



HAL
open science

Évaluation historique des herbus du Mont-Saint-Michel au droit des aménagements et impact du tourisme autour de ces nouveaux aménagements (barrage, parking, pont-passerelle...)

Willy Leconte

► **To cite this version:**

Willy Leconte. Évaluation historique des herbus du Mont-Saint-Michel au droit des aménagements et impact du tourisme autour de ces nouveaux aménagements (barrage, parking, pont-passerelle...). Géographie. 2019. dumas-02933661

HAL Id: dumas-02933661

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02933661>

Submitted on 8 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE

*UFR de Sciences Economiques, de Gestion, de Géographie
et d'Aménagement des Territoires (SEGGAT)*



*Master Géographie, aménagement, environnement et
développement – Parcours « Environnement »*

Mémoire de Master 1

**Evaluation historique des herbus
du Mont-Saint-Michel au droit des aménagements
et Impact du tourisme autour de ces nouveaux
aménagements (barrage, parking, pont-passerelle...)**

LECONTE Willy

Professeur encadrant : COSTA Stéphane

Laboratoire UMR-CNRS LETG Caen Géophen

Année universitaire : 2018-2019

**Evaluation historique des herbus
du Mont-Saint-Michel au droit des aménagements
et Impact du tourisme autour de ces nouveaux
aménagements (barrage, parking, pont-passerelle...)**

LECONTE Willy

REMERCIEMENT

Pour commencer, je tiens à adresser mes remerciements à mon professeur encadrant, Monsieur Stéphane Costa, pour son écoute et ses conseils lors de mon mémoire ainsi que pour la rédaction du rapport et de la préparation à la soutenance.

Je tiens à remercier Monsieur Morgan Grivaud, animateur du site Natura 2000 « Baie du Mont-Saint-Michel » au Syndicat Mixte Littoral Normand, pour ses réponses apportées à mes interrogations ainsi que pour les contacts fournis.

Je souhaite également adresser mes remerciements aux membres du Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel, Monsieur Romain Desguée et Madame Audrey Hémon, qui grâce à leurs connaissances et leurs compétences ont pu répondre à mes questions et me proposer quelques pistes de réflexion pour le bon déroulement de mon travail.

Pour finir, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé et relu pour la rédaction de ce mémoire de master.

TABLE DES MATIERES

Remerciement	3
Introduction	6
Chapitre 1 – La baie du Mont-Saint-Michel et ses aménagements	8
1- Un cadre d'étude particulier	9
1.1- Contexte géographique	9
1.2- Contexte hydrodynamique.....	10
1.2.1- Les marées.....	11
1.2.2- Les houles.....	12
1.2.3- Le marnage.....	13
1.3- Contexte sédimentaire	15
1.4- Contexte réglementaire.....	17
1.4.1- Echelle communale	17
1.4.2- Echelle régionale et nationale.....	17
1.4.3- Echelle internationale	19
2- Travaux de Rétablissement du Caractère Maritime (RCM)	22
2.1- Définition et objectifs du projet RCM.....	22
2.2- Les différents ouvrages.....	24
2.2.1- Le barrage.....	24
2.2.2- Les aménagements hydrauliques.....	25
2.2.3- Les ouvrages d'accès	26
2.2.4- Les navettes.....	26
Chapitre 2 – Une dynamique régressive des herbus du Mont-Saint-Michel	28
1- Les herbus	29
1.1- Description et mise en place des herbus.....	29
1.1.1- Mise en place des herbus.....	30
1.1.2- Organisation des herbus	31
1.1.3- L'apport des herbus.....	32
1.2- Délimitation de la zone d'étude	33
2- Méthodologie	35
2.1- Données utilisées.....	35
2.1.1- Photographies aériennes	35
2.1.2- Images satellitaires.....	36
2.2- Géoréférencement	36
2.3- Digitalisation des herbus	37
2.4- Calculs des surfaces	39

3- Evolution des herbues du Mont-Saint-Michel entre 2000 et 2018	40
3.1- Explication du choix des dates.....	40
3.2- Evolution entre 2000 et 2010	41
3.3- Evolution entre 2010 et 2014	44
3.4- Evolution entre 2014 et 2018	47
4- Bilan (2010-2018)	50
4.1- Le rôle des aménagements	50
4.1.1- Evolution de la surface des herbues	50
4.1.2- Progression et régression des herbues	52
4.1.3- Evolution altimétrique de la baie	55
4.2- Le rôle des chenaux.....	57
4.2.1- Le Couesnon	57
4.2.2- La Sélune	58
4.2.3- Le cycle de Saros	60
Chapitre 3 – Le tourisme de masse, source de piétinement	62
1- Un site très touristique	63
1.1- Des chiffres en hausse	63
1.1.1- Avant travaux : 2012-2014	63
1.1.2- Après travaux : 2015-2018	65
1.2- Les impacts autour des aménagements.....	65
1.2.1- Lié au transport	66
1.2.2- Lié au piétinement	66
2- Méthodologie.....	67
2.1- Zone d'étude.....	67
2.2- Méthodologie	68
2.2.1- Repérer les zones piétinées	68
2.2.2- Visualiser l'évolution	68
2.2.3- Discuter avec les acteurs du site	69
3- Zone de piétinement.....	70
3.1- Evolution du piétinement	70
3.2- Propositions d'aménagement	73
3.2.1- Continuité de la clôture.....	73
3.2.2- Sensibilisation du public.....	74
Références Bibliographiques	76
Liste des figures.....	80
Liste des tableaux.....	81
Liste des photographies.....	81

Ce mémoire de recherche s'intéresse à l'évolution dans le temps des herbues en baie du Mont-Saint-Michel au droit des nouveaux aménagements. Il s'intéresse également à l'impact du tourisme autour de ces aménagements mis en place avec le projet de reconquête du caractère maritime. Ce mémoire, placé sous le signe de la recherche scientifique, apportera des réponses à un questionnement, suivant une méthodologie précise.

Le Chapitre 1 comporte une présentation générale du site d'étude : la baie du Mont-Saint-Michel. Nous nous dirigerons ensuite sur l'évolution du site depuis les travaux réalisés dans le cadre du projet de Rétablissement du Caractère Maritime (RCM) de la baie. Les étapes de celui-ci seront expliquées afin de comprendre chacun des aménagements mis en place pour répondre aux objectifs de ce projet de grande envergure.

Le Chapitre 2 présente l'évolution des herbues du Mont-Saint-Michel sur plusieurs années, avant et après le projet de Rétablissement du Caractère Maritime. Afin de réaliser cette analyse, des données aériennes et satellitaires ont été utilisées pour faire une évaluation diachronique de la dynamique des herbues. Une retranscription géomatique a ensuite été réalisée pour mettre en avant ces résultats, montrant une évolution non linéaire dans le temps et l'espace des herbues du Mont-Saint-Michel. Le développement des herbues à certains endroits laisse penser qu'un autre phénomène accompagne l'érosion créée autour du Mont-Saint-Michel par le projet RCM : la divagation des chenaux présents dans la baie (le Couesnon et la Sélune).

Le Chapitre 3 s'intéresse à l'impact du tourisme, via le piétinement, autour des récents aménagements. Après une explication des pressions exercées par le tourisme sur l'environnement et une présentation des résultats touristiques sur plusieurs années, ce chapitre montrera l'évolution d'une zone de piétinement proche du pont-passerelle. Celle-ci a été créée par les touristes pour éviter un détour de quelques mètres. Des propositions d'aménagement seront soumises pour palier à ce problème.

CHAPITRE 1

LA BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL ET SES AMENAGEMENTS

1- Un cadre d'étude particulier	9
1.1- Contexte géographique	9
1.2- Contexte hydrodynamique	10
1.2.1- Les marées.....	11
1.2.2- Les houles.....	12
1.2.3- Le marnage.....	13
1.3- Contexte sédimentaire	15
1.4- Contexte réglementaire.....	17
1.4.1- Echelle communale	17
1.4.2- Echelle régionale et nationale.....	17
1.4.3- Echelle internationale	19
2- Travaux de Rétablissement du Caractère Maritime (RCM)	22
2.1- Définition et objectifs du projet RCM.....	22
2.2- Les différents ouvrages.....	24
2.2.1- Le barrage.....	24
2.2.2- Les aménagements hydrauliques.....	25
2.2.3- Les ouvrages d'accès	26
2.2.4- Les navettes.....	26

1- UN CADRE D'ETUDE PARTICULIER

1.1- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Située au nord-ouest de la France, au fond du golfe normand-breton, entre Cancale (Bretagne) et Granville (Normandie), la baie du Mont-Saint-Michel abrite deux îlots : le Mont-Saint-Michel et Tombelaine, à quelques kilomètres au nord de celui-ci. Cette baie est le théâtre des plus grandes marées d'Europe avec un marnage de 14 mètres (TRIGUI et al.,2012) qui permet à une grande partie de la baie d'être découverte à marée basse. Ce marnage important et la faible pente de la baie permettent de voir la formation d'un phénomène appelé mascaret, qui se passe en période de marée d'équinoxe. Un total de 3 cours d'eau se jettent dans la baie du Mont-Saint-Michel : la Sélune, la Sée et le Couesnon.

Ce site, incontournable dans la Manche et l'Ille-et-Vilaine, fait le bonheur des touristes plus ou moins adeptes de la marche. En effet, il est possible de traverser la baie, accompagné de guides agréés, pour y découvrir des éléments qui rendent ce site exceptionnel (oiseaux, herbus, sables mouvants...). Mais la principale attraction reste le Mont-Saint-Michel avec ses quelques 3 millions de visiteurs par an (INSEE, 2015), ce qui en fait la destination la plus visitée de France après Paris.



Figure 1 - Localisation de la baie du Mont-Saint-Michel.

Depuis de nombreuses années, la baie du Mont-Saint-Michel est de plus en plus prisée grâce à un patrimoine historique, culturel, environnemental... exceptionnel. Cependant, cela n'a pas toujours été le cas. En effet, la baie du Mont-Saint-Michel comporte de grandes étendues de zones humides naturelles ou artificielles. Longtemps décrites comme des zones dangereuses pour l'Homme par les écrivains d'un point de vue sanitaire notamment, ces zones ont été délaissées. Par exemple selon une légende, sous le Mont Saint-Michel se trouverait la forêt de Scissy, engloutie à partir du 3e siècle (VAN VLIET-LANOE et al., 2015). D'importants boisements existent toujours notamment dans la partie Sud de la baie (BIZIEN-JAGLIN et L'HOMER, 2008). Avec l'évolution des mœurs et la prise de conscience de l'importance internationale des zones humides présentes autour du Mont-Saint-Michel, celles-ci se sont vues soumises à une protection de plus en plus accrue. Cela ayant pour objectif de limiter les pressions anthropiques et de conserver les fonctions assurées par la baie.

En effet, la baie du Mont-Saint-Michel regroupe différentes fonctionnalités importantes. D'un point de vue social et culturel, la baie assure une diversité de paysage participant à un équilibre esthétique intéressant. Au niveau hydrologique, elle vise à réguler le débit des cours d'eau mais aussi à épurer les eaux qui s'y rencontrent. De plus, les marées jouent un rôle essentiel. Avec un marnage de 14 mètres en période de vive-eau, elles permettent la répartition des sédiments sur les petits fonds immergés ainsi que sur l'estran (BONNOT-COURTOIS et al., 2012). Une autre fonctionnalité de la baie est biologique. La baie du Mont-Saint-Michel abrite de nombreuses espèces faunistiques et floristiques qui peuvent s'y développer, s'abriter et se reproduire. De plus, elle assure des fonctions économiques. Servant d'espace de pâturage et de culture, la baie permet de conserver des activités traditionnelles comme la chasse ou la pêche mais aussi l'élevage AOP (Appellation d'Origine Protégée) de moutons des « Prés-Salés du Mont-Saint-Michel ».

1.2- CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE

La baie du Mont-Saint-Michel est connue pour accueillir de très fortes marées en période de vive-eau, créant un marnage de plus de 14 mètres, ce qui en fait l'un des plus importants au monde. La marée, par le biais des houles, permet la répartition des sédiments dans la baie notamment au niveau des petits fonds immergés et sur l'estran.

1.2.1- LES MAREES

Les marées résultent de l'attraction gravitationnelle de la Lune et du Soleil sur les océans, provoquant un déplacement des masses d'eau. Ces deux astres ont un rôle presque équivalent, même si celui de la Lune reste supérieur puisqu'elle est moins éloignée de la Terre. Cela n'empêche pas que leurs effets s'ajoutent et par conséquent nous pouvons parler de marée d'origine lunaire et solaire (IFREMER, 2004).

Le Soleil module l'effet de la Lune. En effet, lorsqu'ils sont perpendiculaires, les effets de l'attraction de ces deux astres se soustraient et on assiste alors à de très faible marée dont la hauteur d'eau varie très peu. On parle alors de marée de morte-eau (IFREMER, 2004).

A contrario, lorsque le Soleil et la Lune sont alignés, les effets s'ajoutent, ce qui provoque une différence entre la basse mer et la haute mer très importante, appelée marnage. On parle de marée de vive-eau (IFREMER, 2004).

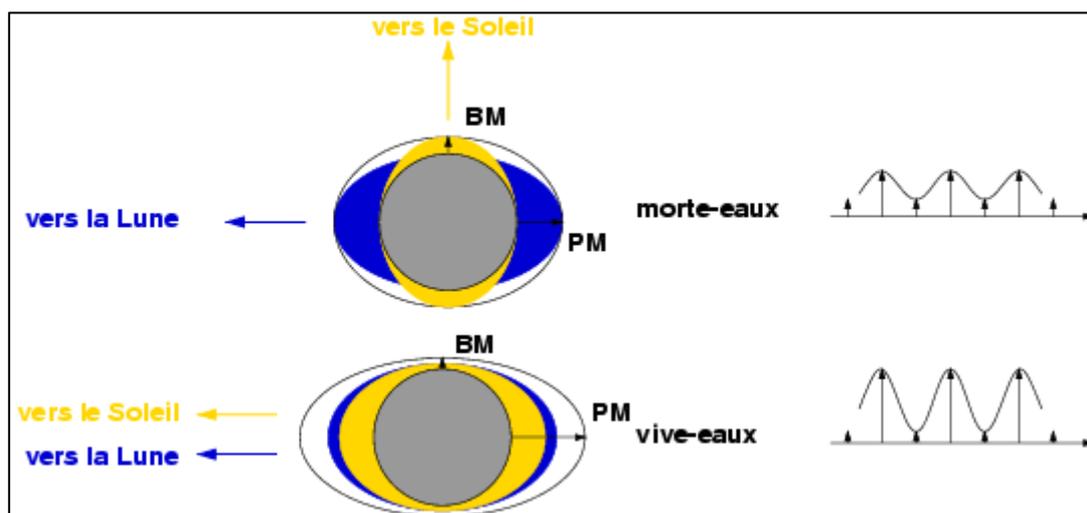


Figure 2 - Schéma explicatif de l'attraction gravitationnelle exercée par la Lune et le Soleil sur les océans (IFREMER, 2004).

En plus de l'attraction gravitationnelle des deux astres, les marées exceptionnelles dans la baie du Mont-Saint-Michel sont dues à l'amplification de l'onde de marée dans le golfe normand-breton. Quand l'onde entre dans la Manche, venant de l'océan Atlantique, elle est déviée par l'effet barrière de la presqu'île du Cotentin. Cela entraîne la formation d'une onde stationnaire qui accroît l'amplitude de l'onde de marée (ARCHER, 2013). Cette onde diminue progressivement à l'entrée de la baie du Mont-Saint-Michel, jusqu'à atteindre les herbues lors de grandes marées. A l'entrée de la baie la vitesse des courants de marée dépasse souvent 1 m/s et diminue dans l'estuaire pour atteindre des vitesses entre 0.3 et 0.7 m/s (LARSONNEUR, 1994).

Comme nous pouvons le voir avec le schéma précédent, les marées ne sont pas toutes les mêmes. En effet, il peut y en avoir dite de « morte-eau » et d'autre de « vive-eau ». Elles sont différenciées à l'aide d'un coefficient qui évalue l'amplitude des marées. Le coefficient de marée est exprimé par une valeur allant de 20 à 120 et peut être calculé à partir de la hauteur d'eau en pleine mer. Pour cela nous utilisons la formule :

$$C = \frac{Hh - Hb}{U}$$

Hh : La hauteur d'eau de la pleine mer

Hb : La hauteur d'eau de la basse mer, suivant la pleine mer

U : La valeur moyenne du marnage (pour le Mont-Saint-Michel, on utilise la valeur de Saint-Malo, soit 11,34 mètres)

La pleine mer correspond au niveau le plus élevé atteint par la mer au cours du cycle de la marée. La basse mer ou marée basse est le niveau le plus bas atteint. Lorsque la marée monte, le courant est appelé flot. Puis quand la marée redescend, le courant se nomme jusant. Selon le coefficient de la marée, les appellations sont différentes :

Tableau 1 - Caractéristiques des marées selon le coefficient.

Coefficients	Caractéristiques
120	Marée de vive-eau exceptionnelle
95	Marée de vive-eau moyenne
70	Marée moyenne
45	Marée de morte-eau moyenne
20	Marée de morte-eau exceptionnelle

1.2.2- LES HOULES

Les mouvements d'ondulation qui agitent la mer, provoqués par la marée, sont appelés houles. En entrant dans la baie, les houles sont diffractées au Nord de Cancale, autour de la pointe du Grouin. De ce fait, la baie de Cancale est totalement protégée de l'agitation provoquée par les houles. Plus elles progressent, plus elles subissent un amortissement dû aux faibles profondeurs de la baie. Arrivées dans la zone estuarienne, les houles s'amortissent presque totalement, là encore, dû à la faible profondeur de l'estran. En absence de vent significatif, une houle enregistrée à l'entrée de la grande baie subit un amortissement d'environ 80% lorsqu'elle atteint les abords du Mont. De plus, cette même houle enregistrée à l'entrée de la grande baie a déjà subi un amortissement de l'ordre de 50% par rapport à celle arrivant du large (Migniot, 1997).

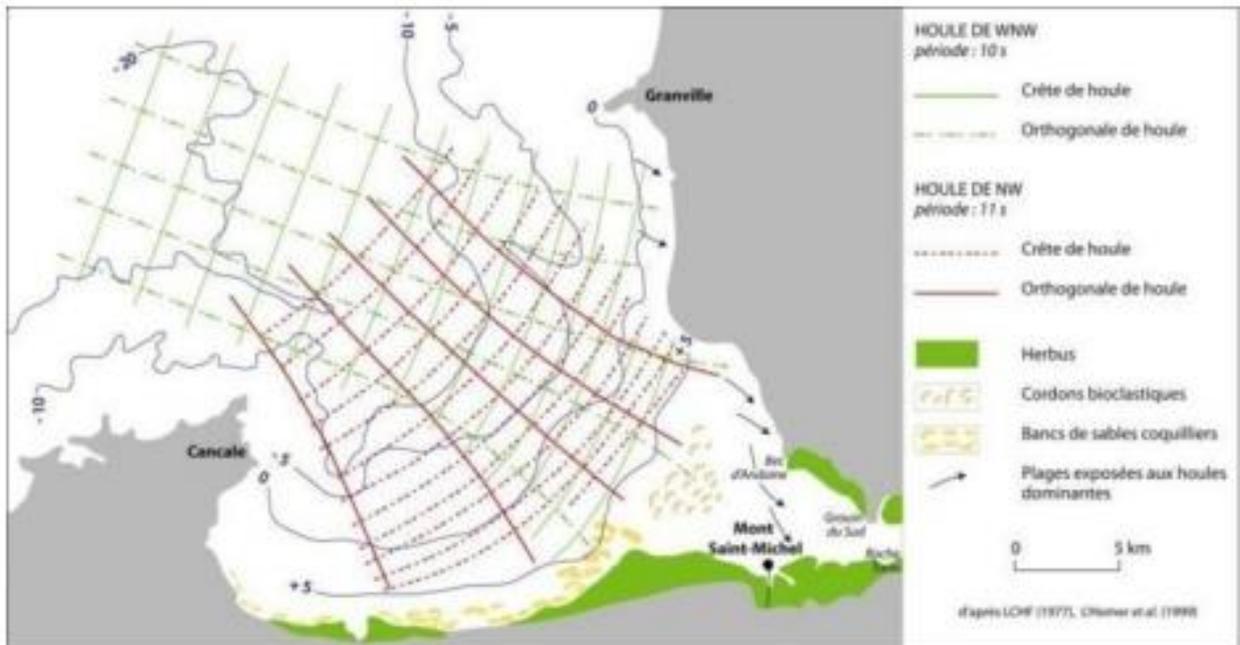


Figure 3 - Plan des vagues du secteur Ouest en baie du Mont-Saint-Michel (BONNOT-COURTOIS, 2012).

A l'Ouest et au Nord-Ouest de la baie du Mont-Saint-Michel, les houles sont les plus fortes. Elles peuvent atteindre une hauteur supérieure à 3 mètres (WEILL, 2010). Dans les secteurs où les houles venant de l'océan Atlantique sont atténuées, seule l'agitation (déformation de la surface créée par le vent local) peut avoir une influence.

1.2.3- LE MARNAGE

Comme expliqué précédemment, le marnage résulte de la différence de hauteur entre la pleine mer (PM) et la basse mer (BM). Caractérisée par un marnage exceptionnel, la baie du Mont-Saint-Michel se classe au 5^{ème} rang mondial atteignant 15 m en période de vives-eaux. Au premier rang nous retrouvons la baie de Fundy au Canada, puis Puerto Gallegos en Argentine, ensuite l'estuaire de la Severn en Angleterre, et pour finir, la baie de Frobisher, également au Canada (LE RHUN, 1982).

Pour expliquer le marnage dans la baie du Mont-Saint-Michel, il est possible de comparer un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la topographie de la zone intertidale avec une cartographie des niveaux de marées atteints à partir de différents coefficients.

Le MNT a été réalisé grâce à des relevés LIDAR en 2002 avec une résolution au sol de 2m et une précision altimétrique inférieure à 15 centimètres, ce qui permet d'obtenir des résultats très précis afin de détailler la topographie du site. Il nous montre les variations de hauteurs allant de 10 mètres au-dessus du 0 IGN à 5 mètres en dessous de celui-ci.

Sur la partie Ouest, entre Saint-Benoît-des-Ondes et La Chapelle Sainte-Anne, la topographie est régulière avec une pente douce. Elle est cependant interrompue à deux endroits par les deux exutoires des canaux de drainage du marais de Dol, au niveau de la première commune citée et au Vivier-sur-mer (BONNOT-COURTOIS,2012). De La Chapelle Sainte-Anne à Granville, le MNT montre que les pentes sont plus abruptes à certains endroits et moins distinctes que la partie Ouest.

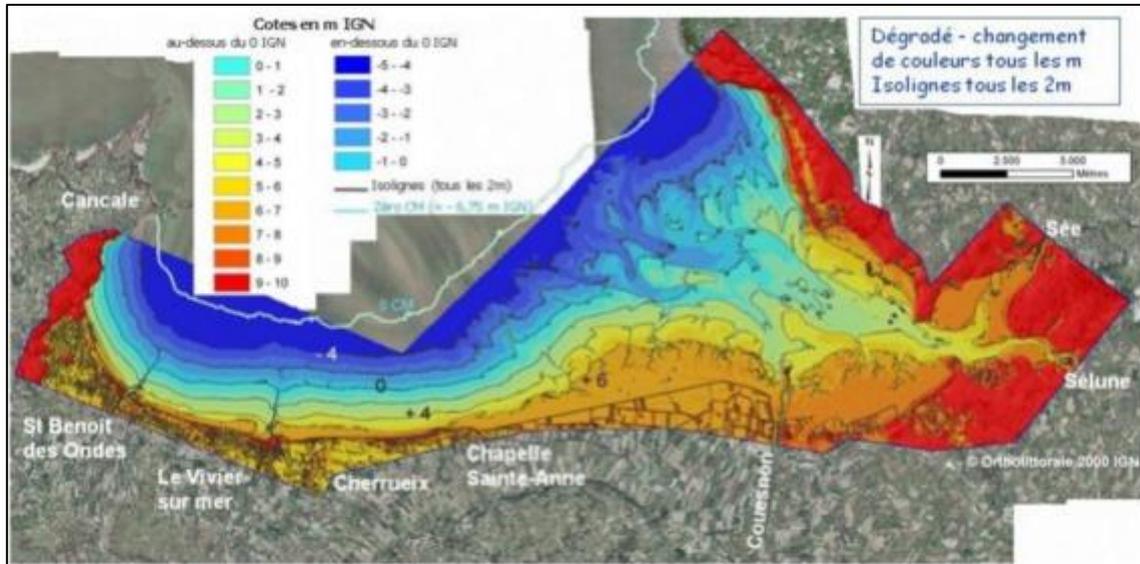


Figure 4 - MNT de la zone intertidale extrait du LIDAR 2002 (BONNOT-COURTOIS, 2012).

La figure 5 reprend sous forme cartographique les niveaux moyens théoriques des PM et BM obtenus au cours de la période 1950-2000. Reportés sur la topographie intertidale vue ci-dessus. Cette représentation reprend l'ensemble des marées, qu'elles soient de morte eau ou de vive eau selon leur coefficient, allant de 30 à 115.

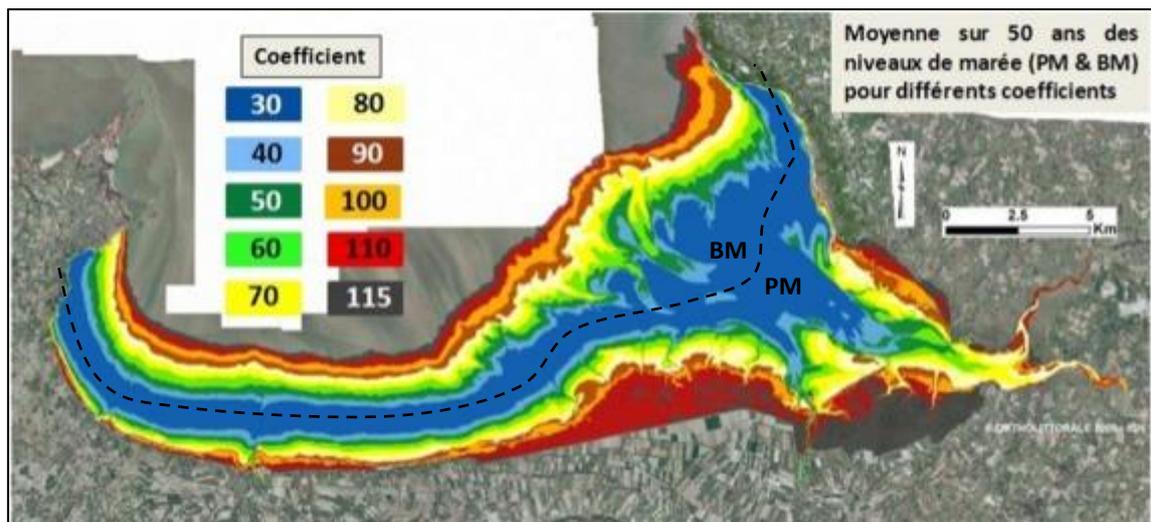


Figure 5 - Balayage de la zone intertidale par les marées selon des coefficients classés de 10 en 10. Moyennes des niveaux de Pleine Mer et Basse Mer établies entre 1950 et 2000 (BONNOT-COURTOIS, 2012).

En superposant ces deux cartes (figure 4 et 5) nous obtenons les hauteurs atteintes par la BM et la PM, avec un coefficient de 115 minimum en période d'équinoxe et une agitation présente. Le marnage est donc de 15 mètres car la mer peut se retirer à une côte de 5 mètres en dessous du 0 IGN et remonter jusque dans les terres, à 10 mètres au-dessus du 0 IGN, au maximum, soit une différence de 15 mètres.

1.3- CONTEXTE SEDIMENTAIRE

La baie du Mont-Saint-Michel comporte de nombreux milieux sédimentaires différents qui peuvent être lieux de reproduction, de développement, de repos ou de nutrition pour les espèces faunistiques et floristiques maritimes.

Une cartographie morpho-sédimentaire a été réalisée afin d'actualiser la couverture sédimentaire de la baie. Pour cela 400 prélèvements sédimentaires et biologiques ont été faits (1 par km²) puis analysés au granulomètre laser. Une interprétation des clichés de l'ortho-littoral de 2002 a permis de délimiter les limites des faciès (BONNOT-COURTOIS et al. 2007).

