

## TRAFIC - TRANsport maritime, Fréquentation portuaire et Inégalités environnementales dans les Caraïbes

### Composition de l'équipe

#### Partenaires scientifique

La proposition de recherche prend racine dans les travaux menés depuis 2016 dans l'Observatoire Hommes-Milieus Port Caraïbe (Labex DRIIHM) porté par l'UMR BOREA<sup>1</sup>. L'OHM Port Caraïbe structure une série d'analyses interdisciplinaires, en sciences de l'environnement et en sciences humaines, autour des mutations potentiellement occasionnées dans l'espace guadeloupéen par le programme d'extension du Terminal conteneurisé de Jarry, développé par le Grand Port Maritime de Guadeloupe ([www.ohm-portcaraibe.fr](http://www.ohm-portcaraibe.fr)), mais aussi celui associé à la croisière, aux relations ville-port. A ce titre, la connaissance du trafic maritime constitue une donnée socle, à la fois pour restituer l'importance du GPM de Guadeloupe dans son contexte régional, et pouvoir en analyser les pressions qu'un port exerce sur son environnement.

NOM Prénom	Statut	Domaine de recherche	% temps plein consacré au projet	Organisme d'appartenance	Actions	Axe
<b>FOULQUIER Eric</b>	MCF <sup>(1)</sup>	Géographie	40%	UMR LETG, CNRS Université de Bretagne Occidentale	Pilotage projet	1-2
<b>DEHOORNE Olivier</b>	MCF	Géographie	30%	UMR LC2S, CNRS Université des Antilles	Pilotage Axe2	2
<b>JEAN-CHARLES Arnaud</b>	Chargé de projet	Infrastructures de données, SIG	15%	Labex DRIIHM CNRS-INEE	Structuration données	1
<b>JUNG Jean-Luc</b>	MCF-HDR <sup>(2)</sup>	Biologie marine	10%	BioGeMME, Université de Bretagne Occidentale	Analyse données	1
<b>LAMBOURDIERE Josie</b>	IE <sup>(3)</sup>	Ecologie	10%	UMR BOREA, CNRS Université des Antilles	Mesure, structuration données	2

<sup>1</sup> L'UMR BOREA dispose d'une station marine à Pointe-à-Pitre.

<b>LE BERRE Iwan</b>	MCF	Géographie	30%	UMR LETG, Université de Bretagne Occidentale	Co-pilotage axe 1	1-2
<b>LOPEZ Pascal</b>	DR <sup>(4)</sup>	Biologie marine	10%	UMR BOREA, Museum National Histoire Naturelle	Analyse données	1-2
<b>MONTOUROY Yves</b>	MCF	Sciences Politiques	10%	LC2S, CNRS Université des Antilles	Analyse données	1-2
<b>NOACK Yves</b>	DR	Géochimie	10%	CEREGE, CNRS/IRD/INRA Aix-Marseille	Analyse de données	2
<b>RANELY VERGE-DEPRE Colette</b>	MCF-HDR	Géographie	30%	AIHP-Geode, Université des Antilles	Co-pilotage axe 1	1-2
<b>ROBERT Samuel</b>	CR <sup>(5)</sup>	Géographie	10%	UMR ESPACE, CNRS Université d'Aix-Marseille	Structuration, analyse données	2
<b>TROUILLEFOU Malika</b>	MCF*	Biologie marine	15%	UMR BOREA, CNRS Université des Antilles	Analyse données	1

(1) Maître de Conférences ; (2) Habilitation à Diriger des Recherches ; (3) Ingénieur d'Etudes ; (4) Directeur de Recherches ; (5) Chargé de Recherches.

## Partenaires techniques :

*Terra Maris*

<http://www.terramaris.fr/>

- Damien LE GUYADER, Docteur en géographie

*Terra Maris* est un bureau d'étude spécialisé dans le domaine de la géomatique appliquée à l'aide à la gestion intégrée de la mer et du littoral et à la planification de l'espace marin. S'appuyant sur de solides compétences scientifiques, il développe une expertise innovante (R&D), notamment dans le cadre de partenariats avec des laboratoires de recherche, et des acteurs de la mer et du littoral en France et à l'international : services de l'Etat, collectivités locales, organisations professionnelles, ONG, opérateurs privés, bureaux d'étude. Dans le cadre de TRAFIC, Terra Maris apporte ses compétences en traitement des données AIS pour

le développement d'une base de données et d'une analyse spatiotemporelle du trafic maritime à l'échelle du Bassin Caraïbe. Par ailleurs, Terra Maris possède un jeu de données AIS global pour l'année 2015, qu'il pourra mettre à disposition du projet.

*EODYN*

<http://www.e-odyn.com/>

- Yann GUICHOUX, Ingénieur en physique et télédétection

eOdyn est une société créée à Brest en 2015, aujourd'hui aussi basée à Seattle et Singapour. eOdyn est l'inventeur de SeaWaze, le Waze de la mer, premier outil de navigation collaboratif à destination des armateurs et affréteurs du shipping. L'objectif de SeaWaze est de réduire l'impact environnemental des navires en rendant leur navigation plus sûre et en leur permettant d'économiser du carburant, donc leurs émissions. Depuis 2015, eOdyn développe des outils de mesure environnementales des océans à partir d'intelligence artificielle et d'analyse de données massives dont les données de trafic maritime (AIS). C'est en analysant le comportement des navires en mer qu'eOdyn en déduit leur environnement. eOdyn développe aussi l'eObox afin d'améliorer la qualité et la disponibilité de ses services, en collectant des messages AIS émis dans l'environnement des navires utilisant SeaWaze. L'eObox permet de nettement compléter la couverture spatio-temporelle des données AIS compilées à partir de récepteurs côtiers et satellites déjà existants. eOdyn possède deux jeux de données AIS satellitaire globaux (2016 et 2018), qui pourront être mis à disposition de l'équipe TRAFIC au cours du projet.

eOdyn apporte au projet TRAFIC une expérience opérationnelle d'analyse et de collecte de données AIS dans le contexte du transport maritime. eOdyn porte un intérêt particulier au projet pour son caractère pluridisciplinaire, qui est aussi dans l'ADN de la société. De plus le projet développe de nouvelles pistes d'analyse du trafic maritime et de compréhension de son impact environnemental qui sont en phase avec le service SeaWaze.

