

Le confortement des falaises de Biarritz

La Rédaction¹.

Introduction

Les falaises de la Côte des Basques à Biarritz s'étendent sur 1 200 m environ entre les falaises de la Perspective au nord et la plage Marbella au sud. Hautes de 40-50 m dans la partie nord et 30 m environ dans la partie sud, ces falaises sont constituées par les marnes de l'Éocène surmontées par une dizaine de mètres d'alluvions.

Au début des années 80, il devenait indispensable et urgent de conforter ces falaises en raison des risques de chutes de blocs, de glissements et d'effondrement de la tête de falaise menaçant le public circulant sur la plage, les voies publiques, les réseaux et les bâtiments. Suite à une étude globale de confortement et d'aménagement conduite par le BRGM et permettant un phasage pluriannuel des travaux de confortement, ceux-ci ont été engagés par la Ville de Biarritz avec le soutien du FEDER², de l'État, du Conseil régional, du Conseil général et de la Communauté d'agglomération Bayonne-Anglet-Biarritz (Fig. 1, Photos 1 et 2).

Géologie, désordres et principes de confortement

La coupe géologique de la falaise comprend :

- 10 m d'alluvions sablo-graveleuses qui renferment un



Photo 1. Vue aérienne générale du site (cliché ANTEA).

aquifère ; la partie supérieure est constituée par des remblais récents mis en place au début du siècle pour combler des talwegs, la partie inférieure, par un sable rouge très fin, saturé en eau ;

- 30 m de marnes du substratum qui comportent d'une part des marnes saines, d'autre part, des marnes remaniées ou altérées elles mêmes subdivisées en 3 catégories : partie supérieure au contact des alluvions (surface d'érosion longtemps exposée aux intempéries), partie superficielle des marnes en place à flanc de falaise, et marnes glissées, accumulées en pied de falaise.

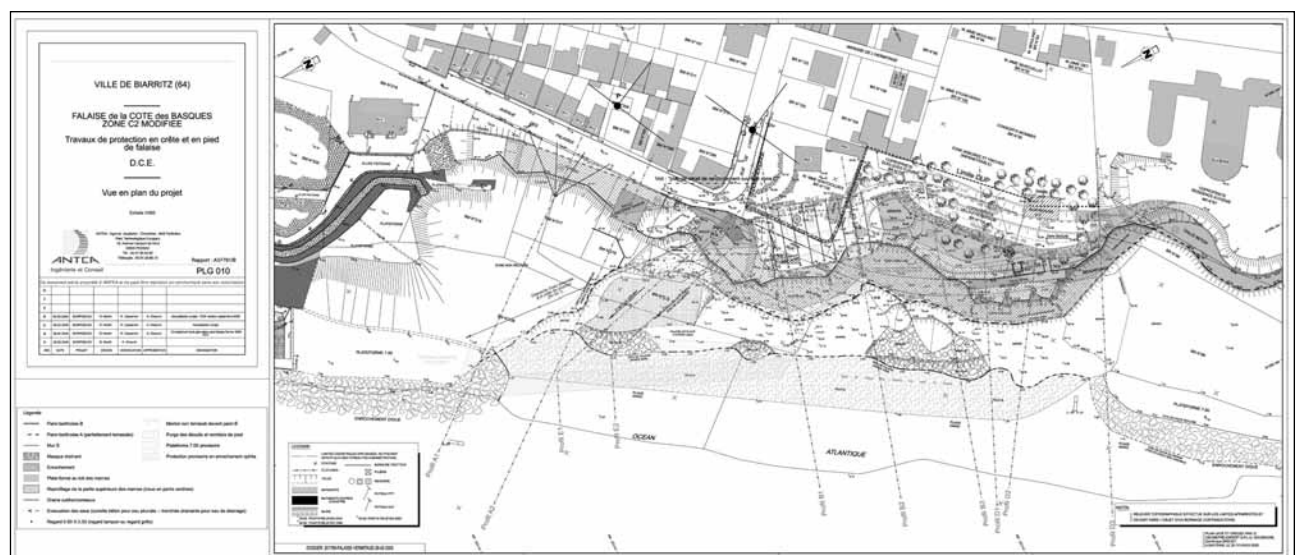


Figure 1. Plan des travaux (document ANTEA).