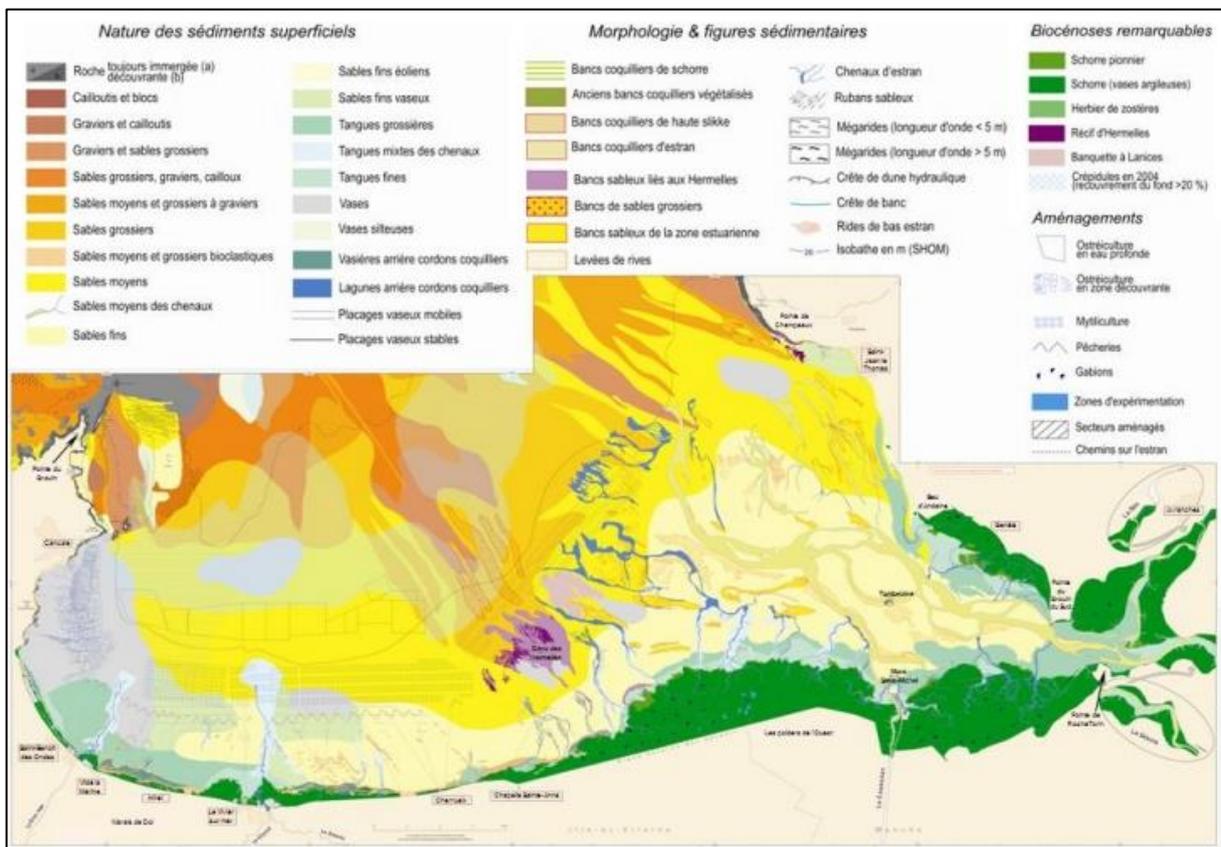


Figure 6 - Répartition des sédiments superficiels en baie du Mont-Saint-Michel (d'après BONNOT-COURTOIS et al., 2009).

A l'entrée de la baie du Mont-Saint-Michel, au Nord-Ouest, des graviers et des cailloutis reposent sur de la roche qui, à certains endroits, se découvre au grès des marées. Cette roche affleure même la pointe du Grouin près de Cancale. Un dégradé de substrat se met en place par la suite excepté dans la baie de Cancale. Après des graviers et cailloutis, les sables font leurs apparitions selon une granulométrie décroissante. Au départ nous avons des sables grossiers avec encore des cailloux et des graviers, ensuite le sable devient plus fin lorsque nous nous rapprochons de l'estran. Au nord des herbus, le sable devient encore plus fin et mélangé avec des débris coquilliers (récif d'Hermelles), il forme la tanguie dans les zones de vasières.

Cette répartition des sédiments témoigne de l'action des courants des marées présents dans la baie dont la vitesse diminue progressivement du large vers le littoral. Les courants forts à l'entrée de la baie transportent les substrats les plus gros (blocs, cailloutis). Lorsque le courant diminue les substrats grossiers se déposent sur le fond et seulement les plus fins sont conduits près du rivage, provoquant donc un dégradé de la granulométrie des substrats.

Nous pouvons différencier trois environnements morfo-sédimentaires différents qui résultent des courants de marée, des houles, de l'agitation ou bien des chenaux présents en baie du Mont-Saint-Michel :

- A l'Ouest, la baie de Cancale est abritée des houles grâce à la Pointe du Grouin. Cette zone est seulement influencée par les courants de marée giratoire et par l'agitation. C'est pour cela que la baie est essentiellement dominée par les tanguies et les vases, présentes en abondance ;
- Au centre de la petite baie, les 3 chenaux permettent de conserver des sables fins que nous ne retrouvons nulle part ailleurs dans la baie du Mont-Saint-Michel ;
- Au Nord-Est, proche de Saint-Jean-le-Thomas, se trouvent des zones sableuses composées de plages et de cordons dunaires. Exposées aux houles, elles sont également sous l'influence des différents chenaux que sont la Sée, la Sélune et le Couesnon qui érodent ces zones sableuses (Tessier et al., 2006 ; Billeaud et al., 2007).

Depuis la reconnaissance de l'intérêt de la baie du Mont-Saint-Michel et de sa richesse, des mesures ont dû être prises afin de protéger les fonctionnalités de la baie vu précédemment, face aux nouvelles menaces (tourisme, pollution, surexploitation...). Afin de mieux comprendre les différentes mesures mises en place, nous allons les diviser en 3 échelles distinctes : communale, régionale et nationale, puis, internationale.

1.4.1- ECHELLE COMMUNALE

Si nous nous intéressons à l'échelle communale, le **Plan d'Occupation des Sols (POS)**, le **Plan Local d'Urbanisme (PLU)** ou le **Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi)**, documents réglementaires d'urbanisme, permettent de protéger la baie du Mont-Saint-Michel. En effet dans chacun de ces documents, les communes se doivent d'inscrire les espaces naturels à préserver sous l'appellation « ND ». Cela signifie que ces espaces sont non constructibles. Grâce à cette mesure, les communes protègent la baie du Mont-Saint-Michel face aux différents aménagements ou utilisations pouvant menacer la richesse environnementale de la baie.

1.4.2- ECHELLE REGIONALE ET NATIONALE

A partir de 1935, la baie du Mont-Saint-Michel s'est vue déclarer au titre de **Site Classé** et **Site Inscrit** selon la Loi de 1930. Cette mesure a eu pour objectif de préserver l'espace naturel, que ce soit le paysage ou le bâti, en l'état. Pour répondre à cet objectif, le moyen a été de limiter les aménagements. Par le biais de ce classement, les propriétaires ne peuvent plus aménager ou construire des infrastructures, excepté s'ils ont une autorisation spéciale du Ministère de l'Environnement.

Dans un climat où l'expansion démographique est le cœur des occupations des communes, certaines communes littorales pourraient profiter de leur localisation pour se développer au détriment du patrimoine. C'est d'ailleurs pour cela que la **Loi Littoral** (Loi n° 86-2) a été établie en 1986. Cette loi relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral s'applique aux communes riveraines des océans, mers, étangs salés et plans d'eau naturels ou artificiels de plus de 1000 hectares. Ses objectifs sont de protéger le patrimoine culturel et naturel, et, de préserver les activités économiques, tout en accompagnant la recherche et le développement. Par exemple, cette loi délimite une bande littorale de 100 mètres à partir de la limite haute du rivage où la construction y est impossible.

L'acquisition des premiers terrains côtiers de la baie du Mont-Saint-Michel par le **Conservatoire du Littoral** remonte à 1989. Le but de ses acquisitions est de les réhabiliter pour ensuite les ouvrir au public et les gérer. Le Conservatoire du Littoral, possède de nombreuses parcelles autour de la baie. Grâce au droit de préemption, cet établissement public à une priorité quant à l'acquisition d'un territoire dès qu'un propriétaire manifeste sa volonté de le vendre. Ce droit légal permet de conserver le paysage du Mont-Saint-Michel et de ne pas voir s'implanter une infrastructure à but lucratif qui pourrait dégrader ce paysage tel un hôtel, parc d'attractions...

La baie du Mont-Saint-Michel est également constituée d'une **Réserve de Chasse et de Faune Sauvage**. Instituée en France, cette aire protégée est liée à la notion de réserve de chasse maritime. Elle défend 4 objectifs principaux :

- Protéger les populations d'oiseaux migrateurs conformément aux engagements internationaux ;
- Assurer la protection des milieux naturels indispensables à la sauvegarde des espèces menacées ;
- Favoriser la mise en place d'outils de gestion des espèces de faune sauvage et de leurs habitats ;
- Contribuer au développement durable de la chasse au sein du domaine maritime public.

Créée en 1973 et située à l'ouest du Mont-Saint-Michel, cette réserve de chasse couvre une superficie totale de 3 000 hectares dont 750 hectares d'herbus qui permettent aux oiseaux de s'y développer notamment grâce aux aménagements mis en place (SCHRICKE, 2004 & SCHRICKE et VALERY, 2016). Comme sur l'ensemble des herbus de la baie, le secteur de la Réserve est utilisé par les agriculteurs locaux pour la production de moutons dits de « prés-salés ».

Le site fait également l'objet d'un classement en **Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique** (ZNIEFF). Définie à la suite d'inventaires scientifiques, une ZNIEFF permet de savoir si un secteur du territoire présente de fortes capacités biologiques ainsi qu'un bon état de conservation d'un point de vue écologique. Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique sont de deux types : **type I** (intérêt biologique remarquable) et de **type II** (recouvre les grands ensembles naturels).

La baie du Mont-Saint-Michel est donc en ZNIEFF de type II dans son ensemble, mais présente des classements en ZNIEFF de type I pour certains milieux comme « les herbus est et ouest du Mont-Saint-Michel », « les polders ouest du Mont-Saint-Michel » ou bien encore pour le marais de la « Claire-Douves et ses dunes ».

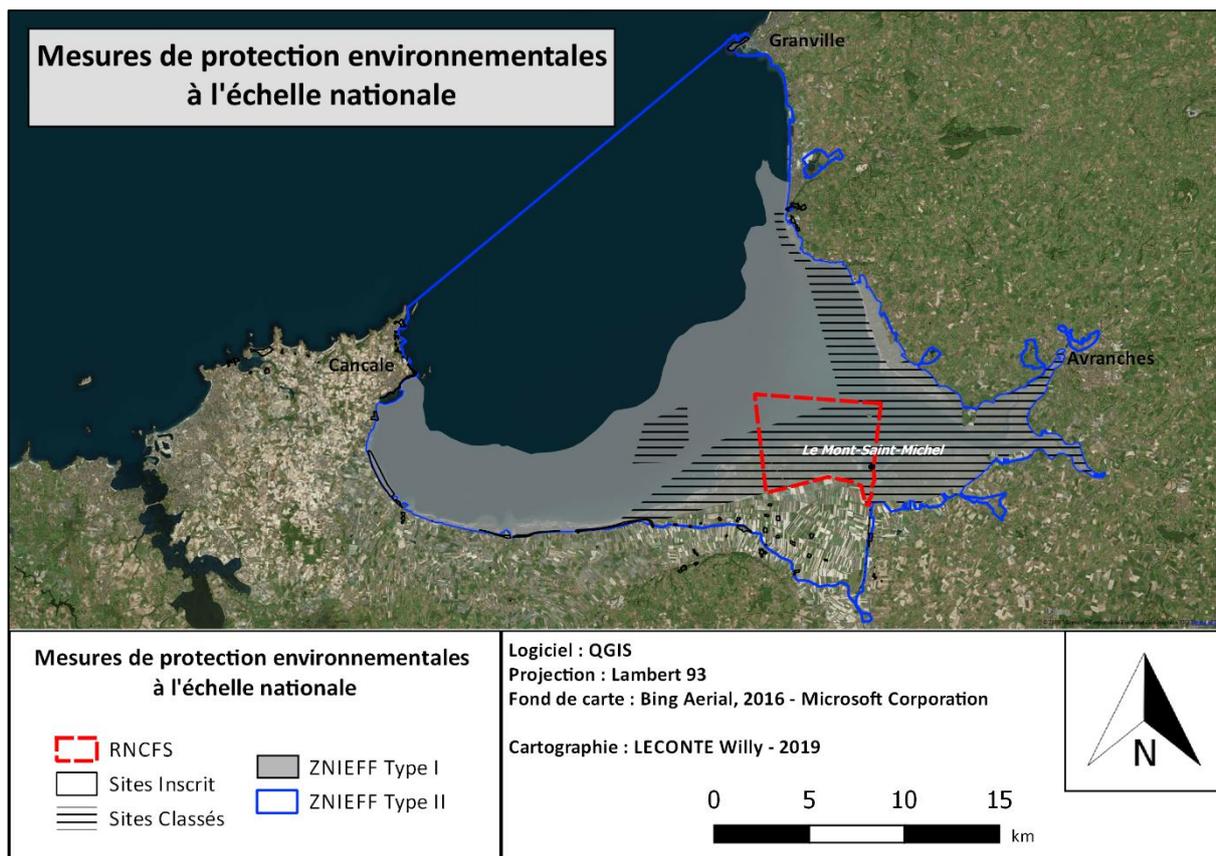


Figure 7 - Mesures de protection environnementales à l'échelle nationale.

1.4.3- ECHELLE INTERNATIONALE

La protection de ce patrimoine est aussi à l'image de sa reconnaissance : internationale. Cette reconnaissance tant au niveau des milieux biologiques que du paysage exceptionnel a été affirmée dès 1979 avec l'inscription du Mont-Saint-Michel et de sa baie au patrimoine mondial de l'**UNESCO**. Le but de cette inscription est de conserver, par le biais des fonds du patrimoine mondial, des biens culturels et/ou naturels pour l'héritage commun que nous allons laisser à l'humanité : « Le patrimoine est l'héritage du passé, dont nous profitons aujourd'hui et que nous transmettons aux générations à venir. » (Extrait de la convention de 1972).

La baie du Mont-Saint-Michel comporte de grandes étendues de zones humides. C'est pour cela qu'elle a été désignée dans la liste des sites **Ramsar**. Depuis 1971, la Convention de Ramsar se veut de préserver les zones humides, principalement comme habitat des oiseaux d'eau, et, d'encadrer l'exploitation de leurs ressources. Appartenant à ce réseau international de zones humides depuis le 14 octobre 1994, la baie du Mont-Saint-Michel se dote d'un autre outil de protection afin de conserver sa biodiversité et celle mondiale, ainsi que les services écosystémiques qu'elle peut donner.

La baie du Mont-Saint-Michel fait également partie du réseau européen **Natura 2000**. Ce réseau rassemblant des sites naturels ou semi-naturels de l'Union européenne ayant une forte valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelles qu'ils contiennent s'appuyant sur l'application des directives Oiseaux (1979) et Habitats (1992). La réunion de ces deux directives a donc permis de créer ce réseau. Deux types de sites interviennent dans ce réseau Natura 2000 :

- **Zones de Protection Spéciales (ZPS)** - Elles sont issues des anciennes Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO). Ce sont des zones importantes pour la conservation des oiseaux pour leur reproduction, leur alimentation ou leur migration ;

- **Zones Spéciales de Conservation (ZSC)** – Descendant des Sites à Intérêt Communautaire, les ZSC ont pour objectif la conservation des sites écologiques présentant soit des habitats naturels ou semi-naturels d'intérêt communautaire ou soit des espèces de faune et de flore d'intérêt communautaire.

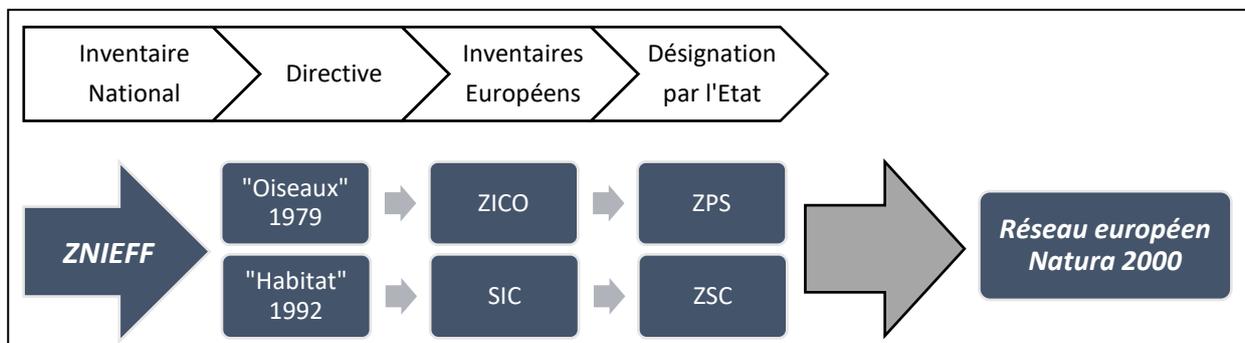


Figure 8 - Cheminement pour la désignation en zone Natura 2000.

La Zone de Protection Spéciale (ZPS) couvre une superficie de 50 000 hectares environs et vise à protéger les lieux de vie de nombreux oiseaux (bernaches cravant, tadornes de belon, bécasseaux maubèches, huîtres-pies...). Plusieurs zones sont interdites à la chasse et sont donc classées réserves de chasse maritime comme nous l'avons vu précédemment. La désignation du site en ZPS date du 5 janvier 2006. Pour ce qui est de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC), elle couvre une superficie de 40 000 hectares environs et vise à assurer la préservation des habitats naturels reconnus d'intérêt communautaire ainsi que les habitats abritant des espèces d'intérêt communautaire (mammifères, amphibiens, poissons, invertébrés et plantes). La désignation du site en ZSC date du 7 décembre 2004.

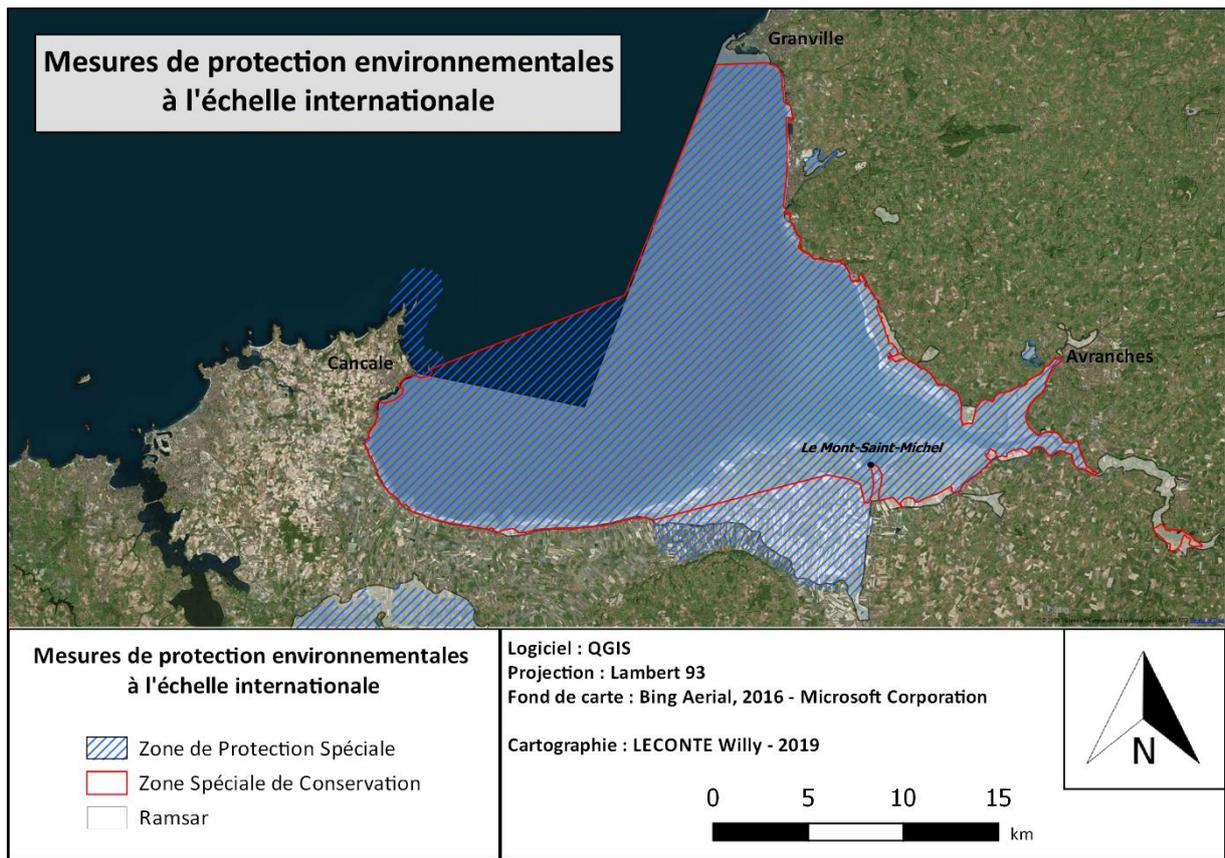


Figure 9 - Mesures de protection environnementales à l'échelle internationale.

2- TRAVAUX DE RETABLISSEMENT DU CARACTERE MARITIME (RCM)

2.1- DEFINITION ET OBJECTIFS DU PROJET RCM

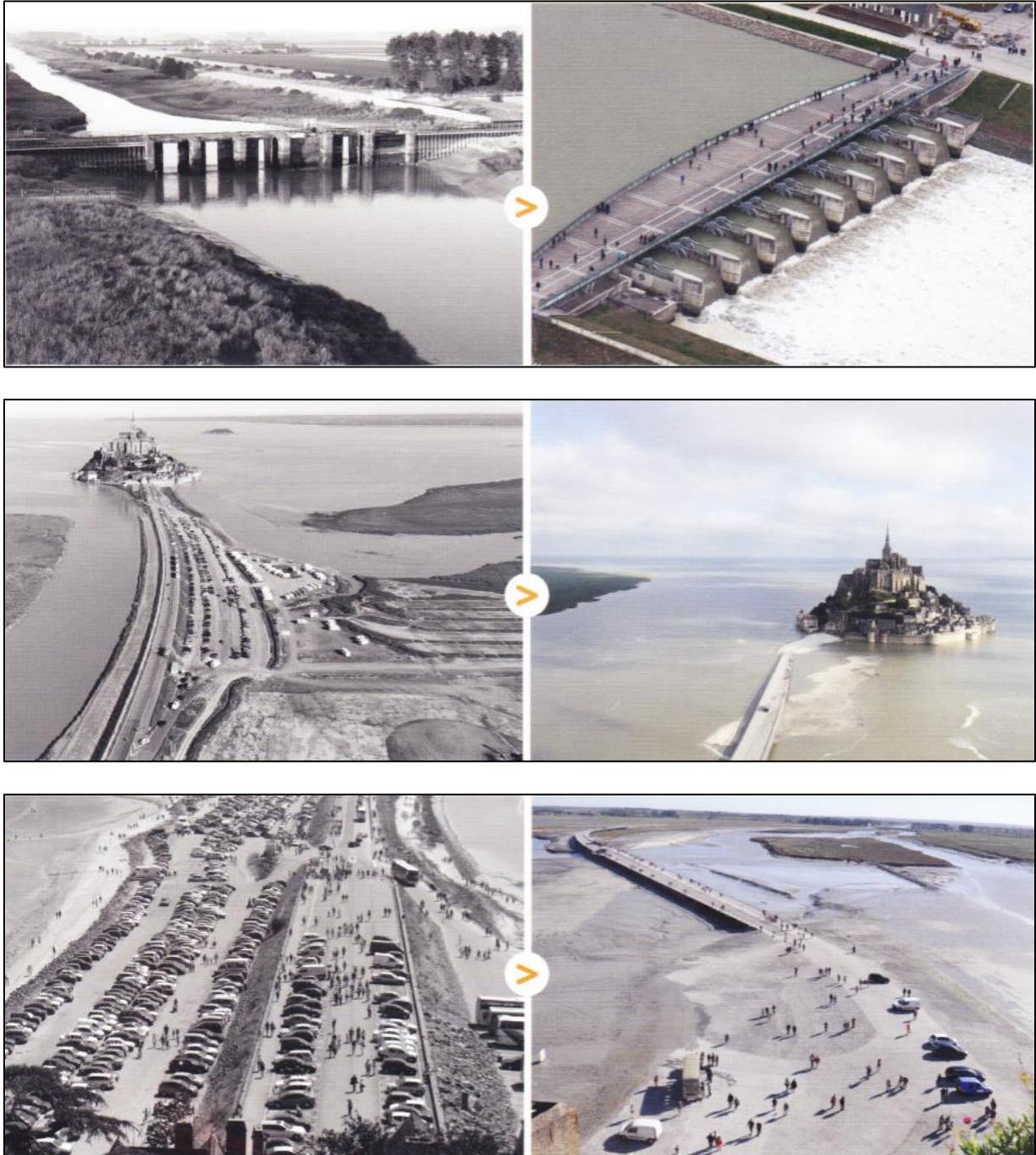
Initié en 1995 par l'Etat à la suite d'une concertation avec les élus locaux, le projet initial était de désensabler le Mont-Saint-Michel. Cependant, ce projet fut irréalisable à cause de la trop grande quantité de sédiment. En effet, plusieurs millions de mètres cubes de sédiment sont charriés chaque année dans la baie dû aux marées (BRETON, 2007). Après être rebaptisé « Restauration du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel », les travaux ont débuté en 2005 pour se finaliser 10 ans plus tard, en 2015. Ce projet a été déclaré d'utilité publique en 2003 à la suite d'une étude d'impact et d'une enquête publique. Concepteur du projet, l'Etat, s'est désengagé de la réalisation opérationnelle du projet peu à peu, afin de confier ce volet aux collectivités territoriales locales, regroupées au sein du Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel.

Le projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel repose sur deux grands principes :

- Rétablir le caractère maritime du Mont-Saint-Michel : Le phénomène d'ensablement naturel de la baie aurait pu faire perdre le « titre d'île » au Mont-Saint-Michel à long terme, avec le rapprochement des herbus autour du rocher. Les travaux réalisés dans le cadre du projet RCM ont donc pour objectif de rétablir et de pérenniser le paysage tout en conservant les équilibres sédimentaires et environnementaux que nous avons vu précédemment. Les lâchers d'eau créés à partir du nouveau barrage construit sur le Couesnon ainsi que le pont-passerelle permettent de répondre à cet objectif majeur.
- Valoriser l'accueil et l'approche des visiteurs : L'effacement de la digue route et de l'ancien parking présent au pied du monument ont permis de redonner de l'espace à la baie et de voir la marée faire le tour complet de l'édifice, sans obstacle. Pour remplacer ces aménagements, un pont-passerelle et un nouveau parking situé dans les terres ont été créés. D'autres infrastructures ont fait leur apparition comme des structures d'accueil du public et des navettes afin de répondre au mieux à la présence des nombreux touristes.

Pour répondre à ces deux grands objectifs, des travaux considérables ont été effectués afin de détruire les anciens ouvrages pour en construire de nouveaux. Les travaux de ce projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel ont atteint un montant supérieur à 200 millions d'euros.

L'ancien barrage bâti en 1969 a été remplacé par un nouveau barrage en 2009, la digue-route créée en 1879 a été arasée en février 2015 pour laisser la place à un pont-passerelle. Pour finir, l'ancien parking situé au pied du Mont-Saint-Michel a été supprimé, au profit d'un nouveau parc de stationnement construit plus en retrait.



Photographie 1 - Evolutions des aménagements suite à l'opération de Rétablissement du Caractère Maritime (RCM) du Mont-Saint-Michel.

2.2.1- LE BARRAGE

Ce nouveau barrage, mis en service en novembre 2009, est l'élément principal du système hydraulique pensé et créé spécialement pour atteindre l'objectif de rétablissement du caractère maritime. Par un fonctionnement avec des lâchers d'eau, il provoque un effet de chasse des eaux en marée descendante grâce à un débit important de 100 m³/s au maximum, soit dix fois supérieur au débit naturel que peut avoir le Couesnon (BRETON, 2007). Avec cette opération, les sédiments sont chassés du pourtour du Mont-Saint-Michel et permettent de « nettoyer » l'estuaire immédiat du Couesnon. La partie supérieure de cet ouvrage sera occupée par une plateforme dédiée aux touristes, offrant une vue exceptionnelle sur le Mont-Saint-Michel.

Le cycle de fonctionnement des vannes est disponible en Annexe 1 mais globalement, le principe du barrage est le suivant :

- A marée montante les vannes se ferment et bloquent l'eau devant les vannes. Par effet de décantation, les sédiments se déposent au pied des vannes et l'eau décantée est rejetée dans le Couesnon pour aller remplir l'Anse de Moidrey, selon le coefficient de la marée.
- A marée descendante et lorsque la marée basse s'amorce les vannes se referment. Cette marée descendante va enlever les sédiments déposés au pied des vannes lors de la marée montante. Puis, quand la force du flot faiblit, les vannes s'ouvrent progressivement et l'eau est libérée afin de créer cet effet de chasse escompté permettant d'amplifier le désensablement déjà commencé par la marée.



Photographie 2 - Barrage de la Caserne.

2.2.2- LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES

Des travaux hydrauliques viennent compléter le fonctionnement du nouveau barrage afin d'obtenir de meilleurs résultats en amont et en aval de celui-ci.

En amont, une opération de curage du Couesnon avec le dragage de la tange a été réalisée afin d'augmenter le volume de stockage de l'eau sur 4,7 km. Ce curage a pris fin en novembre 2013. Par la suite, un réservoir hydraulique d'environ 300 000 m³ a été reconstitué dans l'anse de Moidrey. Ce réseau de 8km de chenaux se remplit au gré des marées permettant d'augmenter les capacités hydrauliques de stockage pour améliorer les lâchers d'eau du barrage et atteindre les 100 m³/s espérés.

De 2012 à début 2015, des travaux sont réalisés en aval du barrage afin de laisser faire la divagation érosive du Couesnon. Pour cela, deux chenaux séparés par un seuil sont créés. Ils sont munis d'épis pour mieux guider l'action des lâchers d'eau et protéger les rives du Couesnon de l'érosion.



Photographie 3 - Seuil séparant le Couesnon en deux, en aval du barrage.

2.2.3- LES OUVRAGES D'ACCES

Afin d'accéder au Mont-Saint-Michel, différents ouvrages d'accès ont été créés pour limiter le plus possible la dégradation des milieux présents dans la baie. Ceux-ci permettent également d'assurer l'accès au site permanent pour les touristes, les véhicules d'approvisionnement, de maintenance mais aussi pour les secours en cas de problème.

