

Contexte général du projet interdisciplinaire

Le projet VALSE a pour objectifs d'améliorer la compréhension des processus mécaniques d'érosion, en domaine micro-tidal, de manière à mettre en évidence le recul du trait de côte rocheux de la région PACA. Interdisciplinaire, il intègre une analyse sociologique de la vulnérabilité des populations riveraines et de l'adaptabilité des territoires face aux changements globaux.

Objectif de la thèse : utiliser une approche multi-spatiale et multi-temporelle pour appréhender l'érosion sous ses différents aspects.

La diversité morphologique des côtes rocheuses à "falaise" témoigne à travers le globe d'une grande variété des processus d'érosion (ex. détachements de surplomb, chutes de blocs, glissements banc sur banc). Ces derniers contribuent aux reculs des terres par rapport à la mer et favorisent à long terme la formation d'un banc rocheux plat et érodé sur la base des falaises appelé "plateforme d'abrasion marine". Ces deux entités morphologiques (falaises et plateformes) sont donc les témoins d'un paysage côtier en constante évolution dont les temps d'occurrence sont toutefois assez mal compris.

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) : extrémité Sud-Est du territoire français métropolitain.

800 km du littoral traversent trois départements littoraux : les Bouches-du-Rhône (13), le Var (83) et les Alpes-Maritimes (06). Littoral majoritairement rocheux (sur 700 km) : succession de caps, falaises, côtes basses et baies abritées des plages de poche (sable ou galet).

A partir d'une étude de cas, la commune de Carry-le-Rouet, un travail a permis d'articuler analyses géologiques et sociologiques dans une perspective d'aide à la gestion du risque inhérent aux instabilités de falaises côtières.

Le risque est un objet d'étude pluridisciplinaire en tant qu'il résulte de l'articulation entre un aléa (occurrence des éboulements) et la vulnérabilité des sociétés (incluant les représentations et les pratiques sociales des riverains et des gestionnaires). Ce projet propose un passage de la pluridisciplinarité (juxtapositions de savoirs disciplinaires) à une interdisciplinarité permettant une coproduction de la problématique, une définition conjointe du protocole de recherche ainsi que la constitution d'une base de données multicritères.

L'analyse porte sur l'érosion en tant que processus objectif par la mesure géologique et en tant qu'objet de représentations et de pratiques sociales analysé par la sociologie à partir d'une enquête qualitative. Il s'agit moins d'opposer vérité scientifique et subjectivité des acteurs que de comprendre comment processus géologiques et sociaux sont peu ou prou en interconnexion et/ou en tension.
> mise en regard des éboulements recensés et datés par les géologues et de la mémoire que les acteurs locaux en ont ;
> mise en regard de l'aléa qualifié par les géologues et de l'estimation du risque par les acteurs locaux.

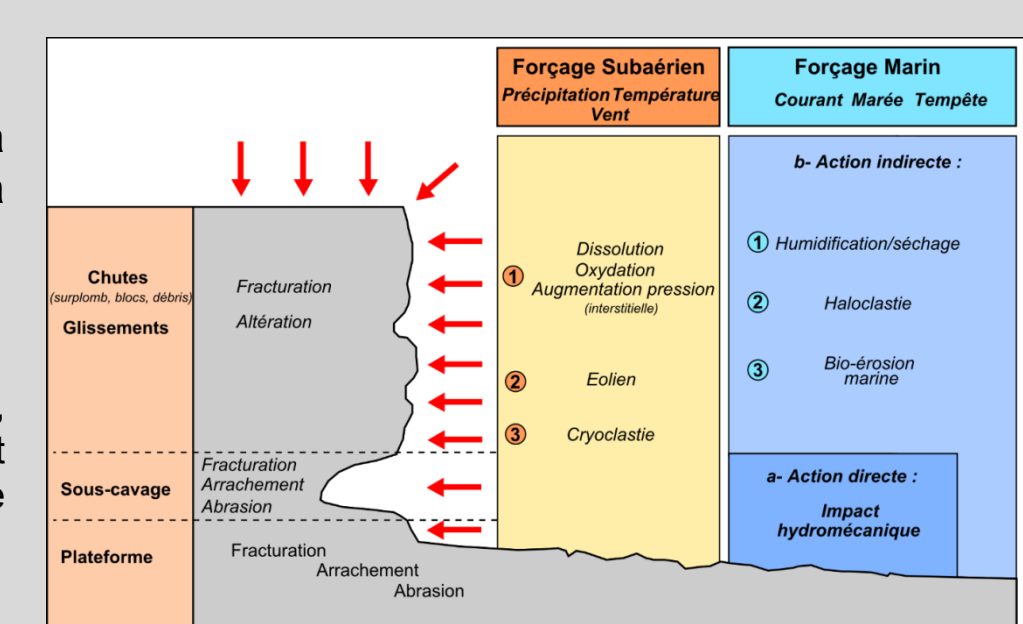
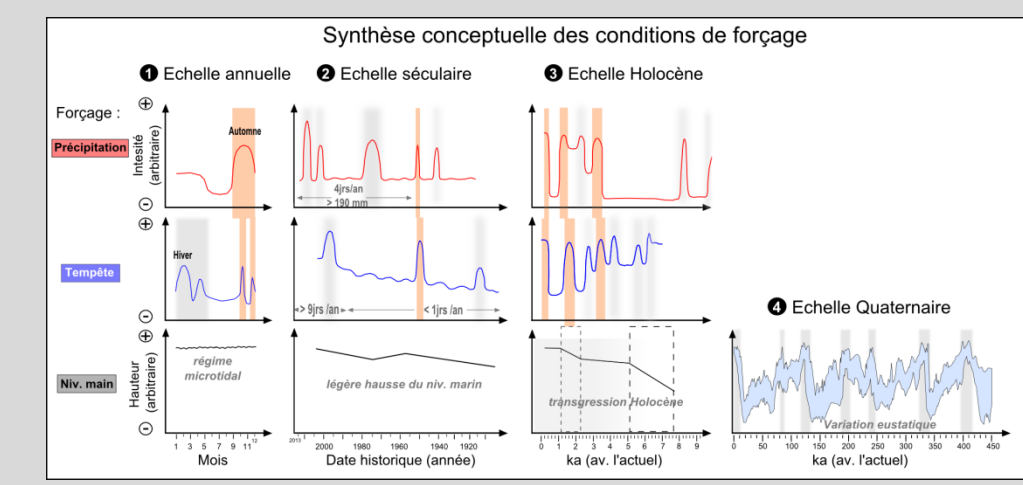
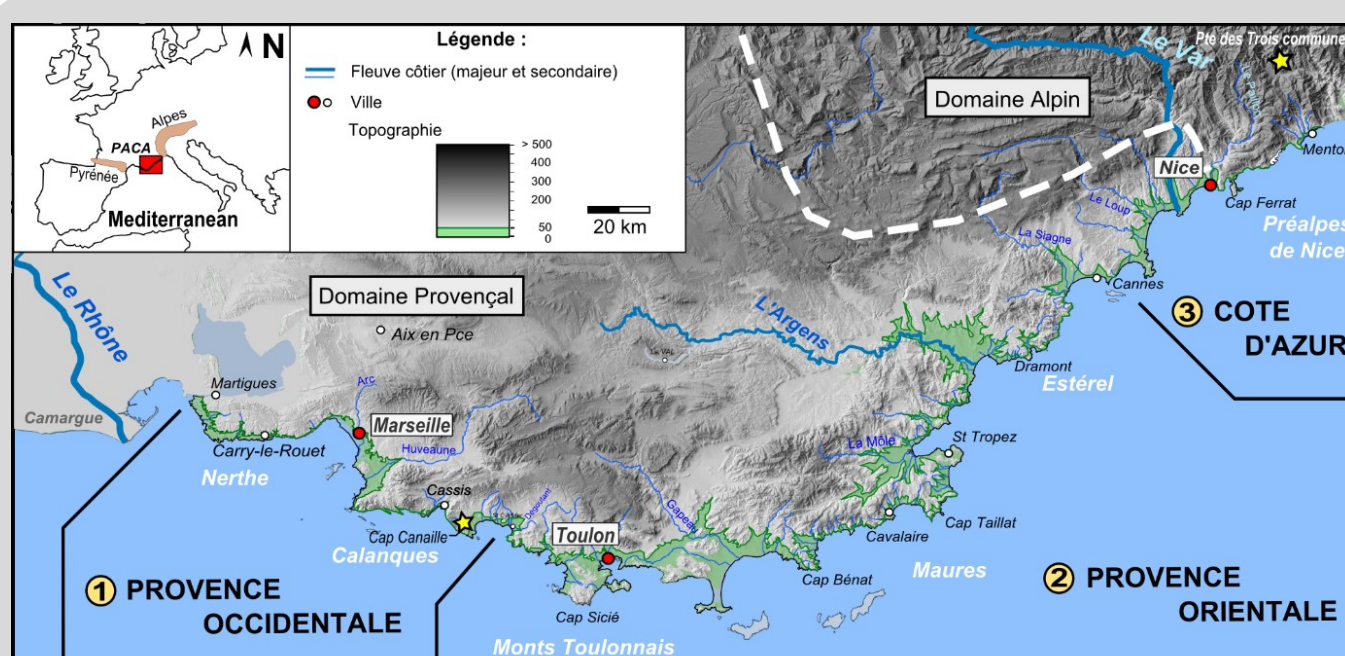


