionnels alvéolés - alvéoles en béton préfabriqué ou projeté
    - Couverture de pneus ou pavés de béton ajourés jointifs autobloquants ou fixés sur géotextiles, etc.
- **Revêtements perméables lourds, difficilement ou non végétalisables**
  - Perrés non cimentés de couverture ou couches de cailloux
  - Gabions de couverture
  - Enrochements et tétrapodes
- **Protections totales par imperméabilisation, non végétalisables**
  - Géomembranes (protections légères provisoires et protections permanentes pour étanchéité) - bitumage épais - gunitage - bétonnage - perrés maçonnés

## TABLEAU 3 MODULATION DES TALUS

### Intégrer les talus routiers dans le paysage

- Adoucissements des hauts de pente
- Pentes variant progressivement des déblais aux remblais
- Prise en compte des structures géologiques
  - Alternance de roches dures et de roches tendres
  - Discontinuité et pendages naturels des couches

### Stabiliser, faciliter la végétalisation et l'entretien des talus

- Éperons drainants
- Banquettes de pied ou masques drainants
- Murs de pied
- Pièges à cailloux
- Risbermes (talus en sols cohérents ou roches tendres)
- Pentes en marches d'escalier
  - Terrassettes et redans (pas de contremarches étayées)
  - Roseaux et contremarches en planches sur sables de dune
  - Contremarches en pierres sèches ou maçonnées (terrasses agricoles et microterrasses)
  - Terrasses sur déblais rocheux (avec apport de terre végétale)
  - Marches d'escalier dans carrières et mines à ciel ouvert

### Raidir et conforter les pentes

- Remblais (étagés ou non) en terre renforcée et faces (sub) verticales
  - Terre armée et murs à grillages soudés
  - Massifs renforcés en géotextiles et géogrilles
  - Pneusols
- Soutènements-poids perméables et végétalisables
  - Texsol
  - Murs cellulaires à encoffrement
  - Gabions
- Soutènements rigides avec barbacanes
  - Murs-poids en béton
  - Murs cantilever et palplanches
- Soutènements ancrés ou cloués

## TABLEAU 4

### MAÎTRISE DES EAUX SUPERFICIELLES

#### Maintenir et rétablir les écoulements permanents

- Étude et calcul des débits potentiels
- Buses et ponceaux sous remblais

#### Dériver les eaux en amont des chantiers

- Détournement des petits ruisseaux
- Fossés de crête ou d'interception

#### Filtrer les ruissellements

- **Dispositifs sur terres cultivées**
  - o Bandes d'arrêts en gazon - bandes de cultures isohypses
  - o Cordons de pierres sèches
- **Barrages linéaires sur chantiers pendant les travaux**
  - o Balles de paille et de foin - barrières de broussailles
  - o Géotextiles filtrants verticaux

#### Stopper ou dévier les ruissellements

- **Dispositifs isohypses sur terres cultivées**
  - o Levées de terre ou terrasses à pente longitudinale nulle (terrasse d'absorption) ou faible 0,1 à 1 % (terrasse de canalisation)
  - o Haies végétales et rideaux - certains talus du bocage
- **Dispositifs isohypses sur terrains en forte pente**
  - o Fascinages - clayonnages - cordons de boutures
  - o Minibanquettes et banquettes DRS
  - o Risbermes

#### Évacuer les eaux concentrées (drainage superficiel)

- **Fossés et chemins d'eau sur terres cultivées**
- **Collecteurs le long des chantiers et des ouvrages linéaires**
  - o Cunettes, fils d'eau ou fossés drainants sur risbermes et au pied des déblais
  - o Banquettes ou bourrelets au haut des remblais
- **Collecteurs spéciaux à pente très élevée**
  - o Descentes d'eau sur talus routiers - déversoirs d'orage - dissipateurs d'énergie