Ces ouvrages d'accès se décomposent en 3 parties :

- La digue route, d'une longueur de 1100 mètres ;
- Le pont-passerelle de 760 mètres laisse libre cours aux écoulements du Couesnon permettant ainsi à la marée de passer sous celui-ci, encerclant le Mont naturellement ;
- Le terre-plein en béton pour faciliter l'arrivée au Mont-Saint-Michel.

2.2.4- LES NAVETTES

Pour accéder au Mont-Saint-Michel, il est possible d'emprunter des navettes gratuitement. Ces navettes routières sur pneumatiques portant le nom de « Passeur » émettent peu d'émissions sonores et gazeuses, permettant de respecter la beauté du site. Accessible à tous, elles offrent aux touristes un moyen de déplacement pour ceux qui ne souhaitent pas faire le trajet à pied pour se rendre du parking au Mont.

CHAPITRE 2

UNE DYNAMIQUE REGRESSIVE DES HERBUS DU MONT-SAINT-MICHEL

1- Les herbus.....	29
1.1- Description et mise en place des herbus.....	29
1.1.1- Mise en place des herbus.....	30
1.1.2- Organisation des herbus.....	31
1.1.3- L'apport des herbus.....	32
1.2- Délimitation de la zone d'étude.....	33
2- Méthodologie.....	35
2.1- Données utilisées.....	35
2.1.1- Photographies aériennes.....	35
2.1.2- Images satellitaires.....	36
2.2- Géoréférencement.....	36
2.3- Digitalisation des herbus.....	37
2.4- Calculs des surfaces.....	39
3- Evolution des herbus du Mont-Saint-Michel entre 2000 et 2018.....	40
3.1- Explications du choix des dates.....	40
3.2- Evolution entre 2000 et 2010.....	41
3.3- Evolution entre 2010 et 2014.....	44
3.4- Evolution entre 2014 et 2018.....	47
4- Bilan (2010-2018).....	50
4.1- Le rôle des aménagements.....	50
4.1.1- Evolution de la surface des herbus.....	50
4.1.2- Progression et régression des herbus.....	52
4.1.3- Evolution altimétrique de la baie.....	55
4.2- Le rôle des chenaux.....	57
4.2.1- Le Couesnon.....	57
4.2.2- La Sélune.....	58
4.2.3- Le cycle de Saros.....	60

1- LES HERBUS

1.1- DESCRIPTION ET MISE EN PLACE DES HERBUS

Retrouver un caractère maritime aux abords de l'un des sites les plus visités au monde est un objectif environnemental important du XXI^{ème} siècle pour la France. Afin d'obtenir les résultats escomptés, il faut limiter la dynamique naturelle des marais salés. Le phénomène d'ensablement de la baie du Mont-Saint-Michel engendre le rehaussement des fonds qui est alors responsable de la progression de la végétation et donc des marais salés.

Les marais salés sont désignés par les naturalistes français sous le terme de schorre. Localement, et pour la baie du Mont-Saint-Michel, on parle d'herbu. Les herbues en baie du Mont-Saint-Michel sont les plus vastes du littoral français, avec 4100 hectares, et s'étendent de Genêts (Manche) jusqu'à Saint Benoît des Ondes (Ille-et-Vilaine). Ils sont les plus riches de France en espèces végétales, principalement expliqué par la grande superficie de la baie et par la diversité des conditions du milieu (LEFEUVRE et LE DUCHAT D'AUBIGNY, 2008).



Photographie 4 - Herbus Ouest du Mont-Saint-Michel.

Les herbues progressent depuis plus de 80 ans notamment autour du Mont-Saint-Michel. La progression très active dans cette zone pose des problèmes d'où les travaux de rétablissement du caractère maritime. Selon les recherches faites, les marais salés progressent au rythme moyen de 30 hectares par an (BOUCHARD et al., 1995).

Selon les données présentées par Romain Desguée dans sa thèse « *Etude des processus hydro-sédimentaires et évolutions morphodynamiques autour du Mont-Saint-Michel* » soutenue en 2008, les herbues autour du Mont-Saint-Michel (herbu Ouest et herbu Est) évoluent positivement. Notamment avec des phases de progression importantes entre 1984 et 1986, 1989 et 1991 puis dernièrement entre 2000 et 2002.

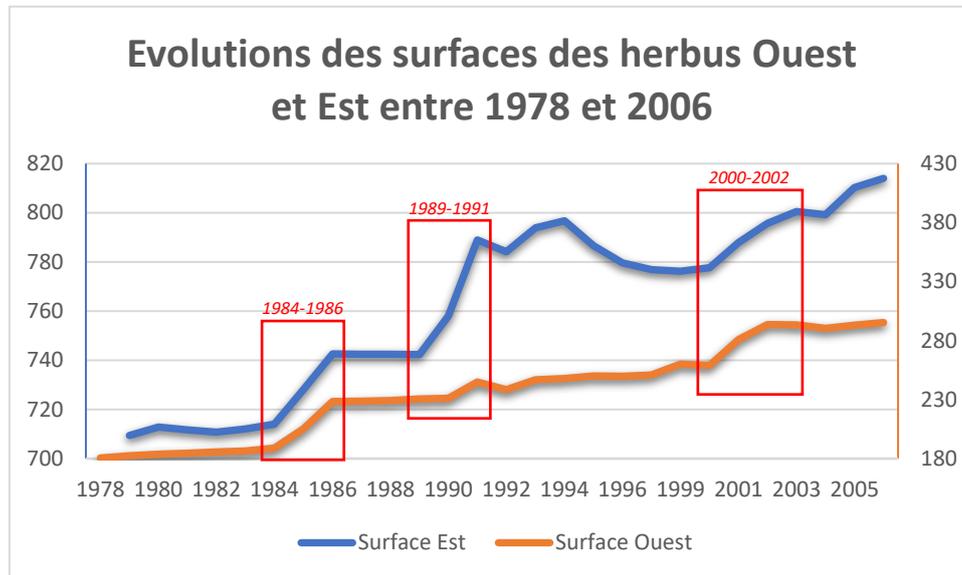


Figure 10 - Evolution des surfaces des herbues Ouest et Est entre 1978 et 2006.

1.1.1- MISE EN PLACE DES HERBUS

La formation des herbues peut être déclinée en quatre phases successives (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2012) : initiation/édification, consolidation, maturation et continentalisation.

1^{er} phase : Initiation ou Edification

La mise en place de l'herbu repose sur deux conditions favorables qui doivent être réunies afin que celui-ci puisse se développer. Tout d'abord, le niveau altimétrique doit être en adéquation avec la tolérance de submersion des espèces végétales qui seront potentiellement les premières à coloniser ce milieu, appelées espèces pionnières. Ajouté à cela, les contextes morfo-sédimentaire et hydrodynamique se doivent d'être favorables à l'accueil des semences et d'assurer la protection des jeunes plants.

2^{ème} phase : Consolidation

Lorsque la phase d'initiation s'est mise en place, le substrat devient hétérogène. De petites bosses apparaissent où se développent les espèces comme la puccinellie (*Puccinellia maritima*) sur la partie basse des bosses. Sur la partie haute, on voit l'apparition de l'obione (*Atriplex portulacoides*).

L'espèce végétale puccinellie se densifie et devient dominante alors que des espèces de haute slikke comme la salicorne (*Salicornia sp.*) et la spartine (*Spartina sp.*) ne seront plus présentes que par tâches isolées.

3^{ème} phase : Maturation

Les creux résultants des bosses créées lors de la phase précédente disparaissent peu à peu. Avec le nivellement du milieu, le niveau altimétrique est plus élevé et par conséquent moins atteint par les marées. Cela permet à des espèces moins tolérantes de s'y développer et de dominer, comme par exemple l'obionne (*Atriplex portulacoides*), sous forme de buissons. Des plantes telles que la salicorne, la soude ou l'aster s'additionnent à l'Obione et forment de grands tapis végétaux continus.

4^{ème} phase : Continentalisation

La continentalisation est la dernière étape de mise en place de l'herbu. Sur des terrains généralement hors d'atteinte des marées, des espèces prairiales apparaissent comme la Fétuque et le Chiendent, caractéristiques du haut schorre, où elles peuvent s'y développer sans perturbation. Cependant des études scientifiques ont montré que de 1984 à 2013, le chiendent maritime (*Elymus repens*) a envahi une très grande partie des herbous à cause d'un phénomène d'osmo-protection (la présence de nitrates a permis son acclimatation à l'eau salée). Cela pose donc des problèmes pour l'hétérogénéité végétale mais aussi pour le pâturage ovin présent sur les herbous du Mont-Saint-Michel.

1.1.2- ORGANISATION DES HERBUS

La végétation des herbous s'organise dans l'espace selon la fréquentation d'immersion des marées, le substrat, la topographie ou les arrivées d'eau douce (GEHU, 1979 & GEHU-FRANCK, 1982) :

- **La zone pionnière**, située entre le schorre (estran végétalisé) et la slikke (vasière), elle est caractérisée par une végétation à salicorne (*Salicornia sp.*) et à spartine (*Spartina sp.*). En moyenne, cette zone est atteinte par 65% des marées (GUILLON, 1984) ;
- **Le bas schorre**, dominé par la puccinellie (*Puccinellia maritima*), avec la présence de la soude (*Suaeda maritima*) ou encore de l'obione faux-poupier (*Halimione portulacoides*) ;
- **Le moyen schorre**, forme la troisième zone composée essentiellement de l'obione ;
- **Le haut schorre**, correspond aux végétations les moins influencées par la marée. En effet, le haut schorre est submergé par moins de 3% des marées (GUILLON, 1984). Ce milieu est principalement composé de graminées comme la fétuque rouge (*Festuca rubra*), le chiendent maritime (*Agropyrum pungens*) ou l'agrostis stolonifère (*Agrostis stolonifera*).

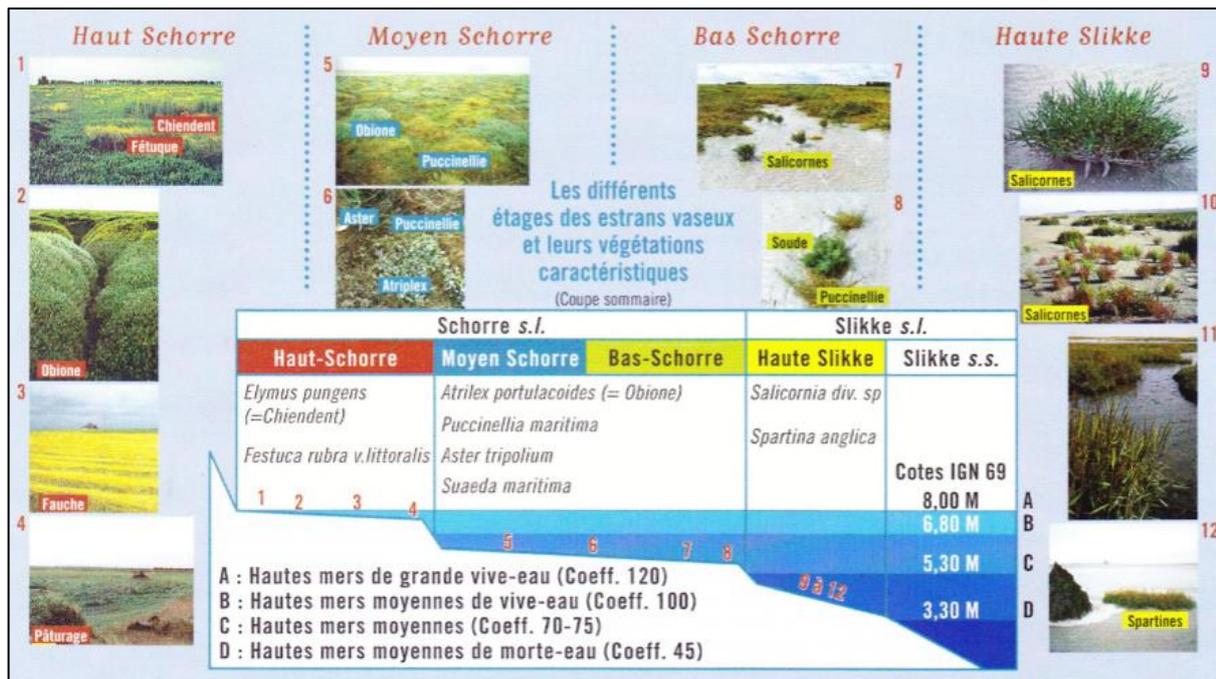


Figure 11 - Schéma de l'organisation des herbus (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2012).

1.1.3- L'APPORT DES HERBUS

Par ailleurs, les herbus jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement du système côtier. Ils ont des fonctions d'accueil et de ressources pour un certain nombre d'espèces (LEFEUVRE et al., 2000). Ayant une vaste superficie, les marais salés de la baie du Mont-Saint-Michel produisent beaucoup de matière organique. Cette matière organique est issue de la décomposition des feuilles, tiges ou débris végétaux, mais également des déjections animales (bovins, ovins, équins). Une partie de la matière organique transférée par ces marais est utilisée par les invertébrés marins. A marée basse, grâce aux nutriments et à cette matière organique dissoute, des micro-algues benthiques se développent en abondance : les diatomées. A marée montante, ces micro-algues contribuent, au côté des apports de phytoplancton, de nutriments et de matière organique, à la nourriture de base des huîtres, des moules, des coques et des nombreux autres invertébrés sauvages (RADUREAU et LOISON, 2005). De plus, à marée haute, les herbus fournissent la nourriture à des poissons, eux-mêmes privilégiés dans l'alimentation des poques veaux marins.

S'étendant de Saint-Benoît-des-Ondes au Bec d'Andaine, situés à Genêts, les herbus font partie intégrante de la baie du Mont-Saint-Michel. L'approche de la dynamique des herbus doit, dans un premier temps, être globale. Cela nous permettra de dresser les délimitations de la végétation sur l'ensemble de la baie, de 2010 à 2018, afin d'étudier la dynamique des schorres sur le moyen/long terme et potentiellement identifier les processus qui en résultent.

Afin de mieux visualiser et expliquer le développement de ce milieu à l'échelle globale, nous pouvons diviser les herbus en 7 zones distinctes d'Ouest en Est de la baie :

- Herbu de Saint-Benoît-des-Ondes à Cherrueix
- Herbu Ouest du Mont-Saint-Michel
- Herbu Est du Mont-Saint-Michel
- Herbu de l'estuaire de la Sélune
- Herbu du Val-Saint-Père
- Herbu de Vains
- Herbu de Genêts

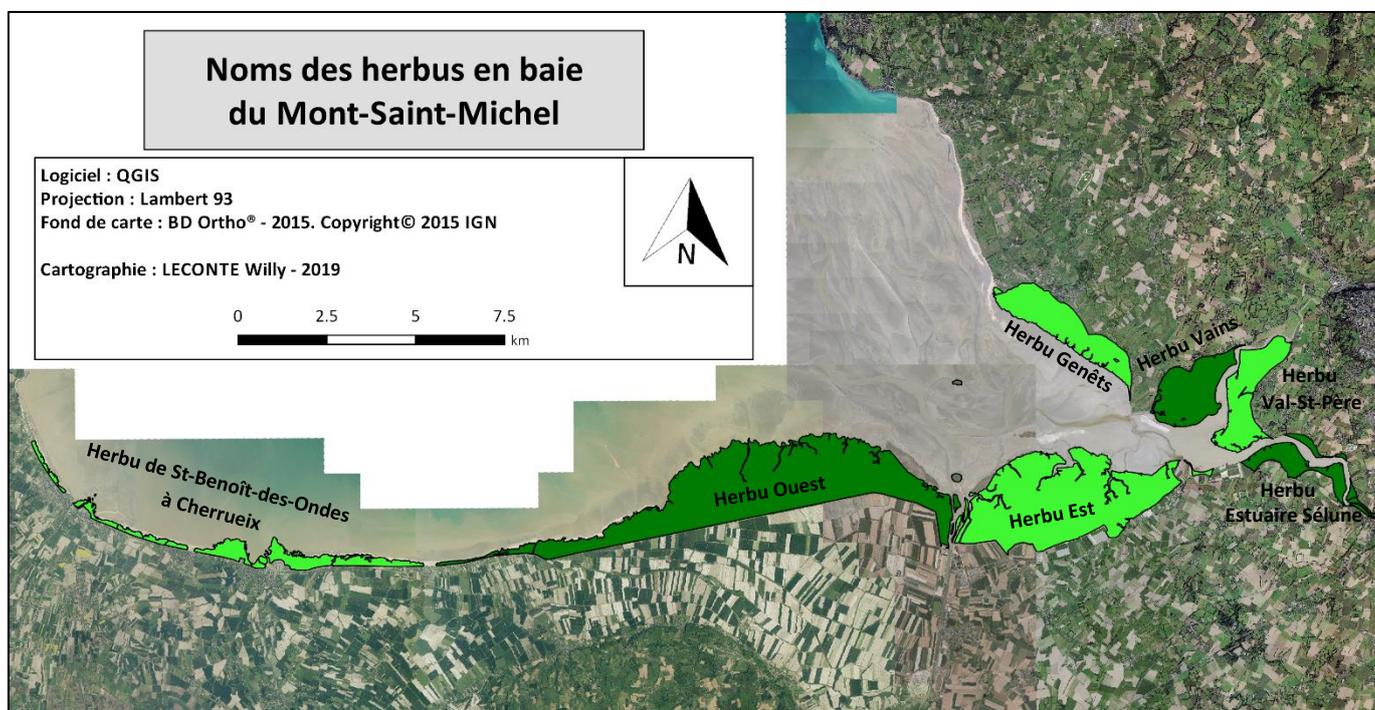


Figure 12 - Désignation des herbus présents en baie du Mont-Saint-Michel.

Dans un second temps, et suite au projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel, il semble important de réduire l'échelle au pourtour du monument. En effet, les zones proches du Mont-Saint-Michel sont soumises à l'influence des travaux et une étude plus approfondie des zones pourrait mettre en évidence les premiers effets positifs ou négatifs de ce projet. Deux zones seront analysées :

- L'herbu Ouest du Mont-Saint-Michel, délimité à l'Ouest par la Chapelle-Sainte-Anne et à l'Est par le Couesnon. C'est une zone menaçante puisque son développement continu pourrait encercler le Mont-Saint-Michel.
- L'herbu Est du Mont-Saint-Michel, qui s'étend du Couesnon à l'estuaire de la Sélune est lui aussi menaçant. En association avec l'herbu Ouest, cette zone pourrait encercler le rocher. Avant les travaux, l'accumulation de sédiments permettait à la végétation de se développer dans cette zone et donc l'augmentation de la surface de l'herbu.

Ces herbues sont également soumis à l'influence du Couesnon et de la Sélune qui ont tendance à divaguer au fil du temps et donc à avoir un effet érosif sur les herbues. Plus ces fleuves vont se rapprocher des zones de végétation, plus ils auront un effet d'érosion.

Le développement des Systèmes d'Information Géographique (SIG) permet le traitement de données aériennes et spatiales rapide et précis. Si nous reprenons la définition d'un SIG donné par Esri France : « *Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, au travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes* ».

Cet outil capable de stocker, de traiter, d'analyser et de présenter tous les types de données spatiales et géographiques est par définition le plus efficace pour répondre à ce sujet.

2.1- DONNEES UTILISEES

2.1.1- PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Les photographies aériennes sont des photographies prises des airs à bord d'un aéronef. Généralement prises à la verticale, ces images sont parfois en vue oblique. Suite à leur acquisition, elles sont transformées pour devenir des images numériques, utilisables par tous. Les photographies aériennes sont utilisées pour illustrer des documents, extraire de l'information, sélectionner des éléments ou simplement servir de fond de carte.

Cependant les missions aéroportées de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) sur la baie du Mont-Saint-Michel ne sont pas annuelles et sur la période 2000-2018, seulement un jeu de données est utilisable. La couverture nuageuse et les marées ont été des éléments à prendre en compte dans le choix des images. La faible pente de la baie implique de choisir des images captées lors de marées basses afin d'avoir le plus de surface découverte, sans éléments pouvant causer une erreur.

Pour notre étude, les photographies aériennes sont adoptées afin d'extraire de l'information et de sélectionner des éléments concernant les herbues de la baie du Mont-Saint-Michel. Ces images proviennent du lot 23 de l'Ortho-littorale v1 (millésime 2000-2002) et sont utilisées dans le cadre de la digitalisation des herbues de l'année 2000. Avec une précision de 50cm et une bonne qualité, ces orthophotographies du littoral permettent un travail précis.

2.1.2- IMAGES SATELLITAIRES

Les images satellitaires permettent une couverture spatiale de plusieurs centaines de kilomètres carrés. En grand nombre, seulement une petite dizaine est exploitable à cause de l'intensité nuageuse sur certaines images. Ces images sont issues de fichiers numériques transmis par des capteurs satellitaires comportant plusieurs caméras numériques qui observent les mêmes zones mais qui opèrent dans différentes bandes spectrales. De ce fait, chaque pixel correspond à une surface au sol qui est caractérisé par sa signature spectrale.

Les images satellitaires issues de deux satellites développés par Airbus Defence & Space (SPOT 6 et 7) sont récupérées pour digitaliser les herbues en baie du Mont-Saint-Michel. Avec une résolution de 1,5m, ces clichés sont parfaitement adaptés à un suivi de l'évolution rapide des territoires. La couverture de la France métropolitaine réalisée par les satellites SPOT 6-7 (*Annexe 2*) est utilisée pour la période 2014-2018. Ces images satellitaires ont été acquises entre avril et octobre de chaque année respective.

Pour l'année 2010, forcé de constater que les images satellitaires SPOT ne sont pas disponibles, nous avons utilisé les images du satellite RapidEye. Cependant la résolution spatiale est de 5m, donc moins précise que les images SPOT, dû à l'écart technologique et temporel entre les deux acquisitions (4 ans).

2.2- GEOREFERENCEMENT

Les photographies satellitaires disponibles sur le site Theia (<https://www.theia-land.fr/>) sous un format numérique sont seulement accessibles aux acteurs institutionnels. Pour acquérir ces documents, le choix s'est alors porté sur des captures d'écrans de la zone d'étude des images SPOT et RapidEye sur Géoportail. Pour conserver la qualité et la résolution de ces images satellitaires, les captures d'écrans ont dû être réalisées à faible échelle et de multiples fois. Par ailleurs, une trop grande quantité de captures d'écrans, entraîne un projet plus volumineux, ralentissant le traitement des données.

La définition d'un système de coordonnées adapté au projet est la première étape à exécuter avant le géoréférencement. Le choix de celui-ci porte sur l'utilisation du Lambert 93 comme système de coordonnées géographique. Depuis le 26 décembre 2000, le Lambert 93

est devenu la projection officielle pour la France puisqu'elle défère une meilleure cohésion avec les autres pays européens et le système GPS.

Le géoréférencement d'une image consiste à donner une localisation absolue à notre objet dans un système de coordonnées connues, ici le Lambert 93, à partir d'une localisation relative.

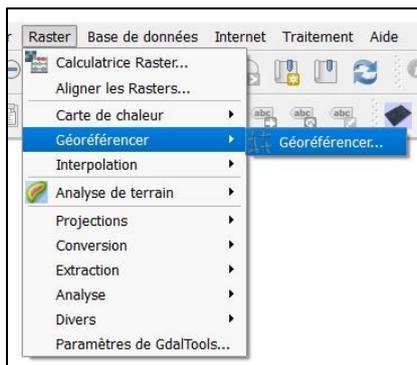


Figure 13 - Géoréférencement des images capturées.

Pour effectuer ce processus, il faut se rendre dans l'outil « Géoréférencer » présent dans l'onglet « Raster » de QGIS. Il suffit ensuite d'insérer l'image que nous souhaitons géoréférencer et créer des points de calage. Ces points permettent de caler notre photographie aérienne par rapport à notre fond de carte déjà géoréférencé. Afin d'obtenir le meilleur calage et géoréférencement possible, un minimum de 7 points de calage a été choisi. Ce sont généralement des carrefours routiers, des habitations ou des éléments fixes (arbres, gabions, monuments...) qui ont été choisis comme points de calage.

Le géoréférencement des captures d'écrans des images satellitaires RapidEye et SPOT 6/7 s'est opéré à l'aide de la BD Ortho® de l'Ille-et-Vilaine (2017) et de la Manche (2015), déjà géoréférencée. La bonne résolution de ces données permet de trouver aisément les points communs nécessaires pour le géoréférencement, sans aucun traitement supplémentaire.

2.3- DIGITALISATION DES HERBUS

Le géoréférencement étant effectué, désormais il nous faut créer nos couches au format shapefile (.shp). Ces couches nous permettent de digitaliser les herbous pour chacune des années choisies.

Pour créer nos couches, il faut se rendre dans « Couche », « Créer une couche » puis « Nouvelle couche shapefile ». Il nous faut ensuite définir : le type d'objets (polygone) et le système de référencement des coordonnées (Lambert 93).

Après être passé en « Mode édition », nous devons « Ajouter une entité » et commencer la digitalisation. Cette méthode vise à extraire les entités souhaitées, ici les herbus, à partir d'un fond de carte pour ne garder que les données nécessaires au travail.

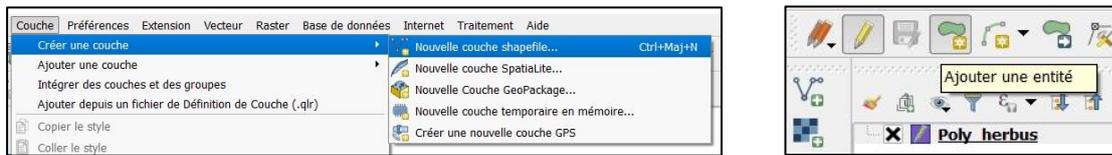


Figure 14 - Création d'une couche Shapefile et ajout d'une entité.

Nous allons procéder à une digitalisation sur l'écran à partir de nos sources numérisées que sont les fonds de cartes (images aériennes et satellitaires). Cette méthode permet d'agrandir l'image à volonté afin de mieux distinguer les entités à digitaliser. La digitalisation s'est faite à une échelle de 1/5000. Cependant sur certaines zones, il est difficile de faire la différence entre les herbus et la slikke malgré un zoom suffisant, dû au développement de la végétation ou à des éléments extérieurs notamment la couverture nuageuse. Une bonne connaissance de la zone d'étude est donc primordiale pour la prise des décisions qui peut avoir un impact sur la future surface des herbus digitalisée.

La limite de végétation sera considérée comme la limite des herbus. Ce travail de digitalisation des herbus est un travail long et répétitif puisqu'il doit être effectué sur les années 2000, 2010, 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018. Chaque point est fait manuellement et à l'appréciation de l'utilisateur. Pour que cette méthode soit parfaitement exécutée, les polygones ne doivent pas contenir de nœuds et les zones doivent être digitalisées une seule et unique fois car cela pourrait modifier les surfaces qui seront calculées après cette étape.

La superposition des polygones qui a été obtenue pour chacune des années choisies va permettre d'observer l'évolution diachronique des herbus de la baie du Mont-Saint-Michel.

2.4- CALCULS DES SURFACES

Le logiciel QGIS permet de calculer les surfaces des polygones dessinées très rapidement, dans le but de comparer l'évolution des surfaces végétalisées par les herbous pour chacune des années choisies.

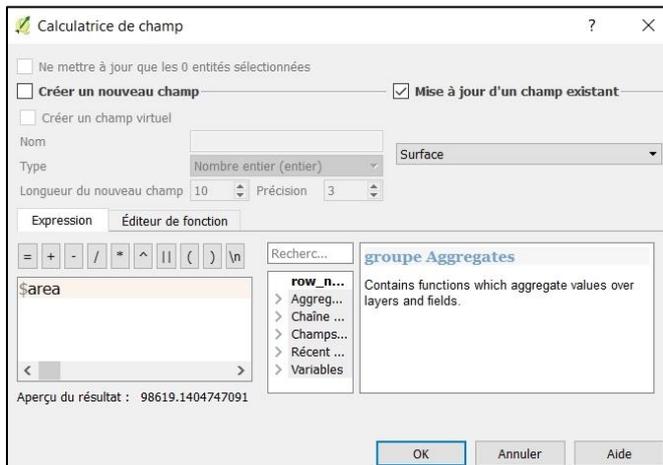


Figure 15 - Calculatrice de champ utilisée pour obtenir la surface des herbous.

Ces surfaces sont calculées à partir de la table attributaire de notre couche shapefile, en ajoutant un champ colonne que nous nommons « Surface ». Ensuite, grâce à la calculatrice de champ et à la formule $\$area$, nous obtenons la surface de chacun des polygones en mètre carré (m²). Convertie en hectares (ha), l'addition des surfaces nous donne la superficie totale occupée par les herbous pour une année. En plus de comparer l'évolution de la surface des schorres,

nous pourrons en déduire quelles sont les zones de progression ou, a contrario, quelles sont les zones en régression.

Pendant des erreurs de géoréférencement ou de digitalisation sont possibles. Cela implique de garder un esprit critique vis-à-vis de la présentation et de l'interprétation des surfaces calculées.

3- EVOLUTION DES HERBUS DU MONT-SAINT-MICHEL ENTRE 2000 ET 2018

3.1- EXPLICATION DU CHOIX DES DATES

Pour observer la dynamique des herbues en baie du Mont-Saint-Michel, nous avons dû choisir différentes dates : avant, pendant et après les travaux de l'opération du rétablissement du caractère maritime du Mont.

Concernant la phase avant travaux, l'année 2000 a été retenue. Celle-ci permet d'avoir un état des lieux de la zone d'étude longtemps avant le début des opérations afin de comprendre et d'examiner la dynamique des herbues sans aménagement. De plus, la facilité de se procurer un fond de carte a été un atout dans le choix de cette année (Ortho-littoral v1).

L'année 2010 a été choisie pour avoir un aperçu n+1 des premiers résultats de la mise en fonctionnement du barrage sur le Couesnon (2009). Celle-ci vise à voir si le barrage, lui seul, montre déjà des signes encourageants qui peuvent répondre aux objectifs du RCM.

