

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2015

- **Date de la demande** (16/03/2015) :

1- Identification du projet (en langue française)

- **Acronyme du projet** (8 caractères maximum) : **DUNE-REV**

- **Intitulé du projet** (en langue française) : Etude de la dynamique des dunes sous-marines sous écoulement alternatif

2- Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

- **Cocher le DIS prioritaire** au sein duquel le projet de thèse s'intègre. Vous pouvez cocher un DIS secondaire (à préciser en ce cas, point 6 de la présentation du projet). Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement
- Projet Blanc

- **Préciser le sous-domaine correspondant :**

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

Pour une plus ample présentation des DIS et des sous-domaines, merci de vous référer au Schéma régional de l'enseignement supérieur et de la recherche disponible à l'adresse suivante : http://www.bretagne.fr/internet/upload/docs/application/pdf/2013-11/sresr_version_finale.pdf

3- Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

- **Établissement porteur du projet** (implantation obligatoire sur le territoire régional) :

Laboratoire Domaines Océaniques UMR 6538

- **Ecole Doctorale :**

Ecole Doctorale Sciences de la Mer

4- Identification du/de la responsable du projet (futur directeur de thèse)

- **Nom et prénom** : Valance Alexandre (DR CNRS, IPR)

- **Genre du/de la responsable du projet (F/H)** : H

- **e-mail** : alexandre.valance@univ-rennes1.fr

- **Téléphone** : 02 23 23 55 99

- **Equipe de recherche encadrante (JE/EA/...)** : Département « Milieux divisés » de l'Institut de Physique de Rennes

- **Unité (U/UMR/USR /...)** : UMR6251

- **Nombre HDR dans l'équipe d'accueil** : 6

- **Nombre de thèses en cours** : 2

- **Nombre de post-docs en cours** : 1

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2015

- Publications récentes du directeur de thèse :

Nombre total de publications: 62

5 publications récentes relatives au sujet de thèse:

1. Dreano J., Valance A., Lague D., Cassar C. (2010). Experimental study on transient and steady-state dynamics of bedforms in supply limited configuration. *Earth Surface Processes and Landforms* 35, 1730-17543.
2. Valance A. (2011). Nonlinear sand bedform dynamics in a viscous flow. *Phys. Rev. E* 83, 036304.
3. Guignier L, Niiya H, Nishimori H., Lague D. and Valance A. (2013). Sand dune as migrating string, *Phys. Rev. E* 87, 052206.
4. Jenkins J.T. and Valance A., Periodic trajectories in Aeolian sand transport (2014). *Physics of Fluids*, 26, 073301.
5. Valance A, Rasmussen K.R., Ould El Moctar A. and Dupont P. (2015). Physics of Aeolian sand transport. *C.R. Physique*.

-Co-directeur de thèse (éventuellement) : Le Dantec Nicolas (CR CEREMA – LDO)

-Equipe de recherche co-encadrante (JE/EA/...): Laboratoire Domaines Océaniques (UMR6538), équipe Transferts Terre-Mer

Publications récentes du co-directeur:

Le Dantec N., Dréano J., Lague D. and Valance A., Selection of bedform morphology in an experimental flume under supply-limited conditions. *MARID IV*, Bruges, Belgium, April 2013, VLIZ 65, Ed: Van Lancker and Garlan, p. 167.

Le Dantec N., Hogarth L.J., Driscoll N.W., Babcock J., Barnhardt W.A., Schwab W.C. (2010). Tectonic controls on nearshore sediment accumulation and submarine canyon morphology offshore La Jolla, Southern California, *Marine Geology*, v. 268 (1-4), p. 115-128.

Franzetti, M., Garlan, T., Le Roy, P., Delacourt, C., Deschamps, A., Graindorge, D. and Cancouet, R. (2013). Sandwave morphologies and dynamics in a continental shelf environment: example of Banc du Four, western Brittany, *Marine Geology* 346, p17-30.

5- Présentation du projet (en langue française, 2 à 3 pages)

- Résumé du projet (15 lignes) :

