



EUCC - France

Atelier des 21 et 22 mars 2007



Le projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel



Située au fond du golfe normano-breton dans l'angle formé par la Bretagne et le Cotentin, la Baie du Mont-Saint-Michel occupe une dépression de 400 km². Abrisée de la houle, elle s'ouvre vers la mer sur une distance de 20 km entre la pointe du Grouin et la pointe de Champeaux.

Au fond de cette « grande Baie » se situe « la petite Baie » qui est limitée par un alignement reliant la chapelle Sainte-Anne à l'Ouest et le Bec d'Andaine à l'Est. Trois rivières y trouvent leur embouchure : la Sée et la Sélune à l'Est, le Couesnon au Sud, au pied du Mont (fig. p. 2). La petite Baie présente actuellement une morphologie de type estuarien caractérisée par les chenaux des rivières qui divagent au cours du temps et les herbous (schorres) qui sont des zones végétalisées transitoires entre les slikkes et le domaine terrestre.

Comme toutes les baies, celle du Mont-Saint-Michel est soumise à un processus de colmatage, principalement à partir de sédiments d'origine marine. Mais depuis la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle, les interventions humaines ont accéléré la sédimentation naturelle. Cette sédimentation est pour l'essentiel la résultante des courants engendrés par la marée. Les courants de flot, sont en effet plus importants que les courants de jusant. Ainsi, à chaque marée, la mer apporte plus de sédiments qu'elle n'en retire. Le caractère exceptionnel des marées dans la baie du Mont-Saint-Michel ne fait qu'amplifier ce phénomène. A l'entrée de la Baie, la marée peut atteindre une amplitude de 15 m lors des marées d'équinoxe et se retirer à plus de 12 km du Mont-Saint-Michel.

A la fin des années 1970, le Mont Saint Michel redevenait une île lors de trois pleines mers sur dix. Mais le colmatage de la baie menace le caractère insulaire du site, célèbre pour son abbaye du X^{ème} siècle. Depuis 50 ans, les fonds se sont exhaussés de 2 à 3 m aux abords du Mont et c'est à l'ouest du Mont que la progression des herbous a été la plus rapide avec un doublement de leur superficie.

De nombreuses études ont été menées depuis le début des années 1970 pour préserver l'environnement naturel remarquable du Mont Saint Michel et mettre en valeur son patrimoine architectural, mais c'est en mars 1995 que les grandes orientations du projet actuel ont été arrêtées.

Ce projet comprend deux grands objectifs :

- rétablir le caractère maritime du Mont-Saint-Michel,
- "requalifier" le site du Mont-Saint-Michel, qui englobe le rocher, les grèves et l'extrémité du continent, et revaloriser l'approche des visiteurs.

(d'après SOGREAH, rapport n° 51 1526-S, décembre 2000)

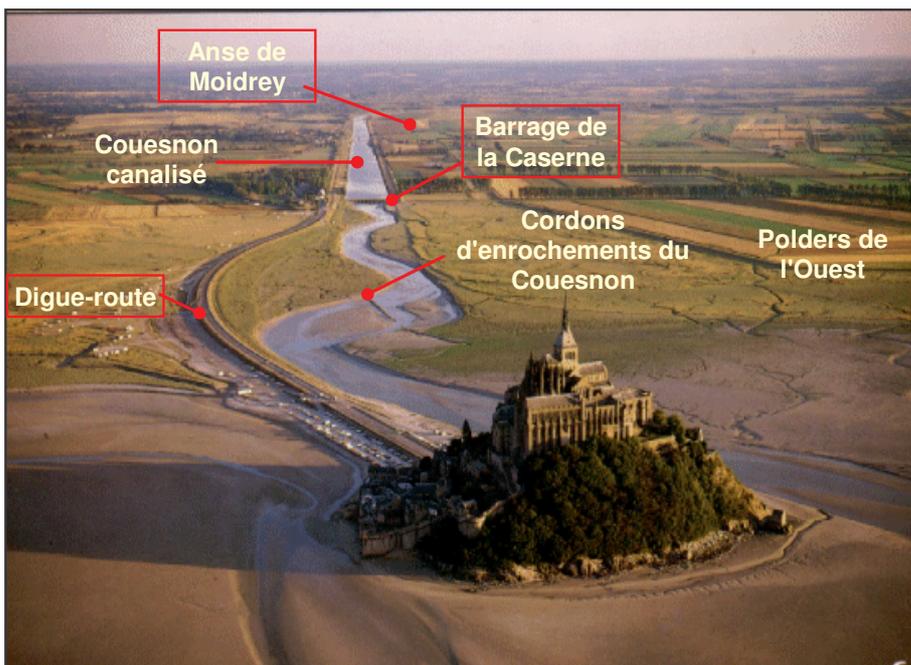
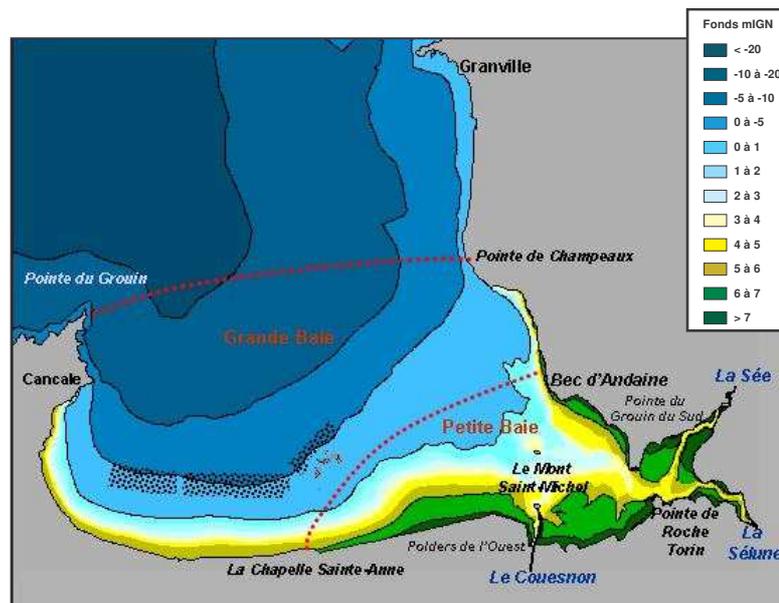
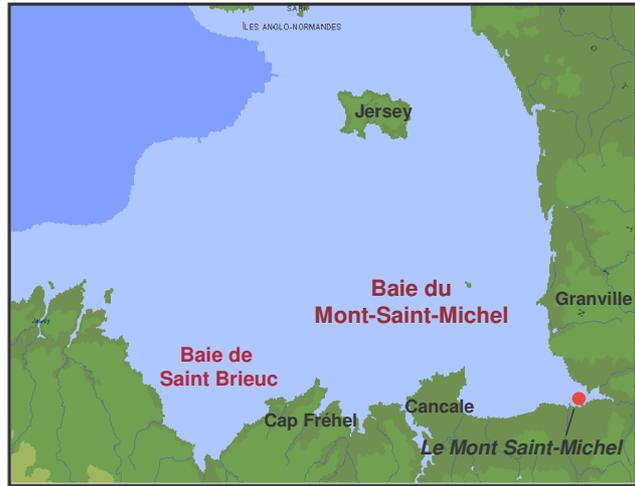


Fig in : SOGREAH, rapport n° 51 1526-S, décembre 2000

L'ACTION HUMAINE DANS LES RELATIONS ENTRE TERRE ET MER AUTOUR DU MONT SAINT-MICHEL

Fernand VERGER

Professeur émérite à l'Ecole normale supérieure

Président de la Commission scientifique de la Mission Mont Saint-Michel (1995-2000)

fverger@ens.fr

La frontière entre la terre et la mer est fluctuante dans la baie du Mont Saint-Michel. Elle l'est à l'échelle géologique, notamment au cours de la transgression marine qui envahit cette baie au cours de l'Holocène. Elle l'est au cours de chaque marée qui voit la ligne de rivage se déplacer de plusieurs kilomètres sur l'estran. Elle l'est aussi en fonction des actions humaines qui, après avoir repoussé la mer pendant deux siècles, s'efforcent aujourd'hui de rétablir l'insularité du Mont, patrimoine mondial de l'humanité.

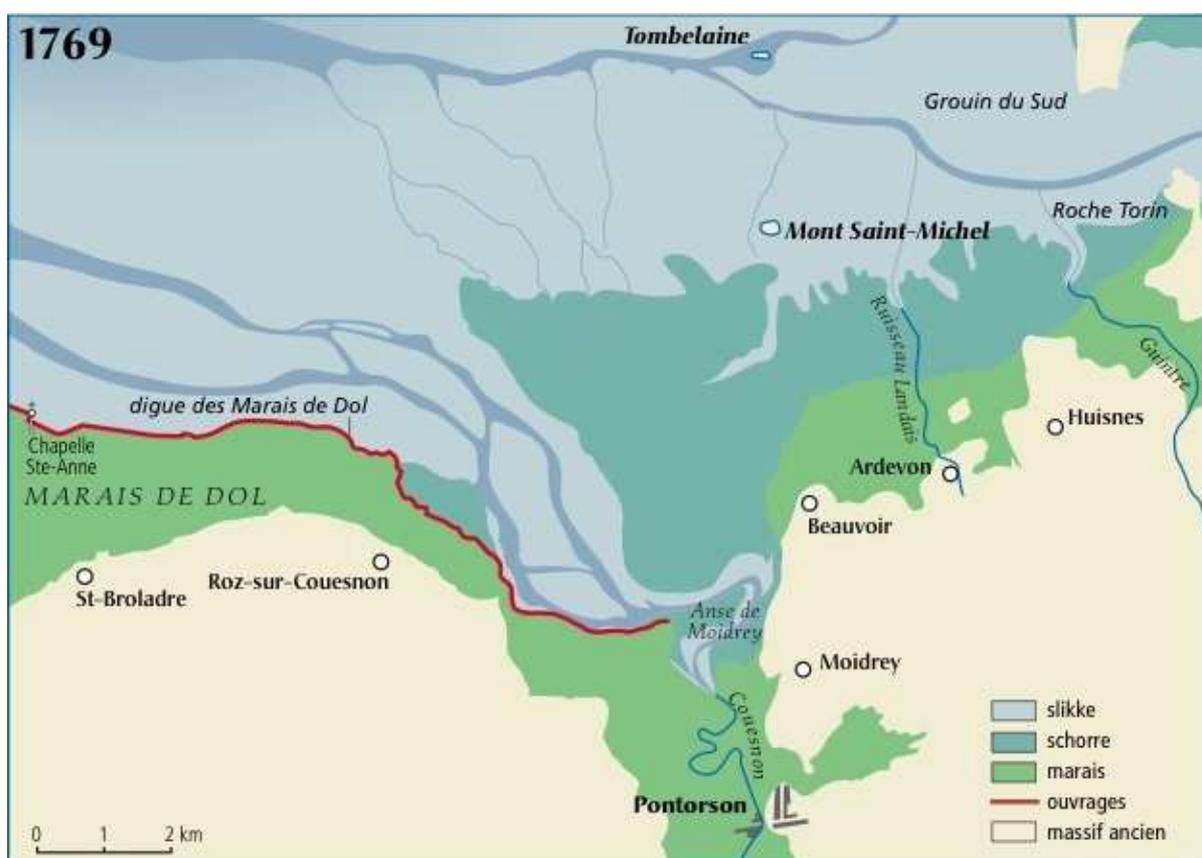
Le colmatage naturel

La mer dont le niveau montait depuis la fonte des glaciers wurmiens demeurait, il y a encore environ 7000 ans, à un niveau inférieur d'une dizaine de mètres au niveau actuel. Elle envahit au cours de l'Atlantique, du Subboréal et du Subatlantique la totalité de l'emplacement aujourd'hui occupé par le marais de Dol, s'étendant ainsi jusqu'aux hauteurs du massif ancien, comme l'attestent les sables coquilliers qui tapissent le fond du marais, notamment près du Mont Dol. Trois intrusions de leucogranite formaient alors trois îles : le Mont Dol au sud-ouest, le Mont Saint-Michel et Tombelaine à l'est. Puis, avec des alternances de montée, de baisse et de stabilité du niveau marin, les vagues de la mer, mobilisant un abondant matériel meuble sur les fonds, achevèrent la construction du marais blanc de Dol. Celui-ci est formé de sables et de tange, sédiment constitué majoritairement de particules fines de débris coquilliers. Le marais blanc isolait de la mer une lagune tourbeuse, qui recevait les eaux continentales et parfois aussi des intrusions limitées des eaux marines. Ainsi s'est formé le marais noir. L'îlot du Mont Dol est apparu dès lors comme une butte au milieu des marais.

En avant, se développait un très vaste estran de tange et de sable que couvre et découvre la mer, dont le niveau peut varier de plus de quinze mètres au gré des marées. Cet estran engraisait alors, mais les libres divagations des fleuves et des ruisseaux côtiers ainsi que l'action des vagues et des courants de marée empêchaient un colmatage durable trop important, en avant du marais blanc.

Pendant la seconde moitié du Moyen-Âge et les Temps Modernes, le marais de Dol a été aménagé principalement sous l'impulsion des communautés religieuses. Les cours des petits fleuves qui débouchaient dans le marais furent canalisés afin de limiter leur débordement. Le marais noir a été drainé et des écluses permettant l'écoulement des eaux par gravité à marée basse furent établies. Le niveau du marais noir, déjà originellement inférieur à celui des pleines mers, s'est abaissé par suite du tassement important de la tourbe, provoqué par le drainage. Certains points du marais noir se trouvent maintenant à 6 m au-dessous du niveau des plus hautes pleines mers. La barrière constituée par les levées littorales du marais blanc atteignait sensiblement le niveau des plus hautes mers. Elle a été consolidée et renforcée par la construction, à partir de 1024, d'une digue en bordure de la mer et sur la rive gauche de l'estuaire du Couesnon : la digue de la Duchesse Anne.

Ce n'est que dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle qu'intervient l'action de l'homme. Jusque-là, la baie présente encore un paysage naturel de caractère maritime peu modifié. Les vastes estuaires du Couesnon, de la Sée et de la Sélune sont soumis librement aux courants alternatifs de marée. Ils sont parcourus par des chenaux divagants qui balayent les estrans de tange et érodent de façon cyclique les herbous qui s'étendent sur leurs rives. Ainsi, le Couesnon divaguait autrefois sur les tangles de la baie à partir de l'anse de Moidrey où il décrivait un vaste méandre. Tantôt il rongait la digue de Bretagne, jusque vers la chapelle Sainte-Anne, laissant sur sa rive opposée s'étendre des schorres constitués de plantes acceptant la submersion par les eaux marines. Tantôt au contraire, plus rarement, il divaguait en provoquant l'érosion des schorres de Beauvoir et de Moidrey. Ces paysages devaient être assez comparables à ceux qu'offre l'estuaire commun de la Sée et de la Sélune aujourd'hui. Les petits cours d'eau de la Rive, du Landais et de la Guintre débouchent dans la Baie orientale non loin du Mont. Il faut alors parcourir les grèves à marée basse pour se rendre au Mont (fig. 1).



Extrait de *Marais et estuaires du littoral français*, Ed. Belin

Figure 1- Le caractère maritime inaltéré des environs du Mont. La marée pénètre librement dans les estuaires du Couesnon, de la Sée et de la Sélune ainsi que dans ceux de la Guintre et des ruisseaux de la Rive et du Landais. Les chenaux en divagant ont un effet « essuie-glace ». Les schorres alternent avancées et reculs au gré de la migration des chenaux. Le Mont est une île au milieu des grèves.

La progression des terres sous l'action humaine.

C'est en 1769 qu'un armateur granvillais, Quinette de La Hogue, sollicite et obtient l'octroi d'une première concession de 2 500 ha. Celui-ci a pu conquérir 950 hectares sur la rive droite du Couesnon grâce à l'état d'esprit de l'époque favorable à l'agriculture sous l'influence des physiocrates. Mais l'érosion, due au déplacement latéral du Couesnon à l'ouest et aussi de la Sée et de la Sélune à l'est, détruisit en 1817, et surtout en 1856, ces polders et même quelques autres plus anciens, en arrière. Une première tentative de canalisation du Couesnon s'était soldée par un échec et un abandon des travaux en 1807.

De petits endiguements ont ensuite été pratiqués avec succès à partir de 1851 le long de la digue de Bretagne, mais ce n'est qu'après la canalisation réussie du Couesnon de l'anse de Moidrey jusqu'au Mont Saint-Michel que les polders se multiplient, grâce à l'action de la compagnie Mosselmann. Sous le Second Empire, à un moment où se multiplient les demandes de concession comme celle de la Compagnie d'Achille Leclerc dans la baie de Bourgneuf, la compagnie Mosselmann obtient en 1856 deux concessions d'endiguement concernant la baie du Mont Saint-Michel et la baie des Veys. La concession de la baie du Mont Saint-Michel était soumise à la condition de mener à bien la canalisation du Couesnon. Cette canalisation, achevée en 1863, consista en un creusement d'un cours rectiligne endigué, prolongé vers l'aval par deux cordons latéraux d'enrochement. Elle offrait aussi l'avantage de faciliter la navigation alors encore active dans un cours soumis à la marée et sans courbes accusées, depuis Pontorson jusqu'à la latitude du Mont.

À l'origine, la concession accordée à la compagnie Mosselmann, qui deviendra bientôt la Compagnie des Polders de l'Ouest, comprenait l'incorporation du Mont au continent, car elle était limitée vers le nord à deux lignes droites unissant, à l'ouest, la chapelle Sainte-Anne à l'extrémité septentrionale du Mont, et à l'est, la Roche-Torin à la même extrémité, offrant ainsi à l'agriculture un vaste triangle de terres arables. À l'ouest, les étendues que ne balayaient plus les divagations du Couesnon après sa canalisation furent progressivement transformées en polders. À l'est, la construction d'une chaîne de pierre à partir de la Roche-Torin en direction du Mont fut édifiée en 1860 pour favoriser les atterrissements et contenir les éventuelles divagations de la Sée et de la Sélune vers le sud.

Les trois petits cours d'eau de la Guintre, de la Rive et du ruisseau Landais furent détournés entre 1879 et 1884, le premier vers l'estuaire de la Sélune, en amont de la Roche-Torin, et les deux autres dans le Couesnon. Tous ces travaux avaient pour objectif de favoriser les atterrissements pour en préparer l'endiguement et devaient faire du Mont un môle sur lequel s'appuieraient deux lignes rectilignes de digues.