Ensuite, nous avons acquis une évolution annuelle des herbues après la fin des travaux du RCM, soit de 2014 à 2018. Cette période pourra montrer si l'ensemble des travaux réalisés propose déjà des résultats satisfaisants. Cependant certains professionnels pensent qu'il faudra attendre 2040 pour savoir si les opérations sont un succès ou pas.

Le choix de ces différentes dates consent à définir **3 périodes** différentes afin de caractériser la dynamique des herbues :

- **2000-2010** : évolution sans travaux et jusqu'à la mise en place du barrage ;
- **2010-2014** : évolution avec le barrage et jusqu'à la fin des travaux du RCM ;
- **2014-2018** : évolution après travaux.

Un bilan sur la période 2010-2018 viendra en complément pour, potentiellement, mettre en relation les aménagements réalisés dans le cadre du projet RCM avec la dynamique des herbues du Mont-Saint-Michel ainsi que l'effet divagant des chenaux.

A l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel

Entre 2000 et 2010, l'évolution des herbus est croissante. En 2010, les herbus recouvraient 4112 hectares de la surface de la baie du Mont-Saint-Michel alors qu'en 2000 ils couvraient 3909 hectares. En 10 ans, la superficie de ces zones végétalisées a augmenté de 203 hectares soit 20 ha/an en moyenne.

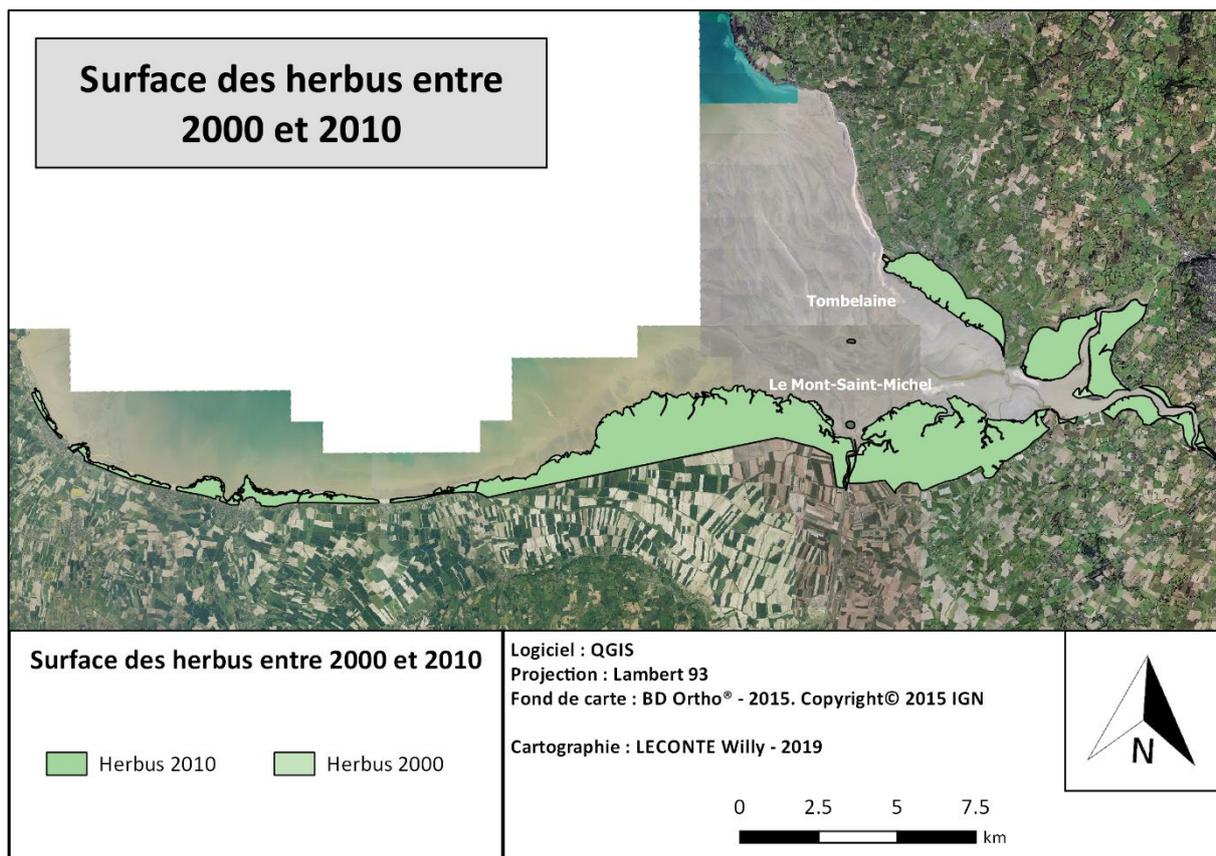


Figure 16 - Superposition de la surface des herbus 2000 et 2010.

Au niveau des herbus de Saint-Benoît-des-Ondes à Cherrueix, on observe une alternance des zones de progression et de régression due au développement naturel de la végétation. Sur la partie Ouest des herbus Ouest du Mont-Saint-Michel, une zone de 28,9 hectares a très nettement progressé en 10 ans. En 2000 cette zone devait être en sédimentation, ce qui a permis à la végétation de coloniser cet espace. Il en est de même pour les herbus de Genêts, à l'Est de Tombelaine, où en 2000, cette zone était à certains endroits au commencement de la zone pionnière. Ce qui provoque une progression impressionnante de 94,7 hectares. Les zones d'érosion sont quant à elles plus rares et se situent principalement sur l'herbu du Val-Saint-Père (-19 ha) et sur l'herbu Ouest.

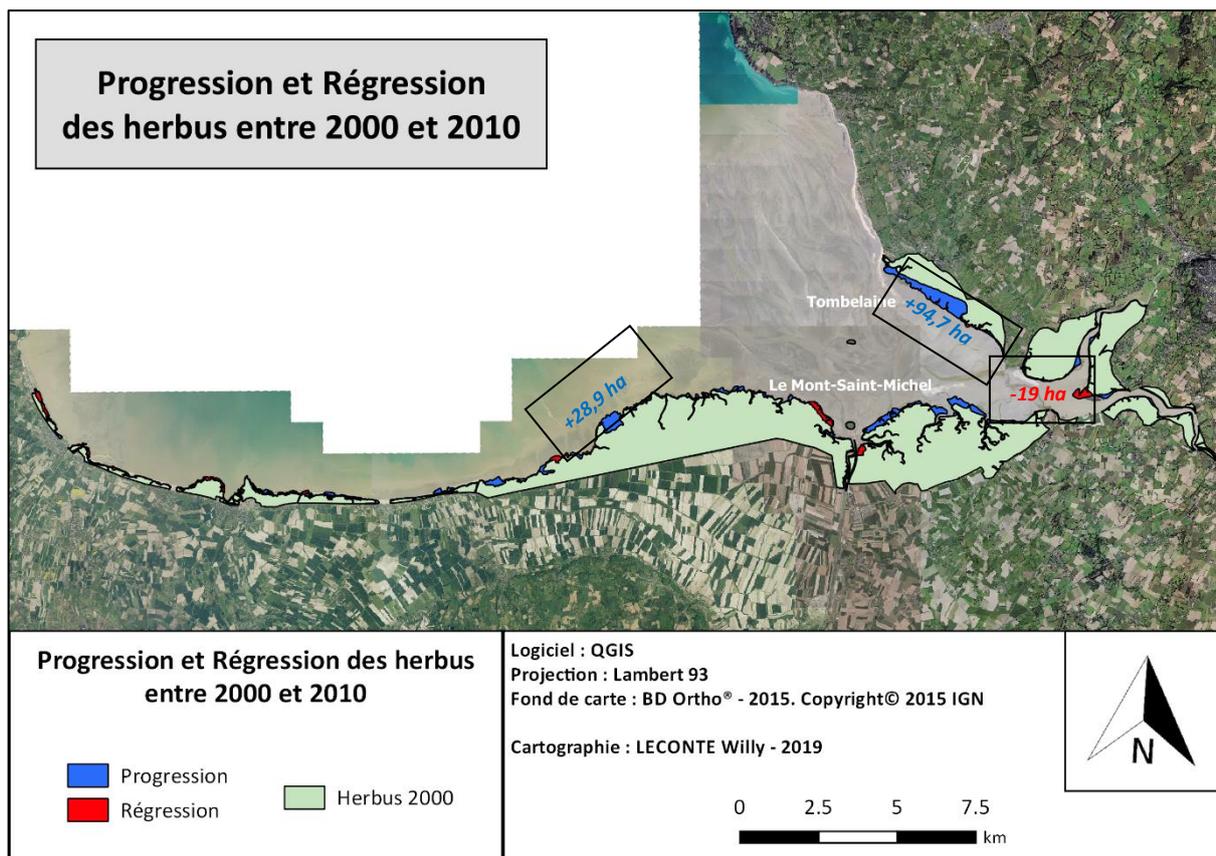


Figure 17 - Progression et Régression des herbus entre 2000 et 2010 sur l'ensemble de la baie.

Autour du Mont-Saint-Michel

Une importante zone d'érosion de 14,9 hectares est présente sur la partie Ouest des herbus du Mont-Saint-Michel, associée à une seconde zone de 5,8 hectares au niveau de l'herbu Est, au Sud de l'ancien parking. Cette première zone de régression peut résulter d'un rapprochement du chenal du Couesnon vers le schorre, notamment en 2004, permettant cet effet d'érosion (DESGUEE, 2008). On observe donc que le rôle de ce chenal est primordial puisqu'aucun autre facteur à cette période (agitation, courant de marée) n'est en mesure de faire reculer la végétation, sauf lors de très grande marée à fort coefficient.

Mise à part ces deux zones, les herbus Ouest et Est autour du Mont-Saint-Michel sont en constante progression renforçant l'utilité de la mise en place du projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel. Sur l'herbu Ouest, on peut définir la progression du schorre à 87,5 hectares alors que sur l'herbu Est, elle atteint 80,4 hectares.

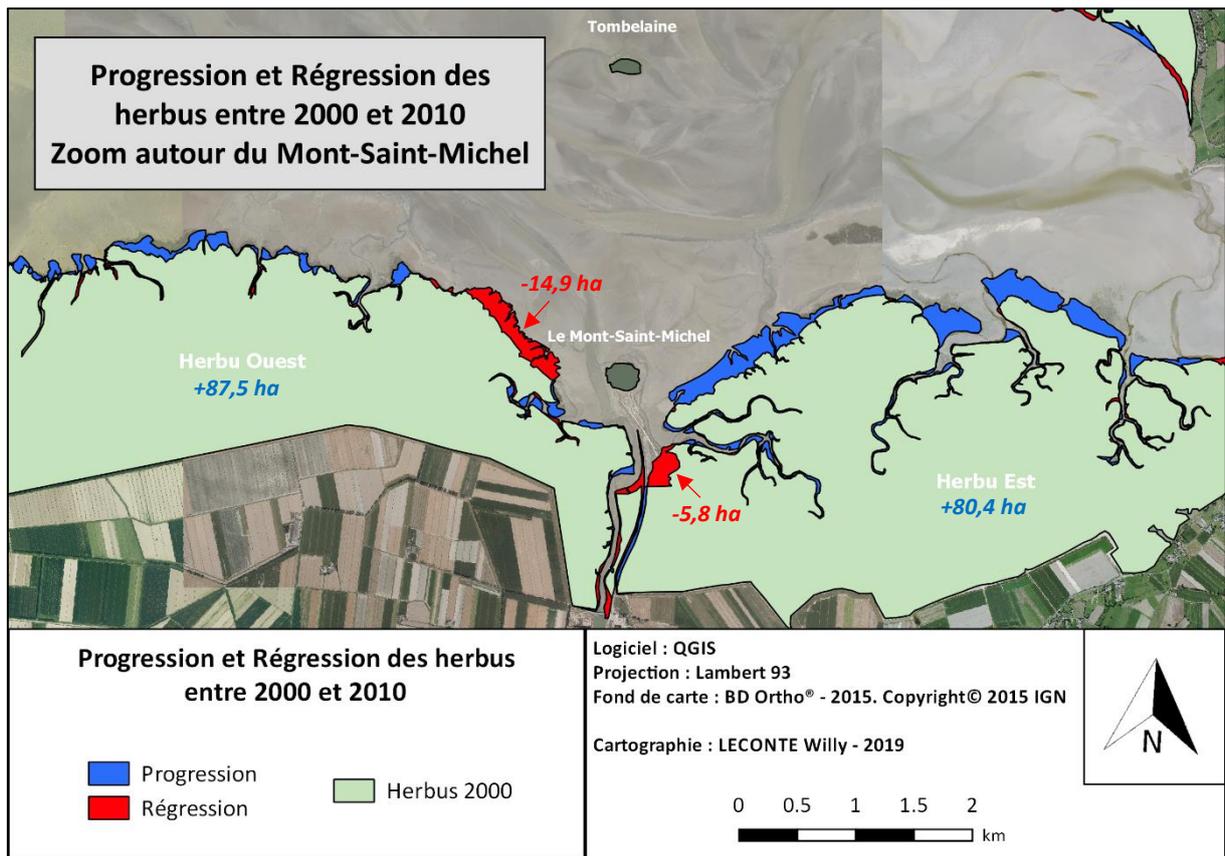


Figure 18 - Progression et Régression des herbus entre 2000 et 2010 autour du Mont-Saint-Michel.

A l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel

Au cours de cette période nous faisons face à un bouleversement de la dynamique des herbus. Alors que depuis plus de 80 ans les herbus ne cessent de se développer, entre 2010 et 2014, ils régressent. En effet les herbus ont perdu 44 hectares de superficie en 4 ans, soit 11ha/an. En 2010, les herbus couvraient 4112 hectares, pour 4068 hectares en 2014.

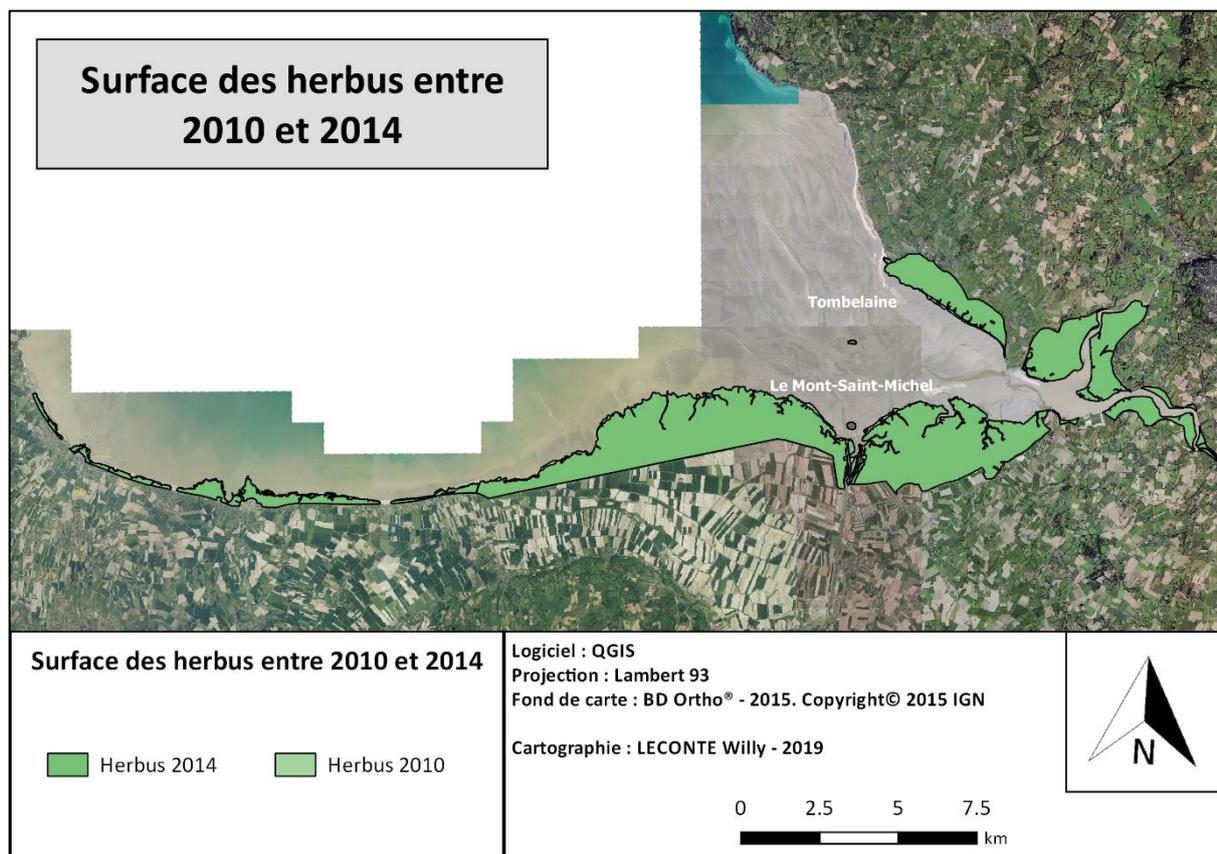


Figure 19 - Superposition de la surface des herbus 2010 et 2014.

A partir des herbus de Saint-Benoît-des-Ondes jusqu'à la moitié Ouest de l'herbu Ouest du Mont-Saint-Michel, une alternance de zones de progression et de régression est observée, comme pour la période 2000-2010. Cependant les zones de progression sont en nette diminution alors qu'on distingue beaucoup plus de zone d'érosion. Une zone de progression importante est constatée au niveau de l'herbu du Val-Saint-Père (+19,9 ha) certainement provoquée par une divagation du chenal de la Sélune qui s'est déplacé plus au Sud, n'érodant plus cette partie. L'herbu regagne donc la superficie qu'il avait perdu entre 2000 et 2010. Sur la partie Sud de l'herbu de Genêts, une régression est distinguable de 18,3 hectares alors que plus au Nord c'est une surface de 8,6 hectares qui est en progression.

Entre 2010 et 2014, la surface érosive sur l'ensemble de la baie était de 120 hectares contre 76 hectares pour la surface de progression des herbus.

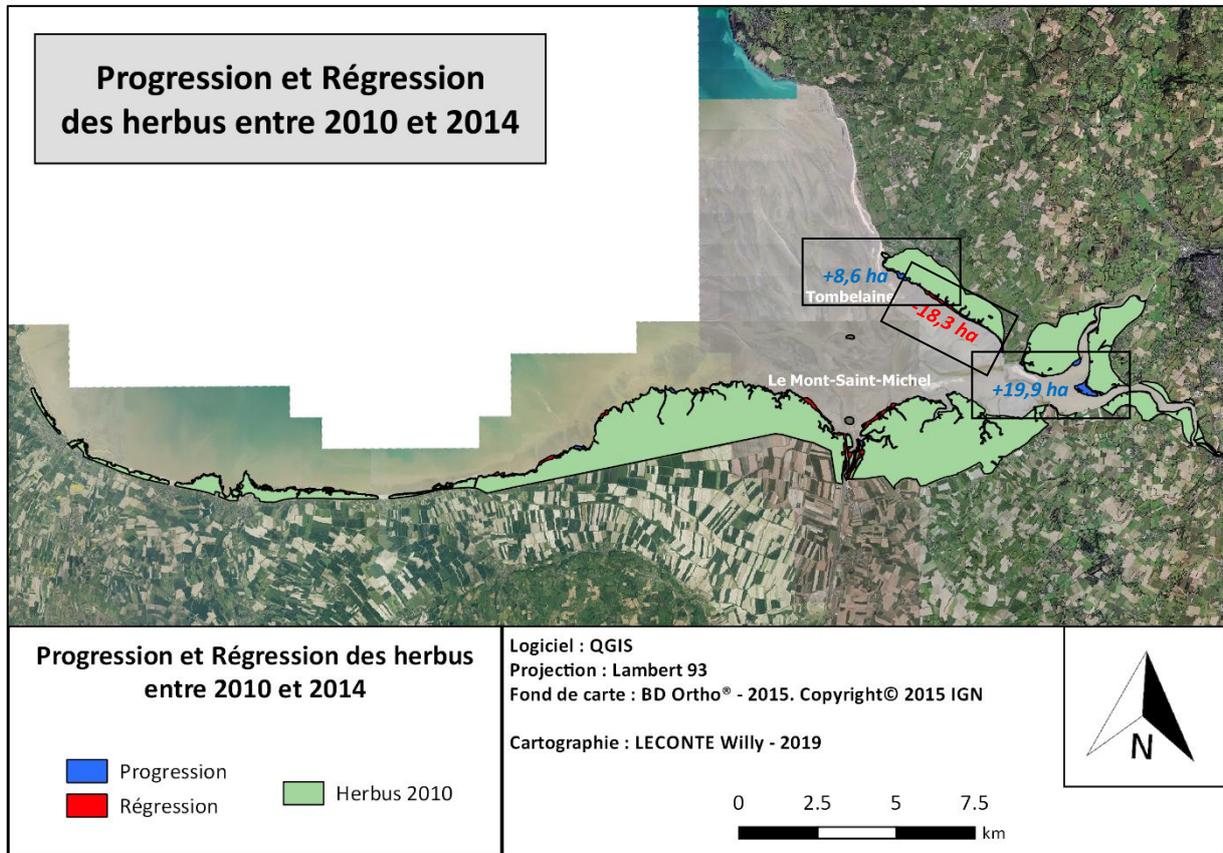


Figure 20 - Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2014 sur l'ensemble de la baie.

Autour du Mont-Saint-Michel

Suite à la mise en fonctionnement du nouveau barrage de la Caserne, d'importants changements ont eu lieu. En effet, de vastes zones d'érosion sont observées en aval immédiat du barrage, causées par les lâchers d'eau qui visent à désensabler le Mont-Saint-Michel.

Trois vastes zones de régression sont présentes de part et d'autre du Mont-Saint-Michel sur l'herbu Ouest et Est. La superficie de l'herbu Ouest baisse de 9,2 hectares alors que celle de l'herbu Est descend de 13,8 hectares. D'importants changements sont observés au Sud du Mont-Saint-Michel, où se trouvent les nouveaux aménagements hydrauliques, entraînant un déclin de 22,6 hectares. L'addition des petites zones d'érosion de Saint-Benoît-des-Ondes à l'herbu Ouest, assemblée avec ces trois zones de régression autour du rocher permet d'avoir pour la première fois, depuis longtemps, une régression de la surface totale des herbus.

Au-delà de ces deux zones, des petites zones de progression se forment, notamment au Nord de l'herbu Ouest, signe d'une sédimentation de cette zone. Cela résulte probablement du dépôt des sédiments qui étaient présents autour du Mont-Saint-Michel et qui ont été chassés grâce au barrage.

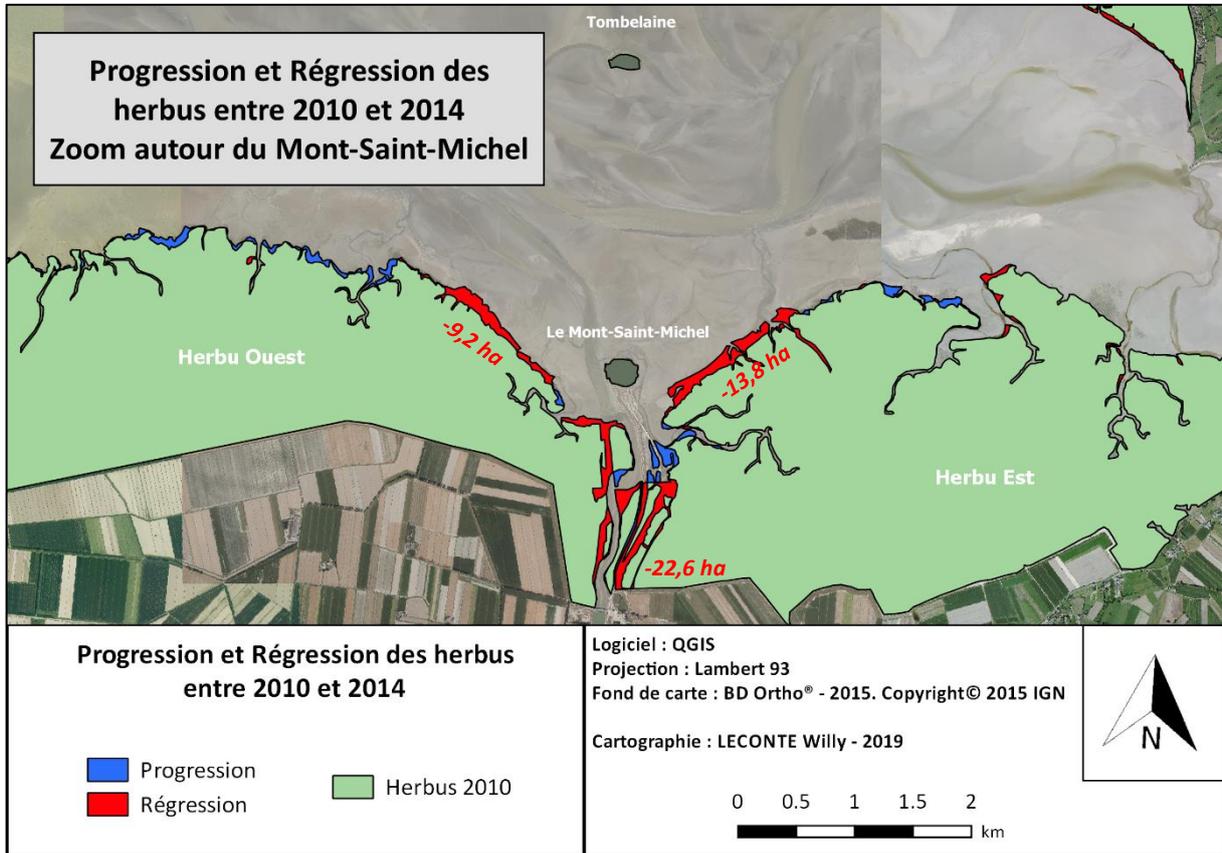


Figure 21 - Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2014 autour du Mont-Saint-Michel.

A l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel

Cette période confirme la précédente puisque les herbus continuent de régresser. Avec une baisse de la superficie de 54 hectares, les schorres occupent 4012 hectares. La régression des herbus entre 2014 et 2018 est estimée à 14 hectares par an. En plus de se pérenniser, l'érosion des herbus a tendance à s'intensifier au cours du temps, avec 3 hectares d'érosion par an en plus.

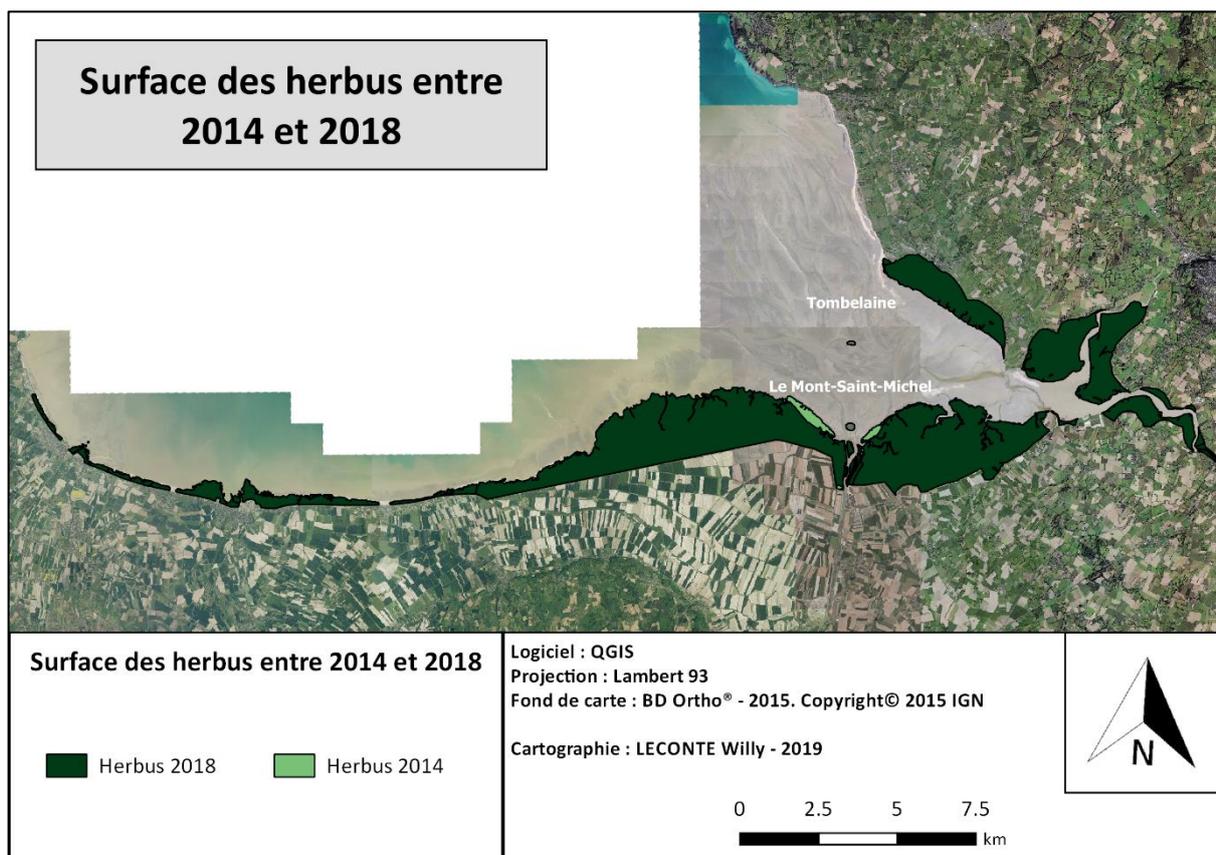


Figure 22 - Superposition de la surface des herbus 2014 et 2018.

