

Les dimensions géographiques d'un transport maritime décarboné

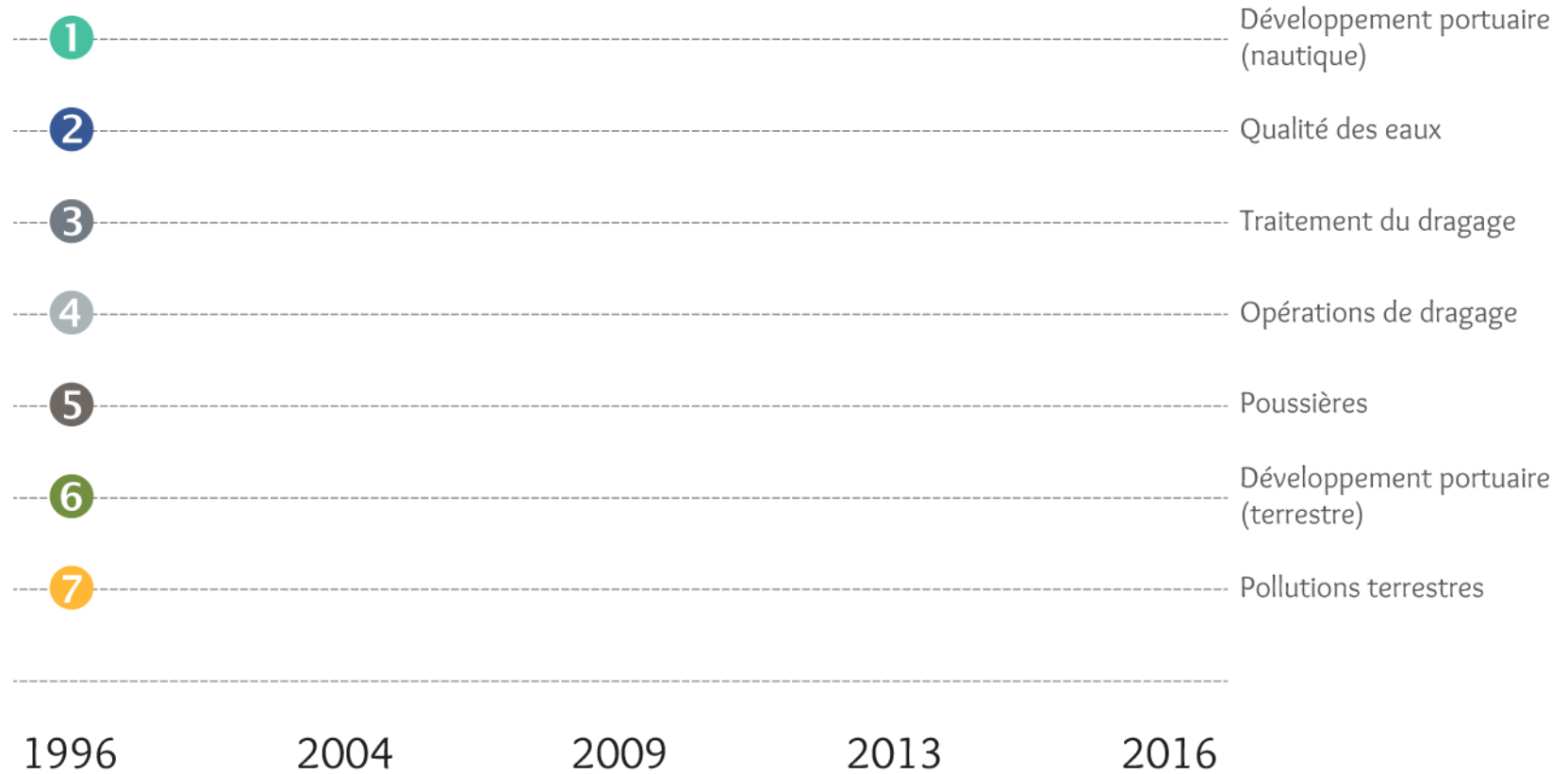
Eric Foulquier



Transport maritime et environnement : un changement de paradigme

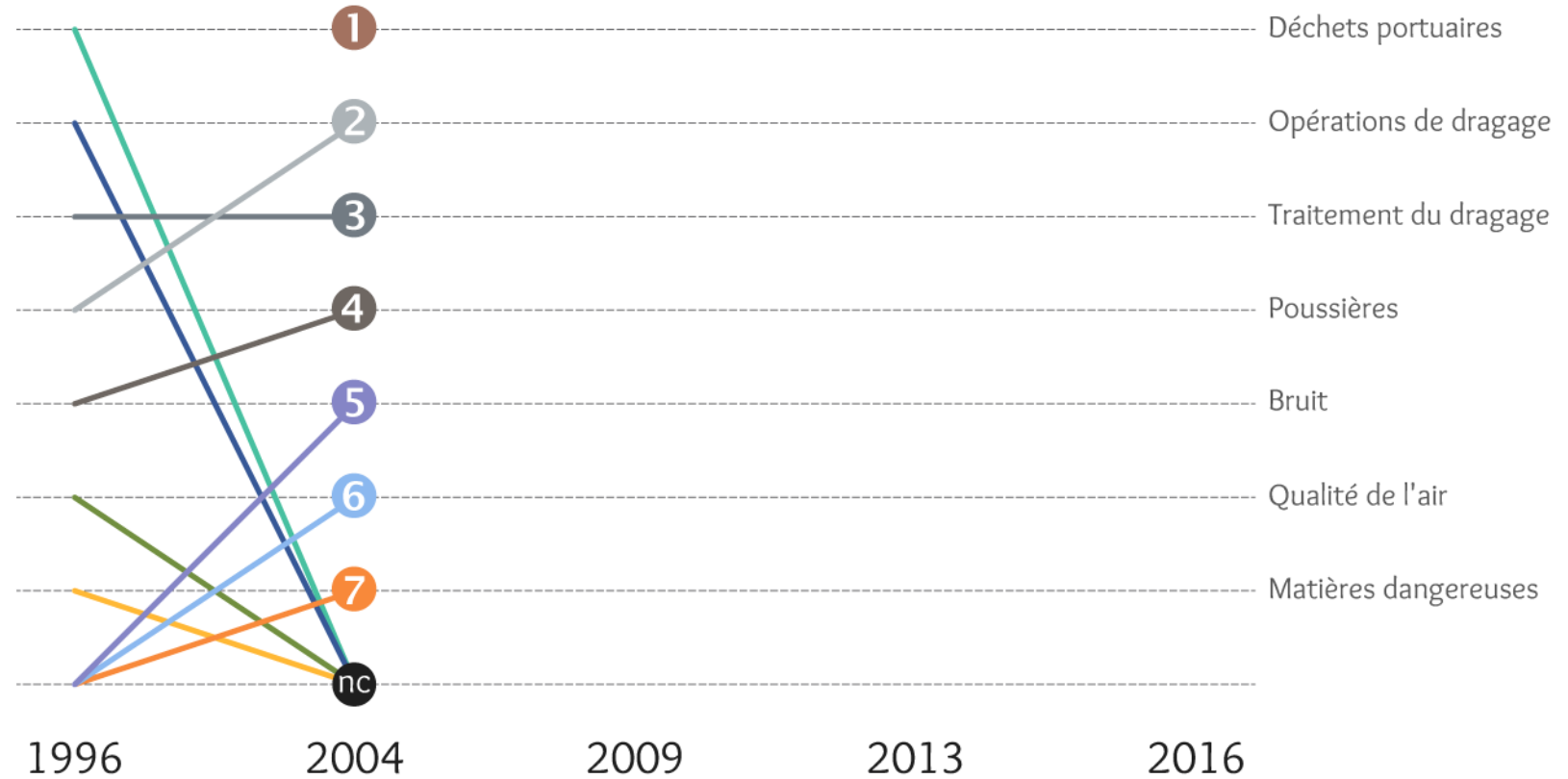
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