1. Remerciements à Nicolas Carpentier, ANTEA, pour son aide dans l'élaboration de ce texte.
2. Fonds Européen de Développement Régional.



Photo 2. Vue de profil du site (cliché ANTEA).

Les causes des désordres sont dues à plusieurs phénomènes, fréquemment superposés :

- l'écoulement de la nappe phréatique des alluvions et les écoulements d'eau de surface ;
- des fractures et failles importantes à l'origine de glissement en masse ;
- l'érosion marine du pied, qui a atteint 40 à 80 cm par an selon les endroits entre 1974 et 1982.

Afin de remédier à la situation, plusieurs principes de confortement ont été adoptés :

- collecter les eaux de surface et canaliser les eaux de la nappe (puits drainants et drains forés subhorizontaux), drainage des ouvrages de soutènement, masques drainants lorsque la pente des talus le permet ;
- protéger le pied de falaise contre l'érosion marine (création d'une digue en déblais issus de la falaise, géotextile et enrochement) ;
- assurer la stabilité des alluvions et des marnes (différents types de murs et parois) ;
- réaliser un espace paysager (intégration optimale dans le site, maximum de talus végétalisés).

Mise en place des solutions de confortement

L'espace disponible détermine le type de profil à utiliser pour réaliser la stabilisation de la falaise. Comme le montre la figure 2, le profil type comporte 2 murs en tête de falaise, 3 murs cloutés et un remodelage de la falaise avec alternance de talus et de plates-formes. Dans le cas