De très légères zones de régression et de progression sont présentes sur l'herbu de Saint-Benoît-des-Ondes à Cherrueix. Arrivées sur la partie Ouest de l'herbu Ouest du Mont-Saint-Michel, des espaces en régression sont visibles. Pour ce qui est de la progression des herbus, seulement deux zones se distinguent. Sur l'herbu du Val-Saint-Père, on constate une progression de 3,6 hectares de la végétation tandis qu'à l'Est de l'herbu Est du Mont-Saint-Michel, une augmentation de 4,6 hectares est observée.

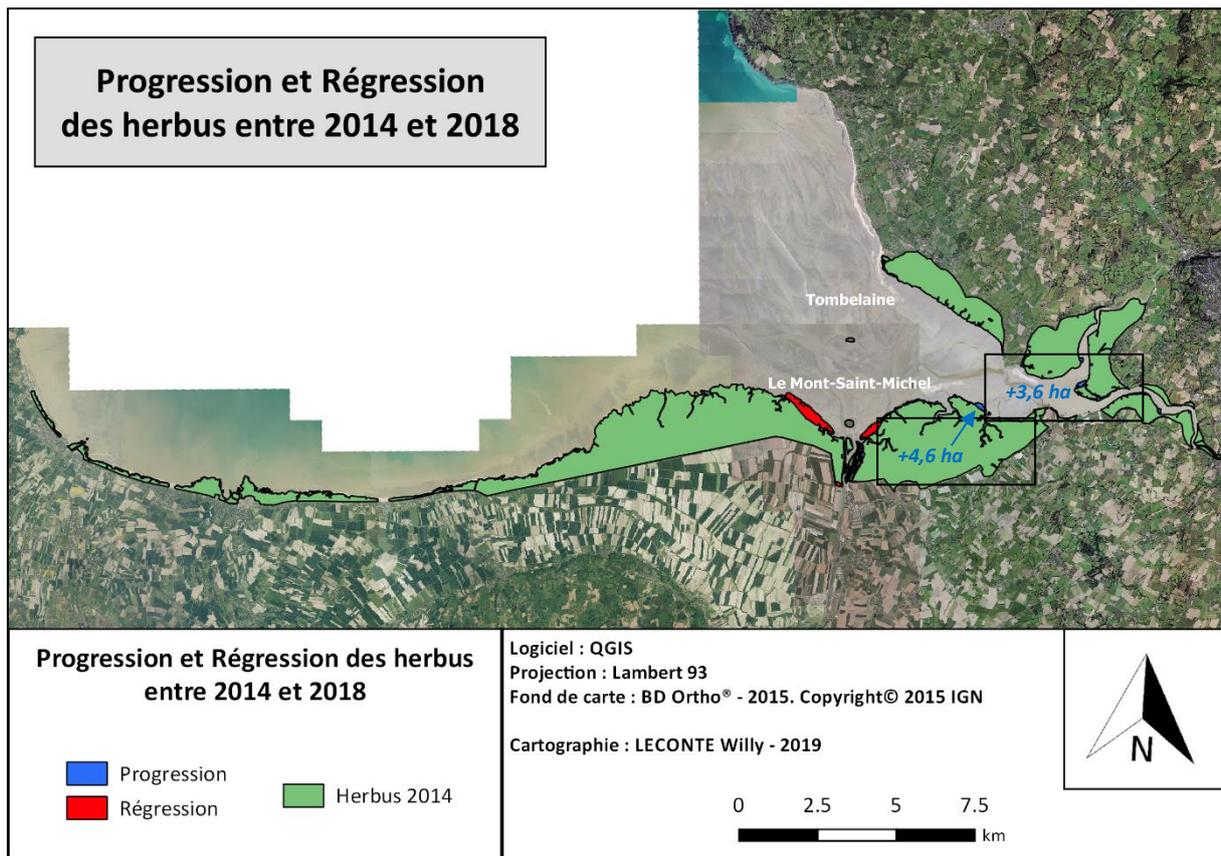


Figure 23 - Progression et Régression des herbus entre 2014 et 2018 sur l'ensemble de la baie.

Durant cette période (2014-2018), 97 hectares sont en régression et 42 hectares sont en progression. Le phénomène d'érosion étant supérieur à celui de sédimentation, la surface des herbus diminue au cours du temps et cela depuis 2010.

Autour du Mont-Saint-Michel

Dans la continuité de la période 2010-2014, la période 2014-2018 voit les herbus proches du Mont-Saint-Michel s'éroder. Ce phénomène prend malgré tout une part beaucoup plus importante que la période précédente. En effet, sur l'herbu Ouest, la surface érodée atteint les 44,5 hectares tandis que l'herbu Est perd 20,1 hectares.

Des nombreux changements ont lieu entre le barrage et le pont-passerelle. La nouvelle configuration d'accès du site avec ce pont-passerelle permet aux marées d'atteindre de nouvelles zones qui viennent les éroder. A contrario, certains espaces sont plus difficilement accessibles par la marée, sauf pour les grandes marées, ce qui engendre une sédimentation.

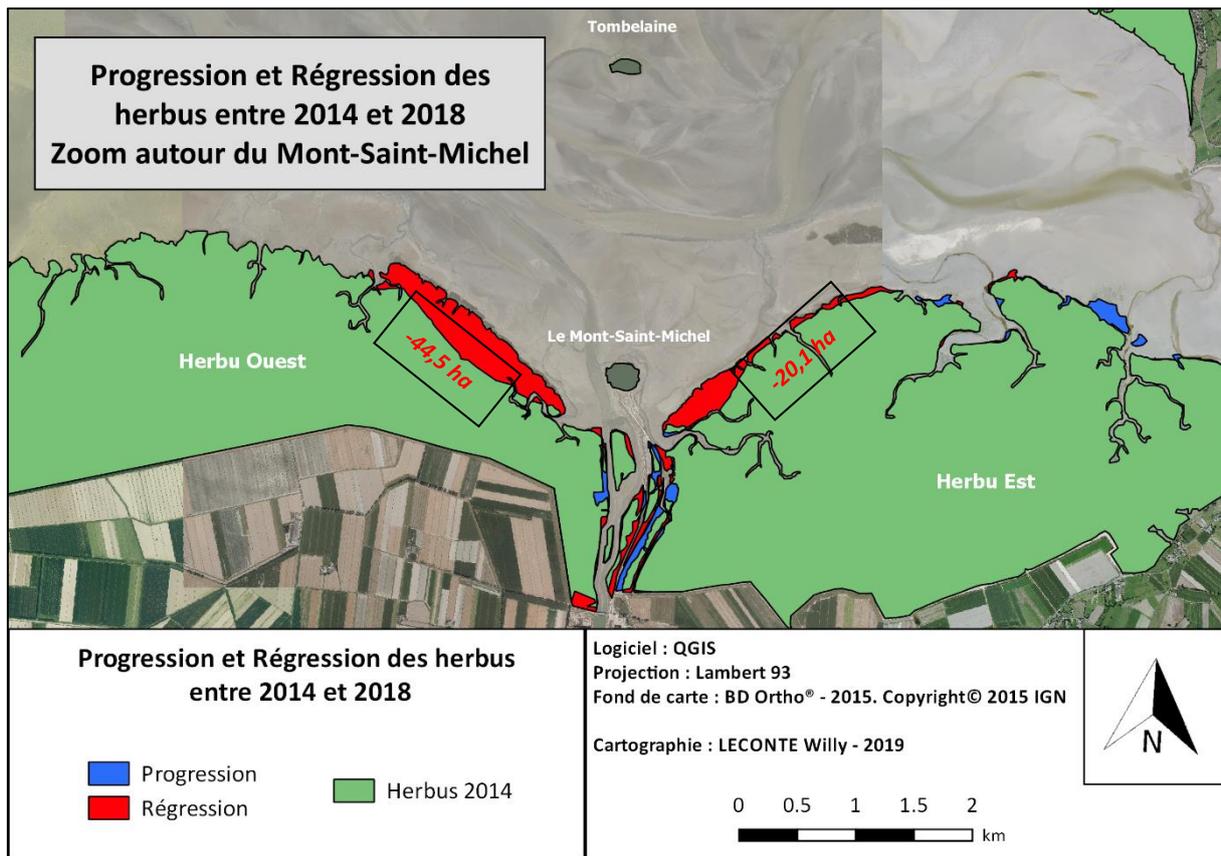


Figure 24 - Progression et Régression des herbus entre 2014 et 2018 autour du Mont-Saint-Michel.

4- BILAN (2010-2018)

4.1- LE ROLE DES AMENAGEMENTS

Les travaux ont été mis en place pour limiter et réduire la progression des herbues afin de rendre au Mont-Saint-Michel son caractère maritime, qui au fil des années a disparu.

4.1.1- EVOLUTION DE LA SURFACE DES HERBUS

Depuis 2010, les herbues connaissent une forte régression de leur surface, notamment pour les herbues Ouest et Est du Mont-Saint-Michel. Ces premiers résultats viennent au même moment (n+1) que le premier édifice mis en fonctionnement : le barrage. Entre la mise en service de celui-ci et la fin des travaux en 2014, les herbues ont perdu 44 hectares, soit 11 hectares par an. Cette régression de la surface des herbues de la baie du Mont-Saint-Michel s'est accentuée après 2014 et jusqu'à 2018. Suite à la fin des travaux du RCM, les schorres ou marais salés ont perdu 54 hectares de plus, passant de 4068 hectares à 4012 hectares.

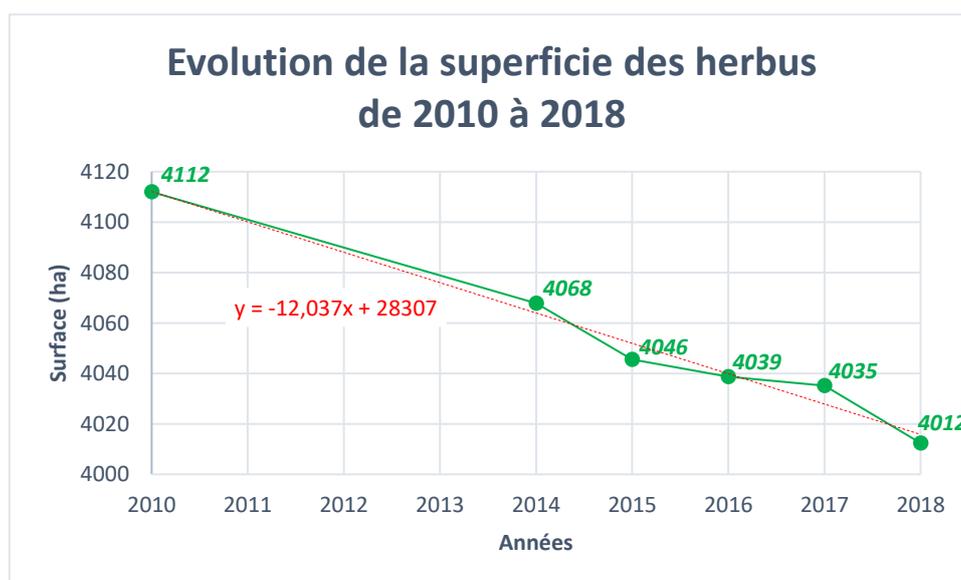
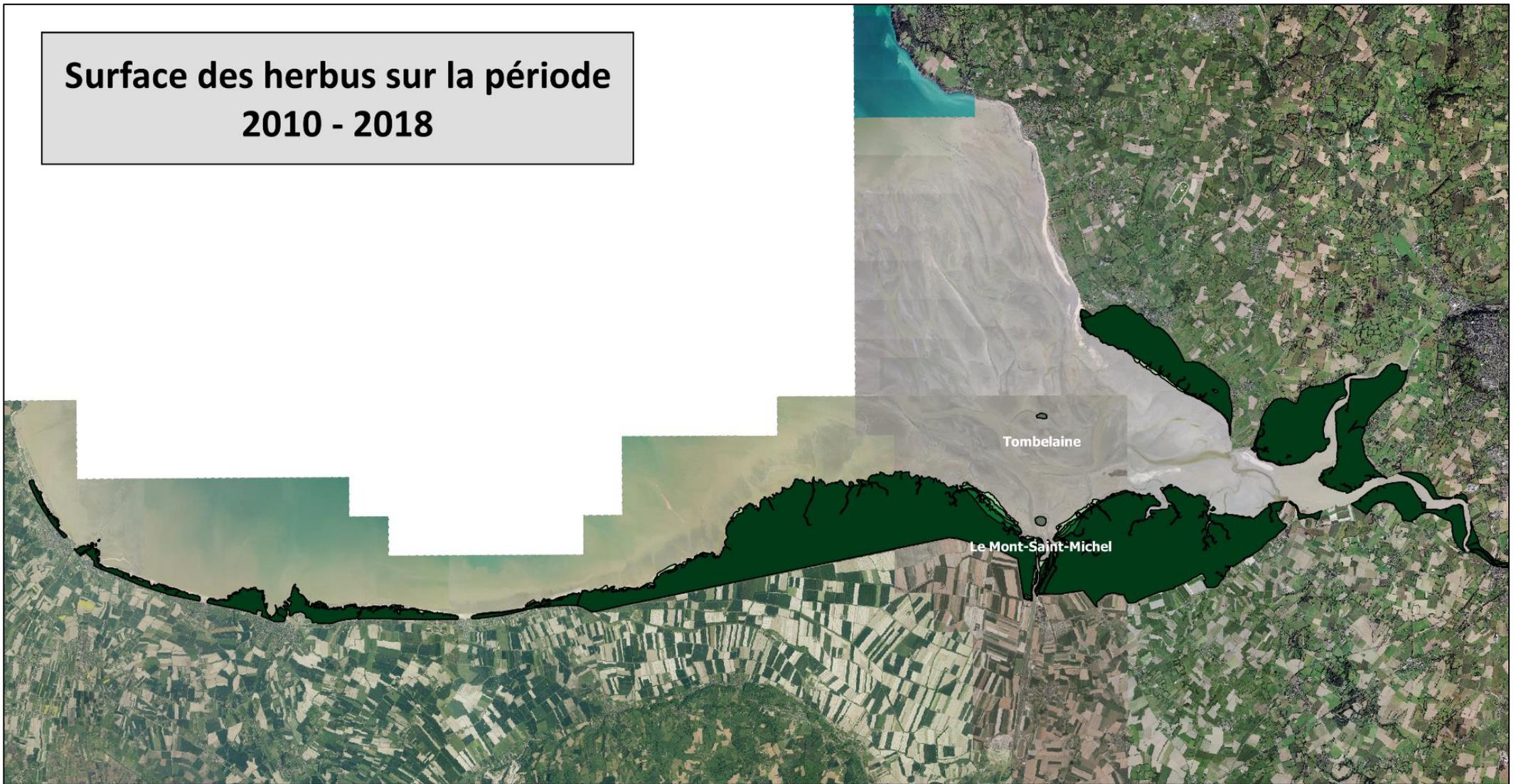


Figure 25 - Evolution de la superficie des herbues de 2010 à 2018.

L'évolution décroissante des herbues met en évidence l'intérêt des travaux effectués, jamais les herbues n'avaient connu une telle baisse de leur surface. Le barrage émet des lâchers d'eaux à 100m³/s qui permettent de chasser les sédiments autour du Mont-Saint-Michel et de les évacuer au large. La séparation du Couesnon en 2 chenaux au niveau du barrage et la mise en service du pont-passerelle aident celui-ci à se déplacer autour du Mont et vers les berges pour accompagner le phénomène de désensablement et ainsi éroder les herbues provoquant leur régression.

Surface des herbues sur la période 2010 - 2018



Surface des herbues sur la période 2010 - 2018



Logiciel : QGIS
Projection : Lambert 93
Fond de carte : BD Ortho® - 2015. Copyright© 2015 IGN

Cartographie : LECONTE Willy - 2019

0 2.5 5 7.5



Figure 26 - Superposition de la surface des herbues 2018, 2017, 2016, 2015, 2014 et 2010.

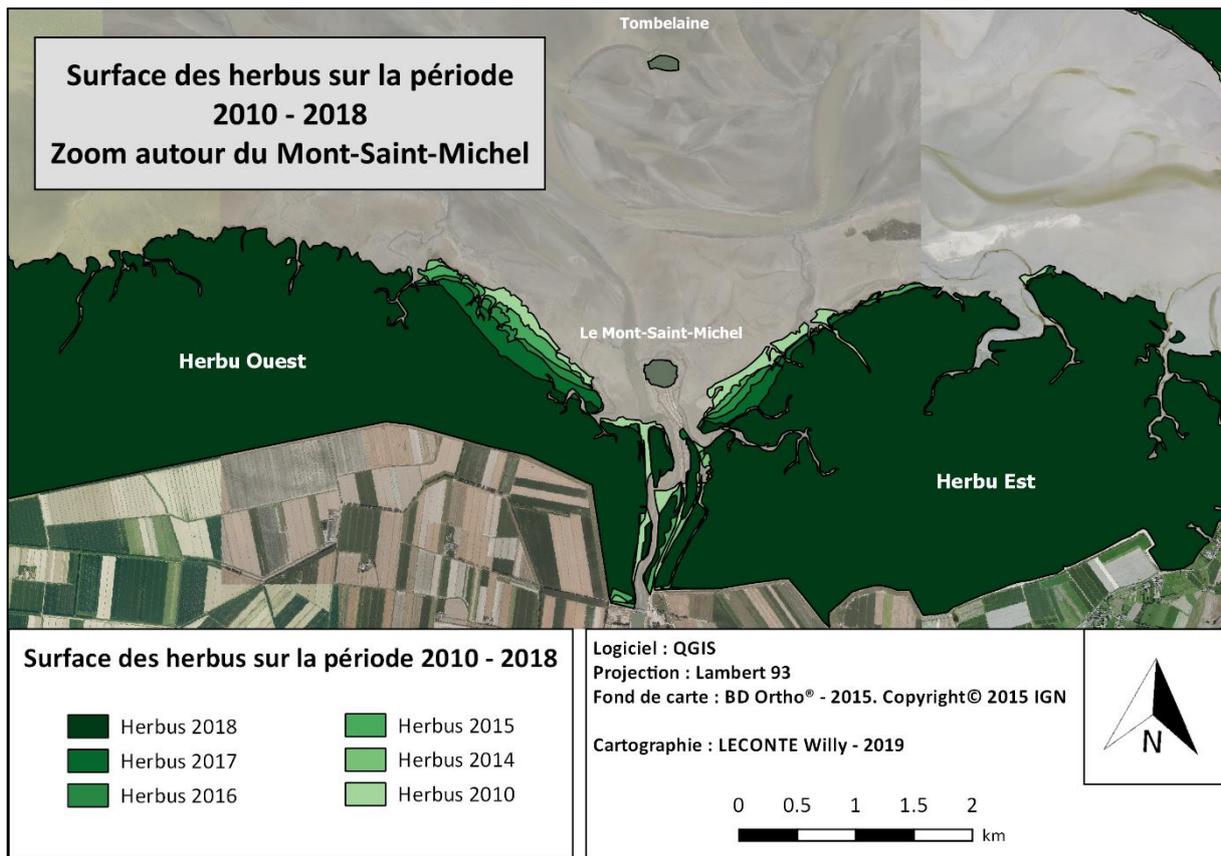


Figure 27 - Superposition de la surface des herbus 2018, 2017, 2016, 2015, 2014 et 2010. Zoom autour du Mont-Saint-Michel.

Cette figure 27 nous aide à comprendre la diminution de la surface des herbus autour du Mont-Saint-Michel de près de 100 hectares. Les herbus de 2010, peu éloignés du Mont-Saint-Michel ont été érodés par le Couesnon dû aux lâchers d’eaux. A partir de 2010, les herbus reculent de plus en plus chaque année.

4.1.2- PROGRESSION ET REGRESSION DES HERBUS

Si entre 2000 et 2010 les herbus ont progressé de 320 hectares, à partir de 2010, la progression des herbus a très largement décliné. De 2010 à 2014, celle-ci a diminué d’environ 250 hectares pour atteindre 76 hectares en 2014. Pendant ce temps, la régression s’intensifie puisqu’auparavant il fallait attendre 10 ans pour voir une régression de 120 hectares de la surface des herbus (2000-2010) alors qu’à partir de 2010 il n’a fallu que 4 années pour atteindre ce nombre. L’année 2013 est importante puisque la régression devient plus importante que la progression ce qui permet à la surface totale des herbus de régresser. Cette situation est très visible autour du Mont-Saint-Michel sur les herbus Ouest et Est.

Entre 2014 et 2018, la régression s’amenuise de 20 hectares mais reste globalement stable. Elle reste supérieure à la progression qui baisse de 34 hectares ce qui permet une baisse de la surface des herbus dans la baie du Mont-Saint-Michel, observable également autour du monument.

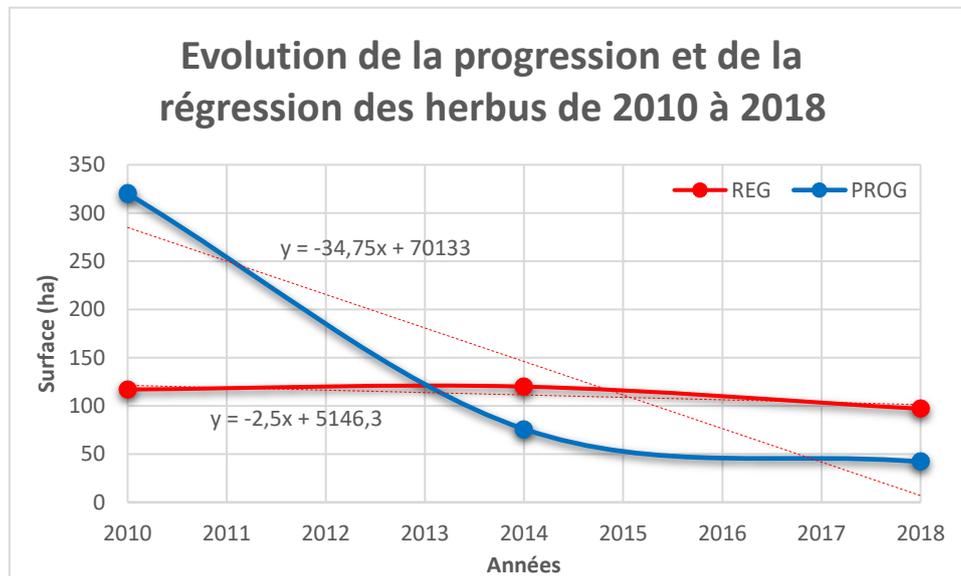


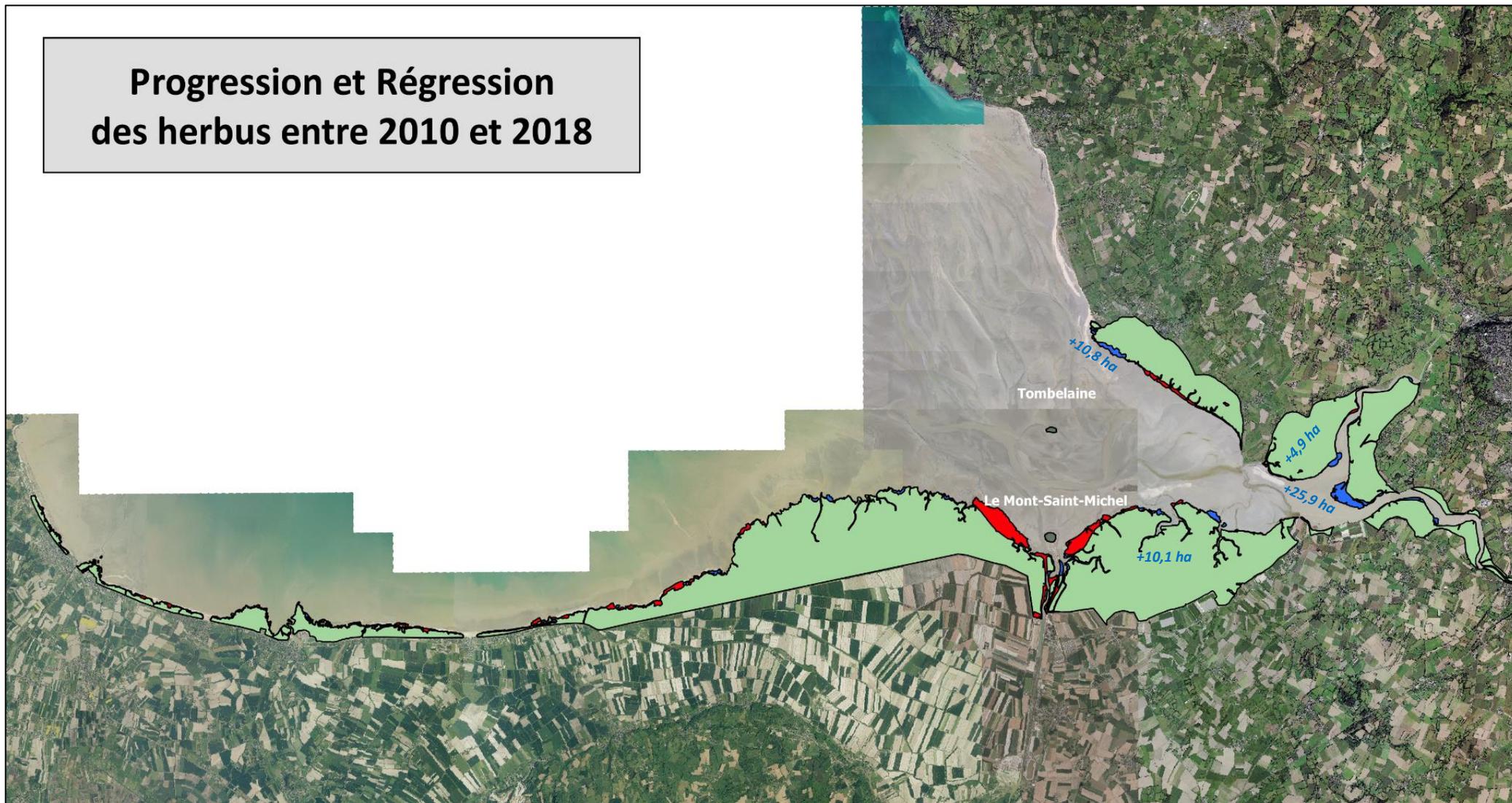
Figure 28 - Evolution de la progression et de la régression des herbus de 2010 à 2018.

Cette régression des herbus depuis 2010 se situe essentiellement autour du Mont-Saint-Michel. En effet, suite à la mise en fonctionnement du barrage et jusqu’à 2018, l’herbu Ouest a perdu 89,5 hectares tandis que l’herbu Est a perdu 45,3 hectares.

Des zones de progression sont observées au Nord des herbus de Genêts (+ 10,8 ha), au Sud de l’herbu de Vains (+4,9 ha) et du Val-Saint-Père (+25,9 ha) puis sur la façade Est de l’herbu Est du Mont-Saint-Michel (+10,1 ha). Des zones gagnent en surface d’herbus puisque les sédiments chassés autour du rocher viennent s’y déposer tandis que d’autres progressent à cause de la divagation du Couesnon et de la Sélune.

Une opposition entre progression et régression se dégage de l’herbu de Saint-Benoît-des-Ondes à l’Est de l’herbu Ouest. Ce sont des zones de petites superficies résultant du faible effet des marées qui viennent « frapper » les berges des herbus (érosion) ou déposer des sédiments le long de ces berges (sédimentation).

Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2018



Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2018

Progression
Régression

Herbus 2010

Logiciel : QGIS
Projection : Lambert 93
Fond de carte : BD Ortho® - 2015. Copyright© 2015 IGN

Cartographie : LECONTE Willy - 2019

0 2.5 5 7.5

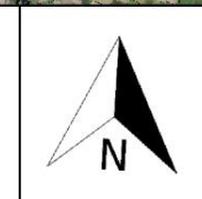


Figure 29 - Progression et régression des herbus entre 2010 et 2018.

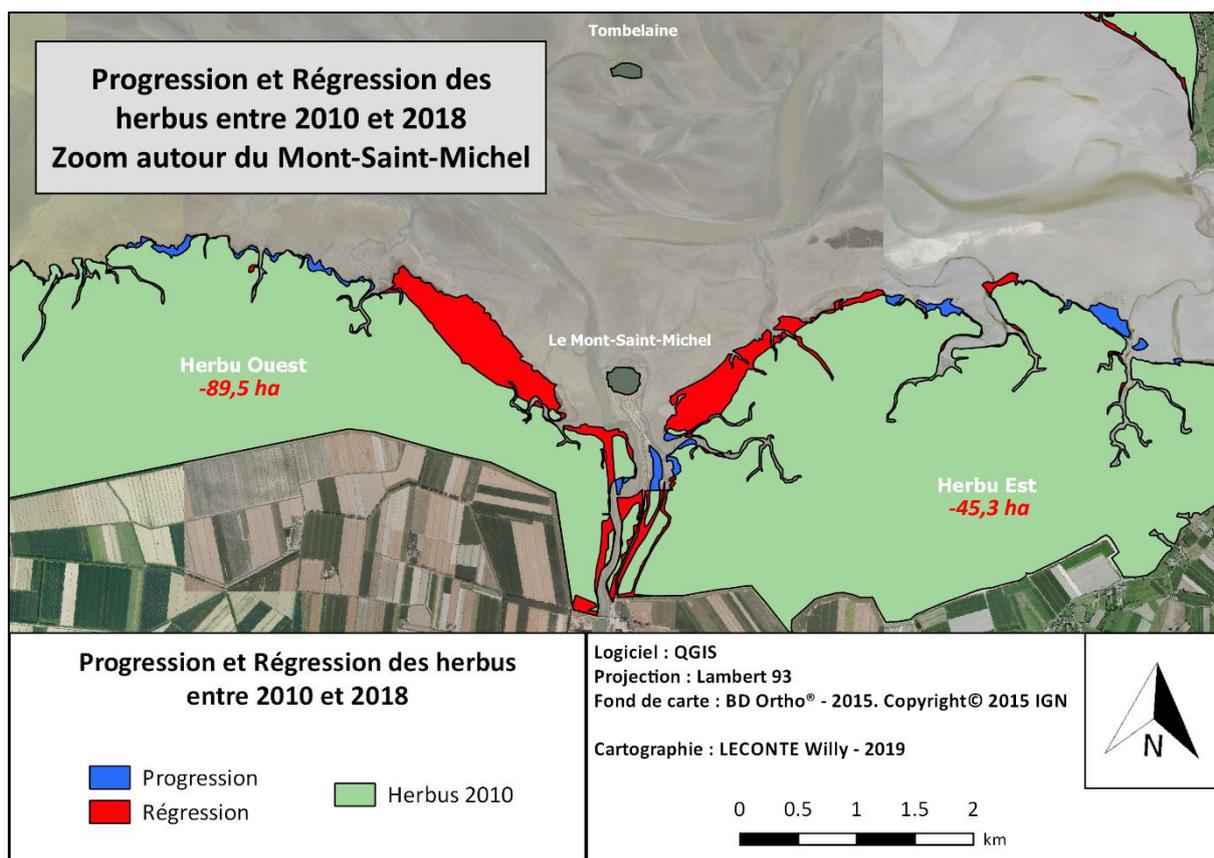


Figure 30 - Progression et régression des herbus entre 2010 et 2018. Zoom autour du Mont-Saint-Michel.

