

Désensabler le Mont Saint-Michel... et lui rendre son âme

Désensabler le Mont-Saint-Michel et lui rendre ce caractère insulaire unique que l'action combinée des éléments et des hommes lui enlève peu à peu. L'idée n'est pas nouvelle.

L'Etat et les collectivités locales ont décidé en 1995 de conjuguer toute son âme au Mont-Saint-Michel, l'un des hauts lieux culturels et spirituels de l'humanité. L'Etat doit être le garant des grands objectifs et de la qualité de ce projet d'une ampleur inédite en France, sur ses aspects à la fois environnementaux, patrimoniaux et culturels. L'Europe, à travers son soutien financier, a voulu marquer la grande pertinence de ces ambitions pour ce site emblématique.

Le laboratoire central hydraulique de France, service de l'Etat, avait mené des études dans les années 1970. Des essais complémentaires sur modèles en laboratoire ont été réalisés par le spécialiste des aménagements hydrauliques Sogreah et ont permis de dégager progressivement les solutions pour recréer aux abords du Mont-Saint-Michel l'environnement de grèves souhaité. Ces études se sont étalées sur plus de 3 ans pour aboutir au rapport de synthèse présenté fin 2000 au Syndicat mixte baie du Mont-saint-michel.



Barrage actuel © Daniel Fondimare

L'ensablement du Mont-Saint-Michel : une action conjuguée de la nature et de l'homme

Au fil des siècles, l'action naturelle et inexorable des marées

Comme toutes les baies, celle du Mont est soumise à un phénomène d'ensablement naturel. Avec le flot, arrivent des sédiments que la mer dépose avant de se retirer. Le courant de marée montant étant plus puissant que le courant descendant, quantité de particules se trouvent abandonnées.

En marée de vive-eau moyenne, dans la petite baie, près de 100 millions de mètres cubes d'eau vont et viennent, remuant au passage quelques 100 000 tonnes de sédiments. Les analyses effectuées sur le site montrent qu'il s'est déposé sur les 43 km² de la petite baie 27 millions de m³ de sédiments en l'espace de 40 ans (1957-1997) : chaque année, les herbus progressent de 30 hectares.

Domestication du Couesnon et poldérisation excessive de la baie

Mais c'est tout d'abord l'histoire d'un fleuve qui n'a d'autre nom que celui du Couesnon :

Jusqu'en 1858, le Couesnon, comme la Sée et la Sélune, divague librement dans la baie, s'attaquant quand bon lui semble aux enclos poldérisés que les hommes s'efforcent de conquérir. Entre 1858 et 1863, pour protéger ces

polders, on le canalise, à main d'homme, sur 4 kilomètres, depuis l'anse de Moidrey jusqu'à son débouché. Domesticqué, il ne peut plus divaguer. La poldérisation peut continuer. En 1966, afin de bloquer l'entrée de la marée dans le Couesnon, on entreprend la construction du barrage actuel équipé de portes qui se ferment sous la poussée du premier flot - autrement appelées "portes à flot". Le fleuve perd un peu plus de sa puissance hydraulique ; à l'aval, il encaisse entre les dépôts de sédiments qui s'accroissent. A l'amont, l'anse de Moidrey, milieu humide et ancienne boucle du Couesnon, n'est plus recouverte par la marée. La construction de la digue-route actuelle et des immenses parkings qui permettent chaque année à 3 millions de visiteurs de venir en car ou en voiture jusqu'au pied du Mont s'est révélée catastrophique. Cette construction a favorisé l'accumulation de sédiments dans la petite baie, entre le Mont et le continent. Si rien n'est fait, le Mont sera un jour entouré d'herbiers et même les plus hautes marées ne viendront plus baigner le Porte de l'arrivée.

