

Towards improving biofouling knowledge within MRE environments



Quillien Nolwenn*, Ameryoun H., Barillier A., Berhault C., Boukerma K., Bressy C., Briand J.-F., Cayocca K., Compère C., Damblans G., Debout V., Dreanno C., Dubois F., Félix-Henry A., Grenier A., Gueuné H., Jacob D., Leblanc V., Lejart M., Pagot J.-P., Reynaud M., Schoefs F.

*nolwenn.quillien@ite-fem.org



France Energies Marines (FEM) – a brief overview



- French national research institute of reference on MRE
- Supported by the National Research Agency (ANR)

*A roadmap based on MRE sector objectives
4 Research programs*

Mission:

Technology & Scientific environment coordination and valorization to overpass MRE locks

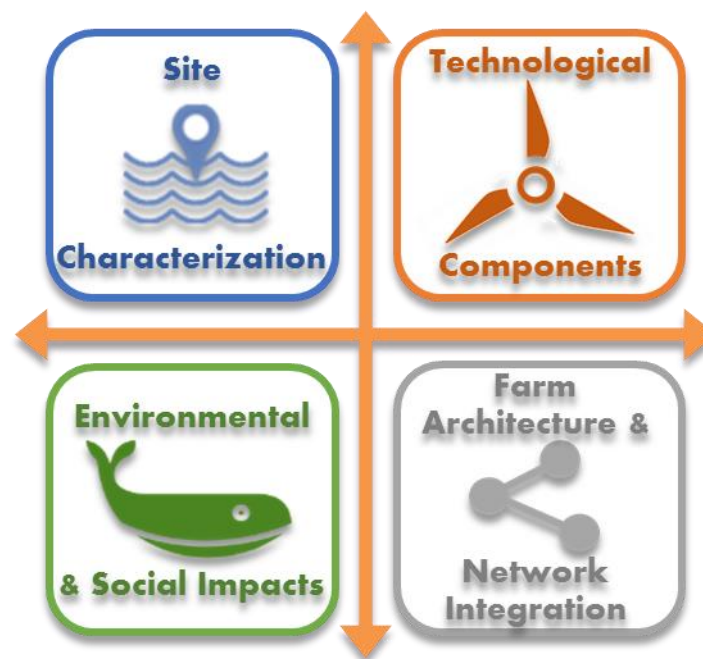
Key facts:

32 members

23 employees (*permanent, PhD, post-doc & research engineer*)

Budget: 2M€/year

21 actual R&D projects



Members: Research labs, industrial groups, SME, Coastal regions



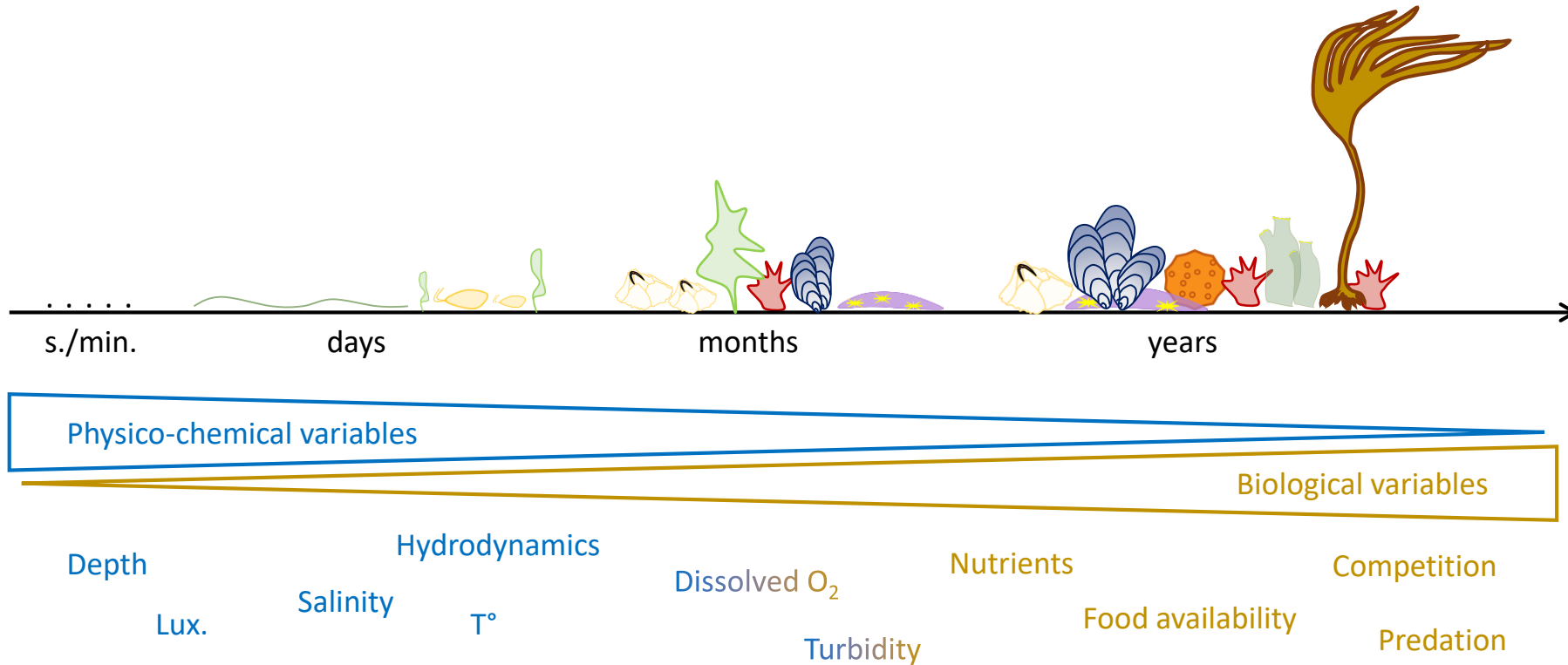
Biofouling – a major concern for MRE projects

- Colonisation by living organisms of surfaces settled in aquatic ecosystems (**biology**)
- Accumulation of undesirable biological attachment to man-made structures (**engineering**)



Biofouling – a major concern for MRE projects

- Colonisation by living organisms of surfaces settled in aquatic ecosystems (biology)
- Accumulation of undesirable biological attachment to man-made structures (engineering)



Biofouling – a major concern for MRE projects



Tidal turbine removal after 3 years in canadian shallow waters (www.racerocks.ca)

Biofouling – a major concern for MRE projects

- **Direct** and **indirect** effects of biofouling on MRE structures/at MRE sites
 - ↗ hydrodynamics loadings (*structure, mooring*)
 - ↘ overall device production performance (*tidal turbine, wave-energy, OTEC*)
 - Reef effect (*production*)
 - Facilitation of invasive species expansion
 - Changes in ecosystem functioning (*nutrient cycling, new trophic links, $C_{fixation}$*)