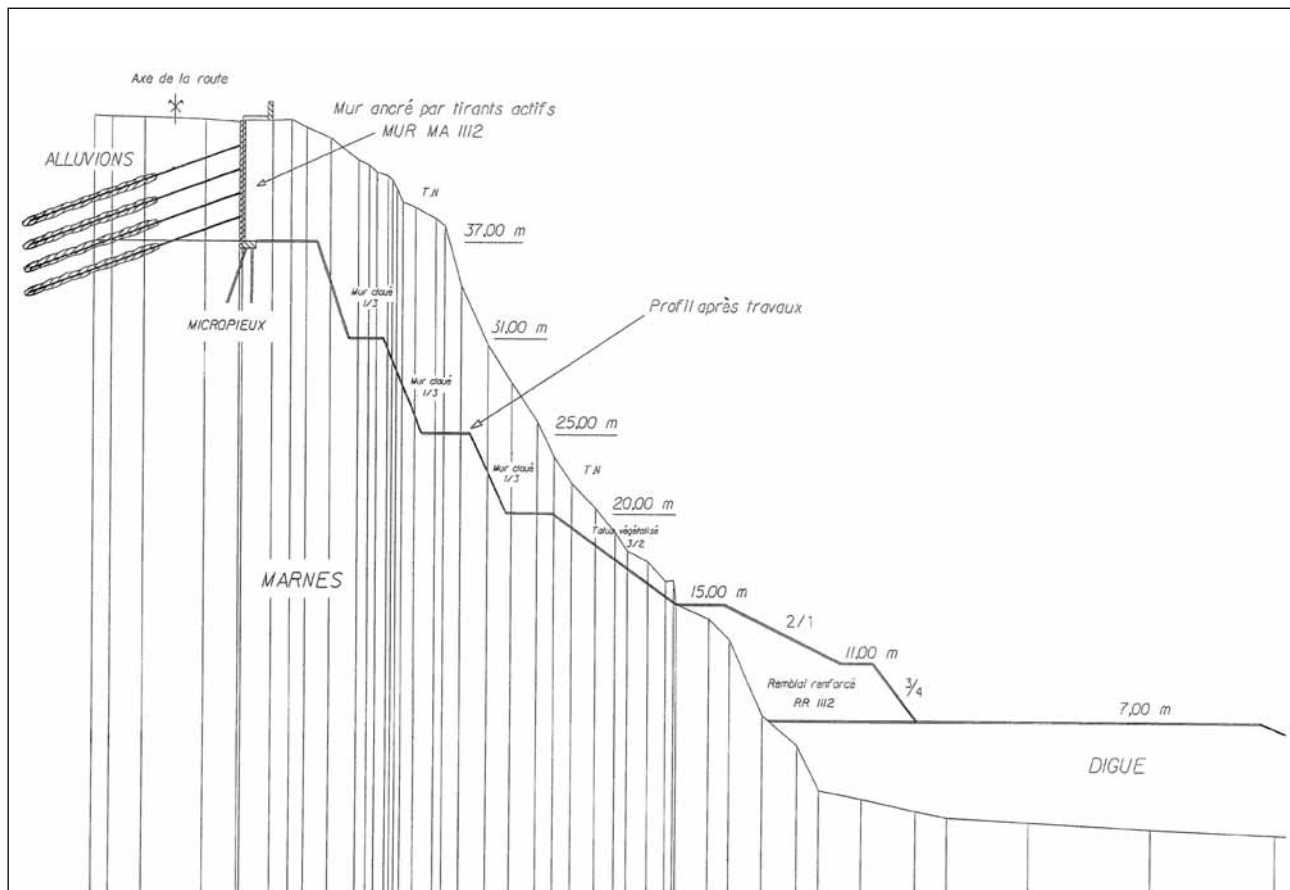


Figure 2. Profil type de confortement de la falaise (document ANTEA).

où l'espace disponible est large, on procède par remodelage de la falaise et alternance de talus et de plates-formes. Dans la majorité des profils, on utilise des solutions mixtes (murs, parois, talus). Dans le cas extrême où l'emprise disponible est réduite, on installe des ouvrages de soutènement ancrés dans les alluvions et les marnes, avec un minimum de talus en pied. En raison de l'ampleur des travaux, nécessitant un financement échelonné, on a retenu des tranches d'exécution portant sur des longueurs de 100 à 150 m.

Digue de pied

Cet ouvrage, arasé à la cote +7,00 NGF en prolongement du boulevard du Prince de Galles, est destiné à s'opposer à l'érosion de pied de falaise par l'océan. Il est équipé d'un cheminement renforcé pour permettre la circulation des véhicules de fort tonnage lors des phases successives de travaux et est réalisé en fonction de l'avancement du traitement de la falaise afin de réutiliser les matériaux de déblai.

La digue est constituée d'un noyau de marne mis en place par couches de 30 cm compactées. À l'arrière, une tranchée drainante a pour objectif d'éviter les circulations dans le noyau. Un filtre de géotextile non tissé est placé sur le parement pour empêcher le lessivage et la dispersion des matériaux. Vient ensuite une couche filtrante de matériaux calcaires (0-150 kg) destinée à éviter le poinçonnement du géotextile, puis une carapace d'enrochements de 2 m d'épaisseur en blocs d'ophite (3-6 t), un matériau particulièrement dense et dur.

Ouvrages de drainage

Les **puits à drains rayonnants** font 4 m de diamètre intérieur et traversent les 10 m d'alluvions pour s'ancrer de 1 à 2 m dans les marnes sous-jacentes. À partir des puits, des drains rayonnants en acier inox de 200 mm de diamètre et 20 à 30 m de long, doublés de PVC à l'intérieur, sont ensuite foncés à la base de la couche d'alluvions. Les eaux issues de ces puits, réalisés en phase préliminaire d'aménagement des falaises (1983-1985), ont d'abord été pompées, puis collectées gravitairement dans les nouveaux réseaux de collecte des eaux réalisés à flanc de falaise au fur et à mesure de la progression des aménagements.