Objectif 2012 : Rendre au Mont-Saint-Michel son Caractère maritime

Un barrage fluvio-maritime pour repousser les sédiments

Pour remédier à cet enlèvement du Mont, cinq chantiers vont se succéder d'ici à 2012, pour un coût estimé aujourd'hui à 200 millions d'euros, dont 30 millions pour le barrage de la caserne.



Crédit images virtuelles : Imagence 3D



Barrage actuel © Gilles Berrée



Vue panoramique du projet



Pour aider la nature et corriger l'action des hommes, il est nécessaire d'abaisser de 70 cm la cote des fonds autour du rocher pour revenir à la situation qui prévalait au début du XIX^e siècle. Il s'agit donc aujourd'hui de redonner sa dynamique hydraulique au Couesnon.

Le futur ouvrage, pour lequel QUILLE (mandataire du groupement QUILLE-MASTELLOTO) est en charge du marché 1 "génie civil", est un barrage de type fluviomaritime destiné au stockage temporaire des entrées marines dans le bief fluvial du Couesnon et à leur restitution bi-quotidienne dans son bief maritime aux fins de participer au curage naturel de la petite baie et donc d'œuvrer au rétablissement progressif de son caractère maritime.



Principes de gestion du futur barrage sur le Couesnon (PM - pleine mer)



Phase 1 - Arrêt de descente du flot PM - 1 h

Le premier flot de la marée qui arrive au barrage a déjà apporté la pleine mer et le débit change en sediments grossiers. Ces sediments se déposent naturellement dès que la vitesse baisse sur le lit rigide.



Phase 2 - Ouverture en service à PM moins 10 minutes

Un remplissage par surverse permettra de remplir le Couesnon amont avec l'eau la moins chargée en sédiments. L'heure d'ouverture des vannes par rapport à la pleine mer au Mont est un point clé pour contrôler le charge en sédiments des eaux entrant dans le Couesnon. Les restes de vannes conduisent à retenir une certaine des vannes après PM moins 10 minutes en fonction de la hauteur de la mer. Les petites vannes permettent d'obtenir une durée plus longue sans perdre de l'eau.



Phase 3 - Remplissage aux fermetures

La fermeture des vannes au lit au barrage de PM + 1 h 30, lorsque les niveaux sont stabilisés de part et d'autre du barrage, se traduit par une durée de remplissage d'environ 1 h 30. Cette durée est très courte par rapport au volume qui est traversé par le barrage (de 470 000 m³ en marée moyenne à 500 000 m³ en période de crues). En fin de remplissage, pour bien remplir, le barrage sera ouvert momentanément. Facteurs à l'échelle des réservoirs à PM + 1 h 30.



Phase 4 - Arrêt du moment de la crasse (PM + 1 h 30)

Ces deux vannes à vannes fines sont destinées à retenir et à épurer les apports fins du Couesnon. Une ouverture spéciale est prévue dans chaque vane pour le débit moyen et le débit principal est de maintenir en eau et de maintenir un peu en permanence les chasses du Couesnon.



Phase 5 - Ouverture progressive et contrôlée des vannes à marée basse à PM + 5 h

L'ouverture lente et progressive des vannes permet une chasse contrôlée des sédiments de chasses contrôlées durant environ 2 heures. La durée de ce régime d'eau permet d'assurer un débit permanent constant sur cette durée.



Phase 6 - Fin de chasses - ouverture libre

Il s'agit d'arrêter rapidement le niveau des vannes amont dans le Couesnon et de le contrôler par le plus long temps possible. Une heure après la crasse, cet objectif est pratiquement atteint et un dépôt d'un excédent de l'eau non contrôlée à cet effet s'est produit sans discontinuité entre l'amont et l'aval.



Phase 7 - Formation d'un bassin d'eau clair à PM + 11 h 30

Si le débit descendant se décompose dans un réservoir ou dans un lit, il faut être en mesure d'ouvrir plus ou moins de vannes à l'aval de façon à ce que le premier flot qui est le plus chargé en sédiments, à cet effet et dans une certaine mesure, le débit descendant à la mer se généralise à l'aval par les vannes et à l'aval progressivement ouvert par 10 minutes.