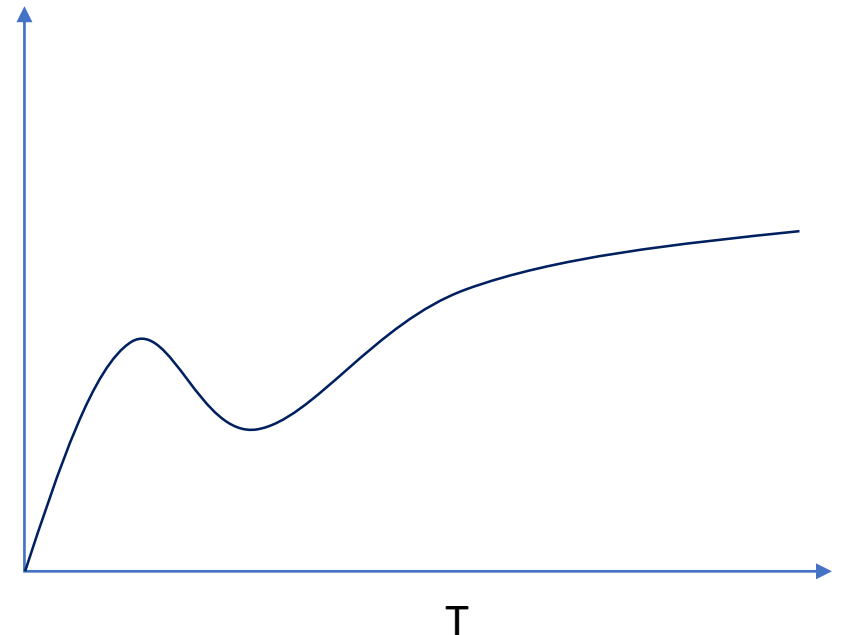
**Depending on the type of structure and components / type of fouling
(community composition, biomass, geometry, flexibility, diversity, ...)**

Biofouling – a major concern for MRE projects

■ Strong need for:

- *In-situ* knowledge to better apprehend the process
- **Quantification** of biofouling with data useful for **biology** as well as **engineering**
- New **approaches** to measure biofouling in challenging systems/context (*offshore, low cost, dynamics*)
- **Modelling** the process of biocolonisation

Thickness
Species richness
Roughness
Volume
Life history traits
Abundance
Biomass



ABIOP – as a first step to achieve these objectives



Accounting for **BIO**fouling through established Protocols of quantification

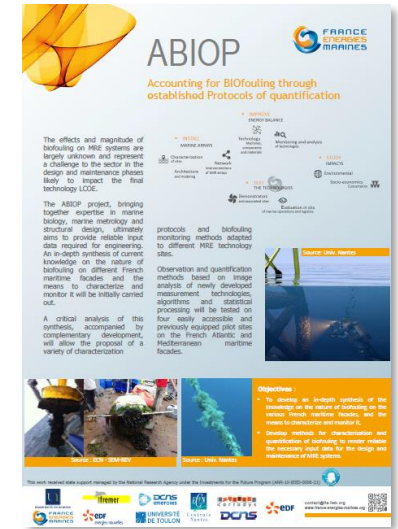
- Develop in depth **syntheses** on biofouling & monitoring methods
- Develop **adapted methods** to characterize fouling in MRE context
- **Testing** the developed methods & gathering data *in situ*



Talk by **Marine Reynaud et al.**

Environmental monitoring on the SEM-REV sea test site

Tomorrow, 14:10



ABIOP – accounting for biofouling in MRE context

■ Literature review (n=71)

