

FICHE PROJET EUROPEEN			
ACRONYME : DEFHY3GEO			
NOM COMPLET DU PROJET	DEFHY3GEO – Détection et Etude de la Fracturation par approche Hydrologique, GEOMorphodynamique, GEOlogique et GEOphysique		
NUMERO DE CONVENTION	21 ^E 05596		
DATE DE DEBUT	01/01/2022		
DATE DE FIN	31/12/2024		
COORDINATEURS	DEZILEAU Laurent		
• Etablissement(s)	• Laboratoire(s)	• Responsable(s)	• Partenaire(s)
URN	M2C	REJIBA Fayçal	CEREMA
			INSA ROUEN
			UNIVERSITE DE CAEN
CONTACT	laurent.dezileau@unicaen.fr		
SITE INTERNET DU LABORATOIRE ET PROJET			
DESCRIPTION DU PROJET			
RESUME	Dans ce projet, nous proposons d'étudier la fracturation des falaises littorales sous l'influence de l'hydrologie marine et de plateau. Nous nous intéressons plus particulièrement aux falaises à parois verticales de Normandie composées de craie (Seine-Maritime, Pays de Caux) et de calcaire (Calvados, Bessin), où la fissuration peut être particulièrement importante. La compréhension de ce phénomène contribue à l'explication et à l'identification des facteurs accélérateurs de l'érosion des falaises et du déclenchement de mouvements de masse (effondrements brutaux, éboulements, chutes de blocs, ...), et par conséquent, du recul du trait de côte normand (Costa, 1997, Costa et al., 2004, Costa et al., 2019, Letortu, 2013, Medjkane et al., 2018). Cependant, il convient de garder à l'esprit que la résistance des roches est toute relative selon le contexte bioclimatique, et les caractéristiques intrinsèques du massif rocheux (qui sont variables dans le temps et l'espace). Localement, le massif rocheux peut avoir subi une micro ou macro-fissuration dont la fréquence, l'intensité, ou l'orientation le rendra plus ou moins sensible aux agents et processus d'érosion (Trenhaile, 1987 ; Stephenson & Naylor, 2011 ; Costa, 1997 ; Duperret et al., 2004 ; Genter et al., 2004 ; Hapke et al., 2014 ; Raimbault et al., 2018). Les côtes rocheuses et à falaises sont souvent des formes polygéniques. Ce sont donc parfois des modelés hérités (tout ou partie du versant, notamment ceux taillés dans des matériaux résistants) de périodes plus ou moins froides ou d'anciens niveaux marins et qui seraient désormais en cours de retouche par les processus actuels (Lautridou et al., 1999 ; Woodroffe et al., 1992 ; Trenhaile et al., 1999 ; Raimbault et al., 2018). Ces modelés, qui ont survécu à plusieurs péjorations du climat et à des variations du niveau moyen de la mer, en ont parfois gardé les stigmates (fracturation du massif rocheux par gélidivision, par rebond glacioisostatique, etc., apports sédimentaires massifs ...) et pouvant influencer fortement l'efficacité des processus actuels (minoration ou majoration).		