La recherche sur les dunes sous-marines s'intéresse notamment aux facteurs qui contrôlent la croissance et la migration des structures sédimentaires. La forte mobilité des dunes sous-marines sous l'effet des différents forçages hydrodynamiques est un phénomène bien connu mais peu documenté : de nombreuses questions demeurent concernant notamment la mobilité des dunes. Un des enjeux est par exemple de pouvoir prédire l'évolution des dunes en réponse aux changements environnementaux d'origine naturelle ou anthropique induisant une modification du forçage hydrodynamique. La mesure continue de l'évolution de la morphologie de fronts de dunes et du transport sédimentaire associé est nécessaire pour répondre à ces questions. Une alternative à la mesure de terrain est l'approche en laboratoire à échelle réduite. C'est l'approche proposée dans cette thèse, avec d'abord un volet important de modélisation expérimentale et ensuite une partie concernant l'analyse et l'interprétation de données de terrain sur des champs de dunes sous-marines. La modélisation physique sera réalisée avec un chenal hydraulique permettant de reproduire des dunes modèles et de suivre en continu leur dynamique, en fonction de la nature du forçage hydrodynamique. Pour la partie appliquée, l'idée est d'utiliser les bases de données sismiques et bathymétriques existantes pour proposer, en s'appuyant sur les résultats obtenus à partir des expériences modèles de laboratoire, des scénarios physiques pour expliquer la morphologie des dunes, leur polarité, leur dynamique de croissance et migration.

- Présentation détaillée du projet :

1-Contexte scientifique et socio-économique du projet :

Les figures sédimentaires (bancs, dunes, rides, ...) sont omniprésentes dans le domaine marin, des côtes au plateau continental. Ces corps sédimentaires sont constamment remodelés sous l'effet des agents hydrodynamiques exerçant un forçage à diverses échelles de temps. Comprendre la dynamique des sédiments et de prévoir les tendances futures (par exemple, l'évolution des stocks sédimentaires, les risques de l'érosion

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2015

côtière) en réponse aux changements environnementaux est essentielle pour relever les défis auxquels fait face notre société vis-à-vis de l'aménagement des zones côtières, qui sont soumises à des contraintes toujours grandissantes (croissance de la population, activités humaines, changement climatique, ...). En tant que marqueurs du transport de sédiments, vecteurs de flux de sédiments et zones d'accumulation, les dunes actives sont un élément clé dans la dynamique sédimentaire côtière. Ce projet étudie l'évolution et la mobilité des grandes dunes de sable sous-marines, en se concentrant sur le problème du retournement des dunes (changement de polarité) sous l'effet d'écoulements alternatifs.

2-Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques que le travail de thèse se propose de lever :

L'étude de la dynamique des dunes sous-marines s'intéresse notamment aux facteurs qui contrôlent la croissance, la migration et la déformation des structures sédimentaires. La forte mobilité des dunes sous-marines sous l'effet des différents forçages hydrodynamiques (marées, courants, vagues et tempêtes) est un phénomène bien connu. La prédiction de la polarité des dunes (i.e., c'est-à-dire leur sens de déplacement) et d'éventuels renversements de leur sens de migration en fonction de la nature du forçage hydrodynamique est une question importante. S'y ajoutent d'autres questions toutes aussi importantes concernant la dynamique des corps sédimentaires, notamment sur le mode de transport sédimentaire qui accompagne leur déformation. Par exemple, quelles sont les contributions relatives du charriage et de la suspension dans leur déplacement ? Comment les particules transportées le long de la face amont d'une dune (par charriage, éventuellement par suspension) et qui parviennent à la crête sont-elles transportées au-delà de cette crête ? En cas d'avalanche puis de piégeage sur la face aval, les sédiments mobilisés par l'avalanche s'écoulent-ils jusqu'en pied de dune ? Concernant l'éjection de sédiments en suspension, souvent en présence de structures turbulentes, y a-t-il entraînement dans la cellule de recirculation puis dépôt sur la face aval, ou fuite d'une partie du flux sédimentaire d'une dune à l'autre par transport vers la zone inter-dune pour alimenter la dune suivante? Quel qu'en soit le mode, le transport sédimentaire peut être continu ou intermittent, avec accumulation à la crête puis mise en mouvement subite. S'agissant d'une rupture soudaine, est-elle déclenchée par le dépassement d'une limite de stabilité mécanique et/ou un événement extrême (grande marée, tempête)? Y a-t-il une signature de processus de forçage cycliques (marée, saisons, régimes climatiques) ? Ces questions liées au mode de transport sont bien sûr tout aussi importantes dans le cas d'un renversement de la polarité. Les modèles de capacité de transport, qui permettent de prédire les flux sédimentaires, ne sont applicables qu'en situation d'équilibre entre l'écoulement, la topographie et le transport, ce qui n'est plus le cas lors d'un retournement. La mesure continue de l'évolution de la morphologie de fronts de dunes est nécessaire pour répondre à ces questions. C'est cette problématique, la morphodynamique des dunes sous un forçage hydraulique alternatif et le transport sédimentaire associé, que nous proposons d'aborder dans cette thèse.