- Published articles
- Investigative reports
- Information from developers

→ *Methods*

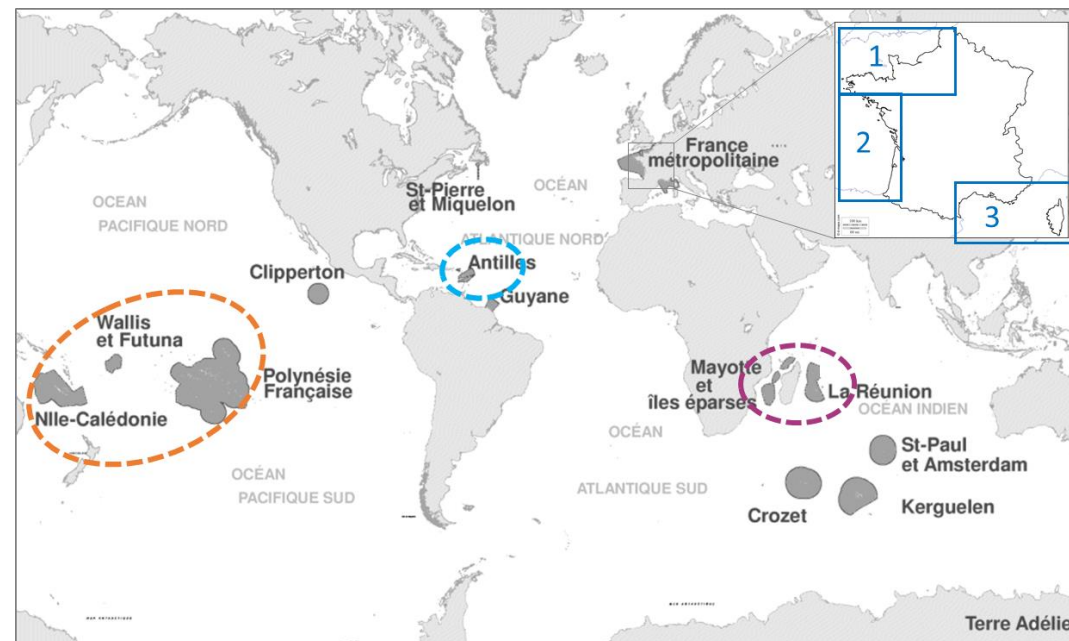
→ *Biological variables*

→ *Environmental variables*

■ Construction of GIS

■ Bibliometrics

■ Recommendations for future protocols



ABIOP – accounting for biofouling in MRE context

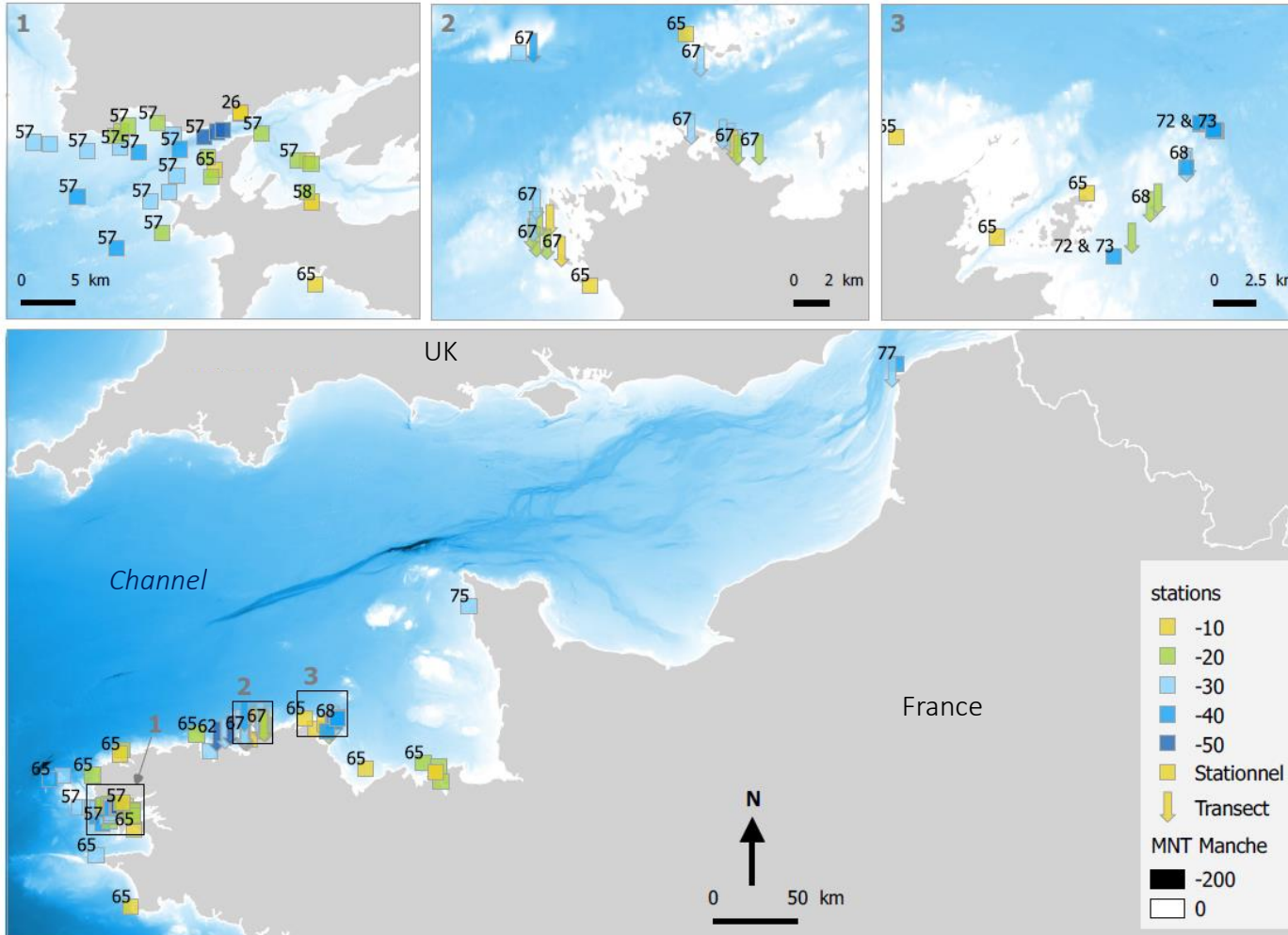
■ Database

- **Temporal** (*duration, data acquisition frequency*) and **spatial** (*X, Y*) scales
- Precise indications about **protocols** (*sampling type, sample area, equipment, $N_{samples}$, numerical analyses, etc.*)
- Investigated substratum (*type of structure, material, positioning, complexity, history*)
- Explanatory **physico-chemical** variables (*waves, T° , salinity, ...*)
- Explanatory **biogeochemical** variables (*S_i , P , etc.*)
- Explanatory **biological** variables (*$Chl-a$, competition, predation, ...*)
- **Response biological variables** (*coverage, abundance, species richness, roughness, biomass, ...*)