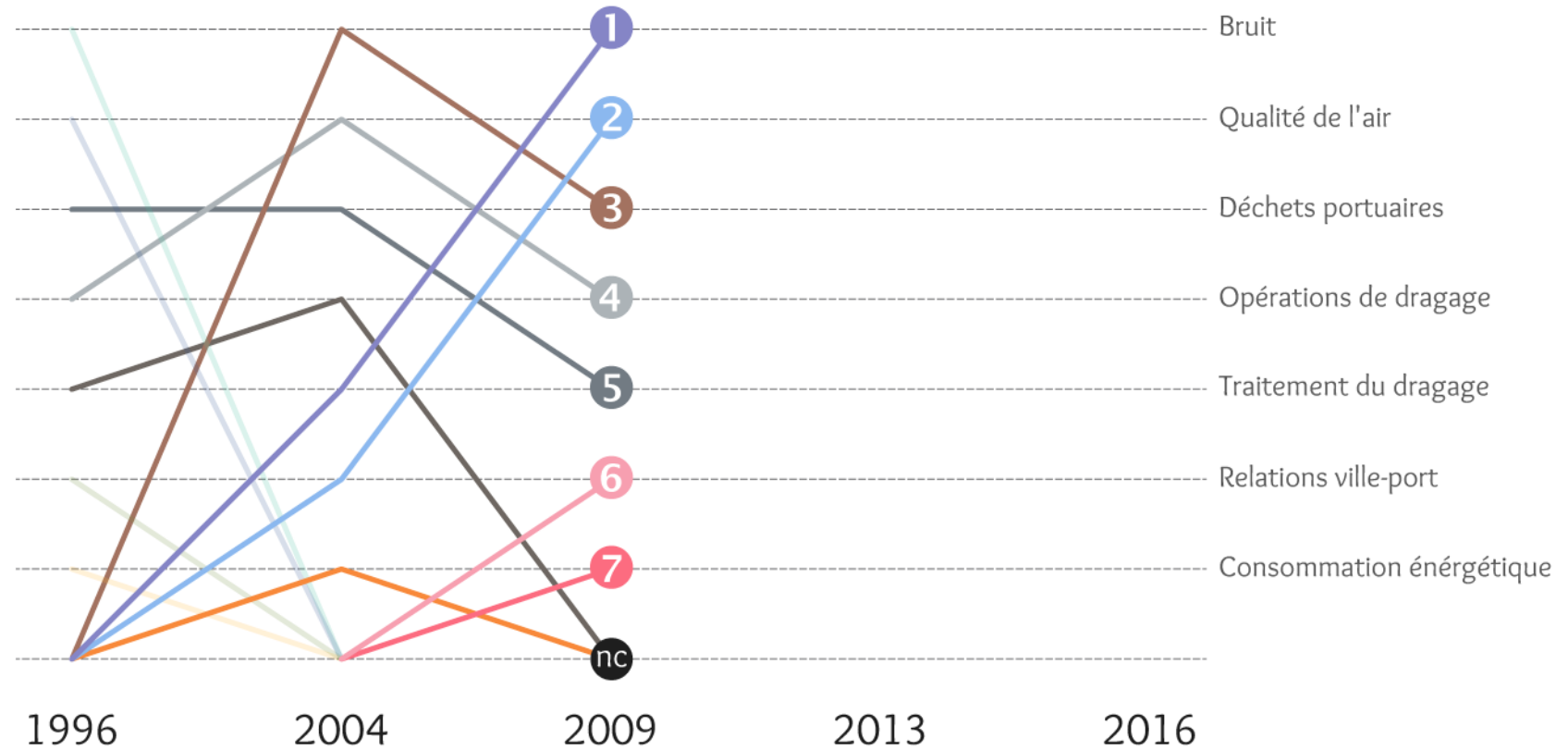
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



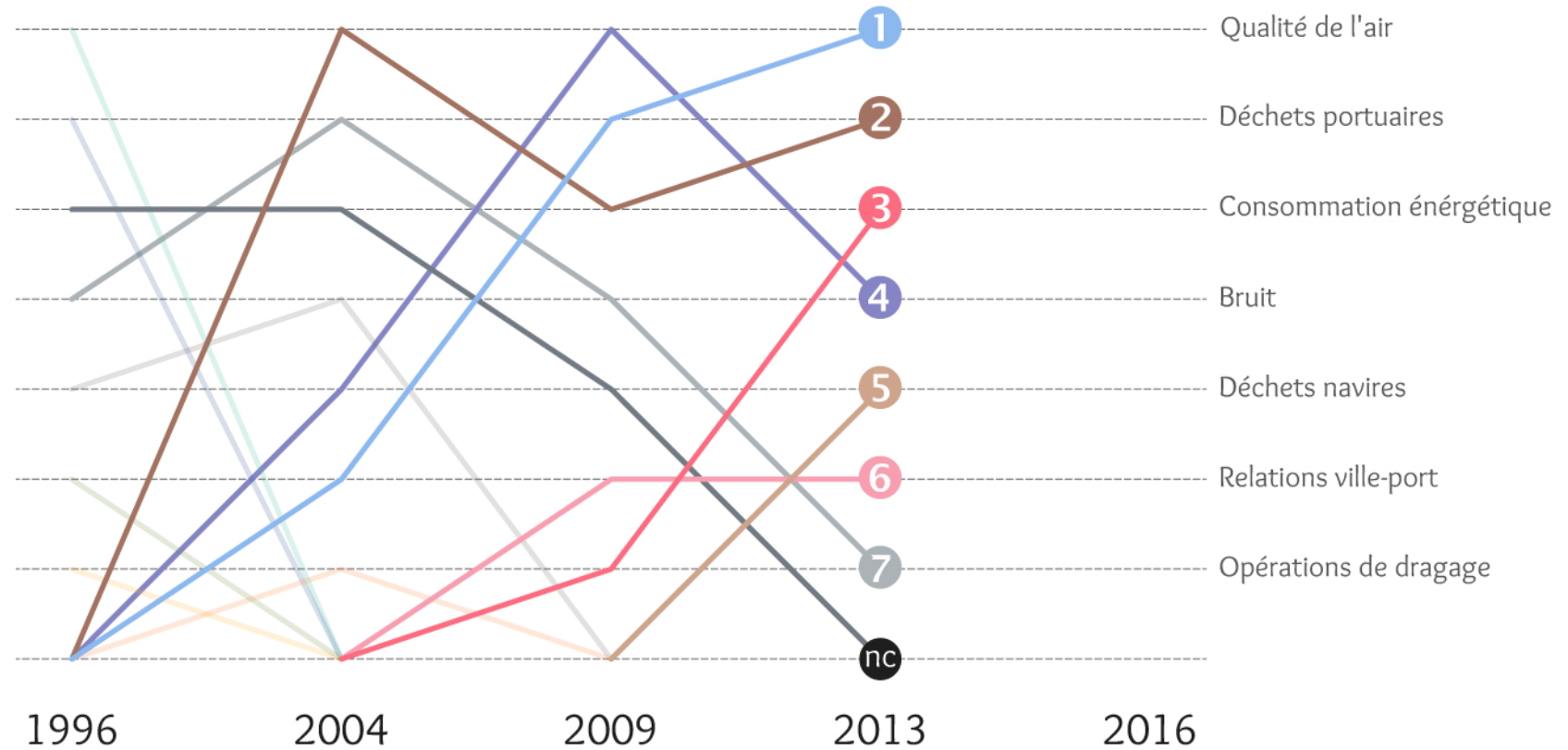
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