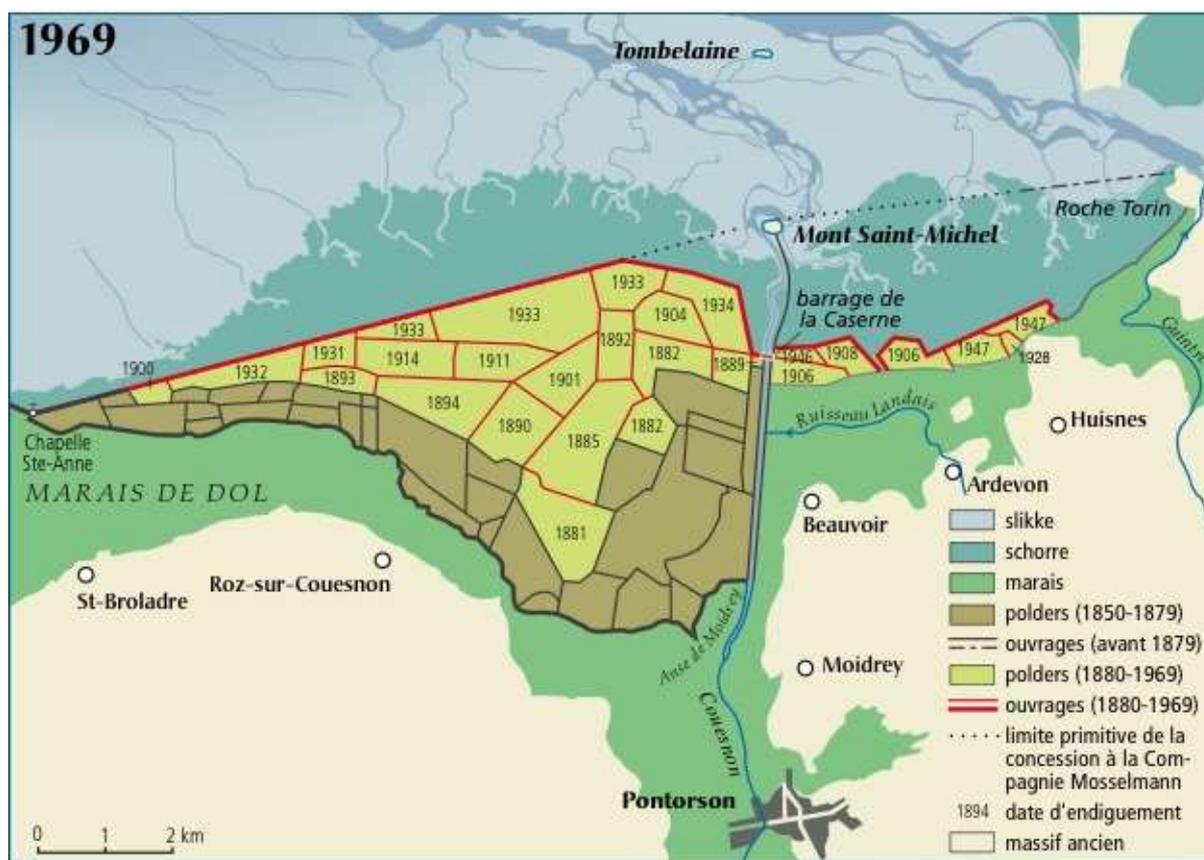
En 1878-1879, une digue-route insubmersible, longue de près de deux kilomètres, fut construite entre le Mont Saint-Michel et le continent faisant de la deuxième des trois intrusions de leucogranite, le Mont Saint-Michel, une presqu'île. Cette digue-route a été édifiée pour faciliter les accès, même lors des pleines mers de vives-eaux, et pour améliorer les conditions de navigation dans le Couesnon.

Les endiguements se poursuivirent jusqu'en 1934 à l'ouest du Couesnon et la digue rectiligne correspondant à la limite de la concession s'allonge depuis lors en direction du Mont sur une longueur de 10 km, à partir de la chapelle Sainte-Anne. Quelques endiguements peu étendus ont été conquis jusqu'en 1949, à l'est du Couesnon.

Enfin en 1969, deux siècles exactement après l'octroi de la concession à charge d'endiguement à Quinette de la Hogue, un barrage fut construit sur le Couesnon afin d'éviter les inondations à Pontorson, de favoriser le régime hydraulique des polders riverains et de soustraire à la submersion saline les terrains de l'ancienne tanguière de l'anse de Moidrey. Le libre

balancement de la marée était annulé dans le Couesnon, le débit des chenaux dans la baie elle-même fortement réduit, la progression des schorres encouragée tandis que leur éventuelle érosion était rendue beaucoup plus improbable.

Les endiguements successifs, l'édification de la route-digue, la construction de la digue de la Roche-Torin, la canalisation puis le barrage du Couesnon eurent pour effet d'accélérer le colmatage de ce secteur de la baie entraînant la progression rapide des schorres. On a estimé que, dans la partie comprise entre le Couesnon et la chapelle Sainte-Anne, ils couvraient environ 670 ha en 1947, 1 236 ha en 1980 et 1 370 ha en 1996. Dans la partie située à l'est de la digue-route du Mont Saint-Michel, les schorres ont également connu une importante progression (fig.2) même si des microfalaises parfois importantes peuvent localement se développer (fig.3). Leur flore est composée d'halophytes. L'obione (*Halimione portulacoides*) et la puccinellie (*Puccinellia maritima*) y occupent de vastes étendues à des niveaux moyens avec une préférence de l'obione pour les rives des chenaux qui sillonnent le schorre. Dans certains sites, le chiendent maritime (*Elytrigia* ssp) s'est récemment développé. Les niveaux supérieurs sont le domaine des élymes piquants, des fétuques rouges (*Festuca rubra*), des bettes maritimes (*Beta maritima*). Des chenaux sillonnant les schorres sont utilisés par la marée montante et assurent leur drainage à marée descendante. Les schorres constituent des pâturages pour le bétail particulièrement pour les moutons dits de prés salés.



Extrait de *Marais et estuaires du littoral français*, Ed. Belin

Figure 2- L'oblitération du caractère maritime des environs du Mont. En deux siècles, une trentaine de kilomètres carrés ont été gagnés sur la mer, le ruisseau Landais, celui de la Rive et la Guintre ont été détournés, la digue de la Roche-Torin a été construite, le Mont a été réuni au continent par une route-digue et un barrage empêche la pénétration de la marée dans le Couesnon.



Figure 3- Photographie d'un schorre érodé et de la tanguaie à l'est du Mont dont la silhouette apparaît à l'horizon. On aperçoit le caractère horizontal du schorre ici couvert de puccinellies, Les microfalaises montrent l'aspect lité de la tanguaie traduisant le processus de dépôt lors des pleines mers successives. Le vaste estran de tanguaie montre sa très faible pente. Photographie Alain Le Kim.

Les chenaux du schorre concentrent notamment une abondance de débris végétaux et de petits crustacés comme *Orchestia gammarellus*. Ce rôle de collecteur de biomasse est fort important pour l'alimentation de l'ichtyofaune littorale, petits mulets (*Liza ramada*), gobies et soles (*Solea solea*). Des espèces euryhalines de poissons comme les gobies (*Potamoschistus minutus*) y effectuent la totalité de leur cycle biologique. D'autres espèces n'y passent à l'état de juvéniles que la première année de leur vie. D'autres enfin fréquentent ce milieu riche d'une nourriture abondante de manière opportuniste soit au stade de juvénile soit à celui d'adulte, comme les mulets. Ces chenaux participent au caractère maritime des schorres. La fermeture de ceux qui pénétraient à l'intérieur du continent par des écluses, comme elle a eu lieu de 1879 à 1969 directement pour la Guintre et le cours du Couesnon ou indirectement par suite de leur dérivation dans le Couesnon pour le ruisseau de la Rive et le ruisseau Landais, n'a pu que nuire à la productivité et à la biodiversité de ces milieux dont les échanges avec la mer ont été ainsi diminués.

La restauration de l'insularité du Mont

De 1769 à 1969, les constructions humaines ont singulièrement accéléré le colmatage. Elles ont contribué à faire du Mont Saint-Michel une presqu'île rattachée au continent par une digue construite au milieu d'un environnement de moins en moins maritime (photographie A. Le Kim en couverture).

Cependant, dès juin 1883, le colmatage et la progression des schorres avaient provoqué, une prise de conscience précoce de l'intérêt de la conservation des étendues intertidales. C'est alors, en effet, qu'une Commission extraparlamentaire est instituée par le Président de la République, Jules Grévy, pour résoudre les difficultés qu'a fait naître la construction de la digue qui relie le Mont Saint-Michel au continent. Tout en acceptant que la digue permette de gagner quelques centaines d'hectares, cette Commission a été unanime pour réclamer avec énergie que le Mont Saint-Michel reste au milieu des grèves. C'est une prise en considération des espaces intertidaux sous un angle esthétique, même si cette manifestation, nouvelle alors, cherche encore à se concilier les convoitises foncières du monde agricole qui s'oppose ici diamétralement au maintien de l'intégrité des estrans. Elle a suscité un grand nombre de prises de position, dont la plus célèbre est celle de Victor Hugo qui écrivait en 1884 « *il faut que le Mont Saint-Michel reste une île* ».

Depuis ces prises de position, la progression des schorres n'a cessé d'alarmer une opinion que la fréquentation touristique croissante du site du Mont Saint-Michel rendait particulièrement attentive à la question. La dégradation de l'environnement du Mont Saint-Michel a entraîné différents projets d'intervention, comme l'institution en mars 1908 d'une conférence interministérielle pour examiner différentes questions relatives aux grèves de la baie du Mont Saint-Michel. Ses conclusions aboutirent à un avant-projet envisageant notamment une coupure de la digue-route. Cet avant-projet sera soumis à enquête publique en 1914, puis en 1916. Mais les travaux envisagés ne furent jamais inscrits au budget. Le projet connaît un renouveau en 1929, sous l'action personnelle de Raymond Poincaré, alors Président du Conseil, mais n'est pas plus réalisé, faute encore de financement et peut être aussi par suite de la maladie qui obligea Raymond Poincaré à démissionner dans l'été 1929.

Ce n'est que près de 40 ans plus tard qu'à l'initiative de la Commission supérieure des Monuments historiques que la question de l'insularité du Mont est officiellement reposée lors du Millénaire monastique du Mont Saint-Michel. Des études sont entreprises en 1970 sous la responsabilité de Jean Doucier, ingénieur des Ponts et Chaussées et architecte. Sous sa direction, un premier modèle réduit hydrosédimentaire a été établi en 1977 par les soins du Laboratoire Central d'Hydraulique de France. Cette étude présentait plusieurs possibilités. Parmi celles-ci figuraient la coupure de la digue-route sur 800 m, la suppression ou l'aménagement du barrage de la Caserne, la suppression des cordons d'enrochements des rives du Couesnon, le rétablissement des débouchés de la Guintre et du ruisseau Landais ainsi que la destruction de la digue de la Roche-Torin.

Cette dernière opération présentait l'avantage de pouvoir être entièrement menée dans le domaine maritime et de ne pas comporter de risques majeurs. Elle permettait enfin de passer, modestement certes, du stade des études à celui des réalisations en réponse à l'attente de l'Unesco qui avait inscrit ce site en octobre 1979 sur la liste du patrimoine mondial, au double titre de patrimoine naturel et de patrimoine culturel. Elle fut entreprise en 1983 et l'on vit un président de la République, en l'occurrence François Mitterrand, ôter la première pierre de la digue de la Roche-Torin. On décida cependant de maintenir la digue en l'état sur une longueur de 599 m à partir de sa racine et de construire une nouvelle digue submersible, oblique, en arrière de l'ancienne afin de préserver les polders d'éventuelles divagations.

L'architecte et ingénieur Jean-Pierre Maillard, ensuite chargé en 1989 d'un projet de maintien de l'insularité du Mont lance un concours d'idées qui doit privilégier les aspects émotionnels et paysagers du site. Pour lui, l'approche du Mont est capitale. Il propose en 1993 un aménagement comprenant des parkings construits sur la grève à proximité du Mont, ce qui entraîne, à la suite d'un avis défavorable du Conseil d'État rendu le 12 avril 1994, l'abandon de ce projet qui contredisait gravement la loi littoral.

Il était difficile cependant d'accepter que ce site connaisse le sort de Brouage ou d'Aigues-Mortes aujourd'hui inclus à l'intérieur des terres. Aussi, le Gouvernement français et les collectivités locales ont-ils décidé le 28 mars 1995 d'entreprendre des travaux de grande envergure afin de maintenir le « caractère maritime du Mont Saint-Michel ». Le nouveau projet a pour objectif de rétablir et de maintenir un environnement naturel et mouvant d'eaux et de grèves dans un espace suffisant autour du Mont. Pour cela, il faut enrayer la progression des schorres aussi bien à l'ouest qu'à l'est du Couesnon et rendre à la marée l'espace entourant le Mont.

Cette opération doit s'accompagner d'une requalification du site du Mont Saint-Michel lui-même par le report sur le continent des parcs de stationnement et par le dégagement des remparts sur lesquels s'appuie la digue-route actuelle. Elle va aussi de pair avec une revalorisation de l'approche des visiteurs. Ce projet a entraîné un très important programme d'étude confié après concours par adjudication à la Société Grenobloise d'Aménagement Hydraulique (SOGREAH) sous le contrôle d'une commission scientifique internationale.

Pour cette étude, la SOGREAH a dû construire quatre modèles. Tout d'abord, un modèle numérique a déterminé les courants de marée dans le fond du golfe normano-breton depuis les fonds de -35 m jusqu'à la côte, du cap Fréhel à Jersey. Le deuxième modèle, numérique lui aussi, a étudié les opérations de remplissage et de chasse du Couesnon. En précisant la force et la direction des courants de marée aux environs du Mont et le régime du Couesnon, ces deux modèles numériques ont permis l'établissement de deux modèles physiques, l'un du barrage du Couesnon, l'autre de la petite baie, c'est-à-dire d'un secteur s'étendant jusqu'à 4 km du Mont environ. Ce dernier modèle a pu simuler rétrospectivement l'évolution de 1975 à 1997 en se fondant sur un levé de 1975 effectué lors des études du Laboratoire Central d'Hydraulique de France et un nouveau levé effectué en 1997. Il a été ainsi possible de vérifier la validité de la modélisation en s'assurant de la correspondance des résultats du modèle avec l'évolution connue. Le modèle a ensuite simulé prospectivement l'évolution prévisible dans un délai de 45 ans à partir de la situation de 1997, d'abord en l'absence de nouveaux travaux, puis sous l'effet de divers aménagements, afin de choisir les plus adaptés au but poursuivi.

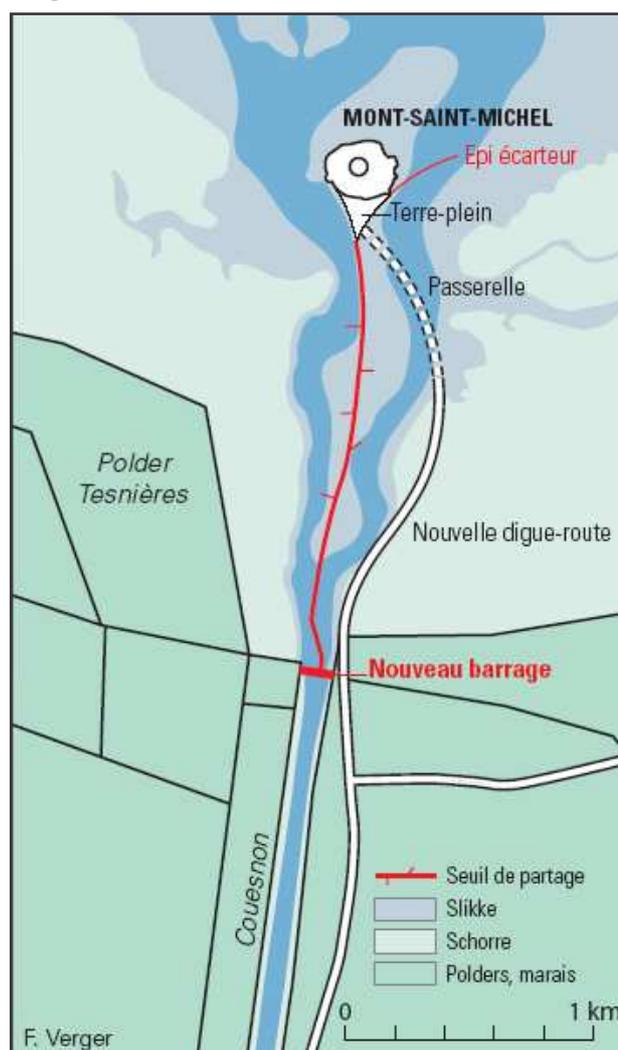
À la suite de ces études, un programme d'aménagement a été proposé fin 1999. Ce programme comprend une opération demandée depuis les années 1880 : la suppression partielle de la digue-route d'accès au Mont. La digue sera remplacée sur environ 500 m par un pont-passerelle dont les piles n'offriront qu'une faible résistance aux courants.

La pièce maîtresse de ce programme consiste en l'utilisation nouvelle du Couesnon, grâce à la construction d'un nouveau barrage remplaçant celui de La Caserne, construit en 1969. Le Couesnon a un débit moyen annuel de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les débits de crue qui seuls sont efficaces pour entraîner les sédiments de la baie sont trop peu fréquents pour dégager les abords du Mont : 5 % des débits journaliers dépassent $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et seulement 1 % sont de l'ordre de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dans ces conditions, il est apparu nécessaire d'accroître les débits de jusant du Couesnon pour créer des chasses efficaces. Pour ce faire, le nouveau barrage, d'une largeur hydraulique de 72 m contre 36 m pour l'ancien barrage de la Caserne, doit permettre l'entrée d'eau de mer à marée haute, lors des marées de coefficient égal ou supérieur à 75 qui représentent 42 % des marées. Afin de limiter l'entrée des sédiments marins dans le Couesnon, il est prévu d'effectuer le

remplissage par surverse, c'est-à-dire par un écoulement au-dessus des vannes, quelque temps après l'arrivée du premier flot. Afin d'accroître les chasses d'eau, le curage du Couesnon sur 4 km et le creusement de 6,8 km de chenaux dans un ancien lobe de méandre du Couesnon, l'anse de Moidrey, augmenteront considérablement le volume d'eau disponible pour les chasses. Dans le projet initial, tel qu'il a été proposé par la Commission scientifique internationale à l'achèvement de ses travaux en 1999, ce volume pouvait dépasser 1 400 000 m³ dans les conditions les plus favorables. Des mesures d'économie prises en 2006 ont limité la longueur sur laquelle le Couesnon doit être curé ainsi que le rabotage de ses berges. Le volume disponible pour les chasses en sera diminué par voie de conséquence d'un peu moins de 100 000 m³.

Les eaux ainsi emmagasinées seront libérées vers 6 heures après la pleine mer. Elles s'écouleront pendant environ une heure au-dessous des vannes, afin d'effectuer une chasse puissante, comparable à une crue d'automne; selon deux chenaux principaux de chaque côté d'un seuil de partage ne dépassant pas la cote + 4,5 m IGN 69, donc couvert par la plupart des pleines mers. Par mesure d'économie encore, on a décidé en 2006 de reporter ce seuil de partage sur le cordon de rive droite du Couesnon. Les deux chenaux passeront de part et d'autre du Mont. Le plus important, le chenal occidental, recevra 70 % du débit de chasse alors que le chenal oriental ne recevra que 30 % du débit et passera sous le nouveau pont. Une série d'épis étaient prévus à l'ouest du bras occidental afin d'éviter des divagations éventuelles qui auraient pu être périlleuses pour les polders, ainsi que des épis déflecteurs le long du seuil et des épis écarteurs flanquant le Mont lui-même. L'exécution des premiers a été suspendue en 2006, afin de limiter l'enveloppe budgétaire du programme (fig. 4).

