

Document à accès
immédiat



Contribution du fleuve Golo à l'évolution du littoral des plaines de la Marana et de la Casinca en Haute- Corse

Rapport final

BRGM/RP-69969-FR

Octobre 2021



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès
immédiat

Contribution du fleuve Golo à l'évolution du littoral des plaines de la Marana et de la Casinca en Haute- Corse

Rapport final

BRGM/RP-69969-FR

Octobre 2021

J. Mugica, J. Billy, C. Coutin, M. Garcin, A-E. Paquier

Vérificateur :

Nom : C. Mallet

Fonction : Ingénieur risques côtiers

Date : 03/08/2020

Signature : 

Approbateur :

Nom : A. Rey

Fonction : Directeur régional BRGM
Corse

Date : 27/10/2021

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : Haute-Corse, Golo, Plaine Marana-Casinca, Littoral, Bassin-versant

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Mugica J., Billy J., Coutin C., Garcin M., Paquier A-E., (2021) – Contribution du fleuve Golo à l'évolution du littoral des plaines de la Marana et de la Casinca en Haute-Corse. Rapport final. BRGM/RP-69969-FR, 95 p., 56 fig., 2 tabl., 2 ann.

© BRGM, 2021, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le littoral de la plaine « Marana-Casinca » édifée et parcourue par le fleuve du Golo (le principal de Corse), se caractérise par une côte basse meuble très exposée aux aléas côtiers (érosion et submersion marines). A certains endroits, le trait de côte y recule à un taux parmi les plus forts de Corse (de -0,75 à -1,25 m/an, de 100 à 130 m de recul depuis 1948 au nord de l'embouchure). L'importante variabilité qui caractérise les évolutions du trait de côte témoignent des nombreuses interactions entre les agents météo-marins, fluviaux, géologiques et anthropiques qui contrôlent les transits sédimentaires. Si le fleuve du Golo a pu représenter une source de sédiments importante, sa contribution récente à l'évolution géomorphologique du littoral est mal connue. L'amélioration de cette connaissance est essentielle à la mise en œuvre d'une gestion intégrée de la zone côtière. C'est pourquoi, le Conservatoire du Littoral et le BRGM ont décidé d'un commun accord de mener une étude concernant la **contribution du fleuve du Golo à l'évolution du littoral adjacent à son embouchure (Haute-Corse)**. Ce travail est un **état des connaissances** afin de **déterminer le rôle** (potentiel ou réel) **que peut jouer le fleuve Golo, et les différents facteurs naturels ou anthropiques** qui le contraignent **dans l'évolution récente et actuelle du littoral**. Pour cela, les actions suivantes ont été menées :

- (1) Synthèse de **l'état des connaissances géologiques et géomorphologiques sur l'édification de la plaine Marana-Casinca et du cordon littoral** ;
- (2) Présentation des **principaux facteurs pouvant influencer l'évolution du littoral autour de l'embouchure du Golo** ;
- (3) **Inventaire des actions et activités anthropiques** sur le bassin versant, la plaine alluviale et lit du cours d'eau susceptibles de contribuer à l'altération du régime hydrologique du Golo et à l'évolution récente du littoral à proximité de son embouchure.

La **1^{ère} partie : Les systèmes côtiers et les facteurs d'évolution**, pose les bases des connaissances en ce qui concerne les facteurs naturels d'évolution et les facteurs anthropiques qui contribuent à l'évolution d'un système côtier. Ainsi, les impacts potentiels et mécanismes induits par l'usage et l'occupation du sol, les aménagements hydrauliques et les exploitations de granulats dans le lit du cours d'eau ainsi que les opérations (prélèvement et rechargement de sédiments) sur le littoral sont présentés.

La **2nde partie : Le Golo**, présente le contexte et les différents facteurs d'évolution du cours d'eau et de son bassin versant depuis 85 000 ans, à **différentes échelles de temps** emboîtées (millénaires, séculaires à pluri décennales). A chaque période correspond des contraintes, des caractéristiques et des forçages spécifiques.

Sur le bassin versant, les réservoirs artificiels des barrages (Calacuccia, Corscia, Lucciana) ainsi que les seuils hydrauliques (naturels ou en béton) piègent une partie des sédiments transportés, notamment grossiers (sables, graviers, galets). Malheureusement, **aucune donnée n'existe sur la quantité de sédiments piégés, la caractérisation sédimentaire ou le temps de transport entre l'amont et l'aval**. Il est supposé que seuls les sédiments en aval des barrages et ceux qui arrivent par la vallée de l'Asco parviennent dans le lit actuel du Golo jusqu'à la mer, et très ponctuellement ceux expulsés lors des phases de vidanges des barrages. **En plus de l'effet local et individuel de chaque ouvrage, l'effet cumulé de tous les ouvrages présents le long du cours d'eau est supposé avoir un impact fort sur le transit des sédiments par ce dernier.**

D'autre part, l'exploitation des alluvions aux abords et dans le lit du Golo au niveau de la plaine alluviale, qui s'est arrêtée en 1998, a eu de multiples incidences sur la morphologie du fleuve (élargissement du lit majeur et surcreusement du lit mineur par endroit, disparition des zones de divagations à bras secondaires où s'étaient accumulés des bancs de galets). La dynamique naturelle de transport sédimentaire a été perturbée et diffère entre la période avant les années 1970, la période d'exploitation et la période succédant à l'arrêt des exploitations (depuis 1998). L'impact de cette exploitation sur l'apport en sédiments au littoral est cependant difficile à évaluer (volume réel extrait non disponible, exploitations illégales des berges ou dans le lit vif). Depuis 1948 (date des ortho-photographies de l'IGN disponibles) différentes évolutions significatives sont visibles sur la plaine alluviale, telles qu'une diminution de la zone de divagation (mobilité) des chenaux et une re-végétalisation des berges au centre de la plaine alluviale, ce qui conduit à un lit du Golo plus étroit et incisé dans cette zone.

La **3^{ème} partie : L'évolution du littoral de la plaine Marana-Casinca**, porte sur l'évolution plus récente du littoral de cette plaine (70 ans) et particulièrement celle de la position du trait de côte. Cette évolution varie spatialement et avec une alternance de phases de recul et d'avancée. C'est **à proximité de l'embouchure du Golo qu'elle est la plus importante avec un fort recul entre 1937 et 2019 (jusqu'à 130 m)**. Cette partie s'appuie sur les connaissances issues des études existantes ou en cours et n'a pas vocation à réaliser des analyses complémentaires des évolutions géomorphologiques au regard de la dynamique fluviale. Cependant, il a été mis en évidence que la résolution des données géomorphologiques (position trait de côte notamment) n'était pas suffisante pour identifier des liens entre ces évolutions et les variations du régime hydrologique du Golo. Il a également été mis en évidence les lacunes de connaissance sur la dynamique propre de l'embouchure du Golo qui effectue un **contrôle majeur sur le piégeage et l'expulsion de sédiments** (cyclicité, réaction aux crues et aux tempêtes, etc.) **ainsi que sur leur distribution au sein de la cellule sédimentaire** (impact sur la dérive littorale, convergence des vagues, etc.).

L'embouchure du Golo a un comportement cyclique que l'on peut découper en deux phases. Lors de la période estivale on constate une phase de dépôts de sédiment et le développement de flèches sédimentaires induisant une fermeture ponctuelle, partielle ou totale de l'embouchure qui limite ou stoppe les échanges entre la mer et le fleuve. Lors de crues et/ou d'épisodes de tempêtes (automne, hiver), cette flèche sédimentaire se rompt, ce qui permet de nouveau des échanges entre le fleuve et la mer. Ces sédiments expulsés lors de la rupture de la flèche sont redistribués au sein de la cellule sédimentaire (transit sédimentaire, dépôts).

La **4^{ème} partie : Discussion et recommandations**, a permis de mettre en lumière les éléments contribuant à l'apport de sédiments au littoral par le Golo et de les relativiser les uns par rapport aux autres tels que présenté dans le schéma ci-dessous. Des recommandations afin d'améliorer la connaissance de cet hydrosystème et notamment du contrôle qu'il exerce sur le littoral sont émises. Il s'agit notamment de mettre en place plusieurs types de suivis dans le cours d'eau (quantification du transport actuel, quantification de la charge sédimentaire interceptée par les ouvrages, mesures bathymétriques du lit, etc.) afin d'appréhender le temps de latence et de rémanence du système suite à l'arrêt des exploitations, à l'installation d'ouvrages, etc. Enfin, il est recommandé de mener une étude hydro-morphosédimentaire complète autour de l'embouchure du Golo visant à améliorer la connaissance de l'impact des tempêtes et des crues sur le système plage – dune et des interactions entre dérive littorale et apports fluviaux.

Dans le contexte de changement climatique actuel, l'amélioration des connaissances avec notamment l'identification et la quantification des sources de sédiments ainsi que des facteurs anthropiques qui les favorisent ou les réduisent est essentielle afin de mettre en place une gestion intégrée de cette ressource et des problématiques d'érosion marine.

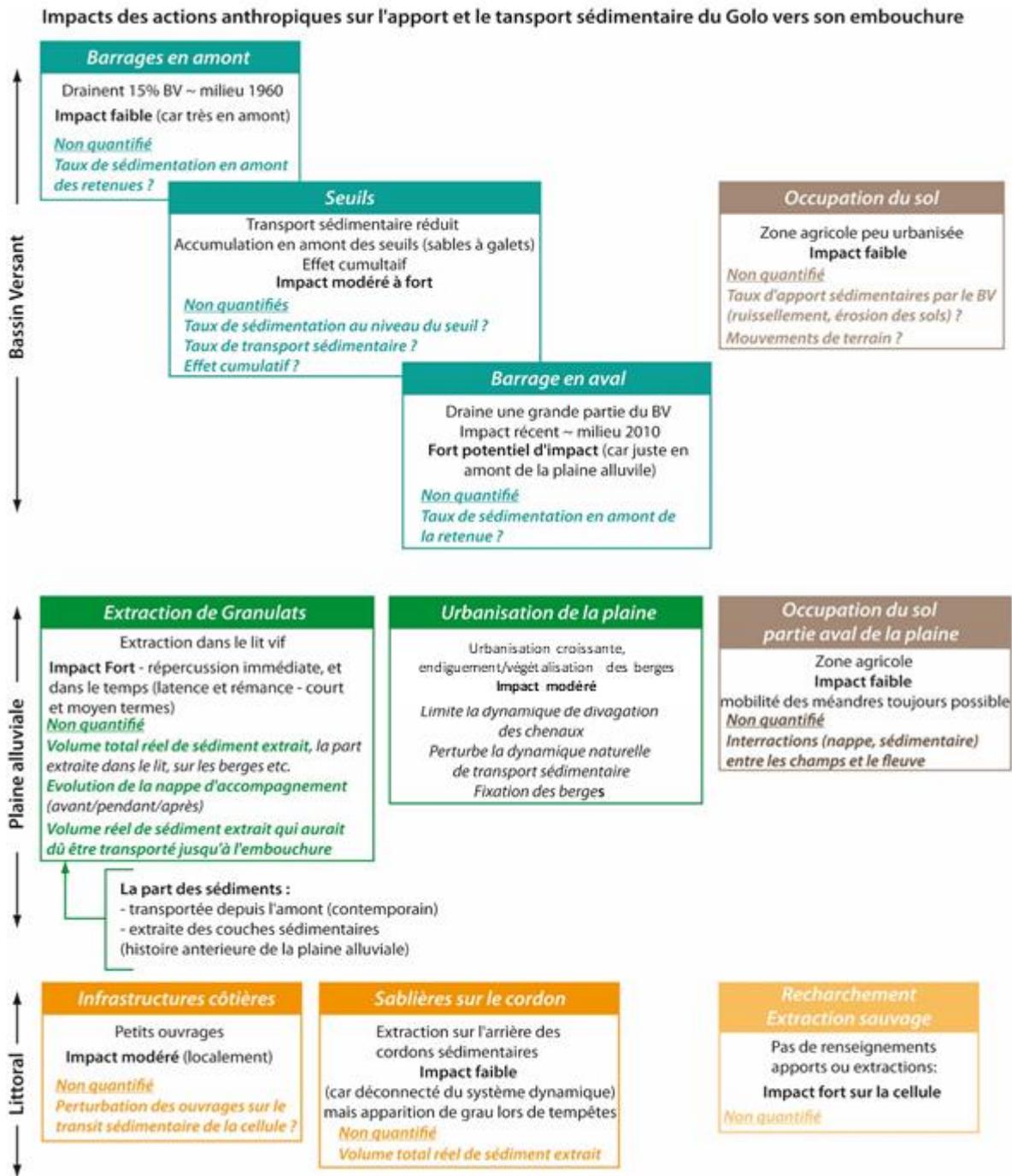


Figure 1 : Synthèse de l'impact potentiel des différentes actions anthropiques le long du cours d'eau.

Sommaire

Synthèse	3
Introduction	13
1. Les systèmes côtiers et les facteurs d'évolution.....	17
1.1. PRINCIPE D'UN SYSTEME COTIER	17
1.2. LES FACTEURS NATURELS D'EVOLUTION	18
1.2.1. Les variations climatiques	18
1.2.2. Influence des hydrosystèmes	20
1.3. LES FACTEURS ANTHROPIQUES	20
1.3.1. L'usage et l'occupation du sol sur le bassin versant	21
1.3.2. Les aménagements hydrauliques.....	22
1.3.3. Les exploitations de granulats en lit vif.....	22
1.3.4. Les ouvrages et aménagements sur la bande littorale	23
2. Histoire du Golo et édification de sa plaine alluviale	27
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT	27
2.1.1. Géologie et géomorphologique du bassin versant	27
2.1.2. Climatologie et régime hydraulique actuel du Golo	29
2.2. CONSTRUCTION DE LA PLAINE MARANA-CASINCA AU COURS DES 85 000 DERNIERES ANNEES	32
2.3. LA PLAINE MARANA-CASINCA ET LES FORMATIONS LITTORALES HOLOCENE...	33
2.4. EVOLUTION DEPUIS LA PERIODE ANTIQUE JUSQU'A AUJOURD'HUI	35
2.5. EVOLUTION AU COURS DES TROIS CENTS DERNIERES ANNEES.....	38
2.6. SYNTHESE ET CONCLUSION SUR L'EVOLUTION HISTORIQUE DU GOLO.....	39
3. L'évolution récente du Golo et occupation humaine.....	40
3.1. EVOLUTION RECENTE DU LIT DU FLEUVE	40
3.2. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT ET DE LA PLAINE ALLUVIALE	43
3.2.1. Déprise agricole dans les reliefs et agriculture intensive dans la plaine (début- milieu du XX ^{ème}).....	43
3.2.2. Travaux d'irrigation dans la plaine (début XIX ^{ème})	44
3.2.3. Urbanisation récente (milieu XX ^{ème})	45
3.3. LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE FLEUVE	47

3.3.1. Les barrages en amont	48
3.3.2. Les seuils hydrauliques et les pompages d'eau du Golo	49
3.3.3. Barrage et seuil de Lucciana.....	51
3.4. LES EXPLOITATIONS DE GRANULATS DANS LE FLEUVE.....	53
3.5. SYNTHÈSE ET CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU GOLO.....	56
4. Evolution récente du littoral	59
4.1. LES ÉTUDES EXISTANTES ET NATURE DES DONNÉES DISPONIBLES	59
4.2. LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE ET LES FACTEURS IMPLIQUÉS DANS L'ÉVOLUTION DU LITTORAL	61
4.3. LES AGENTS NATURELS INFLUENÇANT LE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE	64
4.3.1. Conditions hydrodynamiques moyennes	64
4.3.2. Conditions hydrodynamiques extrêmes	65
4.3.3. Facteurs anthropiques influençant la dynamique sédimentaire	66
4.4. ÉVOLUTION DU LITTORAL	69
4.4.1. Evolution du littoral depuis 1937	69
4.4.2. Evolution de l'embouchure du Golo	77
4.5. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS SUR L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU LITTORAL	79
5. Discussion et recommandations.....	81
6. Bibliographie	87

Liste des figures

Figure 1 : Synthèse de l'impact potentiel des différentes actions anthropiques le long du cours d'eau.....	5
Figure 2 : Localisation de la plaine de la Marana-Casinca avec les suivis du ROL et d'ADAPTO.....	14
Figure 3 : Illustration des dégradations sur les infrastructures côtières de protection contre l'érosion marine (lotissement de Pineto à 2km environ au nord de l'embouchure , commune de Lucciana, février 2021).	14
Figure 4 : Les grandes familles de facteurs de forçage agissant sur l'évolution du littoral (Adapté depuis Garcin & Le Cozannet 2013).	17
Figure 5 : Evolution du niveau relatif de la mer en Méditerranée au cours des 85 000 dernières années.	19
Figure 6 : Schéma conceptuel de l'influence des hydrosystèmes (bassin versants et rivières) sur l'évolution des zones d'embouchure.....	21
Figure 7 : Blocage sédimentaire lié à l'implantation (à gauche et en haut à droite) d'un ouvrage longitudinal (mur, enrochement) et (à droite) d'ouvrages transversaux (épi, jetée) – modifié d'après Paskoff, 2010.....	24
Figure 8 : Evolution du littoral de part et d'autre de l'ouvrage portuaire de Taverna en Haute-Corse (entre 1937 et 2019) qui illustre l'accrétion et l'érosion de part et d'autre de l'ouvrage sur plus de 1 km, Paquier et al., (en cours).....	24

Figure 9 : Exemple de la dynamique naturelle de l'embouchure de la lagune du Goulet de Miquelon illustrant la cyclicité de migration du chenal, la migration des paquets de sable et le by-pass sédimentaire de part et d'autre de l'embouchure (Billy et al., 2019).....	25
Figure 10 : Carte du contexte géographique et hydrographique du bassin versant du Golo et de la plaine Marana-Casinca.....	27
Figure 11 : Naissance du Golo au pied de la Paglia Orba, complexe volcanique du Monte Cinto (photo © M. Geneviev, 2014).	28
Figure 12 : Carte géologique simplifiée du bassin versant du Golo, source carte géologique harmonisée 1/50 000, BRGM, 2010.	29
Figure 13 : Moyennes des précipitations enregistrées à la station de Bastia Poretta entre 1981 et 2020 (www.infoclimat.fr).	30
Figure 14 : Données de débit moyen mensuel du Golo mesurées à la station de Barchetta (1961 - 2020), source http://www.hydro.eaufrance.fr/	30
Figure 15 : Débits maximaux instantanés de crues entre 1961 et 2020 à la station hydrométrique de Barchetta https://www.vigicrues.gouv.fr/	31
Figure 16 : Chronologie des dépôts depuis 85 000 ans sur la plaine Marana-Casinca (N3-N6) et en mer à l'extrémité du Golo (U1-U4), en fonction des variations du niveau relatif de la mer et des périodes climatiques (MIS1 à MIS5) – Basé sur les travaux synthétiques de Sømme et al., 2011.	32
Figure 17 : Répartition des dépôts sédimentaires le long du Golo et sur la plaine alluviale (N2 à N6) ainsi que les dépôts littoraux récents (Sømme et al., 2011 ; Lahondère et al., 1994 ; Rossi et al., 1994 ; Rossi et al., 2001)	33
Figure 18 : Chronologie des dépôts depuis 25 000 ans sur la Plaine du Golo. On distingue la période du MIS2 (25 000 à 11 700 ans) avec des dépôts sur la plaine alluviale N5 et N6 ainsi que les dépôts concordants en mer sur le plateau continental U2 et U3, respectivement associés à une phase de bas niveau marin et de remonté rapide du niveau marin ; et la période MIS1, qui correspond à l'Holocène (11 700 ans à l'actuel), avec la formation récente du littoral ainsi que les dépôts sur le plateau continental U4, associés à une phase de haut niveau marin.	34
Figure 19 : Cartographie des dépôts Tardiglaciaire et Holocène recouvrant les dépôts alluviaux plus anciens sur la plaine Marana-Casinca. En jaune les dépôts littoraux, en vert foncé les zones de marais et en vert clair les dépôts fluviaux les plus récents (Forzoni et al., 2015).	35
Figure 20 : Illustration de la position du trait de côte et des cordons littoraux lors de l'Antiquité ainsi que de l'ancienne embouchure de Tanghiccìa (Vella et al., 2016).	36
Figure 21 : Chronologie des principales étapes de l'occupation de la Plaine du Golo.	37
Figure 22 : Cartographie de la Plaine du Golo illustrant les structures littorales (les crêtes des cordons) et les positions du chenal en 1796 (plan terrier), 1864 (carte historique de l'état-major) et 2007 (ortho-photos IGN) – Base cartographique Scan25 IGN.....	38
Figure 23 : Cartographie des paléochenaux du Golo et du lit principal 1948 (blanc) et de l'évolution par rapport à 2016 (flèches rouges qui indiquent le sens de migration des méandres).....	41
Figure 24 : Bathymétrie du lit du Golo (2019, Geneviev, en cours).....	42
Figure 25 : Illustration de l'abandon des terrasses entre le milieu du XX ^{ème} (à gauche) et le début du XXI ^{ème} siècle (à droite), issue du portail de l'IGN « remonter le temps » (secteur de Fontanone, commune de Prunelli-di-Casacconi).	44
Figure 26 : Exemple du réseau de canaux d'irrigation construits à l'ouest de l'étang de Biguglia au nord du Golo (Jaujou, 1954).	44

Figure 27 : Illustration de l'évolution de l'urbanisation dans la plaine alluviale par comparaison des orthophotographies de l'IGN (1950 à gauche, 2019 à droite, https://remonterletemps.ign.fr , principales zones urbaines encerclées en rouge).	46
Figure 28 : Carte de l'occupation des sols et des usages actuels dans le bassin versant du Golo (Source Corine Land Cover).....	47
Figure 29 : Pont de Casamozza au premier plan, pont ferrovière au second plan, vue vers le sud (Corse-Matin, 2020).	47
Figure 30 : Carte de localisation des ouvrages hydrauliques présents sur le cours principal du Golo.....	48
Figure 31 : A gauche : Le barrage de Calacuccia sur le Golo depuis la rive droite (photo © Pierre Bona, 2011). A droite : Barrage de Coscia (photo © Pierre Bona, 2010).	49
Figure 32 : Photo du Golo et du seuil de Ponte-Leccia (photo © C. Coutin, 2019).	50
Figure 33 : Photo de la prise d'eau de Prunelli di Casacconi, source OEHC (dossier de réhabilitation de la prise du Golo, OEHC 2015).	50
Figure 34 : Localisation des zones de prélèvements par Kyrnolia et la CCMG (Corbier et Laurencelle, 2021).	51
Figure 35 : Photo du barrage de Lucciana (photo © M.Genevier, 2019).	52
Figure 36 : Seuil de Lucciana, Casanova (Scan 25 et Orthophoto 2017 IGN).	52
Figure 37 : Photos de l'environnement immédiat des installations de la dernière gravière du Golo, vue vers l'est (extrait de la Demande d'ouverture d'une carrière de granulats sur la commune de Monte au lieu-dit "Brancale", 1987, Archive DREAL).	53
Figure 38 : Carte de localisation des gravières exploitants le lit du Golo ou une frange du littoral.....	54
Figure 39 : Schéma de la modification de la morphologie du Golo après extraction - Relation entre l'abaissement du fond du lit et celui de la nappe phréatique (Abignoly et al., 1977).....	55
Figure 40 : Les cellules sédimentaires de la Plaine orientale Corse (Stepanian et al., 2010).	60
Figure 41 : Profils types de plage méditerranéens avec une configuration à 2 barres sous-marines (profil du haut) et avec la présence d'herbiers et de banquettes de posidonie (profil du haut)...	62
Figure 42 : Profil transverse barre – plage – avant-côte au niveau du lido en face la lagune de Biguglia (Balouin et al., 2012).	62
Figure 43 : Microfalaise en pied de dune due à l'érosion et au recul du trait de côte (nord de l'embouchure du Golo, juillet 2019).	64
Figure 44 : Rose des houles mesurées à Alistro (CANDHIS) entre le 01/11/2013 et le 31/12/2019.....	65
Figure 45 : Chronique des tempêtes enregistrées à la bouée Alistro (réseau CANDHIS, CEREMA) entre novembre 2013 et décembre 2019 ; modifiée depuis Stepanian et Belon (2017).	65
Figure 46 : Localisation et nature des ouvrages longitudinaux et transversaux sur le littoral a proximité de l'embouchure du Golo.....	67
Figure 47 : Enrochement au droit de Cap Sud (juste après la tempête Adrian le 30/10/2018 à gauche, après sa restauration et l'accrétion de la plage le 24/03/2021).	68
Figure 48 : Exemple d'ouvrage et d'impact (flèches rouge : recul trait de côte) au droit du lotissement PIneto (Commune de Lucciana).	68
Figure 49 : Evolution du trait de côte de 1937 à 2019 sur le littoral de la plaine de Marana-Casinca.....	70
Figure 50 : Evolution du trait de côte sur les périodes 1937-2019, 1937 – 1982 et 1982 – 2019. La largeur des bâtonnets représente la zone de divagation du trait de côte sur la période concernée. La colonne de droite représente la position des traits de côte de 1937, 1948 et 2019 sur un zoom de la zone sous l'influence directe de l'embouchure.	72

Figure 51 : Taux d'évolution du trait de côte bas calculé sur la période 2002 – 2021 à partir des mesures DGPS réalisées quasi-annuellement dans le cadre du ROL (Mugica et al., en cours).....	73
Figure 52 : Localisation des profils sur lesquels a été analysée l'évolution dans le temps de la position du trait de côte (trait de côte issus de la digitalisation des orthophotographies en rouge, issus des suivis DGPS du ROL en vert).	73
Figure 53 : Evolution dans le temps de la position du trait de côte sur plusieurs profils autour de l'embouchure du Golo et représentation des facteurs potentiels anthropiques et climatiques (tempête étoiles bleu, crues étoiles rouge).....	75
Figure 54 : Evolution dans le temps de la position du trait de côte au niveau des deux profils du ROL sur le site du Lido de la Marana.....	76
Figure 55 : Dynamique naturelle d'ouverture et de fermeture de l'embouchure du Golo, formation de flèches sédimentaires rives nord et sud, entre Novembre 2018 et Mai 2020.	78
Figure 56 : Synthèse de l'impact potentiel des différentes actions anthropiques le long du cours d'eau dans la zone du bassin versant, la plaine alluviale et le littoral (<i>couleurs en lien avec le texte synthétique du Chapitre 4</i>).....	84

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débits de crue du Golo (loi de Gumbel - septembre à août) - calculées sur 57 ans à la station hydrométrique de Barchetta, disponibles sur le site https://www.vigicrues.gouv.fr/	31
Tableau 2 : Synthèse des données de photographies aériennes et des ortho-photographies (IGN) utilisées pour l'analyse.....	70

Liste des annexes

Annexe 1 Interprétation de profils sismiques marines en mer illustrant les dépôts en mer face à l'embouchure du Golo.....	91
Annexe 2 Carte de l'état-major de la Plaine du Golo de 1864.....	93

Introduction

Le littoral de la plaine « Marana-Casinca » édifée et parcourue par le fleuve du Golo (le principal de Corse), se caractérise par une côte basse meuble ouverte sur la mer Tyrrhénienne et s'étend sur un linéaire de 30 km environ (Figure 2). Cette côte constituée d'un système de plage et de dune, sableux et très mobile, connaît par endroits des évolutions parmi les plus fortes du littoral de Corse (évolution du trait de côte jusqu'à -1,25 m/an). Exposée aux aléas¹ érosion et submersion marines, elle est par endroit fortement artificialisée (infrastructures touristiques, quartiers résidentiels, structures de protection côtières, etc.). Les enjeux² humains qui occupent la dune engendrent un risque³ prégnant comme en témoignent les indicateurs géomorphologiques (falaises dunaires, plages étroites, arbres déracinés, etc.), l'enregistrement des impacts des tempêtes historiques (Mugica et Laigre, 2019 par exemple) ainsi que la présence de structures de protection côtière à proximité et sous l'influence de l'embouchure du Golo (enrochements, murs, sacs de sables tels que par exemple au niveau du lotissement Pineto sur la commune de Lucciana, à environ 2km au nord de l'embouchure, Figure 3).

Les suivis géomorphologiques réalisés au DGPS quasi-annuellement depuis une vingtaine d'années par le BRGM en partenariat avec l'Office de l'Environnement de la Corse dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de Corse (ROL), sur le lido de la Marana (plaine de la Marana, en bleu sur la (Figure 2) mettent en évidence des **reculs du trait de côte** de 30 à 50 m. Sur des périodes plus longues, les reculs observés à partir d'orthophotographies entre 1937 et 2019 atteignent 60 et 130 m respectivement au sud et au nord de l'embouchure. Ces données (DGPS et orthophotographies) mettent surtout en évidence une **grande variabilité spatiale et temporelle des évolutions géomorphologiques**.

La zone de l'embouchure (largeur de 500 m environ), particulièrement marquée par cette variabilité avec des spécificités qui lui sont propres et qui sont mal connues (probable cyclicité, inversion de la dérive littorale, phénomènes de convergence des vagues, édification et divagation de flèches sableuses, systèmes de bancs de sables obliques à la côte, etc.), présente **un bilan à l'érosion avec des taux de recul du trait de côte parmi les plus importants des sites du ROL suivis en Corse (jusqu'à -2 m/an)**. La gestion intégrée de cette zone côtière ainsi que la prévention des risques côtiers requièrent l'amélioration de la connaissance de la dynamique et du fonctionnement hydro-morphosédimentaire de cette embouchure et du littoral adjacent. Le littoral sous l'influence directe de la dynamique de l'embouchure semble s'étendre sur 2,5 km environ au nord et 1 km au sud (en rouge sur la (Figure 2). Au-delà, cette influence semble plus diffuse sur la géomorphologie du système plage/dune ainsi que sur ses évolutions.

Les interactions complexes entre les facteurs météo-marins, morphosédimentaires, fluviaux et anthropiques ont induit le besoin d'analyser en particulier la **contribution de l'hydrosystème⁴ continental du Golo** à l'évolution du littoral de la plaine Marana-Casinca.

¹ Un aléa est un phénomène naturel défini par une intensité et une probabilité d'occurrence.

² Un enjeu est un bien humain (infrastructures) ou environnemental (zone protégée) vulnérable à un aléa.

³ Le risque résulte du croisement des aléas et des enjeux et se définit par une éventualité d'occurrence. Par exemple en l'absence d'enjeu, il n'y a pas de risque.

⁴ Définition de hydrosystème p 13

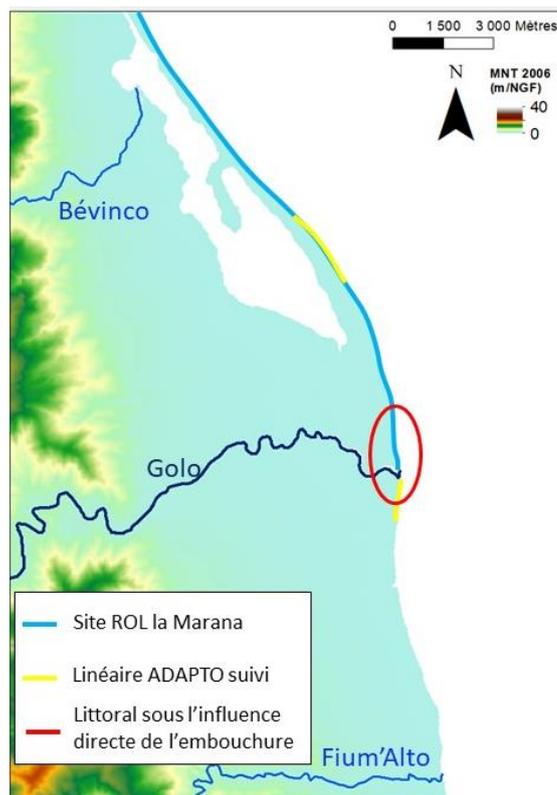


Figure 2 : Localisation de la plaine de la Marana-Casinca avec les suivis du ROL et d'ADAPTO.



Figure 3 : Illustration des dégradations sur les infrastructures côtières de protection contre l'érosion marine (lotissement de Pineto à 2km environ au nord de l'embouchure , commune de Lucciana, février 2021).

Le Conservatoire du Littoral propriétaire de plusieurs espaces naturels aux abords de l'embouchure du Golo mène, en partenariat avec le BRGM, un projet LIFE⁵ ADAPTO (2017 – 2021) dont la plaine Marana-Casinca est l'un des dix sites pilotes (site nommé « Delta du Golo »). Ce projet concerne l'adaptation au changement climatique notamment à partir d'une gestion souple du trait de côte et repose entre autre, sur un volet assuré par le BRGM pour l'amélioration de la connaissance du fonctionnement hydro-morphosédimentaire. Pour cela, le BRGM réalise des suivis géomorphologiques semestriels spécifiques et mutualisés avec ceux du ROL sur le Lido de la Marana (en jaune sur la Figure 2). En parallèle et en complément à ce projet, le Conservatoire du Littoral et le BRGM ont décidé⁶ de mener une étude concernant plus spécifiquement la **contribution du fleuve du Golo à l'évolution du littoral adjacent à son embouchure (Haute-Corse).**

⁵ LIFE est un programme de financement européen dans les domaines de l'environnement et du climat.

⁶ Convention de recherche et développement partagée signée le 19/09/2019, projet BRGM AP19BAS011

Ce travail est avant tout un état des connaissances, qui vise à rassembler les divers éléments existants sur le Golo. L'objectif est de **déterminer le rôle** (potentiel ou réel) **que peut jouer le fleuve Golo, et les différents facteurs naturels ou anthropiques qui le contraignent dans l'évolution récente et actuelle du littoral.**

Cette étude a pour objectif de :

- (1) Synthétiser **l'état des connaissances géologiques et géomorphologiques sur l'édification de la plaine Marana-Casinca et du cordon littoral** ;
- (2) Présenter les **principaux facteurs pouvant influencer l'évolution du littoral autour de l'embouchure du Golo** ;
- (3) **Inventorier les actions et activités anthropiques** sur le bassin versant et le fleuve Golo susceptibles de contribuer à l'évolution récente du littoral à proximité de son embouchure.

Le Golo court sur environ 90 km et prend sa source à un peu plus de 2 000 m d'altitude (au sud de la cime du Paglia Orba, sur le versant sud-est du Capu Tafunatu dans le massif du Monte Cinto ; [Figure 10](#)). Du fait de son emprise avec un bassin versant de 1069 km², il couvre des milieux différents allant de la haute montagne à la plaine et traverse des domaines géologiques variées (i.e. granites, gneiss, schistes, conglomérats, etc. ; c.f. *section 2.1. Géologie et géomorphologie du bassin versant*). Le bassin versant est par ailleurs affecté par une anthropisation plus ou moins marquée selon les lieux et les époques. Enfin, la taille importante du bassin versant implique que certains événements peuvent engendrer des effets à l'amont qui auront des répercussions différées dans le temps dans la partie la plus à l'aval. Il s'agit par exemple d'un apport accru de sédiment lié à une activation de l'érosion dans les affluents amont du Golo qui mettront plusieurs dizaines à centaines d'années pour atteindre l'embouchure. Ces effets à l'aval perdureront bien après la disparition des causes amonts. Le décalage temporel est un **temps de latence** et l'étalement des effets après disparition de leur cause peut être qualifié de **rémanence**. Temps de latence et rémanence justifient de replacer l'évolution récente du Golo dans une temporalité plus longue incluant la partie supérieure du Pléistocène et l'Holocène.

