









Colloque Hauts de France Universités

« Transition Energétique et Universités : enjeux, défis, forces et structuration »

Energies renouvelables: un aperçu des recherches en cours dans les Universités des Hauts de France

Olivier Averbuch
Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG)
ULCO-ULILLE-CNRS-IRD



avec la collaboration de B. Semail (L2EP), F. Graveleau, F. Schmitt, A. Sentchev (LOG), H. Mroueh (LGCgE), K. N'Konou (IEMN)

24 mai 2024, Polytech Lille, Université de Lille

Les différentes énergies renouvelables

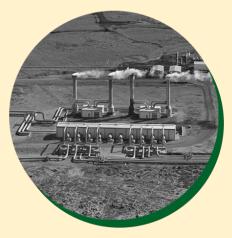
✓ Les énergies renouvelables sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)



Energie solaire



Energie éolienne



Energie géothermique



Energie marine



Bioénergie



Hydroélectricité

Source: Nations Unies action climat

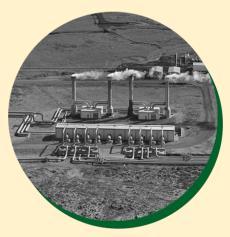
✓ **Les énergies renouvelables** sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)



Energie solaire



Energie éolienne



Energie géothermique



Energie marine



Bioénergie



Hydroélectricité

Source: Nations Unies action climat

Un volet « Caractérisation de la ressource sur le territoire et impact environnemental» (implantation optimale des sites)

✓ **Les énergies renouvelables** sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)



Energie solaire



Energie éolienne Eolien en mer, site au large de Dunkerque (LOG)





Energie
marine
Energie hydrolienne en
Manche, site du Raz
Blanchard (LOG)



Bioénergie



Hydroélectricité

Source: Nations Unies action climat

Un volet « Caractérisation de la ressource sur le territoire et impact environnemental» (implantation optimale des sites)

Energies renouvelables: les recherches en cours sur la caractérisation de la ressource

Géothermie profonde de basse-énergie: un développement en cours dans le bassin minier du Nord et du Pas de Calais

Pls: Olivier Averbuch, Fabien Graveleau (MCF ULille, LOG)

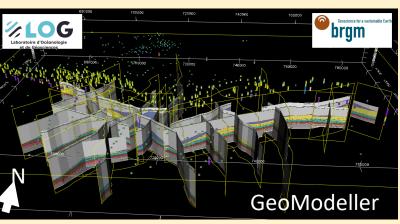
Zone

Réseau de chalcur urbain Centrale géothermale Agoilere protocid Put de né-injection BRGM-ADEME

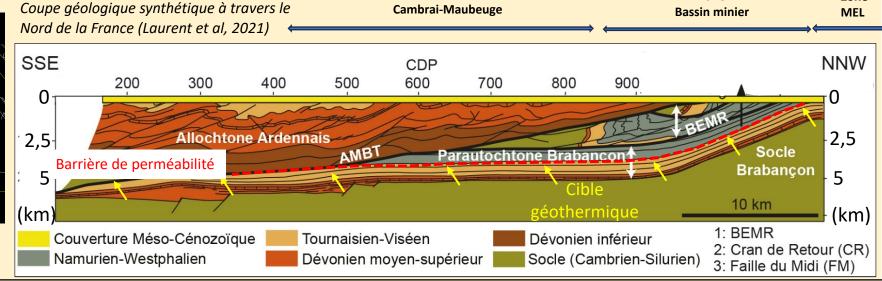
Température entre 30°C et 150°C Profondeur entre 200m et 4000m

Des conditions géologiques favorables:

- Un réservoir géothermique (les calcaires karstifiés et fracturés du Carbonifère) qui s'enfoncent au sud sous le bassin houiller du Nord-Pas de Calais épais de plus de 3 kilomètres
- Une barrière de perméabilité de grande échelle formée par les séries schisteuses houillères permettant la séquestration d'eaux chaudes sein du réservoir et des remontées convectives vers la surface
- Des anomalies géothermiques de surface répertoriées (St Amand thermal, Meurchin, Lens n°10) et 3 puits de géothermie profonde (température autour de 60-70°C entre 1300 et 2500 m) en exploitation dans le bassin du Hainaut (région de Mons, Belgique) dans une position comparable au bassin minier du Nord-Pas de Calais