	Au sein de la communauté scientifique, le rôle essentiel des caractéristiques internes (morpho-structure) fait consensus. En revanche, le rôle des agents et des processus externes (marins ou continentaux) dans l'instabilité des falaises fait débat. Trois modèles coexistent, à savoir (1) les agents et processus continentaux sont prépondérants dans la désagrégation et le déclenchement des mouvements, alors que les actions marines ne constituent qu'un agent de transport et de déblaiement, (2) les agents et les processus marins sont primordiaux, (3) le fonctionnement des falaises résulte d'une combinaison de facteurs marins et continentaux (ce qui semble rassembler désormais de plus en plus d'auteurs). La difficulté de hiérarchisation et de quantification des agents et processus d'érosion responsables de ces « phases » peut provenir de diverses sources telles que (1) la lenteur et l'aspect sporadique des évolutions (souvent pluri-décennales, voire plus), (2) la précision des matériels de mesure existants, dont l'acquisition doit être continue et sur de longues périodes, (3) les effets de combinaison ou de relais de processus, (4) l'effet retard (hystérésis), ou de dépassement de seuils, (5) les effets de purge, (6) les conditions limites externes (conditions bioclimatiques) qui peuvent évoluer (Kennedy et al., 2014b), (7) l'impact des héritages (Trenhaile, 2002 ; Swenson et al., 2006 ; Joyal et al., 2016). Le développement de nouvelles techniques de mesures font de ces difficultés un sujet d'étude important (Kennedy et al., 2014a ; Young et al., 2011).
OBJECTIFS	La surveillance des falaises à partir de données 3D est un domaine en plein essor, grâce à la miniaturisation de capteurs optiques et laser (LiDAR), ainsi qu'à une facilité de mise en œuvre grandissante (Lim et al., 2005 ; Dewez et al., 2013 ; Letortu, 2013 ; Regard et al., 2013 ; James and Quinton, 2014 ; Westoby et al., 2018). L'avènement très rapide des drones ces toutes dernières années a permis de franchir une marche supplémentaire grâce à une flexibilité accrue, mais demandant des compétences en pilotage, en instrumentation et en traitement de données bien spécifiques. Au niveau international, l'acquisition de données en falaise et dans des conditions géologiques variées se développe maintenant depuis 5-6 ans (James et Robson, 2014 ; Eltner et al., 2015 ; Bury et al., 2016 ; Barlow et al., 2017 ; Mancini et al., 2017, Gilham et al., 2019). En Normandie, l'usage des drones ne fait pas exception avec notamment les travaux du LETG Caen (Letortu et al., 2018, Jaud et al., 2019) ou d'ENDSUM (Taoum et al., 2019b). La majorité de ces études est aujourd'hui focalisé sur l'emploi de capteurs optiques dans le visible et/ou de LiDAR (ces deux méthodes étant parfaitement complémentaires en falaise), afin de réaliser des modélisations 3D des systèmes pour enrichir les interprétations géomorphodynamiques (quantification du recul du trait de côte, de volumes érodées, etc...). Nous pensons donc que ce projet tire d'abord son originalité et son côté novateur de la combinaison de capteurs embarqués pour l'étude des falaises (capteur visible DJI Zenmuse 1 pouce, caméra thermique Variocam 900 1024*768, radar géologique COBRA CBD 70 MHz, LiDAR Riegl, mis en œuvre sur 2 drones DJI M600 Pro et RiCopter).



RÉGION
NORMANDIE



UNION EUROPEENNE

IMPACTS ATTENDUS ET
FINALITE

a. Au niveau scientifique et socio-économique

Ce projet ne se conçoit que via la mise en commun de toutes les compétences des laboratoires normands (LETG, LMI, M2C, CEREMA), sur les nombreux thèmes que ce projet couvre : la valeur ajoutée de la collaboration est donc un aspect essentiel de ce projet. Nous pouvons aujourd'hui proposer ce travail grâce aux collaborations très fructueuses entre ces différents laboratoires, initiées depuis maintenant trois-quatre ans (notamment avec les projets M2NUM et TélédÉTAC). La complémentarité des thématiques de ces laboratoires normands est indéniable, nous permettant de balayer l'ensemble des aspects pluridisciplinaires de ce projet, en s'appuyant sur un socle scientifique solide : observations, traitement du signal et des images, en passant par des développements théoriques et la modélisation numérique multiphysique.

Outre l'aspect scientifique, les retombées économiques potentielles de ce projet sont très intéressantes à moyen terme. Le domaine du drone est en plein essor en France (avec énormément de créations d'entreprises et un marché en forte progression) et le pays est en avance sur cette activité en Europe, mais aussi au niveau international (avec les américains et les chinois). Nous bénéficions de toute l'expérience du FUI DIDRO (assiette de 4,7 millions d'euros, subventions 1,9 millions d'euros), qui a été labellisé par deux pôles de compétitivité (ASTech et Safe Cluster) et pour lequel le porteur a été responsable du WP « Observations Multispectrales ». Les résultats du projet ont abouti à une solution commerciale en cours de développement avec les sociétés Survey Copter/Airbus et Geomatys, pour l'utilisation de drones pour le diagnostic des digues et les interventions en cas de crise. Ce sujet est hautement stratégique au niveau national et international, dans un contexte de montée des eaux due au réchauffement climatique et de fréquences d'inondations de plus en plus importantes. Le projet proposé permettra ainsi (1) une consolidation de cette expérience réussie en tant qu'équipe de recherche leader dans ce domaine, (2) une ouverture vers une thématique plus large qui est celle du recul du trait de côte, d'ailleurs connexe au sujet traité dans le cadre de DIDRO (qui a porté entre autres sur les digues littorales) et (3) une ouverture vers des transferts technologiques futurs en imagerie du sous-sol et des ouvrages du génie civil (notamment les ponts), permettant d'optimiser les diagnostics dans les zones inaccessibles. Ces aspects d'imagerie géophysique par drone (par exemple à base de radars) pour l'étude des pathologies internes d'ouvrages sont actuellement tout juste effleurés par les entreprises, voire inexistantes et des développements économiques sont tout à fait possibles dans ce secteur.