Ce rapport est donc constitué de 4 parties :

La **1^{ère} partie : Les systèmes côtiers et les facteurs d'évolution**, pose les bases des connaissances en ce qui concerne les facteurs naturels d'évolution et les facteurs anthropiques qui contribuent à l'évolution d'un système côtier.

La **2^{nde} partie : Le Golo**, présente le contexte et les différents facteurs d'évolution du Golo et de son bassin versant à différentes échelles de temps emboîtées. A chaque période correspond des contraintes, des caractéristiques et des forçages spécifiques :

- Du **dernier glaciaire à l'interglaciaire actuel** (de - 85 000 ans à l'actuel) : la mise en place de la plaine côtière et les fluctuations du niveau marin à grande échelle,
- **L'Holocène** qui correspond à l'interglaciaire actuel (de -12 000 ans à l'actuel) : la dynamique du cordon littoral avec un niveau marin proche de l'actuel,
- La **période antique** avec l'arrivée des romains sur la plaine alluviale (il y a 2 000 ans), et l'influence de phases climatiques,
- Les **deux derniers siècles** avec l'augmentation de l'anthropisation du bassin versant et la transition avec la fin du Petit âge Glaciaire,

- Les **dernières décennies** qui héritent de la forte anthropisation du bassin versant, des rivières et du littoral avec les problématiques de mobilité côtière associées.

La **3^{ème} partie : *L'évolution du littoral de la plaine Marana-Casinca***, porte sur les évolutions plus récentes du littoral de cette plaine (70 ans) et particulièrement du trait de côte. La dynamique hydro-morphosédimentaire de l'embouchure et du littoral de la plaine Marana-Casinca ainsi que les facteurs météo-marins qui la contrôlent ne font pas l'objet de cette présente étude. Néanmoins, un état des connaissances issues d'études antérieures ou en cours du BRGM pour l'Office de l'Environnement de la Corse et la DDTM de Haute-Corse sera synthétisé dans cette partie.

La **4^{ème} partie : *Discussion et recommandations***, permet de mettre en lumière les éléments contribuant à l'évolution du littoral autour de l'embouchure du Golo. Les actions et recherches qui pourraient être menées afin d'affiner les éléments de compréhension de l'évolution du littoral sont présentées.

1. Les systèmes côtiers et les facteurs d'évolution

1.1. PRINCIPE D'UN SYSTEME COTIER

Le littoral est l'interface entre l'océan et le domaine terrestre. Il est influencé par ces deux domaines. L'évolution des littoraux et notamment de la ligne de rivage est sous le contrôle de différents facteurs de forçage et des processus globaux et locaux (Figure 4) :

- 1) Le **climat** qui conditionne le régime des vents, les climats de vagues, les pluies, les événements extrêmes... ;
- 2) Les **processus de géodynamique externe continentaux et marins** comme l'érosion, l'accrétion, l'altération, le transport sédimentaire, ... ;
- 3) Les **processus de géodynamique interne** comme la tectonique des plaques, les mouvements verticaux, le volcanisme... ;
- 4) Les **processus biologiques** qui participent entre autres aux bilans sédimentaires (apports bioclastiques, récifs coralliens...) ou contribuent à protéger les littoraux contre la dynamique marine (récifs, herbiers de phanérogames marines, végétation de marais salé, ...) ;
- 5) Les **actions et aménagements anthropiques** aussi bien à l'échelle locale (aménagements côtiers et portuaires, de protection contre l'érosion, extraction de granulats, barrage sur les fleuves, occupation et l'exploitation du sol...) que global (impact des activités humaines sur le changement climatique par exemple).

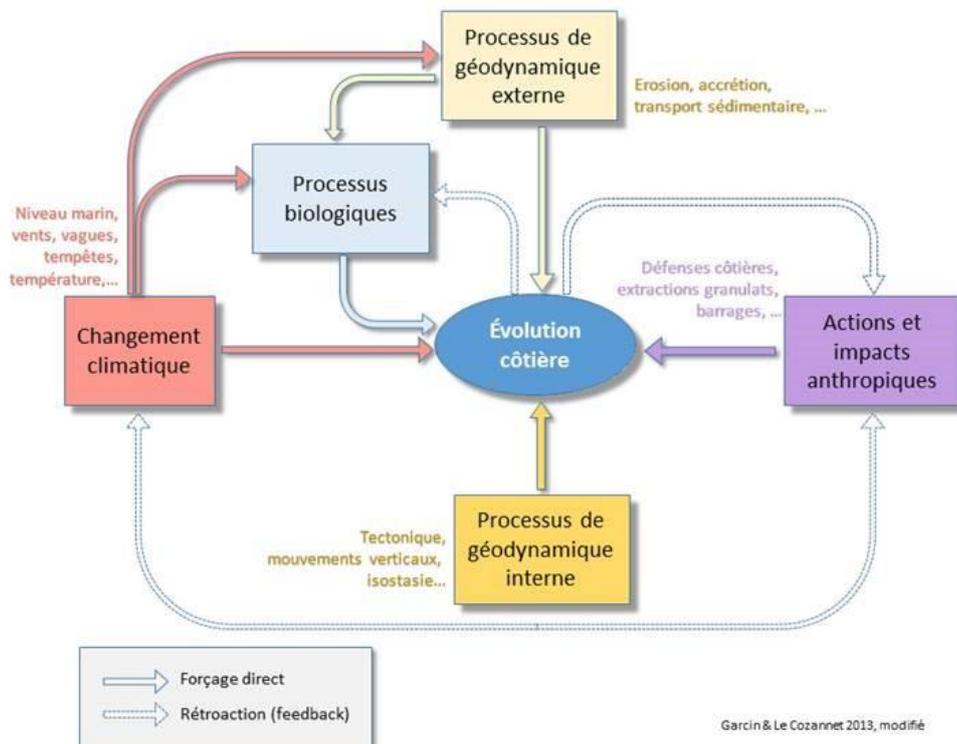


Figure 4 : Les grandes familles de facteurs de forçage agissant sur l'évolution du littoral (Adapté depuis Garcin & Le Cozannet 2013).

Cet ensemble complexe, formé par les structures sédimentaires littorales et influencé par ces processus et facteurs qui le transforment et le font évoluer, peut être défini comme étant le « système côtier ». L'étude du comportement du littoral et l'identification des causes aboutissant à son évolution sont rendues difficiles par le nombre de facteurs et de processus qui les affectent. Des interactions et des rétroactions existent entre certains processus (Figure 4) rendant leurs évolutions temporelles complexes. Par exemple, l'évolution autour de l'embouchure d'un fleuve est liée d'une part aux facteurs et événements météo-marins mais aussi aux apports solides issus de ce fleuve ou qui transitent le long du littoral. Ces apports conditionnent le budget sédimentaire au niveau du littoral et donc en partie l'état de santé du littoral (recul, stabilité, avancé ; déficit ou excédant sédimentaire).

Afin de mieux cerner les causes de l'évolution actuelle d'un segment littoral, il est nécessaire dans un premier temps de **replacer le site dans son contexte** et dans sa **trajectoire évolutive à long terme** afin d'identifier les principaux moteurs jouant sur son évolution. Il est ensuite nécessaire, par une analyse à des échelles spatiales et temporelles emboîtées, de resserrer l'analyse pour descendre au niveau de résolution recherchée.

1.2. LES FACTEURS NATURELS D'EVOLUTION

L'évolution d'un littoral proche d'une embouchure est le résultat de multiples facteurs qui entrent en jeu et qui contribuent à la dynamique du système. Les facteurs sont à la fois globaux, comme l'évolution du niveau de la mer, les grandes variations climatiques (Figure 5) et également des facteurs locaux, comme les caractéristiques de l'hydrosystème⁷ (Figure 6).

1.2.1. Les variations climatiques

De **grandes variations climatiques** se sont produites au cours de la période Quaternaire. Elles se sont manifestées par **une alternance de phases glaciaires et interglaciaires** impliquant des variations **importantes des températures, du climat et du niveau relatif de la mer**.

Les variations moyennes passées des températures à l'échelle globale sont déterminées en observant les variations des proportions des isotopes de l'oxygène (¹⁶O et ¹⁸O) au sein de carottes de glaces et de sédiments du fond des océans. Les différentes phases climatiques sont nommées *Marine Isotope Stage* (MIS_numéro), le numéro s'incrémentant en remontant dans le temps à partir de la période actuelle l'Holocène (MIS 1). Les carottes sédimentaires réalisées sur le continent, dans les remplissages lacustres, fluviaux, dans les tourbières et marais etc., permettent par ailleurs de caractériser les impacts climatiques sur les processus morphogénétiques (érosion, sédimentation, etc.) et sur les paysages et la végétation (par analyse palynologique, datation radiocarbone...). Ainsi, différents cycles glaciaires et interglaciaires sont identifiés et caractérisés, que ce soit en domaine continental ou marin. La **dernière période glaciaire est nommée Würm**, dont la terminologie repose sur les observations de la baisse importante des températures moyennes et du développement des glaciers dans le massif alpin.

La période observée dans le cadre de cette étude porte sur les 85 000 dernières années. Sur ce laps de temps on dénombre 5 cycles MIS, englobant la **dernière période glaciaire Würm et interglaciaire actuelle**. (Figure 5).

⁷ Un hydrosystème est un système composé de l'eau et des milieux aquatiques associés dans un secteur géographique délimité, notamment un bassin versant, qui regroupe un ensemble d'eau courante, d'eau stagnante, semi-aquatiques, terrestres, tant superficiels que souterrains et leurs interactions. Le concept d'hydrosystème insiste sur la notion de système et sur son fonctionnement hydraulique et biologique qui peuvent être modifiés par les actions de l'homme. Un hydrosystème peut comprendre un ou plusieurs écosystèmes. <https://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/h/hydrosysteme>

- **Le cycle MIS 5** est le plus ancien et correspond au **début du Würm** (ou aussi nommé Pré-Würm) qui s'est terminé il y a 75-74 000 ans. Il se caractérise par un niveau relatif de la mer en Méditerranée qui varie entre -60 et -30 m par rapport au niveau actuel de la mer (NM).
- **Les cycles MIS 4, 3 et 2** correspondent à un **ensemble de cycles de la phase glaciaire du Würm**. Les températures sont plus froides que lors du MIS 5. Le niveau relatif de la mer en Méditerranée baisse pour atteindre son niveau le plus bas -120 m NM il y a 18 000 ans. C'est au cours du MIS 2 que le maximum glaciaire dénommé LGM (LGM : *Last Glacial Maximum*) est atteint. La seconde moitié du MIS 2 (nommée Tardiglaciaire) est marquée par des oscillations climatiques rapides, le niveau relatif de la mer remonte très rapidement et atteint -25 m à la fin du Dryas récent (YD : *Younger Dryas*) soit il y a 11 700 ans. Il marque la fin de la dernière période glaciaire.
- **Le cycle MIS 1** est le cycle le plus récent et correspond à **une phase interglaciaire**. Le MIS1 a débuté il y a 11 700 ans et correspond à la période géologique nommée **Holocène, qui couvre la période actuelle**. Le niveau relatif de la mer en Méditerranée remonte lentement jusqu'à atteindre son niveau actuel (haut niveau marin, avec une estimation +1.8 m au cours des 4 200 dernières années ; [Vacchi et al., 2016](#)).

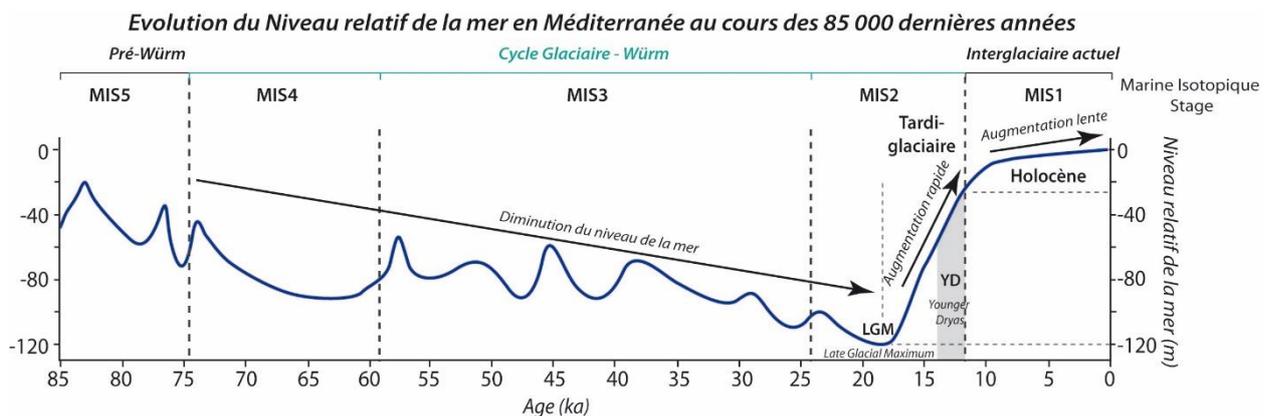


Figure 5 : Evolution du niveau relatif de la mer en Méditerranée au cours des 85 000 dernières années.

Ces grands cycles climatiques (glaciaire-interglaciaire) représentent le facteur dominant à grande échelle spatiale et temporelle qui influence la morphogénèse sur les continents et les dépôts littoraux. Ils vont en effet conditionner les phases d'érosion des reliefs, le transport de sédiments dans les rivières et les fleuves, les dépôts sédimentaires que ce soit sur les versants ou en mer. C'est au cours de l'Holocène, liée à une stabilité relative du niveau de la mer, que les principales structures littorales (barrières littorales, flèches sableuses, systèmes dunaires, plages, etc.) présentes actuellement le long des côtes du monde entier, et donc également en Méditerranée, se sont développées ([Davis and FitzGerald, 2004](#)).

Au sein de ces grands cycles climatiques, des oscillations à plus **courtes échelles temporelles** (plusieurs dizaines à centaines d'années) se produisent. Elles vont directement impacter les conditions climatiques locales. C'est par exemple le cas pour les périodes de :

- **L'Optimum Climatique Gallo-Romain**, de **250 av. J.C. à 400 apr. J.C.** caractérisé par des températures plus douces ;
- **L'Optimum Climatique Médiéval** du X au XIV^{ème} siècle (~950-1350 apr. JC) qui présente un climat plus chaud et sec ;

- **Le Petit-Age Glaciaire entre le milieu XIV et le milieu du XIXème siècle** qui est caractérisé par des hivers longs et froids ainsi que par l'avancée des glaciers d'altitude et la croissance des calottes antarctique et groenlandaise.

Ces variations climatiques ont une répercussion directe sur la pluviométrie, sur les cycles gel-dégel, la végétation, etc. Elles vont ainsi modifier les processus d'érosion des sols, des affleurements rocheux (par la gélifraction notamment) et les mouvements de terrain (fréquence de déclenchement, intensité et dynamique). La production de sédiments dans les bassins versants sera ainsi fortement dépendante de ces variations climatiques. Les débits des rivières et le transport solide associé vont aussi être influencés avec des incidences sur les apports sédimentaires jusqu'à la plaine alluviale et l'embouchure.

1.2.2. Influence des hydrosystèmes

Les débits liquides et la charge solide dans les cours d'eau vont directement dépendre des caractéristiques du bassin versant (*encadrés bleus et verts de la Figure 6*). Des paramètres tels que la superficie, le type de sol, le type de végétation, l'occupation du sol, les conditions climatiques vont conditionner la capacité de production sédimentaire du bassin versant et de transfert des sédiments vers l'aval et le littoral.

Les évènements météorologiques de fortes intensités (fortes pluies) vont directement avoir un effet sur les processus actifs sur le bassin versant et le transport de sédiment par les rivières. Sont par exemple concernés :

- l'activation/déclenchement des mouvements de terrain ;
- l'augmentation de l'érosion surfacique et le lessivage des sols sur le bassin versant ;
- les débits liquides et solides dans les rivières. La contribution en apports solides des bassins versants jusqu'aux rivières est donc plus importante pendant ces épisodes intenses de courte durée. Un évènement de forte intensité peut transporter et apporter plus de sédiments que plusieurs années ou décennies de conditions normales ;
- les dépôts sur la plaine alluviale, les zones inondées et, dans certains cas, de possible cône de dépôts au niveau des embouchures/exutoires.

1.3. LES FACTEURS ANTHROPIQUES

En plus des facteurs naturels qui influencent le système depuis sa formation (*encadrés bleus et verts de la Figure 6*), des facteurs anthropiques agissent soit directement soit indirectement sur l'apport de sédiments par le fleuve jusqu'au littoral (*encadrés jaunes de la Figure 6*). Il s'agit en particulier d'actions anthropiques telles que :

- l'usage et l'occupation du sol sur le bassin versant ;
- les aménagements hydrauliques ;
- les exploitations de granulats dans le lit de la rivière.

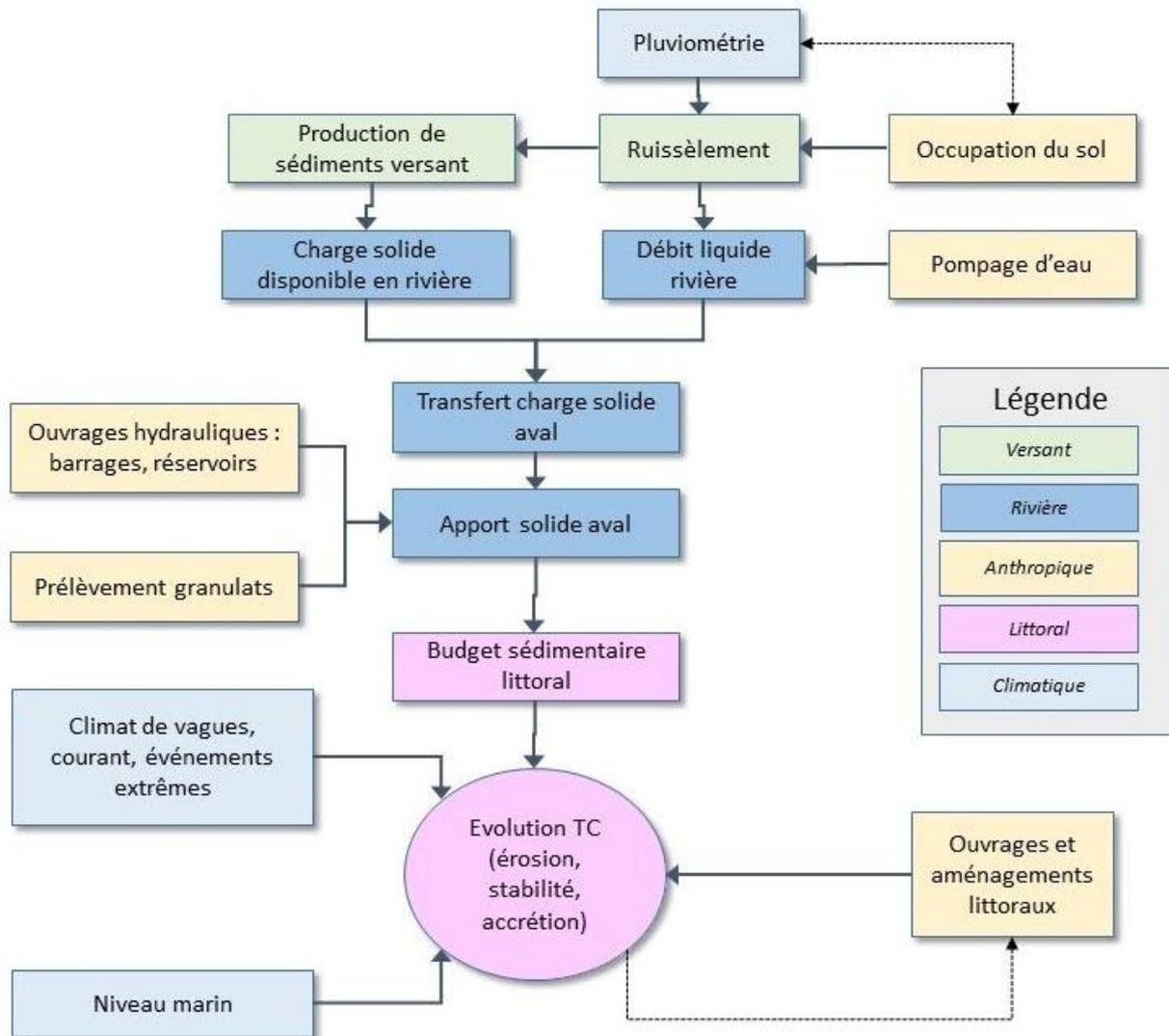


Figure 6 : Schéma conceptuel de l'influence des hydrosystèmes (bassin versants et rivières) sur l'évolution des zones d'embouchure.

1.3.1. L'usage et l'occupation du sol sur le bassin versant

Les phases d'**emprise et de déprise agricole** contribuent à modifier le ruissellement et l'érosion des sols sur les versants (Figure 6). Cette érosion des versants constitue l'une des sources des apports solides jusqu'aux rivières. La modification des pratiques agricoles telle que la mise en place ou l'abandon et la dégradation des cultures en terrasses peut avoir une incidence sur la contribution aux apports solides. Dans les périodes très récentes, le remembrement et la mécanisation de l'agriculture ont pu modifier le ruissèlement et l'érosion des sols et donc indirectement modifier les apports aux rivières. Les phases de forestation ou de déforestation contribuent à modifier les taux d'apports solides des bassins versants aux rivières.

L'urbanisation et l'imperméabilisation des sols, associées à cette urbanisation et au développement du réseau routier, modifient les modalités des écoulements d'eau. Les crues dans les rivières deviennent ainsi plus soudaines et le débit de pointe plus fort.

1.3.2. Les aménagements hydrauliques

Les aménagements hydrauliques (retenues, barrages etc.) réalisés sur les rivières ont pour vocation soit :

- de réaliser un contrôle hydraulique afin de réguler les crues et les inondations et de soutenir les débits d'étiage ;
- de produire de l'énergie hydro-électrique.

Leur premier effet, en régulant/modulant la propagation des ondes de crue, diminue le transport solide par rapport à un régime naturel non contrôlé. Ainsi, ils peuvent modifier les transferts sédimentaires de l'amont vers l'aval jusqu'au niveau des embouchures des fleuves. Leur second effet est le piégeage de sédiment en amont du barrage (colmatage progressif du réservoir) diminuant d'autant la quantité de sédiment se déplaçant vers l'aval. Dans ce cas encore, il y aura une diminution des apports sédimentaires au niveau du littoral.

Les pompages d'eau (agriculture et eau potable) réalisés dans les nappes d'accompagnement⁸ vont modifier le régime d'écoulement des eaux de surface surtout en période d'étiage et peuvent ainsi contribuer à une modification du régime hydraulique des rivières. Leur impact reste plus limité que dans le cas précédent.

1.3.3. Les exploitations de granulats en lit vif

Les prélèvements de granulats (sables et graviers) en lit vif ou sur les basses terrasses des rivières ont été autorisés en France jusqu'en 1994. Ils ont contribué à extraire une partie du stock sédimentaire alluvial. Outre les perturbations induites sur les rivières elles-mêmes, ces prélèvements ont eu pour conséquence de diminuer les apports sédimentaires vers l'aval. Ils ont privé le système d'une quantité de sédiments détritiques (limons, sables, galets...). Ainsi, les apports sédimentaires au niveau de l'embouchure sont moindres (*encadrés jaunes et roses de la Figure 6*) et diminuent le budget sédimentaire disponible autour des embouchures et des littoraux adjacents. Les conséquences de cette diminution du budget sédimentaire sur le littoral peuvent être, en fonction de l'évolution du littoral antérieure à ces prélèvements :

- le déclenchement de l'érosion quand le segment était préalablement stable ou proche de l'équilibre ;
- une augmentation de l'érosion et du recul du trait de côte pour les segments déjà en érosion ;
- une diminution de l'accrétion lorsque le segment était en avancé (progradant).

L'importance de la perturbation induite est parfois difficile à évaluer mais elle est à mettre en relation avec les volumes prélevés et le transport solide du fleuve considéré. L'arrêt des effets induits de ces prélèvements dépend lui aussi de l'état du lit à la fin des extractions, des aménagements du lit qui ont pu être réalisés (ex : végétalisation des berges, fixation des chenaux...) et de l'intensité du transport solide de la rivière. Un point à noter est qu'il peut y avoir **rémanence des effets dans le temps, c'est-à-dire que l'effet se poursuit après l'arrêt de la**

⁸ « La nappe d'accompagnement est la nappe, ou partie de nappe souterraine, qui est en forte liaison hydraulique avec un cours d'eau permanent et dont l'exploitation peut avoir un effet préjudiciable (supérieur à un seuil à définir) sur le débit d'étiage du cours d'eau. » http://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/generalites_relations_nappe_riviere_expert.pdf

cause de la perturbation. Cette rémanence peut être de quelques années à plusieurs décennies.

1.3.4. Les ouvrages et aménagements sur la bande littorale

Les ouvrages et aménagements sur la bande côtière vont également entraver la migration naturelle des entités morphologiques du littoral et le transit sédimentaire le long du rivage. Les infrastructures peuvent être des ouvrages de protection contre l'érosion marine (murs, épis, brises lames, Big-Bags, etc.), contre la submersion marine (dignes, levées, etc.), des ouvrages portuaires ou bien des murs, bâtiments et voies de circulation situés sur le cordon littoral (dune ou plage).

Les ouvrages de protection contre l'érosion côtière sont généralement efficaces pour protéger les enjeux situés directement en arrière, mais ils ont des impacts sur le système à une échelle beaucoup plus large. De plus ils ont une durée de vie limitée et nécessitent un entretien régulier qui devient coûteux. Qu'ils soient transversaux ou longitudinaux ([Figure 7](#)), les ouvrages de protection côtière impactent le transit sédimentaire le long du littoral et ont des effets négatifs à proximité :

- **les ouvrages longitudinaux** (perrés, enrochement, etc. [Figure 7](#)) ont pour but de protéger la côte des impacts directs des vagues. Ils perturbent les échanges transversaux entre la dune et la plage en induisant un abaissement de cette dernière, associé à des affouillements puis à terme déstabilisation de l'ouvrage. Les turbulences également induites aux extrémités de l'ouvrage amplifient les phénomènes d'érosion au niveau des zones non « protégées » ;
- **les ouvrages transversaux** (épis, digues et jetées de port, etc.) bloquent ou limitent le transit sédimentaire naturel⁹. Ils créent une zone de forte accumulation sédimentaire en amont de la dérive littorale et une zone de fort déficit sédimentaire en aval avec une érosion entraînant un recul du trait de côte.

De très nombreux exemples sur tous les types de littoraux montrent des effets de ce type ([Figure 8](#)), faisant suite à l'implantation d'infrastructures portuaires. L'impact de part et d'autres des ouvrages peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres ([Paquier et al., en cours](#)).

Les **facteurs anthropiques** liés à des opérations de gestion du littoral telles que le rechargement, le prélèvement de sédiments ainsi que le nettoyage mécanique des plages (déchets anthropiques ou naturels) sont susceptibles de modifier le budget sédimentaire à l'échelle d'un site voire de la cellule morpho-sédimentaire. Le rechargement artificiel ou *by-pass* mécanique ou hydraulique sont des solutions de protection côtière dites « douces ». Elles peuvent être associées à des restaurations du cordon dunaire (ex. : végétalisation, installations de ganivelles) qui accompagnent les processus naturels de transferts de sables entre la plage et la dune littorale.

⁹ Le transit sédimentaire ou « dérive littorale » est un transport de sédiments qui résulte d'un courant marin longitudinal généré par l'action des vagues obliques à la côte, capables de mettre en suspension des sédiments.

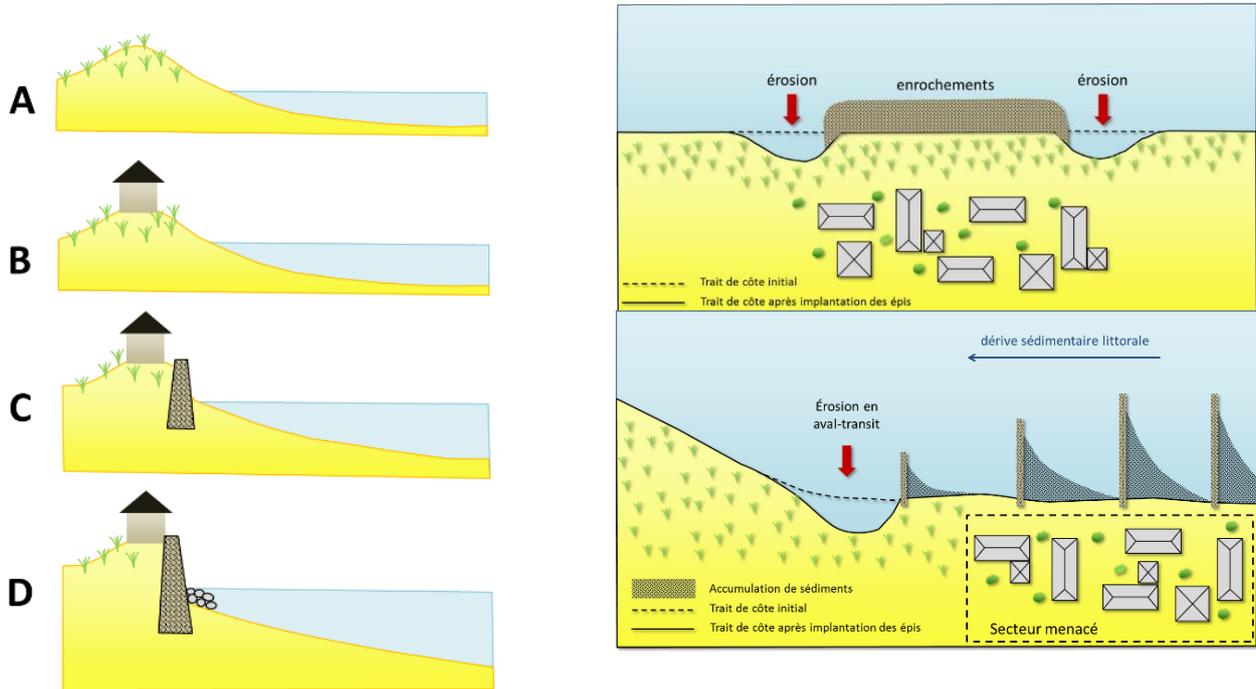


Figure 7 : Blocage sédimentaire lié à l'implantation (à gauche et en haut à droite) d'un ouvrage longitudinal (mur, enrochement) et (à droite) d'ouvrages transversaux (épi, jetée) – modifié d'après Paskoff, 2010.

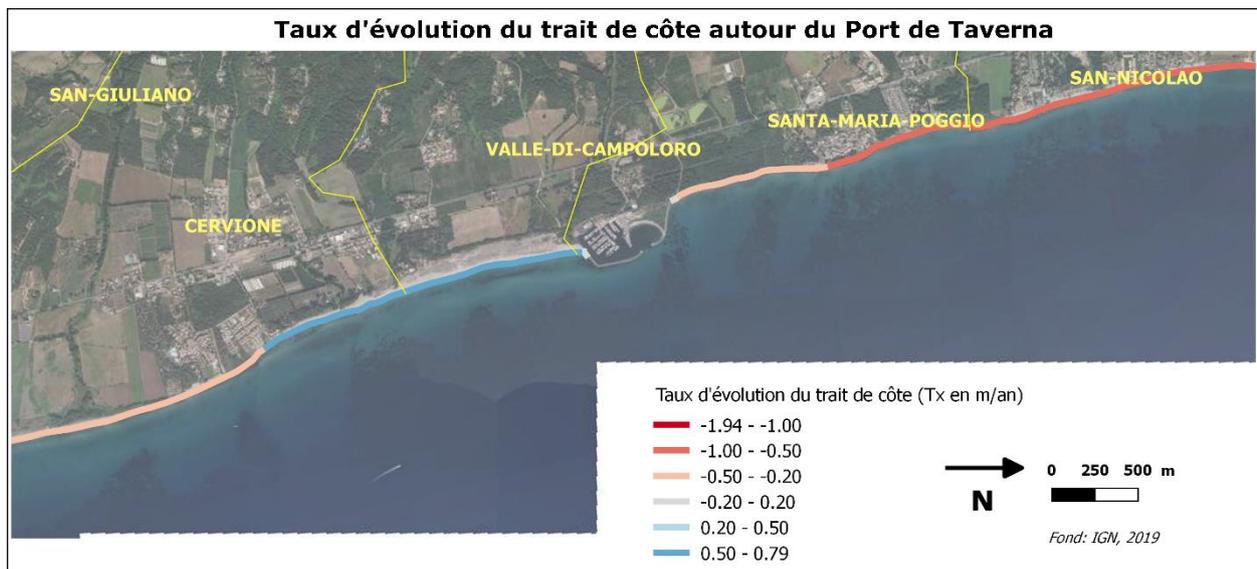


Figure 8 : Evolution du littoral de part et d'autre de l'ouvrage portuaire de Taverna en Haute-Corse (entre 1937 et 2019) qui illustre l'accrétion et l'érosion de part et d'autre de l'ouvrage sur plus de 1 km, Paquier et al., (en cours).

L'urbanisation à proximité des embouchures va également être directement impactée par la divagation naturelle des chenaux, des bancs de sables et des flèches sédimentaires qui constituent un système d'embouchure, et qui sont très mobiles dans le temps. Cette dynamique est essentielle au transport et à l'apport de sédiment sur le littoral.

Ci-dessous, un exemple de cyclicité de l'embouchure du Goulet de Miquelon (Saint-Pierre-Et-Miquelon ; Billy et al., 2019) illustre le transfert sédimentaire par paquet de sable, qui pousse le

chenal à migrer vers la côte, ce qui engendre localement une érosion à proximité de la zone urbaine, puis le chenal bascule et libère le stock de sable qui vient désormais nourrir le littoral (Figure 9). Localement, à proximité des zones urbanisées, se produisent des alternances de phases d'accumulations et d'érosion. En fonction des côtes, des conditions météo-marines et des apports sédimentaires, ces cycles peuvent être longs (dizaines d'années) ou très courts (quelques semaines). **Ceci montre l'importance de connaître préalablement la dynamique de migration de l'embouchure et sa zone de mobilité avant toute implantation ou aménagement.**

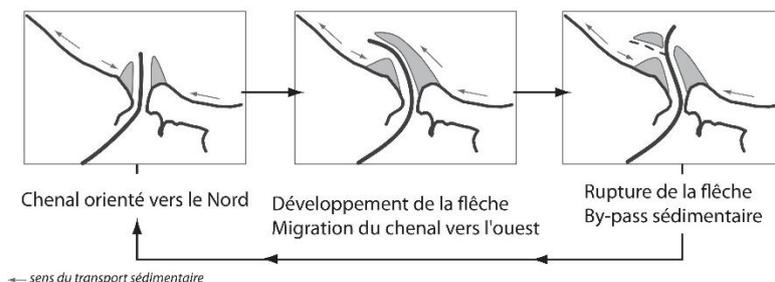


Figure 9 : Exemple de la dynamique naturelle de l'embouchure de la lagune du Goulet de Miquelon illustrant la cyclicité de migration du chenal, la migration des paquets de sable et le by-pass sédimentaire de part et d'autre de l'embouchure (Billy et al., 2019).