Chaque ouvrage d'aménagement comporte plusieurs lignes de **drains subhorizontaux** de 5 à 8 m de long et une série de barbacanes (1 par m² en moyenne). Lorsque la pente du profil le permet, la pente d'alluvions est talutée selon une pente 2H/1V et protégée par un **masque**



Photo 3. Exemple de masque drainant (cliché ANTEA).

drainant : filtre géotextile non tissé, lui-même recouvert d'enrochements 80-200 (Photo 3).

Ouvrages de soutènement

Pour des raisons économiques et de chantier, la partie supérieure des alluvions est préalablement terrassée sur une hauteur de 3 m environ et un **mur en béton armé** réalisé en tête du mur tiranté, avant de remblayer la fouille. Le confortement des alluvions est réalisé par mise en place de **murs ancrés par tirants précontraints** (Photo 4). De 8 à 10 m de haut, ils sont soit verticaux, soit inclinés de 20° par rapport à la verticale. La tension de service des tirants varie entre 20 et 60 tonnes. La plupart de ces ouvrages sont fondés sur micropieux de 120 mm de diamètre et 2,50 m de long. Des capteurs de pression à l'arrière des têtes d'ancrages permettent de suivre l'évolution des ouvrages.

Le délicat « passage des sables » (à la base des alluvions) a été résolu par rabattement de nappe par pointes



Photo 4. Exemple de mur ancré par tirants (cliché ANTEA).

filtrantes, injection de gel de silicate et, lors de la dernière tranche de travaux, par une paroi moulée. Par ailleurs, comme l'emprise disponible était très réduite en extrémité de la rue des falaises Beurivage, on a utilisé la technique du « *Jet Grouting* » après terrassement afin de réaliser un confortement provisoire, permettant ensuite de terrasser en face avant et de réaliser l'ouvrage de soutènement.

Les **murs cloutés** sont utilisés pour conforter les marnes saines (Photo 5). Ils sont constitués d'un parement en béton projeté, ancré par des barres passives scellées sur toute leur longueur. Pour une hauteur moyenne de 5 m, l'ancrage de ces murs correspond à 3 lignes de clous de 6 à 9 m de long, espacés de 1,10 à 2,30 m. À l'extrémité nord des zones confortées, le mur clouté fait 22 m de haut. Il est constitué d'un voile en béton projeté de 20 cm d'épaisseur, armé de 2 nappes de treillis soudé, et est ancré par des clous de 25, de 9 m de long avec un maillage de 2 x 2 m. Un important maillage de drains horizontaux et de barbacanes est mis en place pour éviter les surpressions hydrostatiques.

Les **massifs en gabions**, associés à un massif filtrant en arrière plan, ont été utilisés ponctuellement à l'extrémité nord du chantier au niveau des sables chargés en eau.



Photo 5. Exemple de mur clouté (cliché ANTEA).

Pour des raisons d'intégration paysagère, 2 zones de marnes ont été traitées selon le principe du **gunitage**. Après terrassement, la marne a été équipée d'un gunitage en béton projeté de 5 cm d'épaisseur, ancré sur des clous passifs 16 et 20, et équipé d'un système drainant à l'arrière du béton.

Selon les impératifs topographiques du profil concerné, on a réalisé des **talus en remblai ou en déblai**. Les premiers sont recouverts d'une couche de terre végétale puis engazonnés. Pour les seconds qui mettent la marne à nu, on a retenu la solution de créer un humus artificiel pour permettre le démarrage de la végétation. Plusieurs techniques de paillage ont été utilisées comme support de protection, la semence étant ensuite projetée en incorporant des engrais et un fixateur.