#### Maîtriser la sédimentation et le stockage des eaux concentrées

- **Barrages filtrants provisoires sur les ouvrages de drainage**
- **Bassins de sédimentation pendant les terrassements**
- **Traitements floculants**
- **Bassins de retenue d'orage sur autoroutes et en milieu périurbain (y compris stations de sports d'hiver)**
- **Stockage agricole des eaux**
  - o Diguettes d'infiltration avec déversoirs
  - o Bassins collinaires et barrages

**TABLEAU 5**  
**PROTECTIONS SPÉCIALES POUR ZONES TRÈS ATTAQUÉES OU SENSIBLES**

<b>Contrôler les ravinements et les torrents</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Embroussailllements et plantations des berges de ravins</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sacs de terre avec engrais et jeunes plants</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Barrages</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Barrages biomécaniques</li> <li>○ Barrages gabionnés, cellulaires et à enrochements</li> <li>○ Barrages bétonnés pleins</li> <li>○ Barrages bétonnés perméables et curables (à pertuis, à fentes, à grilles)</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Radiers et contre-barrages</b></li> </ul>
<b>Protéger les berges de rivière</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Végétalisation des berges et structures biomécaniques (tunages)</b></li> <li>➤ <b>Revêtements lourds contre le batillage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Enrochements et blocs en béton, libres ou liaisonnés par câblage ou par nappe géotextile</li> <li>○ Conteneurs textiles (tapis, sacs, matelas, boudins, paniers)</li> <li>○ Systèmes bitumineux</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Étanchéité des digues contre les inondations</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Palplanches, parois, rideaux d'injection</li> <li>○ Revêtements imperméables</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Épis</b></li> <li>➤ <b>Protections des fonds de rivière</b></li> </ul>
<b>Protéger les rîvages marins, les hauts de plage et les passes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Étude obligatoire des déplacements potentiels de sédiments</b></li> <li>➤ <b>Rechargement des plages (avec ou sans géotextiles)</b></li> <li>➤ <b>Ouvrages</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Épis et brise-lames</li> <li>○ Murs non réfléchissants et digues</li> <li>○ Gabions, enrochements, tétrapodes</li> <li>○ Protections spéciales des dunes</li> </ul> </li> </ul>
<b>Protéger les décharges et les dépôts dangereux ou nocifs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Nappes géosynthétiques composites évitant le glissement de la terre végétale et résistant aux tassements différentiels</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Géotextiles anticontaminants</li> <li>○ Nappes tridimensionnelles drainantes et antiglisement</li> <li>○ Géogrilles pour la résistance mécanique</li> <li>○ Membranes étanches et rugueuses sur les deux faces</li> </ul> </li> </ul>
<b>Lutter contre l'érosion éolienne</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Fixation à terre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fixateurs. Mulchs. Empaillage</li> <li>○ Plantes herbacées (oyat, elyme et chiendent des sables, chardon bleu)</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Brise-vent</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plantations d'arbustes et d'arbres (espèces tempérées et tropicales)</li> <li>○ Ganivelles</li> <li>○ Filets géotextiles et géogrilles sur poteaux</li> </ul> </li> </ul>



• **Tableau 4 - la maîtrise des eaux superficielles :** maintenir et rétablir les écoulements permanents, dériver les eaux en amont des chantiers, filtrer les ruissellements, stopper ou dévier les ruissellements, évacuer les eaux concentrées (drainage superficiel) et maîtriser la sédimentation et le stockage des eaux concentrées.

• **Tableau 5 - les protections spéciales pour zones très attaquées ou sensibles :** contrôler les ravinelements et les torrents, protéger les berges de rivière, les rivages marins, les hauts de plage, les passes, les décharges et les dépôts dangereux ou nocifs, lutter contre l'érosion éolienne.

Dans ces tableaux de classification, on a cherché à être le plus exhaustif possible, de manière à ce que l'ingénieur ou l'aménageur ait en tête toutes les techniques disponibles, les anciennes et les nouvelles, non seulement pour le cas particulier qui l'intéresse, mais aussi dans des situations analogues, y compris dans d'autres domaines d'activité que les siennes.