2. Histoire du Golo et édification de sa plaine alluviale

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT

2.1.1. Géologie et géomorphologique du bassin versant

Le Golo, *Golu* en Corse, est le plus grand fleuve côtier de l'île (Figure 10). Il prend naissance sur la commune d'Albertacce, à 2 000 mètres d'altitude, au sud de la cime du Paglia Orba (Figure 11) dans le massif du Monte Cinto. Son bassin versant, d'une superficie de 1 069 km², s'étend de la Balagne à la Castagniccia, où les eaux sont drainées par l'Asco à l'ouest, et la Casaluna à l'Est, le second affluent du fleuve. Il traverse une trentaine de communes et présente un linéaire hydrographique de près de 220 km.

Les trois principaux cours d'eau se rejoignent au hameau de Ponte-Leccia (Figure 10). Le Golo se prolonge ensuite séparant la plaine de la Marana au nord de la plaine de la Casinca au sud. L'ensemble formant la plaine de Marana-Casinca est limité au nord par le Bévinco et au sud par le Fium'Alto.

Les eaux du Golo longent le site antique de la Mariana pour se jeter ensuite dans la mer Tyrrhénienne. Tout au long de son parcours de près de 90 km, dont la pente moyenne est inférieure à 4%, le Golo traverse une grande variété de terrains géologiques (Figure 12) selon des géomorphologies très variées. **Les produits de l'érosion de ces terrains constituent les sédiments formant la plaine côtière et le cordon littoral du Golo.**

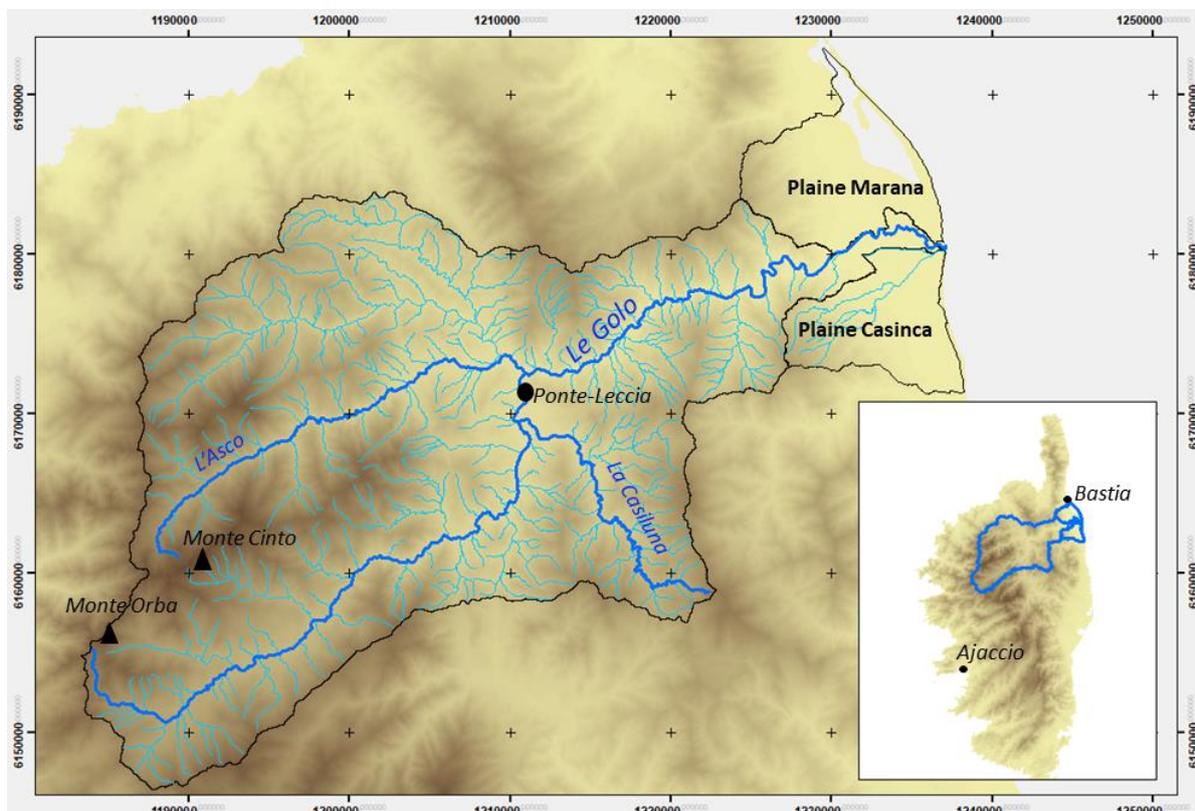


Figure 10 : Carte du contexte géographique et hydrographique du bassin versant du Golo et de la plaine Marana-Casinca.



Figure 11 : Naissance du Golo au pied de la Paglia Orba, complexe volcanique du Monte Cinto (photo © M. Genevier, 2014).

Géologiquement, il est possible de distinguer trois grands domaines (Figure 12) :

- **La moitié ouest** est formée par les massifs montagneux les plus anciens, que l'on nomme communément la Corse « cristalline », ou hercynienne. Ces massifs se sont érigés lors de l'orogénèse varisque à la fin du Paléozoïque. Ils sont identifiables à leurs reliefs abrupts, aux paysages minéraux, majoritairement granitiques, mis à part le Monte Cinto constitué d'un complexe volcanique (rhyolites, ignimbrites) très ancien.
- **De Ponte-Leccia jusqu'à la plaine Marana-Casinca**, les cours d'eau s'écoulent et drainent les fragments des terrains de la Corse dite « alpine » ou « schisteuse ». Ce sont des formations issues de l'orogénèse alpine datée entre le Jurassique et le Crétacé. Les terrains sont plus variés, métamorphiques et composés d'alternances de schistes, de calcaires, de gneiss, et de roches mantelliques basiques et ultra-basiques telles que les basaltes et les serpentinites caractéristiques de la Haute-Corse. Ces formations, en provenance du plancher océanique, ont été charriées en altitude à la fin du Mésozoïque (Crétacé supérieur) lors de la remontée vers le nord de l'Afrique et de la plaque ibérique formant par compression la chaîne pyrénéo-provençale dont la Corse et la Sardaigne font partie. L'ensemble compose un relief un peu plus doux, vallonné, à couvert végétal plus dense.
- **La plaine alluviale Marana-Casinca**, au relief monotone et plat est bordée à l'ouest par les massifs de la Corse alpine. Elle est caractérisée par une succession de vallonnements constitués par des éboulis et glacis de pentes aux abords de la vallée puis par une série d'alluvions anciennes s'étagant en terrasses emboîtées d'est en ouest incisée par le Golo.

L'âge des dépôts décroît depuis les reliefs jusqu'à l'embouchure. **Le cordon littoral est, lui, constitué de sables fins récents à actuels, produits de l'altération des formations géologiques (traversées par le fleuve et ses affluents), érodés, dissouts, polis, émoussés lors de leur transport vers le plateau continental, et qui sont ensuite remobilisés par la mer.**

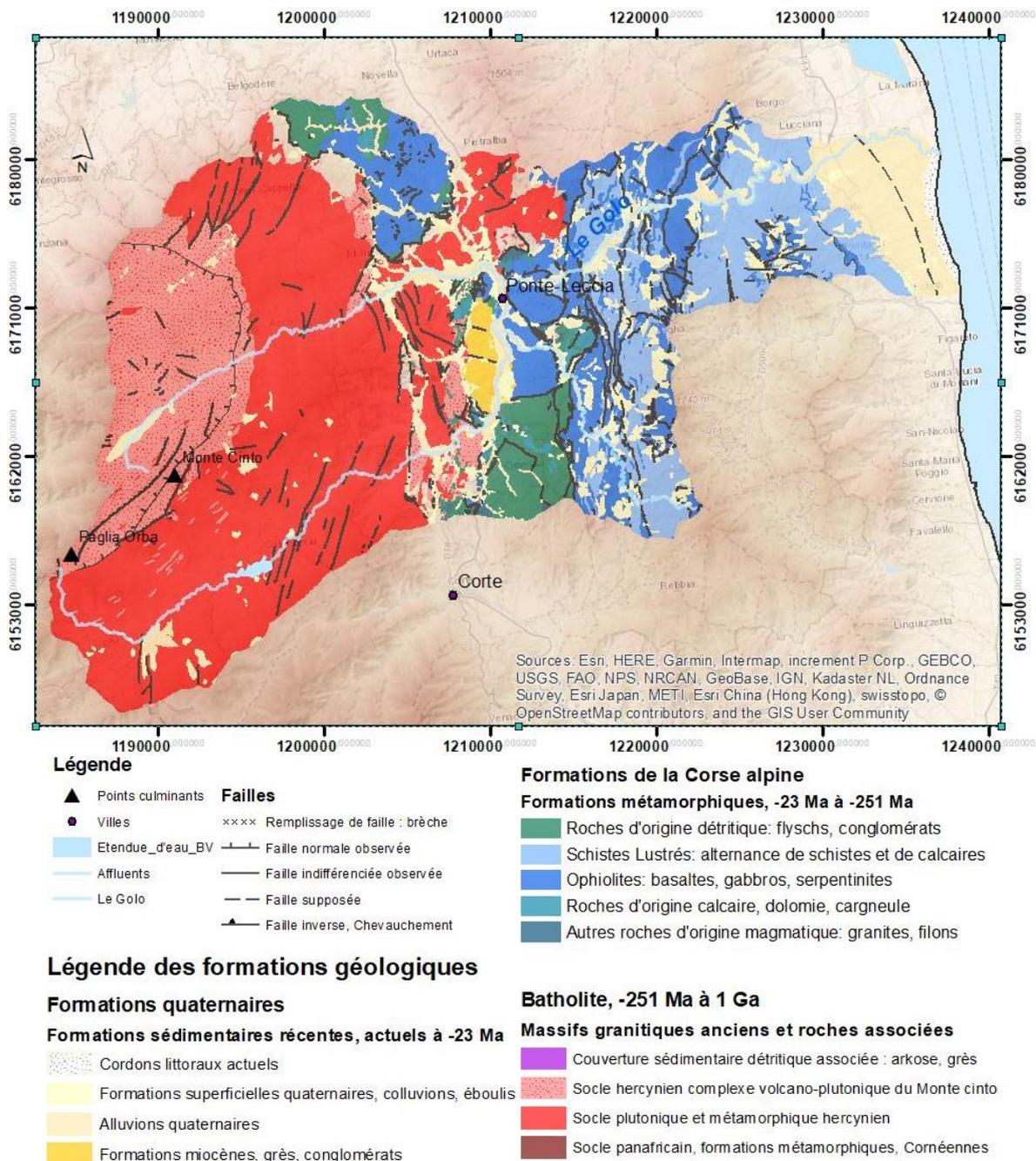


Figure 12 : Carte géologique simplifiée du bassin versant du Golo, source carte géologique harmonisée 1/50 000, BRGM, 2010.

2.1.2. Climatologie et régime hydraulique actuel du Golo

Le régime pluviométrique de la Corse est du type méditerranéen et il est caractérisé par une très grande variabilité. Irrégulières et violentes les pluies augmentent avec l'altitude. Les précipitations mensuelles sont maximales en novembre/décembre puis décroissent régulièrement pour atteindre des valeurs minimales inférieures à 30 mm/mois en juillet/août (www.infoclimat.fr).

Une rivière torrentielle est caractérisée par une pente moyenne assez forte (1.5-6%) et un régime qui peut être rapidement variable et sujet aux crues subites. Le caractère irrégulier du régime

pluviométrique de la région influence la répartition saisonnière du débit qui s'écoule dans le Golo (Figure 13).

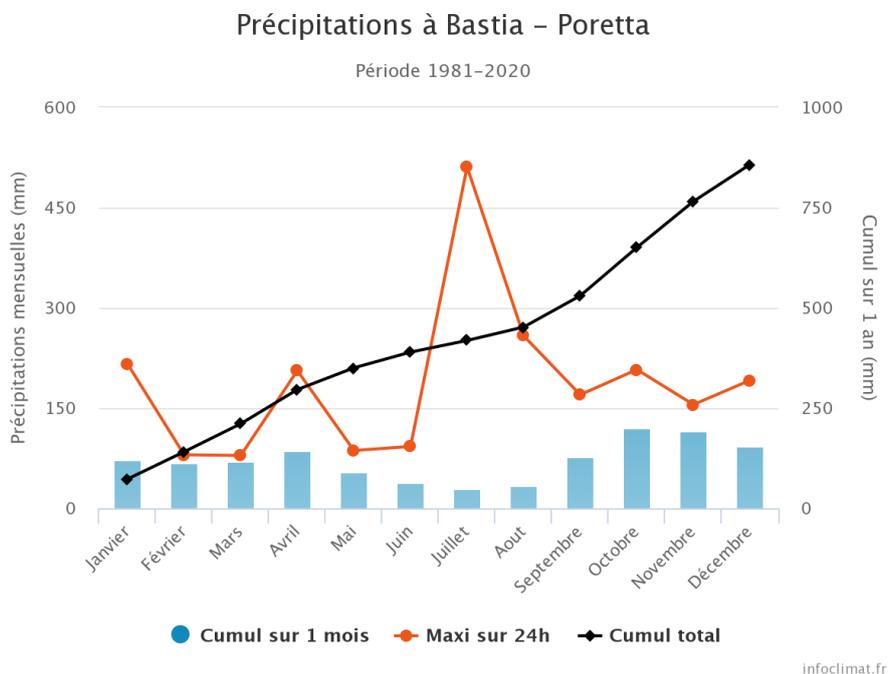


Figure 13 : Moyennes des précipitations enregistrées à la station de Bastia Poretta entre 1981 et 2020 (www.infoclimat.fr).

Trois stations de mesures hydrométriques sont opérationnelles depuis 1961 pour celle de Barchetta (commune de Volpajola), 1979 pour celle d'Albertacce et 2013 pour celle de Francardo (commune d'Omessa). Les mesures de la station de Barchetta, située la plus en aval à une quinzaine de kilomètres en amont de l'embouchure sont présentées ci-dessous. Les débits mensuels (calculés entre 1961 et 2021) sont les plus élevés en mars-avril avec une valeur 25 m³/s. Le minimum, en période d'étiage, a lieu en juillet-août avec une valeur de 2,7 m³/s. Le débit mensuel moyen est de 14,90 m³/s (Figure 14).

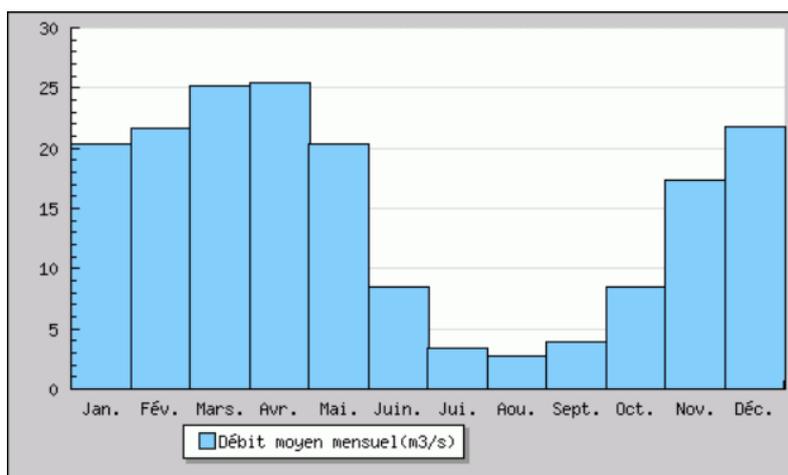


Figure 14 : Données de débit moyen mensuel du Golo mesurées à la station de Barchetta (1961 - 2020), source <http://www.hydro.eaufrance.fr> .

Le régime hydraulique du Golo est torrentiel et les écoulements peuvent être temporairement beaucoup plus forts à la suite d'épisodes orageux, générant des crues importantes (Tableau 1).

Les valeurs maximales relevées sont celles de la crue survenue le 2 octobre 2015, où un débit instantané maximal de 1 220 m³/s a été enregistré à la station de Barchetta pour une hauteur d'eau de 9,38 m (la hauteur moyenne calculée entre les mois de juillet 2020 et 2021 et de l'ordre de 1 m mais les valeurs varient entre 0,5 et 3 m sur l'année). La période de retour de cette crue est nettement supérieure à la cinquantennale (Q₅₀ = 720 m³/s) sans toutefois qu'elle soit précisée par manque de données statistiques pour de tels débits. Deux autres exemples de crues importantes récentes ont eu lieu le 20 décembre 2016 (hauteur d'eau 6.7 m) et le 18 mars 2013 (hauteur d'eau 5 m) avec respectivement des périodes de retour de 20 ans et 5 ans (Figure 15).

Des crues importantes (supérieures à la décennale) ont également été recensées par Edf et enregistrées à Calacuccia et Corscia (cf. section 3.3), avec des débits de pointe estimés à 425 m³/s lors de la mise en eau du barrage le 18 décembre 1968, puis le 21 octobre 1992 (305 m³/s et 479 m³/s) et le 5 décembre 1992 (378 m³/s et 346 m³/s).

Seul le Tavignano en Corse (second fleuve le plus long après le Golo) présente les débits instantanés de crues équivalents à ceux du Golo. Les autres principaux fleuves (Fium'Orbo, Taravo, Gravone, Prunelli, etc.) ont des débits de crues globalement deux fois inférieurs.

Fréquence	QJ (m ³ /s) Débit moyen journalier max sur une période donnée	QIX (m ³ /s) Débit instantané max sur une période donnée
Biennale	140 [130 ; 160]	270 [250 ; 300]
Quinquennale	210 [190 ; 240]	420 [380 ; 470]
Décennale	260 [230 ; 290]	510 [460 ; 590]
Cinquantennale	350 [320 ; 410]	720 [640 ; 840]
Centennale	ND	ND

Tableau 1 : Débits de crue du Golo (loi de Gumbel - septembre à août) - calculées sur 57 ans à la station hydrométrique de Barchetta, disponibles sur le site <https://www.vigicrues.gouv.fr/>.

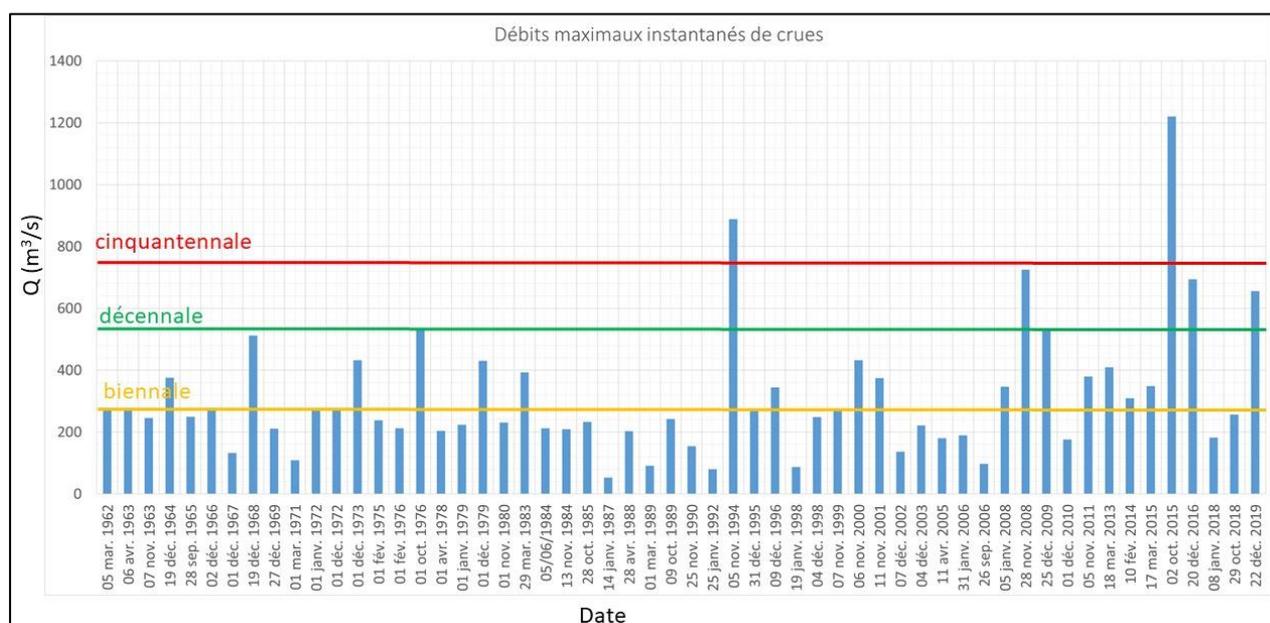


Figure 15 : Débits maximaux instantanés de crues entre 1961 et 2020 à la station hydrométrique de Barchetta <https://www.vigicrues.gouv.fr/>.

2.2. CONSTRUCTION DE LA PLAINE MARANA-CASINCA AU COURS DES 85 000 DERNIERES ANNEES

En méditerranée, au cours des derniers 85 000 ans, les phases glaciaires et interglaciaires ont entraîné des variations importantes du niveau de la mer (entre -120 m et le niveau actuel, Figure 5), des dépôts sédimentaires (Figure 16), des phases d'incision du lit des rivières, etc., mais également des phases sans dépôt sédimentaire. Les marqueurs de ces évolutions passées sont toujours présents actuellement dans le paysage terrestre et marin, aussi bien sur le bassin-versant des fleuves comme le Golo que sur leur plaine alluviale (Figure 17) ou sur le plateau continental en face les embouchures.

Quatre ensembles de dépôts sédimentaires ont été distingués dans le bassin versant du Golo, la plaine alluviale de Marana-Casinca (Figure 17) et les dépôts sédimentaires en mer (Annexe 1) :

- **A terre, quatre séquences de dépôts continentaux (N3-N6)** qui correspondent à des dépôts de plaines d'inondations ou des terrasses alluviales (qui se sont succédés et superposés au cours des derniers 85 000 ans (Sømme et al., 2011). Ces dépôts sont également identifiés en amont, dans le bassin versant du Golo (Figure 17).
- **En mer, quatre unités sédimentaires (U1-U4)** relativement synchrones avec les dépôts terrestres (Figure 16). Ces dépôts marins sont assez épais, se superposent et montrent une progradation des lobes sédimentaires vers le large (Annexe 1).

La majeure partie de la plaine Marana-Casinca est recouverte de dépôts alluviaux qui se sont déposés au cours du **dernier maximum glaciaire (LGM), entre 25 000 et 17 000 ans** lors du dernier bas niveau marin (terrasse alluviale N5) et au cours de la période du **Dryas récent entre 13 000 et 11 500 ans (Younger Dryas, Tardiglaciaire, terrasse alluviale N6, Figure 17 et Figure 18)**. Ces deux formations de la plaine alluviale sont connectées aux unités U2 et U3 présentes sur le plateau continental directement en face l'embouchure du Golo (Annexe 1 et Figure 18).

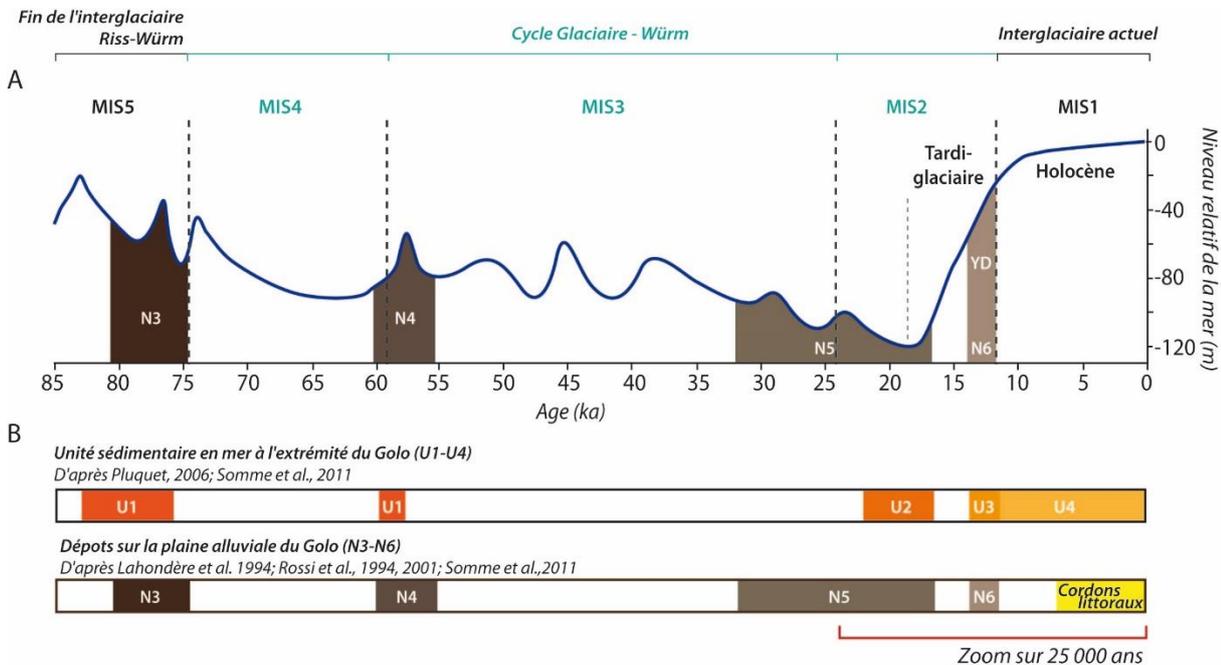


Figure 16 : Chronologie des dépôts depuis 85 000 ans sur la plaine Marana-Casinca (N3-N6) et en mer à l'extrémité du Golo (U1-U4), en fonction des variations du niveau relatif de la mer et des périodes climatiques (MIS1 à MIS5) – Basé sur les travaux synthétiques de Sømme et al., 2011.

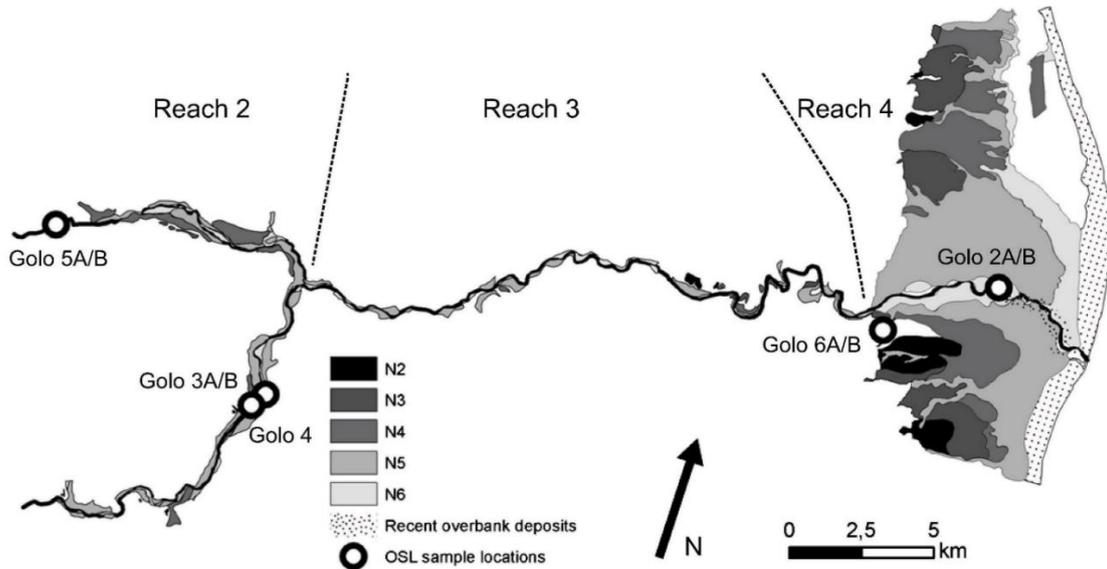


Figure 17 : Répartition des dépôts sédimentaires le long du Golo et sur la plaine alluviale (N2 à N6) ainsi que les dépôts littoraux récents (Sømme et al., 2011 ; Lahondère et al., 1994 ; Rossi et al., 1994 ; Rossi et al., 2001)

Ces dépôts témoignent de l'évolution passée du fleuve et de son environnement au cours du temps. Plusieurs études basées notamment sur des sondages sismiques et des carottages ont mis en évidence les caractéristiques de ces dépôts (projet LIMA 1 notamment, Pluquet, 2006; Deptuck et al., 2008; Sømme et al., 2011). Par leur épaisseur, leur pente et l'emboîtement des terrasses, ils ont enregistré le contrôle des variations du régime climatique (variations eustatiques) et des phénomènes de subsidence sur la dynamique fluviale dans la plaine alluviale et sur le plateau continental (Annexe 1).

En aval, sur 7 à 8 km, la plaine alluviale est caractérisée par des terrasses emboîtées d'est en ouest constituées par des alluvions anciennes. **Ce sont dans ces morphologies plus ou moins érodées que les principaux lits du Golo ont entaillé d'étroites vallées et déposé des alluvions modernes recouvrant les plus anciennes. Ces dépôts alluvionnaires, notamment les plus fins représentent une source de sédiments pour le cordon littoral.**

2.3. LA PLAINE MARANA-CASINCA ET LES FORMATIONS LITTORALES HOLOCENE

C'est au cours de l'Holocène (haut-niveau marin, qui s'étend sur les 12 000 dernières années) que la plaine côtière telle que nous la connaissons aujourd'hui se dessine (Figure 19). Les sédiments présents sur l'avant-côte et/ou expulsés par l'embouchure sont remaniés par les courants (longitudinaux et transversaux) et par la houle. Les sédiments forment alors des cordons littoraux, des flèches sableuses, des bancs de sables d'avant-côtes, etc.

Le développement des flèches sédimentaires littorales est principalement contraint par les courants de dérive (principalement orientée sud-nord) qui transportent les sédiments le long de la côte (longitudinaux). Le développement de ces flèches peut conduire à la fermeture de lagunes comme celle de Biguglia au nord de la plaine.

Les cordons littoraux quant à eux se développent vers le large au cours du temps. Les crêtes de ces cordons sont encore visibles par endroit dans le paysage actuel (Figure 22) et marquent les positions successives des anciennes lignes de rivages aux cours du temps.

En arrière de ces cordons, la plaine alluviale et les zones de marais sont protégés des actions marines. Les marais présents du sud de la lagune de Biguglia jusqu'à l'embouchure du Golo se colmatent peu à peu par des sédiments fins argileux (*lagoon-marsh* en vert foncé sur la Figure 19).

Des forages, des puits et des sondages ont été réalisés sur la plaine Marana-Casinca, notamment à proximité de l'embouchure du Golo (Figure 18 et Figure 19). Ils permettent de distinguer les dépôts alluviaux plutôt grossiers, les dépôts fins des marais et les dépôts sable/gravier du littoral. L'analyse de ces sondages permet d'estimer que **les dépôts littoraux s'étendent sur une largeur comprise entre 700 m et 1 km**. D'autre part, des mesures de la susceptibilité magnétique mettent en évidence à la fois **une probable hétérogénéité des sources sédimentaires ainsi qu'une source sédimentaire plus stable dont les dépôts sont redistribués et mélangés par la dérive littorale** (Vella et al., 2016).

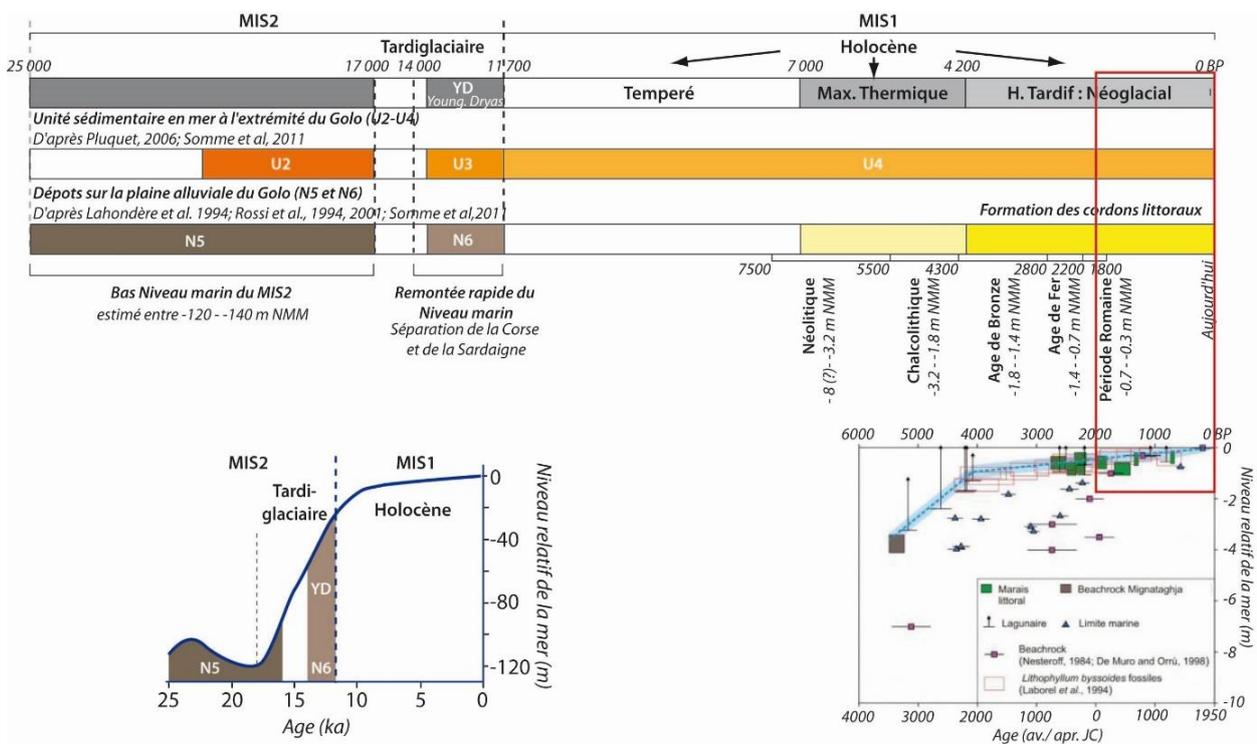


Figure 18 : Chronologie des dépôts depuis 25 000 ans sur la Plaine du Golo. On distingue la période du MIS2 (25 000 à 11 700 ans) avec des dépôts sur la plaine alluviale N5 et N6 ainsi que les dépôts concordants en mer sur le plateau continental U2 et U3, respectivement associés à une phase de bas niveau marin et de remonté rapide du niveau marin ; et la période MIS1, qui correspond à l'Holocène (11 700 ans à l'actuel), avec la formation récente du littoral ainsi que les dépôts sur le plateau continental U4, associés à une phase de haut niveau marin.