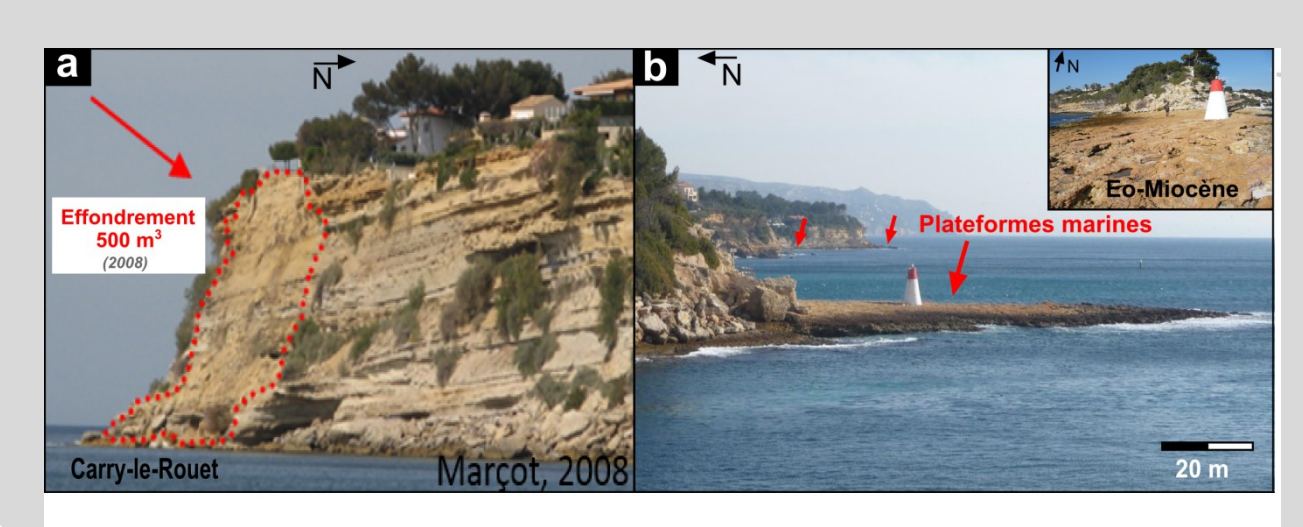
Schéma conceptuel des différents processus d'altération et d'érosion affectant les falaises soumise aux forçages subaériens et marins - © Giuliano



Synthèse conceptuelle des forçages climatiques sollicitant les falaises de la région PACA - © Giuliano



Contexte géographique de la frange littorale de la région PACA (extrait du MNT 25m - BDTOP© IGN - PFAR 2008) - © Giuliano



Contexte de l'érosion de l'unité de la Nerthe (particulièrement des formations Eo-Miocène) - © Giuliano
a - Effondrement gravitaire produit en 2008 dans les formations calcaires et sablo-marneuses de la commune de Carry-le-Rouet (quartier de Barqueroute)
b - Présence de plateformes d'érosion marine essentiellement développées dans les formations carbonatées de l'Eo-Miocène (entrée du port de Carry-le-Rouet)

échelle régionale

Morphologie côtière de l'érosion Quaternaire : apport de l'analyse morphométrique multi-échelles à la compréhension de l'érosion régionale (région PACA)

L'expression de la morphologie côtière résulte de l'interaction entre les forçages météo-marins externes et les propriétés intrinsèques de la roche (nature, résistance mécanique et présence de plan de faiblesse). Cette interaction est à l'origine d'une réponse spécifique de l'érosion. Parmi ces propriétés constitutives de la roche, la part de contribution des discontinuités géologiques dans le processus d'érosion des milieux côtiers est encore peu comprise. Néanmoins, des travaux récents suggèrent que les structures géologiques (ex. faille, fracture, joint, pils) posséderaient un rôle déterminant sur l'évolution de la morphologie côtière, notamment sur l'érosion des plateformes marines.