**Partenaires de terrain (institutions, associations...) :**

*Directions de la mer (DM) Guadeloupe et Martinique*

<http://www.dm-guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/> ;

<http://www.dm.martinique.developpement-durable.gouv.fr/>

- Oriane RAULET, DM Guadeloupe, chargée de projet CMUBA
- Jean-Baptiste MAISONNAVE, DM Martinique

Les Directions de la mer de Guadeloupe et de Martinique assurent le secrétariat du Conseil maritime ultramarin du bassin Antilles (CMUBA), qui est engagé dans la démarche d'élaboration d'un Document stratégique de bassin (DSB) à l'échelle du bassin des Antilles françaises (Martinique, Guadeloupe, Saint-Barthélemy, Saint-Martin). Alors que l'état des lieux de ce DSB est en cours de finalisation, le sujet « ports et réseaux maritimes » a d'ores et déjà été identifié comme l'un des principaux enjeux du bassin. Les DM s'associent donc au projet TRAFIC car il permettra d'aborder avec une entrée environnementale la question des flux maritimes au sein de l'arc antillais. Son rôle sera notamment d'assurer le lien entre le projet et l'élaboration du DSB, qui mobilise de très nombreux acteurs locaux du milieu maritime et du milieu portuaire non seulement sur les 4 îles des Antilles françaises mais également au-delà puisque le volet coopération est incontournable de notre démarche.

*Union Maritime et Portuaire de Pointe-à-Pitre (UMEP)*

<http://www.umepe-guadeloupe.fr/>

- Michèle MONTANTIN, Membre, ex-Présidente, conseillère du Président

L'UMEP fédère les entreprises portuaires de Guadeloupe. Elle joue un rôle essentiel dans l'animation des activités portuaires et déploie des services aptes à construire la performance du port : régulation de la manutention, formation continue, informatique portuaire, défense d'intérêts. Elle dispose d'une expertise évidente sur le fait portuaire dans le bassin et participe activement aux travaux de l'OHM. En 2018, un stagiaire de M2 a pu y mener un travail d'exploration de ses archives. L'UMEP est membre du CMUBA, et concourt à l'élaboration du Document stratégique du bassin des Antilles Françaises. A ce titre, sa contribution au projet TRAFIC s'inscrit dans la réflexion sur la vulnérabilité portuaire, ainsi que sur les inégalités environnementales en tant que considérées à la fois en tant que contraintes, mais aussi éventuellement en tant qu'avantage concurrentiel, pour les ports les mieux équipés et les mieux desservis par rapport notamment aux normes et règlements associés à la navigation maritime ou à la protection de l'environnement. L'UMEP fournira, a posteriori, une déclaration d'intérêt, une fois son Conseil d'Administration passée, le 26 mars prochain.

*GwadAir et MadininAir*

<http://www.gwadair.fr/>

<http://www.madininair.fr/>

Les observatoires de l'air en Guadeloupe et en Martinique (Gwadair et Madininair) sont des associations agréées par l'Etat pour réaliser différentes missions autour de la pollution atmosphérique : mesure, modélisation, conseil, médiation. Ces organismes disposent non de données (mesure des émissions, recueil de perceptions habitantes) qui, mises à la disposition de l'OHM et du projet TRAFIC, seront couplées aux données AIS de fréquentations portuaires afin d'envisager la relation navire-environnement urbano-portuaire (Axe2). Le partenariat envisagé consiste à valoriser ces données dans le cadre de ce projet. Mais également à livrer à Gwadair des données météorologiques grâce à la station dont l'OHM s'est équipé en 2018 pour des mesures à Pointe-à-Pitre. GwadAir participe aux travaux menés dans l'OHM. Des contacts ont été pris avec MadininAir.

*Observatoire Mammifères Marins de Guadeloupe (OMMAG)*

<https://ommag971.jimdo.com/>

- Laurent BOUVERET, Président

L'OMMAG est une association loi 1901, structurant un réseau de science participative d'acteurs de la mer (plongeurs, pêcheurs, skippers, gardes de réserve, plaisanciers, scientifiques, contemplatifs, acteurs variés de la mer) qui mutualisent leurs observations de cétacés dans l'archipel guadeloupéen en mer ou depuis la terre. Son objectif est de collecter, de classer et d'analyser des données d'observation pour préciser l'abondance, la distribution et le recensement des individus par photo identification. L'association participe depuis des années à des projets de recherche scientifique portés par des chercheurs français et américains, notamment en mettant ses données à disposition. La contribution de l'OMMAG au projet TRAFIC réside justement dans le partage de ses observations, et dans sa contribution

à l'établissement d'une cartographie de la présence des mammifères marins à l'échelle de l'AGOA (aire marine protégée dédiée aux mammifères marins dans les Antilles françaises), et de sa confrontation avec les données de trafic maritime.

#### *Guadeloupe 1ère*

- Sébastien Gilles, journaliste

Guadeloupe 1<sup>ère</sup> est une chaîne de télévision locale. Depuis la création de l'OHM, nous entretenons d'étroites relations avec un de ses journalistes, Sébastien Gilles. Lors du dernier séminaire de l'OHM, nous avons pu rencontrer la Directrice du groupe et lancer un projet d'exploration et de valorisation des archives dont dispose la chaîne, à propos de la question portuaire. Ce projet est en cours de construction. Guadeloupe 1<sup>ère</sup> ne peut être considérée comme partie prenante de ce projet, mais sera mobilisée régulièrement au cours de cette recherche afin de médiatiser les actions menées.

## Présentation du projet

### Contexte scientifique et local

#### *Cadrage*

La mise en place en 2007 d'un système de surveillance maritime via l'obligation faite aux navires de fournir des données AIS (*Automatic Identification System*) autorise un changement de paradigme dans les approches scientifiques de la maritimisation du monde. Jusqu'alors, le fait maritime ne pouvait s'apprécier qu'à l'aune des touchées portuaires et des activités qui s'y déroulaient. Avec l'AIS, qui nous livre des informations à haute fréquence et en temps réel sur les positions, et de fait les itinéraires, de l'ensemble des navires en circulation dans le monde, la trace maritime du navire n'est plus une inconnue et permet le développement de problématiques nouvelles, comme celle de la fréquentation, des densités de trafics, de risque ou tout simplement d'usage de l'espace maritime. Or, depuis la mise en œuvre de la convention de Montego Bay, et la montée en puissance des problématiques environnementales, le monde connaît un processus particulièrement actif de territorialisation des espaces maritimes.