La figure 30 montre l'impressionnante régression des herbus qu'il y a eu autour du Mont-Saint-Michel entre 2010 et 2018. Aujourd'hui le Mont est moins menacé par une fermeture du site par les herbus Ouest et Est puisque ceux-ci ont perdu à eux deux 134,8 hectares soit 69% de la surface totale régressée au cours de ces 8 années (195,9 ha).

4.1.1.3- EVOLUTION ALTIMETRIQUE DE LA BAIE

Comme nous l'avons constaté précédemment, les principales évolutions des herbus se situent autour du Mont-Saint-Michel, dans ce que l'on peut définir comme la « petite baie ». Avec la cartographie proposée par le Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel (figure 31), on s'aperçoit que l'évolution altimétrique des fonds sédimentaires de la baie est contrastée.

La partie Sud de la petite baie et le Nord de l'herbu de Genêts sont en forte érosion entre février 2008 et septembre 2018. Nous sommes sur une érosion supérieure à 2 mètres. Cela résulte de l'effet du Couesnon produit par les lâchers d'eau, qui viennent éroder le sol et chasser les sédiments. Ces observations coïncident avec la dynamique des herbus. Plus le fond sédimentaire se creuse, plus les herbus sont érodés et donc leur régression est imminente.

A contrario, le fond de la baie est en accrétion d'un à deux mètres. Autour de Tombelaine et le long de l'herbu de Genêts, les fonds se sont élevés de plus de deux mètres. Il est probable que les sédiments présents autour du Mont-Saint-Michel, qui par l'effet du Couesnon et des aménagements expliqués précédemment, sont chassés et viennent s'y déposer, créant une élévation du fond de la baie à ces endroits.

Dans les années à venir, ces zones de dépôts peuvent être propices au développement des herbues, sans qu'il n'y ai de problème pour le Mont-Saint-Michel au vu de la distance qui les sépare.

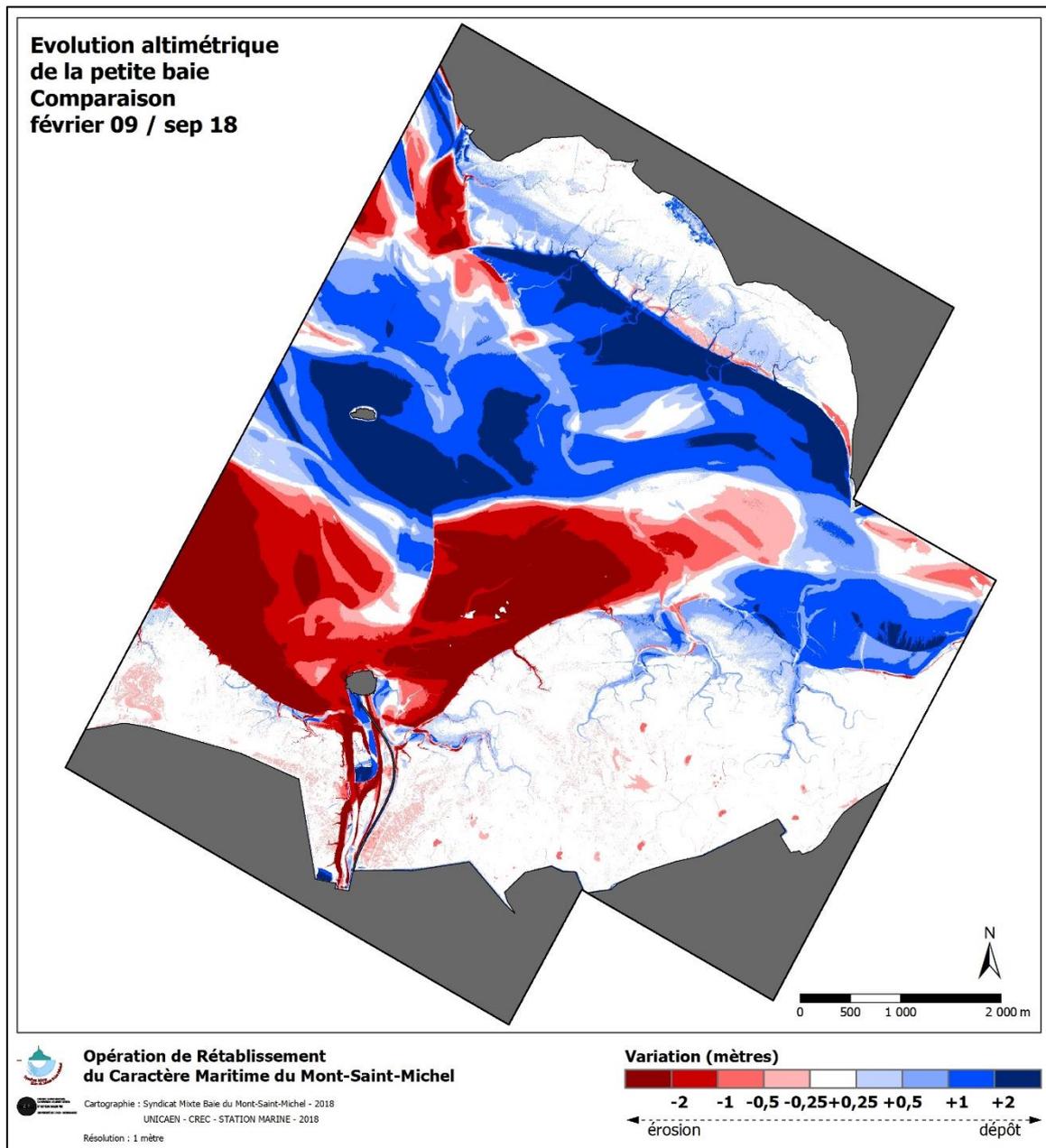


Figure 31 - Evolution altimétrique de la petite baie. Comparaison entre février 2009 et septembre 2018 (Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel, 2018).

4.2- LE ROLE DES CHENAUX

Les chenaux, en plus des aménagements du RCM, jouent un rôle important dans la dynamique des herbous en baie du Mont-Saint-Michel. Les conditions hydrodynamiques de la baie sont impuissantes et ne permettent pas d'éroder les sols où se développe la végétation, sauf en cas de conditions particulières (agitation, courant de marée).

Le Couesnon et la Sélune divaguent au fil des années. En se rapprochant du front des herbous, les chenaux (le Couesnon et la Sélune) sont en mesure d'éroder ces derniers. En effet, lors des marées le chenal crée une pression sur la berge provoquant un sapement de cette dernière et par conséquent des éboulements, créant l'érosion des herbous.

Cette migration vers l'estran n'a pas toujours été accompagnée d'une régression du schorre. Nous pouvons penser qu'un délai de réponse des herbous par rapport à la pression des chenaux existe. La régression pourrait intervenir plus tard, inidentifiable au moment de la prise de vue de la photographie aérienne ou de l'image satellite puisque la divagation des chenaux est un phénomène rapide et que nous ne disposons que d'un cliché par année. Des données mensuelles ou hebdomadaires pourraient venir compléter cette analyse.

4.2.1- LE COUESNON

En 2010, le Couesnon contournait le Mont-Saint-Michel par l'Ouest puis le Nord avant de rejoindre la Sélune au centre de la petite baie, au Sud de Tombelaine. Quatre ans plus tard le Couesnon, tend à se diriger plus vers l'Ouest. En 2018, le lit du chenal se décompose en 2 bras. Le premier longe l'herbu Ouest, alors que le second longe l'herbu Est, provoquant la régression de ces derniers.



Photographie 5 - Le Couesnon, en amont du barrage du Mont-Saint-Michel.

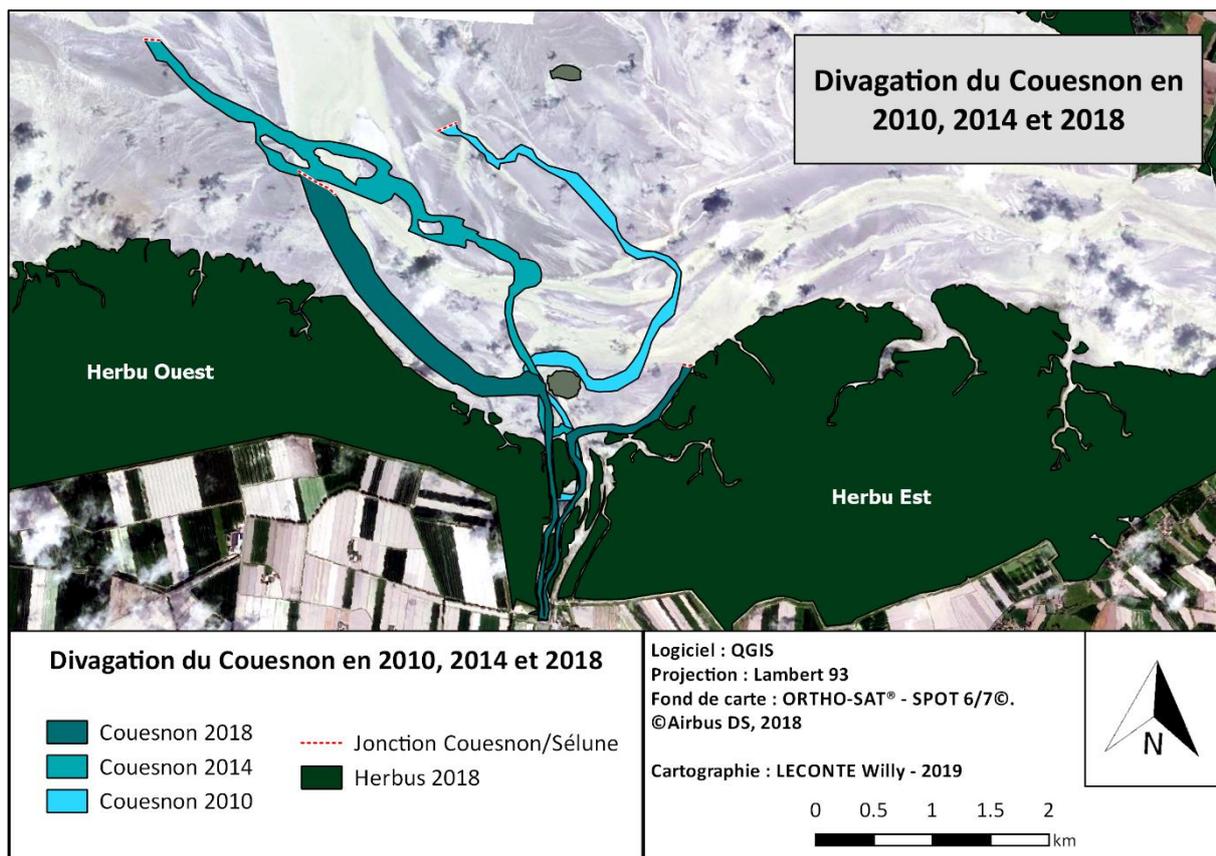


Figure 32 - Divagation du Couesnon en 2010, 2014 et 2018.

4.2.2- LA SELUNE

La Sélune se déplace aussi au fil du temps. En 2010, ce chenal descendait le long de l’herbu de Genêts avant de se diriger vers le centre de la petite baie pour ensuite passer au Nord de Tombelaine. En 2014, le chenal se sépare en 2 bras. L’un continue à se situer proche de l’herbu de Genêts tandis que le second creuse son lit entre Tombelaine et le Mont-Saint-Michel. En 2018, la Sélune s’est totalement dirigée vers le Sud ayant même des points de contact avec l’herbu Est coïncident avec des zones d’érosion de l’herbu.



Photographie 6 - La Sélune, à Pontaubault (50).

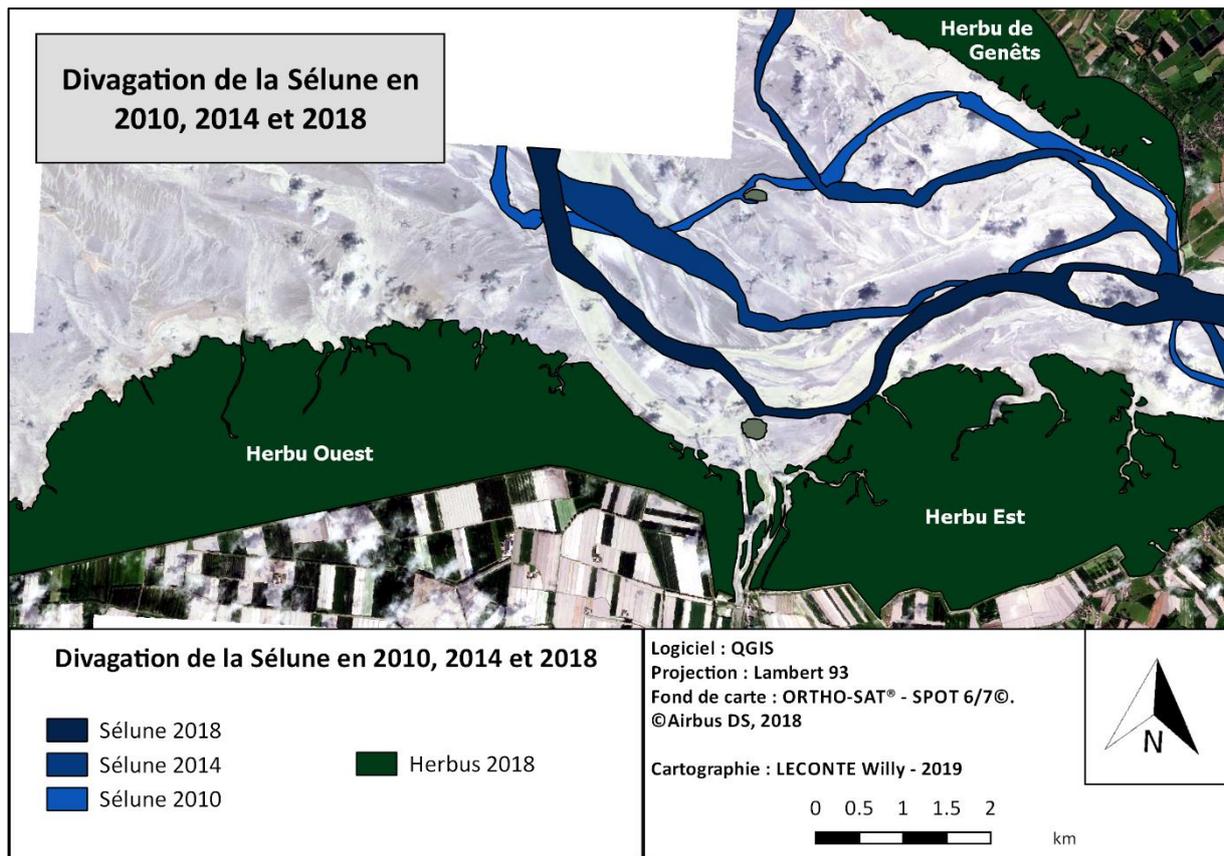


Figure 33 - Divagation de la Sélune en 2010, 2014 et 2018.

4.2.3- LE CYCLE DE SAROS

Le cycle de saros correspond à une période de dix-huit ans et dix ou onze jours. Utilisé en astronomie, il est délimité par un cycle de 43 éclipses de Lune et 43 éclipses de Soleil en moyenne. Il permet de prédire le retour des éclipses de ces deux astres.

A travers les marées, la Lune et le Soleil ont donc un impact sur la divagation des chenaux en baie du Mont-Saint-Michel. Selon la thèse de Lucile GLUARD de 2012 intitulée « *Evolution des fonds sédimentaires sous l'influence de la divagation des chenaux aux abords du Mont-Saint-Michel* », le Couesnon et la Sélune se déplacent selon 4 phases :

- En **phase basse** du cycle de Saros, le nombre de marées avec un fort marnage est réduit. Le Couesnon se jette alors dans la baie vers le Nord pendant que la Sélune divague au centre de la petite baie. C'est ce que l'on retrouve en 2014 comme nous pouvons le voir cartographiquement avec les figures 32 et 33.
- En **phase ascendante** du cycle, le nombre de marées avec un fort marnage augmente. Le chenal du Couesnon tend vers l'Est alors que la Sélune migre vers le Nord en suivant l'herbu de Genêts. C'est typiquement la situation que nous retrouvons en 2010.
- En **phase descendante**, le nombre de marées de fort marnage diminue. Les chenaux retournent vers leur position de basse période. Le Couesnon se déplace vers l'Ouest, près de l'herbu Ouest tandis que la Sélune se dirige vers le Sud. Nous pouvons faire correspondre cette phase à l'année 2018.
- En **phase haute** du cycle de Saros, la proportion des marées de marnage augmente. Le Couesnon revient vers le Nord lorsque la Sélune retourne au centre de la petite baie.

Conclusion :

Le rôle des aménagements mis en place dans le cadre du projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel est indéniable. Depuis la mise en fonctionnement de la première infrastructure (barrage), la dynamique des herbous autour du Mont change. Les herbous Ouest et Est ont vu leur surface régresser considérablement de 134,8 hectares à eux deux depuis 2010. Chaque année, les herbous perdent en surface totale, notamment les deux herbous cités ci-dessus. D'autre, comme l'herbu du Val-Saint-Père ou l'herbu de Genêts voient augmenter leur surface. Ceci est certainement dû au dépôt des sédiments chassés du pourtour du Mont-Saint-Michel à la suite des lâchers d'eau.

Les chenaux, le Couesnon et la Sélune jouent également un rôle puisqu'ils permettent d'éroder les berges et donc de faire reculer la limite de végétation des herbous. Le lit de ces deux chenaux se déplace dans la baie permettant d'éroder ou d'apporter des sédiments sur des nouvelles zones chaque année. Cependant leur divagation peut représenter une limite puisqu'à certains moments ils s'éloignent des côtes, perdant alors leur effet érosif.

Pour le moment, la dynamique des herbous est régressive et ce de façon importante autour du Mont-Saint-Michel, ce qui répond favorablement aux objectifs du RCM. Cependant un autre problème se pose : la prolifération du chiendent maritime sur les herbous aux dépens d'espèces végétales rares et protégées comme l'Obione. Cette prolifération du chiendent risque de contribuer à la continentalisation de l'herbu et donc à la sédimentation de la baie, qui pourrait avoir un impact sur le caractère maritime de celle-ci.

CHAPITRE 3

LE TOURISME DE MASSE, SOURCE DE PIETINEMENT

1- Un site très touristique	63
1.1- Des chiffres en hausse	63
1.1.1- Avant travaux : 2012-2014	63
1.1.2- Après travaux : 2015-2018	65
1.2- Les impacts autour des aménagements	65
1.2.1- Lié au transport	66
1.2.2- Lié au piétinement	66
2- Méthodologie	67
2.1- Zone d'étude.....	67
2.2- Méthodologie	68
2.2.1- Repérer les zones piétinées	68
2.2.2- Visualiser l'évolution	68
2.2.3- Discuter avec les acteurs du site	69
3- Zone de piétinement.....	70
3.1- Evolution du piétinement	70
3.2- Propositions d'aménagement	73
3.2.1- Continuité de la clôture.....	73
3.2.2- Sensibilisation du public.....	74

1- UN SITE TRES TOURISTIQUE

1.1- DES CHIFFRES EN HAUSSE

Le Mont-Saint-Michel et sa baie, classés au patrimoine mondial de l'UNESCO, génèrent un tourisme de grande envergure. Chaque année, de plus en plus de touristes viennent visiter ce site surtout en haute saison, d'avril à septembre. Depuis 2011, une étude est réalisée par le Syndicat Mixte afin de suivre le nombre de visiteurs à l'aide de compteurs automatiques ce qui permet d'avoir les premiers résultats pour l'année 2012.

A noter qu'une réduction de 20% sur le total des visiteurs par an est appliquée, correspondant aux passages des habitants et du personnel (estimation de l'étude). Les données sont issues des bilans de fréquentations Intra-muros proposées par le Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel et accessible sur : <http://www.projetmontsaintmichel.fr/index.html>

1.1.1- AVANT TRAVAUX : 2012-2014

Fréquentation 24h/24

La mauvaise image d'accès au site se fait ressentir et le nombre de visiteurs est en baisse au début de la saison 2013. Ce n'est qu'en juin que les chiffres dépassent les précédents, ceux de juin 2012. L'ouverture au public des nouvelles conditions d'accès au site et le départ des navettes depuis le parc de stationnement en sont les causes. De plus, le passage médiatisé du Tour de France 2013 et une météo estivale très généreuse en soleil permettent de rattraper les baisses d'avant et d'après saison. Cette même météo, associée avec des vacances scolaires ont permis au mois d'avril 2012 d'avoir une forte progression du nombre de touristes. En 2012, le nombre de passage devant les compteurs est proche des 3 millions. Cependant il faut appliquer une réduction de 20%, ce qui fait un total d'environ 2,2 millions de touristes. Le nombre de visiteurs est le même pour 2013.

Le début d'année 2014 ressemble à 2013 par rapport à 2012, avec une perte de visiteurs jusqu'en avril. A partir de mai, le nombre de touristes redevient sensiblement le même que celui de 2012 et 2013. Le mois de juin est marqué par un pic de visiteurs aux lendemains (6 et 7 juin) de la cérémonie du 70^{ème} anniversaire du débarquement en Normandie avec 20000 visiteurs en 2 jours. La suite de la saison est meilleure que les deux années précédentes notamment à partir de début août avec l'ouverture du pont-passerelle à tout le monde.

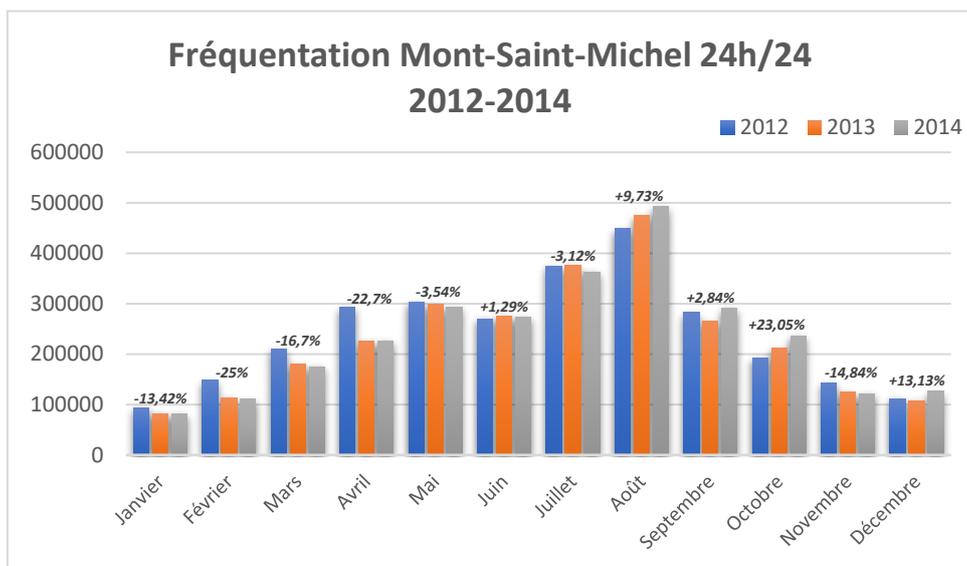


Figure 34 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel entre 2012 et 2014.

Fréquentation de 19h à 00h

En 2012, une désertification après 19 heures se fait ressentir. Pour remédier à ce problème, un tarif préférentiel est appliqué de 19 heures à minuit au cours de l'été. Le 3 juin 2013, le parking devient gratuit le soir à partir de 19 heures. L'effet est immédiat et le nombre de visiteurs augmente. En juin 2012, il y avait 17035 touristes contre 20963 en juin 2013 et cette différence ne fait qu'évoluer positivement au cours de la saison et même jusqu'en 2014. Une augmentation de 32,6% du nombre de visiteurs est constatée entre juillet 2012 (32813) et juillet 2014 (43497). Le 1^{er} juillet 2015, le parc de stationnement redevient payant à partir de 19 heures signe la fin de cet avantage financier pour les touristes venant visiter le Mont-Saint-Michel.

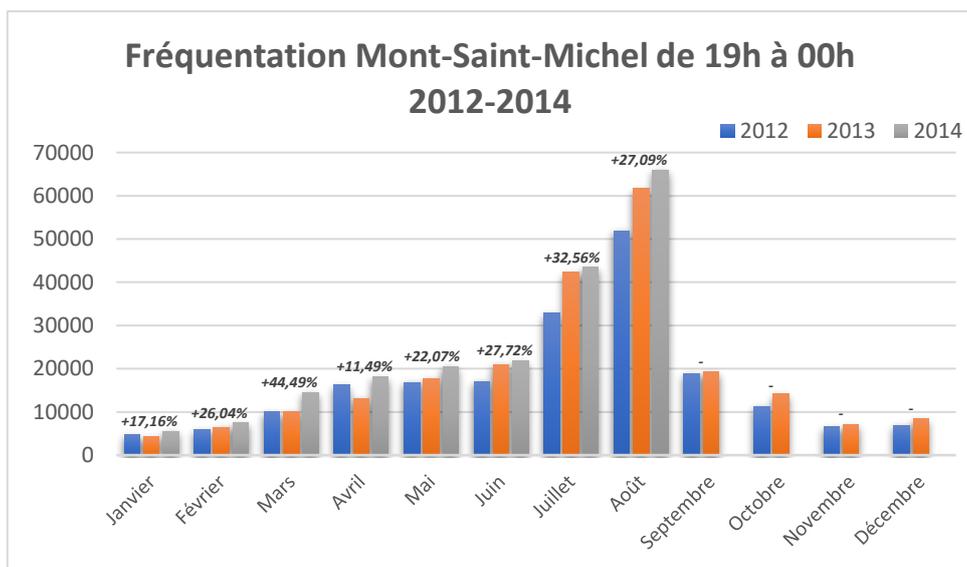


Figure 35 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel de 19h à 00h entre 2012 et 2014.

1.1.2- APRES TRAVAUX : 2015-2018

Alors que les aménagements de l'opération du rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel sont achevés, les nouveaux ouvrages d'accueil et d'accès au site engendrent une modification des habitudes de fréquentation du site.

D'après les données récoltées, la fréquentation du site est en hausse d'environ 8% entre 2015 et 2018 en haute saison, c'est-à-dire d'avril à septembre. Sur l'ensemble de la haute saison, en 2015, nous avons 1,6 millions de touristes alors qu'en 2018 nous sommes à plus de 1,7 millions. Les modifications apportées, facilitant l'accès et le déplacement, ont permis de redonner l'envie aux visiteurs de venir au Mont-Saint-Michel malgré une hausse des tarifs du stationnement. Une baisse de fréquentation est observée au mois d'avril 2018 avec un sursaut le mois d'après. Le décalage des vacances scolaires de Pâques en est la raison. Les années précédentes ce changement n'avait pas lieu, en résulte une hausse du nombre de touristes pour le mois d'avril 2016 et 2017.

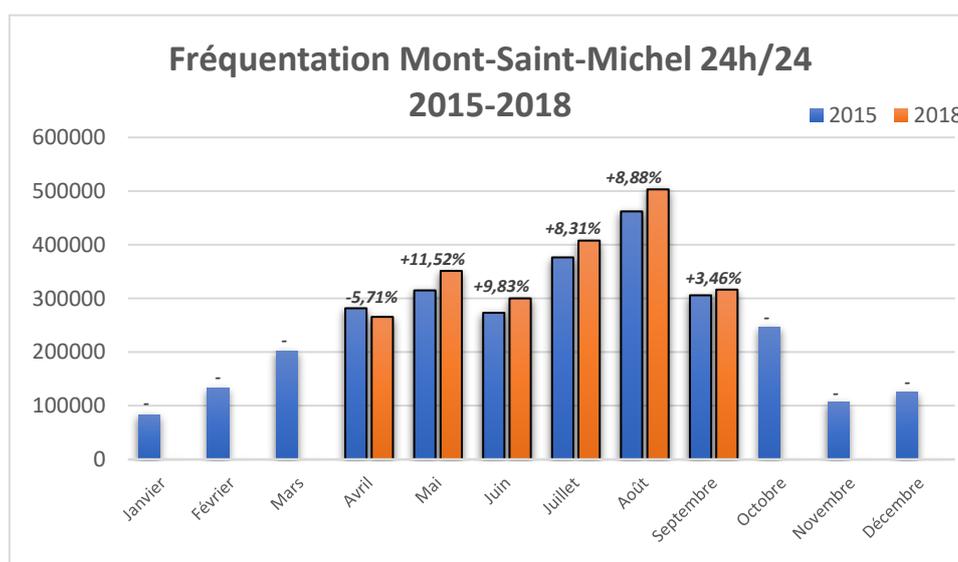


Figure 36 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel entre 2015 et 2018.