Modélisation géométrique 3D des volumes rocheux dans le sous-sol du Nord de la France (Thèse A. Laurent, 2021)



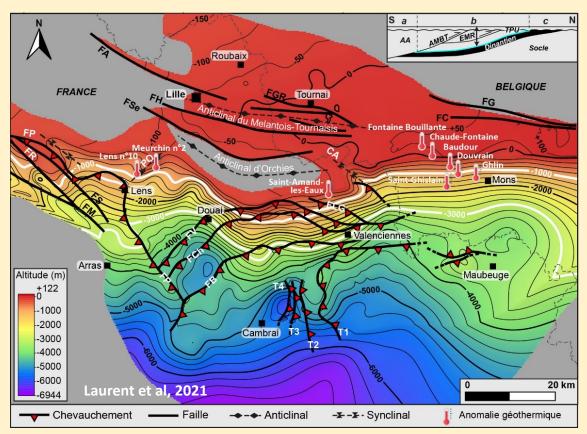
Zone

Zone

Energies renouvelables: les recherches en cours sur la caractérisation de la ressource

Géothermie profonde de basse-énergie: un développement en cours dans le bassin minier du Nord et du Pas de Calais

En 2021: établissement d'un modèle géologique 3D permettant de définir l'extension, la profondeur et l'épaisseur du réservoir cible pour la géothermie profonde (thèse A. Laurent, 2021; financement Région Hauts de France-BRGM)

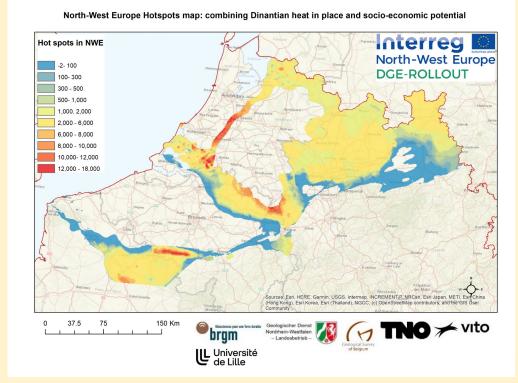




Profondeur de la cible géothermique sous les différents secteurs du nord de la France (partie Est)



• En 2023: transposition en terme de potentiel géothermique (« hot spots ») et intégration à l'échelle de l'ouest de l'Europe: le projet INTERREG DGE-Rollout



Et maintenant, le début de la phase opérationnelle, les premiers projets de géothermie profonde: le projet ENGIE Solutions sur le site RENAULT Douai, deux doublets de forages à 4km de profondeur (T estimée de l'ordre de 120°C) pour process et chauffage des bâtiments, objectif de réduction des émissions de CO2 de plus de 40 000 tonnes/an, début des travaux de forage prévu pour fin 2024 (données T. Guéant, Engie Solutions, réunion AFPG, Polytech ULille, 22 février 2024)

Energies renouvelables: les recherches en cours sur la caractérisation de la ressource

Energie hydrolienne en Manche, site du Raz Blanchard-Alderney Race

- L'objectif est de préparer la création d'un parc hydrolien le plus grand au monde, capable de fournir l'électricité à 20 000 foyers pendant 20 ans à partir de l'énergie des courants de marée (vitesse des courants jusqu'à 4m/s en marée de vives eaux sur le site du Raz Blanchard)
- Contribution du LOG: caractériser la ressource et les conditions hydrodynamiques, identifier l'emplacements des hydroliennes, faire le suivi des courants 3D pendants 2 ans, synthèse publiée dans RSTA.
- Projets financés: ANR HYD2M et deux projets compagnons, projet FLOWATT (en phase de démarrage avec 65M€ de fonds ciblés par le gouvernement FR)





Le Raz Blanchard (Cotentin) abrite le plus grand potentiel d'énergie tidale d'Europe (>3GW)