Objectifs :

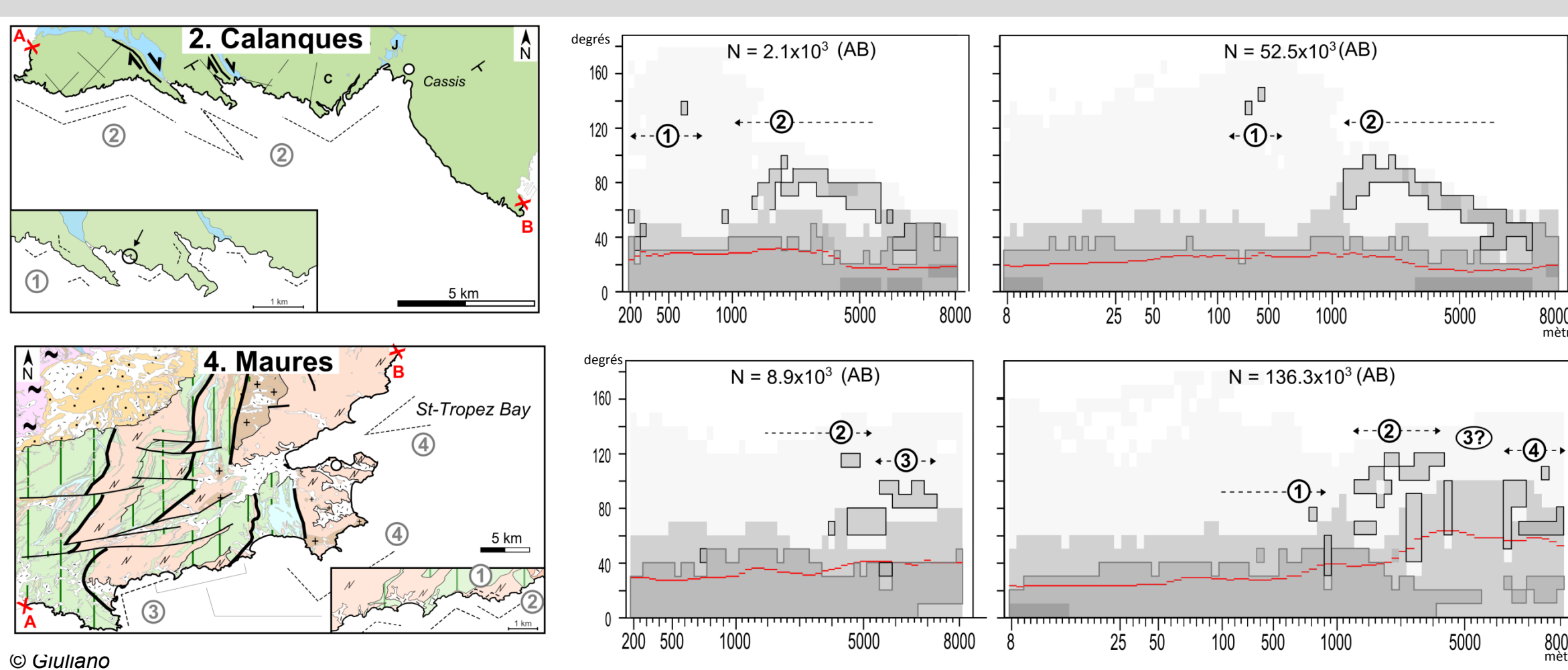
- Tester si la géométrie générale de la côte possède les mêmes tendances d'orientation que les structures géologiques
- Comprendre la façon dont le grain structural interagit avec les processus d'érosion pour différents environnements lithologiques
- Démontrer le contrôle des structures géologiques sur l'érosion des falaises en région PACA.

Méthodologie :

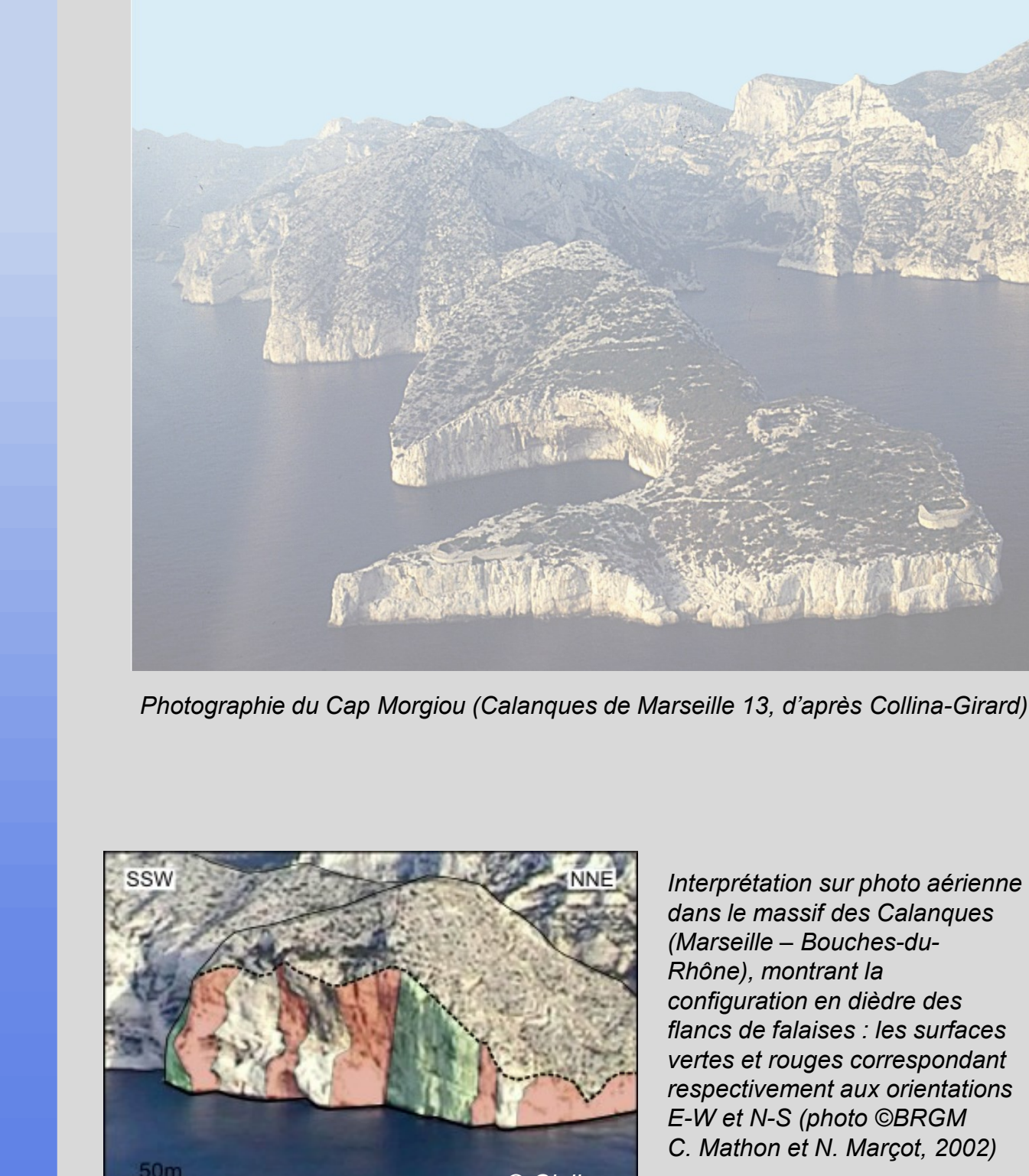
- Comparer à l'échelle régionale les orientations de la côte rocheuse (considérées sous la forme d'un trait de côte) avec les accidents tectoniques localisés à proximité du littoral (failles / fractures), approche multi-spatiale