*Le projet TRAFIC propose une recherche fondée sur le recours à la traçabilité AIS pour mieux comprendre les interactions entre navigation maritime et environnement, à deux échelles complémentaires, celle des espaces marins parcourus et celle des espaces portuaires fréquentés.*

La conscientisation environnementale et en particulier la question du changement climatique, contraint progressivement les acteurs du monde maritime et portuaire à réduire ou à compenser leur empreinte environnementale. S'agissant de la qualité de l'air, et en particulier des émissions de gaz à effets de serre (GES), la pression sur les acteurs du *shipping* (nom usuel donné à l'ensemble des activités liées au transport de marchandises par voie maritime) est de plus en plus grande. Depuis 1997, la convention Marpol (*Marine Pollution*) instaure des Zones d'Émissions Contrôlées (ECA, *Emission Control Area*) en Mer du Nord, Baltique, Amérique du Nord, Façade Caraïbe des Etats-Unis. Le contrôle s'exerce sur les émissions d'oxyde de soufre (SOx) et d'oxyde d'azote (NOx). En 2015, les règles deviennent plus exigeantes, puisque les taux d'émissions de SOx autorisés dans les ECA's passent de moins de 1% à 0,1%.

Depuis 1950 le nombre de navires, toutes flottes confondues a été multiplié par trois, pour atteindre 90 000 unités de plus de 100 GT (*Gross Tonnage*) dont plus des 2/3 correspond à la seule flotte marchande. Cette trajectoire, écho d'un commerce mondial en croissance exponentielle, se traduit par une augmentation des émissions des GES dans l'atmosphère qui passe de 187 millions de tonnes de CO2 en 1950 à plus de 870 Mt en 2016 selon l'OMI (Organisation Maritime Internationale). Quant à elles, les émissions de NOx passent de 5,4 à 21,4 Mt entre 1950 et les années 2000, époque à laquelle elles se stabilisent (Eyring et al. 2005). Au total, la contribution du shipping est estimée entre 2,2 et 3% des émissions mondiales de GES (CnuCED 2019).

On comprend que l'essentiel de la question des émissions relève du navire et non directement du port. Pourtant, selon une enquête menée en 2016 par l'Association des Ports Européens (ESPO, *European SeaPorts Organisation*), la qualité de l'air est la première des préoccupations stratégiques des Autorités Portuaires, suivie par la consommation énergétique, le bruit et les relations avec les populations locales. Ce que corrobore la trajectoire des priorités environnementales des ports européens depuis 1996 (fig. 1).

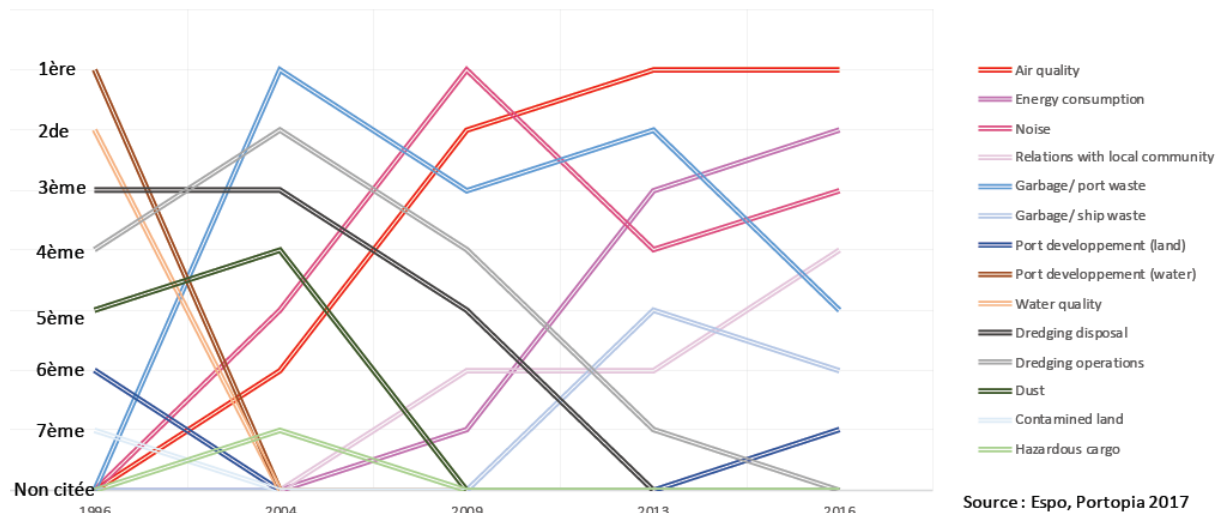


Fig.1 - Evolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO (1996-2016)

Appréhender le « risque-navire » dans la construction de la vulnérabilité portuaire est un objectif majeur de notre projet. Au regard de la littérature existante, le concept de vulnérabilité portuaire, qui ne peut être considéré comme stabilisé, se situe à la croisée de deux approches, fondées sur des descripteurs exogènes ou endogènes.

- Il peut s'apprécier selon les facteurs de risques que le port subit (Wood 2002 ; Nicholls et al 2008 ; Nursey-Bray et al. 2013 ; Ng et al. 2013), qu'ils soient physiques (liés au changement climatique et aux événements extrêmes), économiques (évolutions du marché) ou sociaux (caractéristiques et mutations du territoires d'insertion). De là, peuvent être déployées des réflexions sur la résilience et l'adaptation (Mansouri et al. 2010 ; O'Keefe et al. 2016).
- D'autres travaux, plutôt centrés sur des problématiques logistiques, s'attachent aux caractéristiques de l'interface portuaire (Zhang et al. 2011 ; Cheng-Hsien et al. 2014 ; Dong-Taur et al. 2016) : environnement géographique (tirant d'eau, volumes de trafics, etc.), infrastructures (équipements de levage, postes à quai, terre-pleins, qualité des dessertes terrestres, etc.), statuts opérationnels (évolution des trafics, part des conteneurs, ratio import/export, etc.), qualité de la prestation logistique (temps d'attente des navires, congestion des terminaux, etc.), gouvernance et management (dispositifs de promotion, accords commerciaux, etc.).

Pour renseigner la question de la vulnérabilité portuaire face à la question atmosphérique, nous nous appuyons sur l'hypothèse que cette relation dépend grandement du navire à l'escale : de sa vétusté, de sa taille, de la durée des opérations, des marchandises manipulées, etc. Il s'agit d'une question sensible car le port est souvent mis en accusation sur sa relation environnementale avec son espace urbain d'insertion (Ducruet 2008 ; Lo Prete 2015 ; Grimaud 2015). Le fait de considérer dans ce projet le port comme vulnérable face aux stratégies du monde armatorial relève d'une posture assez logique mais non dénuée

d'ambiguïté, car le port vit des touchées de navires et déploie des trésors de stratégies pour attirer les armateurs. Concilier exigences environnementales et enjeux commerciaux est une question sous-jacente qu'il ne faut pas perdre de vue.