Figure 4- Le maintien de l'insularité du Mont. Le projet comprend un ensemble cohérent d'opérations dont les plus importantes sont le remplacement de l'ancien barrage de la Caserne par un nouvel ouvrage plus largement dimensionné alimentant des chasses puissantes, la construction d'un seuil de partage submersible entre le barrage et le Mont et le remplacement de la digue-route actuelle par un pont-passerelle s'achevant par un gué submersible lors des très grandes marées (d'après un document de la Mission-Mont-Saint-Michel). Les modifications apportées au programme approuvé en 2000 par la Commission scientifique portent sur le curage du Couesnon, le déplacement du seuil de partage sur le cordon de rive droite du Couesnon, le remplacement de 196 m de passerelle par une longueur équivalente de digue-route et le sursis de l'exécution de certains épis. Cette figure tient compte des modifications apportées au projet initial.



Le remplacement de la digue-route par un pont-passerelle rétablira le caractère insulaire du Mont Saint-Michel, en maintenant l'accès continu et permanent au monument. Ce projet est focalisé sur le Mont lui-même et ses abords immédiats. Il n'a ainsi pas retenu le rétablissement des anciens cours de la Guintre, du ruisseau de la Rive et du ruisseau Landais, un moment envisagé. Cette opération qui aurait restitué un paysage plus naturel dans les schorres de l'est n'aurait guère eu d'efficacité pour le maintien de l'insularité du Mont.

Le programme se propose aussi d'éviter la dégradation du site et notamment des grèves que l'extension du stationnement oblitérait gravement, chaque année un peu plus. Il comporte en effet la réhabilitation des accès en éliminant les parkings établis sur les grèves et en assurant des moyens de transport collectif à haut débit entre des parkings construits dans les polders et le Mont.

Le coût global de ce programme est estimé fin 2006 à 200 millions d'euros après l'avoir été à 220 millions d'euros en 2005. Sur ces 200 millions, 164 ressortissent au financement public comprenant une contribution du FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) et 36 correspondent à une Délégation de Service Public. Cette Délégation de Service Public concerne la construction et la gestion des parkings ainsi que la desserte du Mont par des navettes.

Le calendrier des travaux prévoit un achèvement en 2012. Une première opération a consisté en 2005 à établir une douzaine de mares afin de recréer les biotopes nécessaires à la reproduction du pélodyte ponctué que le creusement de l'anse de Moidrey fera disparaître (fig. 5). Comme il s'agissait de la première opération de ce programme, elle a bénéficié d'une abondante couverture médiatique.



Figure 5 - Le pélodyte ponctué (Pelodytes punctatus Daudin) est classé parmi les espèces vulnérables dans le Livre Rouge des vertébrés de France. Cet amphibien doit disposer de pièces d'eau pour s'y reproduire. Photographie Magali Reghezza.

L'opération suivante consiste à construire le nouveau barrage sur le Couesnon dont la construction a été entreprise en 2006 et dont la mise en service est prévue pour 2009, c'est-à-dire près de trois ans avant la destruction prévue en 2012 de la digue-route, destruction qui ne pourra naturellement être réalisée qu'après la construction de la passerelle d'accès au Mont. Ainsi le bras occidental du Couesnon fonctionnera seul jusqu'à ce que la suppression de la digue-route permette à un bras oriental de laisser le Mont à sa gauche. En attendant, l'estran à l'est de la digue-route risque de connaître un remblaiement alimenté par la reprise des sédiments apportés au nord du mont par les chasses effectuées par le fort courant du seul bras occidental.

Ce programme est commandé par la volonté de rétablir le caractère insulaire d'un site du patrimoine mondial, caractère que toutes les actions humaines antérieures avaient oblitéré en favorisant le colmatage naturel. Le projet ne s'inscrit pas donc dans le mouvement de retour à la mer des étendues estuariennes, retour que l'on constate ailleurs. Si l'on fait entrer des eaux salées dans le Couesnon, c'est essentiellement pour obtenir un certain volume de chasse et non pour recréer des milieux humides saumâtres, les collectivités intéressées ne souhaitant pas ici un tel retour qui compromettrait les équilibres existants. Il s'agit de restaurer avec de fortes contraintes artificielles l'insularité de ce site exceptionnel. Le caractère maritime proprement dit se caractériserait plutôt par la libre divagation des chenaux et par le balancement naturel de la marée dans l'estuaire du Couesnon comme dans les estuaires des petits cours d'eau côtiers aujourd'hui détournés.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

PHLIPPONNEAU (M.), 1955. - La Baie du Mont-Saint-Michel, Étude de morphologie littorale, extrait des *Mémoires de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, tome XI, 216 p..

BOUCHARD (V.) *et al.* 1995. - Progression des marais salés à l'ouest du Mont-Saint-Michel entre 1984 et 1994, *Mappemonde*, n° 4, p. 28-34.

Mission-Mont-Saint-Michel, Programme technique détaillé, Chapitre IV. Rétablir le caractère maritime du Mont-Saint-Michel : les solutions proposées, avril 1999. 152 p.

Mission-Mont-Saint-Michel, Programme technique détaillé, Synthèse actualisée, décembre 2000. 108 p.

LEFEUVRE (J.-Cl.) , 2000.- La baie du Mont-Saint-Michel, Actes Sud, 48 p.

BONNOT-COURTOIS (C.), CALINE (B.), L'HOMER (A.), LE VOT (M.), 2002.- La Baie du Mont-Saint-Michel et l'estuaire de la Rance, Total-Fina-Elf, Pau. 256 p.

VERGER (F.), 2005. - Estuaires et marais maritimes du littoral français, Belin, Paris, 336 p.

DE LA CONCEPTION A LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET DU MONT-SAINT-MICHEL : UN PROCESSUS COMPLEXE

Yves LALAUT

Ingénieur en Chef des TPE

Docteur en Sédimentologie

Directeur Adjoint de la DDE de la Manche, Chargé de mission Baie du Mont-Saint-Michel

Si les phénomènes naturels en jeu dans l'ensablement de la baie font référence au rythme lent des périodes glaciaires, l'histoire du Mont-Saint-Michel est bien plus marquée par son histoire récente, depuis 708, date à laquelle l'Archange apparut à Aubert, évêque d'Avranches, jusqu'à nos jours.

Cette histoire est multiple, et faite d'évènements entremêlés, parfois contradictoires :

- ✓ Une histoire spirituelle bien sûr qui, bien avant Aubert, consacrait le Mont Tombe aux rites païens celtes et qui, encore aujourd'hui, essaie de survivre à la pression touristique.
- ✓ Une lutte de pouvoir entre les peuples qui, au fil des siècles, a conduit tour à tour à la prospérité, notamment par les terres riches gagnées sur la mer par la poldérisation, ou à la désolation et la misère, avec la guerre de cent ans ou l'utilisation du monument comme maison d'arrêt.
- ✓ Une histoire technique également, avec les grands bâtisseurs de la Merveille d'abord, et qui a permis à nos prédécesseurs, bravant les éléments, de maîtriser et d'améliorer les conditions d'accès au rocher, avec, bien sûr, des objectifs bien différents de ceux d'aujourd'hui.
- ✓ Une histoire naturelle également, tant la nature est présente, toujours, au travers des quatre éléments de la vie, autour et dans le Mont.

Ces différents aspects de l'histoire du Mont en font sa grandeur, et concourent à l'attachement de tous ceux qui s'en approchent, presque de façon passionnelle.

Ces éléments ne sont pas anodins dans l'histoire qui nous occupe aujourd'hui, celle d'un projet qui n'est pas seulement le fruit de dix, voire trente années d'études de quelques ingénieurs et techniciens férus et passionnés, mais qui est tout à la fois l'aboutissement d'un lent cheminement au parcours semé d'embûches et le commencement d'une nouvelle parcelle d'histoire, qui durera bien plus que les quelques cinquante années - modèle testées par la SOGREA.

Ce projet, ou en tout cas le questionnement auquel il répond, est né en fait il y a près de cent quarante ans, lorsque les premières renégociations de concessions de polders marquaient déjà les interrogations de l'Etat quant à la préservation de « l'insularité » du Mont-Saint-Michel.

Depuis, et malgré les décisions de réalisation de la digue route actuelle, achevée en 1879, les élus et l'Etat n'ont eu de cesse de rechercher une solution pour remédier aux effets des aménagements de l'homme sur l'accélération de l'ensablement du Mont.

Plusieurs causes sont liées à l'échec de ces projets :

- ✓ Les grandes guerres bien sûr, qui ont légitimement nourri d'autres objectifs et préoccupations, privant ce projet, comme bien d'autres de moyens, en particuliers financiers.
- ✓ Le manque de consensus sur la solution technique à mettre en œuvre, sans doute en partie lié à un manque de connaissances et de moyens pour analyser, expliquer, et convaincre sur les solutions avancées qui tentaient, pour l'essentiel, de simplement « revenir en arrière ».
- ✓ Mais également une certaine difficulté à appréhender le Mont et sa baie dans son ensemble, amenant à ne souvent considérer la solution que sous un seul angle de vue. Et depuis les années 1970, voire avant, le nombre de facettes différentes sous lesquelles la problématique a pu être vue n'a fait que se multiplier (l'environnement, l'architecture, le paysage, l'hydrodynamique, le tourisme, la culture, ...), renvoyant quelque part à la multiplicité des différentes histoires du Mont.

De cette histoire, il ressort qu'aujourd'hui, le projet de Rétablissement du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel est bien le résultat d'une démarche longue de construction, avec ses avatars, ses contradictions, et que son plus grand mérite est d'être le fruit d'un consensus entre diverses sensibilités, divers points de vue, et d'être porté autant par l'Etat que par les représentants des sensibilités locales et régionales, riches d'un passé chargé d'histoire.

Dans ce contexte, l'ère de la décentralisation paraît avoir apporté un souffle nouveau à travers la « re-conception » des structures de gouvernance : la constitution d'un syndicat mixte, le souci de l'implication de la population locale auraient-ils pu voir le jour si le renforcement du pouvoir des collectivités n'avaient été de circonstance ?

En outre, à travers ce chantier, c'est une nouvelle conception de l'environnement qui s'esquisse. Les réflexions d'abord timides sur le développement durable ou soutenable, l'éco-citoyenneté, ne cessent de prendre leur essor, aussi bien dans les discussions des instances internationales ou européennes qu'à travers la jurisprudence communautaire.

Au-delà de l'excellence technique qui a présidé à la conception de ce grand projet, la décision de lancement du Rétablissement du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel par Edouard BALLADUR en 1995 a marqué le début d'une nouvelle façon de concevoir la gouvernance d'un projet, dans le cadre d'une nouvelle répartition des rôles entre l'Etat et les Collectivités Territoriales et dans une démarche associant très largement les acteurs de la société civile autour de plusieurs objectifs :

- ✓ **Etudier, simuler** : Se donner le temps d'expérimenter
- ✓ **Aménager, restaurer** : Un grand paysage et une nature retrouvés
- ✓ **Favoriser, maîtriser** : Permettre une approche contemplative
- ✓ **Révéler, relier** : Un projet concerté et consensuel dans les trois composantes du développement durable : environnementale, économique et sociale

Cette démarche s'est traduite très concrètement au travers des différentes phases d'élaboration et de mise en œuvre du projet, accompagnées d'un plan de communication et d'outils adaptés :

- ✓ Les études préalables et l'élaboration du programme, suivant un processus continu et progressif d'évaluation environnementale au sens large :
 - Identification des enjeux environnementaux à partir d'une synthèse des connaissances et des opinions exprimées par les acteurs.
 - Etudes d'environnement complémentaires sur chacune des thématiques majeures (Les herbues, l'Avifaune, l'Ichtyologie, la Faune et la Flore, ...).
 - Etudes hydro-sédimentaires et de modélisations mathématiques et physiques, suivies par une commission scientifique internationale présidée par le Professeur Fernand VERGER.
 - Etude de faisabilité technique et environnementale de l'Anse de Moidrey et étude technico-économique de valorisation des matériaux issus du chantier.
 - Etudes d'hydrogéologie.
 - Etude architecturale des remparts et de l'approche du Mont.
 - Etudes socio-économiques (Taux de rentabilité, comptes d'exploitation, emploi, ...).
 - Etudes de trafic et de fréquentation.
- ✓ Une concertation préalable sur plus de 4 ans :
 - Exposition itinérante, annoncée par la presse (mairies, écoles, foires, colloques, maisons de la baie, CESR, CG, Professionnels...)
 - Journal d'information « La Baie » et plaquettes
 - Dossier d'information sur le projet laissé à la disposition du public avec un registre d'observation
 - Réunions publiques de concertation
 - Réunions spécifiques (Elus, Services de l'Etat, milieu socio-professionnel, Guides, Associations, ...) et une visite sur modèle
- ✓ L'étude d'impact
- ✓ Les enquêtes administratives
- ✓ Le lancement des marchés de maîtrise d'œuvre, Conseils, AMO, ...
- ✓ Les travaux

Pour mener à bien ce processus, l'Etat et les Collectivités ont œuvré dans le cadre d'un partenariat très fort, traduit financièrement et en terme d'organisation autour d'une exigence de qualité:

- ✓ Côté Collectivités, la constitution, en 1997, d'un syndicat mixte chargé de la maîtrise d'ouvrage du projet et de l'exploitation future des installations. Ce syndicat s'est appuyé jusqu'à aujourd'hui sur la Mission Mont-Saint-Michel, constituée par l'Etat en 1995 au sein de la DDE de la Manche, comme conducteur d'opération.
- ✓ Côté Etat, une coordination interministérielle et une animation régionale.
- ✓ Un protocole entre l'Etat et le Syndicat Mixte mettant en place:
 - Un comité de pilotage.
 - Des comités opérationnels, technique, financier et de communication.

Cette organisation très partenariale a été clairement un élément de succès qui a permis d'aboutir à un projet consensuel et équilibré. Elle a permis d'aboutir aux autorisations nécessaires et à une déclaration d'utilité publique exemplaire, prise après une enquête publique regroupant 14 motifs différents d'enquête au titre des législations sur l'urbanisme, l'environnement, la gestion du domaine public ou les installations classées.

Cette DUP a été un moment important dans la vie du projet car, les financements étant assurés, chacun a pu prendre conscience qu'après plus de cent ans, le rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel pouvait enfin se réaliser.

C'est le cas aujourd'hui avec la mise en chantier, depuis le mois de mai dernier, du futur barrage sur le Couesnon, pièce maîtresse de l'aménagement. Mais cela n'a pas été sans mal et c'était bien sûr sans compter les aléas inhérents au passage de la conception, si poussée soit-elle, à la réalisation.

Plusieurs éléments, à des degrés divers, ont ainsi fait s'interroger les différents partenaires sur les conditions de poursuite du projet, jusqu'à parfois remettre en cause, encore une fois, ses chances de réussite. Entre autres :

- ✓ La précision des études, forcément limitée, ne permet pas toujours d'appréhender ou de tenir compte de la multiplicité et la complexité de certains facteurs, comme cela est le cas des conditions de réalisation des ouvrages dans un sol extrêmement thixotropique.
- ✓ L'évolution des conditions initiales, comme par exemple le degré d'ensablement du Couesnon, qui peut modifier très rapidement les conditions économiques de réalisation du projet.
- ✓ Une mauvaise estimation de certains paramètres, comme par exemple le coût d'acquisition des terrains nécessaires au projet dans une zone très convoitée comme celle de la baie du Mont-Saint-Michel.
- ✓ Une analyse insuffisante des incidences réelles de certains choix de conception, comme en ce qui concerne par exemple les principes du système de transport imaginé au départ, en particulier lorsque des choix qualitatifs ne sont pas correctement valorisés.

La réalisation des études d'avant-projet a ainsi amené progressivement à une réévaluation importante du projet, d'autant plus que le chiffrage initial ne comportait que peu de marge d'aléas.

Cet état de fait, confirmé par une mission interministérielle d'expertise, a amené les partenaires à rechercher les solutions à même de rendre la réalisation du projet économiquement viable tout en respectant les objectifs initiaux.

Cette étape, apparaît, aujourd'hui, presque « nécessaire » dans la vie d'un projet de cette importance, dont la conception et la réalisation s'étaleront, en définitive, sur près de deux décennies. Si cette étape a comporté des risques de remise en cause des fondements même du projet, la réflexion qu'elle a suscitée a également permis d'accroître encore la richesse du projet face à de nouveaux enjeux de société comme le développement durable et l'inter modalité, par la recherche d'une meilleure adéquation entre les objectifs visés et les moyens consentis.

Le résultat de cette réflexion est également le fruit du partenariat renouvelé entre l'Etat et les Collectivités ainsi que de la capacité et de la passion des différents acteurs pour trouver les bonnes solutions ou compromis, pour convaincre et rassurer sur les choix proposés.

De façon pratique, cette réflexion, menée aux plans technique et réglementaire, a amené à plusieurs types de solutions qui permettent de répondre aux objectifs initiaux du projet tout en présentant des adaptations respectant les principales caractéristiques des ouvrages ayant fait l'objet de la DUP :

- ✓ Le report dans le temps de la réalisation de certains ouvrages, comme certaines poches de stationnement du futur parking ou, au plan hydro sédimentaire, comme les épis Ouest dans la baie dont l'utilité n'était pas avérée au stade des études sur modèle et reflétait plus une mesure de précaution à très long terme. Compte tenu de l'échelle de temps des évolutions correspondantes, il a été jugé que la décision de réalisation de ces ouvrages pouvait être reportée.
- ✓ La recherche de solutions moins onéreuses permettant de répondre aux objectifs initiaux du projet. C'est le cas en particulier :
 - Du curage du Couesnon en amont et de la réalisation de la réserve d'eau de l'Anse de Moidrey, avec des économies recherchées sur les techniques de réalisation et de valorisation des sédiments extraits (*traitement de la « bosse du chou » (maladie qui décime les exploitations de chou-fleur breton), Rehaussement de terres agricoles, Fabrication de ciment, ...*).
De façon plus précise, le volume de curage du Couesnon sera réduit pour permettre de maintenir un « matelas » de sédiments en pied des talus de berges afin d'éviter au maximum les risques de glissement des protections anciennes. Les volumes correspondants, qui devraient être sensiblement inférieurs à 100 000 m³, ne devraient toutefois pas obérer l'efficacité globale de la réserve d'eau amont pour les chasses, d'un volume total maximum d'environ 1,2 Mm³.
 - Du tracé du seuil de partage, revu pour permettre une meilleure réutilisation des anciens cordons d'enrochements de canalisation du Couesnon. Par voie de conséquence, la pointe sud du terre-plein terminal submersible est remplacée dans l'alignement de ces cordons, comme prévu initialement dans le cadre des études sur modèle.
 - Du nouvel accès au Mont-Saint-Michel sur lequel des économies ont pu être trouvées, notamment par la réduction de la longueur du pont passerelle de 200 m environ par rapport à la proposition du maître d'oeuvre, en partie en lien avec l'évolution du système de transport et notamment le retrait de la zone d'arrêt terminal des navettes reportée à l'extrémité. En fait, cette « réduction », après vérifications avec la SOGREAH, ne fait que ramener le point de jonction de la nouvelle digue avec la culée sud du Pont passerelle très proche de sa situation testée sur modèle.
- ✓ La recherche de solutions financières nouvelles, notamment au travers :
 - D'une délégation de service public (DSP) qui prendra en charge la réalisation et l'exploitation du futur parc de stationnement et du système de transport dont la conception a été repensée, de façon plus économe tout en préservant la qualité environnementale du site (pollution, bruit, insertion paysagère, ...) et la qualité des conditions de découverte du site. Par ailleurs, le système de transport a été élargi à la desserte de la gare de Pontorson dans une vision d'inter modalité avec les aménagements et améliorations qui seront réalisés sur le réseau ferroviaire dans les années futures sur l'axe Caen – Rennes, et plus particulièrement entre Dol de Bretagne, desservi aujourd'hui par le TGV, et Pontorson.
 - Du transfert, au profit du syndicat mixte maître d'ouvrage, de la gestion du parc de stationnement actuel, générateur de recettes.