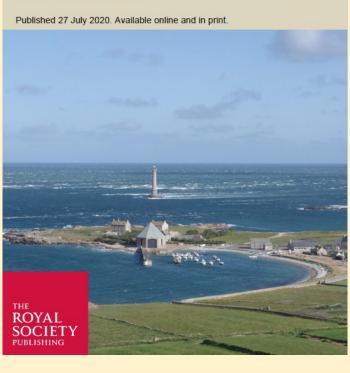
PI: Alexei Sentchev (PR ULCO, LOG)

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY A

IATHEMATICAL, PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES

New insights on tidal dynamics and tidal energy harvesting in the Alderney Race

Theme issue compiled and edited by Alexei Sentchev, Jérôme Thiébot, Matthew Piggott, and Anne-Claire Bennis



Energie éolienne en Mer du Nord (site de Dunkerque)

PI: Alexei Sentchev (PR ULCO, LOG)

- L'objectif est de caractériser les instabilités de l'écoulement de l'air marin à l'échelle synoptique qui affectent les performances des éoliennes et la production d'énergie.
- EPHEMER: projet collaboratif entre LOG, LPCA, EDF-Renouvelables (2021-2022)
- Méthodologie: approche observationnelle multicapteurs (Lidar, Sodar, anémomètre à ultrason Doppler, ...), combinée avec le machine learning permettant une classification très précise des phénomènes atmosphériques se produisant en altitude à partir des mesures au sol (5 articles)



Déploiement des instruments de mesures à Dunkerque au cours des campagnes d'observations en été 2021. Unité mobile (UMA) est représentée sur une insertion à droite, l'anémomètre sonic, installé sur une balise, est à gauche. L'installation pérenne d'un Lidar scannant du LPCA est au centre. Energies renouvelables: les recherches en cours sur la caractérisation de l'impact environnemental

Energie éolienne en Mer du Nord (site de Dunkerque): étude d'impact du parc éolien sur le transport sédimentaire PI: Elena Alekseenko (MCF ULCO, LOG)

 Modification des courants et remise en suspension des sédiments

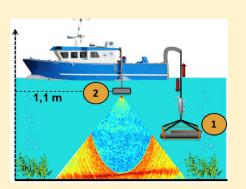
Sillages turbides et impacts environnementaux

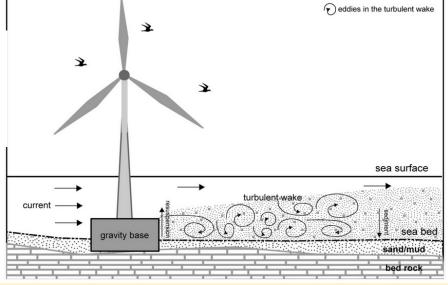
 Les études (début 2024) combineront des mesures in situ avec la modélisation 3D du transport sédimentaire



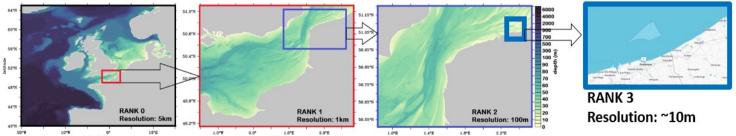
Sillages générés par les éoliennes en Mer du Nord, en face de la Tamise (Landsat 8)







Sillage turbulent induit par les courants marins circulant autour d'une fondation d'éolienne offshore (Shiang-Lin Huang, 2022)



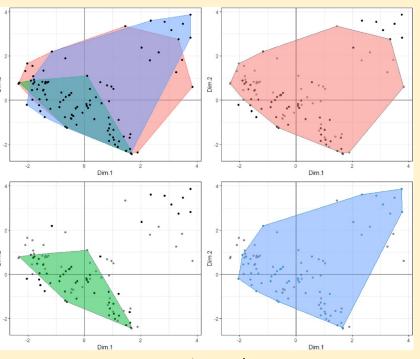
Energie éolienne en Mer du Nord (site de Dunkerque): impacts des éoliennes sur les