A l'échelle des Caraïbes, les inspections de navires sont menées dans les ports par la *Caribbean Memorandum of Understanding on Port State Control* (CMOU, organe de l'OMI créé en 1996). Il s'agit d'observer le respect des deux principales conventions internationales dans le shipping : MarPol et SOLAS (*Safety of Life at Sea*). En 2017, 769 navires ont été contrôlés : 34 dans des ports français, 203 dans des organismes hollandais, 97 en Jamaïque, 1 seulement au Guyana, aucun à Aruba, ni à Saint Lucie, ni à Grenade. Seulement 0,2% des infractions concernait la convention Marpol. Pour situer ces chiffres, rappelons que les ports de Fort-de-France et de Kingston accueillent respectivement 1600 et 3700 navires en escale en 2017.

Il sera intéressant dans le cadre de ce projet de comprendre comment ces contrôles sont menés. Ne privilégient-ils pas le respect de la seule convention SOLAS qui concerne 73% des infractions observées ? Et dans quelle perspective politique à moyen terme ? Il s'agira de leur confronter les résultats que nous obtiendrons via les données AIS. En effet, les données du CMOU ouvrent un autre questionnement sur la relation shipping-environnement, centré sur le pouvoir discrétionnaire de l'Etat côtier. Sachant que la moitié de la flotte mondiale est constituée de navires de plus de 15 ans (et 33% de plus de 25 ans), l'idée d'observer la flotte caribéenne porte l'hypothèse de l'existence d'inégalités environnementales dans le bassin, à l'échelle des ports mais aussi à celle des espaces de navigation, en particulier ceux sous juridiction environnementale. C'est une seconde finalité de notre projet, qui dépasse les seuls objectifs de structuration des données AIS. Existe-t-il des espaces de navigation privilégiés par les navires modernes, supposés les plus performants d'un point de vue environnemental ? Observe-t-on dans les Caraïbes des stratégies de dumping environnemental ?

Le concept d'inégalités environnementales, qui repose sur l'inégale exposition aux risques environnementaux, aux dégradations écologiques et à l'accès aux ressources environnementales, peut donc aussi être déployé (Larrère, 2017). Généralement mobilisé pour l'analyse des effets de l'urbanisation, ou de la mise en place d'espaces naturels protégés, ce concept trouve naturellement un terrain d'application sur le littoral (Deboudt, 2015 ; Elkind, 2006), mais concerne, à notre connaissance, encore rarement le transport maritime. Pourtant ses effets relèvent bien des inégalités environnementales : génération de nuisances diverses, notamment pollution de l'air (Cohan et al. 2011), appropriation des rivages par des infrastructures portuaires de plus en plus gigantesques (Carse & Lewis 2017), externalisation des coûts au détriment des Etats les moins développés (Demaria 2010).

Une analyse des relations shipping-environnement ne peut faire l'économie d'une approche par le prisme du développement et des rapports de pouvoirs. La trajectoire des environnements maritimes et littoraux relève d'une co-construction entre des politiques publiques multi-échelles (OMI, Etats côtiers, Autorités Portuaires, etc.) et une diversité de stratégies armatoriales, plus ou moins coordonnées dans des sphères de concertation, sectorielles et régionalisées (*World Shipping Council, International Chamber of Shipping, Caribbean Shipping Association, etc.*). L'ordre maritime du monde, pour reprendre l'expression d'André Vigarié (1995) correspond d'abord à une géographie des besoins, organisée certes par les armateurs-transporteur mais surtout construite par les chargeurs (exportateur/importateur). Cette co-construction s'établit dans le cadre d'une gouvernance articulée entre local et global.



### *Terrain envisagé*

Le terrain d'étude proposé est celui de l'espace caribéen, Golfe du Mexique inclus. L'intérêt de cette région réside dans son extrême morcellement géographique et politique, les disparités économiques et démographiques, la diversité des politiques publiques et portuaires, la complexité des routes et trafics maritimes tout en restant un hotspot de biodiversité mondiale avec des écosystèmes emblématiques particulièrement sensibles :

- Le trafic maritime, lié au commerce intrazone et au transit biocéanique, y est intense (Ranély Vergé-Dépré 2014 ; Rodrigue 2016).
- Les littoraux concernés constituent un ensemble de milieux tropicaux ou subtropicaux sensibles ;
- Les inégalités régionales y sont importantes (développement, contraintes réglementaires environnementales)

### Objectifs du projet

#### *Questionnement général*

*Comment les ports français des Antilles se positionnent-ils face aux pressions environnementales des circulations maritimes caribéennes ?*

#### *Hypothèse de travail*

Les pressions environnementales liées aux circulations maritimes sont multiples (Ranély Vergé-Dépré 2011 ; Banister et al. 2011 ; Anderson et al. 2012 ; Thanopoulou et al. 2015 ; Lister et al. 2015 ; Foulquier 2019) : unification microbienne et invasions biologiques, diffusion d'un modèle de consommation de masse et gestion des déchets associés, accroissement des emprises portuaires et durcissement du trait de côte, pollutions des milieux, consommation d'énergies fossiles, etc. Trois hypothèses de travail sont formulées :

1. La densité des flux de navires, et notamment la fréquentation, conditionne la pression environnementale exercée par le trafic maritime.
2. La nature de cette pression environnementale est directement fonction du type de navire concerné (vétusté, motorisation, capacité d'emport, pavillon), de ses équipements de sécurité, et indirectement de la marchandise transportée (type, tonnages, dangerosité, ...).
3. La pression environnementale du transport maritime est liée au niveau de développement des Etats côtiers concernés.

#### *Objectifs thématiques et méthodologiques*

L'objectif thématique de ce projet est double. Il est d'abord de formaliser la pression sur les espaces maritimes et portuaires du bassin caribéen, à travers la construction d'une cartographie spatiotemporelle des densités de flux de navires dans la région. Il est ensuite de construire des protocoles de corrélations entre fréquentations maritimes et pression environnementale aux échelles locale et régionale, eu égard au développement différencié qui caractérise les Etats côtiers du Bassin caribéen.

Le projet revêt également une ambition méthodologique. Le recours aux données massives de positionnement automatique, de type AIS, est-il pertinent pour nourrir un discours scientifique sur la relation shipping-environnement ?

## Description du projet et méthodologie utilisée

La proposition de recherche s'appuiera sur des données « socle » issues de l'AIS. Il comportera deux axes de travail.

### *Axe 1 : Circulations et environnements maritimes*

Cet axe ambitionne de mettre en place une base de données (BD) spatiotemporelles sur le trafic maritime à l'échelle du Bassin Caraïbe, et d'en analyser les interactions avec son environnement.

#### La question :

- Existe-t-il une différenciation spatiale du trafic maritime et quels en sont les facteurs ?
- Les espaces maritimes sous juridiction exercent-ils une influence sur la navigation maritime ? Quelles sont les réponses des compagnies maritimes aux réglementations environnementales lorsqu'il y en a ? Quelles décisions prennent les compagnies maritimes pour réduire leur impact sur l'environnement ?