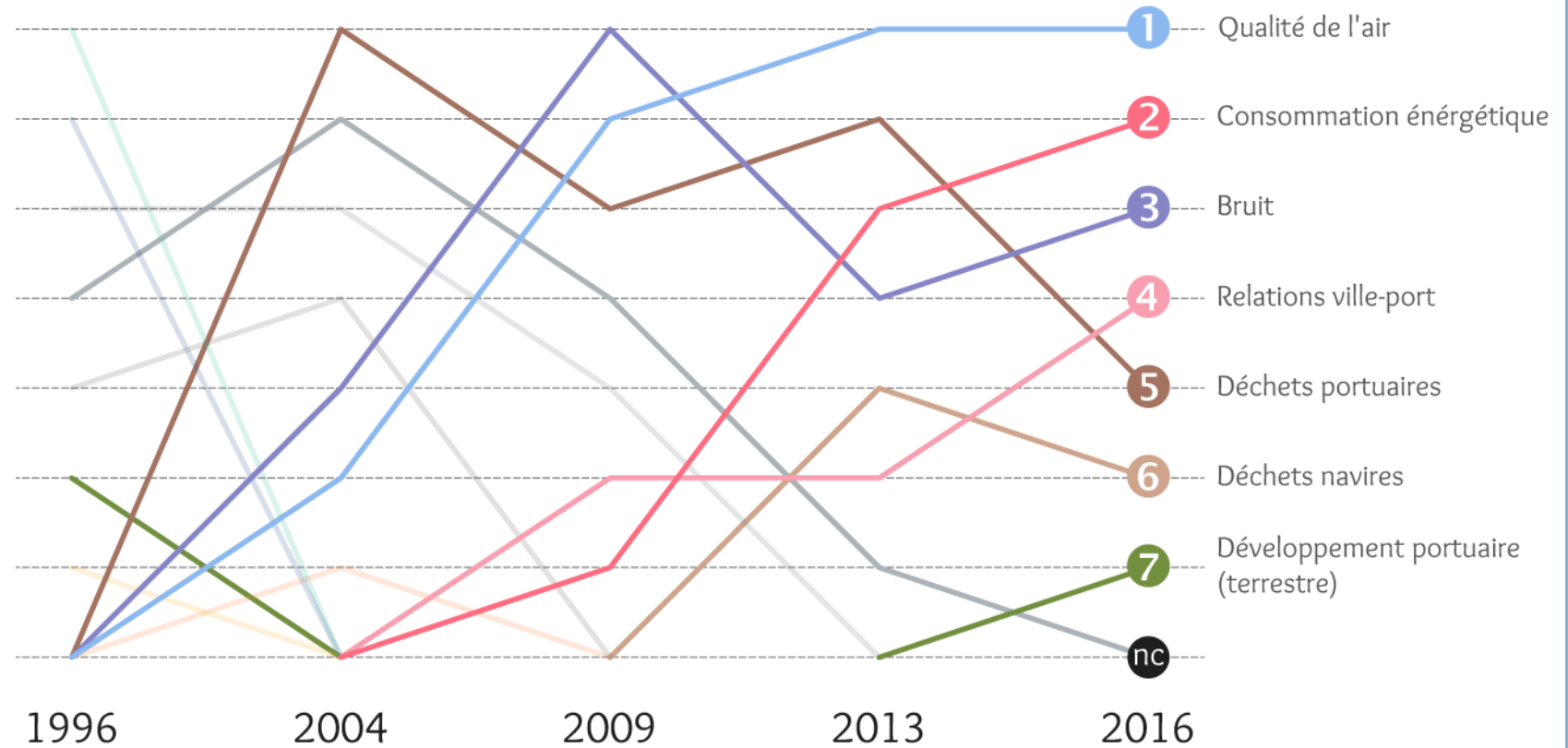
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



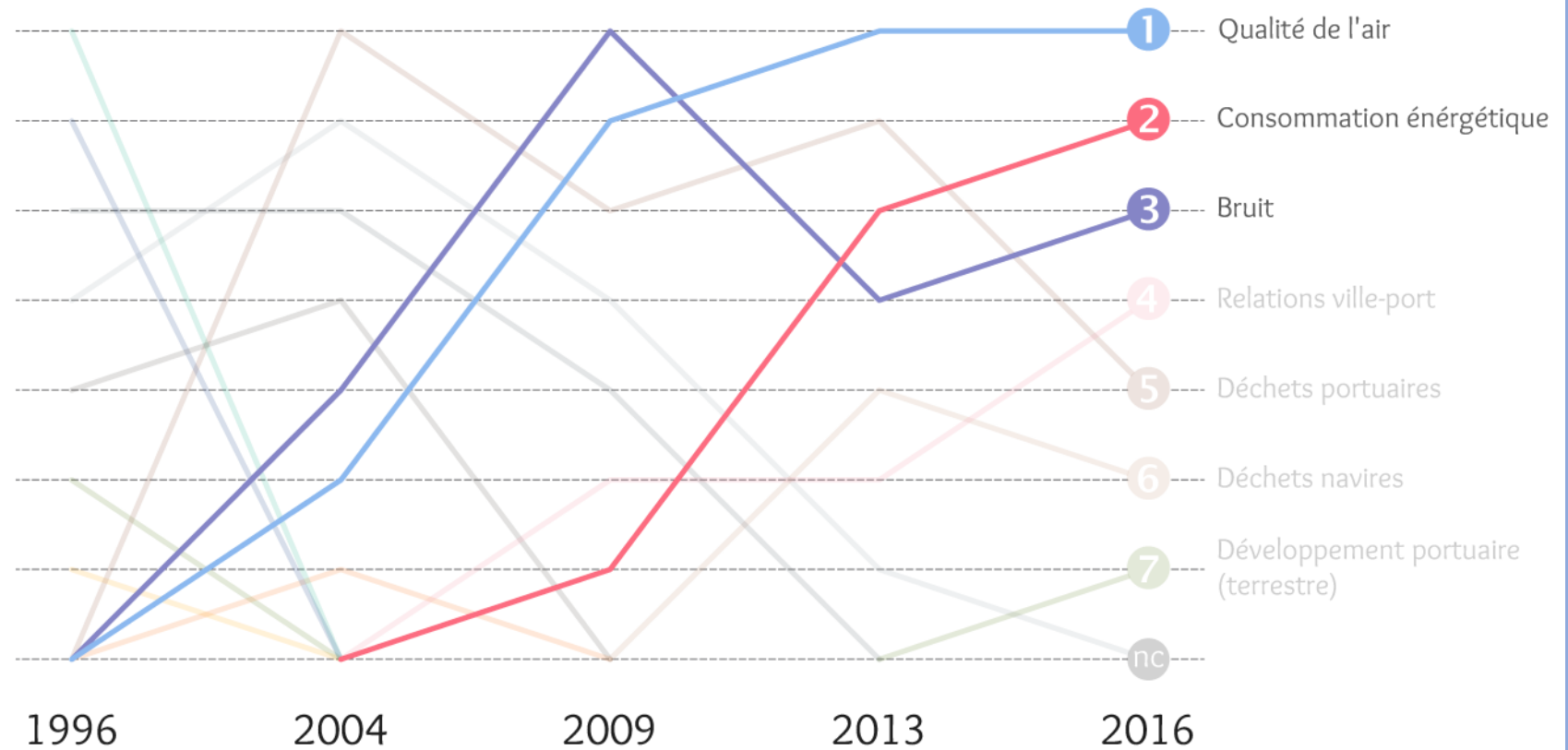
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



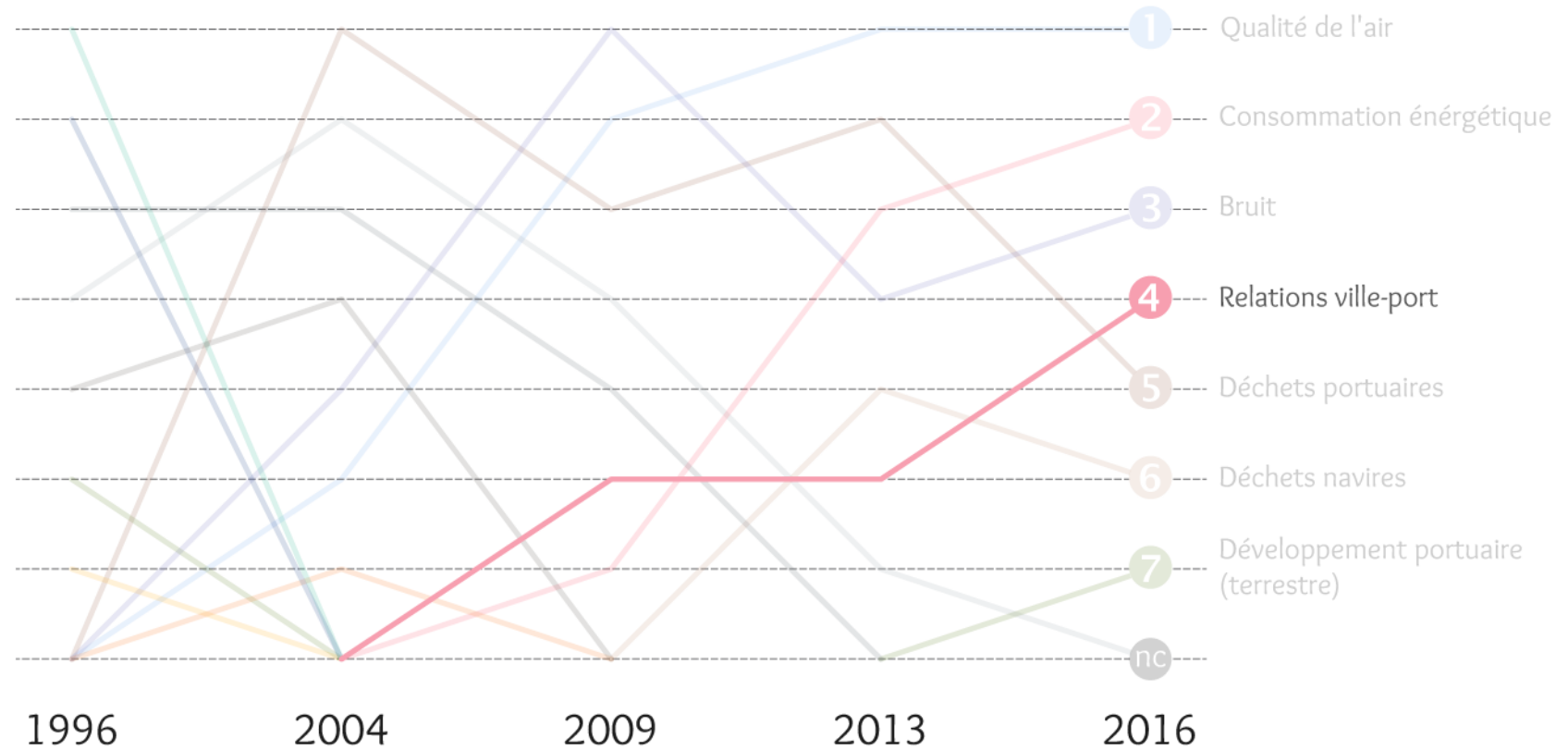
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