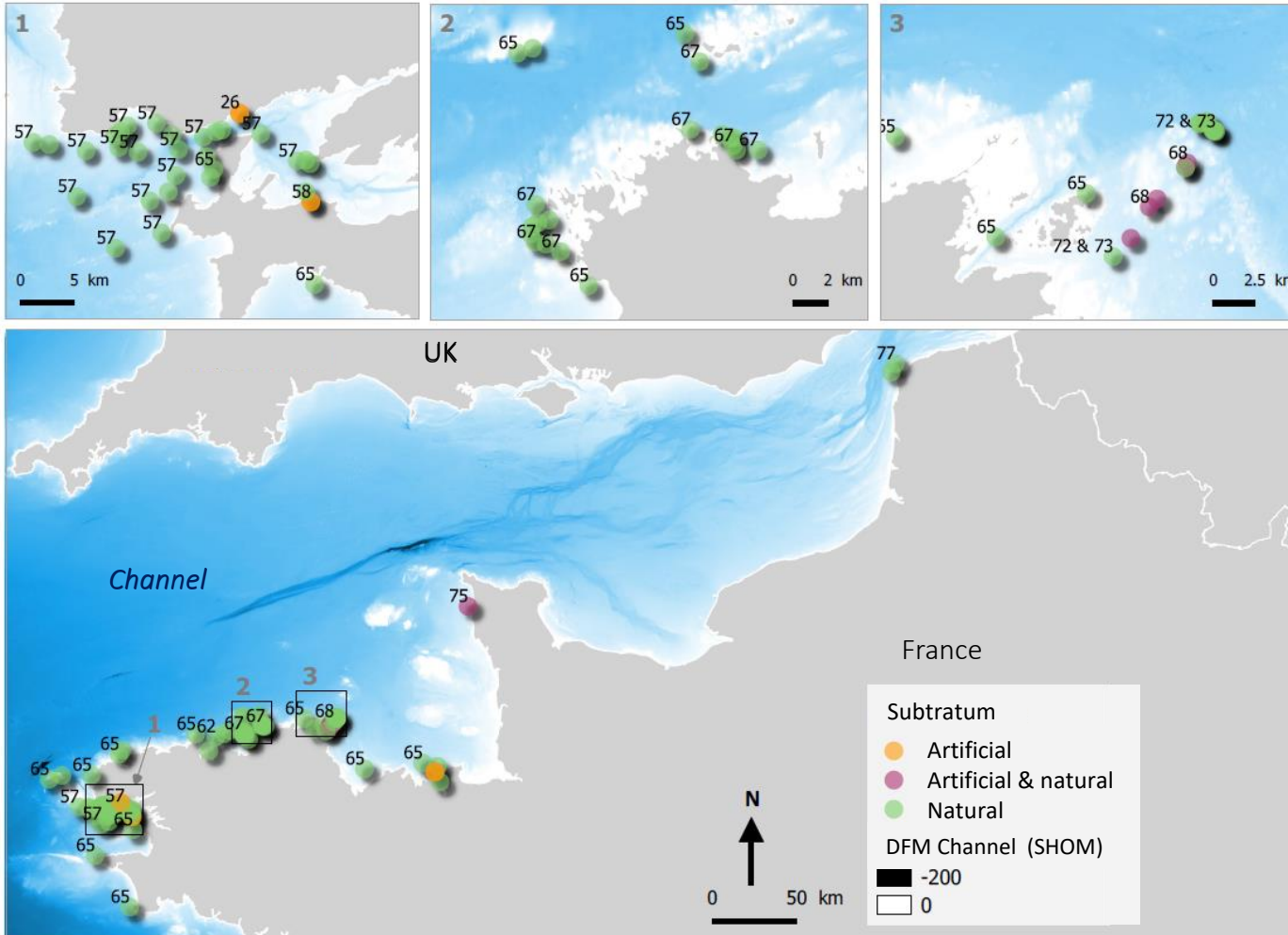

GIS DB

ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



- Maps showing studied sites
- Depth & type of sampling

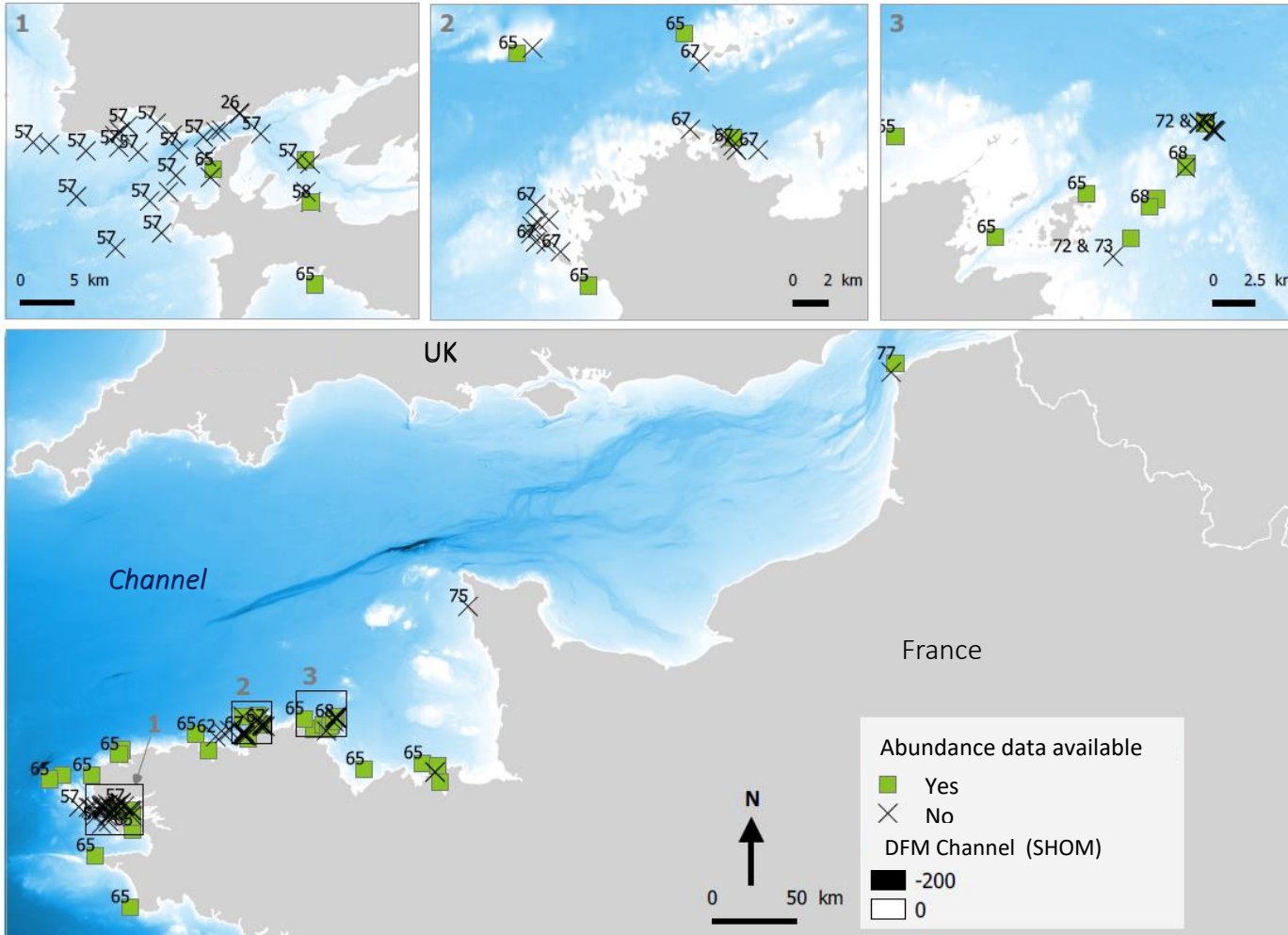
ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



- Maps showing studied sites
- Depth & type of sampling
- Type of substratum

Slate
Concrete
PVC
Rocks
Plexiglass
Glass
Metal

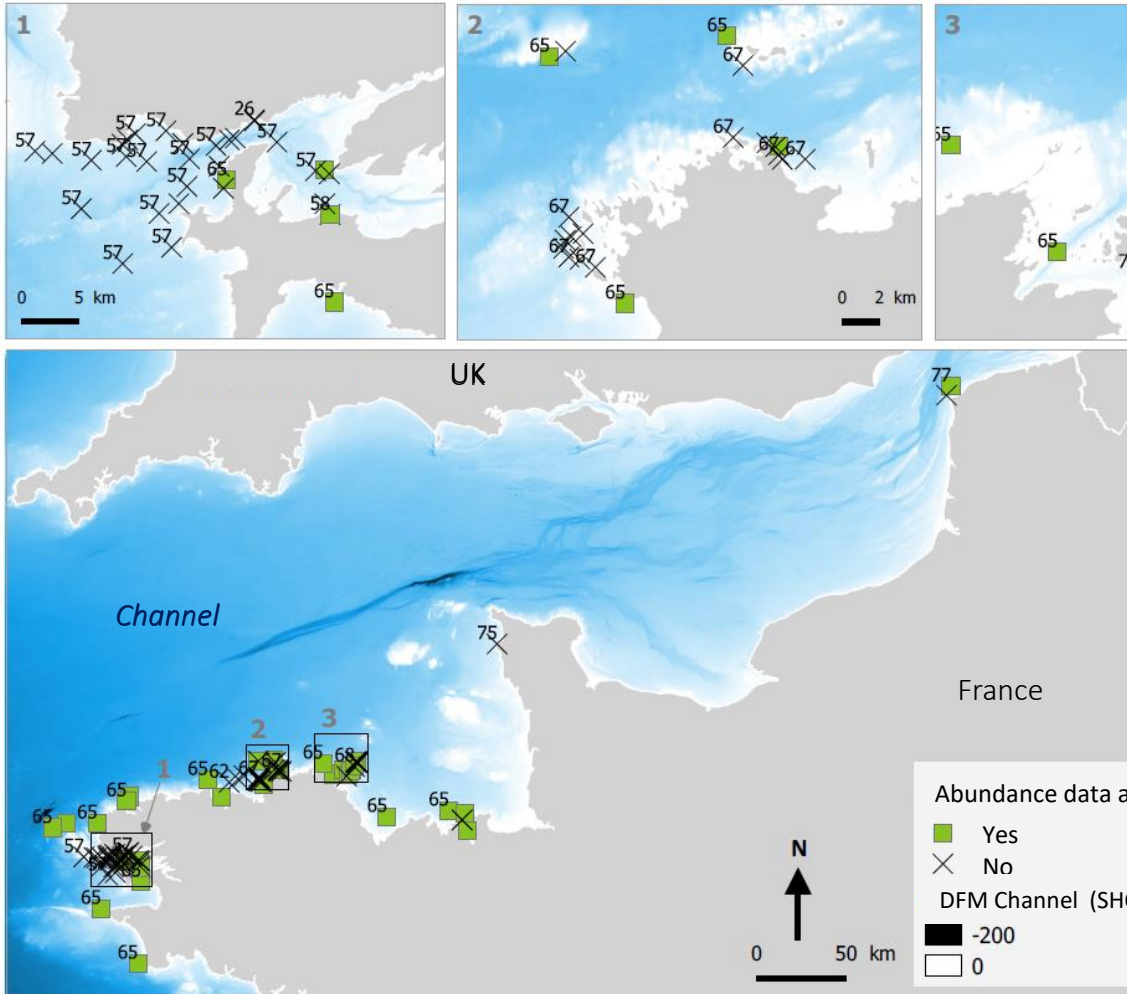
ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



- Maps showing studied sites
- Depth & type of sampling
- Type of substratum
- Availability of response Δ



ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



- Maps (GIS) and key information from literature feeding an atlas

Références-clés annotées

[14] Antoine E., 1978. *Etude du Fouling sur la station d'essais en milieu marin de sainte Anne du Portzic*. Rapport interne CNEXO, 6pp. Sainte-Anne du Portzic, Rade de Brest (29) ; juin à déc. 1977 ; plaques d'ardoise placées verticalement à 8m de prof. ; suivi (fréq. = 2mo.) du développement du biofouling et des périodes de fixation d'organismes benthiques ; variables mesurées : abondance absolue, abondance relative, % de recouvrement, taille moyenne espèce ; au bout de 6 mois, colonisation > 100% (les organismes se recouvrent les uns, les autres) ; variabilité interannuelle des périodes de fixation mais ordre identique : ascidies (mai et juin), balanes (juin et juillet), bryozoaires et serpules (juillet et août).