#### Les attendus :

- Cartographie et typologies spatiotemporelles du trafic maritime à l'échelle du Bassin Caraïbe.
- Cartographie des espaces maritimes sous juridiction (Aires marines protégées, ECA's, Mer territoriale, etc.).
- Construction d'une base d'indicateurs de développement des Etats riverains (PIB, Population, IDH, réglementations environnementales, moyens de surveillance côtière, stabilité politique ...) à des fins de corrélations ;
- Cartographie intégrée du trafic maritime et des zones de présence (cartes de densité, routes migratoires) de cétacés, groupe taxonomique emblématique et indicateur de la qualité globale du milieu marin, à partir des données d'observation réalisées dans le sanctuaire de l'AGOA.

#### Méthode envisagée :

Grâce aux données géoréférencées et en temps réel qu'il génère, l'AIS permet la quantification et la caractérisation des voies de navigation ainsi qu'une reconstitution spatiotemporelle fine du trafic (Høye et al. 2008). Divers modes de visualisation des flux maritimes peuvent s'envisager (trajectoires, densités de trafics, réseaux du type « origine-destination », réseaux spatiaux hiérarchiques, etc.) (fig. 2).

Sur cette base et moyennant l'appariement à des données complémentaires sur les caractéristiques des navires, la production de descripteurs de la pression environnementale exercée par le trafic maritime peut s'envisager. En effet, les émissions atmosphériques dues à la consommation de carburant des navires sont directement corrélées à la conception des unités (taille, vétusté, motorisation, design de coque), à leur modalité d'exploitation (vitesse, taux de charge, type de carburant), et aux conditions de navigation (courantologie, météorologie). Certaines de ces variables peuvent également être mobilisées pour renseigner la notion de pollution sonore, susceptible de perturber la faune marine et d'en modifier le comportement.

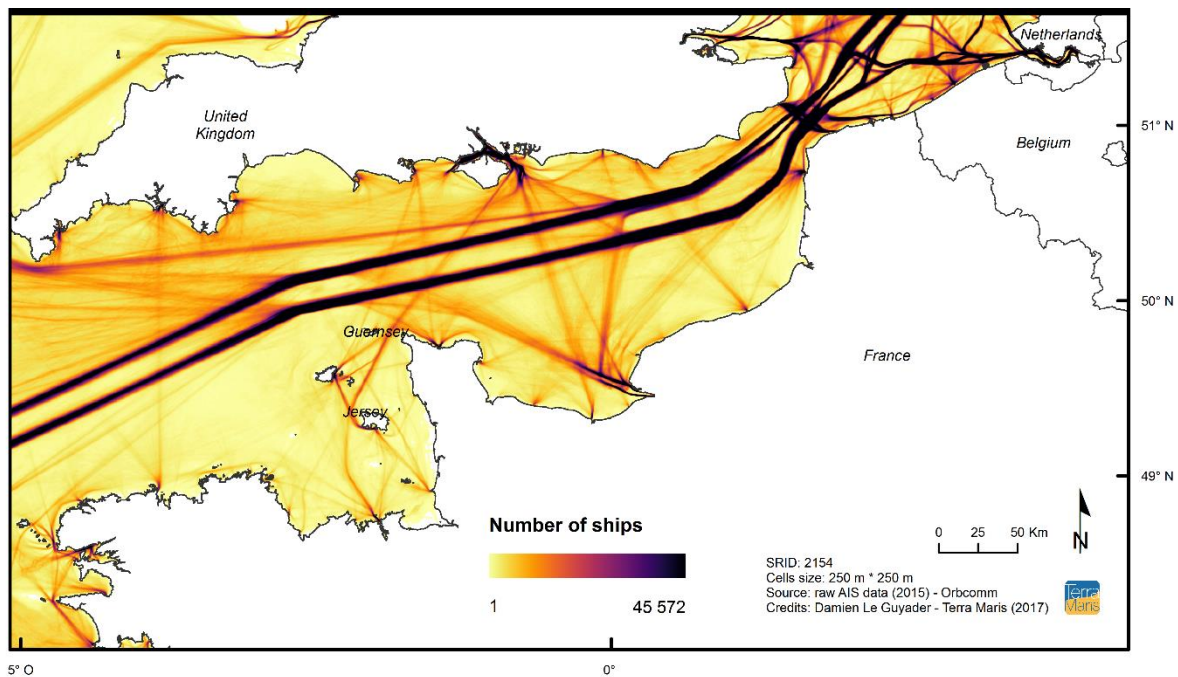


Fig. 2 – Densité de trafic dans la Manche (2015)

Mais les données AIS, de par leur caractère massif et leur format, requièrent des protocoles spécifiques de structuration de bases de données et d'extraction de connaissances multi-scalaires (dimensions spatiales ou/et temporelles) qui font appel à des compétences indispensables décrites dans la littérature ou à développer (Le Tixerant *et al.*, 2018).

Nous proposons de développer une série de données apte à décrire les relations entre trafic maritime et environnements marins dans le Bassin Caribéen, à partir de la démarche suivante :

- Acquisition de données AIS archivées (source : *Marine Traffic*) sur l'ensemble du Bassin Caribéen et sur une période d'un an ;
- Intégration des données dans une BD et collecte de données complémentaires sur les caractéristiques des navires (source : *FleetMon* et BD de l'OMI) en vue des travaux de l'Axe 2 sur les vulnérabilités portuaires.
- Cartographie des densités de trafic, par types de navires (vraquiers, rouliers, porte-conteneurs, croisière, ferries, etc.) et à différentes échelles (régionale, infra-régionale).
- Construction de descripteurs de pression environnementale (pollutions atmosphérique et sonore) à partir de l'analyse de données AIS, météorologiques et de la revue bibliographique sur la question.
- Cartographie de la présence de mammifères marins pour évaluer les zones à haut risque de rencontre. Pour intégrer toutes les sources de données, en prenant en compte leur hétérogénéité spatiale et temporelle et leur incertitude, nous utiliserons le concept du cube de données (fig. 3).