Résultats :

- Forte similitude entre la géométrie côtière et structurale selon un axe dominant orienté E-W, indépendamment de la lithologie (ex : Maures : pils d'amplitudes kilométriques)



© Giuliano



Contexte sociohistorique

Autrefois « territoire du vide », vécu comme hostile et sauvage par les populations, le littoral est, à partir du XIXème, progressivement devenu objet de désir (Corbin 1988).

Aujourd'hui « territoire du trop-plein » (Deboudt, 2012), les littoraux sont très attractifs et connaissent de fortes densités de population, concentrant ainsi plus de 60% de la population mondiale qui profite des nombreuses aménités offertes par ces types de territoire.



Contexte régional

Sur les côtes littorales françaises, qui s'étendent sur 7500 km de long, le nombre d'habitants permanents a augmenté de 26% en vingt ans, passant de cinq millions et demi en 1986 à sept millions en 2006. A titre de comparaison, la densité de population des communes littorales françaises (communes littorales et arrière-pays) est deux fois et demi plus élevée que la densité moyenne nationale.

Avec 361 habitants/km², la situation sur la façade méditerranéenne est encore plus marquée, notamment dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur où 80% de sa population vit sur les seuls 20% du territoire littoral de la région.



Objectifs et moyens

Ce volet sociologique vise l'analyse des discours et pratiques des riverains et des gestionnaires locaux. Afin de saisir le rapport au risque des acteurs sociaux, il convient d'intégrer à l'analyse leur rapport à la nature, la science et la technique. Ce travail s'inscrit dans un processus d'aide à la gestion.

Terrain : falaises côtières de la commune de Carry-le-Rouet (13)

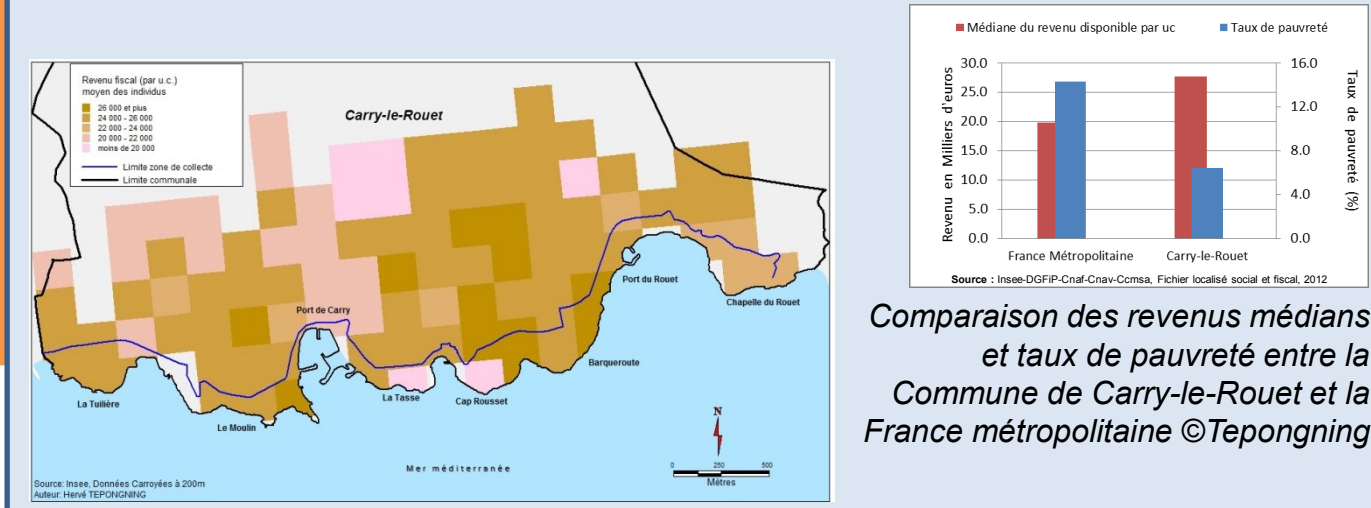
➔ Double intérêt géologique & sociologique

1. Une enquête qualitative (été 2012 et 2013 : 41 entretiens semi-directifs)
 - ➔ Saisir le rapport au risque des riverains et des gestionnaires, en identifiant leurs champs référentiels (e.g. anthropocentrisme vs écocentrisme) et leurs logiques argumentaires.
2. Une enquête quantitative (été 2014 : 125 questionnaires remplis, taux de réponse de 35%)
 - ➔ Saisir les différents facteurs socioéconomiques, culturels et spatiaux influençant les discours et les pratiques des populations vis-à-vis du risque d'érosion.
3. Outils : analyse thématique de données textuelles, analyse statistique description et analyse spatiale
 - ➔ SIG et statistiques spatiales: outil d'échange interdisciplinaire privilégié