Par ailleurs, au plan financier, les contributions des différents partenaires ont été réévaluées (Etat, Collectivités, FEDER, Agence de l'eau), permettant de boucler l'ensemble du financement du projet.

En dehors des investissements sous DSP, le montant des investissements à réaliser, financés sur fonds publics, s'élève ainsi aujourd'hui à 152,75 M€ auxquels s'ajoute une provision pour révisions de prix de 12,25 M€, soit un coût total de 164 M€ financé à hauteur de 75,43 M€ par l'Etat, 21,15 M€ par l'UE et 3,8 M€ par l'Agence de l'Eau Seine Normandie, la part revenant aux collectivités s'élevant à 63,62 M€.

DYNAMIQUE DES HERBUS. INTERACTION VEGETATION - SEDIMENTATION AU FRONT DES SCHORRES AUX ABORDS DU MONT SAINT-MICHEL.

Chantal BONNOT-COURTOIS
CNRS - UMR 8586 PRODIG

Le projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel s'est décliné en plusieurs problématiques dont l'une se rapportait à la dynamique des herbous et ses relations avec les processus hydro-sédimentaires. En effet, les herbous constituent la cible même du rétablissement du caractère maritime du Mont, le projet visant à contrôler la dynamique des schorres dans le sens d'une réduction volontaire de leur emprise aux abords du Mont, mais pouvant aussi s'accompagner de la création de nouvelles zones d'herbous dans d'autres secteurs de la baie. Il convient donc de préciser la cinétique d'évolution de l'ensemble des herbous sur laquelle les effets du projet vont agir à long terme.

La dynamique des herbous est notamment dépendante de la saison, la végétation se développant généralement une partie de l'année, en période estivale où les espèces pionnières préparent la colonisation par les espèces principales. Au contraire, en hiver, une déstabilisation de l'herbu peut survenir sous l'action érosive des houles d'hiver, des débits plus importants des cours d'eau ou de tempêtes exceptionnelles. Des microfalaises d'érosion apparaissent alors au front des schorres qui se retrouvent ainsi en phase de recul. Ces alternances progression / régression surviennent à des rythmes plus ou moins rapides selon que la dynamique sédimentaire conduit à un engraissement, à une situation neutre ou à une érosion. L'évolution du front des herbous dépend de nombreux facteurs tels que le contexte morpho-sédimentaire et le mode d'exposition de l'interface schorre – slikke, le niveau topographique, les durées de submersion, la nature et la dynamique des espèces végétales, l'occurrence de tempêtes ou de débits exceptionnels, etc....

I. DYNAMIQUE DES HERBUS

La mise en place puis la progradation d'un schorre est directement liée à des dispositions favorables qui nécessitent principalement :

- * un niveau altimétrique compatible avec la tolérance à la submersion (en rythme et en durée cumulée) des espèces vivaces colonisatrices primaires ;
- * un contexte morpho-sédimentaire et hydrodynamique propice à l'établissement des semences, et au maintien de conditions de protection nécessaires à la survie des jeunes plants, une fois leur germination effectuée.

D'un point de vue général, les modalités d'édification d'un schorre se déclinent en quatre phases principales :

- 1) **Initiation** ou **Edification** : cette phase ne se déclenche que sous deux conditions, si possible réunies : une cote altimétrique *ad hoc* et un mode d'exposition au moins semi-protégé.
- 2) **Consolidation** : l'interaction entre les espèces pionnières (*i.a.* Puccinellie et *p.p.* Spartine) et la sédimentation au front des herbous se traduit par l'édification de petites buttes qui deviennent coalescentes. *Puccinellia maritima* devient dominante, mais cette phase est encore marquée par la présence d'espèces de la haute slikke.
- 3) **Maturation** : on assiste à une régularisation de la surface du marais, ce qui facilite la dominance de buissons à *Atriplex portulacoides* (Obione) qui, lorsque l'espèce n'est pas altérée

par des facteurs de perturbation extérieurs, souvent anthropiques, peut se maintenir de nombreuses années.

4) La **Continentalisation** clôt cette séquence. Elle se caractérise par le développement sur des terrains pratiquement hors d'atteinte des marées, d'espèces prairiales à très large potentiel de développement (Chiendent et Fétuque).

L'organisation de la végétation s'établit en fonction de l'altitude et donc de la durée de submersion, les différentes espèces halophiles s'installant ou se relayant dans l'espace et dans le temps en fonction de leur degré de tolérance à l'eau de mer.

De haut en bas, on distingue (Fig. 1) :

- **le schorre supérieur**, caractérisé par des prairies à Chiendent et à Fétuque, localement fauchées.
- **le schorre moyen** comprend une végétation basse, dominée par l'Obione, accompagnée par l'Aster et la Soude. Vers le bas de cet étage, l'Obione est remplacée par une graminée basse : la Puccinellie que consomment les moutons.
- **le schorre inférieur** présente un paysage bosselé où le sommet des bosses est occupé par l'Obione et les creux par des Puccinellies et des plantes tolérantes à la submersion que l'on retrouve un peu plus bas sur l'estran.
- enfin, la limite du tapis végétal continu marque le passage à **la haute slikke**, occupée par des espèces pionnières clairsemées, annuelles comme les Salicornes, ou vivaces comme les Spartines.

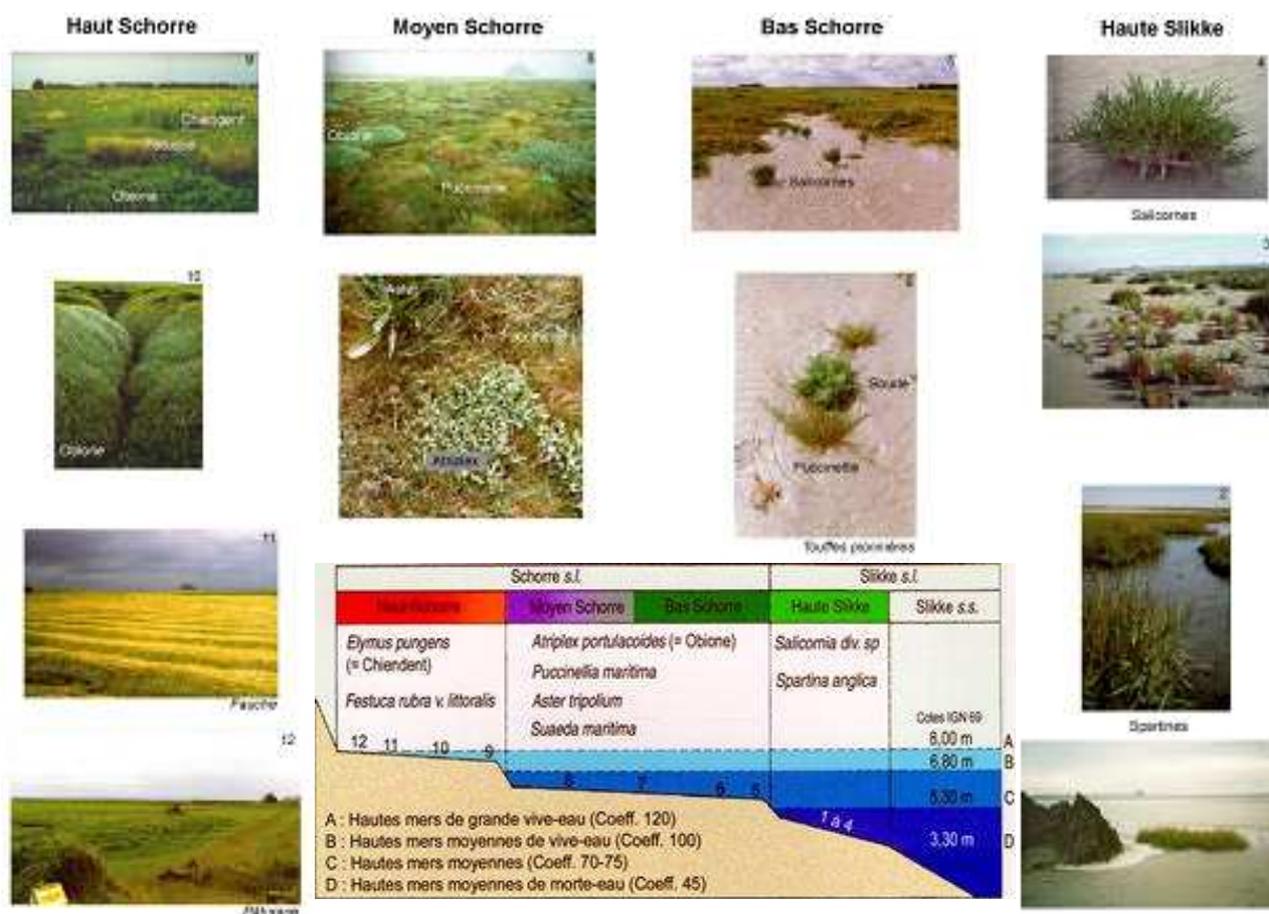


Figure. 1 : Subdivision bionomique de l'étage supérieur des estrans vaseux aux abords du Mont Saint-Michel.

Dans la partie orientale de la baie du Mont Saint-Michel, les schorres se développent rapidement sur le haut estran entre La Chapelle Sainte-Anne et le rivage normand de Genêts. Leur extension maximum se situe de part et d'autre du Mont où ils atteignent une largeur de 2,5 km en face des polders de l'Ouest et de plus de 3 km à l'Est du Mont au niveau du Grand Banc (Fig. 2).

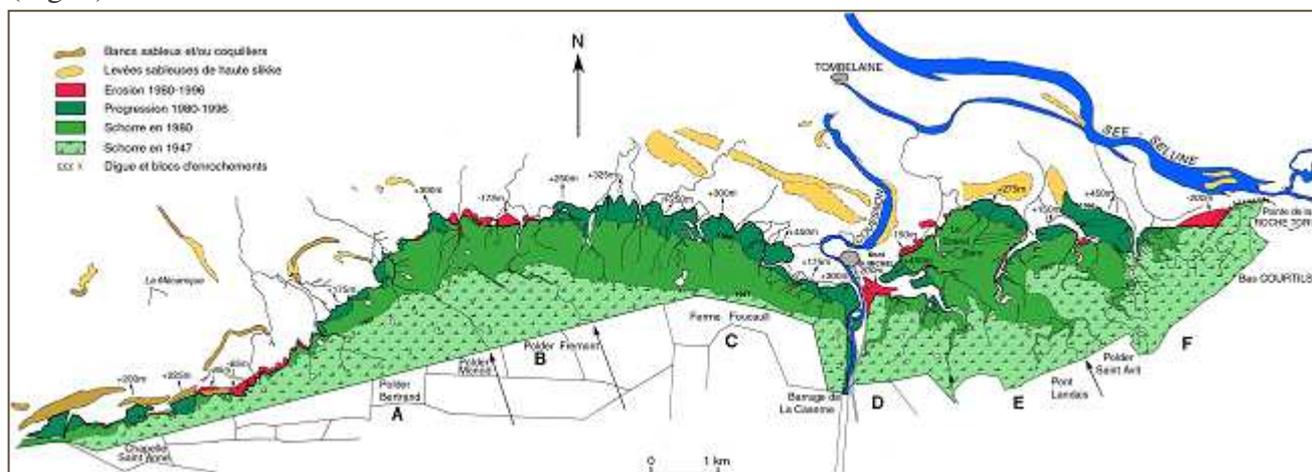


Figure 2 : Evolution du haut estran entre La Chapelle Sainte Anne et la pointe de Roche Torin. Années 1947, 1980 et 1996.

Les étapes de la colonisation de l'estran par la végétation halophile sont marquées par des phases de progression et/ou de régression qui induisent une grande variabilité de la bordure des schorres. La progression est guidée par la morphologie dendritique du réseau des chenaux de marée (localement appelés criches) qui entaillent profondément les herbues selon une disposition caractéristique d'un estran à pente très douce (de l'ordre de 0,1%). L'accrétion sédimentaire a lieu préférentiellement sur les bordures des chenaux qui forment alors des levées de rives dont l'altitude plus élevée permet la colonisation par la végétation halophile pionnière de bas schorre (Salicorne, Spartine). Les espaces entre les chenaux forment des dépressions humides, colonisées plus tardivement par une végétation à structure variée, dominée par l'Obione. Lorsque l'altitude devient suffisante, des graminées du haut schorre (Fétuque et Chiendent) vont progressivement remplacer les formations végétales du moyen schorre.

L'évolution des surfaces couvertes par les herbues entre 1947, 1980 et 1996 (Tableau ci-dessous) montre que la superficie du schorre à l'Ouest du Mont a doublé en 50 ans (entre 1947 et 1996) et que la progression a été un peu moins rapide à l'Est. Actuellement, les schorres couvrent près de 2500 ha entre La Chapelle Sainte-Anne et la pointe de la Roche Torin.

Année	Secteur Ouest, de Chapelle Sainte-Anne au Mont	Secteur Est, du Mont à la pointe de Roche Torin
1947	654 ha	634 ha
1980	1217 ha	967 ha
1996	1366 ha	1049 ha
Progression Moyenne	Secteur Ouest	Secteur Est
Période 1947 -1980	17 ha/an	10 ha/an
Période 1980 - 1996	9,3 ha/an	5,4 ha/an

La progression moyenne des herbous est plus élevée à l'Ouest qu'à l'Est, respectivement de 17 ha/an et 10 ha/an pour la période 1947 - 1980. Cette vitesse de progression ralentit pour la deuxième période 1980 - 1996 pour atteindre une valeur de près de 15 ha/an pour l'ensemble des schorres de part et d'autre du Mont.

Le bilan global de progradation des schorres est donc globalement très positif. Cependant, si l'on détaille les évolutions du front des herbous entre 1980 et 1996, on observe un certain nombre de secteurs en érosion. En particulier, après l'arasement de la majeure partie de la digue de Roche Torin en 1983, la divagation vers le Sud du chenal commun de la Sée et de la Sélune a érodé 19 ha de schorre à la racine de la digue. Les sédiments érodés se sont déposés un peu plus à l'Ouest où ils ont permis l'extension des herbous sur une surface de 60 ha avec une progression horizontale de près de 400 m. Au total, les herbous de l'Ouest, en particulier ceux qui sont situés en face des polders, proches du Mont Saint-Michel, progressent de façon spectaculaire à des taux presque deux fois supérieurs à l'avancée des schorres de l'Est du Mont au niveau du Grand Banc.

II. INTERACTION VEGETATION - SEDIMENTATION AU FRONT DES HERBUS

Les objectifs du volet « Dynamique des herbous » des études en environnement pour le rétablissement du caractère maritime du Mont visaient à approfondir les mécanismes qui règlent la dynamique des schorres. Les apports scientifiques spécifiques à cette étude concernent :

- une nouvelle cartographie des formations végétales des prés salés aux abords du Mont Saint-Michel, élaborée à partir des photos aériennes 1999 et des validations terrain de la même année ;
- un suivi hydro-sédimentaire et botanique, mené sur une année, réalisé dans des contextes morpho-sédimentaires représentatifs de l'ensemble des types de fronts d'herbus ;
- un calage altimétrique précis des différents transects analysés afin d'appréhender les temps de submersion réels du bas schorre ;
- la mise en place de dispositifs expérimentaux de mesure de l'exhaussement du sédiment et des apports de matières en suspension sur l'herbu ;
- la mise en évidence des facteurs biologiques qui interviennent à chaque phase de maturation des marais.

A) Processus hydro-sédimentaires

Les principaux résultats de ces recherches sur l'interaction végétation/sédimentation au front des herbous se résument de la façon suivante :

Le moteur de l'évolution du front des schorres aux abords du Mont Saint-Michel est la dynamique des processus hydro-sédimentaires qui règnent sur la moyenne et haute slikke. La présence de bancs sableux sur la moyenne slikke, formant une barrière protectrice en avant des schorres, permet un exhaussement des fonds nécessaire à l'installation de la végétation. **C'est donc le contexte morpho-dynamique qui caractérise la haute-slikke, qui permet ou non la genèse d'un schorre. Ce n'est pas l'inverse.** Les plantes ne sont pas les acteurs primaires directs des processus de progradation. La végétation pionnière joue certes un rôle dans la finalisation de l'édification d'un schorre, mais, dans tous les cas, des conditions préalables sont requises, directement issues de l'action de facteurs environnementaux non biologiques, actions immédiates ou différées dans l'espace avec le temps.

A l'inverse, si un chenal de vidange d'une criche majeure de l'herbu divague sur le site, les érosions débutent et le tapis végétal est relativement impuissant pour empêcher ces érosions, et même pour les freiner car le sapement des berges se fait par la base des microfalaises, le plus souvent en-dessous de la profondeur moyenne d'enracinement des plantes, et l'herbu s'effondre par blocs végétalisés.

Les apports en matières en suspension sur les herbues dépendent principalement de la largeur de l'estran sur lequel le flot arrive et de la planéité de cette slikke. Si la tranche d'eau est suffisamment faible pour permettre des remises en suspension sur le moyen estran et qu'il n'y ait pas de discontinuité topographique entre haute slikke et bas schorre, les apports en MES peuvent être importants dans ces secteurs en progression continue (Ouest du Mont et parties internes de la criche de l'Est). A l'inverse, la présence d'un chenal profond qui entaille la bordure du schorre (Ouest immédiat du Mont) implique que la lame d'eau qui envahit le schorre correspond à la partie superficielle d'une tranche d'eau épaisse, où les particules en suspension ont déjà décanté, et en tout cas beaucoup moins turbide que les eaux de fonds.

Les quantités de sédiments piégées dans les herbues dépendent principalement :

- **du temps de submersion**, et donc de l'altitude du front de schorre ;
- **du contexte morpho-sédimentaire du front d'herbu** : en mode abrité, on observe une lente sédimentation de particules fines tandis qu'en mode dynamique ou exposé, les secteurs situés en aval du transit des sables sur la haute slikke récupèrent de grandes quantités de sédiment.
- **du niveau du schorre ou de la slikke**. L'accrétion sédimentaire diminue généralement quand on passe de la slikke – haute slikke au niveau bas puis aux niveaux moyens et hauts du schorre. Les niveaux les plus hauts, et donc les plus internes du schorre, surtout s'il est pâturé, présentent une accrétion faible, même dans les dépressions du haut schorre où les apports sédimentaires sont réduits ; la contre-pente est alors maintenue malgré une submersion prolongée des cuvettes en grandes marées.