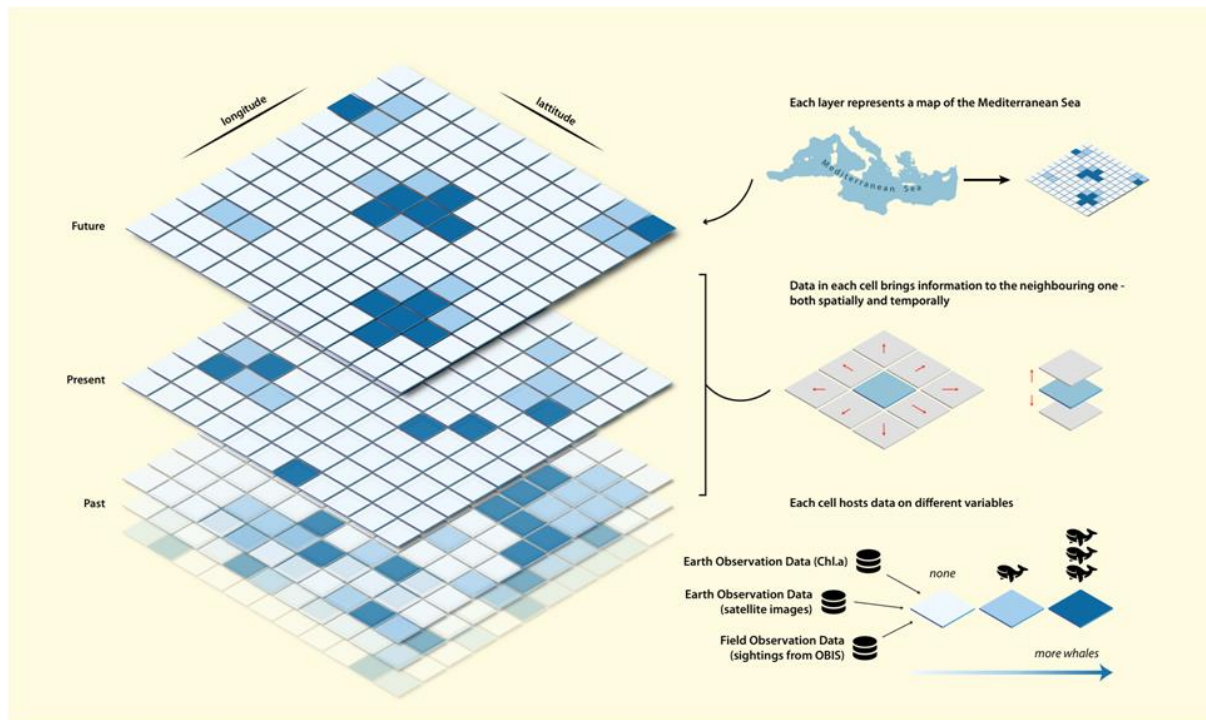


Fig. 3 – Visualisation conceptuelle du cube de données pour la cartographie de présence des mammifères marins (Source : GRID-A for ECOPOTENTIAL).

En articulation avec l'axe 2, une série d'entretiens sera conduite avec les acteurs compétents sur les politiques publiques mises en œuvre sur certaines régions ciblées du Bassin caribéen (notamment en fonction du trafic maritime). Il s'agira de questionner les modes de délimitation et les modalités de mise en œuvre des dispositifs de conservation de l'environnement et plus globalement de la Planification de l'espace marin.

#### Cas d'étude :

- Interaction du trafic maritime avec la réglementation maritime de l'espace Caraïbe (AMP, mer côtière des états riverains, zones ECA) ;
- Dérangement de la faune marine par le trafic maritime dans le sanctuaire de l'AGOA.

#### *Axe 2 : Fréquentation et vulnérabilité portuaire*

Cet axe est centré sur l'exploitation des données navires en escale. Ces données navires (type, vétusté, pavillonnement, etc.) doivent permettre au moins deux types d'analyses. La première est de tester, à l'échelle de Fort-de-France et de Pointe-à-Pitre, les corrélations possibles entre escales et qualité de l'air urbano-portuaire. La seconde concerne l'ensemble caribéen et porte sur les interactions entre gouvernance publique et stratégie armatoriale, en s'interrogeant sur les différentes logiques qui président au choix par l'armateur de telle escale plutôt qu'une autre. Le marché reste sans doute l'élément fondamental, mais la réglementation environnementale ne joue-t-elle pas un rôle accru dans l'organisation des dessertes ?

#### La question :

1. Peut-on considérer le navire en escale comme un facteur de risque, et donc participant de la vulnérabilité portuaire ?
2. Les dispositifs de gouvernance environnementale, d'échelles internationale ou nationale, ont-ils une influence sur les fréquentations portuaires ?

### Les attendus :

- Une analyse des fréquentations portuaires à l'échelle des Caraïbes, à travers une cartographie de la vulnérabilité portuaire selon le « risque navire ». Cette cartographie passe par la création d'un modèle « risque-navire ».
- Un inventaire des normes environnementales d'échelle portuaire dans le bassin Caribéen.
- Une contribution scientifique sur la vulnérabilité portuaire qui doit pouvoir trouver un écho dans les sphères de décision, en matière d'environnement côtier et urbano-portuaire.
- Être en mesure de situer les ports français dans l'espace caribéen sur la question des émissions atmosphériques et du risque environnemental.

### Méthode envisagée :

Quatre types de données sont mobilisées dans cet axe.

1. Des données quantitatives massives, issues du couplage des données FleetMon (caractéristiques de navires) et AIS.
2. Les données AIS et FletMon ne contiennent pas l'information « motorisation » du navire, mais fournissent son immatriculation (*IMO Number*). Il s'agira donc de renseigner cette variable pour les navires en escale dans au moins l'un des ports étudié (FDF ou PAP).
3. Des données de mesure de la qualité de l'air dans l'environnement urbano-portuaire, fournies par les observatoires Gwadair et MadininAir.
4. Des données de perceptions de la qualité de l'air (enquêtes habitants et données observatoires).
5. Des données qualitatives issues d'entretiens avec les acteurs décisionnaires du shipping et les responsables institutionnels en charge des espaces maritimes et littoraux (aux Antilles et en métropole)