Résultats de l'enquête quantitative

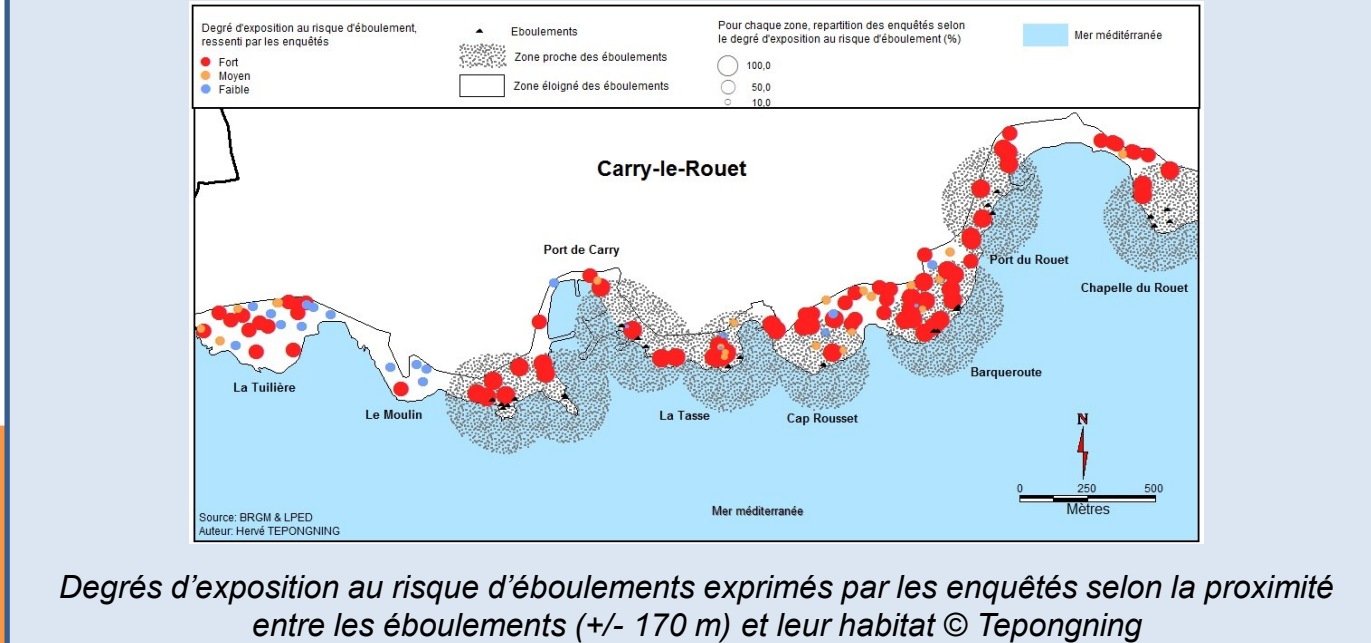
➔ Vulnérabilités environnementale et/ou socioéconomique:

L'analyse spatialisée des données socioéconomiques de la commune de Carry-le-Rouet donne à voir une absence de cumul de handicap entre exposition au risque d'érosion et situation socioéconomique. Ce résultat corrobore la thèse de Ulrich Beck (1986), selon laquelle l'exposition au risque dans notre société contemporaine n'est plus toujours corrélée à l'exposition aux vulnérabilités socioéconomiques.



➔ L'influence de la proximité spatiale et de la visibilité des événements sur leur connaissance par les riverains:

Les enquêtés qui habitent près des zones à risque (170 m et plus d'oiseau) ont une bonne mémoire des éboulements survenus. Ils savent que leur habitation se situe en zone exposée à l'érosion et ils se sentent davantage exposés à l'érosion des falaises que les enquêtés résidant dans des habitats éloignés de 170 m et plus des zones à risque.



➔ Connaître n'est pas accepter: prédominance d'une culture anthropocentriste et techniciste et report de responsabilité:

- Les riverains enquêtés préconisent la réalisation de travaux de confortement des falaises, s'inscrivant en cela dans une culture du risque définie par l'anthropologue Mary Douglas comme anthropocentriste et techniciste.
- Ils tendent à une minimisation de leur rôle dans le processus d'érosion. Presque tous considèrent que l'érosion a des causes naturelles (99,1%), et seulement 48% qu'elle peut aussi avoir des causes anthropiques.
- Les enquêtés procèdent majoritairement à un report de responsabilité en réclamant une prise en charge technique et financière des travaux de confortement par les collectivités locales ou l'Etat.

Érosion à l'échelle Quaternaire : apport de la géochronologie à la compréhension de la dynamique des plateformes marines (Côte Bleue-13)

La connaissance précise des taux d'érosion à long terme est nécessaire pour comprendre l'évolution des plate-formes littorales, et développer une modélisation quantitative de l'érosion.

Objectifs :