[41] Duchêne J., 2014. *Evaluation du biofouling sur la machine test OH-OCT-1*. Rapport interne Isteqo, 10pp. Paimpol-Bréhat, Plateau de la Horaine. (22)

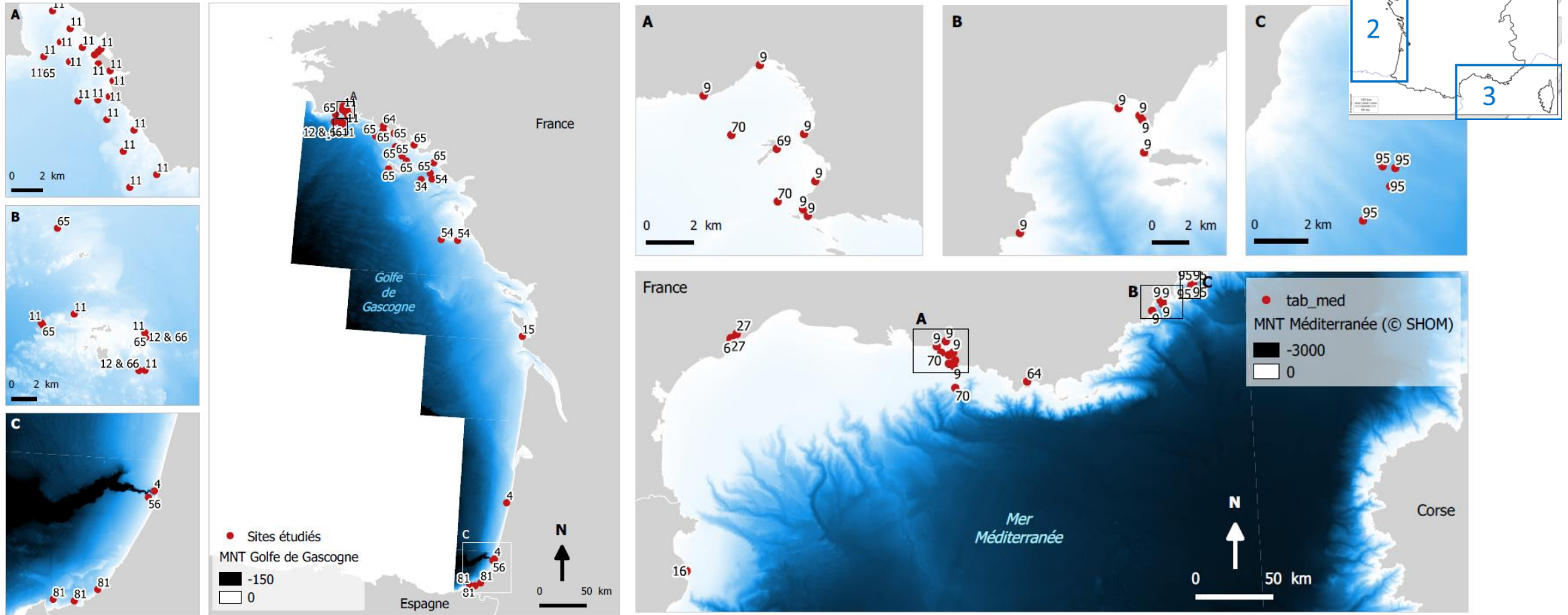
[63] Bridier G., 2016. *Dynamique temporelle d'une communauté benthique sur substrat artificiel en rade de Brest*. Rapport de stage (master 1) IUEM, 25pp. Lanvéoc, Rade de Brest (29) ; janv. 2013 à oct. 2015 ; plaques de plexiglass inclinées placées au niveau du sédiment à 9m de prof. au printemps 2012 ; suivi (fréq. mensuelle) de la colonisation sur 4 ans ; variables mesurées : A spécifique, S ; S = 79 ; identification de cycles dans la succession des espèces (sauf pour les serpulidés) ; diminution de la densité (parfois jusqu'à disparition) de certaines espèces pourtant présentes aux 1ers stades de la macro-colonisation (ex. bryozoaires et ascidies) ; *Balanus crenatus* et *Anomia sphenium* dominant très largement le peuplement en termes d'A ; variabilité interannuelle du % de recouvrement ; autocorrélation temporelle positive (les communautés échantillonnées à deux dates consécutives sont similaires) ; variables explicatives retenues par sélection ascendante : T°, pH, S²N, [PO₄], chl-a, NOP (var. liées au bloom phytoplanktonique) ; autres facteurs pouvant expliquer les variations (non mesurés et donc non testés) : prédation, compétition pour le substrat.

[58] Charvyard A., 2017. *Dynamique temporelle d'une communauté benthique sur substrat artificiel en rade de Brest : influence de l'environnement et des interactions spécifiques*. Rapport de stage (master 1) IUEM, 25pp. Suite des travaux de Bridier, 2016 ; Lanvéoc, Rade de Brest (29) ; janv. 2013 à nov. 2016 ; plaques de plexiglass inclinées placées au niveau du sédiment à 9m de prof. au printemps 2012 ; suivi (fréq. mensuelle) de la colonisation sur 4 ans ; variables mesurées : % de recouvrement spécifique, % d'espace libre, S, F ; S = 39 pour 2016 ; F' 'x entre 2013 et 2016 = la communauté tend à être dominée par une ou un nombre restreint d'espèces ; taxons dominants : 2013 = *Anomia*, 2014 = *Balanus crenatus* (rec. 50%), 2015-2016 = *Schizomabella auriculata* (rec. 40%) ; variabilité saisonnière +/- marquée ; le temps explique à lui seul = de 50% de la variation de la communauté, l'environnement seul (unique variable sélectionnée = T°), 3% ; équilibre dynamique atteint au bout de 4 ans (communauté dominée par des esp. très compétitrices telles que *S. auriculata*) ; à l'équilibre, les bryozoaires et les spongiaires domineraient ce peuplement.