3-Approche méthodologique et technique envisagée :

L'objectif général de la thèse est d'étudier la morpho-dynamique des dunes lorsqu'elles sont soumises à des écoulements alternatifs (mono ou multi-fréquentiels avec ou non une composante continue résiduelle). La thèse comportera (i) un volet important de modélisation expérimentale avec le développement d'expériences à échelles réduites réalisées en laboratoire, et (ii) un aspect concernant l'analyse et l'interprétation de la morphologie des dunes sous-marines (en particulier le site Banc du Four soumis à un forçage hydrodynamique particulièrement complexe à large gamme spectrale).

(i) Les expériences modèles sont réalisées dans un chenal hydraulique adapté à la mise en place d'écoulements alternatifs. Il s'agit d'un chenal en forme d'hippodrome avec deux sections droites de 100cm de long : les dunes sont formées et observées dans l'une des sections tandis la turbine générant l'écoulement est placée dans la section opposée (voir Figure 1). L'originalité de ce montage, outre sa simplicité et sa modularité (possibilité de faire varier la hauteur de l'écoulement, de travailler avec une surface libre ou non, etc...), est qu'il permet de documenter facilement l'évolution temporelle des dunes à travers les parois transparentes du chenal. D'autre part, ce dispositif est également parfaitement adapté à l'analyse détaillée de l'écoulement hydrodynamique au-dessus des dunes ainsi qu'au suivi des grains de sable et de leur déplacement par des techniques classiques d'imageries (e.g. Particle Image Velocimetry et Particle Tracking Velocimetry).

L'étude expérimentale s'attachera à caractériser, d'une part, la morphologie des dunes et leur vitesse de déplacement selon la nature du forçage alternatif en termes de fréquence et d'amplitude, et d'autre part d'identifier les modes prépondérants de déplacement des grains au-dessus des dunes (charriage, saltation et suspension).

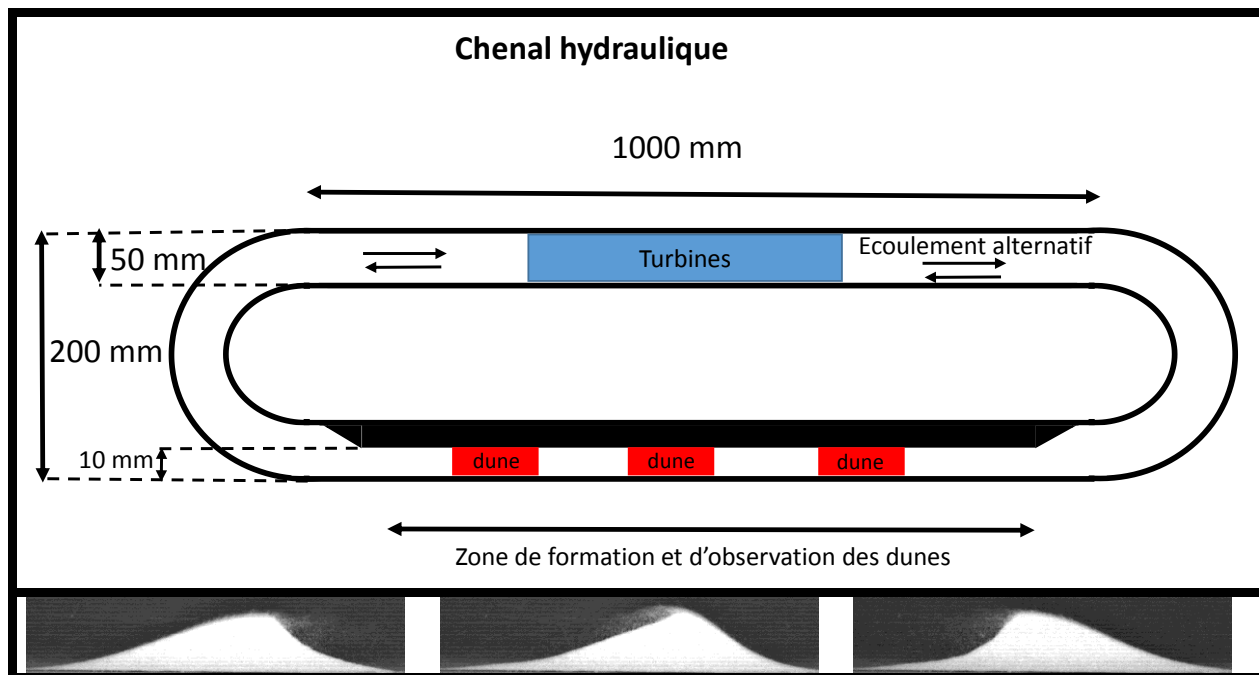


Figure 1 : Dunes sous-marines obtenues en laboratoire.