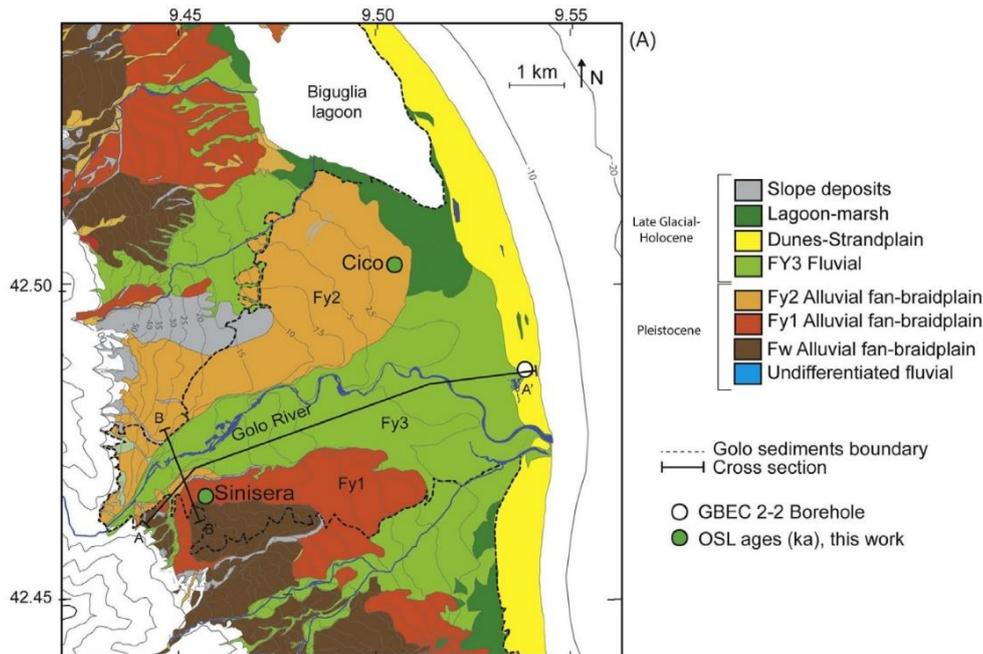


Figure 19 : Cartographie des dépôts Tardiglaciaire et Holocène recouvrant les dépôts alluviaux plus anciens sur la plaine Marana-Casinca. En jaune les dépôts littoraux, en vert foncé les zones de marais et en vert clair les dépôts fluviaux les plus récents (Forzoni et al., 2015).

2.4. EVOLUTION DEPUIS LA PERIODE ANTIQUE JUSQU'À AUJOURD'HUI

Une colonie romaine fondée par Caius Marius (Vismara et al., 2011 ; Istria, 2014) s'est établie autour de -100 av JC sur le rebord d'une ancienne terrasse alluviale du Golo (site de Mariana, Vella et al., 2016; Figure 21). L'occupation romaine a atteint son apogée aux environs des II^{ème} et III^{ème} siècles et a conduit au développement de l'activité agropastorale sur la plaine (Chapon et al., 2009) et au commerce en Méditerranée. Le Golo devait assurer à lui seul l'essentiel de l'alimentation en eau de la colonie (dont les cinq édifices thermaux connus à ce jour ; Corsi et Vermeulen, 2015) avec **une embouchure qui devait se situer au niveau du site de Tanghijcia** (zone humide actuellement) et **un trait de côte situé environ 700 m à l'ouest de sa position actuelle au niveau du canal de Fossone** (ligne de rivage antique datée de 235-385 apr. J.-C., Figure 20, Vella et al., 2016).

Le site reste actif jusqu'au XI^{ème} siècle, mais est par la suite progressivement abandonné pour des raisons actuellement méconnues (Vella et al., 2016). Toutefois les terres agricoles environnantes continuent d'être mises en valeur par les populations des 'habitats perchés' de Borgo et Lucciana. L'étang de Biguglia continue lui aussi d'être exploité pour ses ressources halieutiques (Istria, 2005), et le poste de contrôle à l'embouchure du Golo (la gabelle de la Poraja) reste très actif après le XV^{ème} siècle (Franzini, 2005 et 2013 dans Vella et al., 2016). La sablière de Tanghijcia (Figure 22) a révélé un grand nombre de vestiges archéologiques attestant l'occupation et la fonctionnalité de cette zone. Une étude en cours de valorisation a été menée (dont le CEREGE et l'IFREMER) afin d'investiguer la plaine au niveau du site de Mariana et de Tanghijcia. Ces investigations contribueront à l'apport de nouvelles connaissances sur le site et sur l'évolution de la plaine alluviale au cours de la période Quaternaire (Molliex et al., 2021).

L'édification des premiers cordons littoraux globalement orientés nord/sud en lien avec la progradation du rivage daterait de la fin de l'Antiquité (seconde moitié du 1^{er} millénaire après J.-C., Figure 20).

Une crise hydrologique, caractérisée par une pluviométrie plus importante, s'est produite au cours du Moyen-âge (XIV - XV^{ème} siècle) et est directement en lien avec la phase climatique du Petit Age Glaciaire (Figure 21). Cela s'est traduit par un alluvionnement plus important dans le Golo que sur la période précédente et par une instabilité du lit fluvial avec le développement d'un réseau de chenaux en tresse très mobile sur la plaine alluviale. Le colmatage de l'ancienne embouchure « Tanghijcia » semble s'être produit de manière simultanée (XI^e siècle) avec **la progradation et la migration vers le sud de l'embouchure du Golo** (1 km en seulement trois siècles, soit un taux d'environ **3 m/an**) et l'édification d'une nouvelle série de cordons littoraux obliques successifs associée à la **poursuite de la progradation du littoral jusqu'au début du XX^e siècle** (Vella et al., 2016). Ainsi, les dépôts littoraux émergés (cordon littoraux) s'étendent sur une largeur de 700m à 1km.

L'hypothèse d'un lien entre la migration de la population vers l'intérieur des terres et le contexte hydro-sédimentaire du site n'est pas exclue et guide les derniers travaux géoarchéologiques (Vella et al., 2016).

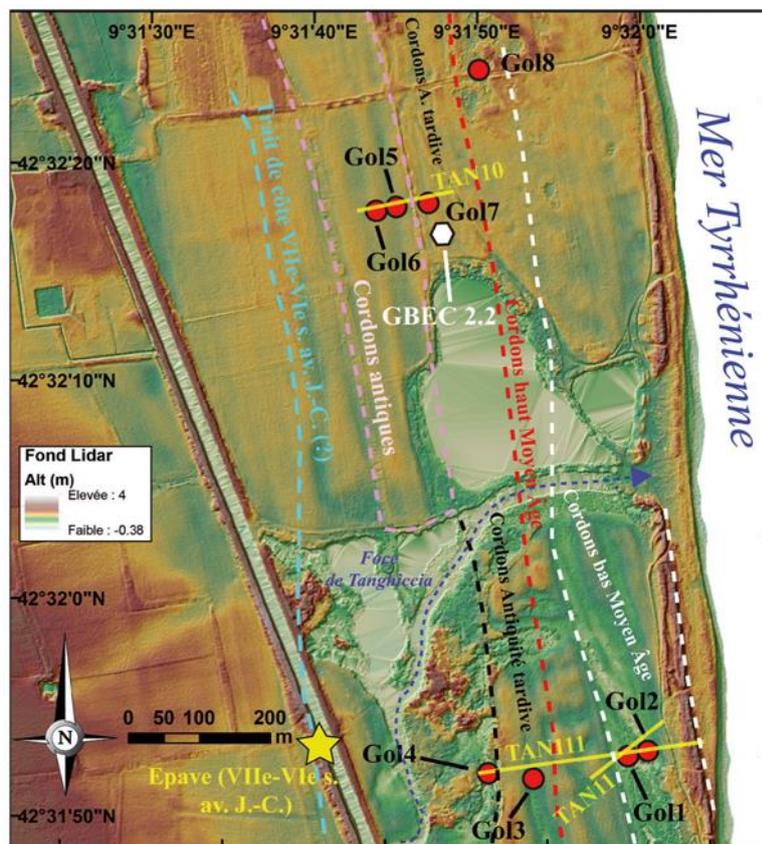


Figure 20 : Illustration de la position du trait de côte et des cordons littoraux lors de l'Antiquité ainsi que de l'ancienne embouchure de Tanghijcia (Vella et al., 2016).

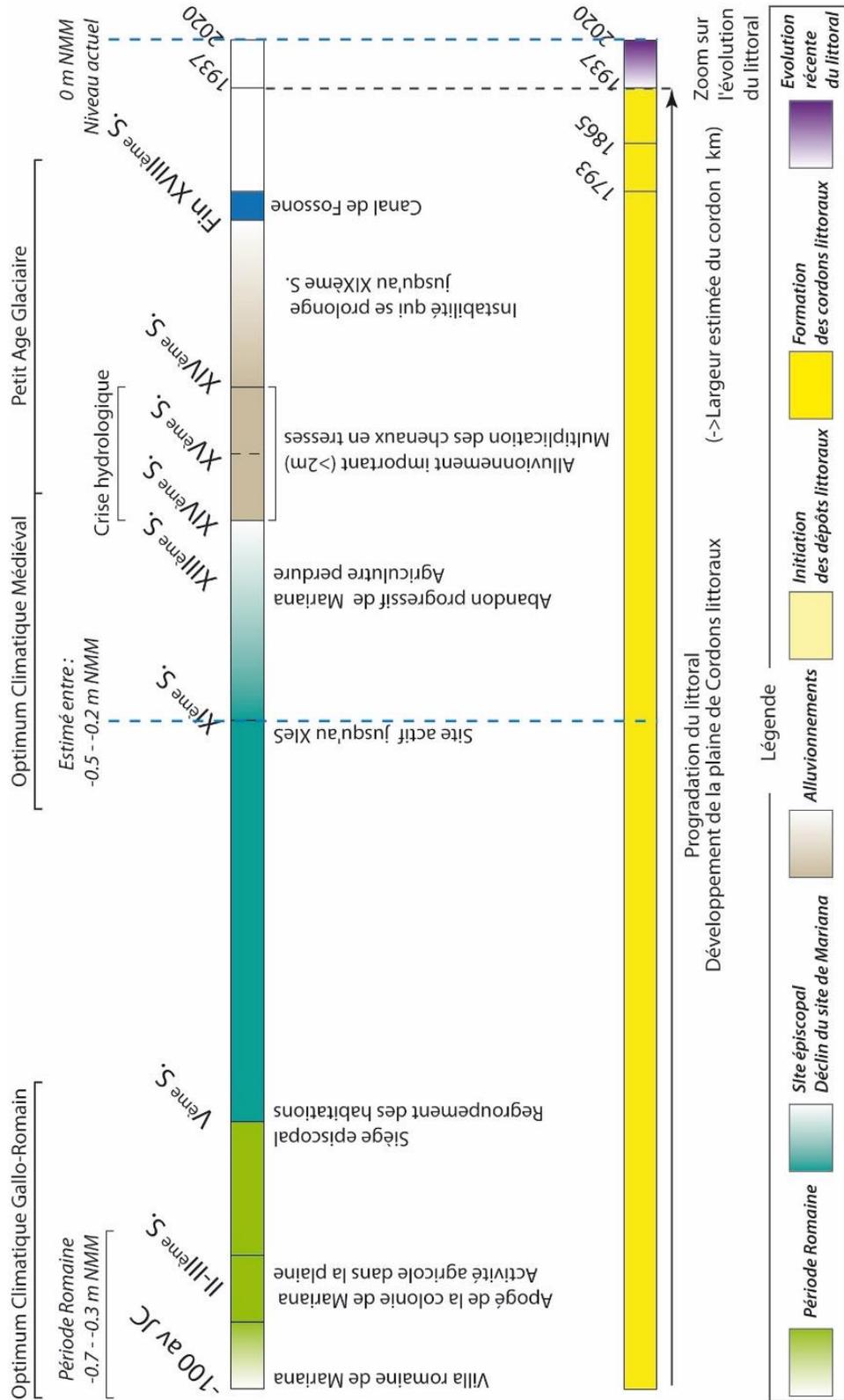


Figure 21 : Chronologie des principales étapes de l'occupation de la Plaine du Golo.

2.5. EVOLUTION AU COURS DES TROIS CENTES DERNIERES ANNEES

Les cartes du plan terrier de 1796 (<http://www.corsedusud.fr/nos-competences/patrimoine-et-culture/les-archives-departementales/plan-terrier/>) et la carte historique de l'état-major de 1864 de la plaine Marana-Casinca (Annexe 2) permettent de mettre en évidence les évolutions de la position du chenal principal et de la zone de divagation du Golo depuis 225 ans (Figure 22). En effet, on constate une forte migration du/des chenaux sur la plaine alluviale, tout particulièrement sur la partie centrale où le chenal est très mobile. En 1864 et jusqu'aux premières orthophotographies de l'IGN (1948), les chenaux sont plus mobiles, moins contraints par une localisation fixe des berges en comparaison avec l'actuel (orthophotographie de IGN 2007), et le centre de la plaine s'adapte (un ou deux chenaux principaux) en fonction des crues et des flux sédimentaires.

Au niveau de l'embouchure on constate également des évolutions remarquables (Figure 22). En effet, en 1796 la partie terminale du cours d'eau arbore un dernier méandre et l'embouchure est orientée vers le nord-est. En 1864 le cours d'eau est linéaire sur cette partie terminale et l'embouchure est dirigée plein Est. En 2007 la partie terminale du cours d'eau arbore un dernier méandre, mais inverse à celui de 1796, et l'embouchure est orientée vers le sud-est. A noter que depuis le milieu du XIX^{ème} siècle, le trait de côte au droit de l'embouchure a reculé d'une centaine de mètres.

Juste au sud de l'embouchure du Golo, la Fosse de Ciavatonne, montre des évolutions plus modérées sur cette période mais avec une partie terminale plus mobile en méandres permettant une connexion avec la mer, probablement en lien avec l'abandon d'un ancien chenal du Golo dont elle semble être la partie aval tel que mis en évidence sur la Figure 23.

Au nord du Golo, le creusement du canal de Fossone date de la fin du XVIII^{ème} siècle. De nombreux canaux ont été implantés au début du XX^{ème} siècle afin de drainer la plaine.

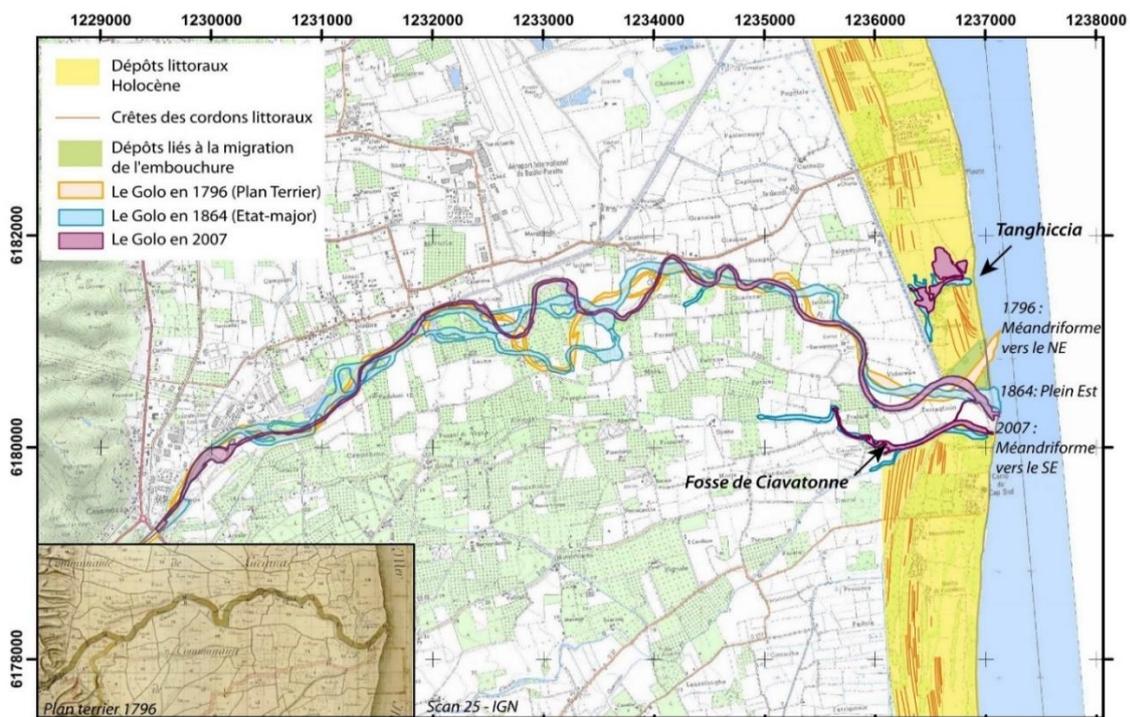


Figure 22 : Cartographie de la Plaine du Golo illustrant les structures littorales (les crêtes des cordons) et les positions du chenal en 1796 (plan terrier), 1864 (carte historique de l'état-major) et 2007 (ortho-photos IGN) – Base cartographique Scan25 IGN.

2.6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DU GOLO

Au cours des **85 000 dernières années**, les phases climatiques glaciaires-interglaciaires et l'évolution du niveau de la mer associée ont contraint le Golo à s'adapter. Les principales phases de dépôts sédimentaires se sont produites durant les 4 périodes suivantes. Les dépôts associés (dépôts continentaux : N3-N6 ; en mer : U1-U4) témoignent de **l'enregistrement de ces variations climatiques et de leur contrôle sur le fonctionnement du Golo** qui a conduit à l'édification de la plaine Marana-Casinca :

- **Au Pléistocène** (antérieurs à 17 000 ans, période de bas niveau marin), les colluvions et alluvions se sont déposées jusque sur le plateau continental et constituent la charpente de la plaine côtière.
- **A l'Holocène** (période de haut niveau marin, plus particulièrement les 6 000 dernières années), **la plaine prend peu à peu sa morphologie actuelle**. Les sédiments expulsés par l'embouchure et présents sur l'avant-côte sont remaniés par les courants et les vagues et se déposent pour former des cordons littoraux, des flèches sableuses, des bancs de sables d'avant-côtes.
- **La fin de la période Antique (100 av J.C.) et le Moyen âge** se caractérisent par une **progradation du rivage de 600 m à 1 km**. Cette période est marquée par la crise climatique du Petit Age Glaciaire (XIV - XV^{ème} siècle), dont les fortes précipitations sont responsables d'un alluvionnement plus important et du développement d'un réseau de chenaux en tresse ainsi que du colmatage de l'ancienne embouchure du Golo (site de Tanghiccia) en lien avec sa migration vers le sud.
- **Au cours des trois cent dernières années**, le lit de la rivière ainsi que son embouchure demeurent très mobiles. Ce fonctionnement demeure au moins jusqu'au début du XX^{ème} siècle, ce qui témoigne d'apports sédimentaires du Golo au littoral plus importants qu'actuellement. Depuis le milieu du XXI^{ème} siècle, le trait de côte au droit de l'embouchure a reculé d'une centaine de mètres.

Hormis au Pléistocène, le trait de côte n'a jamais été autant à l'est que depuis le milieu du XX^{ème} siècle. **Il prograde** (avance vers la mer) depuis l'Holocène à un taux, variable sous l'effet des variations climatiques, mais que l'on peut grossièrement estimer à **quelques dizaines de centimètres par an sur les derniers 2 000 ans**, les études archéogéographiques ayant révélé sa position à 700 m à l'ouest de sa position actuelle lors de l'Antiquité. Depuis le milieu du XX^{ème} siècle cette progradation s'est arrêtée et semble même s'inverser (cf. chapitre 4).

3. L'évolution récente du Golo et occupation humaine

3.1. EVOLUTION RECENTE DU LIT DU FLEUVE

L'évolution de la plaine alluviale du Golo lors des dernières décennies a été étudiée à partir des photographies aériennes historiques de l'IGN (<https://bit.ly/2SWLOsY>) entre 1948 et 2016. Leur analyse a permis d'identifier et de cartographier les paléo-méandres et les paléo-chenaux du Golo (Figure 23). Il a ainsi été mis en évidence une large zone de divagation du fleuve qui peut s'étendre entre 1 et 2 km.

Depuis le milieu du XX^{ème} siècle, les modifications du lit du Golo les plus significatives qui ont pu être mises en évidence sur la Figure 23 sont les suivantes :

1. **La végétalisation massive du lit.** En 1948, la bande active (lit vif où les sédiments sont fréquemment remaniés par les crues) du Golo est large et composée de sables et galets avec un très faible taux de végétalisation ce qui témoigne d'une forte dynamique sédimentaire et d'une forte mobilité du lit. En revanche, en 2016, la situation est très différente avec le lit plus étroit, fixé (arrêt des divagations) et très largement végétalisé. Depuis quelques années voire dizaines d'années, un défaut chronique d'entretien des cours d'eau en général (et des canaux) est constatée avec une végétalisation des berges et la présence de débris divers qui favorisent la formation d'embâcles ralentissant le débit et favorisant les dépôts de sédiments, diminuant ainsi la source de sédiments pour le littoral. L'impact est donc non négligeable sauf en cas de crue significative où la végétation ne résistera pas, entraînant ainsi des érosions de berges avec de l'apport en sédiments ;
2. **L'évolution des méandres, dynamique naturelle et long terme du Golo** est principalement constatée sur la partie centrale et terminale de la plaine (flèches rouges). De 1948 à 2016, le chenal est devenu plus étroit et plus profond en s'adaptant aux variations du flux, à la diminution d'apports sédimentaires ainsi qu'à son environnement (géologie par exemple). La fosse de Ciavattone est potentiellement la partie aval d'un ancien chenal abandonné aujourd'hui ;
3. **L'urbanisation** croissante de la plaine à proximité du chenal du Golo, notamment sur la partie amont de la plaine proche du pont de Casamozza et des anciennes zones de divagation du lit (lien vers la zone représentée sur la Figure 23 sur le site de « remonter le temps » : <https://bit.ly/2SWLOsY>). Ces évolutions urbaines (routes, bâtis, revêtement de sols divers, etc.) tendent à masquer les traces d'anciens lits dans les zones de divagation historiques. L'urbanisation peut être associée à la fixation des berges par des aménagements anthropiques (type enrochements liés ou autre technique) de protection contre les inondations. Hormis ponctuellement au niveau des ouvrages de franchissement (ponts routiers, chemin de fer), il n'y a pas d'endiguement ou d'ouvrage de fixation des berges. Par ailleurs, il est peu probable sur le long terme que de telles actions soient entreprises au regard des contraintes réglementaires actuelles (Code de l'Environnement). ;
4. **Les traces de débordement et d'écoulement dans la zone de divagation** historique du fleuve ont quasiment disparues en 2016 alors qu'elles étaient très visibles en 1948 ce qui témoignait d'évènements plus fréquents et d'un lit probablement moins profonds. L'urbanisation et l'occupation du sol (agricole notamment) plus densément présentes aux

abords du lit mineur dorénavant expliquent aussi l'effacement de ces traces de divagation, même si cela ne signifie pas que d'éventuels débordements puissent à nouveau se produire en cas de crue.

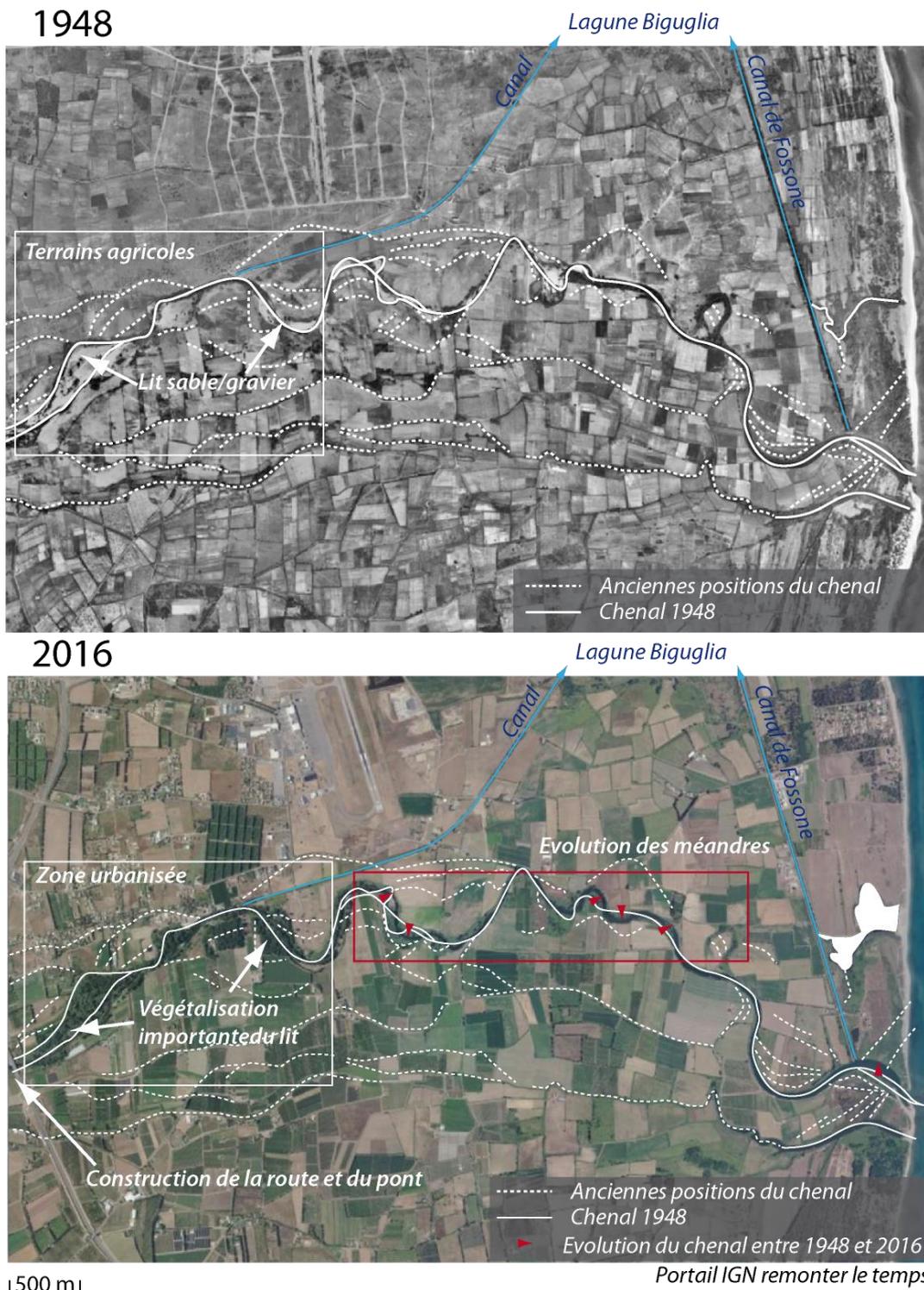


Figure 23 : Cartographie des paléochenaux du Golo et du lit principal 1948 (blanc) et de l'évolution par rapport à 2016 (flèches rouges qui indiquent le sens de migration des méandres).

Sur les 6 derniers kilomètres en aval du fleuve, les méandres étant les plus profonds (profondeur comprise entre 5 m et 0,35 m) indiquent à la fois de puissants flux morphogènes dans cette zone lors de crues ainsi que la présence de fosses capables de piéger les sédiments. La disponibilité d'un seul relevé bathymétrique du cours aval du Golo en 2019 ne permet pas de reconstituer l'évolution de cette zone (incision, stabilité ou exhaussement) et des transits sédimentaires (Genevier, en cours, Figure 24).

Les évolutions constatées en amont de la plaine alluviale du Golo à partir de l'analyse des orthophotographies de 1948 et 2016 témoignent d'une **diminution des apports sédimentaires sur cette période**, fortement susceptibles de se répercuter sur les apports du fleuve au littoral et ainsi d'**accentuer les phénomènes d'érosion marine**. Cependant, le manque de données et les lacunes de connaissances sur l'évolution de la zone aval du fleuve ne permettent pas d'évaluer la contribution de cette zone au piégeage ou à l'expulsion de sédiments vers le littoral.

Certaines actions anthropiques telles que les extractions de granulats réalisées les décennies précédentes ou bien la construction de barrages et de seuils piégeant une partie des sédiments venant du bassin amont impactent plus ou moins fortement le transit sédimentaire dans le fleuve. Les informations disponibles sur ces actions sont présentées dans les paragraphes suivants afin d'estimer leur contribution et leur rôle dans la diminution des apports sédimentaires qui contribue et accentue les phénomènes d'érosion marine sur le littoral.

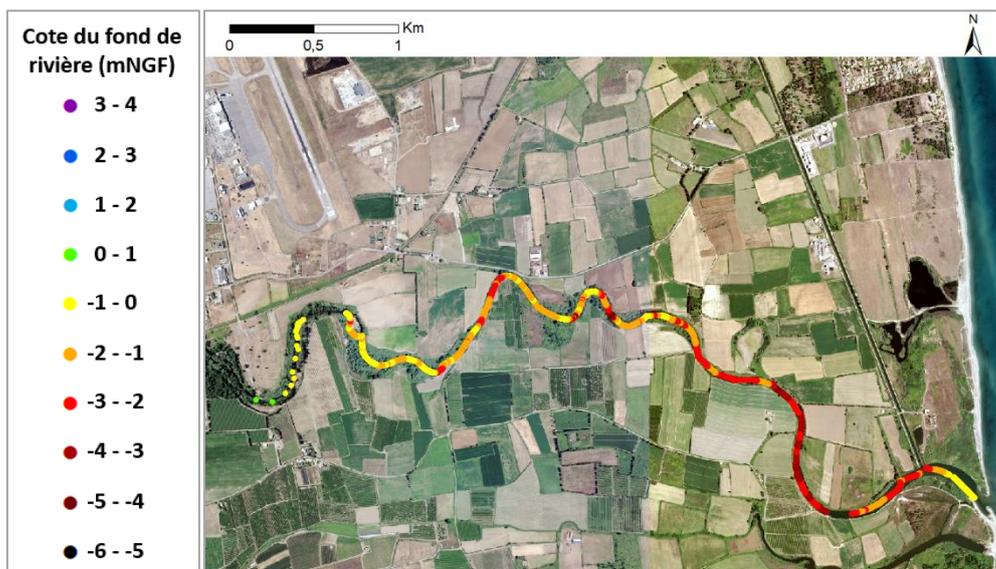


Figure 24 : Bathymétrie du lit du Golo (2019, Genevier, en cours).

3.2. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT ET DE LA PLAINE ALLUVIALE

3.2.1. Déprise agricole dans les reliefs et agriculture intensive dans la plaine (début-milieu du XX^{ème})

Historiquement, et notamment avant 1945, les habitants étaient concentrés dans les villages situés sur les hauteurs, notamment les villages de Calacuccia au pied du Monte Cinto, Morasaglia en Castagniccia, ou encore Vescovato et Borgo en bordure de la plaine de la Casinca (Figure 21). Hormis le domaine de Mariana occupé dès la période romaine, les cultures étaient réalisées en terrasse sur les versants montagneux.

A partir du XIX^{ème} siècle, l'édification des terrasses et la déforestation associée dans le bassin versant ont été réalisées de manière progressive et continue, artisanale à l'échelle de parcelles familiales. Même s'il n'est pas exclu que ces travaux aient pu ponctuellement favoriser l'apport de sédiments au Golo lors d'épisodes de fortes pluies et de crues, **leur impact est considéré minime et limité dans le temps**. En effet, la fragilisation des sols sous l'effet de la déforestation a pu être contrebalancée par la construction synchrone des terrasses ayant vocation à retenir les sols.

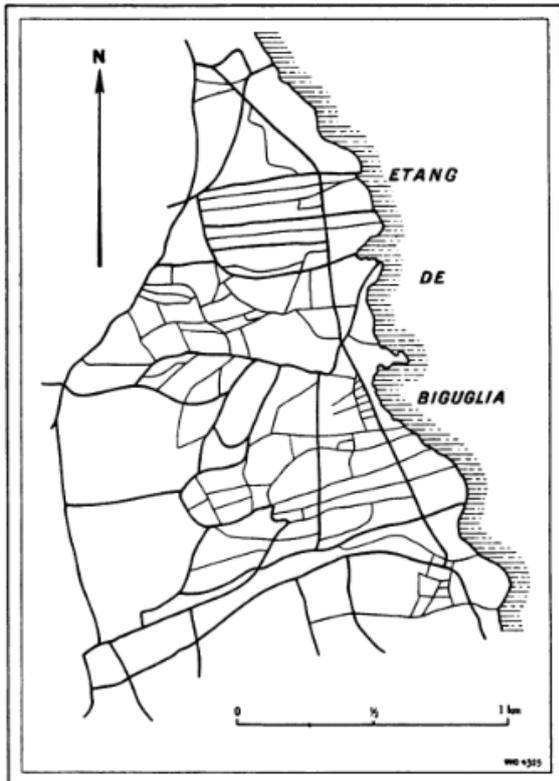
Depuis le début du XX^{ème} siècle, ces terrasses sont progressivement abandonnées et reboisées (actuellement couvertes de maquis) ou utilisées pour le pâturage (Figure 25). Cet abandon progressif des terrasses s'est notamment fait au profit d'une agriculture mécanisée et plus intensive dans des zones plus planes dans la plaine. Comme présenté paragraphe 1.3.1, les modifications dans l'occupation du sol sont fortement susceptibles d'avoir impacté les apports en sédiments du Golo. Cependant, **la contribution liée à l'abandon des terrasses n'est pas quantifiable et semble peu significatif**. L'analyse des orthophotographies anciennes et récentes de l'IGN ne permet pas d'estimer les surfaces concernées. Ces dernières ne remontent pas suffisamment loin dans le temps ou bien sont trop imprécises. Malgré les études archéogéographiques et historiques, l'état des connaissances sur l'évolution de l'occupation du sol dans le bassin versant du Golo, ne permet pas non plus d'estimer, en terme d'apport de sédiments, la part des impacts bénéfiques (apport causés par d'éventuels terrassements par exemple) de celle des impacts défavorables (fixation des sols par la végétation) de l'abandon des cultures en terrasses.

Sur la zone littorale de nombreux feux ont impacté les zones de maquis et de boisement ce qui accentue l'érosion des sols et contribue favorablement aux apports sédimentaires du Golo.



Figure 25 : Illustration de l'abandon des terrasses entre le milieu du XX^{ème} (à gauche) et le début du XXI^{ème} siècle (à droite), issue du portail de l'IGN « remonter le temps » (secteur de Fontanone, commune de Prunelli-di-Casacconi).

3.2.2. Travaux d'irrigation dans la plaine (début XIX^{ème})



L'inventaire de 1949 indique l'existence de 54,4 km de canaux départementaux et de 120 km de canaux communaux au nord et au sud du Golo dans la plaine Marana-Casinca (Renucci, 1964, Figure 26).

La construction des premiers canaux de Marana et de Casinca démarre à la fin du XVIII^{ème} siècle afin d'assécher et d'assainir les marais lors du rattachement de la Corse à la France, mais tout est interrompu avec la Révolution française. Les travaux reprennent entre le milieu du XIX^{ème} siècle (1855) et le début du XX^{ème} siècle (1935).

Figure 26 : Exemple du réseau de canaux d'irrigation construits à l'ouest de l'étang de Biguglia au nord du Golo (Jaujou, 1954).

Le premier canal (4km), le canal de Fossone, a été creusé en 1792 entre le Golo et l'étang de Biguglia mais ses résultats furent nuls. Puis à partir de 1858, d'autres canaux ont été creusés dont les principaux sont un canal de colmatage à l'ouest du canal de Fossone afin d'amener les eaux boueuses du Golo vers l'étang et colmater ce dernier (visible sur la carte de l'Etat-major en Annexe 1) et un canal collecteur rejetant les eaux dans le Golo au nord et dans le Fium'Alto au sud (Jaujou, 1954, Figure 23 et Figure 26). Leur rénovation a été engagée à partir de 1960 afin de développer une agriculture intensive dans la plaine Marana-Casinca. Les terrains jouxtant le Golo sont fertiles (agriculture céréalière, arboriculture, maréchage) et sont des zones inondables. Les zones proches du bord de mer servent quant à elles pour l'activité pastorale.