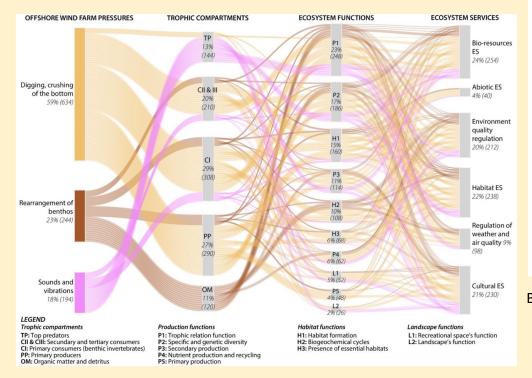
écosystèmes marins

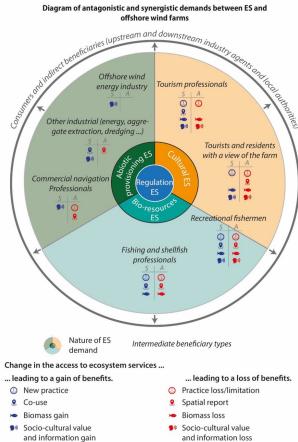
!+-+!--

PI: Frida Lasram (PR ULCO, LOG)

- Caractérisation des effets durant les phases de construction et d'exploitation.
- Réalisation d'un modèle conceptuel couplé à un modèle trophique.
- Identification de la chaine de causalité générant les modifications les plus importantes.
- Développement d'une approche fonctionnelle pour l'étude des espèces colonisatrices des mâts d'éoliennes en mer, réalisation d'un « portrait robot » des potentiels futurs colonisateurs du parc éolien de Dunkerque en se basant sur les traits fonctionnels.







Baulaz et al. 2023 / ULCO. LOG

✓ **Les énergies renouvelables** sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)



Energie solaire



Energie éolienne



Energie géothermique



Energie marine



Bioénergie



Hydroélectricité

Source: Nations Unies action climat

Un volet « Ingénierie-Technologie: optimisation des process »

✓ **Les énergies renouvelables** sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)



Energie solaire

Développement des cellules photovoltaïques organiques (IEMN)



Energie éolienne Insertion dans le réseau d'énergie éolienne (L2EP)



Energie géothermique Développement des géostructures pour la géothermie de surface (LGCgE)



Energie marine



Bioénergie
Valorisation de
la biomasse
pour les
bioénergies
(UCCS)



Hydroélectricité
Etude des
écoulements internes
aux machines
hydrauliques (LMFL)

Source: Nations Unies action climat

Un volet « Ingénierie-Technologie: optimisation des process »

Les énergies renouvelables sont des <u>énergies provenant de sources naturelles</u> qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation (définition ONU)

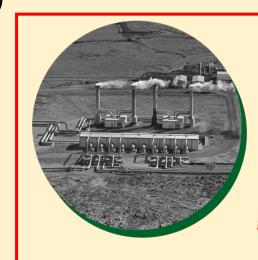


Energie solaire

Développement des cellules photovoltaïques organiques (IEMN)



Energie éolienne Insertion dans le réseau d'énergie éolienne (L2EP)



Energie
géothermique
Développement des
géostructures pour la
géothermie de surface
(LGCgE)



Energie marine



Bioénergie
Valorisation de
la biomasse
pour les
bioénergies
(UCCS)



Hydroélectricité
Etude des
écoulements internes
aux machines
hydrauliques (LMFL)

Source: Nations Unies action climat

13

Un volet « Ingénierie-Technologie: optimisation des process »

Energies renouvelables: les recherches en cours sur le volet Ingénierie et optimisation technologique

Energie solaire: cellules photovoltaïques de nouvelle génération (photovoltaïques organiques, OPV)

• Les photovoltaïques organiques (OPV) sont une technologie prometteuse pour les énergies renouvelables, caractérisée par leur légèreté et leur efficacité, notamment sous un faible éclairage.

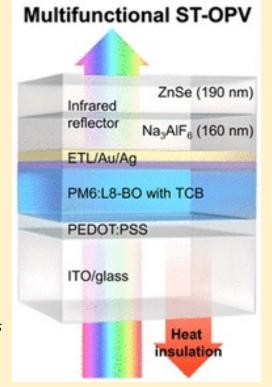
• Bien que les rendements de laboratoire des OPV dépassent 20%, leur développement industriel est limité, avec des procédés atteignant seulement environ 10% de rendement, ce qui entrave leur

compétitivité sur le marché.