On fera les remarques générales suivantes sur l'ensemble de ces techniques.

#### **Ambivalence de certaines techniques. Exemple du couple infiltration-ruissellement**

Certaines techniques sont parfois ambivalentes : elles peuvent à la fois jouer un rôle immédiat positif vis-à-vis de l'érosion et entraîner, dans certains cas, des conséquences dommageables pour la conduite du chantier.

L'un des exemples qui vient à l'esprit est celui du couple infiltration-ruissellement. Ce couple est antinomique : si l'infiltration augmente, le ruissellement diminue (et inversement).

□ Si l'infiltration augmente, cela veut dire que l'érosion superficielle diminue, mais cela peut aussi provoquer une augmentation dangereuse des teneurs en eau sur les chantiers de génie civil. Sur les sols très sableux, ce risque est pratiquement inexistant et on peut donc rechercher une bonne infiltration sur ces terrains, par exemple en élargissant les fossés pour favoriser un cheminement lent ou une divagation des eaux de ruissellement. Par contre, en terrain cohérent, mais relativement perméable (limon, marne calcaire), l'infiltration doit généralement être combattue. Sur ces terrains, l'augmentation des teneurs en eau engendre des retards, des difficultés accrues dans le mouvement général des terres au cours des travaux et un risque éventuel de glissements ou de coulées boueuses.

□ Si, au contraire, l'infiltration diminue, grâce au compactage par exemple, et à condition que la surface du terrain soit suffisamment en pente, les

teneurs en eau peuvent baisser, les terrassements sont généralement plus faciles, mais, par contre, le ruissellement plus important entraîne érosion et sédimentation dans l'environnement ; d'où la nécessité de capter rapidement les eaux concentrées dans des chemins d'eau adaptés.

Quand la teneur en eau des sols à décaper est trop élevée pour permettre une bonne réutilisation et un bon compactage de ces sols en remblai, on peut parfois être amené, par beau temps et si aucun orage ne menace, à labourer la couche superficielle du sol et favoriser ainsi l'évaporation de la couche foisonnée. Évidemment, si un orage survient alors, les teneurs en eau du sol foisonné augmentent beaucoup et le remède devient pire que le mal.

Par ailleurs, après les travaux de terrassement, pour les talus revêtus d'une végétation temporaire ou permanente, une meilleure infiltration peut être recherchée pour accroître la réserve en eau vitale des plantes.

#### **Polyvalence de certaines techniques**

Certaines mesures, à côté de leur fonction antiérosive, jouent, en même temps, d'autres rôles techniques. Ainsi la végétation ligneuse, outre son utilité antiérosive, peut jouer à la fois, sur les routes et autoroutes, un rôle mécanique de soutènement, avoir des fonctions contre le bruit, le vent, le soleil, les chutes de pierres, etc. et, enfin, jouer un rôle esthétique d'intégration au paysage. Bien entendu, cette polyvalence n'est possible que si la végétation est entretenue et gérée dans des limites précises.

#### **Techniques temporaires et techniques permanentes**

• **Les techniques temporaires** servent uniquement pendant la période de construction des ouvrages. Les mesures spécifiques de cette période sont évidemment dues à l'accroissement parfois énorme pendant les travaux des taux d'érosion sur l'emprise des ouvrages et des taux de sédimentation dans l'environnement. Cet accroissement est imputable, comme on l'a déjà dit, à la destruction de la végétation et des réseaux de drainage naturel et au foisonnement des sols pendant le terrassement des déblais et des remblais.

• **Les techniques permanentes** sont nécessaires toutes les fois que l'on a affaire à des ouvrages devant durer très longtemps. Les techniques doivent donc être mises en œuvre pendant les travaux pour qu'elles puissent subsister, avec l'entretien nécessaire, aussi longtemps que l'ouvrage lui-même.