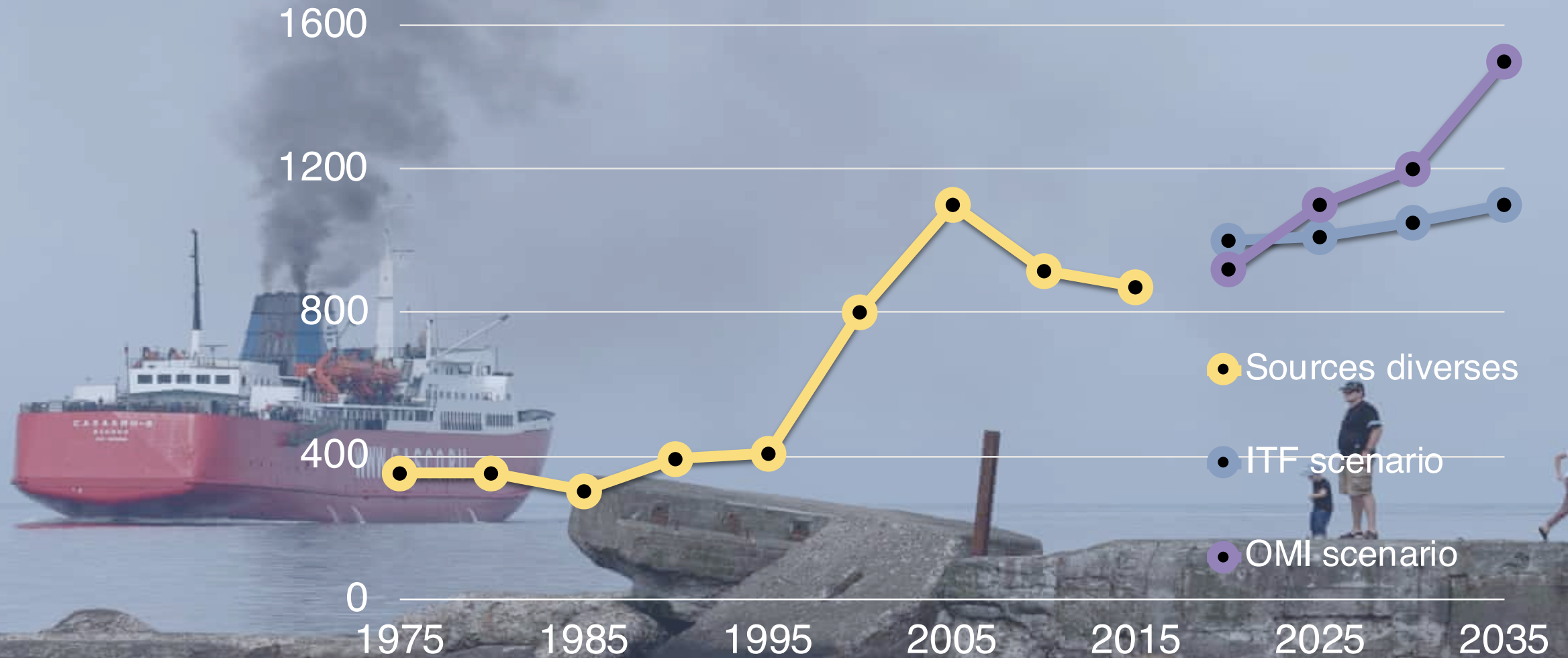
Changement de paradigme

Évolution des priorités environnementales des ports de l'ESPO 1996 - 2016



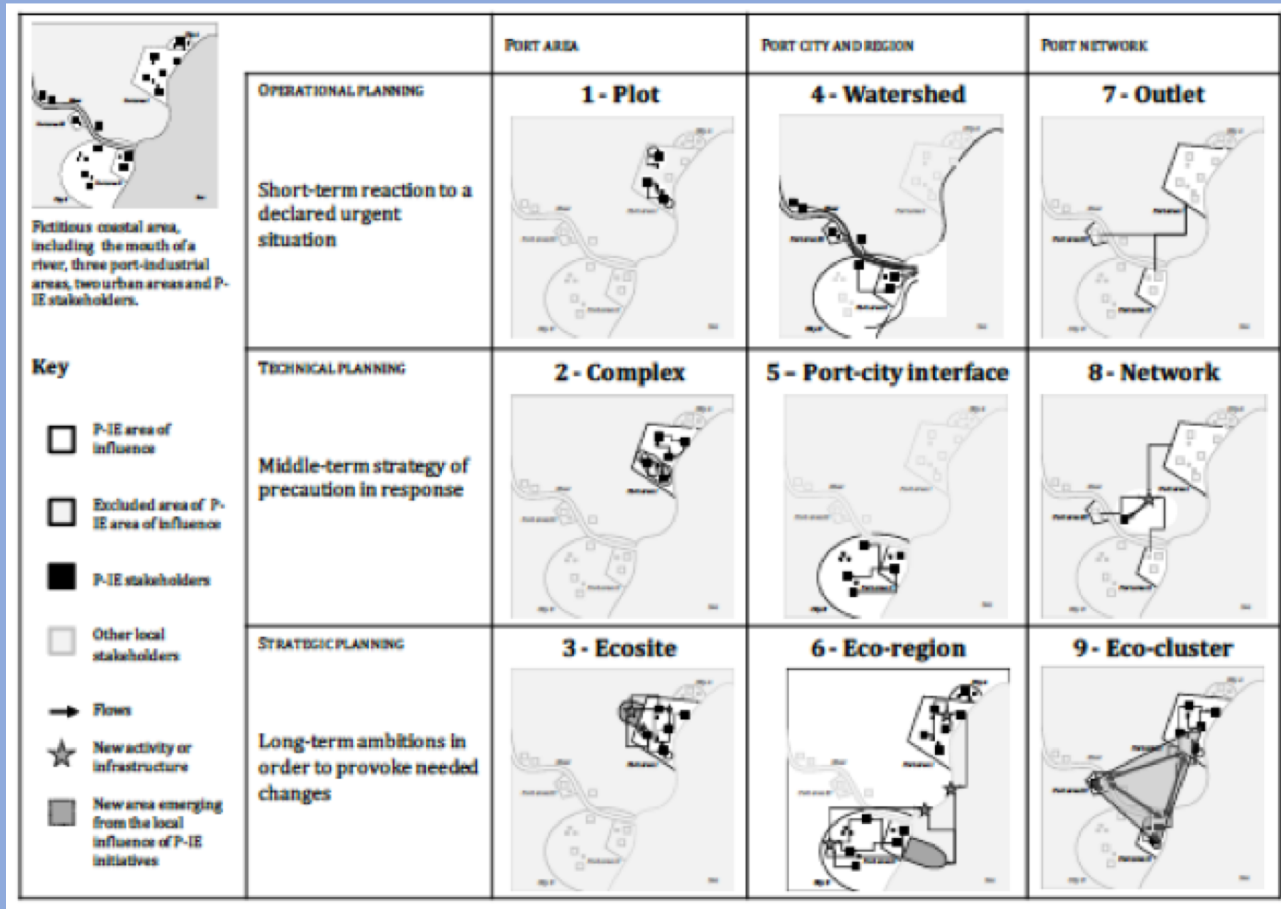
Changement de paradigme

Emissions CO₂ du transport maritime en millions de tonnes (1975-2035)