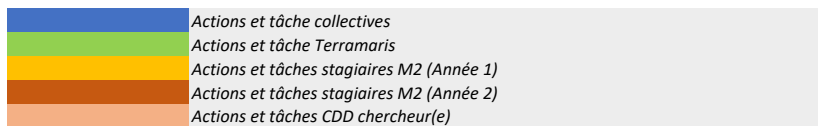
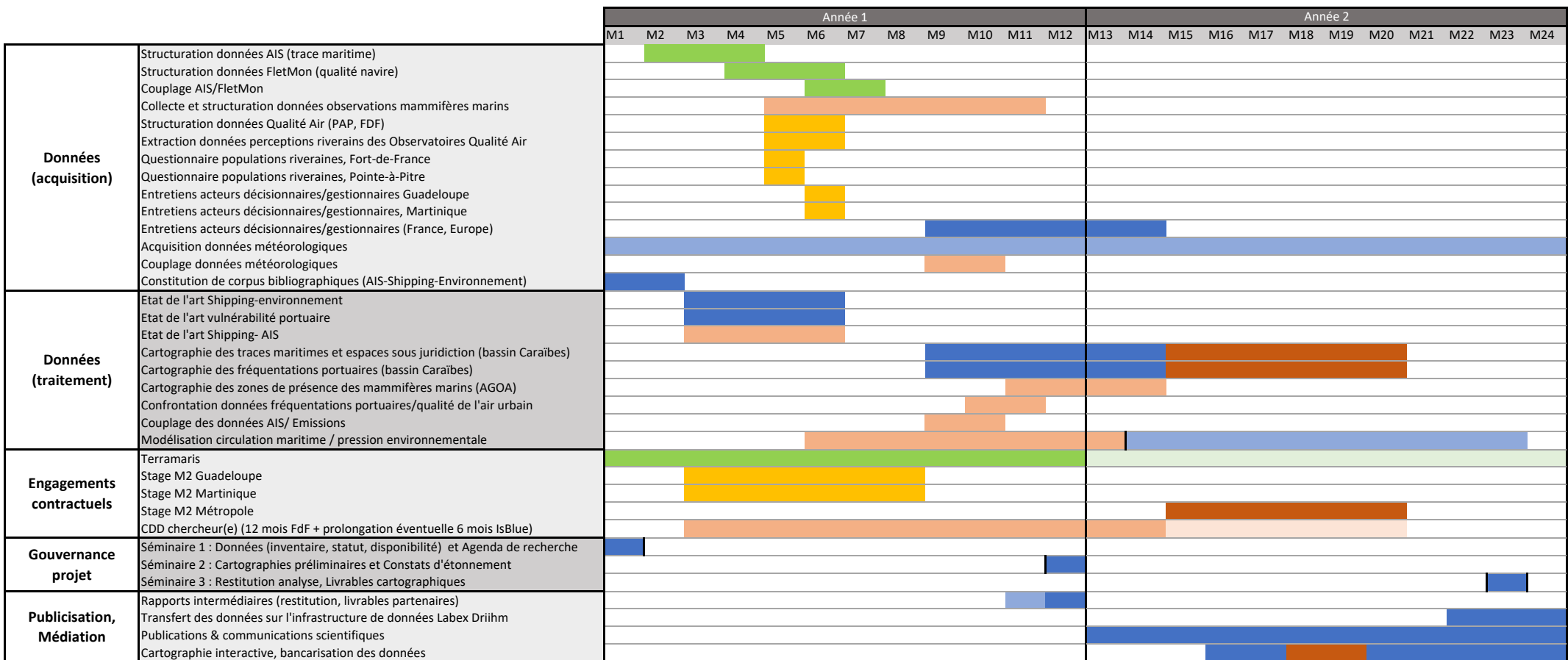
Les corrélations envisagées posent des défis méthodologiques et théoriques. Lever ces verrous relève du contrat post-doctoral, en collaboration avec l'ensemble des partenaires.

### Cas d'étude :

- Fréquentations portuaires et risque-navire dans le bassin caribéen
- Fréquentations portuaires et qualité de l'air, Pointe-à-Pitre et Fort-de-France.

## Calendrier de réalisation

Cf. page suivante



## Résultats attendus et livrables.

- **D'un point de vue technique et infrastructurel :**  
*Le fait que ce programme soit adossé aux travaux menés dans l'OHM Caraïbe permet de bénéficier des infrastructures de données mises en place dans le cadre du labex DRIIHM et d'envisager de fait non seulement une structuration cohérente des métadonnées obtenues mais également d'accorder une visibilité à ces travaux.*
  - Alimenter une base de données partagée sur le trafic maritime régional, en tant que série d'observation multi partenariale, apte à servir de socle à de l'observation à moyens termes.
  - Constitution d'un corpus bibliographique, de littérature grise et d'articles scientifiques, aptes à établir des états de l'art des analyses épistémologiques : AIS- shipping- environnements maritimes - vulnérabilités portuaires.
- **Du point de vue scientifique :**
  - Produire une analyse critique de l'usage des données AIS dans l'approche des écologies maritime et portuaire ;
  - Caractériser et cartographier la pression environnementale liée au trafic maritime caribéen ;
  - Produire des descripteurs d'inégalités environnementales liées au shipping ;
  - Objectiver le concept de vulnérabilité portuaire
- **Du point de vue de la valorisation et de la diffusion de la connaissance scientifique :**
  - Rapport intermédiaire, fondé sur la structuration des données et les premiers constats d'étonnement. Séminaire 2.
  - Rapport final, fondé sur les résultats empiriques obtenus, par axe et selon les différentes études de cas. Séminaire 3 de restitution.
  - Un volume cartographique sur la trajectoire des relations shipping-environnement dans les Caraïbes (2015-2019).
  - 2 articles scientifiques thématiques par axe (un par étude de cas)
  - 2 articles scientifiques à caractère épistémologique et méthodologique.

## Les attendus des partenariats

La mise en place d'une base de données régionale sur le trafic maritime implique de :

- Caractériser les besoins des différents partenaires en termes de données sur le trafic maritime, en veillant à la nature et la granularité de la donnée à mobiliser (échelle, résolution, sémantique) ;
- Définir le dispositif le plus approprié pour partager la base de données qui sera constituée, tout en continuant de l'alimenter afin de constituer une série d'observation de l'OHM à long terme sur le trafic maritime à l'échelle du Bassin Caraïbe ;
- Définir les modalités de représentation de ces données pour répondre aux problématiques de différents partenaires, telles que la densité de trafic, par types de navires (cargos, navires citernes, navires de passagers, navires de pêche, navires de plaisance, etc.) et à différentes échelles (régionale, infrarégionale).

Ces données soles et les analyses co-construites qui en découlent doivent permettre de :

- Publiciser l'intérêt d'un partenariat science-société auprès des acteurs régionaux du shipping
- Développer une expertise internationale sur les relations shipping-environnement et sur l'espace maritime et portuaire caribéen ;