Dans le même ordre d'idée, les méthodologies d'imagerie de surface développée dans le cadre de notre projet pour la détection semi-automatique/automatique de fractures/fissures (WP2) pourraient permettre des retombées économiques importantes. En effet, les traitements actuellement mis en œuvre pour la détection de fissures sur ouvrage sont pour la plupart manuels et chronophages. Les algorithmes de traitement automatiques existants sont quant à eux uniquement basés sur le traitement de photographies et sont dans de nombreux cas inopérants (notamment lorsqu'une fissure possède la même couleur que le reste). L'adjonction de clichés thermiques dans ces algorithmes viendra enrichir ces données et ainsi affiner la détection de ces objets. Ici aussi, des partenariats avec des entreprises pourraient aboutir à une solution commerciale basée sur l'utilisation de ce type de traitements.

Notre proposition s'insère naturellement dans le projet quadriennal de l'équipe du porteur (ENDSUM). Elle est aussi parfaitement intégrée dans le projet stratégique du Cerema et participe à la transition numérique de l'établissement. En ce sens, ENSUM est actuellement la seule équipe de recherche travaillant grâce à l'outil drone au Cerema, et cela dans les domaines des risques naturels et du génie civil. Elle participe notamment activement à l'animation de cette thématique sous l'égide du Commissariat Général au Développement Durable du Ministère de la Transition

Écologique et Solidaire (organisation des journées Scientifiques et Techniques Drone en novembre 2019, <https://www.cerema.fr/fr/evenements/drones-en-appui-des-territoires>). Parallèlement à cela, des réflexions sont entamées avec le CNRS afin de se fédérer sur ce domaine, car nous avançons en ce moment en parallèle. Ce projet permettra donc de conforter le consortium dans sa stratégie de développement de cette activité au niveau national et international. Enfin, concernant les aspects scientifiques, nous voulons valoriser nos résultats d'abord par le biais de publications scientifiques dans des revues classées par le CNRS, ainsi que dans des colloques nationaux et internationaux reconnus dans leurs champs disciplinaires.

b. Au niveau du territoire normand

L'effort important généré en recherche et développement par les partenaires permettra de fixer sur ce territoire des équipes de recherche de haut niveau, via une activité de recherche de pointe sur des thèmes forts identifiés du pôle CTM, de la Normandie (voire au-delà, comme stipulé ci-dessus). Les applications de notre projet sont concrètes et les méthodes employées novatrices. Nos résultats seront ainsi communicables à grande échelle pour un public de spécialistes ou pas (via les médias régionaux et nationaux à notre disposition), y compris pour des jeunes, ce qui pourrait contribuer à promouvoir un attrait important pour les sciences et techniques auprès des jeunes normands. La diffusion de ce projet à forte valeur ajoutée dans les médias favorisera par ailleurs le rayonnement de la Normandie dans les domaines technologiques de pointe.

Enfin, l'équipe du porteur souhaite se fédérer avec l'ensemble des acteurs drone normands (entreprises privées, Greah), afin de donner plus de visibilité à la filière drone au niveau régional. Des discussions sont actuellement en cours avec Normandie Aerospace (réseau normand dans le domaine de l'aéronautique et du spatial) sur cette thématique. Là encore, ce projet permettra au consortium de bien s'ancrer dans cette thématique au niveau régional. Enfin, les résultats obtenus dans ce projet pourront permettre de réduire les incertitudes existant dans le zonage des Plans de Prévention des Risques Naturels et des documents d'urbanismes auprès des collectivités normandes, où l'enjeu du recul du trait de côte est important. Ils permettront par ailleurs de conseiller les acteurs impliqués en leur fournissant de nouveaux outils pour une meilleure gestion des risques sur les infrastructures et l'habitat. Pour les impacts socio-économiques, il s'agira d'organiser des réunions, des focus group, ... avec les utilisateurs finaux (les acteurs du territoire comme les services déconcentrés de l'Etat, les bureaux d'études, les élus, ...) pour envisager avec eux les conditions de transposition des résultats et la réalisation de meilleurs supports de valorisation.

RESULTATS	
MODALITES DE FINANCEMENT	BUDGET TOTAL : 137 707 €
Niveau de soutien FEDER / FSE / FAEDER	82 624,20 €
Niveau de soutien Région	55 082,80 €
Nombres de personnes travaillant sur le projet	3 ingénieurs
L'Europe s'engage en Normandie avec le Fonds Européen de Développement Régional	