De l'emprise à l'empreinte

Ecologie industrielle et métabolisme portuaire



Gouvernance territoriale et prises de décisions multi-échelles

Système complexe

+ le territoire se dote d'outils inter-organisationnels

+ sa résilience est importante

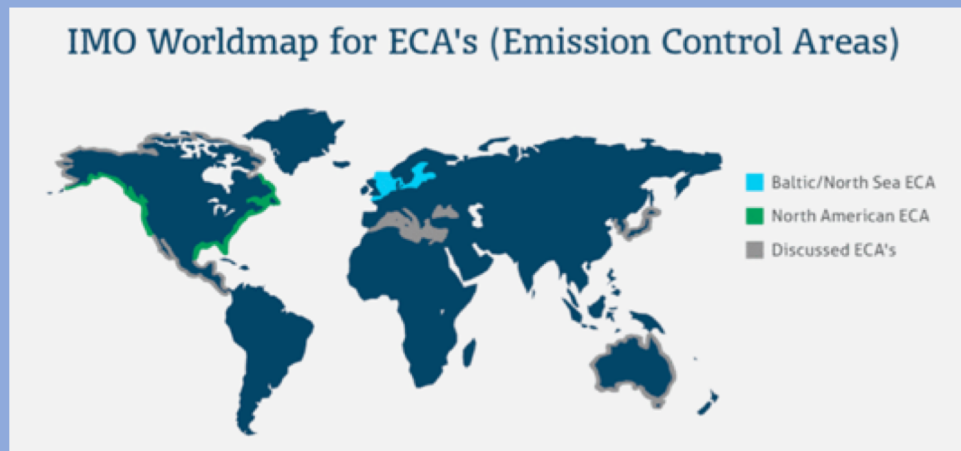
Vers une décarbonation du shipping ?

Objectifs de l'OMI

- Réduction de 50 % des GES à l'horizon 2050 (par rapport 2008)
- Réduction de 70% des émissions de CO₂
- Mais d'ici 2050 :
perspectives de croissance des émissions entre 50 et 250 %

TRAJECTOIRE REGLEMENTAIRE

- 1997 : **ECA's**
 - Horizon 2020 : 0,5% de Nox hors ECA
- 2011 : **EEDI** Energy Efficiency Index
- 2011 : **SEEMP** (Ship E.E.Management Plan)
- 2015- 2018 : OMI et UE
 - Surveillance des déclarations de consommation
- « Green » Taxe Portuaire
- COP21 : Appel au monde entrepreneurial



TRAJECTOIRE PARTENARIALE

- 2014 : **Plateforme Océan & Climat**
- 2014 : Consortium **SEA/LNG**
- 2015 : **OGCI*** (Oil and Gas Climate Initiative)
- 2016 : **Marine LNG Plattform e.V** en Allemagne
- 2017: **Plateforme GNL** en France. Fédérer les acteurs du secteur
- 2018 OMI. Mise en place du **Talanoa Dialogue**. *Plateforme d'échanges sur les initiatives en termes de réduction des émissions*
- International WinShip Association

	Solutions	Réduction potentielle des émissions de CO2
Technologiques	Choix des matériaux	0-10 %
	Design des coques	10-15 %
	Propulsion	1-25 %
	Design des bulbes	2-7 %
	Design extérieur, surfaces	2-9 %
	Gestion déchets, récupération chaleur	0-4 %
Opérationnelles	Vitesse	0-60%
	Taille navire	0-30%
	Interface portuaire	1 %
	Courant de quai	0-3 %
Carburants alternatifs	Biofuel	25-100 %
	LNG	0-20 %
	Hydrogene	0-100 %
	Electricité	0-100 %
	Vélique	1-32 %
	Solaire	0-12 %
	Nucléaire	0-100 %

Source : OMI

LA NAVIGATION A VOILE DE L'AVENIR

LA PROPULSION DES NAVIRES CONTRE LE VENT

L'histoire de la navigation à voiles montre que le système de voilure n'a pour ainsi dire pas changé depuis les temps anciens. Contrairement au développement de tous autres moyens de locomotion, on peut dire que l'utilisation du vent à la propulsion des navires est actuellement médiocre. Elle n'a certainement pas dit son dernier mot et il reste beaucoup à faire pour l'utiliser rationnellement. Le champ d'exploitation par excellence de cette « houille d'azur » est immense, c'est l'immensité de la mer, et c'est pourquoi le problème vaut la peine que la pensée s'y arrête.

Il existe actuellement une réalisation intéressante, qui permet à un bateau de naviguer directement contre le vent en se servant du vent lui-même comme énergie motrice. D'une souplesse étonnante, ce bateau à turbine aérienne permet d'évoluer avec la même facilité qu'un bateau à moteur thermique, et chose remarquable, la marche vent debout ou vent de travers est parfaite.

Principe de la navigation à voile

Avec la voile actuelle, le vent agit sur elle en arrière d'une manière analogue à l'eau frappant les aubes d'une roue en dessous. Le rendement est médiocre avec la roue en dessous; il atteint au maximum 30 p 100 de la puissance de la chute, et avec la voile il est encore inférieur, et va-

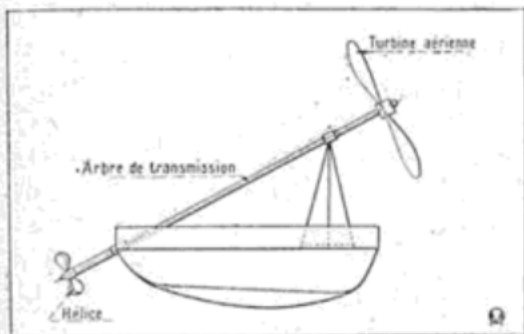


Fig. 1. — Schéma d'un radeau à commande directe.

moyen d'une turbine ou hélice aérienne et transmettre cette puissance à une hélice placée dans l'eau soit di-

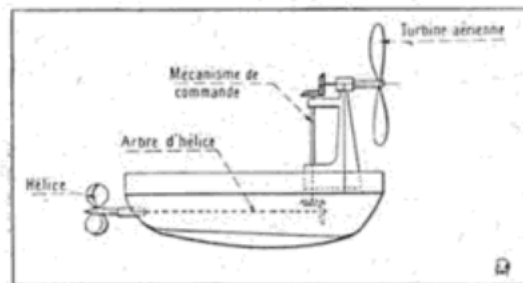


Fig. 2. — Schéma du radeau à commande indirecte.

rectement comme l'indique la figure 1, soit indirectement comme l'indique la figure 2.

Ce dernier dispositif offre l'avantage de permettre un plus grand nombre de combinaisons dans le rap-

turbine, on obtient une poussée totale résultante P_h telle que :

$$P_r = P_a + P_h$$

Cette égalité peut s'écrire :

$$\frac{P_r}{P_a} = 1 + \frac{P_h}{P_a}$$

et en appelant U le rapport $\frac{P_r}{P_a}$ on obtient finalement :

$$U = \frac{P_r}{P_a} = 1 + \frac{P_h}{P_a}$$

Or l'expérience a démontré :

- 1° Que la valeur de ce rapport U varie entre 2 et 4, 8 selon les diverses caractéristiques des turbine et hélice ;
- 2° Qu'il est facile d'obtenir que ce rapport ne descende pas au-dessous de 3,8.