## Niveau de service et rapports efficacité-coûts

### Niveau de service et risques acceptables

On peut penser que le domaine d'utilisation de chaque technique est relativement bien connu. Si plusieurs techniques peuvent s'appliquer, le choix se fera en tenant compte du niveau de service de l'ouvrage considéré. Ce niveau de service, pour une route par exemple, est fonction du trafic, de la vitesse de base prévue et de l'intégration de l'ouvrage dans son environnement et dans le paysage.

Plus le niveau de service est élevé, moins les risques admis sont élevés. Ces risques sont, à titre d'exemple, de voir le trafic ralenti, voire interrompu, à cause d'une dégradation de talus ou d'une obstruction des fossés et cunettes par les produits d'érosion. Il y a aussi le risque de subir une perte d'intégration dans le site à cause de plaies mal cicatrisées et d'un manque d'entretien.

En fonction du niveau de service requis, on devra donc définir les risques acceptables pour les usagers et pour l'environnement de l'ouvrage.

Cette notion de risques acceptables suppose, de la part de l'ingénieur, une bonne connaissance ou une bonne évaluation de l'efficacité et des qualités d'intégration dans le site des mesures de protection qu'il est possible de mettre en œuvre. En effet, sur un tracé routier, à moins de recourir, par exemple, tous les talus de perrés très onéreux (ce ne serait guère esthétique !), aucune mesure de protection n'est efficace à 100 %.

### Efficacité des techniques

Une technique peut être en elle-même très efficace lorsqu'elle est utilisée avec certains sols ou dans certaines limites de lieu, de temps, de climat. Mais la même technique peut également être employée à contretemps, à contre-emploi et d'une façon antiéconomique. Certaines erreurs d'appréciation sont parfois commises, comme construire un fossé de crête bétonné dans un terrain sableux alors même que le terrain naturel amont n'existe pratiquement pas, ou encore placer des fascines vivantes dans un terrain rocaillieux et sableux, ce qui les voue à une mort certaine.

Une erreur technique que l'on rencontre parfois est celle d'un dimensionnement insuffisant des ouvrages de drainage. Cela se traduit par un engorgement ou un débordement sur un terrain non préparé à l'avance et, éventuellement, par des sapements des soutirages et la ruine de l'ouvrage. L'erreur inverse (surdimensionnement) est beaucoup moins visible.

La technique étant choisie, la notion de qualité, voisine et parallèle de celle d'efficacité, doit, à son tour, être prise en compte. Une technique n'est pleinement efficace, du moins pendant un certain temps, que si elle est de qualité. Des différences de qualité peuvent cependant exister, si l'efficacité dure plus ou moins longtemps. Des mesures temporaires, comme on l'a vu, n'ont pas la nécessité d'être efficace longtemps et, en ce sens, leur qualité est moindre que celle des mesures permanentes.

### Condition d'un maintien prolongé de l'efficacité : l'entretien

L'efficacité d'une technique peut être battue en brèche pendant la durée de vie prévue de cette technique si un entretien minimal n'est pas assuré. En ce qui concerne, par exemple, les filets d'eau recueillis par le réseau de drainage superficiel, ils sont normalement transportés vers un exutoire de façon adaptée et de manière à ne créer aucune érosion. Cependant, si le réseau de drainage superficiel est mal entretenu, il peut se produire un colmatage par éboulement, ce qui peut entraîner soit un débordement des filets d'eau sur des terrains non adaptés et un ravinement important, soit une infiltration dangereuse au moins pour certains sols sensibles à l'eau. Le remède pourrait alors être pire que le mal !

### Rapports efficacité-coûts

Une fois le projet et ses objectifs bien définis, le niveau de service et les normes de protection et d'entretien choisis, l'ingénieur aura à prendre, pendant la construction, un grand nombre de décisions locales, cas par cas, déblai par déblai, remblai par remblai. Ces décisions seront prises avec, en toile de fond, la problématique, pour reprendre un mot à la mode, des rapports efficacité-coûts.