Phase 8 - Fermeture quand la marée suivante arrive à PM + 11 h 25

Le cycle de gestion du barrage (1 jour 1 3/4) reprend avec la marée suivante. Si la marée est faible (et peu turbide) on pourra directement en phase 2.

Infographie : Daniel Fonclimare

Cet ouvrage très spécial sera équipé de vannes qui laisseront passer la marée. L'eau sera retenue au plus haut niveau puis relâchée à des moments bien précis du marée de façon à provoquer des "chasses" suffisamment régulières et puissantes pour repousser les sédiments autour du Mont (lire l'encadré ci-contre).

Une synergie forte entre la technique complexe du barrage et l'action naturelle des marées

Le volume total de remplissage du Couesnon est variable en fonction de l'amplitude des marées mais il est d'ores et déjà prévu entre 800 000 et 1 400 000 m³ d'eau. Les simulations démontrent que les marées de coeffi-

cient faible à moyen resteront tout de même utilisables pour les besoins du remplissage à condition d'accepter d'allonger la durée de remplissage qui peut donc varier de 1.0 heure à 3.5 heures.

L'apport fluvial du Couesnon est, quant à lui, maximal pendant la période pluvieuse, jusqu'à 550 000 m³. Au-delà d'un débit du Couesnon supérieur à 30 m³/s, l'apport de la marée n'est donc plus nécessaire. Ce nouveau barrage est implanté à une vingtaine de mètres à l'aval du barrage actuel et est parfaitement centré sur l'axe géométrique du Couesnon canalisé.

Afin de constituer ce réservoir, le lit du Couesnon devra être élargi dans un premier temps, et l'anse de Moidrey, anciennement utilisée pour prélever des sédiments à des fins d'épandage, sera agran-

die dans un deuxième temps. "En amont du barrage, l'accès aux berges et la morphologie de celles-ci resteront strictement inchangés par rapport à l'existant. Tous les chemins et talus accessibles par les promeneurs aujourd'hui, le resteront à terme dans les mêmes conditions. De même, la plage de variation du niveau d'eau restera dans la même gamme de 3 à 6,60m IGN 69. Les seuls changements notables seront liés à la fréquence de variation de ce niveau qui subira deux cycles quotidiens" précise Denis Carlier, BRL Ingénierie.

Enfin, afin que le fleuve puisse balayer les sédiments de part et d'autre du Mont et empêcher que le Couesnon ne suive un chenal rectiligne et profond, un seuil de partage le séparera en deux chenaux depuis le barrage jusqu'au

rocher. S'appuyant pour partie sur les cordons d'enrochement construits au XIX^e siècle, recouverts par la marée montante dès la cote 4,50m, ils seront complétés d'épis déflecteurs pour aider les flots à divaguer et à se répandre sur les grèves. Ces aménagements hydrauliques en amont et à l'aval du barrage, qui nécessiteront de draguer plus de 600 000m³ de sédiments au fond du Couesnon, seront en principe achevés en 2011.

La construction d'un pont-passerelle pour remplacer la digue-route actuelle



Avec ces aménagements, le Mont-Saint-Michel aura les pieds dans l'eau, non pas 50 fois par an comme aujourd'hui (lorsque les marées dépassent le coefficient 90) mais 150 fois par an, à partir des marées de coefficient 75 et sur toute la périphérie du Mont puisque les travaux prévoient la destruction des parkings actuels et d'une grande partie de la digue-route. Cette dernière sera remplacée par un pont passerelle sous lequel les flots pourront circuler, ce qui rétablira le transit entre le Mont et le continent. Pour finir, de nouveaux parkings seront aménagés à 2,5 km du Mont avec un système de navettes pour les visiteurs.