Les taux d'accrétion mesurés sur 10 mois à l'aide de plaques enfouies dans le sédiment (cf. tableau ci-dessous) fournissent des valeurs de 1 à 2 cm/an pour le front d'herbus évoluant en mode calme et de 8 à 12 cm/an pour les bordures de schorre situées en mode plus dynamique : berges des chenaux des criches ou du Couesnon, secteurs de transit de sables sur la haute slikke, mais aussi en mode exposé où les érosions frontales fournissent du matériel sédimentaire qui « nourrit » la frange la plus externe de l'herbu. L'accrétion est toujours importante sur la haute slikke. C'est donc d'abord le sédiment qui se met en place, puis, lorsque le niveau altimétrique, (donc la durée de submersion), est favorable, les plantes pionnières s'installent, et la pérennité de leur existence ainsi que la dynamique de leur progression dépendent directement de « l'ambiance hydro-sédimentaire » du lieu.

<p><i>Mode calme. Herbu de l'Ouest</i></p> <p>Niveau moyen du schorre : 2 cm/an Bas schorre, front d'herbu : 3 cm/an Haute slikke : 3 cm/an</p>	<p><i>Mode dynamique. Grand Banc de l'Est</i></p> <p>Moyen schorre : 0,8 à 1cm/an Bas schorre : 2 cm/an Haute slikke : 4 à 8 cm/an</p>
<p><i>Mode estuarien. Berges du Couesnon</i></p> <p>Haut et moyen schorre : 0,2 cm/an Bas schorre : 2 cm/an Haute slikke : 10 cm/an</p>	<p><i>Mode protégé. Criche Est du Grand Banc</i></p> <p>Moyen schorre : 1,5 cm/an Bas schorre : 2 cm/an Haute slikke : 5 à 8 cm/an</p>

Exhaussement des fonds - Suivi 1999 – 2000

Une végétation peut se développer, tant que des facteurs limitants comme la durée et la fréquence de submersion restent compatibles avec le degré de tolérance des espèces "pionnières" de la haute-slikke, et sous réserve que des phénomènes opportunistes, tempête par exemple, ne remettent pas en cause les premières installations. **En fin de compte, la morphologie de l'estran, au travers de sa topographie, fixe au départ le cadre de l'invasion par la végétation halophile.**

B) Niveaux d'installation des espèces végétales

Les mesures topographiques réalisées sur les transects du suivi des fronts d'herbus ont permis de coter la position altimétrique des principales espèces végétales du schorre et, en particulier, celle de la limite inférieure de leur distribution. En effet, **l'amplitude verticale de répartition des espèces est un facteur déterminant qui doit être pris en compte pour évaluer les niveaux critiques qui ne pourraient pas être dépassés, dans l'hypothèse d'une colonisation potentielle des slikkes autour du Mont.**

Le niveau retenu comme limite inférieure des herbus pour le modèle physique de SOGREAH était de 6m IGN. Or, les limites hautes et basses de distribution des différentes espèces reportées sur la Fig. 3 montrent que les espèces de bas schorre ont une limite inférieure de distribution située bien en-dessous de 6m IGN. Le débatement altimétrique est très important pour les espèces de la haute slikke et du bas-schorre (près de 2m pour les Salicornes) alors qu'il se rétrécit pour les plantes du schorre au sens large, en particulier pour l'Obione (*Atriplex portulacoïdes*), caractéristique du schorre moyen et surtout pour celles du schorre supérieur (Fétuque = *Festuca rubra sv. littoralis* et Chiendent = *Elymus pungens*).

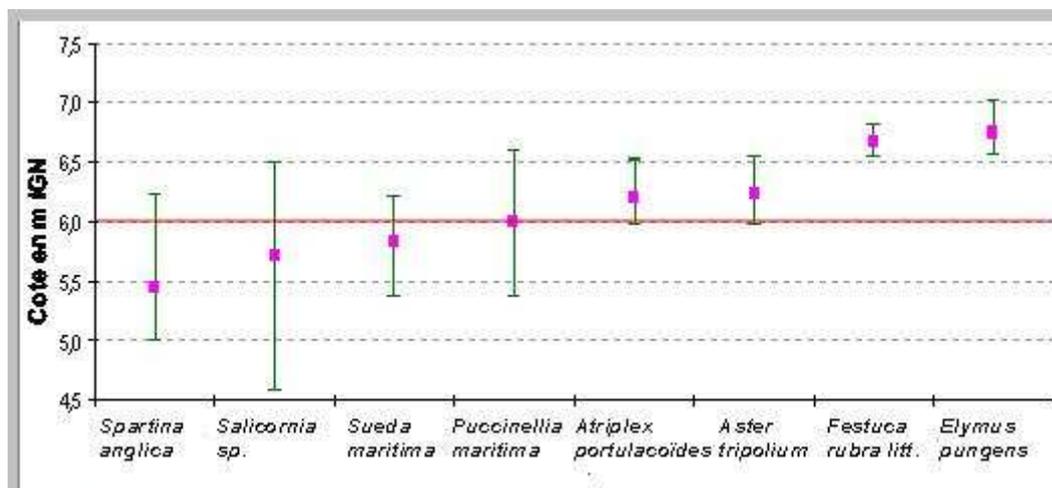


Figure 3 : Variation des limites altimétriques de distribution de quelques espèces de schorre aux abords du Mont Saint-Michel. Sont représentées la cote moyenne d'implantation de chaque espèce et les cotes minimales et maximales de leur distribution.

Pour ce qui concerne le schorre, la variation verticale de ces limites est de 50 cm, alors qu'elle est de 1,40 m pour les plantes de la haute slikke. Par ailleurs, les plantes du schorre, pour leur implantation la plus basse, sont submergées moins de 3,5 % du temps (en pourcentage cumulé), tandis que celle de la haute-slikke qui descendent le plus le sont seulement 11 % du temps. Par contre, les cotes moyennes d'installation des plantes du moyen schorre sont bien supérieures à 6 m.

En conclusion, on distinguera trois niveaux à significations différentes :

*** niveau des 5,00 m IGN, dit d'alerte ;**

Suivre dans le temps les changements de position de la ligne des 5,00 m IGN est, en termes prospectifs, un impératif de veille. Ce premier niveau permet de détourner des secteurs potentiellement colonisables à moyen terme.

*** niveau des 5,50 m IGN, dit critique ;**

Parler de la cote habituelle de préparation (phase d'édification) des herbues (5,50m IGN) est utile, car il s'agit bien de savoir que, dans tel secteur de côte, les premières installations durables pourront être observées à 5,40 ou 5,60 m. Comme ces végétations dites pionnières constituent l'antichambre d'un confortement ultérieur, il est d'intérêt de reconnaître la tranche 5,50 m - 6,00 m IGN comme particulièrement critique, surtout si l'on souhaite prévoir l'évolution future d'un système. Ce deuxième niveau est la cote critique correspondant à l'édification d'un futur schorre, et ce à court terme.

*** niveau des 6,00 m IGN, dit de limite inférieure du tapis végétal continu ;**

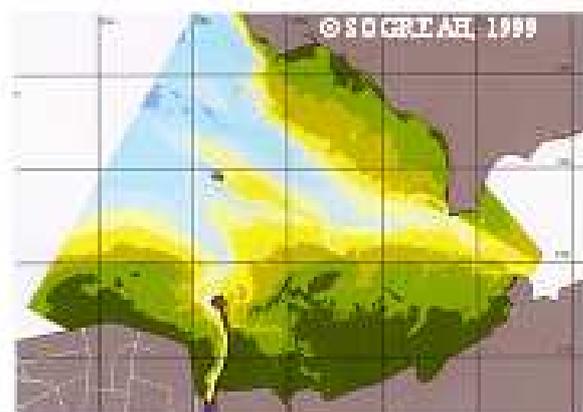
Le véritable problème n'est pas tant celui de reconnaître qu'une végétation continue caractéristique du schorre *s.s.* ne peut s'établir qu'à partir de la cote 6 m IGN 69, car ce niveau correspond à limite inférieure d'un schorre véritablement établi. Cette cote n'a plus de valeur prévisionnelle en terme de progradation future, "les jeux étant déjà faits".

C) Synthèse prospective

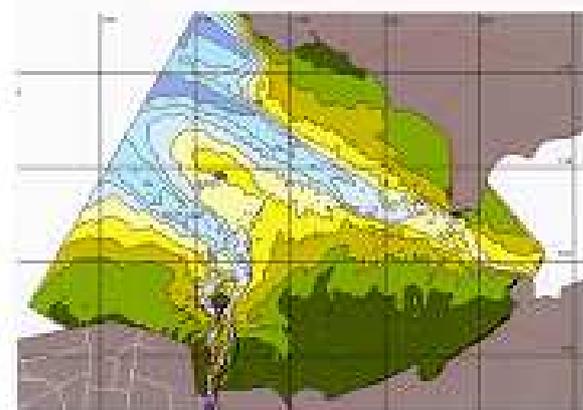
L'analyse rétrospective de la dynamique des herbues a montré que leur évolution n'est ni synchrone, ni régulière : des foyers dynamiques se déplacent avec le temps, mais les secteurs qui en deviennent distants se retrouvent en phase d'expansion nette se traduisant par une zone de transition bas schorre - haute slikke continue relative à une période de "calme" dans l'histoire des lieux. A l'inverse, les secteurs critiques, à dynamique active, se focalisent au débouché des rivières ou des criches.

La séparation du cours commun Sée-Sélune de celui du Couesnon qui est devenu un chenal autonome, indépendant du précédent, constitue un fait majeur qui va conduire l'évolution des lieux (Fig. 4). Cette disposition réduit *de facto* la puissance érosive de l'ensemble, puisque les énergies ne s'ajoutent plus. A l'Ouest du Couesnon, les processus de progradation deviennent dominants d'autant plus que des bancs sableux progressent sur le moyen estran et protègent les grands herbues de l'Ouest. A l'Est, un processus de régularisation du rivage par comblement des criches est en cours, en particulier au niveau du Grand Banc. Les tangues érodées du schorre de Roche Torin par les divagations du cours de la Sée-Sélune se sont déposées sous forme d'une flèche oblique qui conforte le flanc Est du Grand Banc.

A terme, les herbues satureront tous les espaces potentiellement colonisables, notamment à l'Ouest, et ce mouvement s'arrêtera le jour où le schorre jouxtera la berge du Couesnon chenalisé. A l'Est, les accumulations sédimentaires se confortent sur les espaces situés de part et d'autre des deux grands chenaux du Couesnon d'une part et du système Sée-Sélune d'autre part. Dès 1999, ces chenaux quasi rectilignes étaient séparés par une barre sableuse dirigée vers Tombelaine qui constitue une zone de colonisation potentielle. Etant donnée la planéité de ces espaces d'accumulation sédimentaire, on peut s'attendre au développement très rapide de populations pionnières de Salicornes et de Spartines et ce, jusqu'à la cote 5,00 m IGN. On ne pourra pas parler de schorre, les niveaux restant trop bas pour son établissement, mais plutôt de haute-slikke très étendue, dont les espèces pionnières, en mode non exposé, sont capables de s'installer à des cotes inférieures à 5,50 m IGN.



To + 25 cycles, sans aménagement



To + 25 cycles, avec aménagement



Image SPOT, Février 1999

Figure 4 : Comparaison avec les résultats du modèle physique SOGREAH

Les données satellitales et/ou aéroportées autorisent, sous réserve de validations topographiques de terrain, une projection à court terme (inférieure à 5 ans) portant sur la localisation de zones à dynamique globalement positive d'extension des schorres et même, à l'intérieur de ces zones, des secteurs où le phénomène se déclencherà. On dispose ainsi d'un outil prévisionnel indirect en ce sens que des suivis annuels des changements topographiques des estrans permettraient de mettre en évidence, avec au moins deux ans d'avance sur la réalité, les futures zones de progradation des herbus.

Compte tenu des taux de progradation des herbus dans la Baie, les projections obtenues à partir du modèle physique de la S.O.G.R.E.A.H. sont compatibles avec les résultats de l'étude interaction végétation-sédimentation. Le modèle physique, exclusivement "minéral", ne permet pas de restituer les accrétions différentielles qui se produisent au voisinage du front des schorres. En particulier, la surélévation topographique de la bordure externe de l'herbu de même que la pente inverse du schorre ne sont pas restituées. Les accumulations maximales, sur le modèle, se réalisent au voisinage du haut schorre, et non au front des herbus, comme en nature. Il en ressort une atténuation des contrastes topographiques entre le schorre lui-même et les criches qui le bordent ou le recourent. Cependant, **la cote 6,00 m IGN est valide dans un territoire relativement limité autour du Mont, mais elle ne peut être appliquée à l'ensemble de la baie.** Il serait alors plus réaliste d'évoquer une frange de transition (niveau 6,00 m IGN \pm 20 cm) plutôt qu'une cote précise.

A T0 + 25 cycles (Fig. 4), qui constitue une échelle prospective réaliste, il reste une marge de divagation aux rivières lorsqu'il n'y a pas d'aménagements et la silhouette des schorres est sensiblement homothétique de l'actuelle. En revanche, les chenalisation sont nettement plus marquées dans la situation T0 + 25 avec aménagements, s'accompagnant logiquement d'une progradation plus accentuée des herbous aussi bien au Nord qu'au Sud de la baie, avec une tendance très nette au développement d'un front de schorre très indenté qui est la marque d'un potentiel de développement ultérieur.

Au total, les résultats de progression des schorres sont analogues à T0 +25 ou T0 + 45, avec ou sans aménagements. Dans tous les cas, le Mont est très largement dépassé sur ses flancs par de futurs herbous. La véritable différence, conforme au but recherché, réside dans l'approfondissement du chenal du Couesnon au Nord du Mont, reportant la sédimentation induite sur les marges de son aire de balayage. Comme le cours des rivières, d'après le modèle, se fixe assez précocement, la position spatiale de leurs chenaux servira de limite semi-permanente à ces processus.

Dans le cadre du projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel, seule l'action d'une puissance hydraulique suffisante et supérieure à la cohésion des tangles, végétalisées ou non, permettra des érosions localisées, apportant ainsi la solution au problème d'ensablement à proximité immédiate du Mont. De fait, plus les herbous s'étendront latéralement de part et d'autre du Mont, en fixant une masse significative de sédiments fins, plus le Couesnon revivifié par les aménagements envisagés agira efficacement dans un espace certes plus restreint, mais qu'il entretiendra d'une façon permanente au travers de ses deux nouveaux lits. Ces aménagements ne remettent pas en cause le fonctionnement hydro-sédimentaire global et la dynamique de progradation des schorres à l'échelle de l'ensemble de la Baie.

PROJET DE "RETABLISSEMENT DU CARACTERE MARITIME DU MONT-SAINT-MICHEL"

ETUDES HYDROSEDIMENTAIRES

Rapport de synthèse de la SOGREAH (n° 51 1526-S, décembre 2000)

Résumé réalisé par C. Clus-Auby et M.-C. Prat

Ce rapport fait la synthèse des études hydrosédimentaires menées par la SOGREAH pour le projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel, sous maîtrise d'ouvrage de l'Etat, dans un premier temps, puis du Syndicat Mixte, dans un deuxième temps.

LES OBJECTIFS DU PROJET

Les études hydrosédimentaires concernent le premier objectif du projet, qui vise à rétablir et maintenir, dans un espace suffisant autour du Mont, un environnement naturel et mouvant d'eau et de grèves. Il faut donc :

- stopper la progression de herbus qui ensèrent le Mont,
- rendre à la marée l'espace proche du Mont qui est occupé par la digue route.

Il ne s'agit pas d'inverser ou d'arrêter le processus naturel de colmatage de la petite Baie, inéluctable à l'échelle des temps géologiques. Il n'est pas question non plus de modifier le mouvement des marées. Actuellement, le Mont est entouré d'eau lors des seules marées de vive-eau (480 heures par an réparties sur 170 jours).

Pour atteindre le but recherché, les orientations initiales prévoient 3 types d'actions :

- couper la digue route sur une certaine longueur à partir du Mont pour que les courants des marées et des rivières viennent de nouveau « balayer » les abords du Mont ;
- modifier le fonctionnement du barrage de la Caserne sur le Couesnon afin de laisser la marée y pénétrer de nouveau pour provoquer des chasses qui viendront, dans un premier temps, déblayer les sédiments au voisinage du Mont et, dans un deuxième temps, maintenir ce nouvel état des fonds ;
- rétablir à l'Est du Mont des écoulements suffisants pour permettre de maintenir dans la criche Est des fonds de nature maritime.

La recherche de solutions et la mise au point du projet, ainsi que l'analyse de ses impacts du point de vue hydrosédimentaire, ont fait l'objet d'études reposant sur des outils de modélisation. Ces études ont été confiées à SOGREAH après appel d'offre sur un cahier des charges mis au point par le maître d'Ouvrage et approuvé par la Commission Scientifique.

Ces études ont été précédées par des campagnes de mesures *in-situ* réalisées par divers bureaux d'études et universités qui ont apporté aux différents modèles les données nécessaires à leur calage et à leur validation.

LA METHODOLOGIE ET LES OUTILS DE MODELISATION

Les études confiées à SOGREAH devaient répondre à plusieurs questions :

- définir et évaluer les impacts sur les fonds des ouvrages et des aménagements hydrauliques visant à rétablir le caractère maritime du Mont ;
- évaluer les effets hydrosédimentaires dans la petite Baie, la grande Baie et le Couesnon.

Quatre modélisations distinctes ont donc été mises en oeuvre :

- **Un modèle numérique courantologique bidimensionnel plan de la grande Baie** destiné à :
 - déterminer les conditions aux limites côté large du modèle sédimentologique de la petite Baie ;
 - calculer la courantologie induite par certains aménagements ;
 - préciser les effets hydrosédimentaires du projet sur la grande Baie et dans le Couesnon ;
- **Un modèle numérique unidimensionnel du Couesnon** qui a permis de préciser les conditions hydrauliques (débits, niveaux, vitesses) dans le Couesnon et à l'aval du barrage de la Caserne pour différents fonctionnements de ce dernier ;
- **Un modèle physique sédimentologique de la petite Baie** qui a constitué l'outil principal à partir duquel les solutions ont été recherchées, le projet mis au point et ses effets sur la petite Baie évalués ;
- **Un modèle physique du barrage de la Caserne** qui a permis d'examiner les risques d'apports sédimentaires au voisinage du barrage.

Ces quatre modèles ont été utilisés de manière interactive, chacun fournissant aux autres modèles des données nécessaires à leur fonctionnement.

1 - La modélisation numérique de la Grande Baie

Le modèle numérique de la Grande Baie est un modèle bidimensionnel plan construit sur la base du code de calcul TELEMAR-2D développé par LNH/EDF-DER. Il s'étend à l'Ouest jusqu'aux fonds de -35 m sur une ligne en arc de cercle reliant le Cap Frehel à Jersey. Au Nord, la limite relie la Pointe Sud-Est de Jersey au continent en suivant la Chaussée aux Bœufs (fig p. 2).

Les conditions aux limites côté large en terme de niveaux de marée et de vitesses de courant sont fournies par le modèle numérique de la Manche développé par le LEGI/IMG (Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels/Institut de Mécanique de Grenoble).