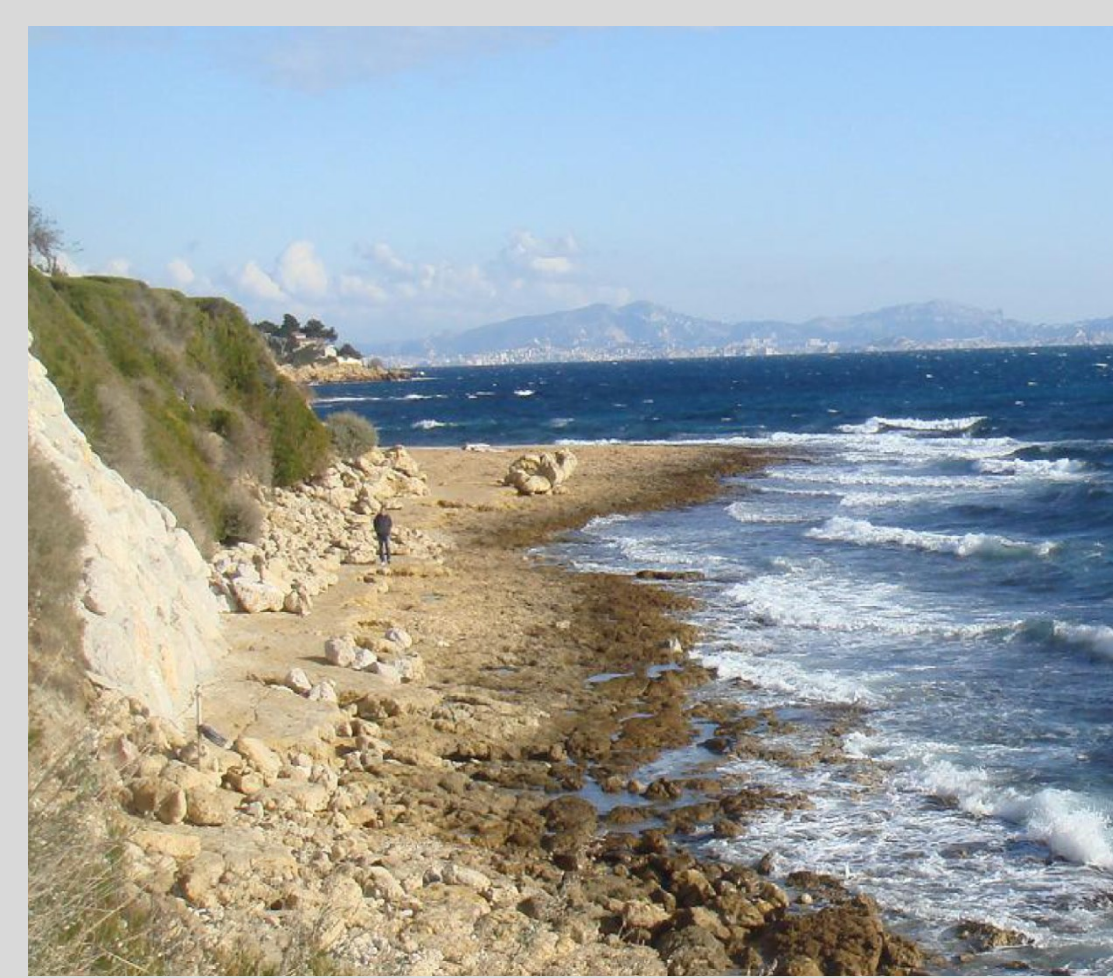
- L'enjeu scientifique est de déterminer si les plateformes sont contemporaines ou héritées des stades interglaciaires du Quaternaire

Méthodologie :

- Utilisation des nucléides cosmogéniques (36Cl) pour étudier des surfaces d'érosion dans les lithologies calcaires pour un environnement micro-tidal (Côte Bleue - Ouest de Marseille).
- Détermination des taux de dénudation
- Estimation du degré d'héritage des concentrations mesurées
- 20 échantillons au total ont été utilisés pour corréler des âges de plateforme et le niveau de la mer.

Résultats :

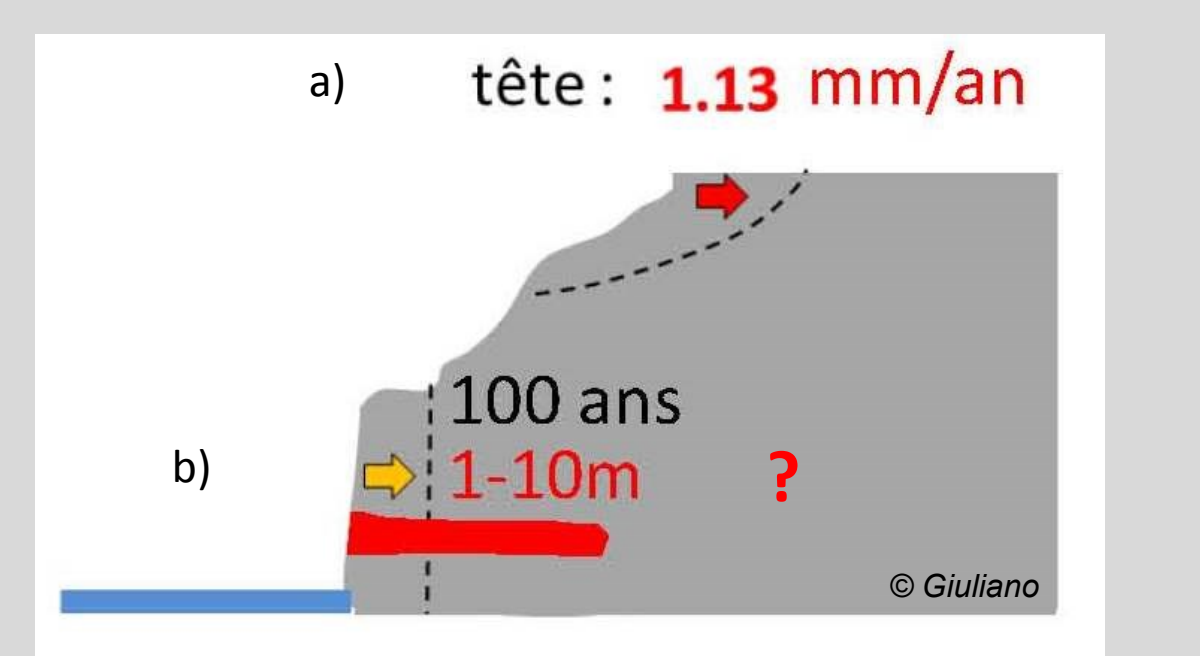
- Côte polygénique constituée de reliques du MIS5,5 et d'une érosion contemporaine
- Les surfaces associées à l'actuel niveau marin sont contemporaines
- Interrogation sur la cinématique d'érosion des plate-formes (pousse ? Taux d'érosion constant ?)



Photographie de la plateforme de l'Anse du Grand Rouveau (Sauzettes-Pins, Côte Bleue, 13)

Érosion à l'échelle séculaire : apport de la comparaison des ortho-photographies aériennes (1922-2011) à la compréhension de l'érosion régionale des falaises

La problématique de l'érosion des falaises peut être abordée selon la nature chronologique des effondrements qui se produisent et se répètent à l'échelle des durées historiques sans être forcément observés à l'échelle annuelle. Pour ces raisons la réponse de l'érosion des falaises doit intégrer cette fois-ci les influences climatiques.