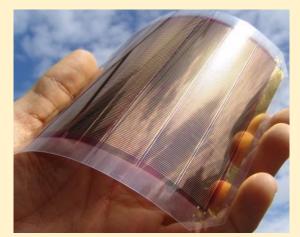
- L'objectif principal des recherches est d'améliorer l'efficacité et la stabilité des OPV pour les rendre plus adaptés aux applications industrielles, notamment dans les bâtiments et l'Internet des objets.
- Pour atteindre cet objectif, les recherches s'appuient sur l'utilisation de simulations, de l'apprentissage automatique et d'approches expérimentales pour développer des modules OPV efficaces et fiables.

Structure du dispositif des Photovoltaïques Organiques Semi-transparents (ST-OPVs) avec réflecteur infrarouge diélectrique

ACS Energy Lett. 2024



PI: Kekeli N'Konou (IEMN, JUNIA)





Applications: Photovoltaïques Organiques dans l'Internet des objets, Photovoltaïques Intégrés aux Bâtiments (façades, toits et fenêtres), et Appareils Portables

Energies renouvelables: les recherches en cours sur le volet Ingénierie et optimisation technologique

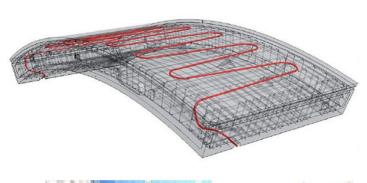
Géothermie de surface: le développement des géostructures

PI: Hussein Mroueh (PR ULille, LGCgE)

• Double rôle: thermique et structural

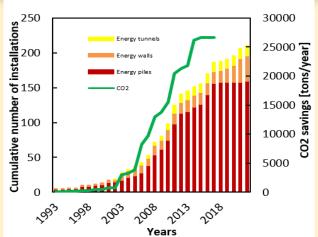
 Les tubes échangeurs de chaleur sont intégrés aux fondations du bâtiment (cage armature)

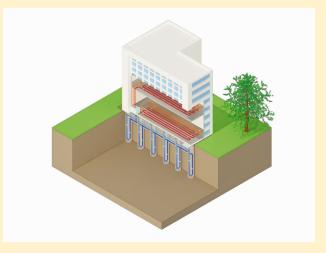
• Ils contiennent le fluide caloriporteur











Température entre 10°C et 30°C (couplage avec une Pompe à Chaleur) Profondeur entre 0 et 200m



Energy Quay Walls (2021) TU-Delf / UniMi

Energy Micropiles (2018) *UniPG*

Energies renouvelables: les recherches en cours sur le volet Ingénierie et optimisation technologique

Géothermie de surface: projet de démonstrateur sur le campus Cité scientifique

PI: Hussein Mroueh (PR ULille, LGCgE)

- En partenariat avec la MEL et l'ADEME
- Soutenu par le COMP de l'Université

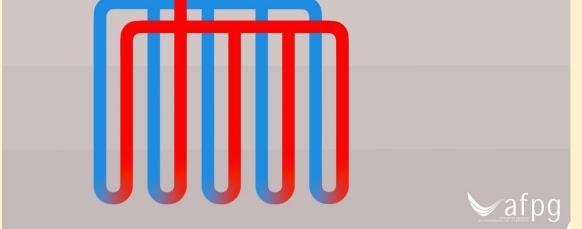






Objectifs:

- Proposer une solution de géothermie basse température pour des bâtiments identifiés du campus (rénovés sur le plan de l'isolation thermique);
- Veiller à la compatibilité de ces solutions pour intégration à terme à un réseau de chaleur de 5^{ème} génération (basse température, multi-sources, récupération et stockage de chaleur);
- Utiliser le dispositif dans le cadre d'opérations de suivi pour la recherche et de formation pour les étudiants (mise en place de différents types de capteurs, piézomètres,...)



MERCI DE VOTRE ATTENTION