Les états des fonds au large sont extraits des cartes du SHOM n° 7156 (zone du large) et n° 6966 (abords de la Grande Baie). Pour les fonds de la petite Baie, plusieurs bathymétries et topographies ont été introduites et raccordées à celles mentionnées ci-dessus. Les levés 1975 et 1997 ont été utilisés pour l'étalonnage des modèles numériques et physiques et notamment pour calculer les conditions aux limites du modèle physique. Les levés obtenus sur le modèle physique ont été introduits pour apprécier les impacts hydrosédimentaires sur la Baie.

L'étalonnage du modèle s'est effectué en utilisant les fonds de 1975, pour lesquels de nombreuses mesures de marées et de vitesses avaient été effectuées dans la petite Baie par le LCHF.

L'étalonnage et la validation hydraulique se sont faits en deux étapes :

- réglage pour une marée de vive-eau moyenne (coefficient 96) ;
- validation du réglage par comparaison des résultats d'un calcul pour une marée moyenne (coefficient 70) avec les mesures de 1975 disponibles.

2 - Le modèle numérique du Couesnon

Le modèle mathématique du Couesnon a été conçu pour étudier les opérations de remplissage et de chasse du Couesnon.

La longueur totale du Couesnon modélisé est de 25,3 km dont 3,7 km en aval du barrage de la Caserne jusqu'au Nord du Mont-Saint-Michel et 21,6 km en amont (limite de remontée de la marée au barrage du moulin de l'Angle en aval immédiat d'Antrain). Le modèle est construit sur la base de 70 profils topographiques levés sur ces 25,3 km.

Le modèle fournit les résultats suivants :

- les lignes d'eau dans le Couesnon (comparées aux niveaux des berges rive gauche et rive droite) ;
- les hydrogrammes (débits au cours du temps) et limnigrammes (niveaux au cours du temps) en diverses sections (en particulier de part et d'autre du barrage de la Caserne au pont de Beauvoir et au pont de Pontorson) ;
- l'évolution des vitesses moyennes en chaque section ;
- les débits transitant par le barrage.

Dans la première phase, on a recherché le volume maximal pouvant être stocké dans le Couesnon en maintenant la largeur hydraulique du barrage actuel.

En cherchant à limiter au maximum les apports de sédiments, l'optimisation du volume de remplissage du Couesnon a montré que, pour une marée de vive-eau moyenne ($C = 95$) et un débit du Couesnon de $12 \text{ m}^3/\text{s}$, il ne pouvait être stocké, juste avant la chasse, qu'un volume de $700\,000 \text{ m}^3$; le niveau maximal de l'eau dans le Couesnon atteignait alors +5,4 m IGN69 pour +6 m IGN69 possible.

D'autre part, les résultats du test 7 du modèle physique de la petite Baie ont mis en évidence la nécessité de stocker et de lâcher, lors des chasses, un volume plus important que celui indiqué ci-dessus pour obtenir l'objectif visé.

Dans la deuxième phase, il a donc été recherché les dispositions à prévoir pour utiliser au mieux les capacités du Couesnon avec un barrage élargi.

Une largeur hydraulique de 76 m (40 m d'élargissement avec un radier à +2 m IGN69) est apparue la plus satisfaisante.

Pour en tirer pleinement parti, il faut qu'elle soit accompagnée d'une augmentation de la capacité du Couesnon :

- à l'aval du barrage par élargissement et enfoncement de son lit ;
- à l'amont pour améliorer l'écoulement lors du remplissage et augmenter ainsi la durée et le volume de remplissage. Elle est obtenue par :
 - l'élargissement du Couesnon de 20 m à l'amont immédiat du barrage sur 400 m environ ;
 - le curage du Couesnon entre +2 et +2,5 m IGN69 du barrage à Pontorson ;
 - la réalisation d'un bassin, de l'ordre d'une vingtaine d'hectares, à creuser dans l'Anse de Moidrey.

Le mode de gestion au remplissage est à envisager avec une cote de surverse variant en fonction du coefficient de marée et avec un temps de remplissage voisin de PM-10 mn (le remplissage a alors lieu durant 1h environ).

3 - Le modèle physique de la petite baie

C'est l'outil de modélisation qui a permis de rechercher des solutions et de mettre au point le projet dans le domaine hydrosédimentaire. Il simule les évolutions des fonds qui résultent de la dynamique sédimentaire (reprises, transports et dépôts) des sables fins et tangles sous l'action :

- de la marée et des courants qu'elle engendre ;
- des débits fluviaux et volumes oscillants des fleuves ;
- de l'agitation (houles résiduelles, clapots).

La zone étudiée correspondant à la petite Baie (43 km^2 , fig p. 2) est limitée :

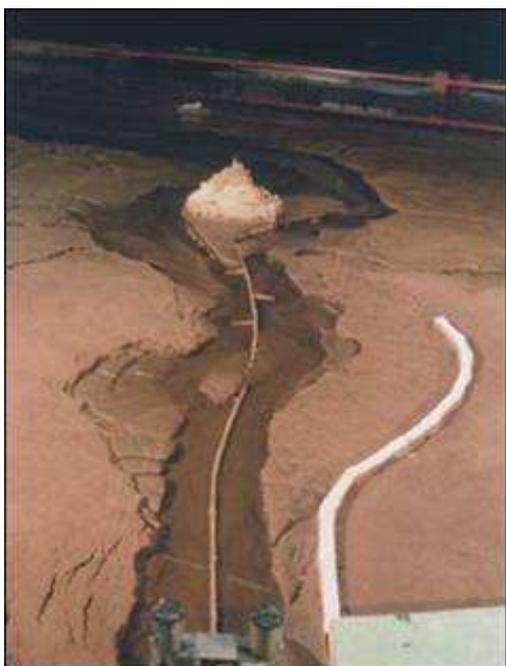
- à l'Ouest par un arc de cercle passant à 2,6 km de Tombelaine et à 4 km du Mont-Saint-Michel ;
- à l'Est, par une ligne Pointe du Grouin du Sud – Pointe de la Roche Torin ;
- au Nord et au Sud par le littoral de la Baie.

Le modèle à l'échelle du 1/400ème en plan et du 1/65ème en hauteur a été construit en maçonnerie dans le Laboratoire de la SOGREAH, dans une cuve étanche spécialement aménagée à cet effet (fig. 1).

Son fonctionnement hydraulique repose sur la similitude de Froude (écoulement à surface libre). La distorsion (rapport entre les échelles en plan et en hauteur) permet d'obtenir sur le modèle des écoulements suffisamment turbulents (condition de Reynolds).

Le modèle a une superficie d'environ 900 m² avec des dimensions maximales de 48 m en longueur et 24 m en largeur.

Il peut recevoir soit les fonds de 1975 (pendant les phases de réglage) soit les fonds de 1997 (pendant les phases d'essais). Ces fonds sont obtenus à partir de chapes horizontales en ciment par mise en place de jeux de profils en PVC construits à partir des levés nature. La cote exacte du terrain naturel est obtenue par remplissage en matériaux mobiles et nivellement s'appuyant sur ces profils qui sont retirés une fois le modèle nivelé.



Les fonds de la Baie sont constitués par des sables et de la tange. Ces sédiments sont représentés sur le modèle par :

- de la nacre artificielle de masse volumique 1220 kg/m³ qui simule les sables ;
- de la sciure de bois traitée, de masse volumique 1100 kg/m³ qui simule les tanges.

Ces matériaux ont, aux échelles du modèle, des vitesses de reprise et des modes de transports analogues aux sédiments de la Baie.

L'alimentation en matériaux mobiles lors de chaque marée est effectuée avec une mixture eau-sédiment constituée de 45 % de nacre et 55 % de poudre de bois.

Figure1 - *Modèle physique de la petite baie, vue partielle.*

Le réglage du modèle a comporté deux étapes successives :

le réglage hydraulique :

Il consiste à reproduire les phénomènes de nature hydraulique et à vérifier qu'ils correspondent bien, aux échelles de similitude près, à ceux observés en nature. Ce réglage a été réalisé sur la configuration des fonds de la Baie de 1975 pour laquelle de nombreuses mesures en nature avaient été effectuées par le Laboratoire Central d'Hydraulique de France (LCHF).

le réglage sédimentologique :

Son but est de définir l'ensemble des conditions de fonctionnement du modèle afin que les évolutions des fonds et les processus qui les engendrent soient les plus fidèles possibles à ceux observés en nature dans la Baie. Ce réglage a été réalisé en deux phases successives.

La première phase a consisté en des séries de tests qui ont eu pour objet :

- d'examiner le comportement des matériaux mobiles ;
- d'apprécier l'effet de différents facteurs (coefficients de marée, agitation, débits des fleuves) sur les évolutions des fonds ;
- de régler l'alimentation en matériaux mobiles aux limites du modèle ;
- de mettre au point le cycle annuel des marées, houles et débits des fleuves ainsi que l'échelle des temps sédimentologiques.

La deuxième phase a consisté à simuler, en partant de l'état 1975, 22 cycles annuels, et à comparer les évolutions obtenues sur le modèle à celles observées en nature entre 1975 et 1997. Le but de cette deuxième phase était de s'assurer que le modèle reproduisait correctement les principaux facteurs de la dynamique hydrosédimentaire de la Baie.

4 - Le modèle physique du barrage de la Caserne

Ce modèle reproduit les phénomènes de transport en suspension des sédiments fins aux abords du barrage de la Caserne. Ceci a permis de tester des aménagements et/ou des modes de gestion du barrage ayant pour but de limiter l'introduction de sédiments dans le Couesnon lors du remplissage de ce dernier par la marée.

A l'échelle du 1/30, ce modèle reproduit :

- le lit du Couesnon sur toute sa largeur et sur une longueur de 200 m en aval du barrage et de 100 m en amont,
- les six passes actuelles du barrage avec les piles, les culées et le radier de l'ouvrage.

Les phénomènes naturels reproduits sont :

- le flot pendant une marée type de vive-eau moyenne (coefficient 95 et cote de pleine mer à +6,5 m IGN69),
- la variation de niveau correspondante dans le Couesnon côté terre (en amont du barrage) laquelle dépend de l'état de fonctionnement testé et a préalablement été calculée au moyen du modèle mathématique du Couesnon,
- la concentration de sédiments fins injectés côté mer

Le but d'un tel modèle est d'identifier la solution la meilleure, c'est-à-dire celle qui permet de minimiser l'introduction de sédiments en suspension (et près du fond) dans le Couesnon lors du remplissage du Couesnon par la marée.

Les résultats ainsi obtenus sur le modèle physique du barrage sont les suivants :

- les dispositifs visant à repousser la sédimentation côté mer par le moyen de murs construits dans le prolongement des piles ne sont pas à retenir. En présence d'un tel dispositif, une faible sédimentation est bien observée entre les piles du barrage et entre les murs du dispositif lorsque le barrage est fermé, mais les sédiments se déposent en fait en aval du barrage côté mer, juste avant les murs, et sont remis en suspension lors de l'ouverture des vannes pour le remplissage. Par ailleurs, la réalisation de tels murs serait très onéreuse ;
- l'influence de la cote de remplissage (en ouverture brusque) est notable : entre une prise d'eau basse à +4,0 m IGN69 et une prise d'eau haute à +4,8 m IGN69, l'introduction de sédiments est réduite de moitié. Les calculs sur le modèle numérique du Couesnon montrent qu'une cote de surverse à +4,6 m IGN 69 est préférable avec une marée de coefficient 95 pour obtenir un volume de chasse suffisant. Cette valeur est retenue dans la suite ;
- une ouverture lente des vannes permet de réduire d'au moins 15 % l'introduction de sédiments en suspension par rapport à un mode d'ouverture brusque, mais le modèle n'a pas permis de mettre en évidence une durée optimale d'ouverture. En pratique, les calculs sur le modèle numérique du Couesnon montrent qu'une ouverture en 15 mn est préférable, pour limiter la vitesse de montée des eaux au début de remplissage à des valeurs raisonnables qui sont observables en nature lors de l'arrivée du flot avant aménagement.

LA RECHERCHE DE SOLUTIONS D'AMENAGEMENT : LES ESSAIS SUR LE MODELE PHYSIQUE DE LA PETITE BAIE

LE PROGRAMME DES ESSAIS

La recherche des solutions et la mise au point du projet ont été réalisés à l'aide du modèle physique de la petite Baie en utilisant les autres modèles pour lui fournir quand nécessaire les conditions aux limites adéquates.

Le déroulement de ces essais s'est effectué de la manière suivante :

- un premier essai long appelé essai de référence ou « essai long sans aménagement » ;
- une série d'essais courts et de tests qui ont permis de rechercher les solutions et de mettre au point le projet ;
- un deuxième essai long avec l'aménagement retenu à l'issue des essais précédents, pour s'assurer de son efficacité dans la durée et apprécier ses impacts sur la petite Baie.

Du point de vue hydrosédimentaire, le projet a pour but de maintenir autour du Mont un espace de grèves naturellement entretenu et de stopper l'avancée des herbues qui menacent de l'encercler. Il convenait de définir la procédure d'analyse des résultats des essais par rapport à ces objectifs. Elle a comporté deux volets :

- un volet quantitatif qui consiste à déterminer, à partir de levés des fonds, un certain nombre d'indicateurs chiffrés caractérisant les fonds et leurs évolutions aux abords du Mont.
- un volet qualitatif qui a trait à la morphologie générale des fonds, en particulier aux abords du Mont ainsi qu'entre le barrage et le Mont.

L'essai de référence

L'essai de référence a un double but :

- apprécier l'évolution future de la baie dans les 45 prochaines années dans l'état actuel des aménagements c'est-à-dire sans la réalisation d'aménagements nouveaux ;
- servir de base de référence pour apprécier les effets des divers aménagements et du projet étudiés par la suite.

Au démarrage de l'essai, les fonds sont nivelés conformément à l'état 1997. Ensuite, 45 cycles annuels sont reproduits avec des débits du Couesnon modulés suivant des années sèches et humides. Le fonctionnement du barrage est celui qui existe depuis sa construction, c'est-à-dire fermeture des portes à marée montante lors de l'arrivée du flot, ouverture lorsque la marée se retire.

Les résultats de cet essai (sans aménagements nouveaux) mettent en évidence la poursuite de la dégradation du caractère maritime des abords du Mont (fig 2) :

- le banc Est progresse vers le Nord vers Tombelaine ; ce phénomène tend à dissocier le chenal commun Sée-Sélune de celui du Couesnon et il se forme alors deux estuaires séparés ;
- le développement vers le Nord des bancs Ouest et Est, situés de part et d'autre du Mont, entraîne une extension des herbues (fonds supérieurs ou égaux à +6 m IGN 69):
 - à l'Ouest du Mont, sur 3 km, la superficie initiale des herbues de 410 ha progresse de 50 ha après 15 cycles annuels et de 125 ha après 45 cycles ;
 - à l'Est, entre le Mont et Roche Torin, à partir d'une superficie initiale de 1085 ha, la progression est de 115 ha après 15 cycles annuels et 235 ha après 45 cycles annuels ;

- l'amplitude des divagations des chenaux du Couesnon et de la Sée-Sélune diminue dans le temps et les criches se colmatent.

Le colmatage de la petite Baie se poursuit au rythme de 500 000 à 600 000 m³/an en moyenne durant les 10 premiers cycles et passe à 300 000 m³/an en fin d'essai. Les volumes de sédiments déposés, dans la zone de 50,8 km² étudiée entre les polders de l'Ouest, Roche Torin et le Bec d'Andaine, sont de plus de 20 millions de m³ au terme des 45 cycles.

Aux abords immédiats du Mont, dans la zone de 307 ha située dans un rayon de 1 km autour de ce dernier, entre le début et la fin de l'essai, on observe (fig 3):

- un accroissement de 0,5 à 0,6 m de l'altitude moyenne des fonds qui, de +4,8 m IGN initialement, passent à +5,4 m IGN ;
- une diminution de moitié de la partie des fonds inférieurs à +5 m IGN69 qui, de 190 ha (62 %) à l'état initial, passent à 105 ha (34 %) ;
- un doublement de la superficie au-dessus de +6 m IGN69 (herbus) qui passent de 1/6 à 1/3 de la surface de 307 ha considérée.

La recherche de solutions : essais courts et tests

Une première série de 6 tests a été entreprise pour examiner, d'une part, les effets des chasses du barrage de la Caserne et, d'autre part, les mesures à prendre pour la réhabilitation de la criche Est.

A l'issue de ces tests, les dispositions retenues pour les 4 premiers essais courts ont été les suivantes :

Pour le fonctionnement du barrage de la Caserne :

- fermeture du barrage à l'arrivée de la marée ;
- début de remplissage du Couesnon par l'eau de mer aux environs de la pleine mer, par surverse au-dessus des vannes calées à +4 m IGN 69 ;
- fermeture du barrage à l'équilibre des niveaux de part et d'autre ou dès que la cote +6 m IGN 69 est atteinte dans le Couesnon ; dans ce dernier cas, le débit du Couesnon est évacué par surverse au-dessus des vannes jusqu'à l'ouverture du barrage ;
- ouverture du barrage 6 heures après la pleine mer.

Dans ces conditions, le volume d'eau stocké dans le Couesnon avant l'ouverture du barrage est de 700 000 m³ pour une marée de coefficient 95 et un débit du Couesnon de 10 m³/s.

Pour la réhabilitation de la criche Est, l'aménagement comprenait :

- un tronçon de raccordement de 1200 m creusé dans les herbus à la cote +4,5 m IGN 69 entre le lieu-dit la Rive et la criche existante, avec une largeur au plafond de 8 m au débouché de la Rive et de 20 m au niveau de la criche existante, la pente des berges est de 5/1 ;
- le creusement de la criche existante à un plafond à +4,5 m IGN69 et sur une largeur constante de 20 m.

La criche était alimentée par un débit de 10 m³/s prélevé dans le Couesnon en amont du barrage et injecté pendant 2 heures entre PM+4h et PM+6h à chaque marée sur le modèle. Ce renfort de débit transite par un ouvrage enterré reliant le Couesnon à la Rive.

Essai long avec aménagement

L'aménagement retenu pour cet essai long (45 cycles annuels) est le suivant :

- barrage de la Caserne dans l'alignement et les emprises de l'actuel ;
- seuil de partage avec 6 épis déflecteurs pour provoquer les divagations des chenaux, les épis « écarteurs » à l'Est et à l'Ouest du Mont sont inchangés ;
- remplacement du cordon Ouest par 7 épis Ouest, qui ont pour but de limiter le déplacement trop à l'Ouest du chenal Ouest du Couesnon ;
- déplacement de la digue route vers l'Est.

A la fin de l'essai, on constate (fig 2):

- un abaissement de la cote moyenne des fonds de 0,7 m ;
- une augmentation des fonds inférieurs à +5 m IGN 69 de 50 ha (1/6) de la superficie) ;
- une réduction de 42 ha des herbus.

Le Couesnon a, en outre, formé un large estuaire direct vers les eaux profondes qui rend autonome son avenir vis-à-vis des rivières Sée et Sélune.

Les volumes déposés aux abords du Mont sont (fig. 3):

- de 2,1 millions de m³ après 15 cycles, ce qui conduit, compte tenu des extractions de 450 000 m³ effectuées pour l'amorçage des chenaux à un bilan en sédimentation de 1,7 million de m³ contre 5 millions m³ lors de l'essai de référence ;
- de 5,6 millions de m³ après 45 cycles, soit un bilan de 5,2 millions de m³ contre 8,6 millions de m³ pendant l'essai de référence.