1.2- LES IMPACTS AUTOUR DES AMENAGEMENTS

La reconnaissance du Mont-Saint-Michel attire de nombreuses personnes qui peuvent avoir un impact sur le site. Le tourisme de masse engendre des pressions anthropiques qui perturbent le milieu tels que la pollution, l'érosion des sols, le piétinement...

1.2.1- LIE AU TRANSPORT

Le nombre croissant de touristes allant visiter le Mont-Saint-Michel rend l'utilisation des navettes importantes. Pour réduire la pollution des navettes (émissions de monoxyde de carbone, oxydes d'azotes, particules fines...), celles-ci doivent respecter la norme Euro. Cette norme a pour but de réduire les émissions de gaz polluants en obligeant les constructeurs à produire des véhicules plus « propres ». Pour cela les constructeurs se doivent de respecter des taux d'émissions de plus en plus bas. Mises en circulation avant le 1^{er} janvier 2015, les navettes sont classées dans la norme Euro 5 lors de lancement.

Le parc de stationnement peut être lui aussi source de pollution. Avec la grande quantité de véhicules stationnés sur celui-ci, le ruissellement des eaux peut contenir des carburants provenant de ces moyens de transport. Si ce phénomène n'est pas pris en charge, ces eaux peuvent s'évacuer et rejoindre les herbues puis la baie du Mont-Saint-Michel, propice à une pollution. Cependant le ruissellement des eaux de parking est géré par le gestionnaire de l'équipement : Véolia Transdev.

1.2.2- LIE AU PIÉTINEMENT

La pression des visiteurs, des touristes ou même des usagers risque de provoquer des zones de piétinement. Cette pression est tellement importante qu'elle dépasse la capacité régénératrice du milieu. Le piétinement est intensifié par l'effet de groupe avec la création de faux sentiers par le passage répété d'un grand nombre de personnes en dehors des sentiers balisés.

De plus, le piétinement peut entraîner à un appauvrissement écologique qui touche des espèces animales comme certains oiseaux dont leur nidification se passe au sol, ou certains insectes qui vivent dans la végétation piétinée. Cela peut également faire disparaître certaines espèces végétales. Par exemple sur les herbues du Mont-Saint-Michel, la répétition de pas peut provoquer un écrasement de la végétation qui va par la suite mourir et disparaître. On va ensuite assister à un tassement des sols devenant peu à peu stérile et imperméable. Des goulottes d'écoulement d'eau vont alors se créer, en cas de pente, favorisant le ruissellement de l'eau, parfois chargé en polluant (carburants, nitrates...).

2- METHODOLOGIE

L'impact du tourisme aux abords des aménagements installés pour donner suite à l'opération du Rétablissement du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel concerne le piétinement. Celui-ci, exercé par les touristes, dégrade les herbus. Afin de visualiser cet impact, une méthodologie d'observation cartographique a été utilisée.

2.1- ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se situe aux abords des nouveaux aménagements, au Sud du Mont-Saint-Michel permettant de mettre en exergue les incidences du tourisme sur les herbus Ouest et Est. Cette zone a été choisie afin de prendre en considération le nouveau barrage mis en fonctionnement en 2009 ainsi que le pont-passerelle. Le parc de stationnement n'est pas intégré dans les délimitations de la zone d'étude puisqu'il n'est pas en contact immédiat avec les herbus (+600 mètres) comparé aux deux autres infrastructures.

Si nous devons faire une délimitation précise de notre zone d'étude, celle-ci s'entend du Mont-Saint-Michel jusqu'au barrage de la Caserne, en les intégrant tous les deux. Elle forme un rectangle d'environ 2,3 kilomètres de longueur (Nord/Sud) et 1,3 kilomètre de largeur (Ouest/Est). Cette zone est délimitée de cette façon compte tenu des premiers résultats observés ainsi que la distance mettant en relation les aménagements et les herbus.

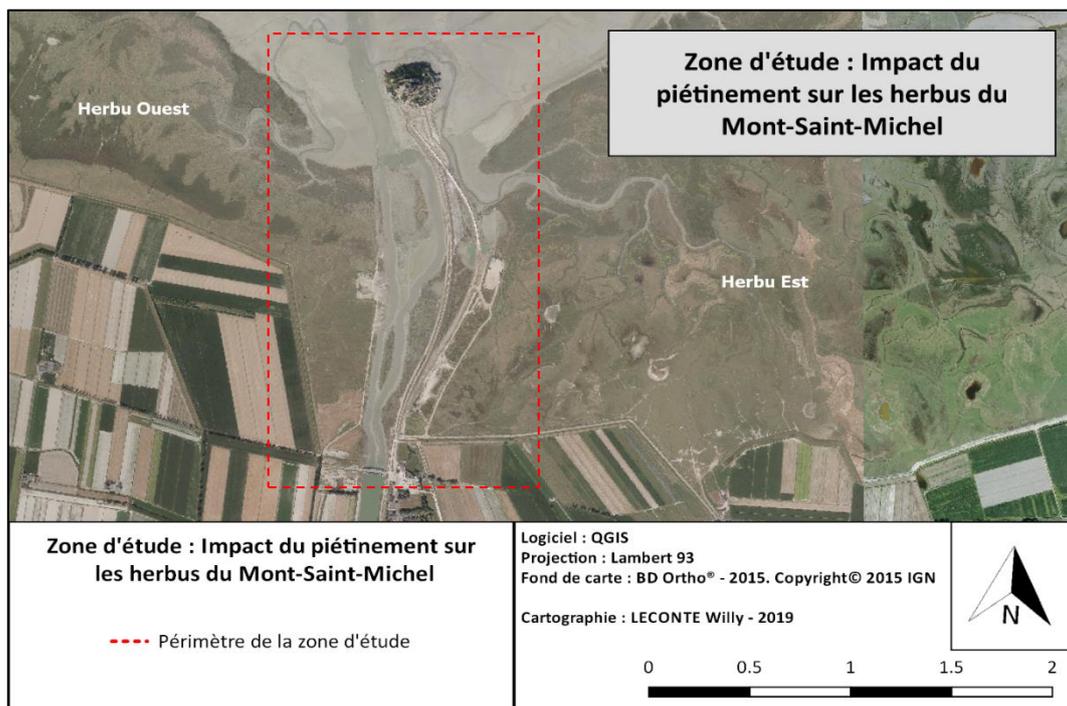


Figure 37 - Zone d'étude concernant le piétinement.

Une méthodologie de recherche et de visualisation de données géographiques a été mise en place. Elle permet d'identifier et d'interpréter les zones de piétinement susceptibles d'être présentes dans notre zone d'étude.

2.2.1- REPERER LES ZONES PIETINEES

La première étape de ce travail d'identification des zones piétinées sur les herbus du Mont-Saint-Michel est le repérage de celles-ci à l'aide de cartes récupérées lors d'entretiens avec différents interlocuteurs ou disponibles en ligne. Nous avons utilisé le portail Web public Géoportail comme source de données internet. C'est un site lancé en 2006 et créé par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) ainsi que par le Bureau des recherches géologiques et minières (BRGM). Il regroupe une multitude de données géographiques et géolocalisées sur l'ensemble du territoire français accessibles à tous.

Disposant de la faculté de se déplacer et zoomer comme nous le souhaitons sur les cartes, de créer ses propres représentations mais aussi de superposer un grand nombre de fonds de cartes à la fois, c'est un outil complet et facile d'utilisation. Il est idéal pour détecter nos zones de piétinements autour des aménagements qui font suite à l'opération de Rétablissement du Caractère Maritime de la baie du Mont-Saint-Michel.

2.2.2- VISUALISER L'EVOLUTION

Pour voir l'évolution du piétinement sur les herbus du Mont-Saint-Michel autour des aménagements, il faut utiliser des fonds de cartes de différentes années. La visualisation diachronique de ces données va permettre de définir les moments clefs de cette pression anthropique. Pour cela nous commençons par observer notre zone en 2010, après la mise en fonctionnement du barrage, grâce aux photographies aériennes de la BDORTHO – 2010. Les images satellitaires SPOT, utilisées pour la cartographie des herbus précédemment, sont employées afin de recouvrir la période 2014-2018.

Ces données cartographies établies sur la période 2010-2018 permettront de reconstituer l'évolution du piétinement depuis la mise en place des travaux, année par année.

2.2.3- DISCUTER AVEC LES ACTEURS DU SITE

Les échanges avec des acteurs qui gèrent le site comme le Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel sont importants pour recueillir des informations supplémentaires. Ils apportent des précisions permettant de mieux comprendre le contexte de piétinement autour des aménagements. Par exemple le Syndicat Mixte nous a apporté de précieuses informations concernant une zone qui semblait être totalement piétinée, alors que ce n'était pas le cas.

De plus, les acteurs du site avec leur connaissance des lieux sont capables de voir des éléments de terrain non visibles sur les données cartographiques étudiées précédemment. Les échanges que l'on peut avoir avec ces personnes permettent également de partager nos recherches et nos découvertes mais aussi de donner un point de vue externe qui peut les aider dans leurs travaux.

3- ZONE DE PIÉTINEMENT

Alors que le nombre de touristes venant visiter le Mont-Saint-Michel est en constante augmentation, le piétinement est de plus en plus plausible. Face à cette menace, des solutions doivent être envisagées.

3.1- EVOLUTION DU PIÉTINEMENT

En 2010, aucun signe de piétinement engendré par les touristes n'est distingué aux abords du barrage, le pont-passerelle n'étant pas encore construit. Des zones de dégradation sont néanmoins observées autour du barrage comme en témoignent les zones blanches visibles sur la figure 38, délimitées en rouge. Celles-ci ont été créées par les engins mécaniques qui ont construit cet aménagement. La seconde zone blanche, encerclée en bleu se situe plus au Nord-Est de cette dernière et représente l'ancien parking du Mont-Saint-Michel. Par conséquent, le piétinement touristique n'était pas présent en 2010. Les seuls signes de dégradation des herbues sont ceux exercés par les engins de travaux publics utilisés pour construire ou détruire les infrastructures.

En 2014, nous pouvons voir que l'ancien parking situé proche du Mont-Saint-Michel a disparu, recolonisé peu à peu par la végétation de l'herbu Est. Cependant une partie est toujours présente avec un chemin permettant d'y accéder. On pourrait penser que ce chemin a été créé par les visiteurs qui souhaitent voir l'avancée des travaux, or ce n'est pas le cas. Le chemin ainsi que la zone encadrée en bleu sur la figure ci-dessous sont utilisés par l'entreprise de travaux publics afin de construire le pont-passerelle.

Entre 2015 et 2016, la zone de chantier semble se résorber peu à peu permettant à la végétation de regagner cet espace. Le chemin allant du village à la zone de chantier n'a pas changé par rapport à 2014, signe qu'il est toujours emprunté par des véhicules de chantier ou par des personnes curieuses de voir le résultat des travaux.

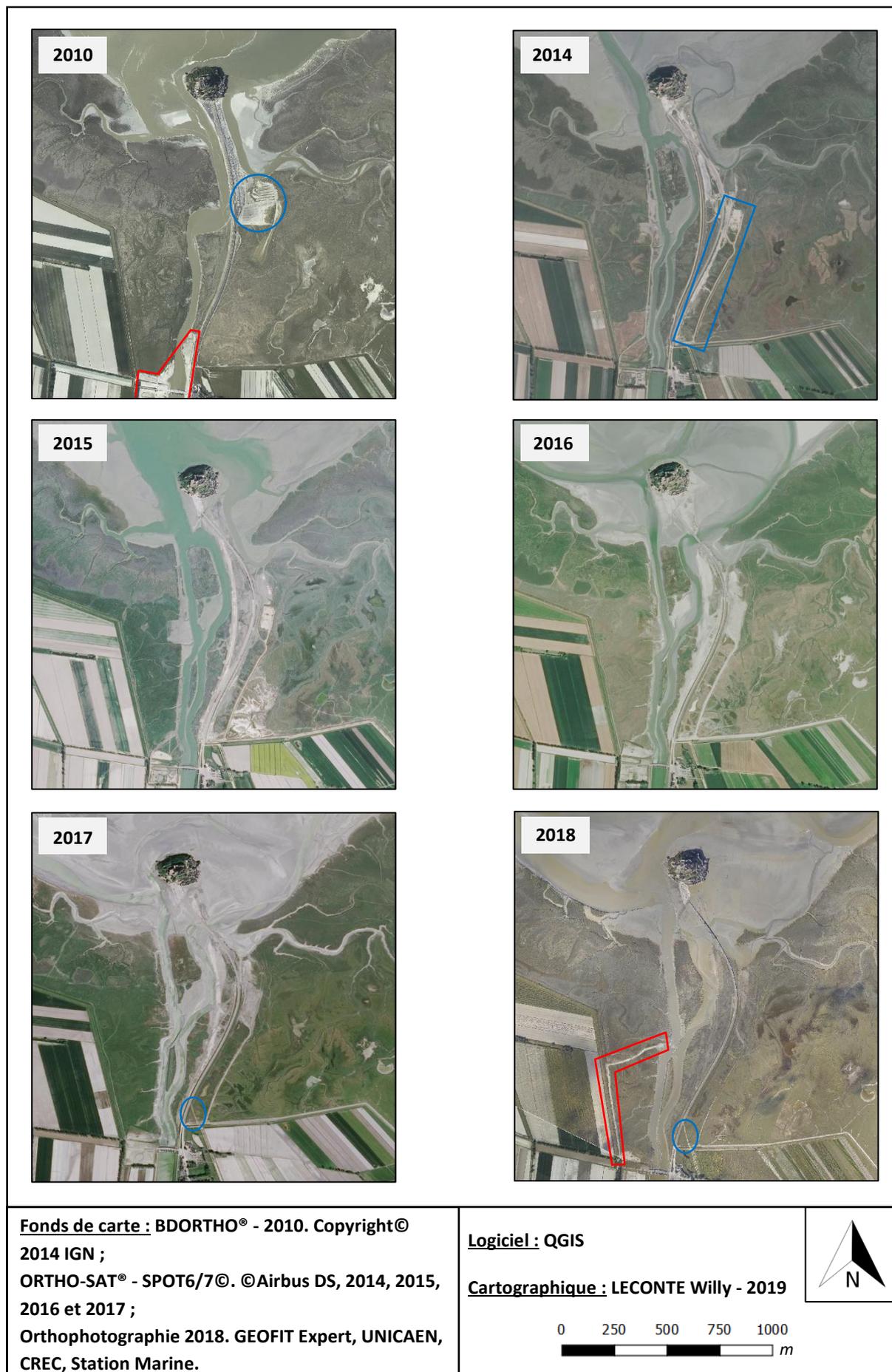


Figure 38 - Evolution du piétinement entre 2010 et 2018 autour du Mont-Saint-Michel.

A partir de 2017, une zone de piétinement se crée au début du pont-passerelle. Ce chemin d'environ 150 mètres de long est emprunté par les touristes afin de ne pas faire un détour pour rejoindre le pont-passerelle. C'est la seule zone de piétinement recensée autour des nouveaux aménagements. Bien qu'elle soit minime comparée au grand nombre de touristes, ce passage détruit la végétation de l'herbu Est du Mont-Saint-Michel et peut avoir les conséquences vues précédemment. Ce passage est rendu possible grâce à un ouvrage placé au centre de la clôture qui permet aux visiteurs de la franchir.



Photographie 7 - A gauche : Chemin de piétinement créé par les visiteurs. A droite : Chemin créé par les engins lors des travaux, en cours de recolonisation.

En 2018, la zone de chantier a totalement disparu sous l'effet de la végétation tandis que le chemin créé pour les travaux est de moins en moins visible.

Un nouveau chemin de chantier, pouvant être confondu avec du piétinement, est visible sur l'herbu Ouest du Mont-Saint-Michel. Le chemin, encadré en rouge sur la figure 38, a été créé par des engins afin de régler un souci technique qui a eu lieu au niveau des aménagements hydrauliques. En effet un édifice à céder sous la pression des lâchers d'eau.

Pour en revenir au passage créé par les touristes, pour éviter de faire un détour pour rejoindre le pont-passerelle, celui-ci est toujours présent. Alors que les visiteurs pourraient emprunter le chemin balisé pour se rendre au pont-passerelle, ils préfèrent « couper à travers » l'herbu pour raccourcir leur trajet et ainsi gagner quelques mètres.

Pour concilier au mieux la préservation de la biodiversité des herbus du Mont-Saint-Michel et la poursuite du tourisme, il est important de mettre des actions en place. Certaines actions, simples, sont susceptibles de diminuer voir de faire disparaître le piétinement engendré par les touristes venant visiter le Mont-Saint-Michel aux abords des nouveaux aménagements.

3.2.1- CONTINUITÉ DE LA CLOTURE

Comme nous l'avons constaté sur les photographies précédentes, un passage a été aménagé en plein milieu de la clôture permettant de la franchir. Ce passage offre aux visiteurs un moyen facile et rapide de traverser une petite partie de l'herbu Est du Mont-Saint-Michel afin de rejoindre le pont-passerelle. Or les touristes ne prennent pas en compte les conséquences que cette action peut avoir sur la végétation. Toutefois, il existe un moyen pour éviter ce désagrément.

La suppression de cet ouvrage bloquera le passage par-dessus la clôture et obligera les visiteurs à prendre les sentiers balisés situés à quelques mètres d'ici. Etant donné que les touristes ne pourront plus passer, la pression exercée sur la végétation disparaîtra et cette dernière recolonisera peu à peu la zone piétinée. La faune et la flore pourront reprendre leur droit et se développer comme auparavant.



Photographie 8 - Passage au-dessus de la clôture à supprimer.

3.2.2- SENSIBILISATION DU PUBLIC

Afin de rendre sensible les visiteurs à l'environnement qui les entoure, la mise en place d'outils pédagogiques peut être une solution. L'organisation d'animations ou de sorties découvertes sont des moyens de sensibiliser les personnes venues visiter le Mont-Saint-Michel. Des expositions concernant les herbus dans l'enceinte du rocher ou l'intégration d'un volet environnement parlant notamment des herbus lors des visites organisées sont également des moyens pour faire changer le comportement des visiteurs.

Une autre possibilité s'offre à nous pour attirer l'attention des visiteurs sur leurs actions : le panneau de sensibilisation et d'information. Ce support permet d'agir sur le plan local, c'est-à-dire où sont positionnés ces panneaux, mais aussi dans un cadre plus général. Les personnes sensibilisées ne reproduiront pas la même erreur sur d'autres sites qu'ils visiteront. Il est donc important que ces panneaux regroupent des informations claires, utiles et compréhensibles par tout le monde.

Des moyens innovants peuvent aussi être utilisés comme la lecture de panneau grâce à un QR code. La lecture de ce code, grâce à une application présente sur un smartphone, dirigerait la personne vers une page internet. Celle-ci comprendrait de nombreuses informations, à l'image des panneaux de sensibilisation et d'information, sous format numérique.

A l'aide de ces moyens, les visiteurs prendraient conscience de leur impact sur les herbus et modifieraient leur comportement en empruntant par exemple les sentiers balisés.

Conclusion :

Le Mont-Saint-Michel est un site mondialement connu qui en fait l'une des destinations incontournables pour les touristes. Ce site très populaire est l'un des lieux le plus visité de France. Classé au patrimoine mondial de l'UNESCO, le Mont-Saint-Michel et sa baie ont vu passer 1,6 millions de visiteurs en 2015 lors de la haute saison, entre avril et septembre. En 2018, c'est 1,7 millions de personnes qui sont venus visiter le rocher en haute saison pour un total de 2,6 millions de visiteurs sur l'année entière.

Cependant ce tourisme de masse crée des pressions sur le milieu. L'augmentation du nombre de touristes fait qu'il y a de plus en plus de personnes à se garer sur le parc de stationnement et à utiliser gratuitement les navettes pour accéder au Mont-Saint-Michel. L'usage de ces aménagements peut alors être source de pollution pour la baie et ses herbues. Le tourisme de masse peut également être source de piétinement sur la végétation des herbues.

En effet, depuis 2017, un passage a été créé par les touristes pour rejoindre le pont-passerelle provoquant le piétinement de l'herbu Est sur une longueur d'environ 150 mètres. Alors qu'un passage balisé, en béton, est présent pour accéder au pont-passerelle, les visiteurs ont trouvé le moyen de passer directement par les herbues pour rejoindre cet aménagement leur évitant ainsi un détour de quelques mètres. Pour que ce chemin ne soit plus utilisé, l'effacement de l'ouvrage serait la meilleure solution afin d'obtenir une continuité de la clôture, empêchant le passage. De plus, une sensibilisation des individus concernant l'environnement qui les entoure et le respect des herbues du Mont-Saint-Michel pourrait être mise en place par le biais d'animations, de sorties ou d'expositions...

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A**RCHER, A. (2013). *World's highest tides : Hypertidal coastal systems in North America, South America and Europe*. Sed. Geol., 284-285, 1-25p.
- B**ILLEAUD, I., TESSIER B., LESUEUR P., CALINE B. (2007). *Preservation potential of highstand coastal sedimentary bodies in a macrotidal basin : Example from the Bay of Mont-Saint-Michel, NW France*. Sedimentary Geology, Elsevier, 202, pp. 754-775.
- BIZIEN-JAGLIN C. (2008). *Le sous-sol du marais. Un livre d'histoire ...humaines, sédimentaire et environnementale*. In « *De Sainte-Anne au Mont-Saint-Michel. Marais et polders de la baie* ». Communauté de communes Baie du Mont-Saint-Michel-Porte de Bretagne. Archives départementales d'Ille-et-Vilaine (CG35), pp 15-20.
- BONNOT-COURTOIS, C., TESSIER B., BILLEAUD I., CALINE B. (2007). *La baie du Mont-Saint-Michel. Faciès, séquence, évolution*. 11ème Congrès français de sédimentologie, Caen 2007, Livret d'excursion, Publ. ASF, n° 58, 48 p.
- BONNOT-COURTOIS, C., LEVASSEUR J.E. (2012). *Organisation générale de la végétation littorale des estrans vaseux*. In *Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zone côtière*. Chap. 1, Ecosystèmes estuariens et littoraux. pp. 23-60.
- BONNOT-COURTOIS, C., MAZE J.P., LE VOLT M., AUGRIS C., EHRHOLD A., SIMPLET L., BLANCHARD M. (2009). *Carte morpho-sédimentaire de la baie du Mont-Saint-Michel (Ille-et-Vilaine et Manche) échelle 1/25000*, ed. Quae - Ifremer
- BONNOT-COURTOIS, C. (2012). *Dynamique sédimentaire intertidale en baie du Mont-Saint-Michel entre évolution naturelle et aménagements*. In XIIèmes Journées, Cherbourg. Editions Paralia, pp. 187-222.
- BOUCHARD, V., DIGAIRE F., LEFEUVRE J-C., et GUILLON L-M. (1995). *Progression des marais salés à l'ouest du Mont-Saint-Michel entre 1984 et 1994*, 7p.
- BRETON, F. (2008). *Le barrage du Couesnon, un ouvrage essentiel pour la « renaissance » du Mont-Saint-Michel*, 8p.
- D**ESGUEE, R. (2008). *Etude des processus hydro-sédimentaires et évolutions morphodynamiques autour du Mont-Saint-Michel*. Thèse de Doctorat, Université de Caen, 366p.
- G**EHU, J.-M. (1979). *Étude phytocénotique analytique et globale de l'ensemble des vases et prés-salés et saumâtres de la façade atlantique française*. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. Convention de Recherche. 514 p.

GEHU, J-M. et GEHU-FRANCK, J. (1982). *Étude phytocénologique analytique et globale de l'ensemble des vases et prés-salés et saumâtres de la façade atlantique française*. Bulletin d'Écologie, 13 (4), pp. 375-386.

GLUARD, L. (2012). *Evolution des fonds sédimentaires sous l'influence de la divagation des chenaux aux abords du Mont-Saint-Michel*. Thèse de Doctorat, Université de Caen, 317p.

GUILLON, L-M. (1984). *Les Schorres de la baie du Mont-Saint-Michel. Unités de végétation et facteurs du milieu*. Rapport inédit. CEE-Ministère de l'environnement, Laboratoire d'évolution des systèmes naturels et modifiés, Muséum national d'histoire naturelle et Université de Rennes. 78 p.

INSEE. (2015). *Bilan de l'année touristique : La Normandie reste très attractive en 2015* - Insee Analyses Normandie : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2019658>.

IFREMER. (2004). *Rôle des astres* : <http://www.ifremer.fr/lpo/cours/maree/forces.html>.

LARSONNEUR, C. (1994). *The bay of Mont-Saint-Michel : A sedimentation model in a temperate macrotidal environment*. Senckenbergiana marit. 24 (1/6), pp. 3-63.

LEFEUVRE, J-C., BOUCHARD V., FEUNTEUN E., GRARE S., LAFFAILLE P., RADUREAU A. (2000). *European salt marshes diversity and functioning : the case study of the Mont Saint-Michel bay, France*. Wetland Ecology and Management, pp. 147–161.

LEFEUVRE, J.-C et LE DUCHAT D'AUBIGNY, J. (2008). *La baie du Mont-Saint-Michel*, ISBN : 978-2-7427-7543-9, Conservatoire du littoral, 46p.

LE RHUN, J. (1982). *Etude physique de la baie du Mont-Saint-Michel*. Thèse de Doctorat, Paris, 243 p.

L'HOMER A. (2008). *Passé géologique et naissance de la baie*. In « *De Sainte-Anne au Mont-Saint-Michel. Marais et polders de la baie* ». Communauté de communes Baie du Mont-Saint-Michel-Porte de Bretagne. Archives départementales d'Ille-et-Vilaine (CG35), pp 11-14.

MIGNIOT, C. (1997). *Rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel. Synthèse générale des connaissances sur les problèmes hydro-sédimentaires en baie du Mont-Saint-Michel*. Rapport Mission Mont-Saint-Michel, DDE Manche, 89 p.

RADUREAU, A., LOISON N. (2005). *Pratiques anthropiques dans la zone Natura 2000 Baie du Mont Saint-Michel*. Centre régional d'études biologiques et sociales, DIREN Bretagne et DIREN Basse-Normandie, 63 p.

SCHRICKE, V. (2004). *Les aménagements de la réserve de chasse maritime de la baie du Mont Saint-Michel : bilan du suivi ornithologique et botanique*, 5p.

SCHRICKE, V., VALERY L. (2016). *Aménagements en faveur des oiseaux d'eau*, 7p.

TESSIER, B., BILLEAUD I., LESUEUR P. (2006). *The Bay of Mont-Saint-Michel northern littoral : an illustrative case of sedimentary body evolution and stratigraphic organization in a transgressive/highstand context*. Bulletin Société Géologique de France 177, n°2, p. 71-78.

TRUGUI J., FOURNIER J., OLIVIER F., RETIERE C., THIEBAUT E., BONNOT-COURTOIS Chantal. (2012). *Carte des habitats naturels marins de la baie du Mont Saint Michel, d'après les cahiers Natura 2000*, 16p.

VAN VLIET-LANOE B., FERNANE A., GOSLIN J., HALLEGOUET B., HENAFF A., et al., (2015). *Mythes et légendes : la forêt sous la mer*. Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, Société géologique et minéralogique de Bretagne, pp. 1-16.