Selon leur usage, les canaux sont susceptibles d'avoir contribué à diminuer (colmatage, irrigation, réduction de l'épandage des crues) ou à augmenter (collecteur) les débits solides du Golo. Dans l'état des connaissances actuelles et avec les données disponibles, il est impossible d'estimer l'influence qu'a pu avoir la construction de ces canaux sur les apports du Golo au littoral. Cependant, compte tenu de leurs faibles dimensions (largeur/profondeur), de leur végétalisation liée à leur mauvais entretien (Jaujou, 1954), l'influence des canaux d'irrigation et d'assainissement est considérée minime.

3.2.3. Urbanisation récente (milieu XX^{ème})

Les aménagements récents ont tout d'abord eu lieu entre Francardo et Ponte-Leccia où la population s'est installée petit à petit depuis les années 50. L'urbanisation de Lucciana et Vescovato s'est produite plus récemment avec le développement de l'activité économique de Bastia et le tourisme côtier, dans les années 1990. La comparaison des orthophotographies de l'IGN entre 1950 et 2019 illustrent cette évolution (Figure 27).

Le bassin versant est essentiellement rural comme le représentent les données de Corine Land Cover sur la Figure 28. Les principales zones urbanisées actuelles susceptibles d'impacter les apports de sédiments au Golo se situent à Ponte-Leccia (commune de Morosaglia) et en bordure de la plaine Marana-Casinca au pied des reliefs, près de la route territoriale (T10) à Casamozza (commune de Lucciana, Figure 27). Le pont de Casamozza (sur la commune de Lucciana) construit en 1969 ainsi que le pont ferroviaire (deuxième moitié du XIX^{ème}) sont susceptibles de modifier ponctuellement les conditions d'écoulement et d'avoir des répercussions à l'aval, notamment érosives en cas de sous dimensionnement des ouvrages de protection. Ces ouvrages peuvent donc impacter les débits du Golo lors de crues et ponctuellement modifier la charge solide transportée ainsi que de manière ponctuelle au moment des travaux de construction et de rénovation (Figure 29). Cet impact est toutefois minime au regard de l'effet ponctuel de ces ouvrages le long du cours d'eau et moindre que celui des ouvrages hydrauliques transversaux qui influent davantage sur les conditions d'écoulement du fleuve (barrages et seuils, cf. paragraphe 3.3).

Dans la plaine alluviale, l'urbanisation au **sud du Golo** (plaine de la Casinca) est également concentrée en bordure de la plaine, sur les communes de Vescovato et Venzolasca (Figure 27). Hormis quelques campings (camp de Cap Sud et d'Anghione), la bande littorale est peu urbanisée. L'urbanisation au **nord du Golo** (plaine de la Marana), est plus importante mais dispersée avec notamment la présence de zones industrielles et aéroportuaires (aéroport de Bastia-Poretta) sur les communes de Borgo et Lucciana (Figure 27). La bande littorale est également plus urbanisée avec la présence de plusieurs lotissements (California, Marana, Poretta, Biguglia, etc.).

L'impact de l'urbanisation est complexe à estimer dans cette zone car ses manifestations sont multiples : l'imperméabilisation des sols peut réduire la source de sédiments en fixant les sols

mais peut également l'augmenter en favorisant le ruissellement et l'érosion des berges et des zones non fixées. L'impact de l'urbanisation serait donc principalement associé à l'endiguement du lit qui aurait tendance à limiter les apports en sédiments dans les écoulements par érosion au niveau des berges. Cependant, comme évoqué précédemment, cette fixation du lit n'est présente que ponctuellement au niveau des ouvrages de franchissement (ponts routiers, chemin de fer). L'impact de l'urbanisation et de la fixation des berges est donc considéré comme potentiellement modéré (et limité lors de fortes crues, cf. paragraphe 1.3.1).

En aval de la plaine alluviale, de part et d'autre de l'embouchure, il y a peu d'implantation humaine probablement car la zone est assez difficile d'accès. La fréquentation du site semble assez faible. Entre 1948 et 2016, deux structures se sont implantées : (1) le camp de vacances le Cap Sud dans les années 70, au sud de l'embouchure du Golo et sur le bord du littoral, et (2) les réservoirs de gaz dans les années 80 le long du canal de Fossone au nord de l'embouchure. Au regard des autres actions anthropiques, ces infrastructures ne sont pas considérées susceptibles d'avoir un rôle majeur dans l'évolution du littoral de la plaine Marana-Casinca.

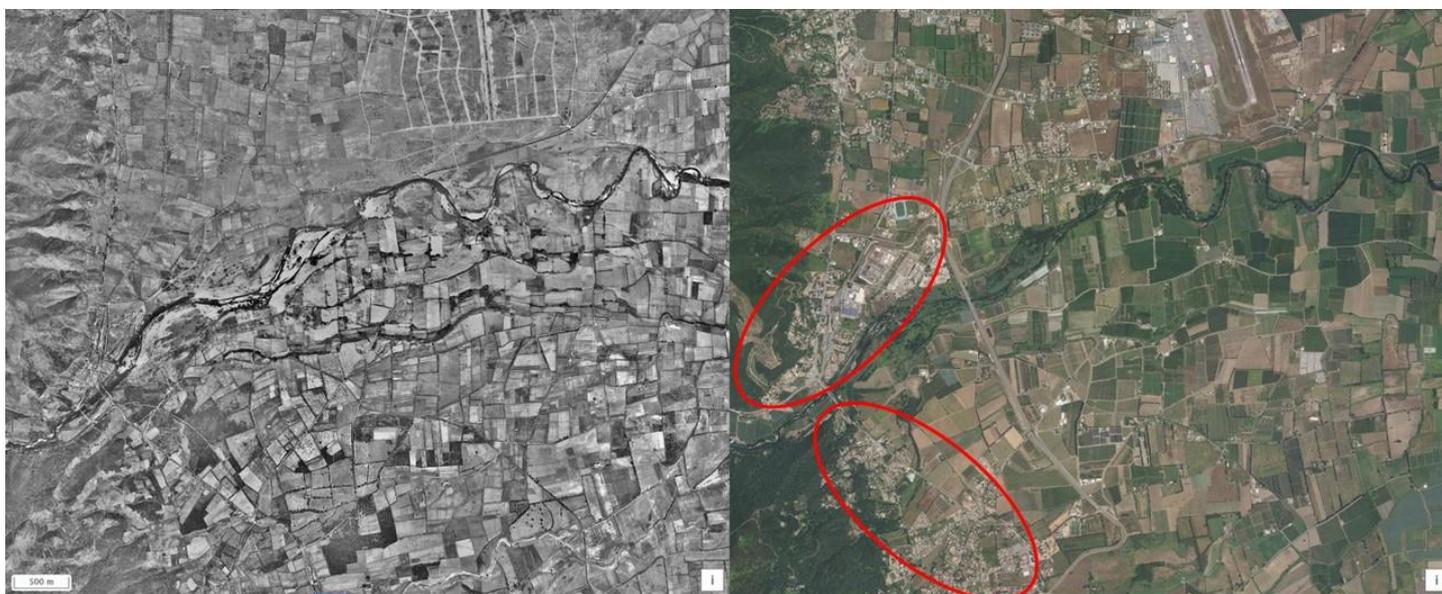


Figure 27 : Illustration de l'évolution de l'urbanisation dans la plaine alluviale par comparaison des orthophotographies de l'IGN (1950 à gauche, 2019 à droite, <https://remonterletemps.ign.fr>, principales zones urbaines encerclées en rouge).

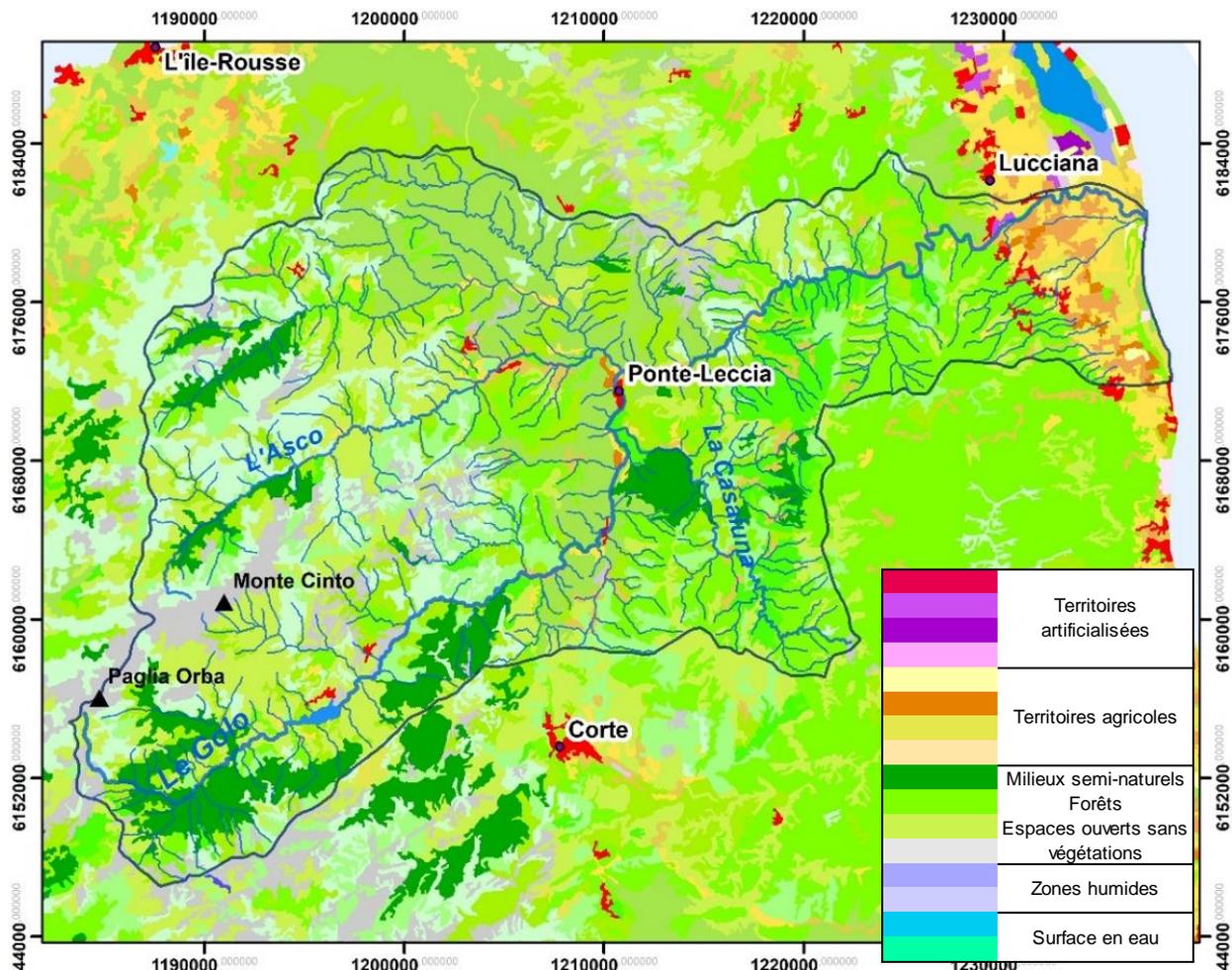


Figure 28 : Carte de l'occupation des sols et des usages actuels dans le bassin versant du Golo (Source Corine Land Cover).

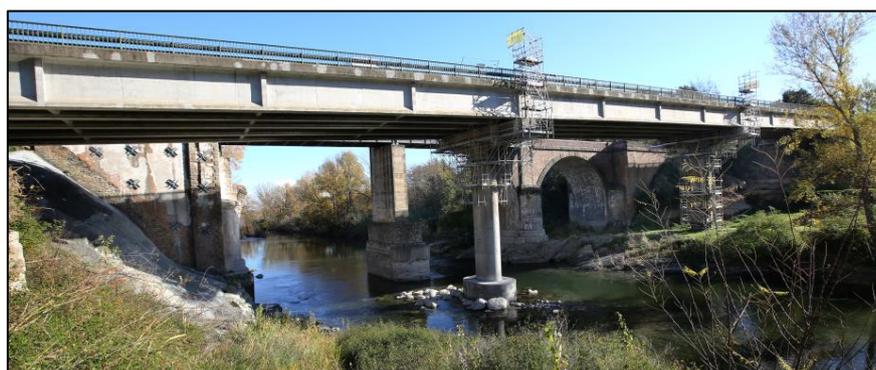


Figure 29 : Pont de Casamozza au premier plan, pont ferrovière au second plan, vue vers le sud (Corse-Matin, 2020).

3.3. LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE FLEUVE

Dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, de nombreux ouvrages hydrauliques ont été successivement construits sur le cours principal du Golo afin de créer des réserves d'eau permettant de produire de l'électricité (par turbinage) pour les zones urbanisées, de fournir de l'eau potable et d'irriguer les cultures environnantes.

L'hydrologie du fleuve est particulièrement modifiée depuis les années 70, en particulier en période estivale où le soutien d'étiage provenant des régulations de débits par les ouvrages EDF modifie les débits journaliers et horaires. La variabilité des débits, initialement saisonnière engendrée par la nature du climat méditerranéen est donc diminuée par ces ouvrages. D'amont en aval on distingue 3 barrages et 5 seuils (Figure 30).

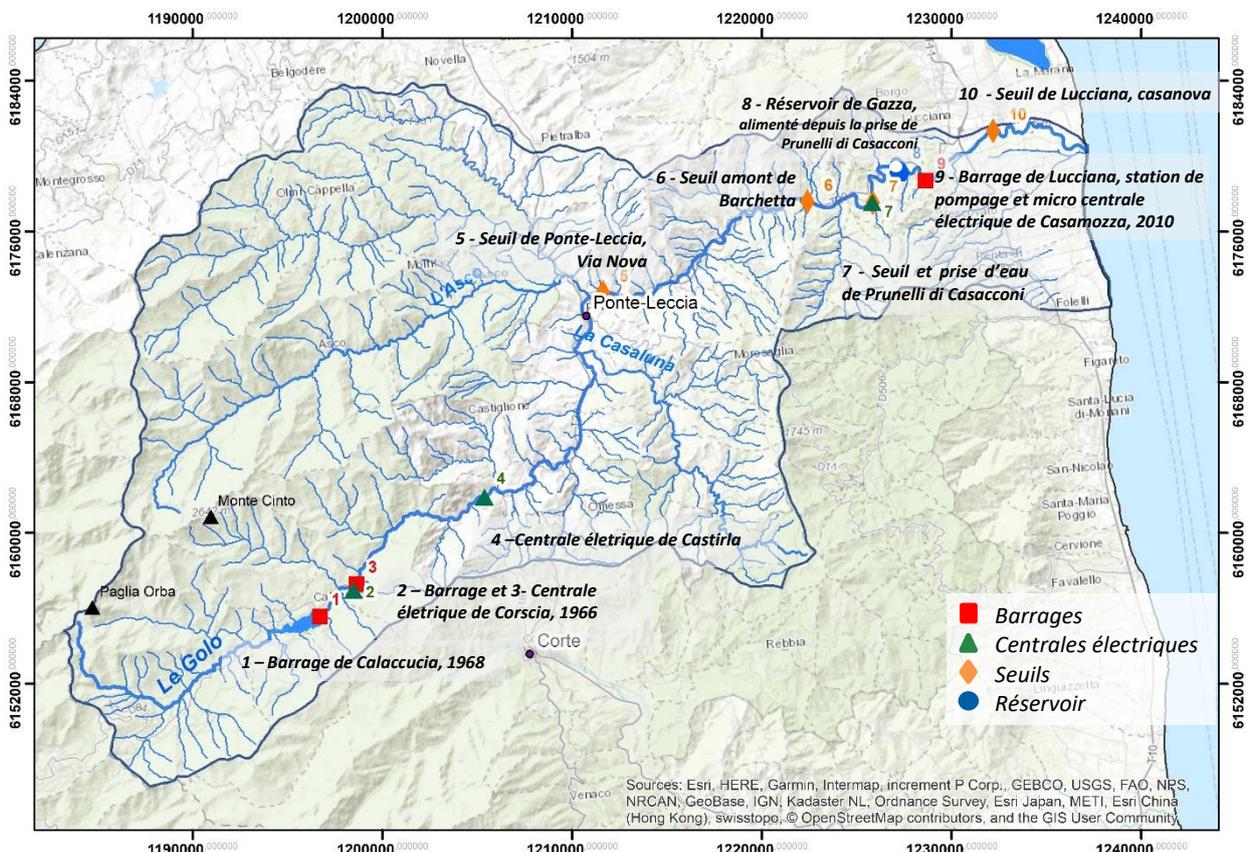


Figure 30 : Carte de localisation des ouvrages hydrauliques présents sur le cours principal du Golo.

3.3.1. Les barrages en amont

Le barrage de Calacuccia (N°1 - Figure 30) a été construit entre 1965 et 1968. Il se situe à l'amont des aménagements de Corscia et de l'usine électrique de Castirla. La retenue qui s'étend sur 119,6 ha et 3 km de long peut stocker un volume utile de 23,2 hm³ d'eau¹⁰. Cette retenue capte les écoulements d'un bassin versant de 127 km² dans la partie amont du Golo (soit 12 % de la surface du bassin versant). Il permet d'alimenter l'usine de production hydroélectrique de Castirla dont le débit équipement usine¹¹ est de 11 m³/s. Une seule vidange du barrage de Calacuccia a été réalisée en septembre 1984.

Le barrage de Corscia (N°3 - Figure 30) a été construit entre 1966 et 1967. Il a été mis en eau en décembre 1967 pour alimenter l'usine de Castirla dont le débit équipement usine de 11 m³/s. Sa retenue d'eau s'étend sur 27 ha et 670 m de long¹⁰, et retient un volume utile de 80 000 m³. Cette retenue capte les écoulements d'un bassin versant de 162 km² en aval du précédent. Les

¹⁰ Volumes, étendues des retenues, date de la vidange et débit d'équipement d'usine transmis par EDF.

¹¹ Le débit d'équipement est le débit maximum admissible par les turbines de la centrale pour un fonctionnement à pleine puissance.

vidanges ont été réalisées en septembre 1984, mars 1994 et septembre 2014¹⁰ mais aucune donnée sur le taux de remplissage sédimentaire ne semble exister. Les sédiments grossiers, issus du domaine de la Corse cristalline et charriés en amont des barrages sont stockés dans ces deux réservoirs artificiels drainant 15 % de la superficie totale du bassin du Golo. Seuls les sédiments transportés en aval des barrages et ceux de l'Asco (Figure 30) parviennent dans le lit actuel du Golo.



Figure 31 : A gauche : Le barrage de Calacuccia sur le Golo depuis la rive droite (photo © Pierre Bona, 2011). A droite : Barrage de Coscia (photo © Pierre Bona, 2010).

3.3.2. Les seuils hydrauliques et les pompages d'eau du Golo

Sur le bassin versant, cinq autres ouvrages hydrauliques ont été construits après la confluence des principaux cours d'eau à Ponte-Leccia (Figure 30). Ce sont pour la plupart des seuils en béton ancrés sur un seuil naturel, construits dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle. Les seuils sont des obstacles à l'écoulement, ils créent une surélévation de la ligne d'eau en amont du seuil (pouvant conduire à la création d'un petit plan d'eau à l'amont de l'ouvrage), suivi d'une surverse sur le parement aval. Les seuils permettent dans certains cas d'alimenter un canal de dérivation, d'exploiter la force motrice de l'eau, de prélever de l'eau dans de meilleures conditions (<http://id.eaufrance.fr/ddd/obs>). Sur le Golo, ils sont tous équipés soit d'évacuateurs de crues soit de « déversoirs » qui permettent d'évacuer des débits importants lorsque le niveau de la retenue est élevé. Ces ouvrages, retiennent une partie du sédiment en amont, notamment les sédiments grossiers (sables, graviers, galets). Ils limitent le transport des sédiments mais ne l'entravent pas totalement. En effet, le transport des particules fines est quant à lui moins perturbé que celui des sédiments grossiers et le transit de sédiment est théoriquement possible lors des périodes de crues.

Le seuil de Ponte-Leccia, Via Nova (N°5 - Figure 30), recoupe le Golo sur une largeur de plus de 100 m de large et comprend une ancienne prise d'eau située rive droite, qui permettait d'alimenter via un canal d'une centaine de mètres de long la station de pompage de Via Nova (Figure 32).



Figure 32 : Photo du Golo et du seuil de Ponte-Leccia (photo © C. Coutin, 2019).

Le seuil amont de Barchetta, (N°6 - [Figure 30](#)) recoupe le Golo sur une largeur de 50 m de long environ et ne présente pas d'installation particulière autre qu'un déversoir.

Le seuil de Prunelli di Casacconi et le réservoir de Guazza (N°7-8 - [Figure 30](#)), sont des ouvrages datant des années 70. Le premier est actuellement en cours de réhabilitation. Il s'étend sur 70 m de long pour un dénivelé de 5 m de haut. Il se composait jusqu'à présent de trois zones distinctes ([Figure 33](#)): (i) une zone centrale avec l'écoulement principal ; (ii) une zone de prélèvement en rive droite avec la restitution actuelle du débit réservé¹², et (iii) une zone « naturelle » en rive gauche avec des écoulements secondaires.



Figure 33 : Photo de la prise d'eau de Prunelli di Casacconi, source OEHC (dossier de réhabilitation de la prise du Golo, [OEHC 2015](#)).

Cet ouvrage de prise d'eau en rivière destinée aux usages agricoles de la plaine Marana-Casinca et de l'ensemble de la Plaine orientale, contribue également à l'alimentation en eau potable de la communauté d'agglomération de Bastia. Elle alimente via un canal artificiel de 1.7 km de long, le réservoir de Guazza d'une capacité d'environ 340 000 m³ et en cas d'excédent la station de pompage de Casamozza (production d'électricité). L'ouvrage a un débit de prélèvement autorisé dans le Golo qui peut atteindre 6 m³/s en hiver et 0,596 m³/s en été. Le débit réservé lui est actuellement de 0,322 m³/s. Les travaux de réhabilitation actuellement en cours permettront la mise en place d'un régime réservé saisonnier avec une modulation du débit réservé de 1,5 m³/s en hiver et 0,6 m³/s en été. En période estivale, le débit réservé sera restitué sur les volumes lâchés par EDF en amont. L'impact de ces prélèvements est probablement significatif sur le débit

¹² Débit réservé : le débit réservé est le débit minimal d'eau imposé par l'autorité administrative aux propriétaires ou gestionnaires d'un ouvrage hydraulique pour assurer un minimum d'écoulement au cours d'eau et ainsi un fonctionnement minimal des écosystèmes aquatiques ou en proche périphérie du lit.

du Golo, surtout en été, période lors de laquelle le transit sédimentaire est de toute manière faible. L'impact de ces prélèvements sur l'apport de sédiments au littoral est donc considéré faible.

Les prélèvements d'eau souterraine

La nappe alluviale du Golo est sollicitée pour l'alimentation en eau potable ainsi que les besoins de l'agriculture et de l'industrie (hydroélectricité et carrières notamment). Les prélèvements sont réalisés dans la plaine alluviale (de 3 à 5 km de l'embouchure du Golo) par Kyrnolia au niveau d'un forage sur la rive droite du Golo (prélèvement autorisé de 0,01 m³/s) et par la CCMG au niveau d'un champ captant sur la rive gauche (prélèvement autorisé de 0,2 m³/s). Ces prélèvements ont un impact négligeable sur les débits en hiver, période lors de laquelle s'effectue principalement le transit sédimentaire. Même s'ils ont en revanche, un impact significatif sur les débits d'étiage, le transit sédimentaire déjà faible voire nul à cette période de l'année n'est potentiellement pas perturbé (Corbier et Laurencelle, 2021, Genevier, en cours).

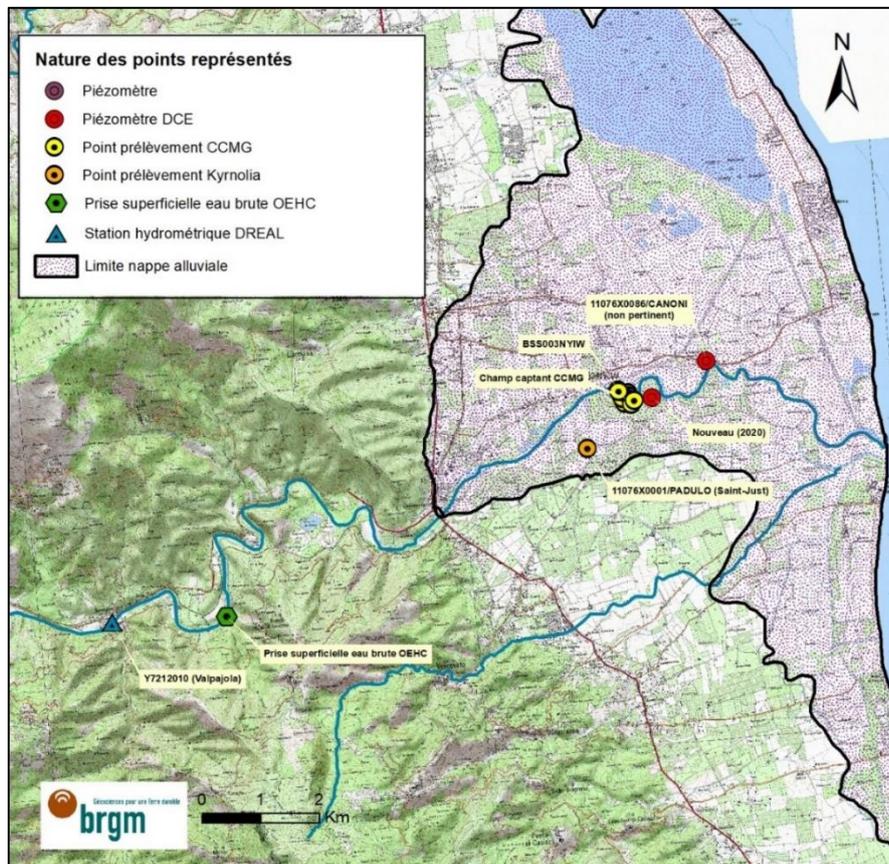


Figure 34 : Localisation des zones de prélèvements par Kyrnolia et la CCMG (Corbier et Laurencelle, 2021).

3.3.3. Barrage et seuil de Lucciana

Le barrage de Lucciana (N°9 - Figure 30) est à la fois une micro-centrale électrique et la station de pompage de Casamozza (opérationnelle uniquement en période de sécheresse en complément du pompage au niveau du champ captant). Le barrage a été construit en 2010, sur un seuil naturel qui devait certainement déjà être aménagé (Figure 35). Il représente aujourd'hui un obstacle conséquent de 70 m de long environ avec un déversoir de 15 m de large pour une dizaine de mètres de dénivelé, d'autant qu'il draine 92 % des eaux du bassin versant du Golo.



Figure 35 : Photo du barrage de Lucciana (photo © M.Genevier, 2019).

Le seuil de Lucciana, Casanova, située dans la Plaine de la Casinca (N°10 - [Figure 30](#)) est un ouvrage de 40 mètres de long, associé sur la carte IGN à une station de pompage d'eau et à l'entrée d'un des canaux d'irrigation construits début du XX^{ème} siècle. Sur la photo aérienne de 2017 ([Figure 36](#)), le seuil apparaît bien engravé ce qui confirme le blocage des sédiments grossiers en amont de la retenue.

A noter qu'il n'existe pas, le long du Golo, de suivi et d'évaluation du transport solide. La seule estimation empirique réalisée en 1982 (Quélenec., 1982) évalue le tonnage moyen annuel de matières en suspension (MES) entre 30 000 et 45 000 t/an. Cette valeur ne tient toutefois pas compte de la fraction la plus grossière (sable, galets ou graviers), charriée pour le cours d'eau lors des crues, et qui constitue une part vraisemblablement non négligeable des sédiments expulsés au niveau du littoral.

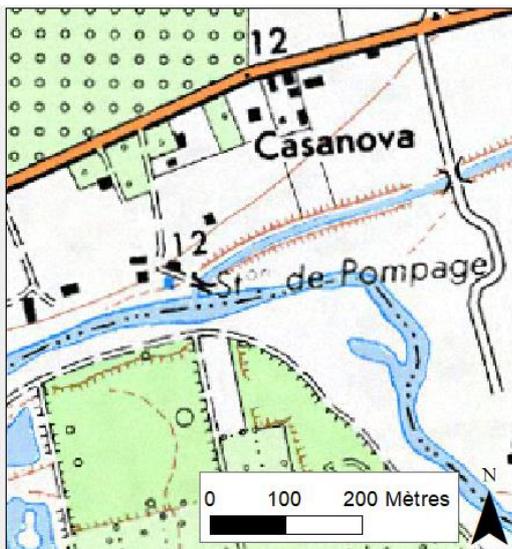


Figure 36 : Seuil de Lucciana, Casanova (Scan 25 et Orthophoto 2017 IGN).

3.4. LES EXPLOITATIONS DE GRANULATS DANS LE FLEUVE

La Plaine de la Casinca s'étend sur 7.5 km de large. Elle possède une grande quantité de ressources alluvionnaires (Figure 18 et Figure 19) et a donc fait l'objet d'une recherche de gîtes et d'exploitations intensives de graviers au cours du siècle dernier. Ces extractions ont été initiées à partir des années 1950 et en premiers lieux sur les berges du Golo. Elles ont été réalisées en aval du pont de Casamozza où les alluvions étaient facilement accessibles et de bonne qualité (Figure 37). Les sites exploités sont bien visibles sur la photographie aérienne de 1948.

Depuis 1963, l'extraction déclarée a varié entre 100 000 et 750 000 t/an, cependant de nombreuses extractions n'ont probablement pas été déclarées. Entre 1979 et 1994, les derniers sites exploités par les Gravières du Golo au lieu-dit de Brancale ont été estimés entre 5 000 et 10 000 t/mois sur 15 ans soit environ 1,8 M de tonnes¹³. Malgré les différentes mises en demeure et l'interdiction d'exploiter dans le lit vif du Golo, la production s'est maintenue illégalement jusqu'en 1998. Dans tous les cas, les chiffres d'exploitations annuelles sont à minima autour de 100 000 t/an de sédiments prélevés, vraisemblablement autour de 1Mt/an au plus fort de l'activité.

Le recoupement entre les archives de la DREAL, le traitement Lidar 2013 (IGN) de la topographie de la plaine et les photographies aériennes historiques permet de localiser précisément les zones anciennement exploitées (Figure 38). **La superficie impactée est de l'ordre 840 000 m² soit 84 Ha.**



Figure 37 : Photos de l'environnement immédiat des installations de la dernière gravière du Golo, vue vers l'est (extrait de la Demande d'ouverture d'une carrière de granulats sur la commune de Monte au lieu-dit "Brancale", 1987, Archive DREAL).

¹³ Sources : Note sur les extractions et les rejets dans le Golo, DDA Haute-Corse, 1985 - Rapport du chef de la subdivision de la DRIRE sur la demande de renouvellement d'autorisation d'exploiter une carrière, 1994

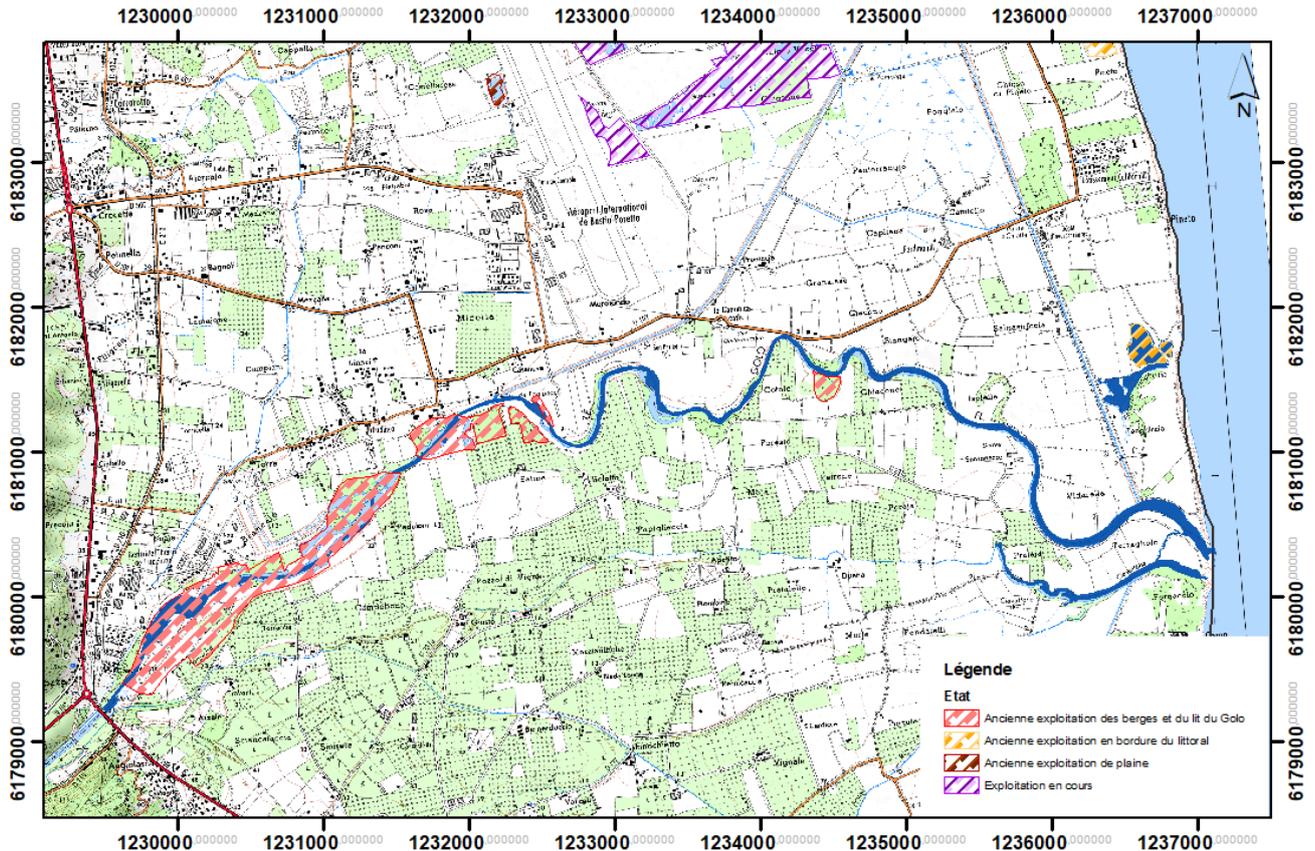


Figure 38 : Carte de localisation des gravières exploitant le lit du Golo ou une frange du littoral.