C'est essentiellement la zone située au Nord du Mont qui est soumise à sédimentation alors que les trois autres zones sont quasiment en équilibre.

Dès la mise en service complète de l'aménagement et jusqu'au 30^{ème} cycle environ, la morphologie des fonds était tout à fait en accord avec les objectifs du projet. Cette morphologie a eu tendance à se dégrader légèrement du fait du vieillissement du chenal Est (colmatage), phénomène dû à la morphologie de la confluence des chenaux au Nord du Mont qui favorisait la pénétration du flot par le chenal Ouest au détriment de celui de l'Est et au maintien du régime initial de chasse.

Une modification de la gestion des chasses consistant à renforcer les volumes lâchés dans le chenal Est a permis de retrouver une situation satisfaisante puis de revenir à la gestion initiale en quelques années. Cela a permis de s'assurer de la souplesse du fonctionnement du barrage.

Le maintien d'une morphologie satisfaisante au cours du temps nécessite donc de la flexibilité dans la gestion du barrage afin de pouvoir adapter les chasses aux évolutions respectives des chenaux Est et Ouest.

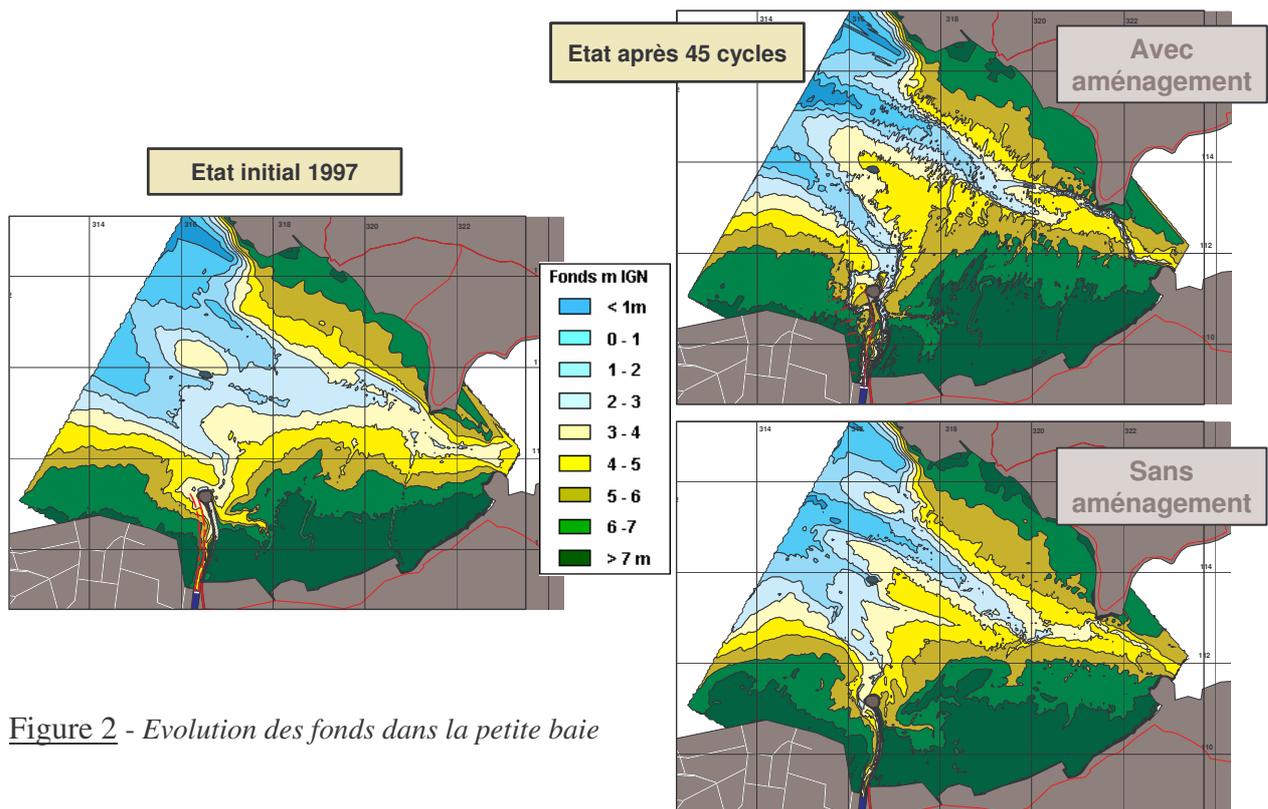


Figure 2 - Evolution des fonds dans la petite baie

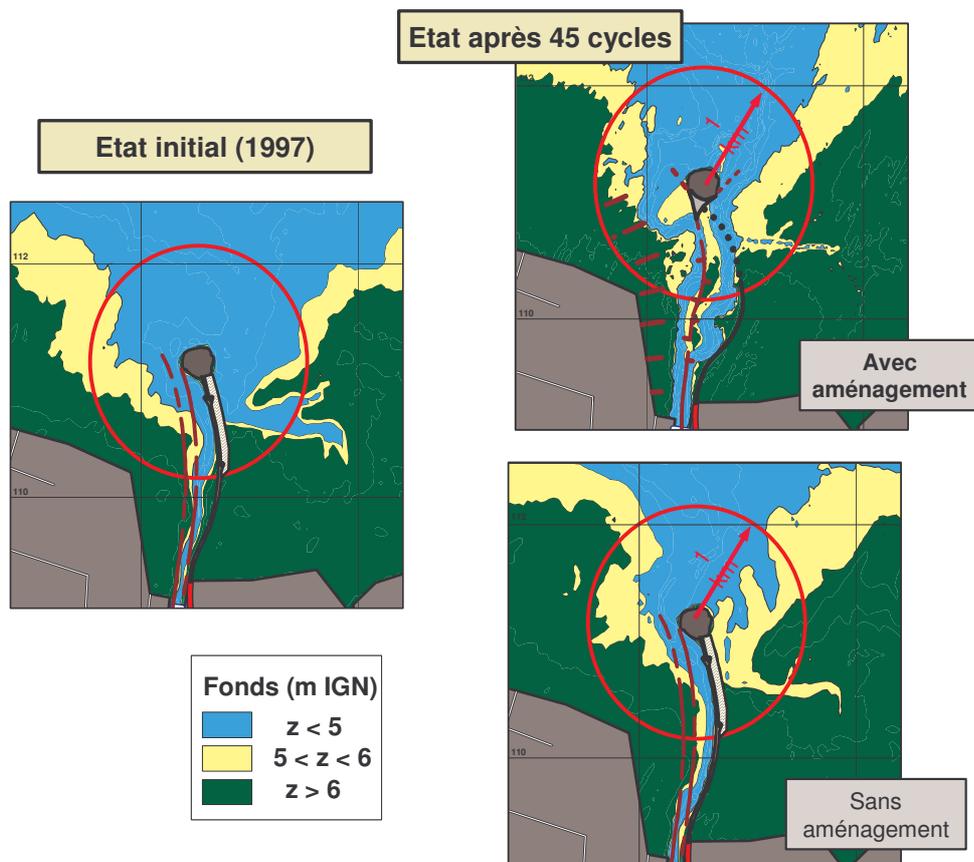


Figure 3 - Evolution des fonds aux abords du Mont

En conclusion, pour répondre aux objectifs visés pour le rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel, les essais montrent que du point de vue hydrosédimentaire il convient :

- de réaliser un certain nombre d'ouvrages hydrauliques indispensables qui forment un tout,
- de satisfaire à certaines contraintes de gestion.

Les ouvrages indispensables sont (fig p. 10):

- **le barrage de la Caserne avec une largeur hydraulique de 76 m** et un système de vannes et de gestion permettant d'effectuer des chasses telles que celles réalisées sur le modèle lors des essais. Ce dispositif est le « moteur hydraulique » du projet qui va permettre de restituer aux abords du Mont des énergies qui, dans un premier temps, abaisseront les fonds puis, dans un second temps, les maintiendront ;
- **l'ouverture de la digue route**, le seuil de partage avec ses épis déflecteurs et les épis écarteurs ont pour rôle de mobiliser l'énergie hydraulique dans le sens des objectifs du projet, ils permettent en effet d'obtenir des chenaux divagants à l'Est et à l'Ouest du Mont assurant la présence de grèves aux abords du Mont tout en évitant la progression des herbues.

A l'extérieur de la zone délimitée par deux lignes partant des 2 rives du barrage et s'écartant l'une vers l'Ouest et l'autre vers l'Est, les ouvrages étudiés sur le modèle peuvent être adaptés en fonction des autres objectifs du projet. En particulier, la forme et l'emplacement des ouvrages, qui remplaceront la digue-route actuelle, pourront être positionnés en fonction des contraintes paysagères ou autres. A l'intérieur de la zone mentionnée ci-dessus, la digue-route doit être supprimée et remplacée par un pont-passerelle. Ce pont-passerelle doit être un ouvrage quasiment « transparent » aux écoulements et dont l'orientation générale soit le plus perpendiculaire possible à ces derniers afin de ne pas les guider.

Une fois ces contraintes hydrauliques satisfaites, le projet des ouvrages d'accès au Mont devient quasiment indépendant des objectifs hydrosédimentaires.

L'AMENAGEMENT DU COUESNON ET LA GESTION DU BARRAGE DE LA CASERNE

Pour assurer le maintien du caractère maritime du Mont-Saint-Michel à l'avenir, il est envisagé d'utiliser le chenal actuel du Couesnon comme réservoir de chasse. Il faut donc pouvoir le remplir avec un volume d'eau suffisant (à partir des débits naturels du Couesnon et à partir de la marée) pour assurer ce fonctionnement.

Les débits du Couesnon sont très variables dans le temps, en particulier selon la saison (étiage de juin à octobre). La marée varie aussi selon le cycle morte eau / vive-eau et seules les marées supérieures à un coefficient d'environ 60 (65 % du total des marées) ont une hauteur de pleine mer suffisante pour envisager la possibilité d'un remplissage maritime..

L'objectif est de remplir au maximum le volume possible dans le Couesnon pour libérer un débit de chasse suffisant le plus longtemps possible pour repousser au-delà du Mont-Saint-Michel les sédiments déposés à l'aval du barrage lors de l'étalement de pleine mer.

Les études en modèle réduit physique de la petite baie ont montré qu'un volume de chasse de 700 000 m³ était suffisant pour assurer cet objectif avec un chenal unique du Couesnon mais qu'un volume minimal de 1 100 000 m³ était nécessaire dans le cas où le Couesnon était divisé en deux bras Ouest et Est.

Par ailleurs, pour obtenir des vitesses de chasse suffisantes (de l'ordre de 1 m/s) entre le barrage et le Mont-Saint-Michel afin de remettre en mouvement et transporter les sédiments, un débit de chasse d'au moins 100 m³/s est nécessaire. La durée d'application de ce débit doit être la plus longue possible. Elle sera fonction du volume stocké lors du remplissage et du temps disponible entre le début de chasse et la remontée du flot de la marée suivante.

DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT PROPOSE

Les aménagements pris en compte en définitive pour les calculs ont été les suivants :

- à l'aval du barrage de la Caserne, le lit du Couesnon est divisé en deux bras RG et RD séparés par une digue arasée à la cote +4,5 m IGN69 (remontant à la cote +5,0 m IGN69 vers le barrage et vers le Mont-Saint-Michel),
- les fonds aval, entre le barrage et l'aval du Mont-Saint-Michel, en RG et en RD de ce seuil de partage sont issus des résultats de l'essai long au temps To+25 en modèle réduit physique. Les chasses effectuées dans le modèle réduit physique au cours de ces 25 années sont, en vive eau moyenne et avec un débit du Couesnon de 10 m³/s, de l'ordre de 1 100 000 m³ (volume stocké),
- le barrage, de 80 m de largeur, est constitué de 8 passes,
- à l'amont du barrage, le Couesnon est dans l'état suivant :
 - fonds actuels, curés à la cote +2 m IGN69 au barrage et à +2,5 m IGN69 à Pontorson,
 - entonnement progressif du Couesnon sur 20 m de large au maximum et sur une longueur de 375 m en amont immédiat du barrage,
 - création d'un bassin de 21 ha dans l'Anse de Moidrey (plafond à la cote +2 ou +2,5 m IGN69).

Description du mode de gestion

La gestion du barrage est décrite qualitativement de la façon suivante (fig. 4):

- fermeture du barrage à l'arrivée du flot (égalité des niveaux amont/aval au barrage), entre 1/2h et 1h1/2 avant la pleine mer, selon le coefficient de marée,
- début du remplissage par surverse à PM-10mn avec une ouverture progressive des vannes à vitesse constante durant le temps d'ouverture t_1 ($t_1=15$ mn). Selon les conditions hydrologiques, le remplissage a une durée comprise entre 1h et 1h ³/₄. Le calage de la surverse des vannes pour le remplissage aura une cote variable selon la marée et le débit du Couesnon : entre +3,6 et +6,2 m IGN69,
- fin du remplissage à égalité des niveaux de part et d'autre du barrage,
- établissement d'un débit réservé de 1 m³/s (0,5 m³/s dans chaque bras) durant la période de fermeture du barrage,
- début de chasse : PM+6h avec une ouverture progressive des vannes à vitesse constante durant le temps d'ouverture t_2 ($t_2=20$ mn). La durée totale de chasse varie selon les conditions hydrologiques entre 5h et 5h ³/₄,
- chasse à débit constant Q_{ch} (« plateau de débit maximum »). Ce débit est de 100 m³/s, dans la majorité des calculs effectués, répartis en 70 m³/s dans le bras Ouest et 30m³/s dans le bras Est. Certains tests ont été réalisés avec des débits de chasse plus élevés (150 à 220 m³/s). Quand le débit de chasse d'un bras ne peut plus être fourni, les vannages sont ouverts complètement,
- maintien d'un débit suffisant en fin de chasse (de l'ordre de 30 m³/s pour une marée de coefficient supérieur ou égal à 95) pour réaliser un bouchon d'eau claire contre la montée du flot chargé en sédiment bien en aval du barrage,
- fin de chasse : égalité des niveaux au barrage à la remontée du flot de la marée suivante.

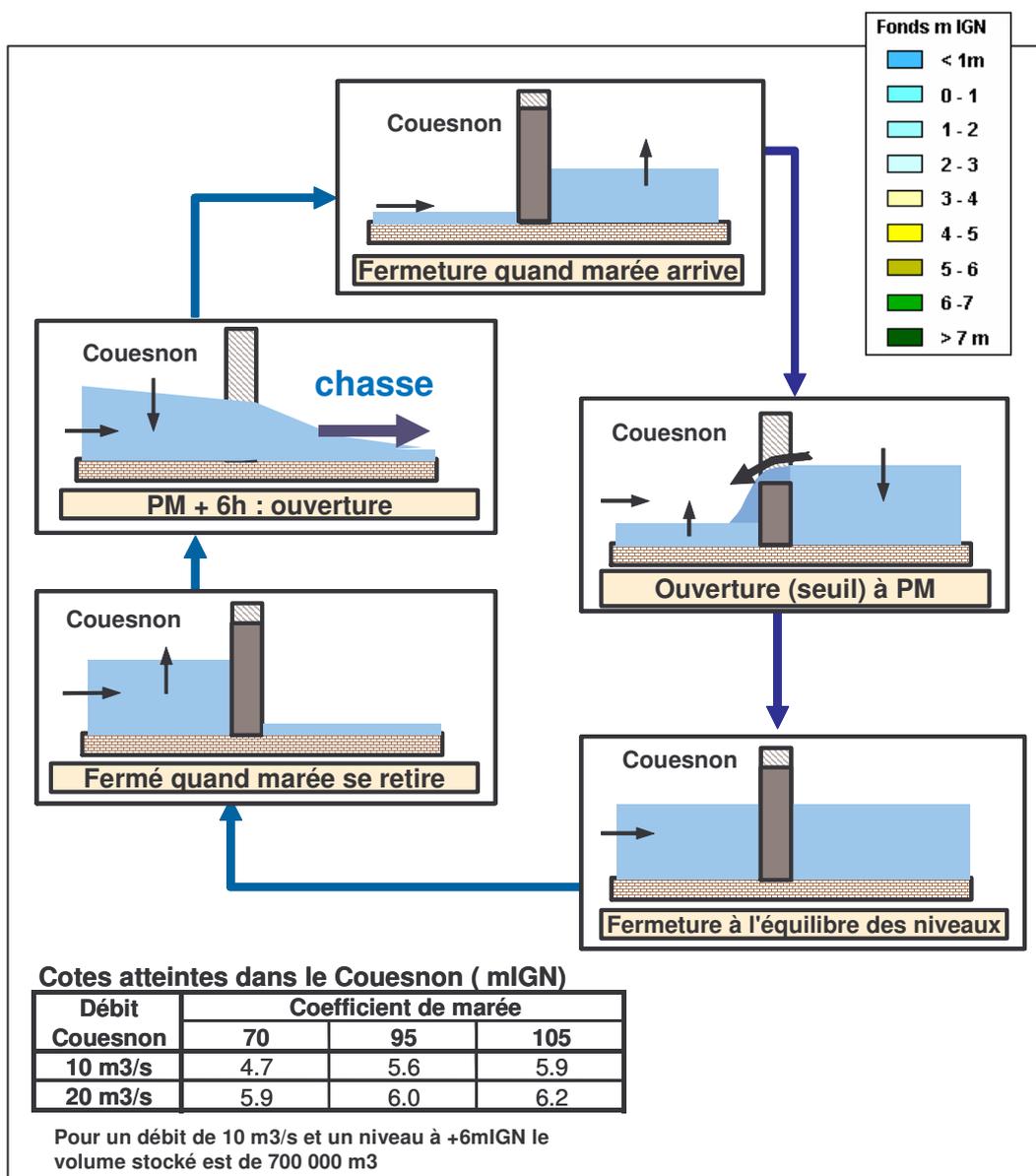


Figure 4 - Principe de fonctionnement de barrage de la Caserne

Le débit du Couesnon permettant de remplir le Couesnon sans apports maritimes, en atteignant la cote +6,0 m IGN69 à Pontorson, est d'environ 40 m³/s.

Pour des débits supérieurs, le barrage sera mis en fonctionnement en portes à flot, comme actuellement, de façon à ne pas créer de surélévations en crue.

Par mesure de précaution, entre 30 et 40 m³/s, le remplissage du Couesnon sera uniquement fluvial, sans introduction d'eau de mer.

Entre 0 et 30 m³/s, le barrage sera géré en maximisant le volume de remplissage, par ajustement de la cote de calage des vannes au remplissage.

LES EFFETS HYDROSEDIMENTAIRES DU PROJET

SUR LE COUESNON EN AMONT DU BARRAGE :

Les effets ont été étudiés grâce aux deux modélisations numériques (Couesnon et grande Baie).

Niveaux de crue : L'état aménagé améliore les écoulements en forte crue du fait du curage-rabotage du Couesnon amont, de l'élargissement du barrage associé à l'abaissement de son radier, et de l'élargissement et de l'approfondissement du chenal du Couesnon dans la baie.

Cette amélioration sera observée en fait dès que le barrage fonctionnera en portes à flot, c'est-à-dire pour tous les débits supérieurs à 40 m³/s.