Estimation d'un taux d'érosion : a) forçage subaérien ; b) forçage marin

Objectifs :

- Déterminer si les événements chroniques sont suffisamment importants pour affecter l'évolution globale de la côte méditerranéenne
- Déterminer la contribution des forçages Méditerranéen sur l'érosion des falaises
- Quantifier la mobilité des falaises en estimant des taux de recul moyen

Méthodologie :

- Utilisation de photographies aériennes orthorectifiées anciennes et exploitables (1922/1927, 1998 et 2011) soit 89 ans sur < 650 km
- Principe de l'interprétation photogrammétrique permettant d'obtenir des informations fiables sur des objets physiques et de mesurer et d'interpréter des images photographiques

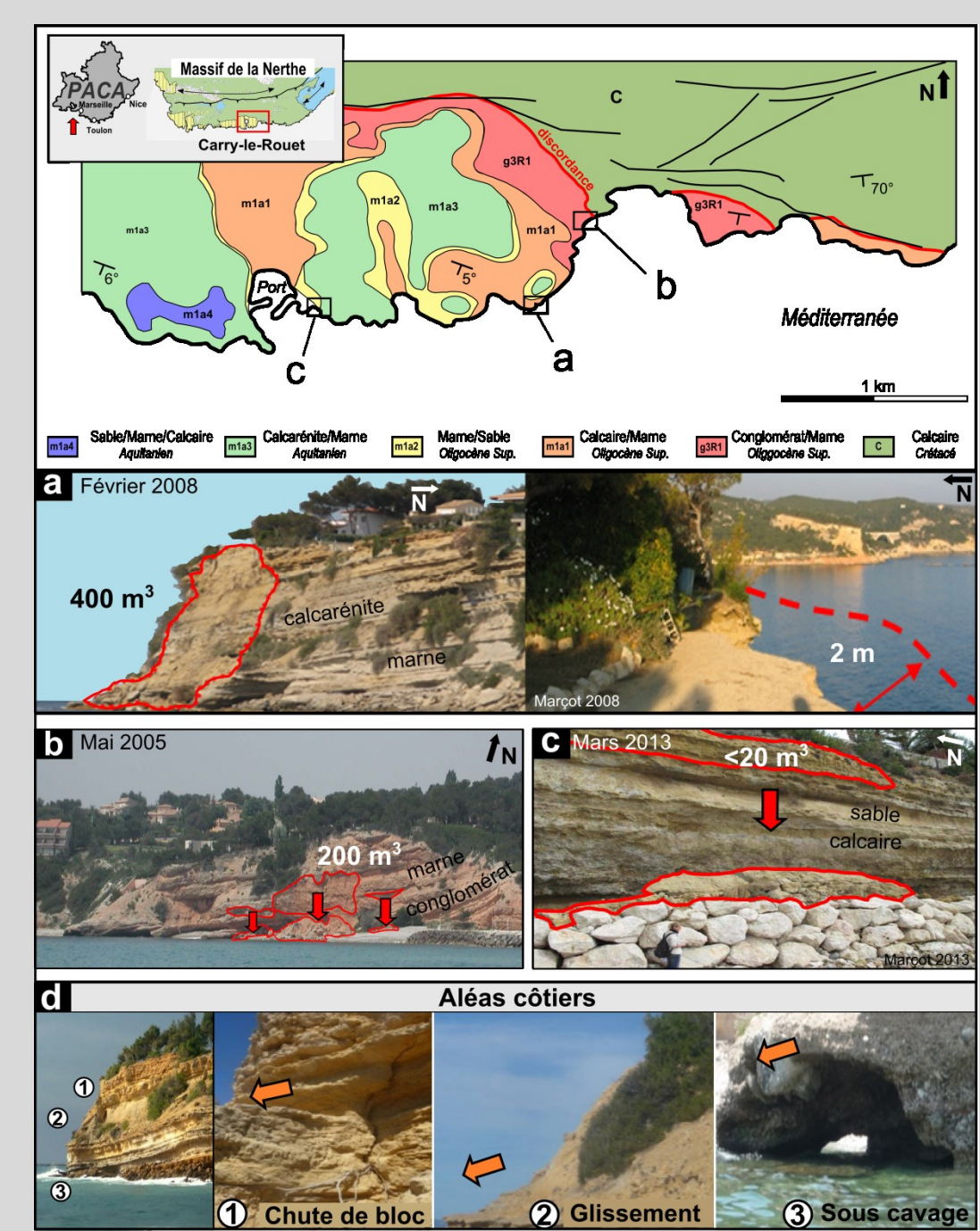
Résultats :

- Taux d'érosion estimé à partir des données exploitables, de 1,13 mm/an
- Limite de la méthode sur la caractérisation de l'influence des forçages marins



© Giuliano

Érosion à l'échelle annuelle : apport et méthode des levés Lidar embarqués sur bateau à la compréhension de l'érosion des falaises sur Carry-le-Rouet (13)



Contexte général et aléa gravitaire des falaises de Carry-le-Rouet (Bouches du Rhône, PACA) © Giuliano
a. Effondrement de 2008, vue de face et de dessus à 5 m d'une habitation.
b. Chute de bloc de 2005.
c. Effondrement de 2013.
d. Illustration de l'aléa gravitaire des falaises étudiées.

La dynamique de l'érosion des falaises est une constante qui évolue spatialement à toutes les échelles de temps. Elle est principalement contrôlée par l'action des forçages météorologiques qui agissent selon un pas temporel très court : de l'ordre de quelques heures à l'année (génération de houles ou de précipitation). Malgré cette faible durée, les forçages marins et subaériens sont suffisamment actifs pour dégrader et éroder les falaises. De plus, les actions sur cette période s'accumulent au cours du temps et déterminent les tendances évolutives à plus long terme (séculaire à millénaire).