La marche contre le vent possible

Propulsion éolienne : solutions techniques

Aile de Kite

- Beyond The Sea et la CMA CGM (2019 puis 2020)
- SeaWing sur la Ville de Bordeaux de LD Dreyfus (2020)

Flettner rotors (Magnus Effect)

- 5 navires en sont équipés actuellement
- Société finlandaise Norsepower
 - E-Ship 1 (Enercon), Maersk Pelican, Viking Grace

Turbovoile

- Alcyone du Commandant Cousteau



Propulsion éolienne : solutions techniques

Cargo à voile

- Neoliner. Ro/Ro transatlantique (2021) avec Renault, Bénéteau, Manitou
- Zephyr et Borée
- Towt



L'Ecoliner (FairTransport) cabinet Dykstra



TOWT
1 000 t de fret à l'horizon
2021



Le cargo à voile :
une problématique d'innovation technologique

Des approches par les coûts

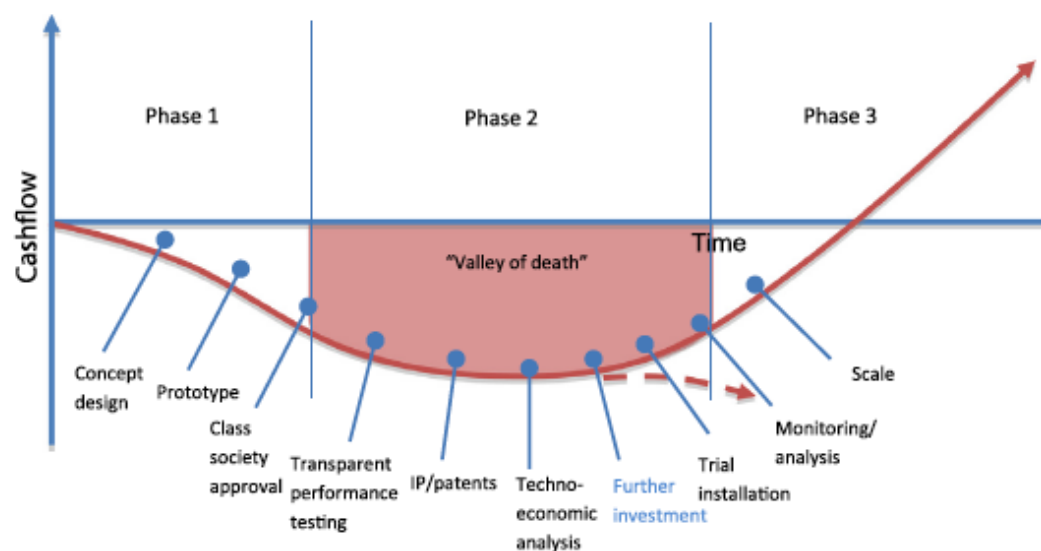


Fig. 3. Valley of death for technology providers in shipping.

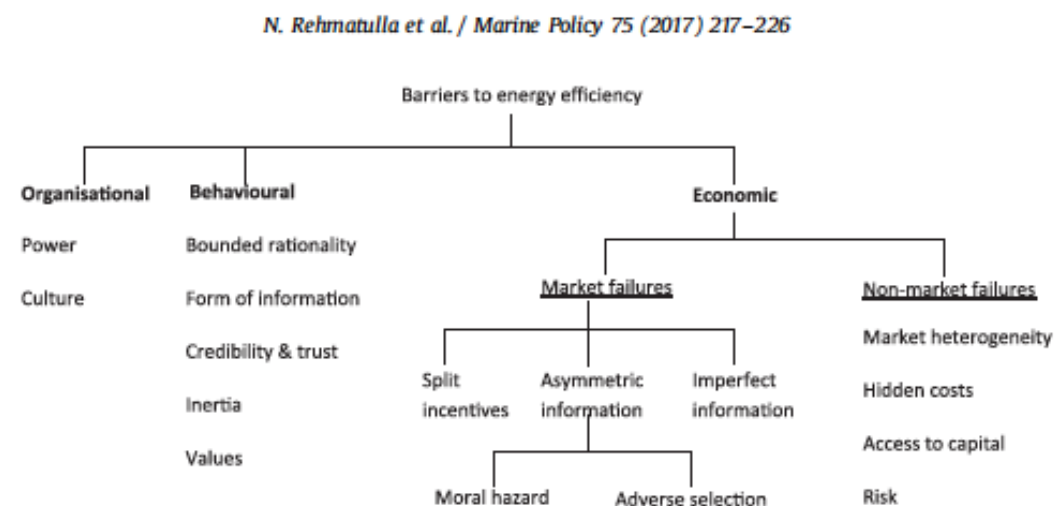


Fig. 4. Classification of barriers to energy efficiency.

Rehmatulla, N., Parker, S., Smith, T., & Stulgis, V. (2017). Wind technologies: Opportunities and barriers to a low carbon shipping industry. *Marine Policy*, 75, 217-226. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.021>

Systeme d'innovation technologique ?

- **Réseau d'interactions multi-échelles :**
 - Sphères industrielles/économiques & institutionnelles
 - Contextes variés : sociétaux, techniques, politiques, économiques (prix de l'énergie) etc...

- 7 facteurs de dynamiques :
conditionnalités ... et freins potentiels

Facteurs de dynamiques à l'innovation, dans le cas de la propulsion vélique

	Facteurs	Kite	Turbines	Voile
F1	Activités entrepreneuriales	F/M	F/M	M
F2	Développement des connaissances	F	F	F
F3	Diffusion des connaissances	F/M	F	F/M
F4	Gouvernance des recherches	M	M/H	M
F5	Incitations de marché	-	-	-
F6	Ressources mobilisées	F	F	F
F7	Création de légitimité	F	F	F

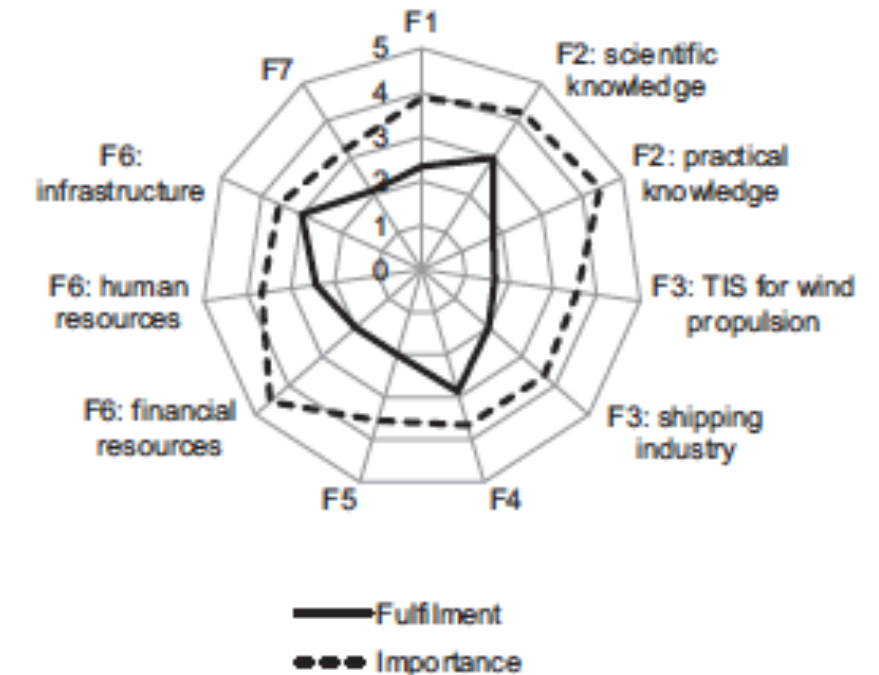


Fig. 1. Overview of system function fulfillment based on expert online interviews. F1: entrepreneurial activities; F2: knowledge development; F3: knowledge diffusion; F4: guidance of the search; F5: market formation; F6: resource mobilization; and F7: creation of legitimacy.