Vitesses dans le Couesnon : Les valeurs de vitesses ainsi calculées restent raisonnables et ne sont pas de nature à éroder une berge rectiligne végétalisée. De plus, des enrochements de protection existent en pied de berge entre le barrage et l'Anse de Moidrey. Aucune dégradation n'a été constatée par le passé. Si des dégradations locales sont cependant observées, des réparations ponctuelles pourront être effectuées.

Passage des poissons migrateurs : On retiendra que pendant plus de 50 % de la marée, les niveaux d'eau et vitesses d'écoulement sont tout à fait compatibles avec le passage des poissons entre l'amont et l'aval du barrage de la Caserne, sachant que, par ailleurs, pendant la période de maintien de débit réservé, des dispositifs particuliers seront prévus.

Salinité : Au niveau du Pont de Beauvoir, soit à 2,5 km environ en amont du barrage, une salinité proche de 35 ‰ est atteinte en marée de vive eau pendant la période d'ouverture du barrage. Cette valeur chute régulièrement pour atteindre 10 ‰ en fin de chasse avant le remplissage par la marée suivante. Pour une marée moyenne, la salinité en ce point ne dépasse pas 23 ‰.

En configuration aménagée, comme dans la situation Couesnon 1966, avant réalisation du barrage, la limite amont de salinité (< 1 ‰) se situe :

- en marée moyenne : en aval immédiat de l'Anse de Moidrey ;
- en vive-eau moyenne : en aval du pont de Pontorson.

Sédimentation dans le Couesnon : L'estimation conduit à des dépôts annuels, en période de faible débit du Couesnon, voisins de 50 000 t, intéressant pour 80 % l'Anse de Moidrey (sédimentation de 40 000 t environ). Les dépôts dans le Couesnon seraient de l'ordre de 8 000 à 10 000 t se répartissant pour moitié en amont et en aval de l'Anse de Moidrey.

En considérant une concentration moyenne des dépôts de 500 à 600 g/l, la sédimentation globale correspondante serait (sans tenir compte de l'effet des crues du Couesnon) de 80 000 à 100 000 m³/an (dont 65 000 à 75 000 m³/an pour la seule Anse de Moidrey).

DANS LA PETITE BAIE :

Les volumes déposés dans la petite Baie sont du même ordre de grandeur lors des deux essais longs : 20,3 millions de m³ et 20,7 millions de m³ respectivement sans et avec aménagement.

La progression des herbues le long du littoral Sud pendant l'essai est:

- pour la partie Ouest, de 105 ha contre 125 ha lors de l'essai de référence ;
- pour la partie Est, de 260 ha contre 225 ha en essai de référence.

Dans la partie Nord, les herbues entre la pointe du Grouin du Sud et le Bec d'Andaine évoluent de façon similaire pendant les deux essais longs sans et avec aménagements.

Du point de vue morphologique, les grandes tendances observées lors de l'essai de référence, sont retrouvées : chenalisation, diminution des divagations des chenaux, exhaussement des bancs, formation d'un banc central. La sédimentation de ce banc est sensiblement plus rapide avec l'aménagement, ce qui accélère légèrement la séparation des estuaires du Couesnon et de la Sée/Sélune observée lors de l'essai de référence. Ceci est la conséquence de l'érosion des fonds aux abords du Mont avec la formation d'un estuaire profond du Couesnon dans les fonds inférieurs à 3 m.

DANS LA GRANDE BAIE :

Il apparaît que l'aménagement n'a aucun effet sur la courantologie dans la grande Baie, tant dans sa partie Sud, c'est-à-dire au large immédiat des bouchots et du banc des Hermelles, que dans sa partie Nord, au large de la pointe de Champeaux .

La mise en service de l'aménagement entraîne l'érosion des fonds aux abords du Mont. Le volume érodé est de l'ordre de 3 à 4 millions m³ pour l'essentiel dans les deux chenaux du Couesnon de part et d'autre et au voisinage du Mont.

Les matériaux remis en mouvement par l'aménagement circulent essentiellement dans l'axe de la Baie. La chasse ayant lieu à pleine mer +6 heures, ils n'ont pas le temps d'atteindre la grande Baie. Ces deux points expliquent que les matériaux érodés se retrouvent dans l'axe Tombelaine - Roche Torin, comme cela a été trouvé sur le modèle physique de la petite Baie.

En conclusion, il n'y a pas d'effets du projet sur la grande Baie et en particulier dans la zone occupée par les bouchots.

EFFETS DES CHASSES SUR LES ACTIVITES DANS LA BAIE

- Conchyliculture :

Comme pour les aspects matières en suspension, les parcs conchylicoles de la partie Sud de la grande baie ne seront pas affectés par le projet du point de vue de la dispersion des eaux douces. On constate que les panaches des eaux présentant des salinités inférieures à 30 ‰ restent cantonnées à la petite baie ; il n'y a donc pas d'effet du projet sur les activités conchylicoles de la partie Sud de la grande baie.

- Sécurité :

Les chasses sont effectuées 6 heures après la pleine mer au Mont-Saint-Michel, c'est-à-dire quand la marée s'est retirée. A ce moment de la marée, des personnes peuvent se trouver à proximité immédiate des chenaux du Couesnon. Afin d'éviter tout risque lors de la chasse, les vannes du barrage sont levées à heures fixes progressivement afin que le débit chassé atteigne son maximum dans une durée de 20 mn.

Lors des chasses, il n'y aura donc pas de vagues ou mascaret ; le Couesnon montera progressivement et de manière perceptible en crue. Les chasses restent dans le lit profond des deux chenaux du Couesnon.

De même, avec la procédure de lâcher des eaux, les vitesses dans le Couesnon en période de chasse restent comparables à celles que l'on observe dans le chenal Sée / Sélune en jusant. Les risques vis-à-vis des traversées pédestres dans la baie ne sont donc pas plus importants.

- Les traversées

Les effets du projet sur les traversées dans la baie ont été appréciés en comparant les durées pour lesquelles la hauteur d'eau de 0,75 m (hauteur en deçà de laquelle le franchissement d'un chenal en baie est possible sans risque (mi cuisse) dans les chenaux de la Sée et de la Sélune et du Couesnon :

- dans la configuration actuelle (état 1997) ;
- et dans la configuration aménagée (configuration To+25 du modèle physique).

Entre la situation actuelle et la situation aménagée à To+25, le temps de traversée du chenal de la Sée et de la Sélune est réduit de plus d'une heure pour le point considéré.

Au niveau du Couesnon Est, avec le projet et l'abaissement des fonds en résultant, les temps de traversées sont légèrement réduits par rapport à la situation actuelle.

- Les sables mouvants

Les chenaux peuvent en certains endroits former des poches de sédiments fins, qui, sous le poids et le passage de plusieurs personnes, se liquéfient et donnent naissance à des sables dits mouvants.

Du fait du tracé aléatoire des chenaux qui divaguent dans la baie, il est difficile de prévoir la position et l'importance de ces zones d'instabilité naturelle, mais il est possible à des personnes expérimentées connaissant le site de les détecter et de prendre les précautions nécessaires.

LE JEU DES ACTEURS DANS L'ELABORATION DU PROJET DE RETABLISSEMENT DU CARACTERE MARITIME DU MONT SAINT MICHEL

Eloïse Dufour (mémoire de fin d'études de l'IEP de Toulouse, 2006)

Synthèse de Catherine Meur-Ferec, Université du Littoral et de la Côte d'Opale

Ce travail de science politique expose clairement et analyse finement le jeu des acteurs dans le projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel. Il s'appuie principalement sur des concepts émanant de la sociologie politique et se réfère à l'action publique. L'étude est fondée sur des entretiens approfondis avec les différents acteurs ainsi que sur des archives publiques émanant des ministères.

Introduction

"¹Dès les premières entreprises de poldérisation et depuis la construction de la digue route, la question de la démolition des digues, de la peur de l'ensablement et de la préservation du site n'ont cessé d'être soulevées. Intellectuels, experts ou hommes politiques ont présenté des projets et contre-projets plus ou moins réalisables, plus ou moins aboutis tout au long du XX^{ème} siècle."

Quelques repères chronologiques :

- 1879, création de la digue route ;
- 1911, création de l'association « les Amis du Mont-Saint-Michel » dont le but est la restauration du caractère insulaire du Mont ;
- jusque dans les années 1930, poldérisation (par l'État, Ponts et Chaussées) malgré l'opposition de défenseurs du site ;
- 1966, création du parc de stationnement sur les grèves (provisoire normalement, créé pour le Millénaire monastique, mais autorisations constamment renouvelées par la suite) ;
- 1969, construction du barrage du Couesnon (chasse d'eau, canalisation du Couesnon et prévention des inondations) ;
- années 1960 : affrontement au sein de l'État entre corps des Ponts et Chaussées (digue, polder, barrage, parking) et le Ministère des Affaires culturelles (défense du patrimoine historique) ;
- 1971-1995, un quart de siècle d'études hydrauliques et sédimentologiques sur le comblement de la baie. Ces études scientifiques ont permis le rapprochement des deux administrations, Culture et Équipement, et permis un travail coopératif sur des bases communes, affichant simultanément deux objectifs : désensablement et protection du site.
- 1971, la création du ministère de l'Environnement introduit un troisième partenaire étatique et un nouvel objectif naturaliste au projet.
- 1995, lancement officiel du programme de rétablissement du caractère maritime. "L'effectivité et la rapidité de la mise sur Agenda est elle-même liée à des relations interpersonnelles ainsi qu'à la contextualité des relations politiques et électorales (...) Trois élus locaux ont eu l'opportunité de présenter le projet directement à un ministère sans passer par les canaux institutionnels (...) Alors que jusqu'à présent le projet avait été examiné essentiellement au sein des services administratifs des Ministères, la décision d'en faire le projet du Premier Ministre a déterminé son caractère politique".

¹ Les textes entre guillemets sans précision de source sont tirés du mémoire.

Le projet officiel de 1995

En 1995, un projet consensuel et partenarial est donc lancé par E. Balladur et inscrit dans la politique publique officielle. Ce projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel se caractérise par l'imbrication d'une multiplicité de secteurs, d'acteurs, d'espaces et de temporalités.

Il associe en partenariat l'État (3 Ministères : Aménagement du Territoire et Équipement, Culture et Environnement) et les collectivités territoriales (2 régions : Basse-Normandie et Bretagne, 2 départements : Manche et Ille-et-Vilaine, 3 communes : Mont-Saint-Michel, Beauvoir et Pontorson).

Organisation du partenariat :

- La maîtrise d'ouvrage (définition, réalisation, gestion et exploitation des aménagements) revient aux **collectivités territoriales**. Les collectivités normandes se structurent en 1997 en **syndicat mixte** pour le rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel, avec, dans un premier temps, le concours seulement financier des collectivités bretonnes. Depuis 2005, la région Bretagne a rejoint le syndicat mixte qui porte désormais le nom de "syndicat mixte de la baie" ;
- **L'État** prend en charge le pilotage général de l'opération. La coordination des ministères impliqués revient directement au Premier ministre. Le Ministère de l'Équipement a changé de position depuis les années 1960 ; son ouverture aux questions environnementales et patrimoniales a permis le consensus avec les autres ministères ;
- Une structure, présentée comme un "**outil commun** du syndicat mixte et de l'État " est mis en place en 1996 pour conduire l'opération : la **Mission Mont-Saint-Michel** (qui est en fait une cellule spécifique de la DDE de la Manche).

Le projet est présenté comme spécifique et exemplaire par son caractère très consensuel, fondé sur l'"utilité publique" : un projet "moderne, esthétique, qui s'intègre dans le paysage, qui s'efface" ; un projet pluridimensionnel : à la fois environnemental et économique, esthétique et hydraulique, social et environnemental, éthique et scientifique. Le projet s'appuie en outre sur la forte dimension identitaire du lieu : "la Baie du Mont-Saint-Michel fonde l'identité collective".

En 2001, le projet subit une modification en raison des contraintes de la loi littoral qui n'avaient pas été analysées au départ (parking, accueil et navette déplacés plus au sud). Cette modification engendre une hausse des coûts et crée un préjudice économique aux magasins, hôtels, restaurants du site initial (procès des propriétaires au syndicat mixte, récriminations de certains élus face aux contraintes juridiques pour la préservation de l'environnement).

Le montant et le calendrier du projet ont beaucoup évolué. Face à l'augmentation considérable des coûts, le premier Ministre a diligenté un audit financier, technique et administratif en 2005. Les inspecteurs généraux constatent "un engagement total de l'État bâtisseur mais une absence de contrôle de l'État financeur". Ils soulignent une mauvaise gestion des coûts et proposent des solutions plus économiques (mais qui ne tiennent pas toujours compte des résultats des études techniques). "Ce rapport commenté par la presse, alors même qu'il n'était pas public, a conforté certains élus dans la nécessité de revoir le projet mais a également mis en scène une politique publique pour laquelle l'État reste le grand patron, surplombant et décideur. Ceci amène les journalistes et certains élus à devenir sceptiques sur les enquêtes publiques, ou les expertises menées depuis dix ans".

Les positions des différents acteurs

La **Mission Mont-Saint-Michel** (DDE de la Manche) a amorcé seule, en 1995, les premières opérations, sans le syndicat mixte créé deux ans plus tard. "L'État a fait la locomotive et a lancé les premières études" (modélisations SOGREAH). La Mission est l'acteur central dans le projet de 1997 à 2004 ; elle concentre les données techniques, assure la gestion des études et la communication. Elle s'est constituée comme l'interlocuteur privilégié de l'ensemble des acteurs concernés, le lieu de passage obligé. Elle "incarne sur le territoire l'État en action". Depuis 2004 et la prise de position plus centrale du Syndicat mixte, la Mission marque un certain retrait et se concentre davantage sur les relations avec les maîtres d'œuvre (entreprises privées) et les échanges d'informations avec le Syndicat mixte.

Le **Syndicat mixte**, créé en 1997, change de statut et de présidence en 2004 et devient autonome, se dotant de sa propre structure administrative. Il devient alors une véritable "technostructure" gestionnaire du projet et s'implante à Ardevon, à proximité du Mont. Le Syndicat se définit comme un acteur généraliste à vocation transversale. Il mise beaucoup sur la communication, le dialogue avec l'ensemble des acteurs impliqués. Depuis 2005, on assiste à une redéfinition des rôles et de "l'équilibre mobile de tensions entre l'État et les collectivités locales". La Mission doit transférer progressivement toutes ses données vers le Syndicat qui "s'est engagé, sans le dire, dans une lutte d'influence avec la Mission". Contrairement à la Mission qui doit théoriquement disparaître une fois les travaux achevés, le syndicat a un rôle important sur l'exploitation future des équipements.

Les **experts scientifiques** ont eu un rôle très important dans l'élaboration du projet. Une commission scientifique présidée par F. Verger a été mise en place en 1995 et a joué un rôle primordial. "Plus qu'une collaboration, on peut supposer qu'il s'agit ici d'une coproduction de la politique publique qui est donc apparue pendant dix ans comme très technique". La période actuelle marque un certain retrait de l'influence des scientifiques. "La préoccupation budgétaire ainsi que les débats politiques qui avaient été jusqu'à présent relativement absents commencent depuis 2005 à s'imposer. (..) De fait, alors que chaque décision était préalablement légitimée par une expertise, émerge aujourd'hui la nécessité de faire des économies et donc de modifier la ligne d'action sans même se référer à des études scientifiques."

Les habitants du Mont (les Montois) ont dans l'ensemble toujours craint la disparition de la digue route, seule liaison entre le Mont et le continent. Ils tendent donc à vouloir garder un "*statut quo*" préservant l'accès facile à leurs habitations et commerces (méfiance et réticences envers les projets de restauration de l'insularité du Mont, attachement fort à la digue et aux parkings de proximité). Un gros travail de médiation entrepris par le ministère de l'environnement (M. Barnier) a permis d'amorcer le consensus aujourd'hui évoqué. Cette médiation a fait miroiter aux Montois la chance que le projet pouvait représenter pour eux. Aujourd'hui, d'après le maire, il semble que les Montois soit toujours réticents face aux travaux, mais ils n'affichent pas d'opposition officielle et ne se manifestent pas lors des enquêtes publiques : "*Le Mont-Saint-Michel est un microcosme complètement hermétique, c'est une bulle où les gens essaient de régler les problèmes entre eux de manière interne. Oui, il y a plein de gens au Mont-Saint-Michel qui sont contre ces travaux, mais quand ils sortent de la bulle, bien non ils ne sont pas contre !*" (propos du Maire).

L'**enquête publique** a suscité une faible mobilisation et un seul avis défavorable. Cette faible participation du public semble s'expliquer par le fait que "la concertation semble plutôt avoir été perçue comme une opération de séduction afin de faire accepter un projet déjà finalisé, et dont les possibilités de modification sont restées minimales."

Les maires successifs du Mont semblent avoir surtout des préoccupations économiques liées aux activités touristiques. L'ancien maire, propriétaire d'hôtels et restaurants, s'affirme aujourd'hui sur la scène médiatique comme le plus grand contestataire du projet dans son état actuel. Il critique vivement les modifications apportées en 2001 pour rendre le projet conforme à la loi littoral mais qui ont fortement augmenté les coûts et déplacé le secteur des parkings plus au sud, servant selon lui des intérêts privés.

Les **associations** ont participé à l'élaboration du projet. L'association les Amis du Mont-Saint-Michel, de sensibilité naturaliste, œuvre depuis le début du XX^{ème} siècle pour la restauration du caractère insulaire du Mont. L'association CREPAN (Comité Régional pour l'Etude, la Protection et l'Aménagement de la Nature) ainsi que l'AGEB (Association des Amis du site de Genêts, de ses Environs et de la Baie du Mont-Saint-Michel) présentent aussi une sensibilité naturaliste. "Ces associations ont fortement participé à la problématisation de la question du désensablement, en y incluant l'environnement, l'écologie, la notion de site."

Dans l'ensemble les associations sont satisfaites du projet, mais elles contestent vivement les retards. Elles restent relativement discrètes et évitent les oppositions frontales dans le processus au sein duquel elles ont une faible légitimité numérique.

Conclusion

Le projet est présenté comme un cas exemplaire de partenariat État – collectivités locales, mis en avant dans toute la communication officielle et médiatique. Pourtant, "la répartition des rôles entre les collectivités locales (Syndicat mixte) et l'État (la Mission) relève en fait d'un équilibre très abstrait qui résulte d'une lutte d'influence entre les acteurs".

Le projet a privilégié l'exemplarité et la logique de l'expertise scientifique et technique qui ont permis d'obtenir un consensus mais qui ont de fait réduit la marge de manœuvre des élus locaux dans les processus de décision. "Les élus en tant que représentants se sentent affaiblis et certains pensent même qu'il ne s'agit pas d'une véritable politique de partenariat" : "*On me demande toujours mon avis, je peux dire ce que je veux, on m'écoute (...) si j'ai bien parlé, si j'ai été très convaincant, peut-être qu'on va en tenir compte mais là c'est un autre débat (rire)*" (propos du maire du Mont). Détenir le savoir et maîtriser la technicité du dossier sont les moyens de s'imposer et ensuite d'avoir accès aux sphères légitimes du débat".