Les travaux ont véritablement commencé il y a environ un an et demi avec l'arrivée à Beauvoir des équipes de Quille, première filiale régionale de Bouygues Construction.



L'ouvrage n'a rien d'exceptionnel par ses dimensions mais il est complexe à réaliser car il exige une très grande précision dans la construction. L'intégration des éléments mécaniques constitue un défi puisque le positionnement et le dimensionnement des piles seront réalisés avec moins de 10mm de tolérance, ce qui reste peu fréquent pour un ouvrage de génie civil.

Le barrage de la Caserne est particulièrement délicat à construire pour une autre raison : l'environnement fluvio-maritime complique singulièrement la tâche des ingénieurs. Le lit du Couesnon est en effet constitué de limon très fin. Cette "tangue" de la baie du Mont Saint Michel, bien connue, s'apparente à des sables mouvants et n'a aucune portance.

L'ouvrage est fondé sur un "radier brossé" constitué de palplanches capables de reprendre le poids des 15 000 m³ de béton de manière isostatique, l'équilibre des forces s'effectuant par les frottements du sol sur leur surface. Sur ces 200 palplanches, une première dalle béton de 70cm d'épaisseur moyenne est coulée. Cette dernière constitue alors une surface propre et sèche sur laquelle est bétonné le radier en béton armé sur lequel s'ancreront les neuf piles. La première pile (pile 5) a été coulée en mai et la dernière (pile 9) de la rive gauche en août 2007.



FICHE D'IDENTITE

Le chantier en chiffres

LE BARRAGE EN DÉTAILS :

Longueur : 138,46 m culées comprises

Largeur de 15,6 m

Hauteur : 9,99 (sommet des berges)

Ouverture hydraulique : 72 m

8 passes identiques de 9 m de large, avec vannes
8 vannes secteurs constituées d'un tablier de 9 x 8 m et de deux bras en forme de sextant de marine de 8 m de haut pour un poids total de 44t environ

2 écluses pour les juvéniles d'anguilles

9 piles de 23 à 27 m, largeur courante de 1,8m

1 tablier de 120m de long

Quelques quantités :

2 400 t de palplanches

13 000 m³ de béton

900 t d'armatures métalliques

63 000 m³ de déblais

Le montant du projet (marché M1 - Génie Civil) est de 12,2 M€ dont près de 10 M€ pour Quille.

Un barrage avec vue ouvert au public :



Pont promenade sur barrage

En contrebas du pont-promenade, le balcon maritime s'ouvre en amphithéâtre sur le paysage de la baie. D'une surface de 900m², porté par des consoles métalliques ancrées sur les piles béton du barrage, ce balcon maritime est un espace de détente et de découverte de la baie.

"Son implantation en creux, crée un sentiment de regroupement, presque d'intimité, face au paysage : il forme un lieu de méditation, d'attente aussi de la montée des marées, du coucher du soleil, du lever des étoiles, de la mise en lumière du Mont" précise Luc Weizmann.

Traité comme un ponton de bateau en platelage bois, le balcon maritime est entouré d'un garde-corps formant une sorte de longue table cintrée tel un bastingage, en figure de proue au dessus des eaux, face au Mont-saint-Michel. Une pré-patine de teinte verte de gris est prévue. Le temps, la pluie et les embruns se chargeront de donner progressivement sa teinte bleue verte définitive au bronze, à l'instar de la cloche au sommet de l'église abbatiale.

Un chantier séquencé en raison de sa grande complexité technique

La première moitié du barrage, qui repose sur la berge Ouest du Couesnon, s'achève à la fin de l'année. Il sera construit en deux étapes pour permettre au fleuve de continuer de s'écouler. La nécessité de travailler dans le lit du fleuve explique la durée des travaux. Il faudra attendre début 2009 pour achever le génie civil, équiper les passes des vannes, et enfin construire le balcon qui accueillera les visiteurs côté baie (lire l'encadré "Un barrage avec vue")

Les six premiers mois du chantier ont en effet été consacrés à la seule préparation du terrain. Il

a fallu réaliser une enceinte qui isole du fleuve la partie à construire (un rideau de profilés métalliques planté dans le sol, adossé à la structure de l'ancien barrage, est maintenu à sec au moyen d'un système de pompage permanent).