En haut : Schéma du dispositif expérimental (vue de dessus)

En bas : Evolution morphologique d'une dune suite à un retournement de l'écoulement (vue de profil).

La plupart des études de laboratoire ont été menées en régime établi. S'il existe certaines séries d'expériences sur des régimes d'accélération, le cas d'un écoulement unidirectionnel alternatif n'a pas réellement été examiné. On peut s'attendre notamment à des régimes intéressants quand les périodes caractéristiques de retournement de l'écoulement sont inférieures au temps caractéristique de mise à l'équilibre d'une dune sous-écoulement unidirectionnelle. On peut notamment envisager l'obtention de morphologies non-triviales avec des brisures spontanées de parité même pour des forçages parfaitement symétriques (i.e. sans composante continue résiduelle).

Les paramètres importants à faire varier dans l'expérience sont, d'une part, les caractéristiques du forçage hydrodynamique alternatif en termes d'amplitude et de fréquence, et d'autre part la nature du sédiment. Les forçages choisis seront directement inspirés de ceux observés sur le terrain sur le site du Banc du Four. Quant au sédiment utilisé, il sera de deux types : un sable modèle relativement sphérique et mono-disperse de 200 microns et un sable bioclastique prélevé sur le site du Banc du Four qui est fortement poli-disperse et polymorphe.

Ces études expérimentales seront accompagnées du développement de simulations numériques basées sur des approches continues couplant l'hydrodynamique et un modèle de transport.

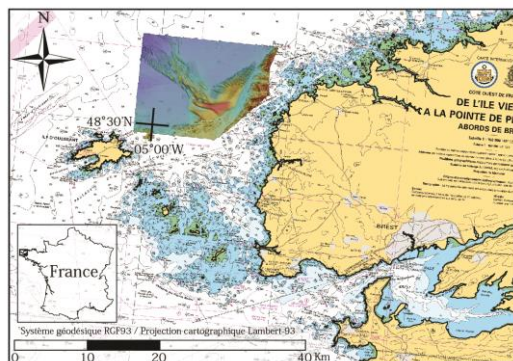


Figure 2 : Site du Banc du Four en mer d'Iroise (Franzetti et al., 2013)

(ii) Le second aspect de la thèse concerne l'analyse et l'interprétation de la morphologie et du déplacement des dunes sous-marines. Le site du "Banc du Four" (Finistère ; voir Figure 2), est sous un régime macro-tidal et

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2015

est soumis à des tempêtes de l'Atlantique. Niché entre les îles et la côte, ce site a un régime hydrodynamique particulier, où le forçage est une combinaison complexe par de courants de marée et de saison (associé au front de marée Ouessant). Ainsi, un large éventail de forçage est représenté, avec des courants résiduels intenses, qui génèrent une gamme étendue de morphologie et de longueur d'onde de dunes (à partir de 0,2 m jusqu'à 30 m). Par ailleurs, le sédiment trouvé sur toute la zone est du matériau bioclastique polymorphe, ce qui est en fait un site d'autant plus intéressant car peu d'études portent sur un tel type de sédiments.

L'idée ici est d'utiliser les bases de données sismiques et bathymétriques existantes et de proposer, en s'appuyant sur les résultats obtenus à partir des expériences modèles de laboratoire, des scénarios physiques pour expliquer la morphologie des dunes du site du Banc du Four et leur polarité.

4-Profil du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Formation en physique ou en géophysique, avec en particulier au moins 2 des 3 domaines suivants : hydrodynamique, sédimentologie, physique des milieux granulaires, et des connaissances en sciences de la mer.

- Motivation pour réaliser des expériences en laboratoire sur des modèles physiques
- Aptitude et goût pour la modélisation théorique
- Compétence en programmation (simulation numériques)
- Maîtrise de logiciels de calcul et d'analyse scientifique (Matlab)
- Capacité à rédiger des publications
- Maîtrise de la langue anglaise
- Persévérance, rigueur, autonomie, esprit d'équipe

5-Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, et le cas échéant, national et international :

La thèse proposée s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire Domaines Océaniques de Brest et l'Institut de Physique de Rennes. Le premier est reconnu notamment pour son expertise dans le domaine de la modélisation expérimentale et numérique des dunes éoliennes et sous-marines tandis le second possède une forte connaissance des processus de transport de sédiments dans le domaine côtier et marin.