## Références citées :

- Anderson K., Bows A. 2012. « Executing a Scharnow Turn: Reconciling Shipping Emissions with International Commitments on Climate Change ». *Carbon Management* 3, n° 6 : 615-28. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.63>.
- Banister D., Anderton K., Bonilla D., Givoni M., Schwanen T. 2011. « Transportation and the Environment ». *Annual Review of Environment and Resources* 36, n° 1 : 247-70. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-032310-112100>.
- Carse A., Lewis J.A. 2017. « Toward a political ecology of infrastructure standards: Or, how to think about ships, waterways, sediment, and communities together ». *Environment and Planning A: Economy and Space* 49, 9–28. <https://doi.org/10.1177/0308518X16663015>
- Cheng-Hsien H., Hui-Huang T., Yang-Ning L. 2014. « Port vulnerability assessment from the perspective of critical infrastructure interdependency », *Maritime Policy & Management* 41, n° 6 : 589-606. <https://doi.org/10.1080/03088839.2013.856523>.
- Cohan A., Wu J., Dabdub D. 2011. « High-resolution pollutant transport in the San Pedro Bay of California ». *Atmospheric Pollution Research* 2, 237–246. <https://doi.org/10.5094/APR.2011.030>
- Deboudt P. 2015. « L'aménagement du territoire littoral à l'épreuve des inégalités environnementales ». *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 79, 83–89.
- Demaria F. 2010. « Shipbreaking at Alang–Sosiya (India): An ecological distribution conflict ». *Ecological Economics* 70, 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.006>
- Dong-Taur S., Cheng-Hsien H., et Hui-Huang T. 2016. « Container Hub-Port Vulnerability: Hong Kong, Kaohsiung and Xiamen », *Journal of Marine Engineering & Technology* 15, n° 1: 19-30. <https://doi.org/10.1080/20464177.2016.1140551>.
- Ducruet, C. 2008. « Typologie mondiale des relations ville-port », *Cybergeo : European Journal of Geography*, 27 mars 2008. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.17332>.
- Elkind S.S. 2006. « Environmental Inequality and the Urbanization of West Coast Watersheds ». *Pacific Historical Review* 75, 53–61. <https://doi.org/10.1525/phr.2006.75.1.53>
- Eyring V., Köhler H. W., van Aardenne J., Lauer A. 2005. « Emissions from International Shipping: 1. The Last 50 Years ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 110, no D17. <https://doi.org/10.1029/2004JD005619>.
- Foulquier E. 2015. « Les géographies du transport maritime », in: Deboudt et al., *Géographie Des Mers et Des Océans*. Armand Colin, pp. 67–90.
- Foulquier E. 2019. Transport maritime et changement climatique. Perspectives géographiques. *Le Droit Maritime Français* (à paraître).
- Grimaud, E. 2015. « Renouer le lien entre port et citoyens, un défi impossible à relever ? Le cas du Havre », *Norois*, n° 236 : 25-38. <https://doi.org/10.4000/norois.5695>.
- Høye G.K., Eriksen T., Meland B.J., Narheim B.T. 2008, « Space-based AIS for global maritime traffic monitoring », *Acta Astronautica*, vol.62, No.2, 240–245.
- Jonathan C., Williams I., Hudson D., Kemp S. 2015. « An AIS-based approach to calculate atmospheric emissions from the UK fishing fleet ». *Atmospheric Environment* 114 : 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.05.011>.



Larrère C., 2017. *Les inégalités environnementales*, PUF, coll. La vie des idées.

Le Guyader D., Le Tixerant M. 2019, « De multiples applications pour l'analyse des données AIS (Automatic Identification System) et la géo-visualisation interactive de données », *Responsabilité & environnement – Annales des Mines*. Accepté pour publication.

Le Tixerant M., Le Guyader D., Gourmelon F., Queffelec B. 2018, « How can Automatic Identification System (AIS) data be used for maritime spatial planning? », *Ocean & Coastal Management*, vol.166, 18-30.

Lister J., Taudal Poulsen R., Ponte S. 2015. « Orchestrating transnational environmental governance in maritime shipping ». *Global Environmental Change* 34 : 185-95. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.011>.

Lo Prete M. 2015. « La vulnérabilité des villes portuaires méditerranéennes françaises et italiennes au prisme des contentieux », *Les Annales de la recherche urbaine* 110, n° 1 : 206-15. <https://doi.org/10.3406/aru.2015.3181>.

Mansouri M., Roshanak N., Mostashari A. 2010. « A Policy Making Framework for Resilient Port Infrastructure Systems », *Marine Policy* 34, n° 6 (novembre 2010): 1125-34. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.03.012>.

Morten W., Christensen J.H., Plejdrup M., Ravn E., Eriksson O., Kristensen H.O. 2014. « Emission inventories for ships in the arctic based on satellite sampled AIS data ». *Atmospheric Environment* 91 : 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.006>.

Nicholls, R.J., S. Hanson, C. Herweijer, N. Patmore, S. Halegatte, J. Corfee-Morlot, J. Château, et R. Muir-Wood. 2008. *Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates*, OECD Environment Working Papers : 63. <https://doi.org/10.1787/011766488208>.

Ng, A., Shu-Ling C., Cahoon S., Brooks B., Yang Z. 2013. « Climate Change and the Adaptation Strategies of Ports: The Australian Experiences », *Research in Transportation Business & Management* 8 (octobre 2013): 186-94. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2013.05.005>.

Nursey-Bray M., Boyd Blackwell B., Campbell M., Goldsworthy L., Pateman H., Rodrigues I., et al. 2013. « Vulnerabilities and adaptation of ports to climate change », *Journal of Environmental Planning and Management* 56, n° 7 : 1021-45. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.716363>.

O'Keeffe J., Cummins V., Devoy R., Lyons D., Gault J. 2016. « Stakeholder Awareness of Climate Adaptation in the Commercial Seaport Sector: A Case Study from Ireland », *Marine Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.044>.

Ranély Vergé-Dépré C., 2011. Transports et développement durable dans le Bassin caraïbe : un couple impossible ?, in: *La Caraïbe, Un Espace Pluriel En Questions*, Coll. Terres d'Amérique. Karthala, pp. 83–100.

Ranély Vergé-Dépré C., 2014. « Le Bassin caraïbe, carrefour maritime entre Atlantique et Pacifique », in Wackermann G. (dir.), *Géographie des mers et des océans*, Ellipses, p. 255-266.

Rodrigue J.P., et Asaf A. 2016. « Transshipment hubs in the New Panamax Era: The role of the Caribbean ». *Journal of Transport Geography* 51 : 270-79. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.002>.

Thanopoulou H., Pettersen Strandenes S. 2015. « Turning down the volume? Prospects of structural changes in international energy seaborne trade ». *Research in Transportation Business & Management, Energy Efficiency in Maritime Logistics Chains*, 17 : 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.005>.

Vigarié A., 1979. *Ports de commerce et vie littorale*, Collection Hachette université. Hachette.

Vigarié A., 1995. *La mer et la géostratégie des nations*, Economica.

Wood N 2002. *Vulnerability of port and harbor communities to earthquake and tsunami hazards in the Pacific Northwest*. PhD Dissertation, Oregon State University : 278 p.

Zhang W, Tianyu X., Ruifeng Z. 2011. « A Case Research on Vulnerability of Logistics System in the Tianjin Port », *Energy Procedia* 5 : 2059-64. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.355>.