C'est sur cette zone que les engins de terrassement, puis la grue et le marteau de 12 tonnes qui a servi à battre les fondations, sont intervenus. Les quatre premières vannes ont été posées sur la moitié Ouest du barrage puis s'opérera un basculement.

Il faudra en effet isoler à son tour la partie Est qui est actuellement en eau. Et recommencer les opérations de terrassements, de battage de palplanches, de bétonnage de radier puis de coulage des quatre dernières piles, les unes après les autres. Il faut bien prendre conscience de la complexité de cette construction qui s'opère en deux temps et nécessite l'assemblage des éléments nécessaires au fonctionnement du barrage (vannes, capteurs, ...) au fur et à mesure de l'avancée du chantier. Le phasage se doit d'être particulièrement précis



Photos Daniel Fondimare

3 questions-réponses avec **David Compte B 94** Directeur travaux adjoint **QUILLE** Responsable métiers et travaux fluviaux et maritimes

Comment Quille a été sélectionné pour la construction du barrage ?

Plusieurs facteurs expliquent que nous ayons remporté ce marché. Incontestablement notre niveau de technicité et nos nombreuses références en génie civil et en travaux fluviaux et maritimes ont joué en notre faveur. Mais la qualité de notre offre commerciale, décomposée en deux parties, a elle aussi été décisive. En effet, en plus de la solution de base comprenant une méthode d'exécution particulièrement adaptée intégrant la majorité des paramètres, nous avons proposé une variante qui a permis de montrer au maître d'oeuvre que nous avions une parfaite maîtrise du dossier. Par cette voie, nous avons gagné sa confiance.

Ce projet marque-t-il une confirmation du développement de Quille dans les travaux maritimes ?

Oui ! Depuis les années 90, l'activité travaux maritimes est une activité récurrente pour Quille. Elle connaît actuellement un pic d'activité et représente, pour 2006, près d'un tiers du chiffre d'affaires de l'activité travaux publics de l'entreprise... Un chantier comme celui du Mont-Saint-Michel est une

opportunité extraordinaire pour médiatiser nos savoir-faire en la matière et donc, à terme, pour développer l'activité en décrochant de nouveaux contrats et en investissant dans du matériel.

Que recouvre la démarche de "chantier bleu" ?

La démarche de "chantier bleu" est basée sur la notion de respect : respect vis-à-vis de nos clients, des riverains, des fournisseurs et sous-traitants et bien entendu de nos collaborateurs. En complément de ce volet humain, elle s'accompagne de préoccupations environnementales comme le tri des déchets ou la mise en place de dispositifs innovants d'économies d'énergie et de matières premières. Tous ces éléments correspondent à des attentes fortes de l'ensemble de nos parties prenantes et sont une priorité de l'entreprise.



LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE

Syndicat Mixte pour le rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel constitué des régions Basse Normandie et Bretagne et du département de la Manche. Le département d'Ile et Vilaine apporte un financement.

CONDUCTEUR D'OPÉRATION

Mission du Mont Saint-Michel
(émanation de la Direction départementale de l'équipement de la Manche)

MAÎTRE D'ŒUVRE

BRL Ingénierie (mandataire), **Luc Weizmann** Architecte, **Spretec**, **Antea**

BUREAU DE CONTRÔLE

SOCOTEC

MARCHÉ M1 : GÉNIE CIVIL

Quille (mandataire), **Mastellotto**

MARCHÉ M2 ET M3 : VANTELLERIE ET ÉQUIPEMENTS

CM Paimboeuf (mandataire), **Baudin Châteauneuf**, **Joseph Paris**