Passer d'un niveau de service donné au niveau de service immédiatement supérieur suppose un coût supplémentaire qui peut être parfois trop élevé et provoquer une chute trop importante du rapport efficacité-coûts. Mais, en fait, il est difficile d'avoir une estimation très précise des rapports efficacité-coûts. Si on pouvait un jour présenter une liste complète de ces rapports, elle ne serait sans doute valable que momentanément et dans quelques cas de figure seulement. Cela tient, bien entendu, au fait qu'il est impossible de réunir, au même endroit et dans les meilleures conditions d'approvisionnement, tous les matériaux utilisables. Un matériau peut être disponible en grande quantité dans un site donné et introuvable ailleurs.

C'est souvent le cas pour les boutures de saule (ou d'autres plantes faciles à bouturer comme les peupliers) utilisées en fascinage et plançonnage ;

si les saules sont trop éloignés, les boutures peuvent mourir ou être trop chères ; s'ils se trouvent à proximité, on a à sa disposition un matériau de construction à la fois vivant, précieux et bon marché. Mais encore faut-il que le sol du talus à stabiliser soit suffisamment fin et humide, que l'on ne soit pas dans une période de temps trop sèche, que l'ingénieur ait la possibilité de préparer ou d'acquérir ces boutures et qu'il ait aussi à sa disposition une main d'œuvre possédant le savoir-faire minimal...

On touche là, d'ailleurs, à un autre facteur de l'hétérogénéité et de la variation des prix d'un pays à l'autre. Ce facteur est le coût de la main d'œuvre, qui peut être différent et peut expliquer, par exemple, l'utilisation de procédés très gourmands en main d'œuvre dans les pays sous-développés, alors que ces procédés seraient prohibitifs dans les pays développés.

Rappelons enfin que le choix des ingénieurs ne peut pas seulement être une question de coût ou d'efficacité à court terme. Le long terme est à prendre en compte parfois de façon impérative. Un surcoût au moment de l'exécution des travaux peut être parfaitement justifié, nous pensons au surcoût des plantations par rapport aux engazonnements, s'il se traduit, par la suite, pendant de longues années, par de notables économies d'entretien.

## Conclusion

La défense de l'environnement n'est ni une fantaisie, ni une lubie qui n'aurait qu'un temps. Elle est une nécessité qui s'impose à tous, pour rendre la vie moins nocive et plus agréable.

Les conditions même de la vie économique sont sans doute inséparables d'une pollution minimale, incompressible. Cette pollution est la rançon de la création des salaires, des bénéfices et des richesses à « valeur ajoutée ». La défense de l'environnement doit s'ingénier à empêcher que cette rançon ne devienne trop importante et ne s'envole vers des sommets intolérables.

Le problème est loin d'être simple et on s'est attaché à montrer, dans le domaine particulier de la lutte contre l'érosion, que, si les principes de cette lutte sont relativement peu nombreux dans le domaine de l'érosion proprement dite ou dans celui de la maîtrise de la sédimentation, les conditions dans lesquelles s'appliquent cette lutte sont extraordinairement diverses et complexes. À la limite, chaque chantier est un cas particulier. Les procédés et les techniques de protection répondent à cette complexité et les cinq tableaux que l'on a proposés pour leur classification n'offrent finalement qu'un résumé de ces techniques et des problèmes qui s'y rattachent.

Seule l'expérience acquise par les entreprises et les ingénieurs sur le terrain leur permettront de choisir et d'utiliser à bon escient la meilleure technique, dans un savant compromis entre la technique la plus efficace et la moins coûteuse.

On conçoit bien que l'engagement préalable des entreprises vers une meilleure défense de l'environnement soit quelque chose de nécessaire. Mais elle ne saurait suffire. Notamment, les dispositifs de protection sur le terrain doivent être correctement installés et dimensionnés et mis en place en temps voulu. Enfin, les contrôles de terrain, essentiellement les contrôles exercés par le maître d'œuvre, mais aussi par l'entreprise sur elle-même (autocontrôle de l'entreprise) sont, ou sinon doivent, devenir les règles indispensables pour une meilleure lutte contre l'érosion et donc une meilleure défense de l'environnement.

## — RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES —

*Le lecteur intéressé trouvera dans les publications suivantes des informations plus détaillées et des exemples des pratiques de lutte contre l'érosion évoquées dans cet article.*

AIPCR (1991), *Érosion des sols pendant et après la construction des routes*, Rapport du comité CT 12 au XIXe Congrès Mondial de la Route (Marrakech), pp. 48-84.

BCEOM-CEBTP (1992), *Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques, Tome 2 : Études techniques et construction*, ministère de la Coopération et du développement, 663 p.

GRAY D.H., LEISER A.T. (1982), *Biotechnical slope protection and erosion control*, Van Nostrand Reinhold Company, 271 p.

HÉNENSAL P. (1986), *L'érosion externe des sols par l'eau ; approche quantitative et mécanismes*, Rapport de recherche LPC, **138**, 76 p.

HÉNENSAL P. (1987), Le risque d'érosion hydrique des sols, *Bull. liaison Labo. P. et Ch.*, **150-151**, Risques naturels, juil.-août, sept.-oct., pp. 117-129.

HÉNENSAL P. (1993), *Lutte contre l'érosion avant, pendant et après les travaux. Les protections végétales et structurelles des surfaces et des pentes*, Études et Recherches des LPC, **GT 54**, 111 p.

HÉNENSAL P. (1994), Étude du contrôle de l'érosion/sédimentation dans les projets de construction aux États-Unis : analyse d'un rapport destiné au ministère des Transports de l'Ohio et à la FHWA, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, **192**, juil.-août, pp. 75-77.

HUDSON N. (1981), *Soil Conservation*, Batsford Academic, London, 324 p.

ISRAELSEN C.E. et al. (1980), *Erosion control during highway construction*, NCHRP, Report **220**, Transportation Research Board, Washington, 30 p.

ISRAELSEN C.E. et al. (1980), *Erosion control during highway construction ; Manual on principles and practices*, NCHRP, Report **221**, Transportation Research Board, Washington, 103 p.

LCPC, SETRA (1982), *Recommandation pour l'assainissement routier*, ministère des Transports, 66 p.

LCPC, SETRA (1986), *Météorologie et terrassements ; recommandation*, ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports, 41 p.

LE DAIN A.-Y., MARCESSE M., PAYANI M. (1988), *Stabilisation superficielle et végétalisation naturelle des talus en zone méditerranéenne française - Tome III*, SETRA, IARE, CETE Méditerranée, juil., 48 p.

MARCESSEM., AULAGNIERH. (1980), *Revégétalisation des talus en zone méditerranéenne*, CETE Méditerranée, SETRA, juin, 26 p.

ROOSE E. (1986), Terrasses de diversion ou microbarages perméables ? Analyse dans la zone soudano-sahélienne, *Cahiers Orstom*, Série Pédologie, vol. XXII, 2, pp. 197-208.

ROOSE E. (1991), Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES, *Cahiers Orstom*, Série Pédologie, vol. XXVI, 2, pp. 145-181.

SORIAL M., LACHARITE M. (1988), *Les projets d'infrastructures routières et l'érosion des sols*, ministère des Transports du Québec, RTQ-88-28, juil., 247 p.

#### ABSTRACT

##### Combating erosion of carriageway land : a contribution to the protection of the environment

Erosion poses a major threat to the environment in road construction, but the risk depends to a large extent on local conditions and the organization of the working sites.

This article is in three parts.

- The first reviews the general principles of erosion control, namely the prevention or retarding of its occurrence, and the control of sedimentation so as to alleviate its harmful effects on the environment.
- The second part examines five groups of techniques for reducing the risk of erosion or reducing the amount of solid matter present in water flowing away from cultivated land, roadworks or engineering structures : measures designed to modify the physical and physico-chemical characteristics of soils ; surface protection ; embankment modulation ; control of surface water ; and special protective measures in particularly affected or sensitive zones.
- The third part comments on the practical aspects of selecting techniques best suited to the special conditions prevailing on site.