D'après Rojon, I., & Dieperink, C. (2014). Blowin' in the wind? Drivers and barriers for the uptake of wind propulsion in international shipping. *Energy Policy*, 67, 394-402

Propulsion vélique

Freins et leviers identifiés

	Des freins consolidés	Des leviers en émergence
Facteurs externes (hard institution)	Contexte économique Faiblesse de politiques publiques Défauts de financements	Prix de l'énergie Futures mesures de marché Emergence financements alternatifs
Soft Institution	Absence de trust, de lobby puissant Conservatisme du secteur	Multiplication des initiatives entrepreneuriales Climat sociétal favorable
Infrastructure de connaissances	Déficit d'expérimentations Absence d'intermédiation	Transition écologique Communauté maritime structurée
Infrastructure transoprt	Absence d'infrastructures dédiées	-

TOWT répond au déficit d'expérimentation

Quelques marqueurs

Création en 2011

2 A/R Transatlantiques / an

180 T. transportées en 2017

0,3 à 0,5 M€ de CA

10-12 bateaux affrétés

3 salariés



Problématique d'acceptabilité territoriale

Quel espace pour le retour d'un mode artisanal de transport maritime ?



« Scharnow turn » : trois remises en cause

1

La masse

3

La compétitivité

2

La vitesse

Anderson, K., & Bows, A. (2012). Executing a Scharnow turn: reconciling shipping emissions with international commitments on climate change. *Carbon Management*, 3(6), 615-628.

Propulsion vélique

Freins et leviers identifiés

	Des freins consolidés	Des leviers en émergence
Facteurs externes (hard institution)	Contexte économique Faiblesse de politiques publiques Défauts de financements	Prix de l'énergie Futures mesures de marché Emergence financements alternatifs
Soft Institution	Absence de trust, de lobby puissant Conservatisme du secteur	Multiplication des initiatives entrepreneuriales Climat sociétal favorable
Infrastructure de connaissances	Déficit d'expérimentations Absence d'intermédiation	Transition écologique Communauté maritime structurée
Infrastructure transpopt	Absence d'infrastructures dédiées	-

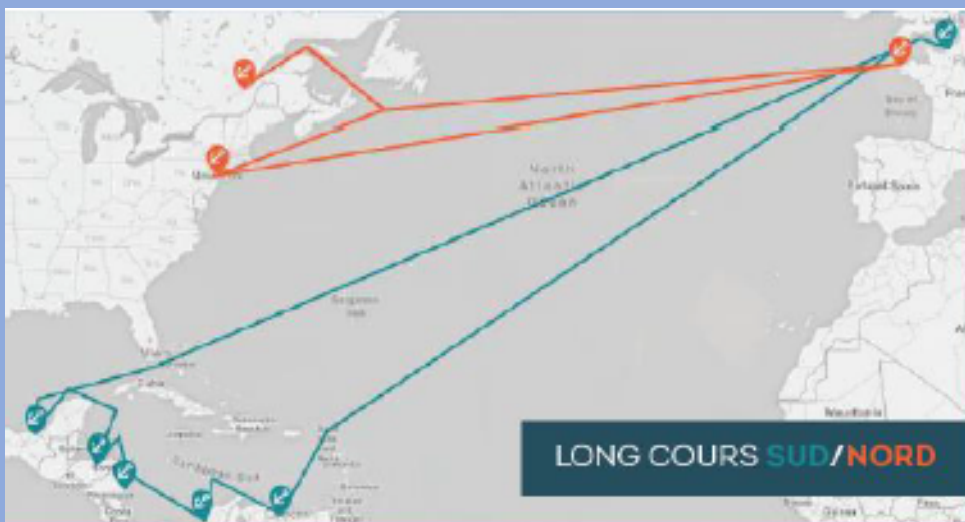
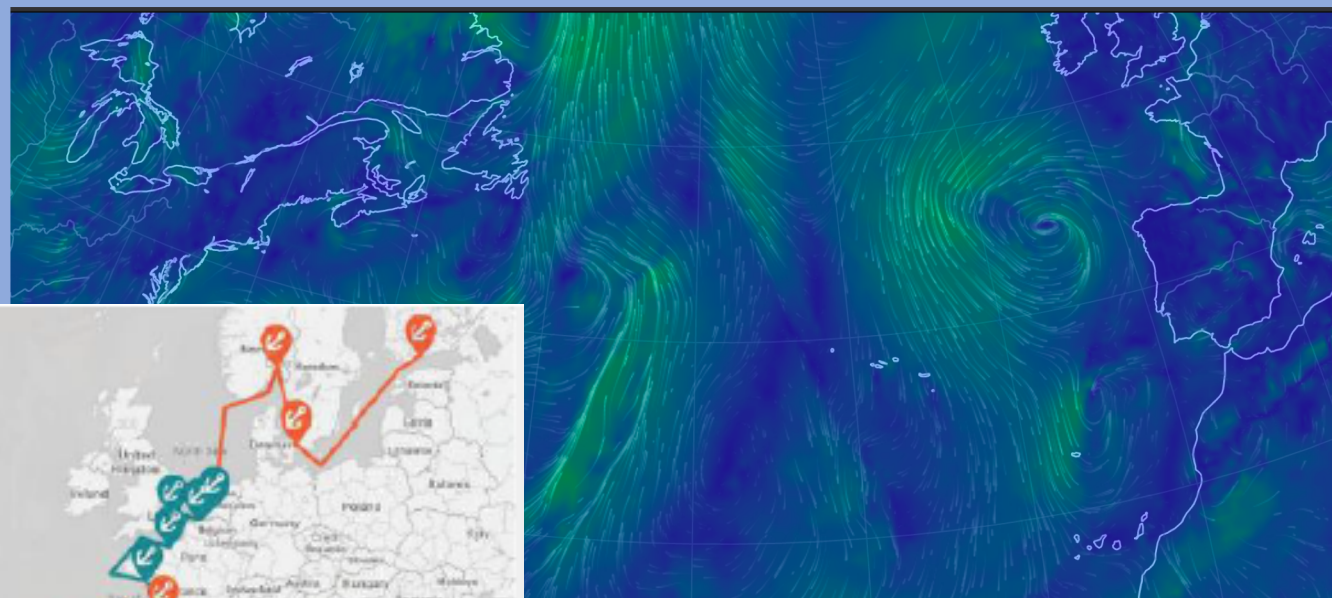
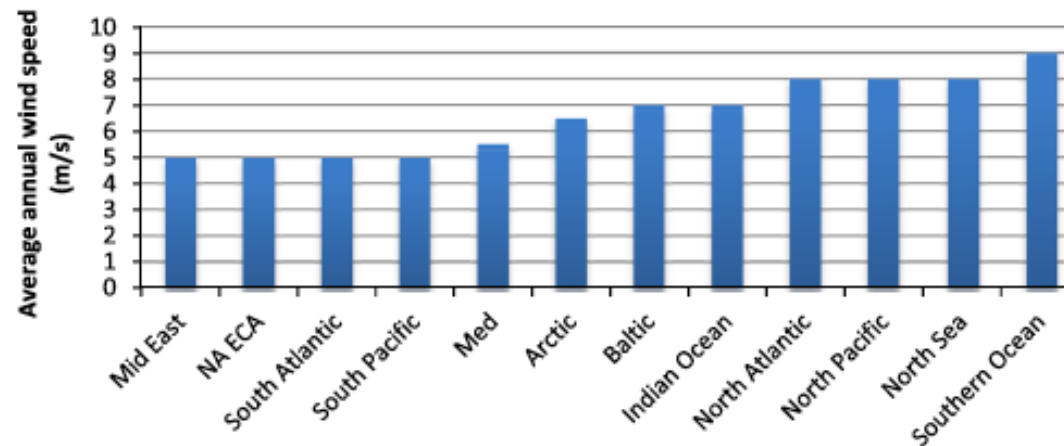
Les problématiques géographiques de la propulsion vélique