WEILL P. (2010). *Formation et évolution de cheniers en contexte macrotidal. Approches expérimentales et in-situ*. Thèse de Doctorat – Université de Caen, 281 p.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Localisation de la baie du Mont-Saint-Michel.....	9
Figure 2 - Schéma explicatif de l'attraction gravitationnelle exercée par la Lune et le Soleil sur les océans (IFREMER, 2004).....	11
Figure 3 - Plan des vagues du secteur Ouest en baie du Mont-Saint-Michel (BONNOT-COURTOIS, 2012).....	13
Figure 4 - MNT de la zone intertidale extrait du LIDAR 2002 (BONNOT-COURTOIS, 2012).....	14
Figure 5 - Balayage de la zone intertidale par les marées selon des coefficients classés de 10 en 10. Moyennes des niveaux de Pleine Mer et Basse Mer établies entre 1950 et 2000 (BONNOT-COURTOIS, 2012).	14
Figure 6 - Répartition des sédiments superficiels en baie du Mont-Saint-Michel (d'après BONNOT-COURTOIS et al., 2009).	15
Figure 7 - Mesures de protection environnementales à l'échelle nationale.	19
Figure 8 - Cheminement pour la désignation en zone Natura 2000.	20
Figure 9 - Mesures de protection environnementales à l'échelle internationale.	21
Figure 10 - Evolution des surfaces des herbus Ouest et Est entre 1978 et 2006.....	30
Figure 11 - Schéma de l'organisation des herbus (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2012).	32
Figure 12 - Désignation des herbus présents en baie du Mont-Saint-Michel.....	33
Figure 13 - Géoréférencement des images capturées.	37
Figure 14 - Création d'une couche Shapefile et ajout d'une entité.	38
Figure 15 - Calculatrice de champ utilisée pour obtenir la surface des herbus.	39
Figure 16 - Superposition de la surface des herbus 2000 et 2010.	41
Figure 17 - Progression et Régression des herbus entre 2000 et 2010 sur l'ensemble de la baie.....	42
Figure 18 - Progression et Régression des herbus entre 2000 et 2010 autour du Mont-Saint-Michel.....	43
Figure 19 - Superposition de la surface des herbus 2010 et 2014.	44
Figure 20 - Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2014 sur l'ensemble de la baie.....	45
Figure 21 - Progression et Régression des herbus entre 2010 et 2014 autour du Mont-Saint-Michel.....	46
Figure 22 - Superposition de la surface des herbus 2014 et 2018.	47
Figure 23 - Progression et Régression des herbus entre 2014 et 2018 sur l'ensemble de la baie.....	48
Figure 24 - Progression et Régression des herbus entre 2014 et 2018 autour du Mont-Saint-Michel.....	49
Figure 25 - Evolution de la superficie des herbus de 2010 à 2018.....	50
Figure 26 - Superposition de la surface des herbus 2018, 2017, 2016, 2015, 2014 et 2010.	51
Figure 27 - Superposition de la surface des herbus 2018, 2017, 2016, 2015, 2014 et 2010. Zoom autour du Mont-Saint-Michel.	52
Figure 28 - Evolution de la progression et de la régression des herbus de 2010 à 2018.	53
Figure 29 - Progression et régression des herbus entre 2010 et 2018.	54
Figure 30 - Progression et régression des herbus entre 2010 et 2018. Zoom autour du Mont-Saint-Michel.	55
Figure 31 - Evolution altimétrique de la petite baie. Comparaison entre février 2009 et septembre 2018 (Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel, 2018).	56
Figure 32 - Divagation du Couesnon en 2010, 2014 et 2018.	58

Figure 33 - Divagation de la Sélune en 2010, 2014 et 2018.....	59
Figure 34 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel entre 2012 et 2014.	64
Figure 35 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel de 19h à 00h entre 2012 et 2014.....	64
Figure 36 - Fréquentation du Mont-Saint-Michel entre 2015 et 2018.	65
Figure 37 - Zone d'étude concernant le piétinement.	67
Figure 38 - Evolution du piétinement entre 2010 et 2018 autour du Mont-Saint-Michel.....	71

LISTE DES TABLEAUX

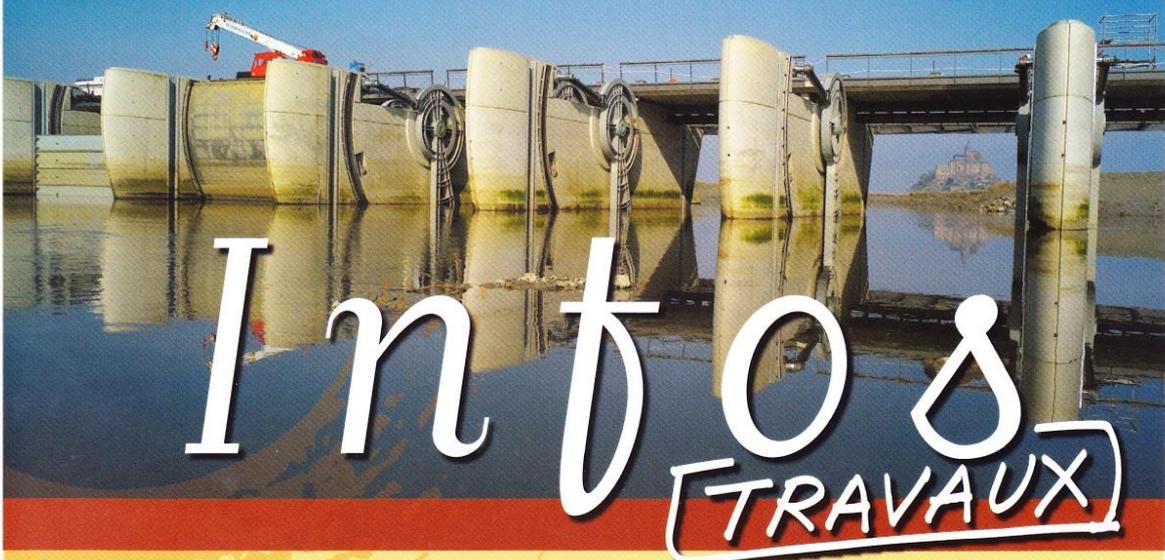
Tableau 1 - Caractéristiques des marées selon le coefficient.	12
--	----

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 - Evolutions des aménagements suite à l'opération de Rétablissement du Caractère Maritime (RCM) du Mont-Saint-Michel.....	23
Photographie 2 - Barrage de la Caserne.....	24
Photographie 3 - Seuil séparant le Couesnon en deux, en aval du barrage.....	25
Photographie 4 - Herbus Ouest du Mont-Saint-Michel.....	28
Photographie 5 - Le Couesnon, en amont du barrage du Mont-Saint-Michel.....	56
Photographie 6 - La Sélune, à Pontaubault (50).....	57
Photographie 7 - <u>A gauche</u> : Chemin de piétinement créé par les visiteurs. <u>A droite</u> : Chemin créé par les engins lors des travaux, en cours de recolonisation.....	71
Photographie 8 - Passage au-dessus de la clôture à supprimer.....	72

CYCLE DU FONCTIONNEMENT DES
VANNES DU BARRAGE DE LA CASERNE

Rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel



n°18 - mai 2009

Le barrage sur le Couesnon

La mise en service industrielle du nouveau barrage sur le Couesnon va commencer début mai 2009.

Cette phase marque le début des premiers lâchers d'eau dans le cadre du fonctionnement habituel (nominal) du nouveau barrage.

Toutes les informations sur les lâchers d'eau progressifs sont disponibles et actualisées quotidiennement sur le site internet officiel du projet
www.projetmontsaintmichel.fr.

A NOTER!

Essais préalables

Des essais de remplissage pourront avoir lieu pendant les deux semaines précédant la mise en service industrielle.

Ces essais ne nécessitent pas de lâchers d'eau mais pourraient conduire, pour des coefficients de marée de 65 à 97, à des remplissages de moins d'une heure du lit du Couesnon jusqu'à une cote de 4,50 m.

Une information sera disponible sur écran près du Poste de contrôle du nouveau barrage en rive Est et sur le site internet.

Contacts

Syndicat Mixte

tél : 02 33 89 01 01

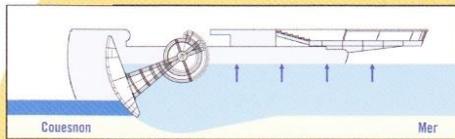
Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel
2 rue du Prieuré - BP 29 - 50170 Ardevon



INFOS TRAVAUX

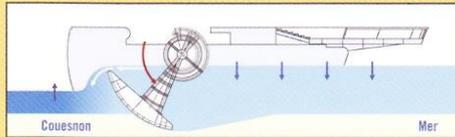
www.projetmontsaintmichel.fr

Un cycle de fonctionnement des vannes



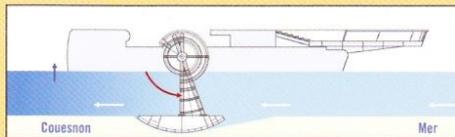
Pleine Mer moins 1h15

Environ 1 heure 15 avant la pleine mer, les vannes sont fermées. Le premier flot bute sur la vanne et les sédiments se déposent en aval du barrage.



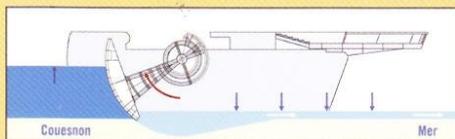
Pleine Mer moins 10 minutes : remplissage

10 minutes avant la pleine mer, les vannes s'ouvrent et la marée remplit le Couesnon (par le dessus des vannes) avec l'eau la moins chargée en sédiments.

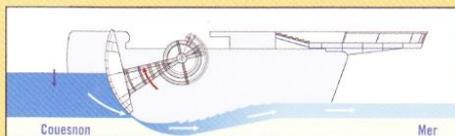


Durant la Pleine Mer

La marée entre dans le Couesnon jusqu'à une cote limite pour ne pas inonder les terrains en amont. A l'équilibre des niveaux entre amont et aval, les vannes s'effacent, en position basse.

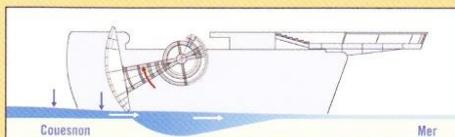


Après quelques dizaines de minutes de remplissage, les vannes se ferment. Un volume de 300 000 à 1 700 000 m³ d'eau est stocké, selon les saisons et les marées.



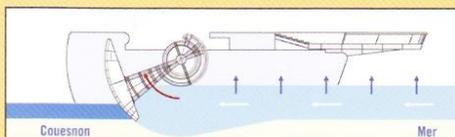
Pleine Mer plus 6h : lâcher d'eau progressif

6 heures après la pleine mer, les vannes sont lentement et progressivement ouvertes (par le dessous des vannes). L'eau libérée se charge des sédiments et les emporte au large du Mont.



À partir de Pleine Mer plus 7h

Entre 1 à 3 heures plus tard, la chasse s'achève, les vannes sont fermées. La durée de la chasse dépend du volume d'eau stocké dans le Couesnon, en fonction du débit du fleuve et du coefficient de marée.



Pleine Mer moins 1h15

Lorsque la nouvelle marée atteint le barrage, les vannes se referment et le cycle recommence.

A NOTER!

► Remplissages et lâchers d'eau progressifs au rythme des marées

Les apports mutuels de la mer et du Couesnon varient selon les marées et les saisons. Les volumes de chasse pourront varier de 300 000 à 1 700 000 m³, ce qui provoquera des lâchers d'eau d'une durée de 2 à 5 heures. Les coefficients de marée requis sont compris entre 60 et 120.

FICHE TECHNIQUE DES SATELLITES
SPOT 6 ET SPOT 7

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Avec SPOT 6 et SPOT 7, Astrium assure non seulement la continuité de mission de la constellation SPOT, qui cumule à ce jour plus de 30 millions de scènes d'archives acquises depuis 1986. Cette nouvelle génération de satellites optiques présente également des améliorations technologiques et un système plus performant au profit d'une réactivité et capacité d'acquisition accrues, tout en simplifiant l'accès aux données.

Segment spatial

Jusqu'en 2024, SPOT 6 et SPOT 7 fourniront des produits d'une résolution de 1,5 m couvrant des zones étendues.

Nombre de satellites	2
Période de lancement	SPOT 6 : T3 2012 SPOT 7 : T1 2014
Durée de vie nominale	10 ans
Taille	Module de service : ~ 1,55 x 1,75 x 2,7 m Envergure des panneaux solaires : 5,4 m ²
Masse au lancement	712 kg
Altitude	694 km
Stockage de bord	1 Tbits en fin de vie (mémoire SSMM - Solid State Mass Memory)

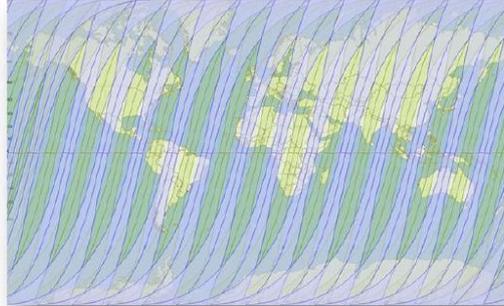
Caractéristiques orbitales et capacité d'observation

Les missions SPOT 6 et SPOT 7 sont conçues pour couvrir aussi efficacement de vastes zones que des cibles spécifiques - une polyvalence que les deux satellites doivent à leur extrême agilité.

Orbite	Héliosynchrone - 10h00, heure locale au nœud descendant
Périodicité	98,79 minutes
Cycle	26 jours
Angle d'observation	Standard : +/- 30° en roulis Etendu : +/- 45° en roulis
Revisite	<ul style="list-style-type: none"> 1 jour avec SPOT 6 et SPOT 7 exploités simultanément Entre 1 et 3 jours avec un seul satellite exploité¹
Agilité de pointage	Les gyroscopes CMG permettent des manœuvres rapides dans toutes les directions pour le ciblage de plusieurs zones d'intérêt lors d'une même passe (30° en 14 s, temps de stabilisation inclus)
Capacité d'acquisition	Jusqu'à 6 millions de km ² par jour en exploitation simultanée de SPOT 6 et SPOT 7
Mode d'imagerie nominal	Fauchées de 60 km de large sur un axe Nord-Sud ; jusqu'à 600 km de long
Capacité stéréo	Mode avant et arrière - Stéréo et tri-stéréo en une seule passe

¹ Selon la latitude de la zone d'intérêt.



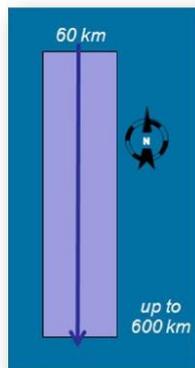


Revisite quotidienne par la constellation SPOT 6 et SPOT 7

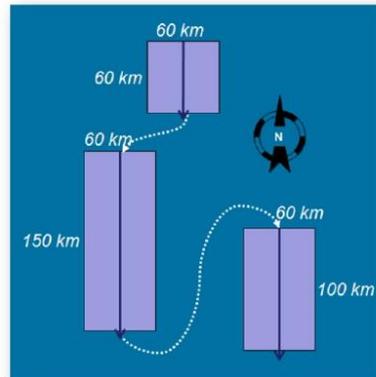
Zones de visibilité combinées de SPOT 6 (en bleu) et SPOT 7 (en vert) sur un jour donné (angle d'observation +/-30° uniquement)

Modes d'imagerie de SPOT 6 et SPOT 7

Les missions SPOT 6 et SPOT 7 tirent parti de leur grande agilité pour offrir des capacités d'acquisition de données efficaces, ce qui les rend particulièrement indiquées pour les applications cartographiques et de surveillance.



a.

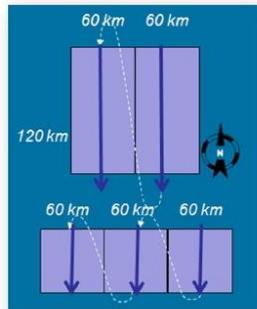


b.

Acquisition de données standard : bande longue *Acquisition de données standard : cible*

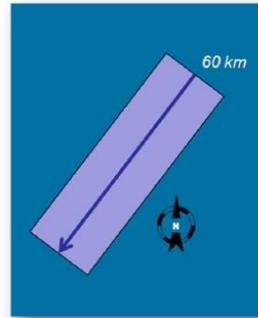
Le mode d'acquisition de données standard permet d'imager en une seule passe (a) une bande Nord-Sud pouvant s'étendre jusqu'à 600 km. De plus, la grande agilité des satellites permet (b) de passer très rapidement d'une scène à une autre sur la même orbite. Elle permet donc de réaliser efficacement, et dans les plus brefs délais, une couverture globale sur une vaste zone d'intérêt, d'éviter les conflits d'acquisition et de recueillir de nombreuses cibles distantes sur une zone géographique donnée, et ce, en une seule passe.





c.

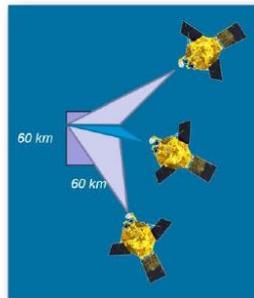
Passe unique | Acquisition multi-bande



d.

Passe unique | Acquisition en couloir

SPOT 6 et SPOT 7 peuvent acquérir des segments d'images contigus (c), recueillis en une seule passe sur une même orbite. Ils ont ainsi la capacité de couvrir des zones de plus de 120 km x 120 km ou 60 km x 180 km en une seule passe. L'acquisition en couloir (non orientée Nord-Sud) garantit une couverture rapide et efficace de zones spécifiques (par ex. cours d'eau, frontières, etc.)



Passe unique | Capacité stéréo

Paires et triplets d'images stéréo recueillies en une seule passe sur une même orbite, générant des données MNE pour compléter efficacement la mission HRS de SPOT 5. Les satellites permettront d'acquérir des paires ou des triplets d'images au-dessus de zones d'intérêt avec des angles d'observation entre deux images consécutives distants de seulement 15° ou 20°, et un ratio B/H situé entre 0,27 et 0,4.



Instruments

Système optique	Un instrument constitué de 2 télescopes Korsch identiques, chacun avec une ouverture de 200 mm, fournissant la fauchée voulue.
Détecteurs	Panneau PAN : 28 000 pixels Panneau MS : 4 x 7000 pixels
Bandes spectrales	Panchromatique : 0,450-0,745 μm Bleu : 0,450-0,520 μm Vert : 0,530-0,590 μm Rouge : 0,625-0,695 μm Infrarouge proche : 0,760-0,890 μm <i>Les 5 bandes sont toujours acquises simultanément.</i>
Fauchée	60 km au nadir
Plage dynamique à l'acquisition	12 bits par pixel
Spécification de la précision de localisation	<ul style="list-style-type: none"> • CE 90 35 m sans points d'appui au sol dans un cône d'observation de 30° • CE 90 10 m pour des produits ortho-rectifiés lorsque Reference3D est disponible
Débit de la liaison de télémétrie	Canal en bande X - 300 Mbits/s

Segment sol

Principales stations de réception	<ul style="list-style-type: none"> • Toulouse (France) • Kiruna (Suède)
Stations de liaison montante en bande S	<ul style="list-style-type: none"> • Kiruna (Suède) • Inuvik (Canada)
Centre de programmation	Astrium GEO-Information Service - Toulouse (France) Astrium GEO-Information Service - Chantilly, Virginie (Etats-Unis)
Centre de production	Astrium GEO-Information Service - Toulouse (France)
Fréquence d'actualisation des plans de programmation	6 fois/jour/satellite
Actualisation des prévisions météorologiques	4 fois/jour - processus totalement automatique
Centre de contrôle satellitaire	Astrium Satellite - Toulouse (France)

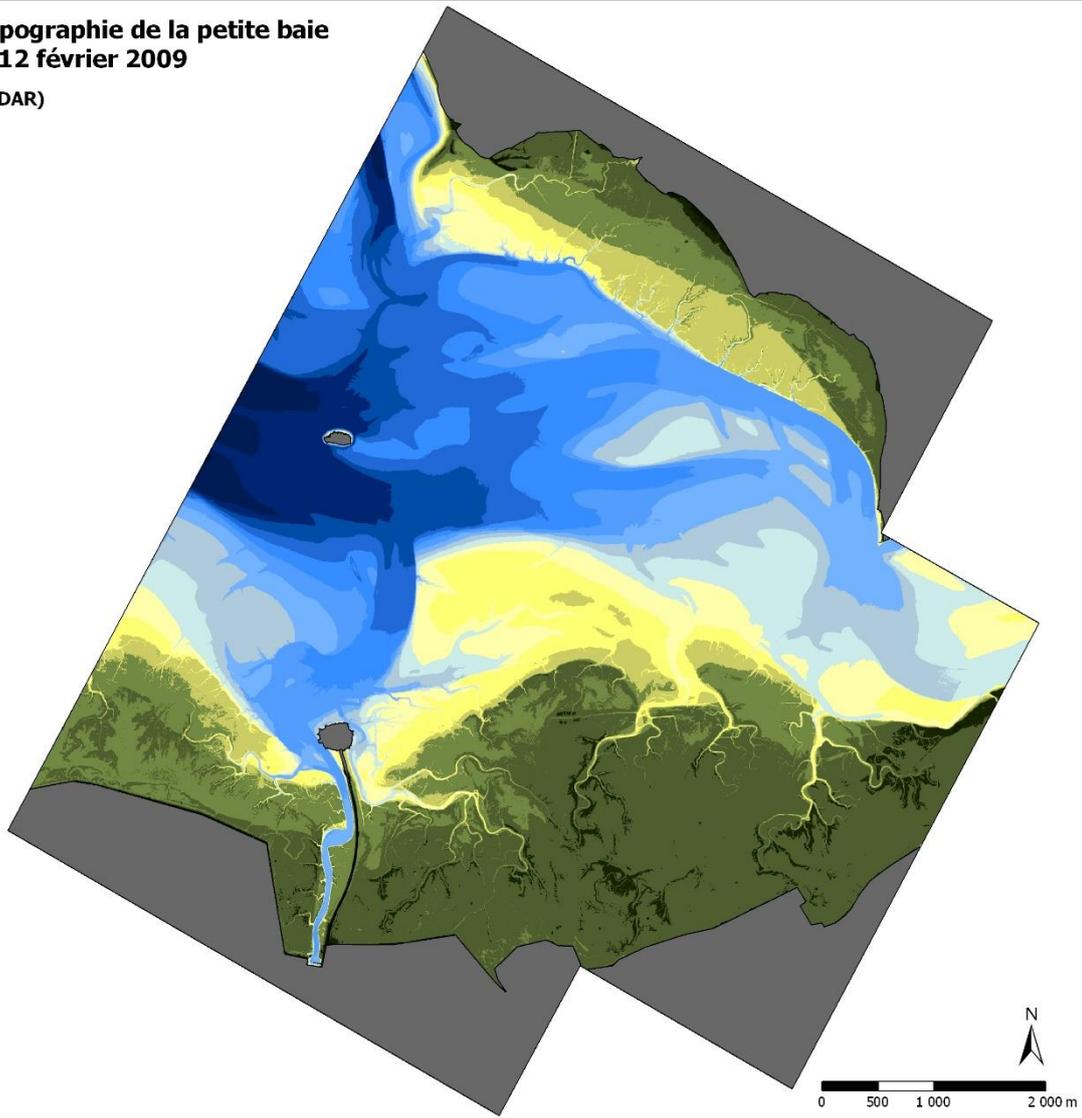
Fin du document.



RELEVES LIDAR PERMETTANT LA
COMPARAISON DES NIVEAUX
ALTIMETRIQUES ENTRE 2009 ET 2018

Topographie de la petite baie le 12 février 2009

(LIDAR)



**Opération de Rétablissement
du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel**

Cartographie : Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel - 2010
Fichiers source : CLAREC - 2009
Résolution : 1 mètre

altitude (mètres IGN69)



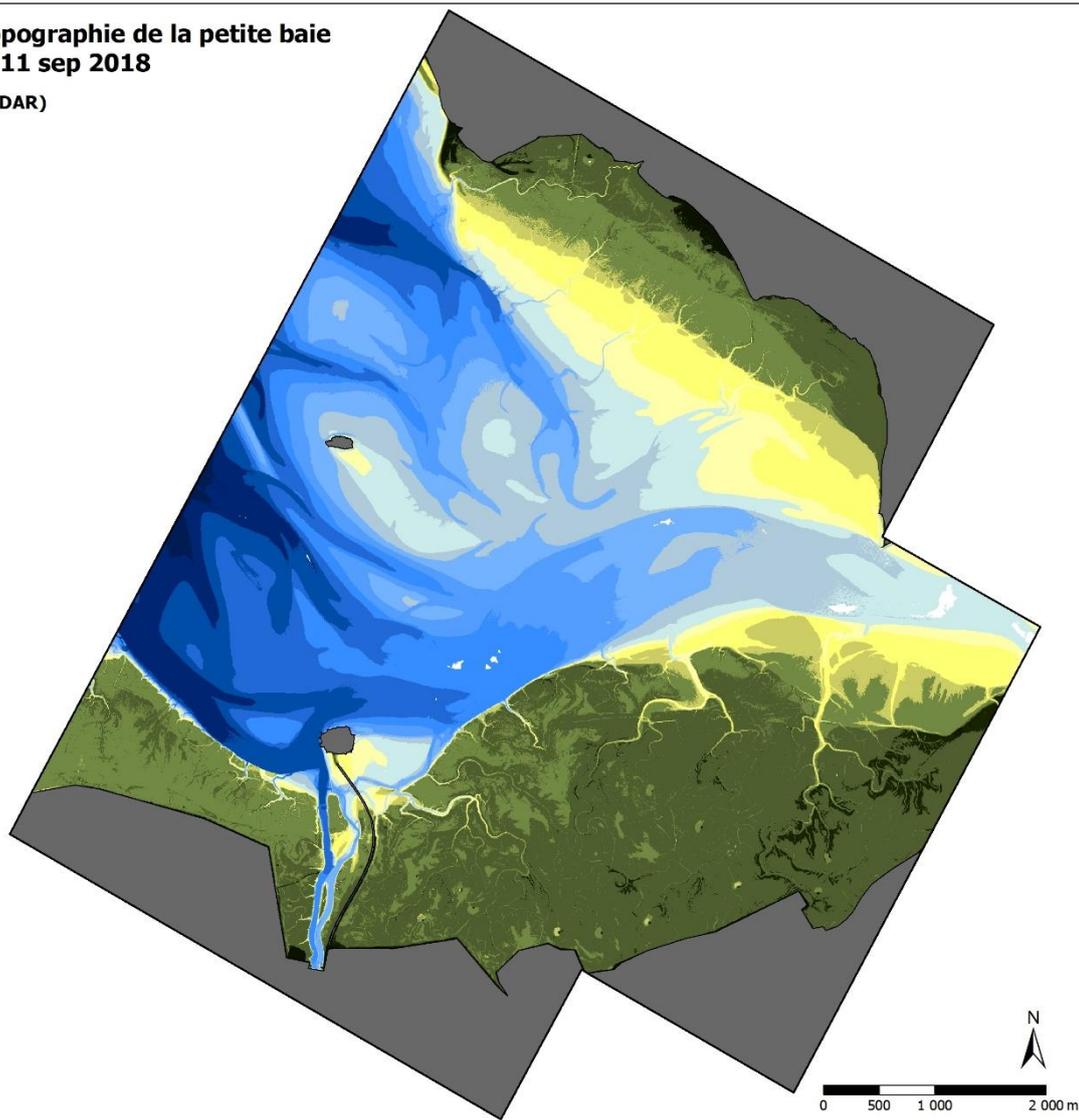
Suivi hydrosédimentaire : campagne n°1

Observations :

- Etat initial avant le début des lâchers d'eau en mai 2009
- Un seul chenal principal du Couesnon, orienté Nord-Ouest puis Nord-Est vers Tombelaine
- Très large banc sédimentaire de l'Est entre les altitudes +4 et +5m IGN69 (1 350m de large)
- Grand banc de l'Ouest cantonné à l'Ouest dégageant un vaste estuaire "Nord"

Topographie de la petite baie le 11 sep 2018

(LIDAR)



**Opération de Rétablissement
du Caractère Maritime du Mont-Saint-Michel**



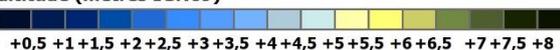
Cartographie : Syndicat Mixte Baie du Mont-Saint-Michel - 2018

UNICAEN - CREC - STATION MARINE - 2018



Fichier source : GEOFIT EXPERT, 2018
Résolution : 1 mètre

altitude (mètres IGN69)



Suivi hydrosédimentaire : campagne n°34

Observations : Les fonds sédimentaires immédiatement à l'Ouest du Mont-Saint-Michel, zone de convergence de la Sée-Sélune et du Couesnon, et au Sud-Ouest de Tombelaine ont des altitudes qui varient principalement entre 0,5 et 3 m. Un second secteur ayant des profondeurs identiques, mais moins étendu, est visible au Nord-Ouest de la petite baie. Immédiatement à l'Est de Tombelaine, quasiment de manière continue, des altitudes supérieures à 4 m font la jonction avec les hauts-fonds au NE de la baie (schorre nord). Le fond de baie à l'Est possède des cotes altimétriques supérieures à 4 m, comme le haut-fond qui s'étend de l'Est au SE au pied du Mont-Saint-Michel. Les fonds sédimentaires supérieures à 6 m sont précédés de surfaces d'estran relativement larges entre 4 et 6 m au Nord de la baie. Par contre, de part et d'autre du Mont-Saint-Michel, ils sont en contact direct avec des fonds inférieurs à 3 m soulignant la présence des chenaux érosifs à proximité.

RESUME

La constante progression de la végétation du schorre autour du Mont-Saint-Michel fut une grande inquiétude. Pour endiguer ce phénomène, un projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel a été lancé. Une étude de la dynamique des herbus au cours de la dernière décennie permet de voir les premiers résultats de ce chantier qui a pris fin en 2015. Depuis 2010, la surface des herbus est en régression et de façon plus importante depuis quelques années. Cette régression de la végétation est très visible autour du Mont-Saint-Michel où l'herbu Ouest et Est ont perdu 134,8 hectares. Cependant il ne faut pas désigner le projet RCM comme seul auteur de cette régression spectaculaire puisque le Couesnon et la Sélune, de part leur divagation dans la baie, jouent également un rôle important.

Site mondialement connu, la baie du Mont-Saint-Michel connaît un tourisme de masse. En 2018, 2,6 millions de personnes sont venus visiter ce lieu emblématique. Ce fort engouement provoque des pressions anthropiques sur les herbus du Mont-Saint-Michel, créant des zones de piétinement. Un chemin d'environ 150 mètres de long est quotidiennement emprunté par les touristes pour rejoindre le pont-passerelle alors qu'un sentier balisé est présent à quelques mètres. Celui-ci provoque la destruction de la végétation. Pour contenir le piétinement, des outils de sensibilisation du public tels que des animations, des expositions ou la mise en place de panneaux d'informations sont proposés.

ABSTRACT

The constant progression of the schorre vegetation around Mont-Saint-Michel was a great concern. To stem this phenomenon, a project to restore the maritime character of Mont-Saint-Michel has been launched. A study of the dynamics of the salt meadows over the past decade shows the first results of this project, which ended in 2015. Since 2010, the surface area of the salt meadows has been decreasing and more significantly in recent years. This decline in vegetation is very visible around Mont-Saint-Michel where the West and East salt meadows have lost 134.8 hectares. However, the RCM project should not be named as the sole author of this spectacular regression since the Couesnon and Selune, due to their divagation in the bay, also play an important role.

World-famous site, the Bay of Mont-Saint-Michel is experiencing mass tourism. In 2018, 2.6 million people came to visit this emblematic place. This strong interest causes anthropic pressures on the salt meadows of Mont-Saint-Michel, creating trampling zones. A path of about 150 meters long is used daily by tourists to reach the footbridge, while a signposted path is present a few metres away. This causes the destruction of vegetation. To contain trampling, public awareness tools such as animations, exhibitions or the installation of information panels are proposed.

MOTS CLEFS : Mont-Saint-Michel ; Aménagement ; Herbu ; Schorre ; Divagation ; Chenaux ; Piétinement ; Sensibilisation.

LECONTE Willy