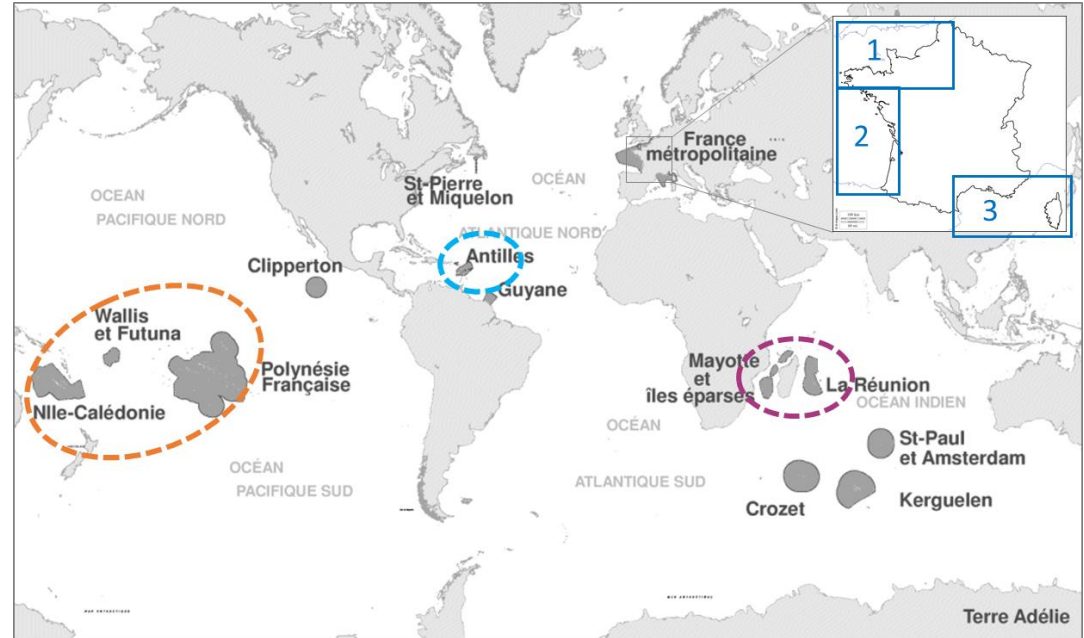
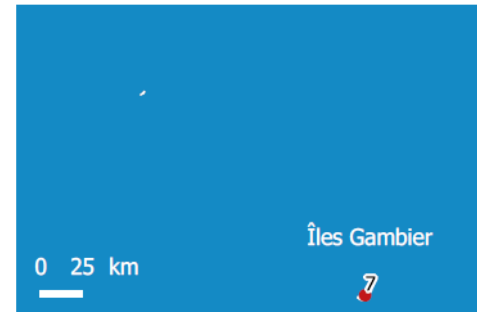
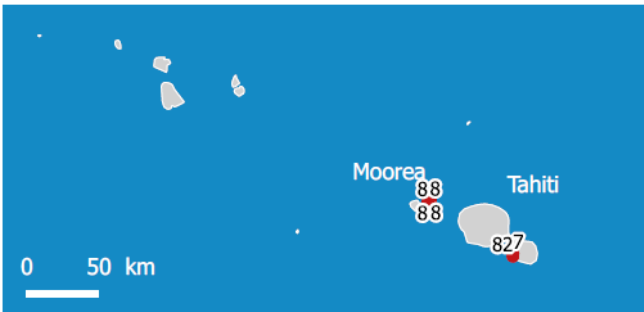
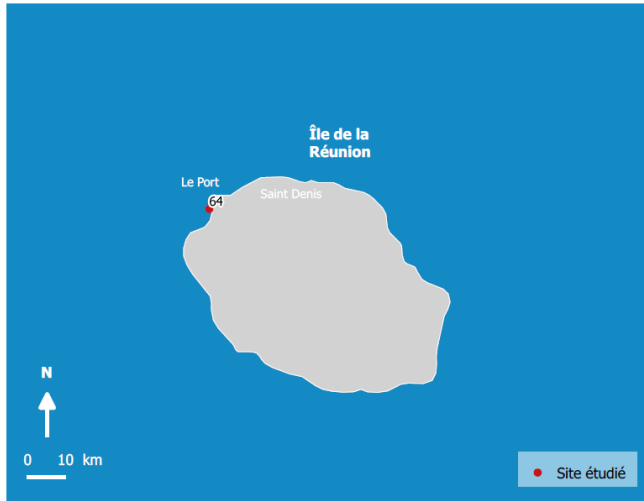
[26] Fajmaï et al., 2016. *Report on JERICO Biofouling Monitoring Program (BMP)*. Rapport interne, 26pp. 3 sites littoraux Brest (+ autres sites européens : Italie [Gênes, Venise], Grèce) ; suivi (à 3mo. pour site brestois) de la colonisation sur plaques en verre, métal et plastique à orientation variable (plaques fixées sur plusieurs faces internes et externes d'une boîte immergées à 3m de prof. ; variables mesurées : % de recouvrement total, % de recouvrement par gpe. fonctionnel ; grande diversité d'organismes souples/mous ; % de fouling dur plus faible qu'à Gênes ; bryz. arborescents, hydroides et ascidies présents sur toutes les surfaces (matériau et orientation confondus) ; luminosité faible : balanes et bryz. encroûtants ; luminosité plus élevée : algues rouges et vertes + près. de cnidaires sur face verticale ; à 3mo. rec. = 35 à 60% (lux. faible) et 60 à 80% (lux. plus élevée) ; hétérogénéité entre les sites ; importance des facteurs luminosité et matériau pour les premiers stades de colonisation.

[65] Derrien Courtiel et al., 2013. *Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community*. Helgolander Marine Research, Vol. 67 : 697-712. 38 sites subtidaux le long des côtes bretonnes ; transects de 0 à 31m. de prof. max. (prof. variable selon la station) ; gradient d'exposition ; variables mesurées : turbidité, T_{sub}, prof. de la limite entre infra et circa (dernier pied de laminaire), A. faune/flore (nb. gpe. et nb. de colonies pour chaque espèce), densité des laminaires ; distinction de trois assemblages type en fonction de la turbidité et de la stratification des eaux : sites turbides (*Solenia chochalis*, *Ulva* sp., *Gracilaria multipartita*, *Chondracanthus acicillata*, *Chondria dasycantha*, *Astarte*, *Mytilus*, *Bougainvillea muscus*, *Nemertopsis ostreacea*, *Hydrocladia telata*, *Apidium elegans*, *Marchellium argus*, *Tetypa autotumum*, *Polymastus peocillius*, *Sabella spoelozani*, *Ophiobrya fragilis*), sites eaux-claires stratifiés (forêts à *Saccobaria bolobesoides* avec *Pterosticharia complanata*, *Hyposalpinx*, *Hyposalpinx*, *Lomentaria clavellata*, *Marchastreae alacialis* et *Asteria rubens*) et sites eaux claires homogènes (forêt à *Lomentaria hyperborea* avec *Desmarestia senanensis*, *Phyllopora crispata*, *Pleurodictyon cartilagineum*, *Meredithia*

ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



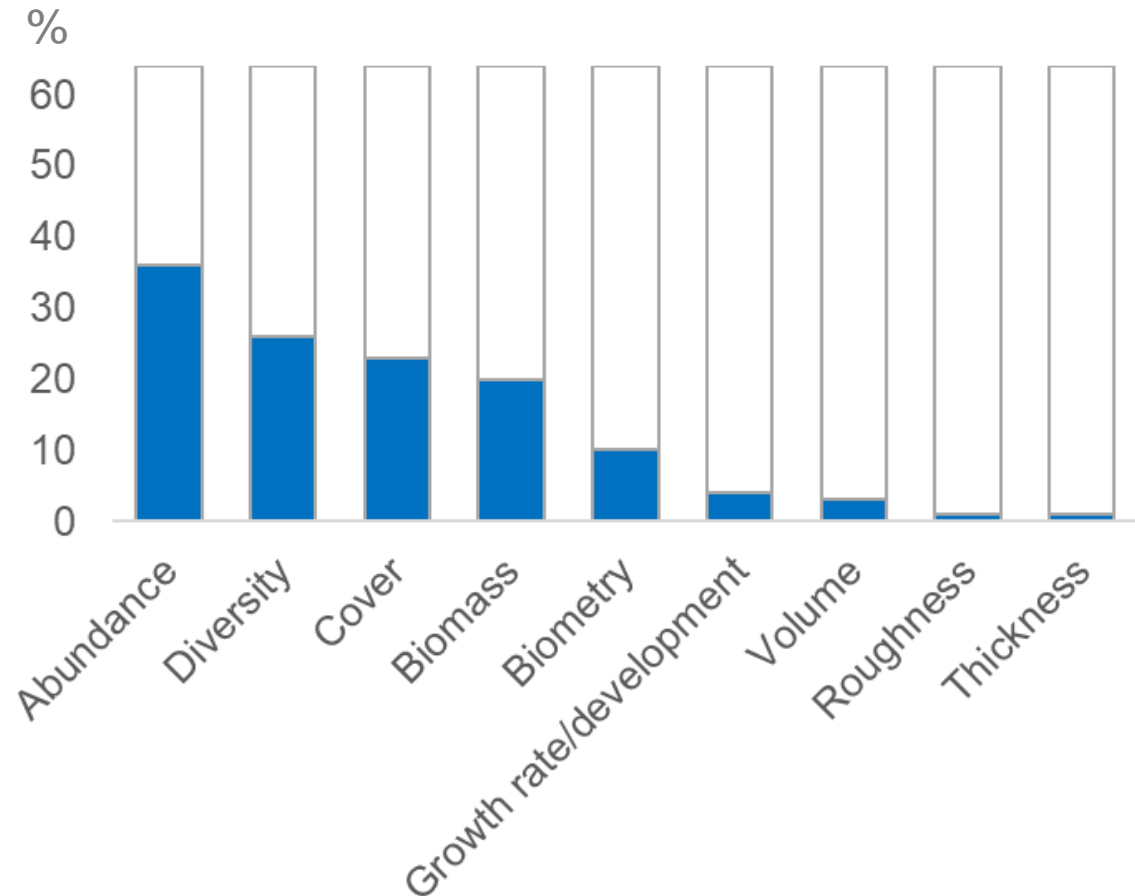
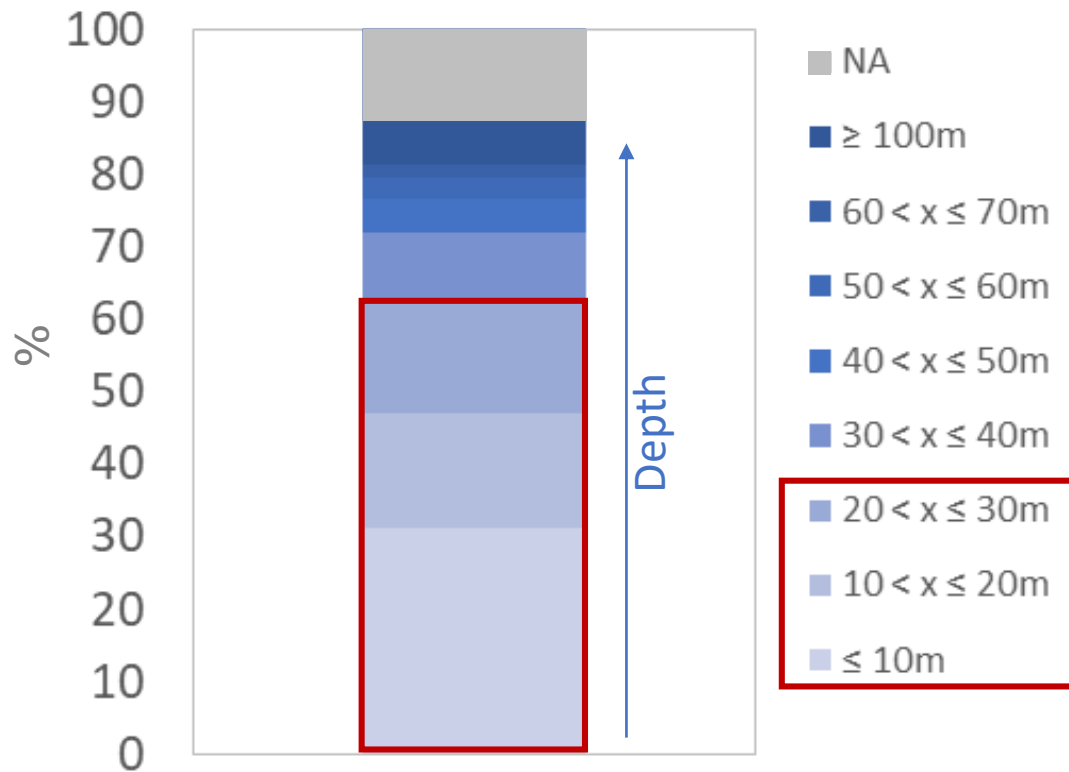
ABIOP – accounting for biofouling in MRE context