La résultante des exploitations autorisées et des extractions sauvages a été un **surcreusement progressif du lit du Golo** (Figure 39), estimé d'abord entre 1 et 4 m entre 1973 et 1978, lors des premiers arrêtés visant à limiter et cadrer les extractions dans le cours aval du Golo. Ce surcreusement atteindra entre 4 et 9 m lors des derniers levés effectués en 1999 par la DDAF (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt), suite aux dernières constatations d'extractions importantes de matériaux sur les berges et dans le lit vif du Golo.

Les **fosses artificielles** ainsi réalisées peuvent alors **initier des processus d'érosion régressive du lit du fait de la modification de l'équilibre de ce dernier**

En privant le fleuve de sédiments qui auraient pu être naturellement (re)mobilisables lors de crues, ces exploitations dans la plaine alluviale ont eu pour conséquence de perturber voire **d'interrompre le flux de sédiments** venant de l'amont et charriés par le Golo (les volumes annuels extraits étant 20 fois supérieurs aux apports naturels de MES estimés. La part de sédiments plus grossiers charriés n'étant pas connue). D'autre part, la création des fosses a pu accentuer le déficit sédimentaire au littoral en constituant une **zone de décantation et de stockage** d'une partie des sédiments transitant dans le Golo. Cet impact sur le piégeage des sédiments est considéré comme majeur car ressenti au-delà de l'arrêt des exploitations, le temps que les fosses soient totalement comblées. Il est très variable d'une fosse à l'autre selon leur dimension ainsi que la fréquence et l'intensité des crues susceptibles de permettre le franchissement des sédiments.

Par ailleurs, l'épaisseur des **basses terrasses alluviales du Golo protégeait l'aquifère sous-jacent** (Figure 39). Or les différentes études d'impacts menées et les profils topographiques ont démontré que les exploitations de matériaux alluvionnaires **portaient également directement**

atteinte à l'intégrité de l'aquifère dans la zone d'alimentation des captages AEP de la Marana et de la Casinca¹⁴. **Le surcreusement du lit du fleuve provoquant un abaissement du niveau de la nappe de 2.50m et une remontée du biseau salé à l'intérieur des terres.**

Ces zones anciennement exploitées n'ont été réhabilitées que très récemment, entre 2002 et 2003. Les berges ont été réaménagées et végétalisées afin de limiter leur érosion lors des crues du Golo (cf. paragraphe 3.1 et 3.2.3) durant lesquelles les écoulements d'eau s'engouffrent dans les secteurs exploités et noient des terrains plus argileux en aval.

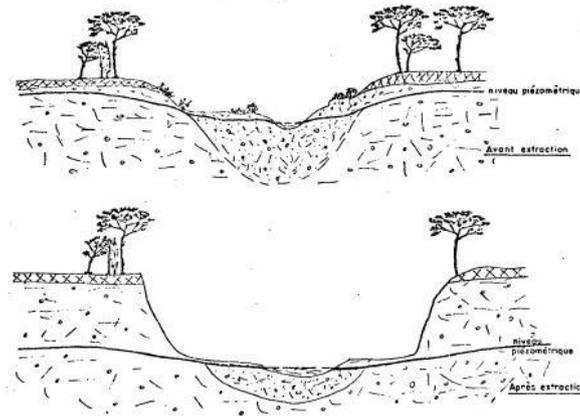


Figure 39 : Schéma de la modification de la morphologie du Golo après extraction - Relation entre l'abaissement du fond du lit et celui de la nappe phréatique (Abignoly et al., 1977).

¹⁴ Source, Lettre du Directeur Régional de l'environnement, au préfet de Haute-Corse à propos de la demande de renouvellement de l'autorisation d'exploiter une carrière au lieu-dit « Brancale », 1993.

3.5. SYNTHÈSE ET CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU GOLO

Sur la période récente, depuis le milieu du XX^{ème} siècle, différentes évolutions significatives ont affecté le lit du Golo, que ce soit au niveau de la plaine alluviale comme au sein de son bassin versant :

- Des **ouvrages transversaux** le long du cours d'eau bloquant ou perturbant le transit des sédiments ;
- Des **exploitations de gravières** dans le lit ou à proximité au niveau de la plaine alluviale ; induisant une incision du lit avec la création de fosses artificielles profondes ayant un impact sur le transit des sédiments charriés vers le littoral ;
- Une **occupation des sols évolutive**, aussi bien dans le bassin versant que dans la plaine alluviale où l'urbanisation est croissante ces dernières décennies, sans toutefois que la quantification de l'impact sur le transit des sédiments soit évidente.

Ces évolutions induisent un déficit sédimentaire susceptible de se répercuter sur le littoral et d'accentuer les phénomènes d'érosion marine. Cependant, la méconnaissance de la dynamique torrentielle du cours d'eau (charge solide transportée notamment, zone de dépôts préférentielles) ne permet pas d'estimer l'impact sur les apports sédimentaires vers le littoral.

Les diverses **actions anthropiques** impactant le transit sédimentaire dans le cours d'eau ces dernières décennies, ont été explorées, afin d'estimer leur rôle dans le déficit sédimentaire et leur contribution à l'érosion marine du littoral :

- **Construction d'ouvrages hydrauliques**

Ces dizaines d'ouvrages construits sur le cours du Golo (barrages et seuils, sont **incontestablement des entraves majeures au transit sédimentaire naturel de l'amont vers l'aval**. Ils ont limité le volume de sédiments arrivant jusqu'à l'embouchure. En plus de l'effet local et individuel de chaque ouvrage, **l'effet cumulé de tous les ouvrages** présents le long du cours d'eau est un élément primordial à évaluer. Cependant, l'absence de donnée (ni référence initiale, ni suivis) telles que la granulométrie, le temps de transport et les volumes retenus depuis 1968 **ne permet pas de quantifier le volume de sédiments piégés qui n'a pas atteint l'embouchure et donc l'impact de ces ouvrages sur les débits solides. Par conséquent, il est impossible de relativiser cet impact au regard de celui des autres facteurs anthropiques, géologiques ou climatiques.**

Les débits de pompage bien que régulés, sont susceptibles d'impacter les débits du cours d'eau mais de manière limitée et ponctuelle. Ils ne semblent donc pas suffisamment significatifs pour influencer sur la dynamique morpho-sédimentaire du fleuve.

- **L'exploitation des alluvions**

L'impact de l'exploitation des alluvions aux abords et dans le lit du Golo a eu de multiples incidences sur la morphologie du fleuve comme l'élargissement du lit majeur par endroit, le surcreusement du lit mineur (de 1 à 9 m entre 1973 et 1999) ou bien la disparition de zones de divagation où s'étaient accumulés des bancs de galets. Cette évolution de la morphologie a eu pour conséquence de **priver le fleuve d'une partie des sédiments détritiques (sables et graviers) mobilisables et de constituer des pièges à sédiments qui ne sont alors plus transportés jusqu'au littoral**. Bien que la surface minimale impactée soit estimée à 840 000 m²,

il n'est pas possible de quantifier cette contribution en raison de l'absence de données sur les volumes réels extraits, parfois lié à l'illégalité d'exploitations des berges ou dans le lit vif. Cet effet est encore probablement ressenti aujourd'hui, malgré l'arrêt des exploitations depuis 1998, et ce, tant que les fosses ne seront pas totalement comblées.

L'absence de données et la possible rémanence des effets dans le temps des exploitations (c'est-à-dire que l'effet se poursuit sur quelques années à quelques décennies après l'arrêt de la cause de la perturbation) ne permettent pas de quantifier l'impact de ces exploitations sur les débits solides ni de le relativiser au regard de celui des autres facteurs anthropiques, géologiques ou climatiques.

- L'évolution de l'occupation du sol

Sur les dernières décennies, les principales évolutions de l'occupation du sol concernent la déprise agricole en amont du bassin versant du Golo (abandon des cultures en terrasses) au profit d'une agriculture intensive plus en aval dans la plaine en lien avec la construction ou le réaménagement des canaux d'irrigation et d'assainissement. La plaine alluviale est également marquée par une croissance de l'urbanisation depuis le milieu du XX^{ème} siècle.

Globalement, ces évolutions ont perturbé les apports sédimentaires au Golo par l'imperméabilisation (urbanisation), la fixation (réinstallation de la forêt et du maquis) et le drainage (canaux) des sols et par la modification des écoulements (ruissellement et crue). **Cependant, l'absence de données et les nombreuses interactions entre les différents facteurs ne permettent pas de quantifier l'impact de l'occupation du sol sur l'apport de sédiments au Golo puis au littoral.**

En terme de débits solides du cours d'eau, les données disponibles ne permettent pas de quantifier ni de distinguer l'impact de chacune des diverses actions anthropiques précitées. Si leur effet cumulé est à considérer, elles ont cependant pu être qualitativement relativisées les unes par rapport aux autres. Ainsi, l'exploitation des gravières ainsi que le barrage de Lucciana sont supposés avoir un **impact fort**. De même les seuils sont supposés avoir un **impact modéré à fort**. En revanche, les barrages en amont (Calacuccia et Corscia) sont supposés avoir un **impact faible**. L'urbanisation de la plaine est supposée avoir un **impact modéré** du fait de son lien avec la fixation des berges (qui reste très limitée). L'évolution de l'occupation du sol du bassin versant (urbanisation, déprise agricole, déforestation et reforestation) et de l'aval de la plaine alluviale (canaux) est supposée avoir un **impact faible**. Les opérations effectuées sur le cordon littoral sont supposées avoir un **impact faible** au regard des autres opérations sur le cours d'eau dans le bassin versant et la plaine alluviale, ou **bien modéré à fort mais uniquement à une échelle locale**.

4. Evolution récente du littoral

Ce chapitre présente un état des connaissances sur les évolutions morphosédimentaires du cordon sableux (plage et dune) ainsi que sur les facteurs qui les contrôlent, à l'échelle de la plaine Marana-Casinca et plus particulièrement de la zone sous l'influence directe de l'embouchure du Golo représentant un linéaire d'environ 4 km (2,75 km au nord, 1,25 km au sud). La présente étude ayant pour objectif la contribution du fleuve du Golo à l'évolution du littoral, ce chapitre relatif à la dynamique côtière reprend les éléments techniques présentés dans les études antérieures ou en cours du BRGM, et notamment sur les travaux réalisés dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de Corse (ROL). Il n'est pas prévu dans le cadre de cette étude d'exploiter les données ni d'effectuer des analyses complémentaires sur les évolutions du littoral au regard de la dynamique du Golo (naturelle et anthropique).

4.1. LES ETUDES EXISTANTES ET NATURE DES DONNEES DISPONIBLES

La première étude sur le delta du Golo, et de son littoral, réalisée par le BRGM date de 1982 (Quélénnec, 1982). Depuis une vingtaine d'années, le BRGM a mené des études sur le littoral de la Plaine orientale pour l'OEC et l'Etat, qui ont permis de décrire les entités morphologiques et les grands modes de fonctionnement morphosédimentaires avec les facteurs de forçage météorologiques ainsi que d'estimer l'impact des tempêtes et d'émettre des préconisations de gestion en fonction du contexte géomorphologique (Figure 40, Oliveros and Delpont, 1999, Stepanian et al., 2010, Balouin et al., 2011 et 2012).

Ces études s'appuient notamment sur les mesures de terrain (mesures de haute précision du trait de côte et de profils perpendiculaires à la côte) réalisées annuellement depuis 2002 dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de la Corse et donnent lieu à des rapports annuels (<http://www.littoral-corse.fr/-Publications->). Ces mesures au DGPS et avec un sondeur monofaisceau sont réalisées sur 17 sites du littoral Corse dont le Lido de la Marana (de Bastia jusqu'au nord de l'embouchure du Golo). Elles permettent donc d'estimer la variabilité annuelle récente de ce trait de côte et de suivre ses tendances d'évolution sur le long terme.

Ce type de mesures au DGPS n'a été mis en œuvre au sud de l'embouchure du Golo que dans le cadre du projet LIFE ADAPTO cité en introduction (2019 – 2021) qui a également fait l'objet d'une actualisation des taux d'évolution du trait de côte digitalisés sur des orthophotographies de l'IGN de 1937 à 2016 sur le littoral de la Plaine Marana-Casinca (Stepanian et al., 2017).

A l'échelle de la Plaine orientale (Bastia à Solenzara), y compris sur le littoral de la plaine Marina-Casinca, une actualisation des taux d'évolution du trait de côte est en cours à partir des orthophotographies de l'IGN de 1948 à 2019 et de nouveaux outils statistiques. Réalisée par le BRGM pour la DDTM de Haute-Corse (Paquier et al., en cours), cette actualisation est complétée par l'estimation de l'évolution prévisible du trait de côte aux horizons 2040 et 2100.

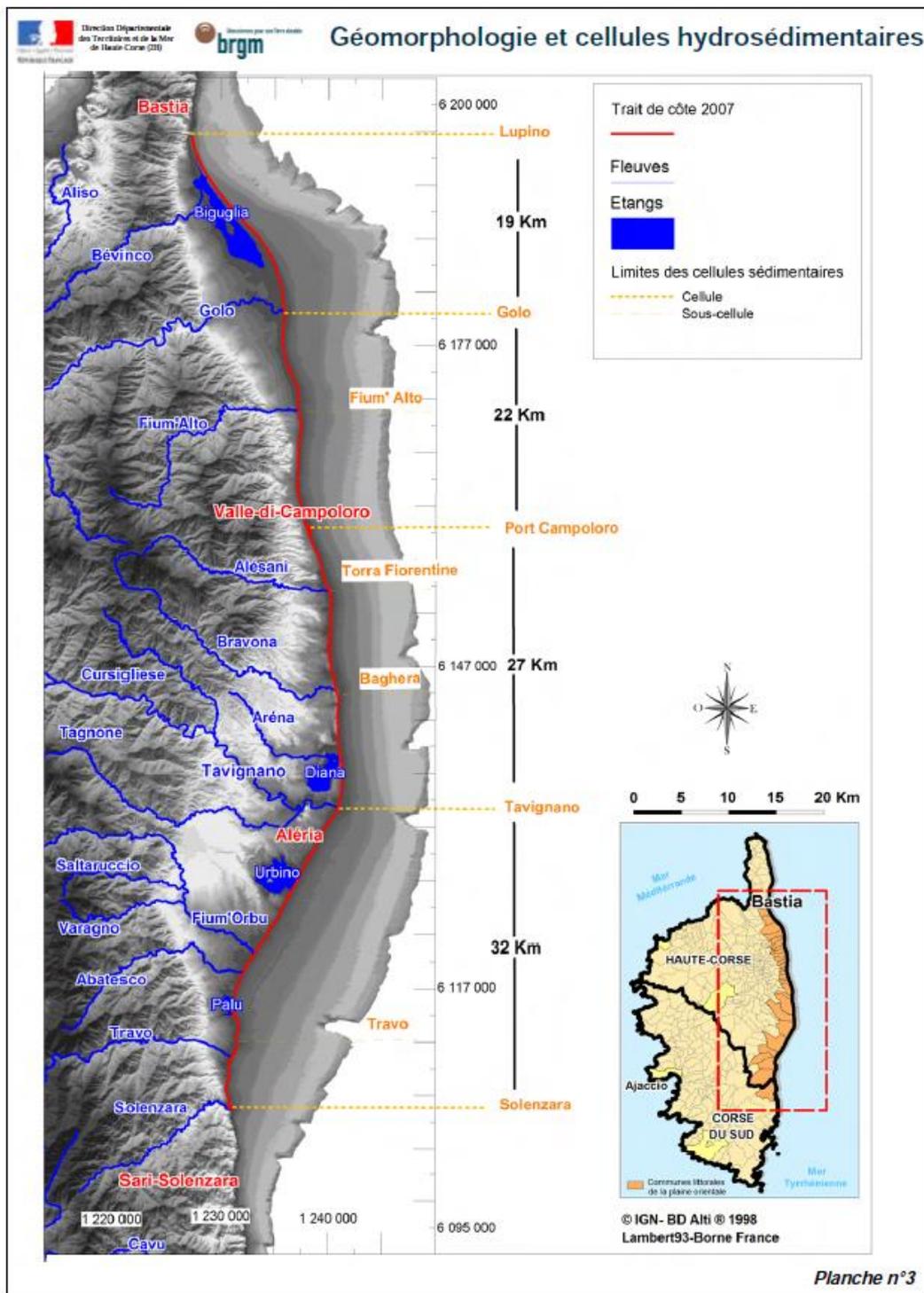


Figure 40 : Les cellules sédimentaires de la Plaine orientale Corse (Stepanian et al., 2010).

4.2. LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE ET LES FACTEURS IMPLIQUES DANS L'EVOLUTION DU LITTORAL

Caractéristiques géomorphologiques du cordon sableux et de l'embouchure :

Tel que décrit dans [Stepanian et al. \(2010\)](#), l'embouchure du Golo représente un barrage hydraulique et perturbe le transit littoral. Elle représente ainsi une limite entre deux cellules sédimentaires ([Figure 40](#)) :

- **la cellule Lupino - Golo** au nord représente un linéaire d'une quinzaine de kilomètres, essentiellement constituée d'un lido sableux longeant l'étang de Biguglia dans lequel se jette le Bévinco ;
- **la cellule Golo – Campoloro** au sud représente un linéaire d'une vingtaine de kilomètres. L'embouchure du Fium'alto au sud marque la limite de la sous-cellule : Golo – Fium'alto.

Alors que les corps sédimentaires au sein de ces deux cellules sont géomorphologiquement similaires, l'orientation de la côte représente la différence majeure entre ces deux cellules : NNE-SSE pour la cellule Lupino-Golo et N-S pour la sous-cellule Golo-Fium'Alto ce qui peut impliquer un comportement différent pour des conditions de houles identiques ([Stepanian et al., 2011](#)).

Les deux profils présentés sur la [Figure 41](#) représentent les différentes entités géomorphologiques classiques des environnements méditerranéens (avec ou sans herbier et banquette de posidonie, [Pasqualini, 1997](#)) et qui sont généralement suivies par le BRGM (ROL notamment, [Mugica et al., 2018](#)). Au nord et au sud de l'embouchure du Golo, ils se caractérisent par ([Figure 41](#) et [Figure 42](#)) :

- **une avant-cote** marquée par la présence de une ou deux barres sous-marines relativement parallèles à la côte ou en forme de croissants, et par endroit d'un herbier de posidonie ;
- **une plage émergée active** relativement étroite (de l'ordre de 15 à 20 m) à proximité de l'embouchure mais qui peut s'élargir de 30 à 60 m plus loin. Elle est souvent marquée par la présence d'une berme et parfois la présence de banquettes de posidonie (d'échelle décimétrique à métrique maximum) ;
- **une dune** relativement basse (1 à 2 m/NGF voire < 1 m/NGF par endroit) et végétalisée.

La pente du profil est généralement de 3 à 5 degrés.

L'arrière-dune se caractérise au nord de l'embouchure par une forêt peu développée voire inexistante ainsi que des parcelles agricoles et au sud par une forêt mieux développée et des zones humides.

Des bâtiments (habitations, résidence touristiques, camping, etc.) occupent par endroit la dune et parfois le haut de la plage émergée active. Alors que les premières constructions apparaissent à 2 km au nord de l'embouchure, elles apparaissent en revanche à seulement 300 m au sud.

L'embouchure est constituée :

- **au nord**, d'un chenal principal prolongeant le tracé actuel du fleuve ainsi que d'une **flèche sableuse** orientée vers le sud sur la rive gauche et parfois d'une deuxième flèche sableuse

orientée vers le nord sur la rive sud. Elles sont extrêmement mobiles et leur allongement peut parfois conduire à la fermeture ponctuelle de l'embouchure ;

- **au sud**, l'extrémité de la Fosse de Ciavatonne (paléochenal du fleuve) qui s'ouvre en période de crue.

L'avant-côte au droit de cette embouchure se caractérise par un système complexe de bancs de sable plus ou moins obliques par rapport à la côte, résultants des interactions entre la dynamique fluviale et la dynamique océanique. Ce système de bancs semble s'étendre sur un linéaire de 2,5 km au nord et 1 km au sud de l'embouchure ce qui conduit à déduire que **le littoral sous l'influence directe de la dynamique de l'embouchure s'étend sur un linéaire d'environ 4 km**. Au-delà, l'avant-côte retrouve une morphologie telle que décrite précédemment, avec des barres sous-marines relativement parallèles à la côte.

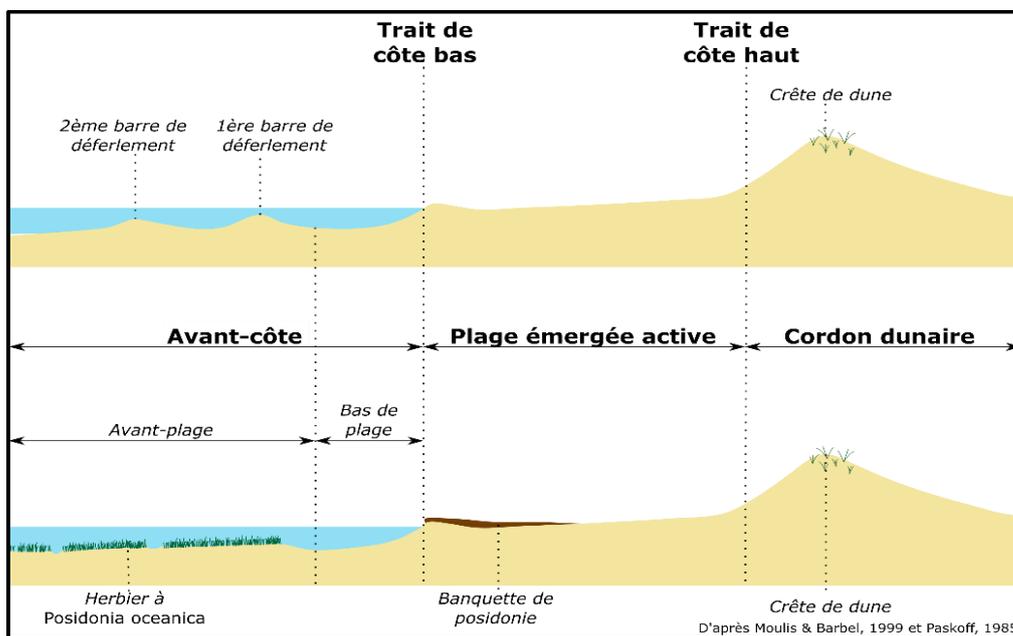


Figure 41 : Profils types de plage méditerranéennes avec une configuration à 2 barres sous-marines (profil du haut) et avec la présence d'herbiers et de banquettes de posidonie (profil du bas).

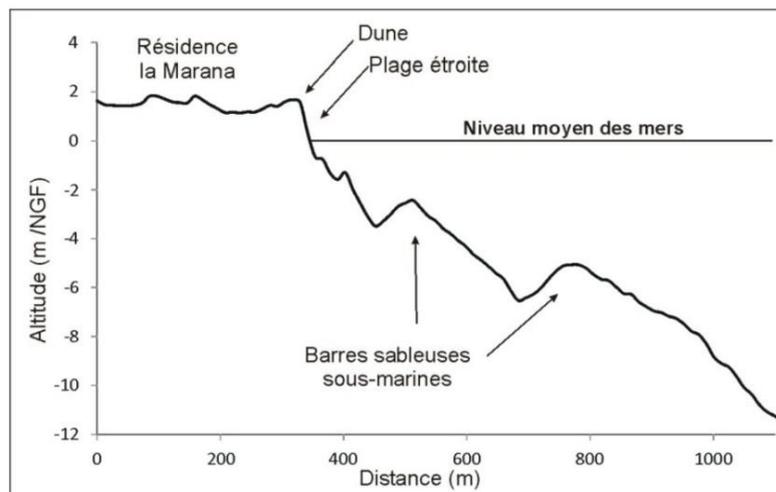


Figure 42 : Profil transverse barre – plage – avant-côte au niveau du lido en face la lagune de Biguglia (Balouin et al., 2012).

Principaux modes de fonctionnement hydro-morphosédimentaire :

Le cordon sableux au nord et au sud de l'embouchure est un environnement naturellement mobile à différentes échelles spatiale et temporelle. Des périodes d'érosion (recul du trait de côte vers les terres, abaissement de l'altitude de la plage) et des périodes d'accrétion (avancée du trait de côte vers la mer, élévation du profil) peuvent alterner naturellement, même en l'absence de déficit sédimentaire.

A l'échelle saisonnière, la morphologie du profil avant-côte – plage – dune varie en fonction des conditions hydrodynamiques : en période hivernale, les conditions de forte agitation marine induisent une érosion de la plage voire du pied de dune (falaise dunaire), un abaissement et un aplanissement du profil, associés à un export de sable vers le large. En revanche, les conditions estivales généralement moins dynamiques peuvent malgré tout générer des houles suffisantes pour alimenter la dérive littorale tout en permettant un rechargement naturel des plages. Le profil peut ainsi se gonfler avec le rapprochement de la barre sous-marine, la formation d'une berme et l'éolisation d'éventuelle falaise dunaire.

A l'échelle pluriannuelle, un évènement de tempête particulièrement intense et/ou la succession d'hivers particulièrement tempétueux, peuvent induire une tendance au recul du trait de côte continu sur plusieurs années. Elle pourra s'inverser lors d'une période d'accalmie, grâce à une succession d'hivers plus cléments et des étés avec des houles favorables.

Dans un contexte de déficit sédimentaire (pas ou peu d'apport de sédiment), les dommages générés par les tempêtes hivernales ne pourront pas forcément être compensés par l'accrétion estivale.

De part et d'autre de l'embouchure, **les barres sous-marines migrent longitudinalement au niveau de l'avant-côte** et permettent un apport de sable à la plage émergée active lorsqu'elles s'y accolent. Comme évoqué précédemment, les tempêtes hivernales induisent des phénomènes d'érosion avec un transport de sédiments transverse vers le large. Ils se manifestent par le recul du pied de dune avec l'apparition d'une falaise dunaire et l'abaissement de l'altitude de la plage émergée active, de manière généralisée ou bien ponctuelle tel que les entailles d'érosion marine ponctuelles dont la localisation est liée à la position plus ou moins distale des barres sous-marines (Figure 43).

Les houles dominantes du sud-est induisent **une dérive littorale dominante du sud vers le nord** (transport sédimentaire longitudinal) même si **des inversions se produisent ponctuellement** sous l'effet de houles de l'est - nord-est. La migration des flèches sableuses observables à l'embouchure (soit vers le nord sur la rive sud soit vers le sud sur la rive gauche) témoigne de ces variations.

Outre les conditions hydrodynamiques moyennes (climat de vagues) et évènementielles ou extrêmes (tempête) qui déterminent le sens, l'intensité des courants et de la dérive littorale (Balouin et al, 2012), d'autres paramètres influencent la dynamique morpho-sédimentaire des deux cellules :

- **la dynamique fluviale** du Golo, du Fium'Alto et du Bévinco (via l'étang de Biguglia) qui contrôle (i) l'apport de sédiments par suspension, saltation ou charriage ; (ii) la morphologie des embouchures avec des phases de fermeture et des phases d'ouverture et de ruptures des flèches sableuses en cas de crue par exemple. Ces ruptures permettent généralement une expulsion de sédiments dans le système côtier et une alimentation de la dérive littorale ;

- **les facteurs anthropiques** liés aux infrastructures côtières tel que décrit dans la *section 1.3.4 - Les ouvrages et aménagements sur la bande littorale* et aux opérations mécaniques (ex : extraction, rechargement, usages, etc.).

Les interactions entre ces différents facteurs (météo-marins, fluviaux, anthropiques) qui s'expriment avec des variabilités différentes sont extrêmement complexes et mal connues. Les données morpho-sédimentaires et hydrodynamiques demeurent insuffisantes pour estimer et quantifier la part des uns et celle des autres.



Figure 43 : Microfalaise en pied de dune due à l'érosion et au recul du trait de côte (nord de l'embouchure du Golo, juillet 2019).

4.3. LES AGENTS NATURELS INFLUENÇANT LE TRANSPORT SEDIMENTAIRE

4.3.1. Conditions hydrodynamiques moyennes

Sur la façade orientale de l'île, **les vents sont assez irréguliers**. Les vents de secteur ouest (U Libeccio) sont cependant dominants toute l'année, mais leur influence est limitée sur le littoral à l'abri des fortes houles. En revanche, les vents de secteur est (U Grecale, U Levante, le Sirocco) sont moins fréquents, mais ont une influence directe sur le littoral, en particulier lors des épisodes tempétueux. De plus, ce sont ces vents d'est qui contribuent actuellement à l'alimentation des cordons dunaires depuis la plage. Ils vont également générer des vagues de vent, et des houles transversales (Figure 44 et Figure 45).

La façade orientale de l'île ne dispose que d'une seule bouée du réseau CANDHIS (CEREMA) au large d'Alistro pour estimer les **conditions de houle** qui se propagent au droit de la Plaine orientale. Les houles dominantes dépassent rarement 3 m (Hs) avec des périodes relativement faibles ($2.5 < T_p < 9.1s$) et se propagent sur l'axe N-S. Les vagues ayant ici un impact sur le littoral proviennent du SSE et du NNE (Figure 44).

Comme évoqué précédemment, il résulte de ces forçages, une dérive littorale dominante du sud vers le nord. Des épisodes d'inversion du sens de la dérive sont toutefois assez fréquents le long de la sous-cellule Golo-Fium'Alto et notamment à proximité de l'embouchure du Golo (Balouin et al., 2012).

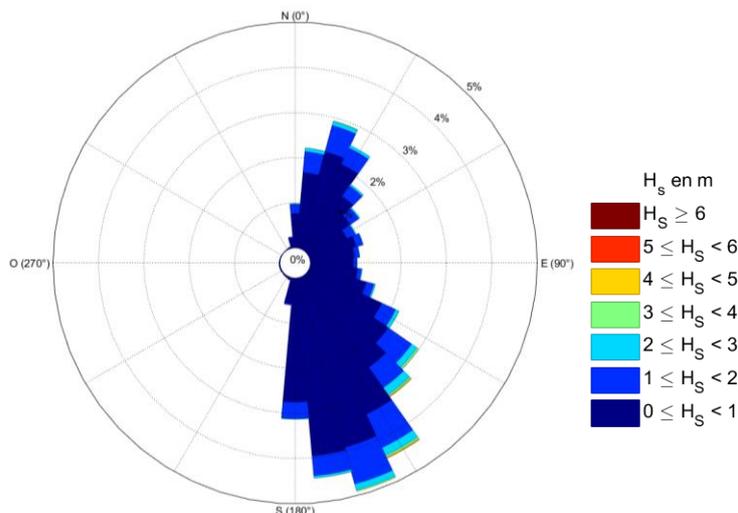


Figure 44 : Rose des houles mesurées à Alistro (CANDHIS) entre le 01/11/2013 et le 31/12/2019.

4.3.2. Conditions hydrodynamiques extrêmes

(i) Vagues de tempêtes

Stepanian et Belon (2017) ont établi la chronique des tempêtes sur le littoral de la Plaine orientale entre 1979 et 2013. Pour la période récente (2013-2019), l'identification des tempêtes a été réalisée à partir des données de houles enregistrées par la bouée d'Alistro du réseau CANDHIS (Figure 45). La sélection des tempêtes repose ici sur deux critères (i) des conditions de vagues supérieures à 2 m et (ii) seules les houles en direction de la côte sont concernées (de 180 à 360°N).

Les années 2017 et 2019 sont caractérisées par de plus nombreux événements que les autres années. L'événement présentant les vagues les plus hautes a eu lieu le 19 décembre 2016. Malheureusement, aucun suivi d'évolution géomorphologique synchrone à cet événement n'a été réalisé. Un autre événement marquant a été enregistré le 29 octobre 2018 (tempête Adrian) et a fait l'objet d'un rapport d'observations post-tempête (Mugica et Laigre, 2019).

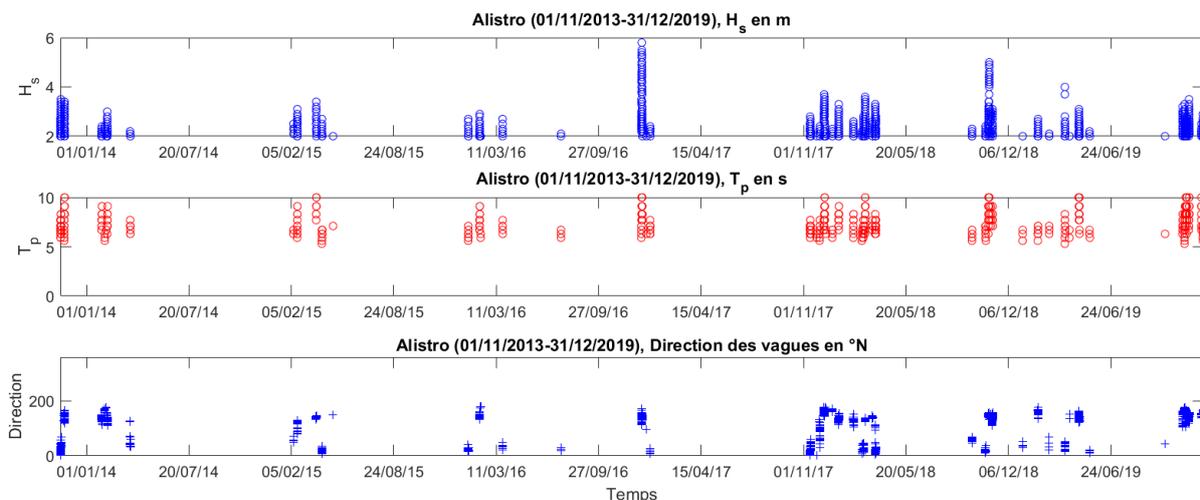


Figure 45 : Chronique des tempêtes enregistrées à la bouée Alistro (réseau CANDHIS, CEREMA) entre novembre 2013 et décembre 2019 ; modifiée depuis Stephanian et Belon (2017).

(i) Le niveau d'eau côté mer

La Corse est une zone micro-tidale dont le marnage ne dépasse pas 0.4 m. Lors des tempêtes, la surcote (atmosphérique, vent) et la surcote liée au déferlement des vagues (wave-setup) provoquent une élévation supplémentaire du plan d'eau qui peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres. Seulement un seul marégraphe situé au port de Solenzara (<https://data.shom.fr/>) est opérationnel et permet d'estimer les niveaux d'eau sur la façade orientale de l'île (par ex., 42 cm mesurés lors de la tempête Adrian, le 29/10/2018).

L'action des vagues dans ce contexte se produira plus haut sur le profil avec des effets morphogènes importants dominés par une dynamique transversale (export vers le large de sédiments).

La compilation des mesures marégraphiques et satellitaires indique une élévation du niveau de la mer d'environ 3 mm/an depuis les années 1990. La résolution des données géomorphologiques ne permet pour l'instant pas d'analyser l'impact de cette élévation sur le littoral. Cependant, l'élévation du niveau de la mer est susceptible d'exercer par endroit un contrôle dominant sur l'évolution géomorphologique du littoral dans les prochaines décennies comme le met en évidence l'étude **Paquier et al.** (en cours) qui analyse notamment l'impact des scénarios 4.5 et 8.5 du GIEC.

(ii) Les crues des fleuves du Golo et du Fium'Alto

Les crues de ce type de fleuve méditerranéen sont des événements susceptibles d'être très morphogènes car elles peuvent induire :

- la rupture des flèches sableuses ou les barrières sédimentaires qui se trouvent au niveau de l'embouchure,
- l'apport de sédiments vers l'aval important et soudain (effet de « chasse » des cours d'eau : « pulses » ou « décharges » sédimentaires).