Cette thématique de recherche a bénéficié d'un financement CNRS en 2014 grâce au PEPS Terre-Mer (volet modélisation) qui a permis la réalisation d'un système automatisé de pilotage dans le chenal et la mise à jour logicielle et matérielle du système de mesure par PIV. Le dispositif de mesure en laboratoire est donc opérationnel. Des mesures préliminaires sont d'ailleurs déjà en cours dans le cadre d'un stage de M2 co-encadré. Concernant la partie terrain, des données existent déjà pour le Banc du Four, ainsi que pour d'autres sites. L'étude de la dynamique des dunes et bancs de plateforme est en effet une thématique de recherche majeure de l'équipe TTM du LDO, menée en collaboration avec le laboratoire de Géosciences Marines de l'Ifremer. Les questions sur l'évolution actuelle de ces corps sédimentaires sont doublées par des travaux sur leur mise en place avec une approche portant sur des échelles de temps plus grandes et combinant observations géophysiques et sédimentologiques.

L'approche interdisciplinaire proposée dans cette thèse, s'appuyant sur de la modélisation expérimentale pour comprendre les processus hydro-sédimentaires contrôlant la dynamique des dunes sous-marines, s'est avérée très fructueuse pour d'autres problématiques liées au transport sédimentaire dans les systèmes géophysiques. Les travaux récents sur les dunes éoliennes et les coulées pyroclastiques sont une illustration des résultats de cette approche, qui est aussi promue par le Groupement de Recherche "Transnat (Transport Solide Naturel) ou le programme de recherche international "Geoflows" sur le transport des particules dans les écoulements géophysiques (tous deux co-portés par A. Valance). Avec les progrès substantiels accomplis récemment dans la modélisation des instabilités des formes sédimentaires, le timing est bon pour ce projet de thèse sur les dunes sous-marines.

6-Pertinence du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire). Si « projet blanc », préciser les raisons de ce choix :

Comprendre la mobilité des corps sédimentaires au sein du prisme sédimentaire côtier et aboutir à une meilleure représentation de l'évolution des budgets sédimentaires dans les zones côtières permettra d'orienter la gestion des zones côtières vers des trajectoires durables. La connaissance de la dynamique des dunes sous-marines est un enjeu important non seulement pour la navigation mais aussi pour l'implantation d'infrastructures dans le domaine maritime (dispositifs d'extraction d'EMR par exemple) et pour l'exploitation des granulats marins ou encore la gestion des rejets de dragages.

Comprendre les processus qui contrôlent l'évolution du stock disponible de granulats marins granulaires,

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2015

en particulier la mobilité et l'alimentation des accumulations sédimentaires sur le plateau, est essentielle afin de définir les conditions pour l'exploitation durable de cette ressource. La dynamique des champs de dunes a des implications directes sur la conception, l'implantation et la sécurité des dispositifs d'extraction d'énergie marine renouvelable (fermes éoliennes et hydroliennes) et d'autres infrastructures maritimes (par exemple, la stabilité structurelle d'une pile à travers laquelle de grandes dunes migrent) ainsi que sur l'atténuation de leurs impacts environnementaux locaux et régionaux (prévision et suivi de l'évolution des flux de sédiments induites par les infrastructures). Dans le contexte aggravant de changement climatique global, les équilibres fragiles du littoral peuvent être modifiés par une perte nette pour le stock sédimentaire échangés entre les zones intertidales et subtidales. La résilience des corps sédimentaires, les barrières ultimes protecteurs de nos côtes contre l'érosion, est la clé de l'élaboration de scénarios prédictifs servant de guide aux décideurs.

7- Autres informations utiles (projet relevant des Objets d'excellence -OBEX-, projet inscrit dans le cadre des « Projets réservés » régionaux, dont « Projets émergents de recherche »...) :

Le sujet proposé relève des axes 4 "Transferts sédimentaires de la côte aux abysses" et 5 "Dynamique et vulnérabilité des Zones Côtières" du LabExMER "L'océan dans le changement". Le sujet intéresse aussi deux axes transverses de l'IUEM, l'axe 3 : "Vulnérabilité des milieux marins et des sociétés face aux changements globaux et locaux" et l'axe 4 : "Énergies Marines renouvelables".

6- Projet de thèse en cotutelle internationale

- **S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (oui/non) :** non

- **Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :**

- **En cas de projet en cotutelle internationale, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :**

NB : Est entendue comme « thèse en cotutelle internationale », la situation où le doctorant partage son temps de thèse de manière égale, entre un établissement breton bénéficiaire, qui le rémunère pendant les périodes de thèse effectuées sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et un établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-. (Voir article 6.4 du Dispositif ARED 2015).

7- Financement du projet de thèse

- **Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet (part exprimée en ETP) :**
50%

- **En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) :** oui

- **Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, Partenaire privé, Ademe, etc.) :** demandes en cours (DGA, UBO, BMO).