→ Very few data over-seas

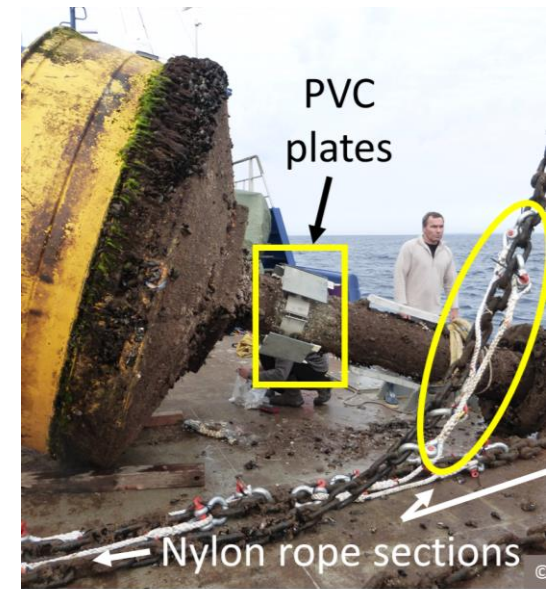
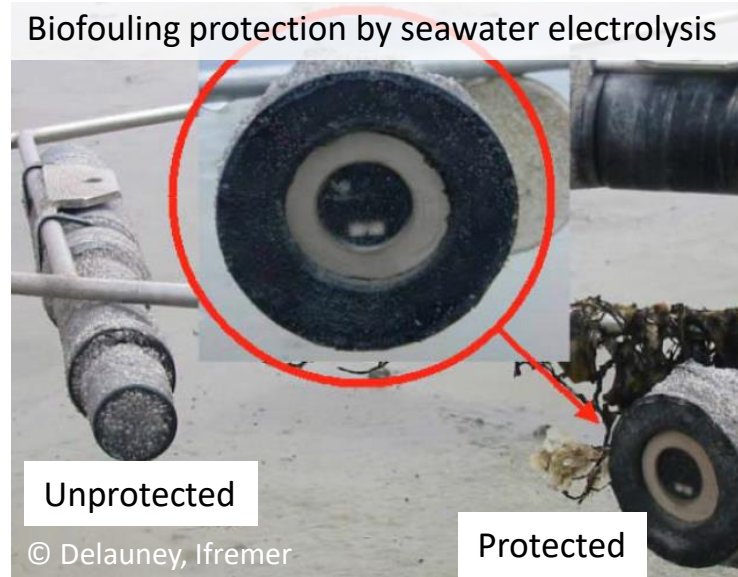
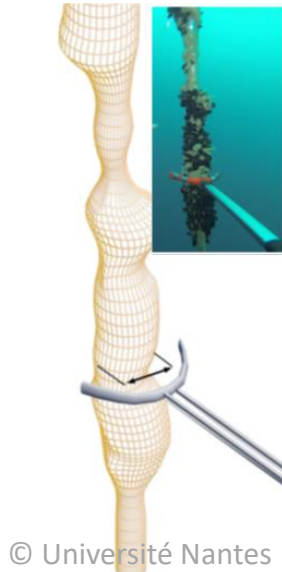
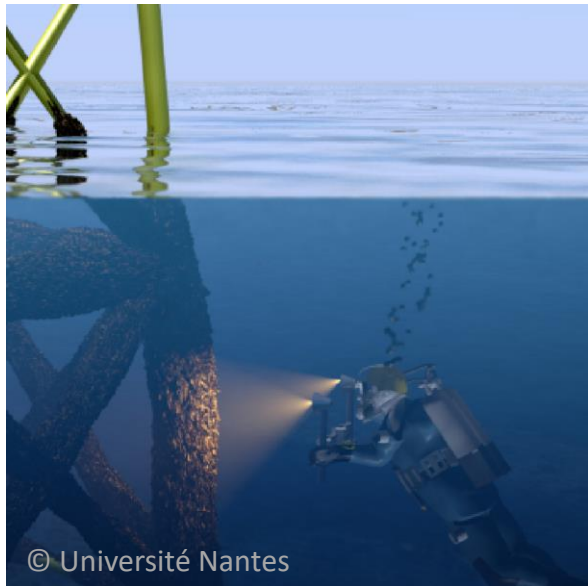
ABIOP – accounting for biofouling in MRE context

■ Bibliometrics



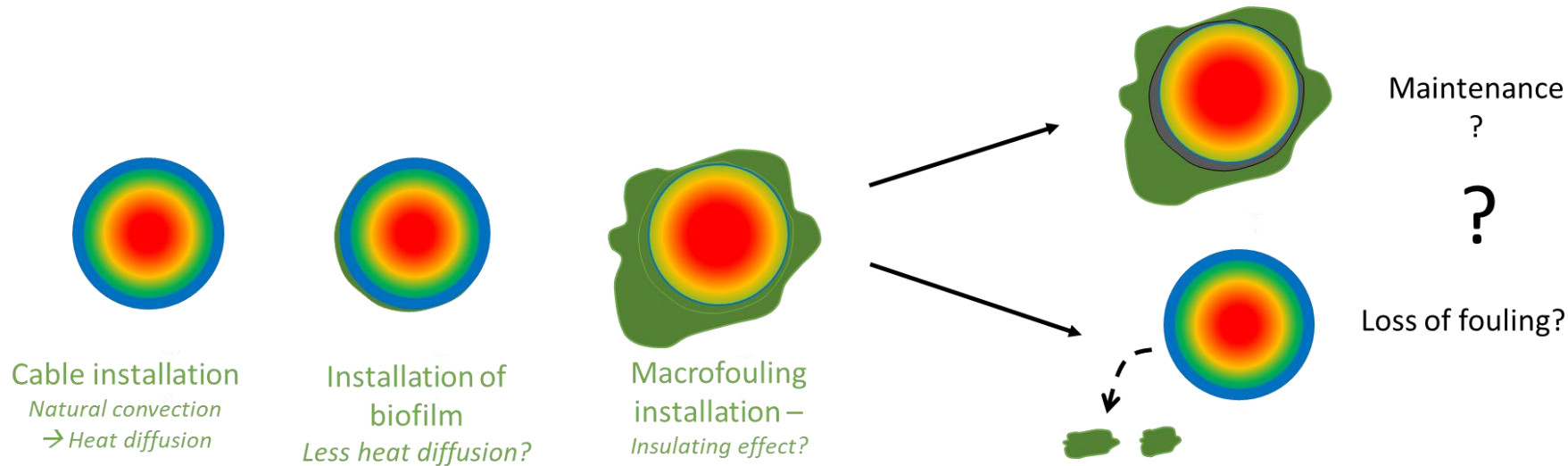
ABIOP – accounting for biofouling in MRE context

- Data extracted mainly relevant for **biological analyses** in the frame of EIA
- Feeding **scenarios / models**
- Lack of measurements of biological **variables** needed for **engineering** and at **MRE sites**
- **Development of specific protocols, methods**



ABIOP+ to carry on ABIOP R&D efforts

- ABIOP = **1 year** project
- **3 years** program to keep going on **biofouling research** (CoReD 2018)
- Main **objectives**:
 - Provide **standardized & target-oriented protocols** for biofouling assessment in MRE context
 - Assess the biocolonisation **effects on specific MRE components**
 - **Gather and share data** at **MRE sites** representative of future commercial sites



Thank you for your attention!



www.france-energies-marines.org

nolwenn.quillien@ite-fem.org



Some references

- **Nall**, Guerin and Cook (2015) Rapid assessment of marine non-native species in northern Scotland and a synthesis of existing Scottish records. *Aquatic Invasions* (10): 107–121
- **Langhamer**, Wilhelmsson, Engström (2009) Artificial reef effect and fouling impacts on offshore wave power foundations and buoys – a pilot study. *Estuar Coast Shelf Sci* (82):426–432
- **Krone**, Gutow, Joschko, Schröder (2013) Epifauna dynamics at an offshore foundation - implications of future wind power farming in the North Sea. *Mar Environ Res* (85):1–12
- **Canning-Clode** and Wahl (2010) Patterns of Fouling on a Global Scale. In: Durr S, Thomason J (eds). *Biofouling*. Wiley-Blackwell. pp 30-59
- **Connell** and Slatyer (1977) Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *The American Naturalist*, Vol. 111, No. 982. (Nov. - Dec., 1977), pp. 1119-1144
- **Anderson** and Underwood (1994) Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 184, 217–36
- **McLeod**, Stanley, Day and Cook (2016) Biofouling community composition across a range of environmental conditions and geographical locations suitable for floating marine renewable energy generation. *Biofouling* 32, 261–276
- **Want**, Crawford, Kakkonen, Kiddie, Miller, Harris and Porter (2017) Biodiversity characterisation and hydrodynamic consequences of marine fouling communities on marine renewable energy infrastructure in the Orkney Islands Archipelago, Scotland, UK. *Biofouling*. 10.1080/08927014.2017.1336229