Cependant, il n'existe actuellement pas de donnée ni de suivi géomorphologique spécifique de ces embouchures après les événements de crues historiques. Ainsi, les impacts géomorphologiques au niveau des embouchures et à proximité, des crues marquantes précitées (paragraphe 2.1.2) telles que celles du 18 mars 2013, du 2 octobre 2015 et du 20 décembre 2016 par exemple, ne sont pas précisément connus. Les capacités des événements extrêmes (crues) à générer des pulses sédimentaires de manière exceptionnelle ou régulière (ex : chaque hiver), ne sont donc pas connues.

4.3.3. Facteurs anthropiques influençant la dynamique sédimentaire

Infrastructures côtières

Comme présenté dans le paragraphe 1.3.4, les infrastructures côtières sont susceptibles de perturber le transit littoral selon leur localisation sur la dune voire la plage, leur géométrie, leur dimension et leur composition. Certaines ayant vocation à protéger des enjeux situés en arrière (perrés, mur, géotubes par ex.) contre les aléas côtiers ont une efficacité certaine bien que temporaire (entretien nécessaire) et ont pour effet négatif l'amplification des phénomènes d'érosion marine à leur proximité.



Dans le cadre de l'estimation de l'évolution prévisible du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 à l'échelle de la Plaine orientale pour la DDTM de Haute-Corse (Paquier et al., en cours), un inventaire des infrastructures côtières susceptibles d'impacter la dynamique morphosédimentaire a été réalisé (Figure 46). Pour cela, les bases de données du CEREMA et de la DDTM2B ont été actualisées et complétées à partir de l'orthophotographie de 2019 et de visites de terrain. Il s'agit de bâtiments (maisons individuelles ou infrastructures touristiques), des murs limitant des propriétés et des ouvrages de protection côtière tels que des enrochements et /ou des murs et murets ainsi que des épis (géotubes).

Figure 46 : Localisation et nature des ouvrages longitudinaux et transversaux sur le littoral à proximité de l'embouchure du Golo.

Hormis, les ouvrages structurant tels que l'ouvrage portuaire de Taverna (commune de Santa-Maria-Poggio) et le système de confortement (enrochements, épis) de la route du front de mer de Bastia par exemple mais qui ne concernent pas la zone d'étude, les autres **ouvrages de protection côtières** présents sur l'ensemble du littoral de la Plaine orientale sont des ouvrages plus ou moins isolés et généralement installés sans dimensionnement spécifique : enrochements et murs de matériaux divers, géotubes et/ou big-bags, etc.. Ils sont **généralement installés en urgence après un épisode érosif (une tempête) afin de protéger les enjeux situés en arrière**. En occupant la dune voire le haut de la plage émergée active, ils contraignent fortement l'espace de mobilité du profil plage-dune et limitent les échanges transversaux marins et éoliens conduisant à une accentuation de l'érosion (abaissement de l'altitude de la plage, affouillement, etc.) et un besoin d'entretien permanent. **Ainsi, bien qu'ils offrent une protection (temporaire court à moyen terme) aux enjeux situés en arrière, ils ont généralement pour effet de réduire voire d'annuler toute possibilité de récupération naturelle de la plage puis du profil (capacité de résilience) et induisent des effets défavorables à une échelle qui demeure locale.**

Au sud du Golo, sur la zone d'étude, un enrochement est présent sur la dune au droit du camp de Cap Sud (commune de Venzolasca). Même si la tempête Adrian (29/10/2018) a généré d'importants reculs du trait de côte (jusqu'à 15 m) et un abaissement de l'altitude de la plage, cet ouvrage n'a pas empêché la récupération naturelle de la plage comme le mettent en évidence les relevés effectués par le BRGM dans le cadre du projet ADAPTO (Figure 47). En revanche, au nord du Golo, plusieurs types d'ouvrages (murs et big bags) sont présents directement sur le haut de plage au droit du lotissement Pineto (commune de Lucciana). L'érosion de part et d'autre et l'abaissement de la plage est bien visible (Figure 48). Ce site fait l'objet de réaménagement depuis le début de la présente étude.



Figure 47 : Enrochement au droit de Cap Sud (juste après la tempête Adrian le 30/10/2018 à gauche, après sa restauration et l'accrétion de la plage le 24/03/2021).



Figure 48 : Exemple d'ouvrage et d'impact (flèches rouge : recul trait de côte) au droit du lotissement Plneto (Commune de Lucciana).

Opérations mécaniques de déplacements sédimentaires

La partie dunaire des cordons littoraux les plus anciens est généralement fixée, végétalisée et constitue un stock sédimentaire (ici sableux) qui a pu être exploité par le passé. Quatre sites de prélèvements de sédiments en arrière de la dune ont été identifiés (Figure 46). Cette identification n'étant pas exhaustive, il n'est pas exclu que d'autres sites de prélèvements aient pu exister. Ces prélèvements n'ayant pas toujours été déclarés ou autorisés, aucune donnée sur les volumes de sédiments n'existe à ce jour. Seules l'étendue de ces prélèvements, stoppés dans les années 90, sont connues.

Bien que situé sur la dune fixée ces prélèvements sont susceptibles d'impacter le transit éolien et le transport transversal de sédiments entre la dune et la plage. Cependant, **hormis le constat des cicatrices laissées dans le paysage, il n'est pas possible d'estimer l'impact de ces prélèvements sur la dynamique et le déficit sédimentaire.** Des études spécifiques topographiques et géomorphologiques seraient nécessaires pour cela.

Sur la plage, des opérations de rechargement et de reprofilage sont régulièrement réalisées en protection contre l'érosion marine. Elles peuvent être réalisées dans le cadre de projet d'accompagnement des processus naturels et de reconstitution dunaire ou bien de manière isolée et pas systématiquement déclarée. En cas de rechargements, des prélèvements sédiments peuvent être localisés sur la plage émergée active voire sur l'avant côte avec comme impacts :

- **lorsqu'elles ne sont pas réalisées au sein de la même cellule sédimentaire** : une modification du budget sédimentaire ;
- **lorsqu'elles sont réalisées au sein de la même cellule sédimentaire** (tout comme le reprofilage) : une modification de la géomorphologie et de la réponse du système aux conditions hydrodynamiques (atténuation des vagues réduite ou augmentée, dérive littorale alimentée ou appauvrie, etc.). Même si le budget sédimentaire ne varie pas au sein de la cellule, à une échelle très locale, des perturbations peuvent être générées.

Ces opérations (date, fréquence, volume, zones de prélèvement et de dépôt, matériel employé) n'étant pas connues à l'échelle de la zone d'étude (ni même de la Plaine orientale), il n'est pas possible d'estimer leur impact. Il est cependant considéré relativement local.

4.4. EVOLUTION DU LITTORAL

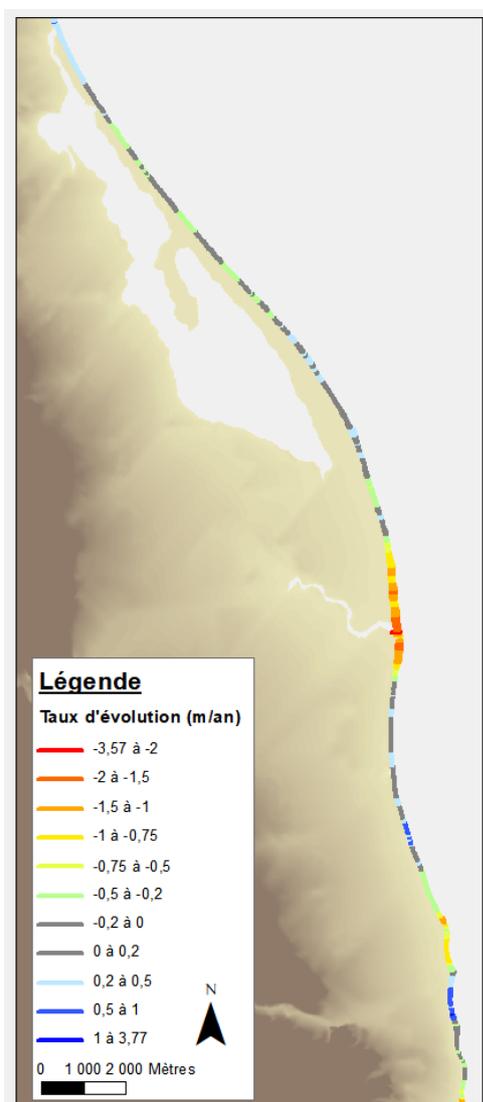
4.4.1. Evolution du littoral depuis 1937

Données exploitées

Sur la période 1937 à 2019, l'évolution du littoral de la cellule Lupino-Golo et de la sous-cellule Golo-Fium'Alto a été estimée à partir des traits de côte digitalisés sur des ortho-photographies (Paquier et al., en cours). Le **Tableau 2** présente les orthophotographies disponibles et utilisées pour cela ainsi que les incertitudes associées qu'il est nécessaire de considérer pour l'interprétation des évolutions. Globalement, plus les données sont anciennes plus l'incertitude est importante.

Année	Source	Incertitude	Incertitude chiffrée
1937	Orthophotographies IGN	Importante	20 m
1948	Orthophotographies IGN	Moyenne	10 m
1958	Orthophotographies IGN	Faible	5 m
1971	Orthophotographies IGN	Importante	20 m
1977	Orthophotographies IGN	Faible	10 m
1982	Orthophotographies IGN	Faible	5 m
2007	Orthophotographies IGN	Faible	5 m
2010	Ortho. LIDAR BRGM	Importante	2 m
2011	Orthophotographies IGN	Importante	10 m
2016	Orthophotographies IGN	Faible	1 m
2019	Orthophotographies IGN	Faible	2 m

Tableau 2 : Synthèse des données de photographies aériennes et des ortho-photographies (IGN) utilisées pour l'analyse.



Le taux d'évolution du trait de côte est de l'ordre de - 1,5 à - 2 m/an au droit de l'embouchure sur un linéaire de 500 m environ. Il diminue ensuite progressivement à - 0,75 m/an en s'éloignant jusqu'à environ 2,5 km au nord et 1 km au sud de l'embouchure, ce qui représente un recul maximal de 50 à 130 m environ entre 1937 et 2019. Au-delà de cette zone de 4km de long environ, les valeurs sont beaucoup plus faibles : des zones en relative stabilité (en gris) alternent avec des zones en recul (-0,2 à -0,75 m/an) et des zones en avancée (+0,2 à +0,5 m/an, Figure 49 et Figure 50).

Le bilan sur toute la période d'observation se caractérise par une position du trait de côte de 2019 nettement en recul par rapport à 1948 au nord : de 100 à 130 m jusqu'à 2 km puis de 10 à 50 m ensuite jusqu'au grau de l'étang de Biguglia. Au sud, ce recul est également marqué (une centaine de mètres) jusqu'à 1 km de l'embouchure mais il est ensuite beaucoup moins important (10 m) voire nul (colonne de droite sur la Figure 50).

Figure 49 : Evolution du trait de côte de 1937 à 2019 sur le littoral de la plaine de Marana-Casinca. Les valeurs négatives (jaune au rouge) correspondent à un recul du trait de côte, les valeurs positives (bleu) à une avancée du trait de côte, les valeurs en gris représentent une relative stabilité.

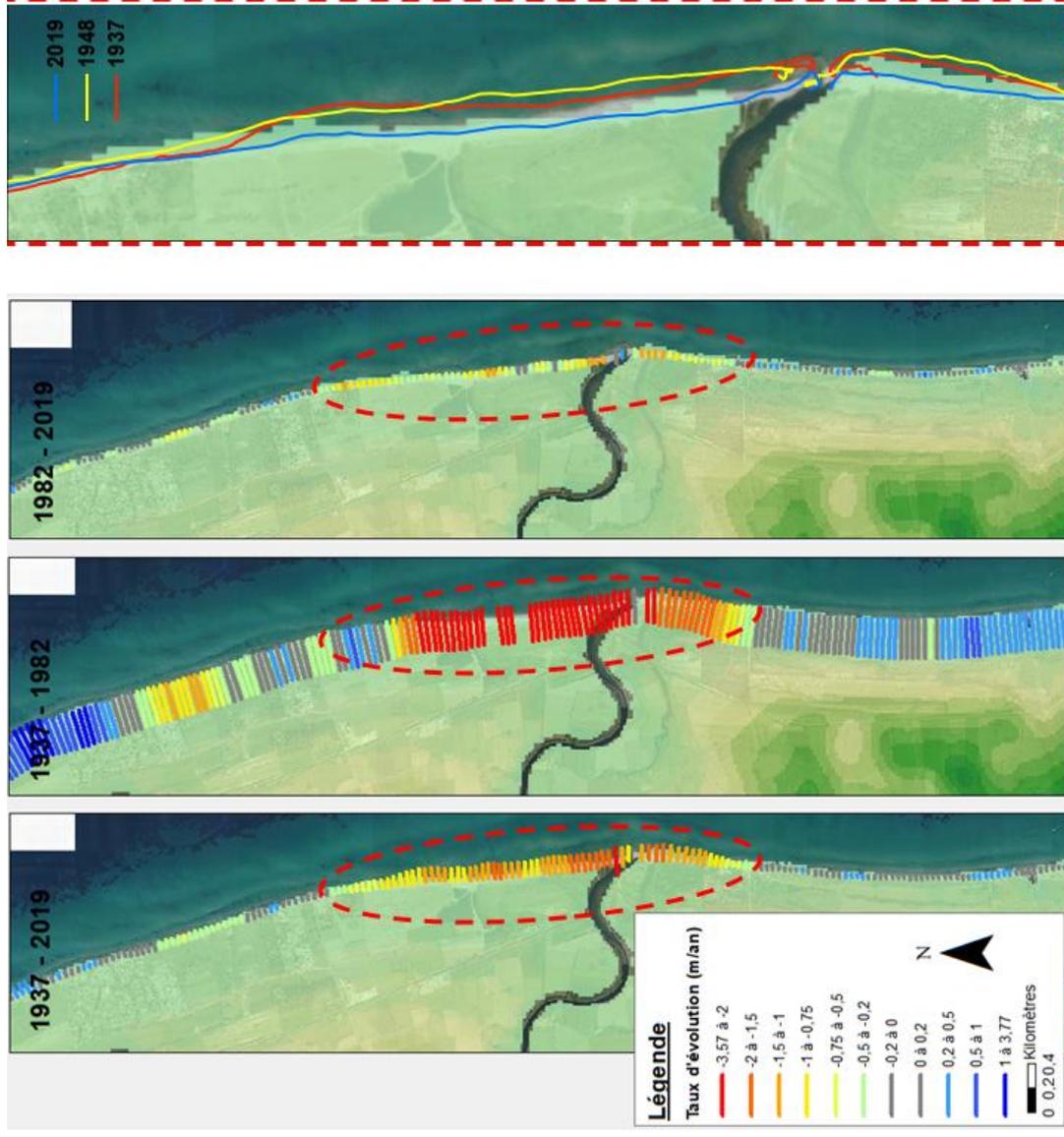
Ces valeurs masquent la grande variabilité des évolutions avec des périodes de recul plus ou moins rapide et des périodes d'avancée du trait de côte. Ainsi, sur la période d'observation, le trait de côte a connu une première phase d'avancée entre 1937 et 1948. Par endroit, le trait de côte de 1937 se situe en arrière de celui de 2019 tel que représenté sur la Figure 50.

A partir des années 60, les actions anthropiques se sont intensifiées avec des impacts probablement majeurs sur le transit sédimentaire : l'urbanisation de la zone côtière et de la plaine, la construction d'ouvrages hydrauliques et l'exploitation des alluvions. C'est à cette période que les premières infrastructures touristiques et lotissements résidentiels se sont installés en arrière de la dune voire sur la dune. Comme expliqué dans le paragraphe 1.3 et le chapitre 3, ces actions anthropiques, ont pu contribuer à la diminution des apports sédimentaires vers le fleuve et par le fleuve vers le cordon littoral (diminution de l'érosion des sols, modification des écoulements, piégeage des sédiments par les ouvrages par ex.). D'autre part, comme évoqué précédemment, les infrastructures édifiées sur la dune sont susceptibles d'avoir impacté la dynamique morphosédimentaire mais à une échelle plus locale.

Après 1998, la plupart des gravières (dont l'exploitation a démarré dès les années 1940) se trouvant en arrière du cordon littoral et dans le cours du Golo ne sont plus exploitées. La dynamique morphosédimentaire littorale a probablement été impactée par l'extraction des sédiments détritiques dans le cours d'eau qui ne sont plus disponibles pour être transportés et alimenter le cordon littoral. C'est pourquoi, il serait utile d'analyser les évolutions du littoral avant et après ces exploitations mais les photographies aériennes disponibles ne sont pas assez nombreuses. Il n'y en a que deux sur une période de 25 ans, de 1982 à 2007, date la plus proche de la fin des exploitations, soit presque plus de 10 ans après cet arrêt ([Tableau 2](#)).

Evolutions constatées

La représentation de l'évolution dans le temps de la distance du trait de côte à une position de référence, met en évidence deux périodes aux évolutions différentes **avant et après 1982** tel que représenté sur la [Figure 53](#) Les taux d'évolution ont donc été analysés sur ces deux périodes.

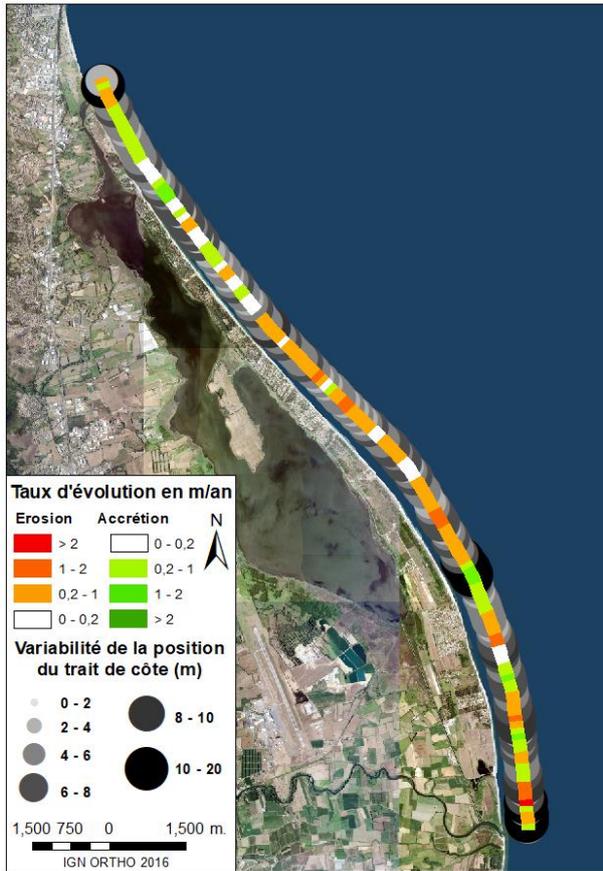


Sur la période 1937 - 1982 (Figure 50), le recul du trait de côte est nettement plus marquée au nord (taux de -2 à -4 m/an) qu'au sud (taux de -1 à -2 m/an) de l'embouchure du Golo. La largeur importante des bâtonnets sur la figure exprime l'amplitude importante des déplacements du trait de côte par rapport aux autres périodes. Dans cette zone, les taux de recul du trait de côte sur les dernières décennies sont du même ordre de grandeur que les taux d'avancée estimés sur les derniers 2000 ans (cf. paragraphes 2.4, 2.5, et 2.6). Au-delà de la zone sous influence directe de l'embouchure, les évolutions présentent une importante variabilité spatiale (alternance de zones en recul, stable et en avancée). Les zones en recul (taux de -0,2 à -1 m/an) sont nettement plus marquées au nord alors que le sud se caractérise par des avancées.

Sur la période 1982 - 2019 (Figure 50), le recul du trait de côte se poursuit mais à des taux plus faibles (inférieurs à -1 m/an) et avec une amplitude des déplacements plus faible. Ce n'est qu'au droit de l'embouchure (linéaire de ~500 m) que les taux sont les plus importants (entre -1,5 et -1 m/an). Au-delà de la zone sous l'influence directe de l'embouchure, les évolutions présentent encore une importante variabilité avec plus de zones en recul au nord et plus de zones en avancée au sud.

Figure 50 : Evolution du trait de côte sur les périodes 1937-2019, 1937 - 1982 et 1982 - 2019. La largeur des bâtonnets représente la zone de divagation du trait de côte sur la période concernée. La colonne de droite représente la position des traits de 1937, 1948 et 2019 sur un zoom de la zone sous l'influence directe de l'embouchure.

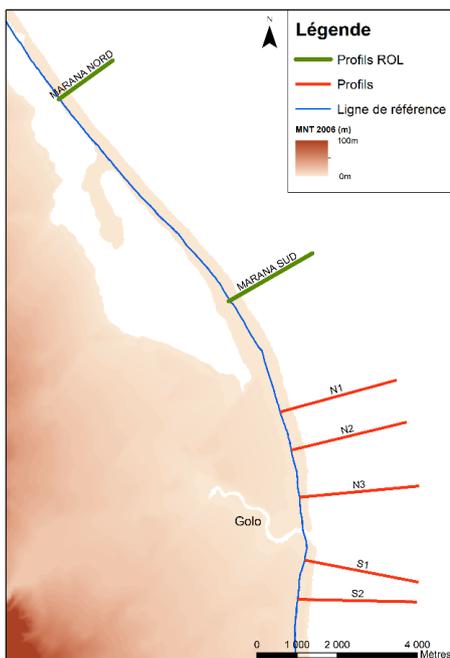
Site du Lido de la Marana
Taux d'évolution du trait de côte bas de
2002 à 2021



Sur la période 2002 – 2021, les mesures du ROL sur le site du Lido de la Marana indiquent une tendance des évolutions au recul du trait de côte à des taux globalement compris entre - 0,2 et - 1 m/an (sur les données DGPS, la gamme d'incertitude est comprise entre $\pm 0,2$ m/an) et peuvent localement atteindre - 2m/an (Figure 51). Une alternance avec des zones relativement stables ou en avancée est plus marquée au nord du site (en aval de la dérive littorale) ainsi qu'à proximité de l'embouchure. L'amplitude des évolutions du trait de côte est plus importante au sud du site à proximité de l'embouchure.

Des mesures récentes au DGPS, à une fréquence saisonnière, réalisées dans le cadre du projet ADAPTO (2017 – 2021) mettent en évidence une période d'avancée du trait de côte au sud de l'embouchure ces dernières années (Mugica et al., en cours) mais qui n'inverse pas la tendance sur toute la période d'observation.

Figure 51 : Taux d'évolution du trait de côte bas calculé sur la période 2002 – 2021 à partir des mesures DGPS réalisées quasi-annuellement dans le cadre du ROL (Mugica et al., en cours).



Le calcul des taux d'évolution masquent l'importante variabilité temporelle des évolutions telles que mises en évidence sur la

Figure 53 et ne permet pas d'établir de lien avec l'évolution des forçages (facteurs anthropiques et climatiques). C'est pourquoi l'évolution dans le temps de la position du trait de côte par rapport à une position de référence a été réalisée pour 5 profils (3 au nord et 2 au sud de l'embouchure, Figure 52) à partir des traits de côte digitalisés sur les orthophotographies de l'iGN de 1937 à 2019 (Figure 53).

Figure 52 : Localisation des profils sur lesquels a été analysée l'évolution dans le temps de la position du trait de côte (trait de côte issus de la digitalisation des orthophotographies en rouge, issus des suivis DGPS du ROL en vert).

La [Figure 53](#) met en évidence **l'avancée du trait de côte entre 1937 et 1948** tel qu'également représenté sur la [Figure 50](#) (colonne de droite). C'est à **partir des années 50**, que le **recul généralisé** est constaté, hormis pour le profil N1 le plus au nord (plus de 3km au nord de l'embouchure) où il démarre une décennie plus tard. Ce recul se poursuit fortement au moins **jusque dans les années 80** à proximité de l'embouchure (recul de 80 à 120 m environ sur les profils N3 et S1). Il se poursuit ensuite plus faiblement à proximité de l'embouchure (profils N3, N2 et S1) et jusqu'à nos jours voire se stabilise plus loin (profils N1 et S2). **Cette période d'érosion forte entre les années 50 et 80 (sans résilience ensuite) peut être liée à l'intensification des actions anthropiques induisant un déficit sédimentaire** (exploitation des gravières probablement de manière dominante).

La disponibilité de plus d'orthophotographies entre 1982 et 2007 aurait permis de préciser la tendance des évolutions. D'autant que les événements majeurs tels que des crues (épisode d'avancée, apports de sédiments par le Golo, le Fium'Alto et le Bévinco via l'étang de Biguglia) ou des tempêtes (épisode de recul, export de sédiment vers le large) majeurs peuvent engendrer des évolutions importantes et brutales du trait de côte (de l'ordre de 10 à 15 m). Compte tenu des relativement faibles taux d'évolution ($< \pm 1$ m/an), ces événements majeurs sont supposés avoir des effets importants sur le calcul des taux.

Les mesures DGPS du ROL depuis 2002 au niveau des 2 profils du Lido de la Marana (distants de plusieurs km de l'embouchure) mettent en évidence une poursuite du recul sur le profil Sud (recul de 25 m) mais une relative stabilité sur le profil Nord ([Figure 54](#)). La variabilité observée sur cette période au sein d'une enveloppe de 10-15 m témoigne probablement de la **variabilité des facteurs météo-marins** (tempête, fortes houles, crues).

D'autre part, l'évolution parfois opposée entre certains profils plus éloignés de l'embouchure résulte probablement de la **dynamique des barres sous-marines** contrôlée par une dérive littorale dominante du sud vers le nord (profils Sud et Nord du ROL, profils N1 et N2) et qui se met en place à une certaine distance de l'embouchure (lorsque son influence devient moindre).

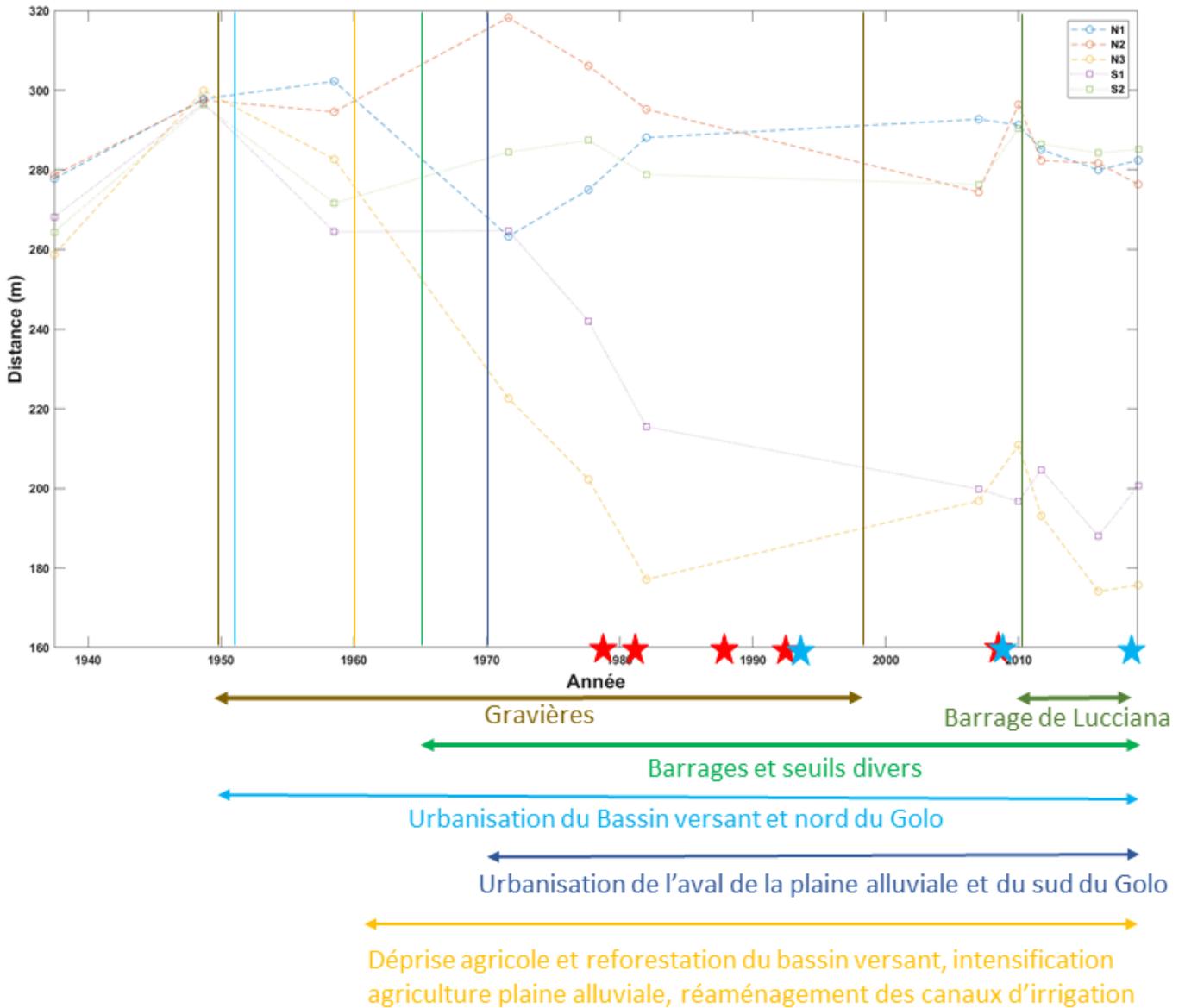


Figure 53 : Evolution dans le temps de la position du trait de côte sur plusieurs profils autour de l'embouchure du Golo et représentation des facteurs potentiels anthropiques et climatiques (tempête étoiles bleu, crues étoiles rouge).

La position des traits de côte est issue de la digitalisation d'orthophotographies de l'IGN (Paquier et al., en cours).

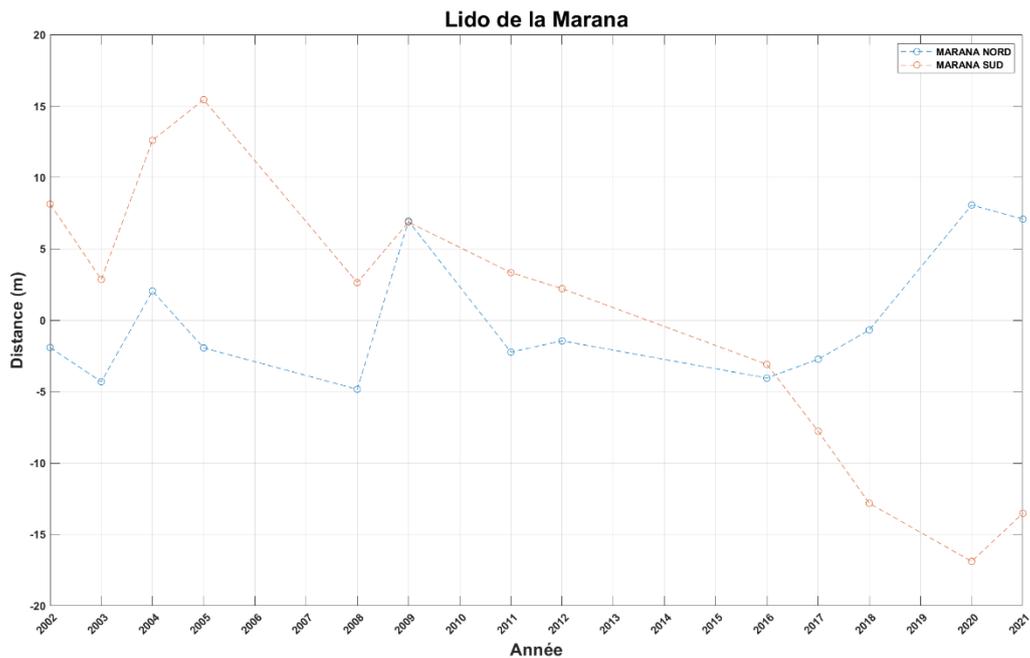


Figure 54 : Evolution dans le temps de la position du trait de côte au niveau des deux profils du ROL sur le site du Lido de la Marana.

4.4.2. Evolution de l'embouchure du Golo

Echelle pluriannuelle

La superposition des traits de côte entre 1937 et 2019 montre que (i) **le rivage aux abords de l'embouchure est très dynamique et globalement en recul** (-2 m/an), comme vu précédemment (Figure 50), mais surtout que (ii) **la partie terminale de l'embouchure du Golo est mobile et se déplace fréquemment** (Figure 50) sur un axe nord-sud.

Cependant, les mouvements longitudinaux de l'embouchure observés à un rythme pluriannuel sur une si longue période ne sont pas forcément le reflet de sa dynamique réelle, et doivent être confrontés aux évolutions dans un contexte temporel plus court de type saisonnier / annuel.

Echelle saisonnière

L'embouchure du Golo a une dynamique et une morphologie qui sont fortement impactées par les forçages locaux : débits du Golo, climats de vagues et apports sédimentaires longitudinaux. Un **contraste est notamment très visible entre la dynamique estivale et hivernale** (Figure 55).

Par exemple, sur la séquence d'images satellite SENTINEL 2 ci-dessous, entre le 8 novembre 2018 et le 13 novembre 2019, on constate :

1. **Ouverture maximale de l'embouchure et de l'extrémité de la Fosse de Ciavatonne** après un épisode de crues (8 novembre 2018) ;
2. **Fermeture de l'extrémité de la Fosse de Ciavatonne** (dérive littorale vers le nord, 18 décembre 2018)
3. **Allongement vers le sud de la flèche sédimentaire de la rive gauche** (inversion de la dérive littorale vers le sud). L'ouverture de l'embouchure du Golo se réduit fortement (20 mars 2019 – 1er juin 2019) ;
4. **Croissance vers le nord d'une flèche sédimentaire sur la rive droite** (nouvelle inversion de la dérive littorale vers le nord) sous l'effet des conditions de houles estivales et de débits fluviaux plus faibles. Elle contraint le chenal externe à s'orienter vers le nord (23 juillet – 19 septembre 2019)
5. **Connexion des flèches sédimentaire et fermeture de l'embouchure** (29 septembre – 6 octobre 2019) ;

L'ouverture de l'embouchure et de l'extrémité de la Fosse de Ciavatonne (13 novembre 2019) **marque le début d'un nouveau cycle**. La rupture de la barrière sédimentaire temporaire (bréchification) est liée à une augmentation des débits fluviaux (épisode de crues) et/ou des conditions de vagues (épisode de tempête) entre le 6 octobre et le 13 novembre 2019.



Figure 55 : Dynamique naturelle d'ouverture et de fermeture de l'embouchure du Golo, formation de flèches sédimentaires rives nord et sud, entre Novembre 2018 et Mai 2020.

4.5. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS SUR L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU LITTORAL

Le trait de côte du littoral de la plaine Marana-Casinca (linéaire de 30 km environ) se caractérise par une **grande variabilité de ses évolutions à l'échelle spatiale et temporelle**. C'est-à-dire que par endroit le trait de côte avance alors qu'il recule ailleurs, et que ces évolutions peuvent s'inverser dans le temps.