Pour les **aménagements paysagés**, en dehors des surfaces engazonnées, on a retenu de planter des espèces préexistantes sur les lieux : *Eleagnus*, *Pittosporum*, *Atriplex*, *Baccharis* et *Tamarix* (Photo 6). Sur les premières tranches de travaux, un réseau d'irrigation par tuyaux poreux a été mis en place suivant les courbes de niveaux. Lors de la tranche 98-99, avec l'augmentation considérable de la quantité de plantations, le système d'arrosage a été remplacé par un paillage plastique vert qui a l'avantage de protéger les talus du ravinement et de conserver l'humidité. À partir de cette date, l'arrosage a été uniquement constitué d'asperseurs. Sur le mur clouté de l'extrémité nord (22 m de haut), on a utilisé la technique « *Eko-lur* » (terre écologique) qui consiste à projeter des couches successives de matériau à base de ciment et sable progressivement chargé en tourbe, semence et fixateur. Arro-sé durant les premiers mois, ce produit se comporte ensuite comme une couverture végétale naturelle sans arrosage ni entretien. À ce jour, les deux tiers du mur de l'extrémité nord sont enherbés.

Sur les falaises « *Miramar* », sous la Perspective



Photo 6. Aménagement paysager (cliché ANTEA).

Côte des Basques, des glissements ponctuels ont provoqué des chûtes de blocs sur le boulevard Prince de Galles. Après purge de matériaux instables, un **grillage galvanisé** triple torsion a été mis en place, ancré par des clous passifs dans le substratum. Il a été complété par un filet pare-pierres en pied de falaise.

Calendrier des travaux et intervenants

Le programme global d'aménagement des 1 240 m de la cote des Basques a été divisé en 5 zones A à D de longueur respective : 290, 250, 150, 160 et 390 m.

Suite à l'évaluation des différents risques posés par la falaise et de leur évolution dans le temps, une hiérarchisation des travaux a été effectuée selon les urgences d'intervention et les enveloppes budgétaires disponibles. Les tranches déjà réalisées sont récapitulées ci-dessous :

- Tranche 1 : 1983/1985 (réalisation de 9 puits à drains rayonnants en crête de falaise).
- Tranche 2 : 1988/1989 : Zone A.
- Tranche 3 : 1990/1991 : Zone A.
- Tranche 4 : 1991/1992 : Zone B (+ C localement) (Entreprise de travaux : MOTER).
- Tranche 5 : 1998/1999 : Zone B et C partiel (Entreprise de travaux, mandataire : GTS).
- Tranche 6 : 2005/2006 : Zone C2 modifiée + D partiel (Entreprise de travaux mandataire : entreprise Eurovia, avec Laporte, Balineau et Soltechnic).

Les tranches 1 à 4 ont été réalisées sous maîtrise d'œuvre du BRGM, les tranches 5 et 6 sous maîtrise d'œuvre d'ANTEA.

Conclusion

Le confortement de la Côte des Basques à Biarritz apparaît comme une opération exemplaire qui a permis de choisir une diversité de techniques de confortement adaptées à la topographie et à la géologie du site. Il s'agissait non seulement de conforter l'ensemble de la falaise, mais également d'assurer un drainage adapté des eaux de la nappe des alluvions et des écoulements de surface, et de donner à ces espaces de confortement un aspect paysager aussi naturel que possible. Les contraintes économiques et de chantier ont imposé un phasage des travaux par tranches successives de 100-150 m, qui se sont étalées depuis 1983 et se poursuivent aujourd'hui.

Bibliographie

- Études géotechniques et géologiques de la falaise de la cote des Basques : rapports BRGM 82 SGN 562 AQI et 85 SGN 443 AQI.
- Étude préliminaire et estimation des travaux des zones B (niveau APS) et des zones C, D et E (niveau APSS) : rapport BRGM 31598 AQI 4S 90 d'octobre 1990.
- Étude de projet des zones B3 et C (niveau APS) – Programme triennal 1996-1998 : rapport ANTEA A05930 d'avril 1996.
- Étude d'avant projet détaillé de la zone C2 modifiée : rapport ANTEA A33530/B d'avril 2004.