Objectifs :

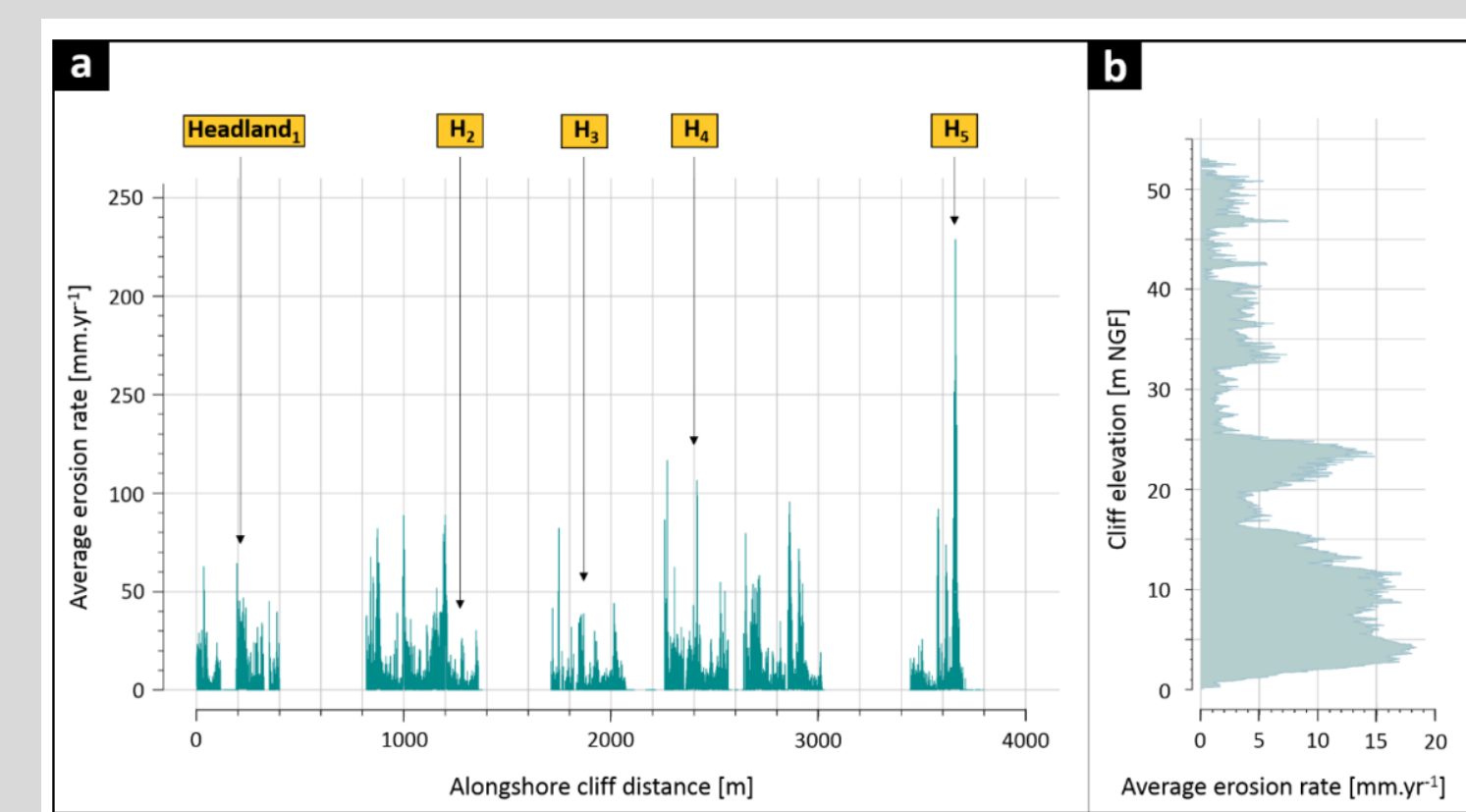
- Déterminer si les événements ponctuels sont temporellement récurrents dans le temps
- Déterminer quelle est l'évolution des falaises sur une fenêtre temporelle annuelle
- Quantifier les taux d'érosion annuels à l'échelle locale
- Déterminer les forçages dominants pour un milieu micro-tidal Méditerranéen
- Caractériser l'amplitude et la géométrie des effondrements en fonction des lithologies

Méthodologie :

- Télédétection par Lidar (Light Detection And Ranging), acquisition par bateau

Résultats :

- Un taux d'érosion calculé de 1,1 cm/an en retenant les points significatifs
- Une relation surface-volume
- Une érosion plus marquée liée aux forçages



Taux d'érosion moyennés le long du littoral (a) et verticalement (b) © Giuliano.
a. Tous les caps sont indiqués d'Ouest en Est. Le cap le plus à l'Est, H5 (« Cap de la Vierge »), concentre localement trois événements majeurs ;
b. Le profil vertical montre une section à la base, jusqu'à 15m de hauteur, affectée par des taux d'érosion dépassant les 10 mm/an, tandis que la partie supérieure de la falaise atteint seulement 5 mm/an.

échelle locale

Relation surface/volume © Prémaillon

Actions sur Carry-le-Rouet (hors thèse)

☐ Système photogrammétrique automatisé

Objectifs :

- Optimiser la datation des événements détectés par Lidar sur les falaises de Barqueroute, acquisition photo automatisée avec un pas horaire

Méthodologie :

- Système photo stereo sur Cap de la Vierge
- Déclenchement automatisé toutes les deux heures

Résultats :

- En cours de traitement (hors VALSE)

☐ Instrumentation in situ par topographie électronique

Objectifs :

- Comprendre l'évolution d'une falaise dans le temps
- Observer les effets de la circulation de l'eau souterraine sur l'altération de la falaise
- Comprendre les processus à l'intérieur du massif

Méthodologie :

- Profils de panneaux électriques sur Barqueroute

Résultats :

- Acquisition de 6 profils difficilement interprétables (difficultés dans l'acquisition liées au terrain et au contexte urbain)

Perspectives générales

- ✓ Lever le verrou scientifique sur le rôle d'événements catastrophiques de tempêtes passées, sur l'érosion du littoral méditerranéen, dans une perspective de changement climatique global ;
- ✓ Poursuivre les datations pas cosmo nucléides dans d'autres contextes lithologiques ;
- ✓ Engager de nouvelles campagnes de prises de vue aériennes du littoral (ortho photos de qualité) pour poursuivre à long terme le suivi du trait de côte ;
- ✓ Poursuivre les levés Lidar / photogrammétrie embarqués sur bateau sur d'autres secteurs du littoral méditerranéen en aléa instabilité de falaises élevé et aboutir à une réelle loi probabiliste ;
- ✓ Prendre en compte les facteurs anthropiques aggravant l'érosion (apports urbains d'eau douce, jardin, piscine) ;
- ✓ Transférer et adapter le protocole de recherche interdisciplinaire amorcée dans VALSE afin de développer des comparaisons avec d'autres littoraux français ;
- ✓ Promouvoir une collaboration scientifique interdisciplinaire dans le cadre d'un observatoire du littoral méditerranéen ayant pour objectif un suivi de l'érosion s.l.