C'est dans la zone sous l'influence directe de l'embouchure (linéaire de 4 km environ, soit 2,75 km au nord et 1,25 km au sud) **que l'évolution du trait de côte est la plus importante avec les plus forts reculs** entre 1937 et 2019 (50 à 130 m environ). Les taux de recul du trait de côte sur les dernières décennies semblent globalement du même ordre de grandeur que les taux d'avancée estimés sur les derniers 2000 ans (en particulier entre 1937 et 1982).

Au nord de l'embouchure, la **cellule Lupino-Golo** présente sur la totalité de la période un **bilan au recul de son trait de côte** malgré une alternance de zones en recul, stable ou légèrement en avancée. Au sud, la **sous-cellule Golo-Fium'Alto présente un bilan plutôt à la stabilité**.

L'embouchure du Golo semble avoir un **comportement cyclique**, avec des phases de **croissance des flèches sédimentaires** induisant sa **fermeture partielle ou totale** (période estivale) puis des événements de **rupture de cette barrière sédimentaire** lors de débits de crues et/ou épisodes de tempêtes (automne, hiver). Ces phases de fermeture et d'ouverture contrôlent les échanges de sédiments entre le fleuve et la mer (blocage ou expulsion) et leur disponibilité **au sein du système sédimentaire** (transit sédimentaire, dépôts).

Il a été mis en évidence dans les études antérieures et en cours du BRGM (et rappelé dans ce chapitre) que ces évolutions géomorphologiques résultent d'**interactions entre des processus météorologiques, marins, fluviaux et anthropiques complexes et mal connues** notamment par manque de données et de suivis. Les principales inconnues qui ne permettent pas à l'heure actuelle d'établir des liens clairs entre les évolutions géomorphologiques et les facteurs de forçages sont entre autre :

- La résolution temporelle et spatiale des données géomorphologiques et hydrodynamiques insuffisante ;
- L'absence d'inventaire des opérations de rechargement et de reprofilage des plages et d'historique sur les protections côtières ;
- La dynamique propre de l'embouchure du Golo (cyclicité, rôle dans le piégeage, l'expulsion et la redistribution des sédiments) ainsi que le linéaire directement sous l'influence de cette dynamique ;
- Les interactions avec les barres sous-marines et les stocks sédimentaires mobilisables en mer ;
- Etc.

Les données disponibles (orthophotographies et LIDAR de l'IGN notamment), les études antérieures du BRGM ainsi que les travaux du ROL ont permis de mettre en évidence les évolutions pluriannuelles du trait de côte dont la connaissance est indispensable pour l'estimation des tendances d'évolution sur le long terme et ainsi pour la caractérisation des aléas côtiers et la gestion et la protection de la zone côtière. Cependant, une meilleure **résolution temporelle** de ces **données géomorphologiques** permettrait d'améliorer la compréhension du fonctionnement morphosédimentaire du littoral. L'analyse d'autres indicateurs géomorphologiques sur des données existantes et/ou de plus haute-fréquence, y compris sur des données plus anciennes (à partir du milieu du XIX^{ème} siècle, Plan terrier, carte Etat-Major par exemple) seraient également pertinentes pour la mise en évidence de l'évolution de la dynamique côtière.

Les **données hydrodynamiques** n'offrent pas une **résolution spatiale** suffisante pour déterminer les processus contrôlant les évolutions (seulement un seul marégraphe et un seul houlographe sur la façade orientale de l'île).

Pour pallier ce manque de données, plusieurs démarches ont été engagées ou sont en cours dans le cadre du ROL notamment telles que les suivis vidéo (caméras de Bastia, Moriani et Calvi installées dans le cadre du projet MAREGOT, 2017- 2020) et les suivis post-tempêtes. Des mesures de vagues, de courant et de niveau d'eau à l'échelle locale seraient encore nécessaires afin d'analyser les évolutions géomorphologiques au regard des facteurs hydrodynamiques.

Enfin, la complexité de la morphologie de l'embouchure par rapport à celle du littoral adjacent et sa variabilité illustrée notamment grâce aux images spatiales (SENTINEL 2), mettent en évidence **le rôle crucial de cette zone sur les échanges sédimentaires entre le fleuve et l'avant-côte** (blocage ou expulsion) et donc **sur les causes des phénomènes d'érosion et d'accrétion sur le littoral adjacent**. L'amélioration de la connaissance du fonctionnement de l'embouchure par des approches morphosédimentaire et hydrodynamique ainsi que des suivis post-tempête et post-crue, est essentielle afin de déterminer les modes d'apports de sédiments du fleuve vers le littoral.

5. Discussion et recommandations

Le système plaine alluviale, littoral et embouchure du Golo est contraint par les **forçages globaux** (grandes phases climatiques, contexte régional, etc.) et **locaux** (météorologie, occupation du sol, actions anthropiques, etc., [Figure 4](#)).

Au cours des **85 000 dernières années**, l'évolution du niveau de la mer et les phases climatiques glaciaires-interglaciaires ont contraint **le Golo à s'adapter**. Des sédiments ont transité et se sont déposés sur le **bassin versant**, les **terrasses**, la **plaine alluviale** et l'**avant-côte** ([Figure 16](#)) pour résulter à sa forme actuelle. Au cours de l'**Holocène**, phase de **haut niveau marin**, les **sédiments** expulsés par l'embouchure et présents sur l'avant-côte sont **remaniés par les courants et les vagues et se déposent pour former des cordons littoraux, des flèches sableuses, des bancs de sables d'avant-côtes**. Les dépôts littoraux à terre s'étendent sur une largeur estimée entre 600 m et 1 km. Des phases climatiques de plus petite ampleur, ont également façonné le système comme le **Petit Age Glaciaire** (XIV - XV^{ème} siècle) qui s'est traduit par un **alluvionnement plus important, une multiplication des chenaux en tresse et une avancée du trait de côte de plusieurs centaines de mètres jusqu'à sa position proche de l'actuelle**.

L'occupation de la plaine qui débute avec les Romains -100 av J.C. (apogée aux environs des II^{ème} et III^{ème} siècles avec le développement de l'activité agropastorale sur la plaine) est **supposée avoir effectué un contrôle mineur sur l'évolution du littoral (au moins jusqu'au XIX^{ème} siècle) au regard de facteurs climatiques** tels que ceux du Petit Age Glaciaire. L'impact des canaux d'assainissement et d'irrigation de la plaine (le premier, celui de Fossone, a été construit à la fin du XVIII^{ème}) a potentiellement été ressenti en terme d'apports sédimentaires au littoral à partir du milieu du XIX^{ème} siècle avec la reprise de leur construction après la Révolution. Il est cependant considéré faible compte tenu des petites dimensions des canaux et de leur végétalisation. Plus récemment, depuis le début du XX^{ème} siècle, l'évolution des pratiques agricoles (abandon des terrasses dans le bassin versant, intensification des cultures dans la plaine) est supposée avoir un impact faible au regard d'autres aménagements (réseau routier, bâtiments, parking, etc.) liés à l'urbanisation (fixation des sols, réduction de la mobilité du lit du cours d'eau, etc.).

Les impacts des actions anthropiques récentes sur l'apport sédimentaire du Golo vers son embouchure sont multiples et souvent, bien que perceptibles, difficilement quantifiables avec les données existantes. Depuis **le milieu du XX^{ème} siècle** on distingue des aménagements, des ouvrages, des activités à la fois sur le bassin versant, la plaine alluviale ou le littoral qui **peuvent impacter de manière plus ou moins forte, la dynamique sédimentaire naturelle du Golo** tel que synthétisé dans la [Figure 56](#).

LE BASSIN VERSANT

Les ouvrages sur le cours d'eau ont des impacts directs sur la dynamique du système :

- (1) ils **contrôlent les débits** soit totalement (barrages) soit en partie (seuils) ;
- (2) les **barrages interrompent le transport des sédiments** ;
- (3) les **seuils**, bien qu'ils n'entravent pas totalement le cours d'eau, vont **limiter l'impact des crues modérées et limiter la capacité de transport sédimentaire** du cours d'eau.

Pour le Golo (Figure 56) :

- **L'impact des barrages en amont semble faible** à l'échelle de l'ensemble du bassin versant, malgré le fait qu'ils entravent totalement le cours d'eau, car ils ne drainent que 12 à 15 % du bassin versant. L'estimation du volume de sédiments déposés en amont des retenues permettrait de quantifier l'impact réel des ouvrages.
- Les **seuils sont plus nombreux le long du cours d'eau**, et présentent des configurations (hauteurs, emprises) variées. Même si le transport des sédiments grossiers est possiblement perturbé, leur **impact individuel peut être qualifié de modéré**. Toutefois, **l'impact cumulé de tous ces seuils successifs d'amont en aval reste inconnu, et peut quant à lui être fort**. Est-ce que le taux de transport a diminué depuis l'implantation des seuils ? Les épisodes de crues suffisent-ils pour transporter les sédiments ? Est-ce que le temps de transport amont-aval a été augmenté ou est-il similaire ? Des investigations spécifiques sur les seuils les plus importants lors de différentes conditions de crues (modérées et exceptionnelles) permettraient d'apporter des éléments de réponse, ainsi qu'une analyse du remplissage à leur amont et de l'incision (potentiel ou réelle) à leur aval.
- **Le barrage de Lucciana en aval**, a et aura un **impact fort et plus important** sur le cours d'eau que les barrages en amont car il est localisé à l'entrée de la plaine alluviale et draine la quasi-totalité du bassin-versant. Toutefois, cet ouvrage est récent (2010), et il est possible que les effets de celui-ci ne se soient pas encore répercutés (temps de latence) sur la dynamique de l'embouchure. Un suivi des dépôts en amont de la retenue permettrait de quantifier l'impact réel de l'ouvrage.

Le bassin versant est essentiellement rural, à part quelques zones urbaines. Ces zones urbaines ou agricoles semblent avoir **un impact faible sur la perturbation de la dynamique sédimentaire du Golo**. Toutefois, il serait intéressant de pouvoir quantifier l'apport sédimentaire par ruissellement, les effets des éboulements, etc.

LA PLAINE ALLUVIALE

L'extraction de granulats dans le lit vif et sur les berges du Golo jusqu'à la fin des années 90 a perturbé l'équilibre du cours d'eau (Figure 56). Cette activité a prélevé (i) des sédiments détritiques disponibles pour le transport solide dans le lit mineur, qui ne vont donc pas transiter jusqu'à l'estuaire, et (ii) des stocks sédimentaires dans les lits moyen et majeur qui auraient pu être érodés naturellement par le cours d'eau. Avec les données actuellement disponibles il n'est pas possible de quantifier la part réelle de sédiment qui a été retiré du transit sédimentaire contemporain, et du stock 'réserve' des berges/fond de lit. Dans tous les cas, il est important de retenir que le volume global de sédiment extrait n'aurait pas été dans l'immédiat, et dans sa totalité à cette échelle de temps, transporté vers l'embouchure. **L'impact des extractions sur la dynamique sédimentaire est considéré comme fort** au niveau de la plaine alluviale, et concerne également la nappe d'accompagnement (aquifère sous-jacent et proximal). Cet impact perdurera probablement pendant plusieurs années, voire décennies.

L'urbanisation récente de la zone amont de la plaine, à proximité du lit du Golo (canalisation du chenal, imperméabilisation des sols), **le réaménagement et la végétalisation des berges** contribuent à **limiter la mobilité naturelle du lit de la rivière et l'apport de sédiments au cours d'eau**. Ces actions sont considérées comme ayant **un impact modéré sur la dynamique**

sédimentaire du cours d'eau au niveau de la plaine alluviale car relativement limité spatialement.

L'aval de la **plaine alluviale du Golo est essentiellement agricole. Les rives du Golo restent libres et non aménagées ce qui** n'entrave pas la mobilité des méandres et leurs dynamiques et engendre donc une **faible perturbation de la dynamique sédimentaire du Golo**.

En revanche, il est souligné le déficit d'entretien de la végétation le long du lit du fleuve susceptible de favoriser la création d'embâcles et donc le piégeage des sédiments (hors crue).

LE LITTORAL – L'EMBOUCHURE

Les **sablières exploitées sur l'arrière du cordon dunaire (Figure 56)** ont un **impact plutôt réduit** sur la dynamique sédimentaire contemporaine du système. En effet, elles ont touché des sites qui sont déconnectés du cours d'eau et qui ne sont pas directement en contact avec la plage ou l'avant-côte. Seul, l'extrémité est de **la sablière de Tanghiccia est bordée par le cordon actif, qui peut se rompre ponctuellement (ouverture de grau) pendant les évènements de tempêtes**. Cette dynamique ne serait pas apparue si la sablière n'avait pas formé plusieurs étangs. Afin de quantifier l'impact des tempêtes sur le cordon, de l'augmentation du niveau de la mer, ou du transit sédimentaire longshore, il serait intéressant de suivre les phases d'ouverture et de fermeture du grau à cet emplacement.

De nombreuses **petites infrastructures côtières** sont implantées le long de ce littoral. Leur **impact est considéré comme modéré à une échelle locale**. En effet, ces ouvrages peuvent perturber la dynamique sédimentaire mais ne semblent pas l'entraver de manière importante à l'échelle de la cellule sédimentaire. Toutefois, l'analyse de leur effet sur le système avant-côte – plage - dune à l'échelle locale et à l'échelle de la plaine Marana-Casinca et de la cellule sédimentaire est primordiale, notamment pour estimer ses capacités de résilience.

Les **rechargements ou extraction de sédiment** directement sur le **système plage-dune** sont des **actions à fort potentiel d'impact**. Toutefois les informations relatives à de telles actions ne sont pas connues.

Impacts des actions anthropiques sur l'apport et le transport sédimentaire du Golo vers son embouchure

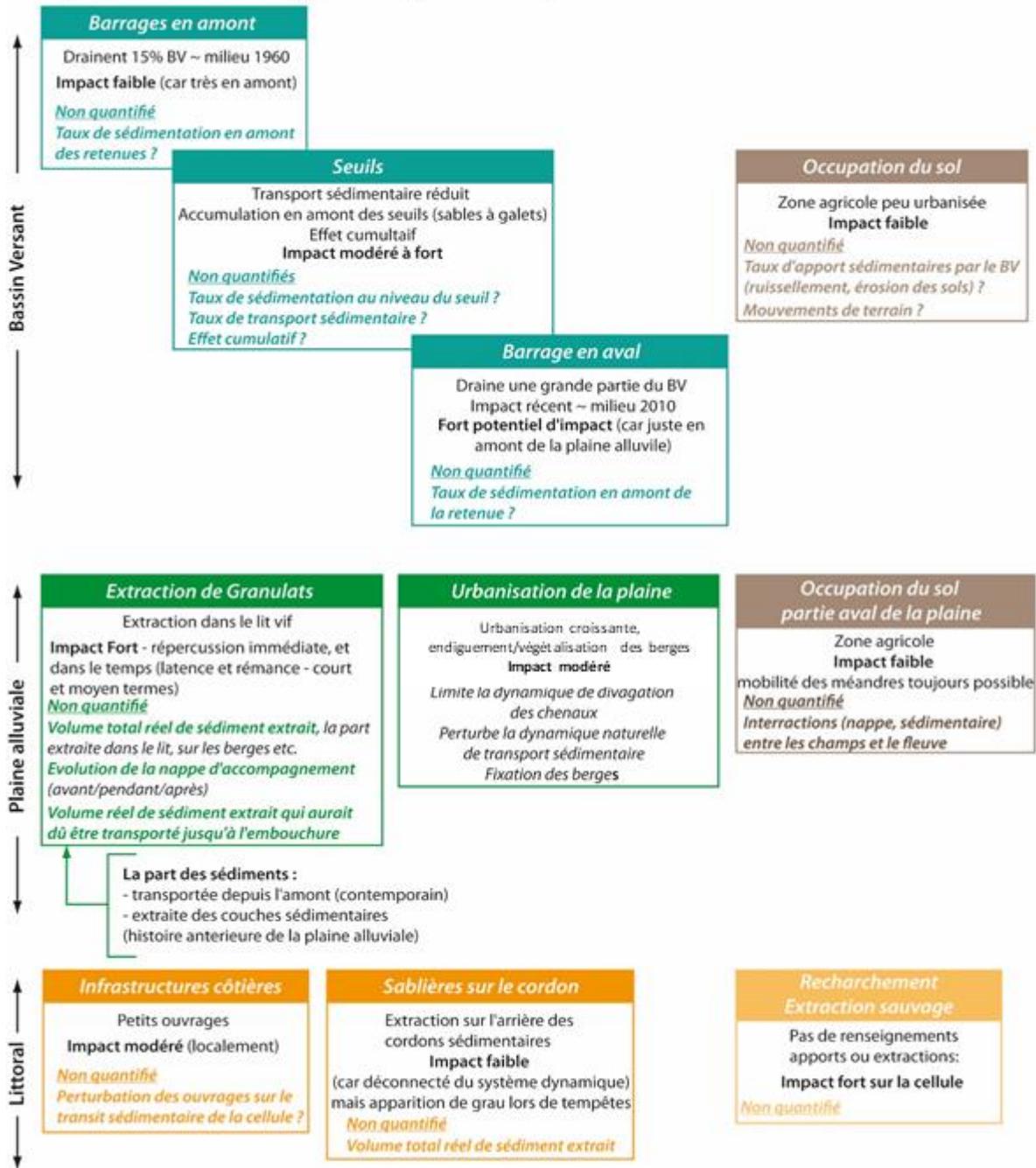


Figure 56 : Synthèse de l'impact potentiel des différentes actions anthropiques le long du cours d'eau dans la zone du bassin versant, la plaine alluviale et le littoral (couleurs en lien avec le texte synthétique du Chapitre 4).

RECOMMANDATIONS

Cette étude avait pour objectif d'**évaluer le rôle du Golo en tant que source de sédiments pour le littoral de la plaine Marana-Casinca, afin d'aider à la gestion et la prévention des problématiques d'érosion marine**. Pour cela, elle a réuni les connaissances de différentes thématiques (géologie, géomorphologie, hydrodynamique, anthropisation, etc.) et mis en évidence les facteurs contrôlant le régime hydrologique de ce cours d'eau (mouvements d'eau et de sédiments) et **susceptibles de l'altérer en réduisant notamment sa charge sédimentaire**. Ces facteurs sont multiples et influencent plus ou moins fortement l'apport et le transport sédimentaire le long du Golo jusqu'au littoral. Même si pris séparément, certains facteurs peuvent avoir un effet localement variable de faible à fort, **leurs interactions et l'effet cumulatif exercent in fine un contrôle fort sur l'évolution géomorphologique du littoral**. S'ils ont pu être relativisés les uns par rapport aux autres, l'état actuel des connaissances et les données disponibles complexifient leur distinction et ne permettent pas de quantifier leurs contributions sur l'apport de sédiments au littoral.

C'est pourquoi, afin d'améliorer la connaissance du régime hydrologique du Golo et des causes de son altération (ainsi que du temps de latence et de rémanence des facteurs d'impact), il est recommandé de mettre en place l'instrumentation appropriée pour :

- **Evaluer et suivre du débit solide dans le Golo** afin d'estimer ses capacités de transport de sédiments, de quantifier le transport actuel, ce qui permettra d'analyser son évolution passée au regard de sa dynamique actuelle ;
- **Evaluer les volumes de sédiments réellement piégés** par chaque ouvrage ainsi que l'effet combiné des 10 ouvrages afin d'estimer l'impact de chaque ouvrage sur le transit sédimentaire dans le Golo (barrages et seuils) ;
- **Identifier la nature des sédiments (granulométrie, minéralogie)** afin d'améliorer l'identification des sources de sédiments ;
- **Acquérir des données bathymétriques du Golo dans sa partie aval**, comme le relevé réalisé en 2019. La répétition de ces mesures permettra d'analyser l'évolution du lit au cours du temps. Dans ce cadre, la couverture des anciennes zones de gravières dans le lit du Golo est à prévoir.

L'identification d'un lien entre les variations du régime hydrologique du Golo et les évolutions géomorphologiques du littoral (recul du trait de côte par ex.) est également limitée par des lacunes de connaissances relatives à :

- La résolution temporelle et spatiale des données géomorphologiques et hydrodynamiques ;
- L'inventaire des opérations de déplacements de sédiments et l'historique des protections côtières qui peuvent expliquer des évolutions locales ;
- La dynamique propre de l'embouchure (l'éventuelle cyclicité) de laquelle dépend le piégeage, l'expulsion et la redistribution des sédiments ;
- L'interaction avec les barres sous-marines et les stocks sédimentaires mobilisables en mer qui représentent une autre source de sédiments pour le littoral.

C'est pourquoi, il est recommandé en priorité de mener **une étude hydro-morphosédimentaire complète qui viserait à améliorer la connaissance de la dynamique de l'embouchure du Golo et du littoral adjacent**. Un suivi spécifique incluant les événements de tempête et de crues, permettrait de quantifier leurs impacts morphogènes sur les plages et estimer les **interactions entre la dérive littorale et les apports fluviaux**.

L'amélioration de ces connaissances est d'autant plus essentielle dans le contexte de changement climatique actuel qui prévoit l'accélération de l'élévation du niveau de la mer qui est supposée exercer un contrôle croissant sur le recul du trait de côte avec un export des sédiments littoraux vers le large. C'est pourquoi, il est primordial de poursuivre l'identification et la quantification des sources de sédiments ainsi que des facteurs anthropiques qui les favorisent ou les réduisent afin de mettre en place une gestion intégrée de cette ressource.

6. Bibliographie

- Abignoly, N., Allombert, J., Campanac, R., Delcey, R., 1977. Définition de nouvelles zones d'exploitation de granulats rocheux ou alluvionnaires dans la région bastiaise. Rapport BRGM/ 77-SGN-430-PRC
- Balouin Y., Belon R., Stépanian A., Bodéré G., 2012. Etude générale pour la protection du littoral de la Plaine Orientale de Corse - Préconisations de gestion. Rapport BRGM/RP-61650-FR ; 52p., 36 ill.
- Balouin, Y., Belon, R., Delvallée, E., Lamy, M. et Bodéré, G., 2011. ROL : étude complémentaire sur l'impact des tempêtes sur le littoral de la Plaine Orientale de Corse. Cartographie de la submersion, de la sensibilité à l'érosion côtière et de l'exposition des enjeux. BRGM/RP-59724-FR, 39p. + volume cartographique.
- Billy, J., Balouin, Y., Stepanian, A., Munoz, P., 2019. Etude des interactions hydro- sédimentaires entre le Goulet du Grand Etang et le sud de la baie de Miquelon. BRGM /RP-69436-FR, 46.
- Brunel, C., Ceratin, R., Robin, N., Raynal, O., Aleman, N., Barusseau, J-P., 2014. L'évolution du trait de côte : un bon indicateur de la dynamique sédimentaire de l'avant côte ? Le cas du Languedoc-Roussillon. XIIIème JNGCGC, Juillet 2014, Dunkerque. DOI : 10.5150/jngcgc.2014.029, Edition Paralia CFL, p. 265-272.
- Chapon, P., Istria, D., Raux, S., 2009. Les fouilles sur la voie nouvelle Borgo-vescovato, une fenêtre sur l'occupation rurale du territoire de la cité de Mariana (Haute-Corse). AGER, 19, décembre 2009, p. 19-28.
- Corbier P. et Laurencelle M. 2021. Définition d'indicateurs piézométriques sur le bassin Corse pour la gestion de la ressource en eau souterraine. Rapport final. BRGM/RP-70631-FR, 243 p., 251 ill.
- Corsi, C., Vermeulen, F., 2015. La ville romaine de Mariana (Corse) et son urbanisme. Mélanges de l'école française de Rome – Antiquité, 127-1, p. 1-35.
- Davis, R.A., FitzGerald, D., 2004. Beaches and Coasts. Wiley-Blackwell. 432 p.
- Deptuck, M.E., Piper, D.J.W., Savoye, B., Gervais, A., 2008. Dimensions and architecture of late Pleistocene submarine lobes off the northern margin of East Corsica. *Sedimentology* 55, 869–898. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2007.00926.x>
- Franzini A., 2005. La Corse du Xve siècle. Politique et société 1433-1483. Ajaccio, 2005.
- Franzini A., 2013. Mariana au Xve siècle, Etat des sources et résultats documentaires. in Pergola P., Mariana et la vallée du Golo, actes du colloque de Bastia-Lucciana, 10-16 septembre 2004, Ajaccio, vol II, p. 271-279.
- Forzoni, A., Storms, J.E.A., Reimann, T., Moreau, J., Jouet, G., 2015. Non-linear response of the Golo River system, Corsica, France, to Late Quaternary climatic and sea level variations. *Quat. Sci. Rev.* 121, 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.04.021>
- Garcin M., Le Cozannet G., 2013. The driving factors of coastal evolution. Conference: “*Climate change and sea level rise; Coastal vulnerability and societal impacts*” At: Collège de France, Paris, France.
- Garcin, M., Gicquel C., Billy, J., Desmazes, F., Maspataud, A., 2020. Impact des activités humaines sur l'évolution du littoral en Afrique de l'Ouest - Contribution des données

- historiques de WACA-F. XVIème Journées Nationales Génie Côtier Genie Civil 2020, Le Havre ; Ed. Paralia.
- Genevier M. avec la collaboration de Koechler F., Corbier P., Fadoul M., en cours – Evaluation de l'état quantitatif de la masse d'eau des alluvions de la Plaine de la Marana-Casinca (FREG335). Rapport final V0. BRGM/RP-71247-FR.
- Istria, D., 2005. Pouvoirs et fortifications dans le nord de la Corse, Ajaccio.
- Istria, D., 2014. Lucciana, in Michel F., Pasqualaggi D., La Corse 2°-2B, Carte archéologique de la Gaule, Paris, p. 222-246.
- Jaujou M.J., 1954. La lutte antipaludique en Corse. Bulletin Organisation Mondiale Santé, II, 635-677.
- Lahondère, J.C., Conchon, O., Lahondère, D., Dominici, R., Vautrelle, C., 1994. Carte Géologique France (1/50000) - Vescovato: Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Molliex, S., Jouet, G., Blard, P.-H., Moreau, J., Demartini, J., Storms, J.E.A., Vella, C., Team, A., 2021. Quaternary evolution of the Golo river alluvial plain (NE Corsica, France). Quat. Geochronol. 61, 101115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quageo.2020.101115>
- Mugica J. et Koechler F. avec la collaboration de Laigre T., Bodéré G. et Manicacci T. (2019) – Réseau d'Observation du Littoral de la Corse – Compte rendu de la campagne 2018. Rapport final BRGM/RP-69318-FR, 217p., 152 ill., 1 tab., 2 ann..
- Mugica J. et Laigre T., 2019 – Rapport d'observation post-tempête sur le littoral Corse. Evènement Adrian, 29 octobre 2018. Rapport final, BRGM/RP-69445-FR, 79 p., 55 ill., 2 ann.
- Mugica J., Hamon-Kerivel K., Paquier AE. avec la collaboration de Dolo F., Monier M., Vivier-Boudrier A., en cours – Evolution géomorphologique des sites du Réseau d'Observation du Littoral de Corse entre 2019 et 2021. Rapport BRGM/RP-71210-FR.
- Mugica J., Hamon-Kerivel K., Paquier AE., en cours – Evolution géomorphologique du littoral de Marana-Casinca dans le cadre du projet ADAPTO – Site du Golo (Haute-Corse).
- OEHC, Office d'Equipement Hydraulique de Corse, 2015. Réhabilitation de la prise du Golo. Partie D – Dispositif de passes à anguilles. Octobre 2015, 30p.
- Oliveros, C., Delpont, G., 1999. Littoral oriental Corse : Evolution du trait de côte de 1948 à 1996 à Basti-Furiani à Cervione et de l'embouchure du Travo (Solaro) à Solenzara. Rapport BRGM/RP-40504-FR, 22p., 5pl. ht.
- Paskoff, R., 2010. Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution. Armand Colin, 3^{ème} édition. 264 p.
- Pasqualini, V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France). Thèse de Doctorat, Université de Corse, 158 p.
- Paquier, A.-E., Mugica, J., Maspataurd A., en cours. Estimation de l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 sur la Plaine orientale (Haute -Corse) – Etude BRGM en cours.
- Pluquet, F., 2006. Évolution récente et sédimentation des plates-formes continentales de la Corse, Thèse de doctorat. Université de Corse.
- Quélenec, R.E., 1982. Dynamique sédimentaire du littoral et des bassins versants associés (Bevinco, Golo, Fium'alto) Rapport BRGM/ 82-SGN-656-CSC.

- Renucci J., 1964. Problèmes d'aménagement de la Plaine orientale en Corse. In : Revue de géographie de Lyon, vol. 39, n°4, pp.273-288.
- Rossi, P., Durand-Delga, M., Caron, J.M., Guieu, G., Conchon, O., Loÿe-Pilot, M.D., Rouire, J., 1994. Carte Géologique France (1/50000), Corte: Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Rossi, P., Durand-Delga, M., Lahondère, J.C., Baud, J.P., Egal, E., Lahondère, D., Laporte, D., Lluch, D., Loÿe, M.D., Ohnenstetter, M., Palagi, P., 2001. Carte Géologique France (1/50000), Santo-Pietro-di-Tenda: Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Sømme, T.O., Piper, D.J.W., Deptuck, M.E., Helland-Hansen, W., 2011. Linking Onshore-Offshore Sediment Dispersal in the Golo Source-to-Sink System (Corsica, France) During the Late Quaternary. *J. Sediment. Res.* 81, 118–137. <https://doi.org/10.2110/jsr.2011.11>.
- Stepanian, A., Balouin, Y., Bacon, A., 2010. Atlas littoral de la Plaine Orientale. BRGM RP-59058-F, 78.
- Stepanian A., Balouin Y., Belon R., Bodéré G. 2011. ROL – Etude complémentaire sur l'impact des tempêtes sur le littoral de la Plaine Orientale de Corse – Etat des connaissances sur les impacts des tempêtes sur le littoral. Rapport BRGM/RP-59046-FR, 137p., 64ill., 4 ann.
- Stepanian, A., Belon, R. et Calistri A., 2017. Contribution du BRGM au projet ADAPTO pour une gestion souple du trait de côte sur le littoral nord de la Casinca et de la Marana (Haute-Corse). BRGM RP-67389-F, 84p., 56 ill., 3 ann., 1CD.
- Vacchi, M., Ghilardi, M., Curras, A., 2016. Variations relatives du niveau de la mer en Corse au cours des 6000 dernières années. In : *Géoarchéologie des îles de la Méditerranée*. Paris : CNRS Editions, 2016. ISBN : 9782271130457.
- Vella, C., Costa, K., Istria, D., Dussouillez, P., Ghilardi, M., Fleury, J.T., Delanghe, D., Demory, F., Cibecchini, F., Moreau, J., Jouet, G., 2016. Evolution du fleuve Golo autour du site antique et médiéval de Mariana (Corse, France). *Géoarchéologie des îles la Méditerranée* Edition CN, 229–244.
- Vismara, C., Pergola, P., Istria, D., Martorelli, R., 2011. Sardinien und Korsika, in römischer Zeit », Darmstadt.

Annexe 1

Interprétation de profils sismiques marines en mer illustrant les dépôts en mer face à l'embouchure du Golo

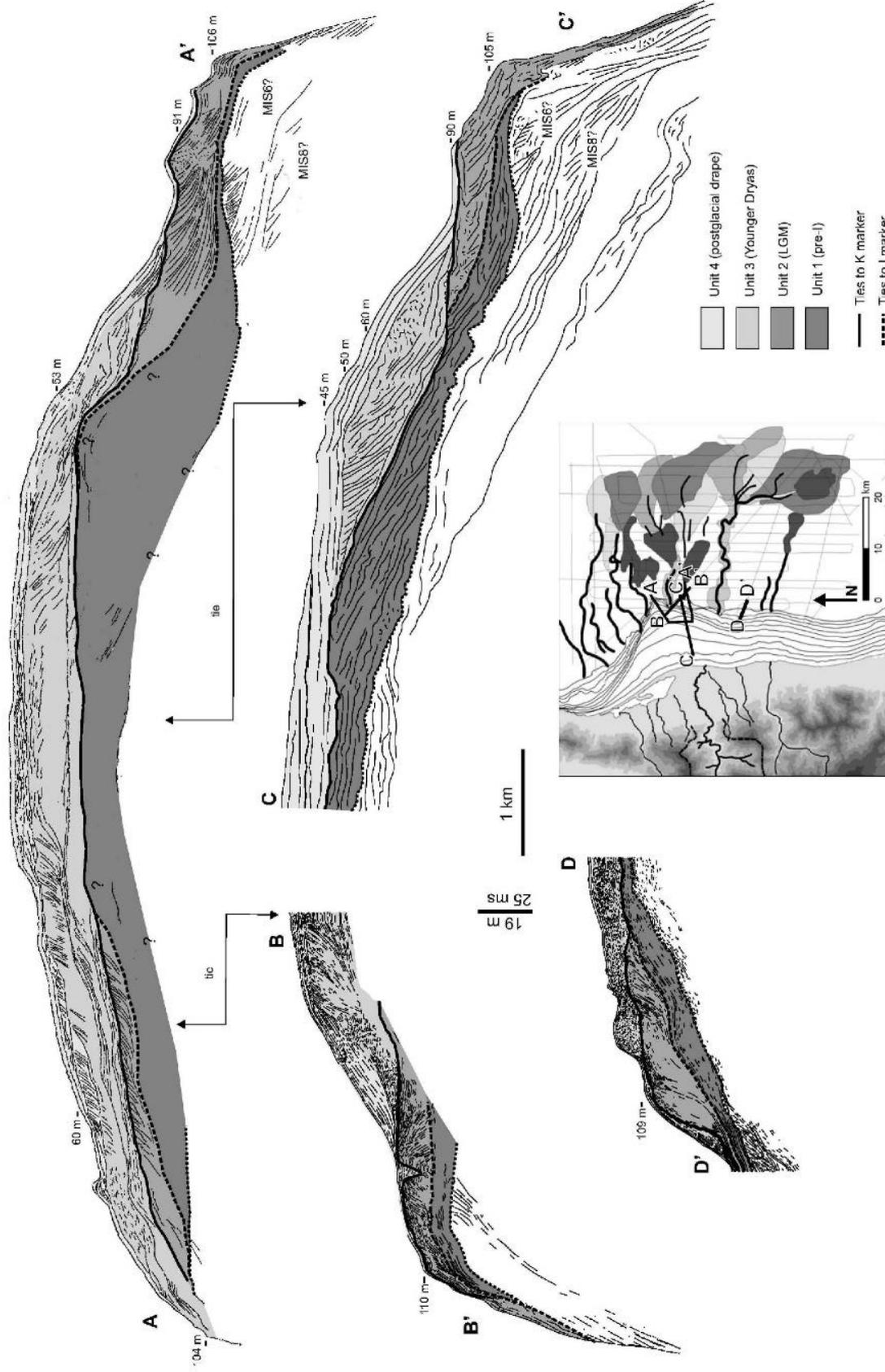


Figure basée sur les travaux de [Pluquet, 2006](#); [Deptuck et al., 2008](#); [Sømme et al., 2011](#) ; Projet LIMA1 ; les chiffres correspondent à la profondeur en dessous du niveau marin actuel.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale "Corse"

Immeuble Agostini
ZI de Furiani

20600 – Bastia – France

Tél. : 04.95.58.04.33