1. L'avant-pays

- Ressource éolienne
- Itinéraires

Projet **SEEMS** : *Ship Energy Efficiency Management System*

- **CEE** Certificats d'Economie d'Energie et Eaux Territoriales



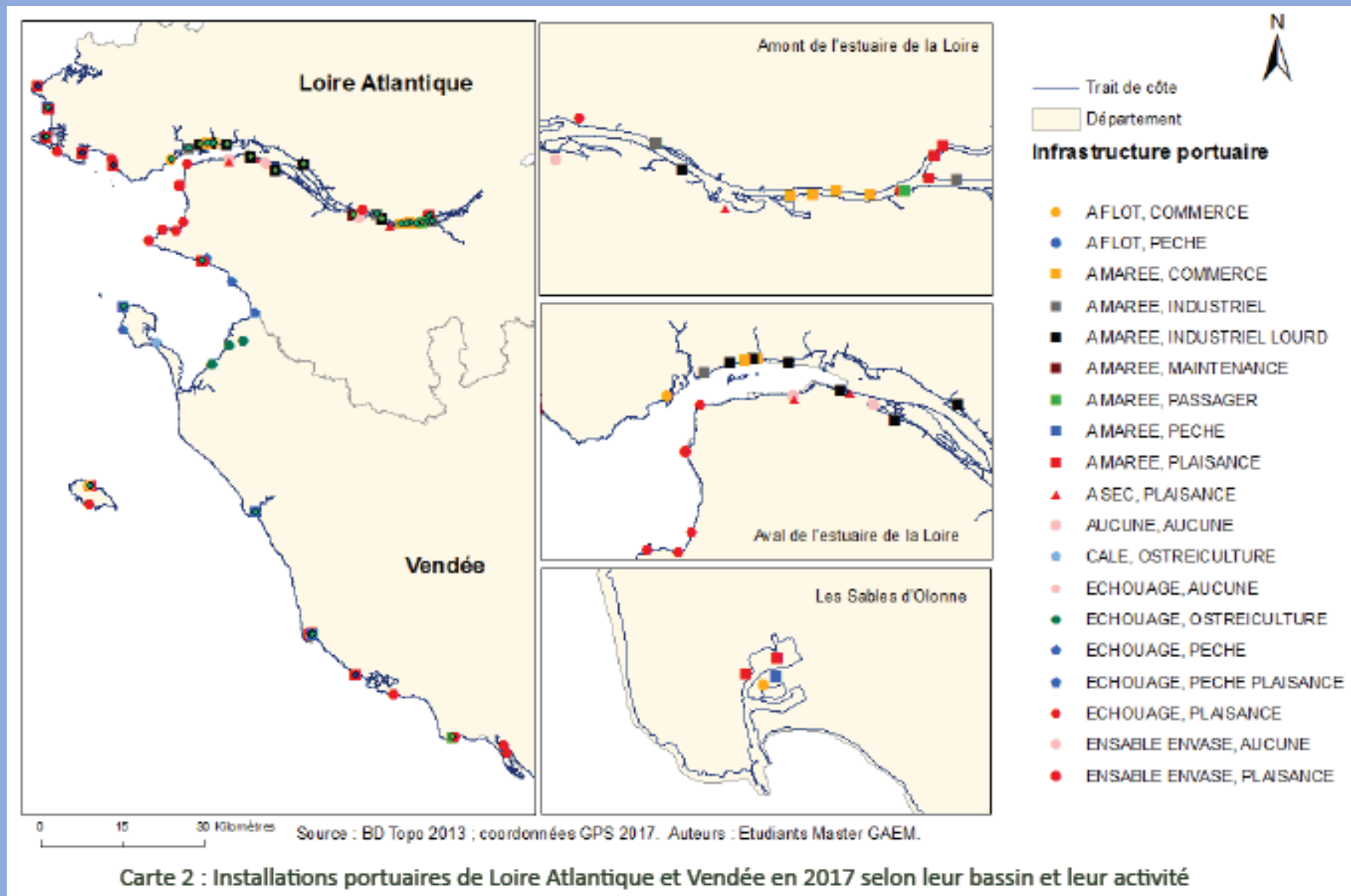
<https://earth.nullschool.net/fr>

2. L'interface portuaire

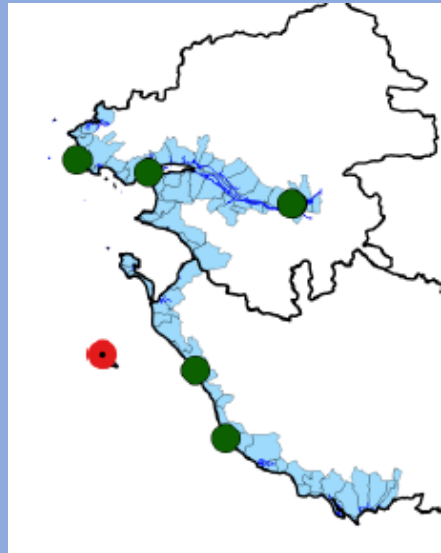
« Le port de voiliers est devenu un poids mort qui paralyse les réaménagements rationnels modernes, et qui a entraîné dans son assoupissement les quartiers très animés qui continuent de l'entourer : l'évolution de ces derniers a suivi le même cheminement ; les petits commerces qui s'y sont maintenus par routine n'y trouvent plus ni activité réelle, ni justification valable ; l'équipement collectif y est désadapté en regard des besoins actuels ; la composition sociale elle-même est marquée par cette évolution »

Vigarié A., 1961.

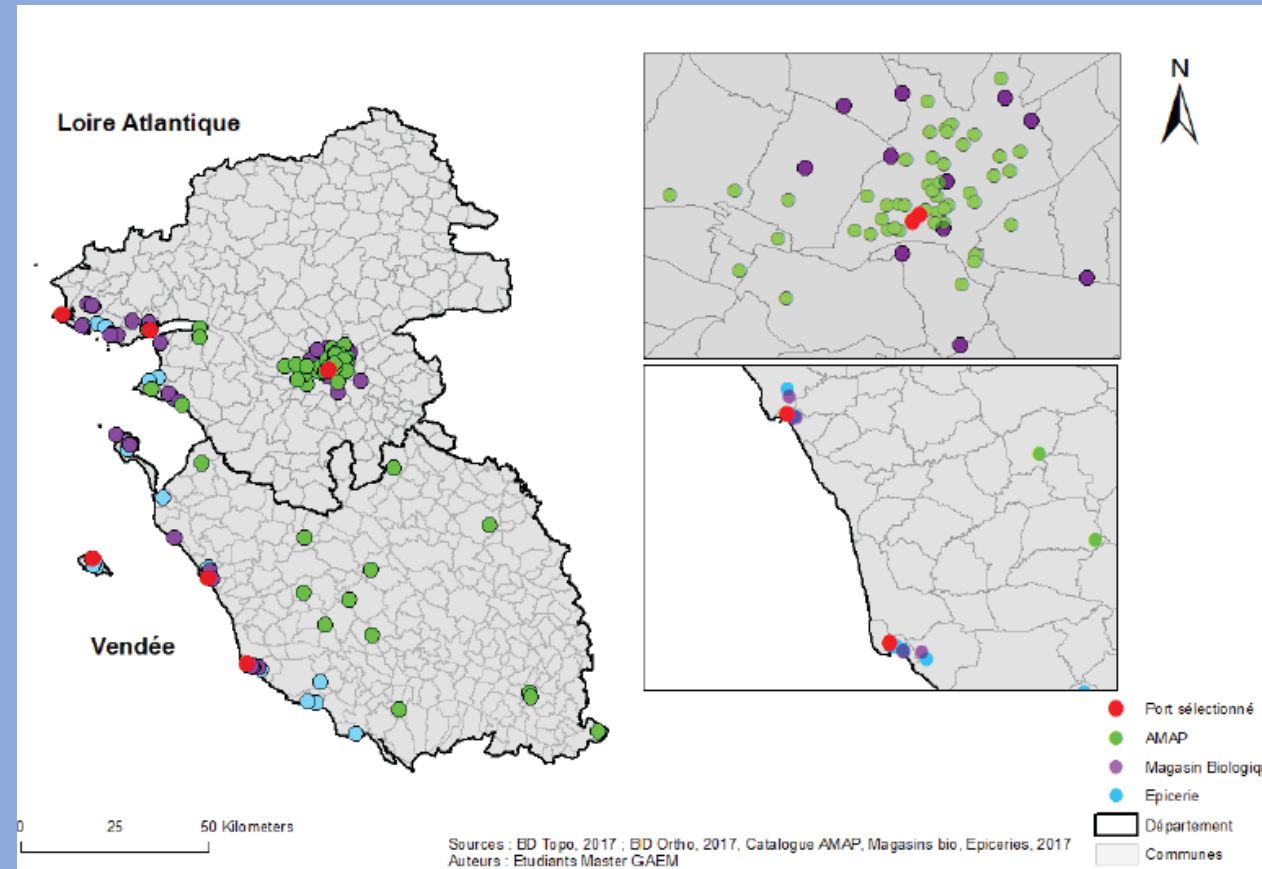
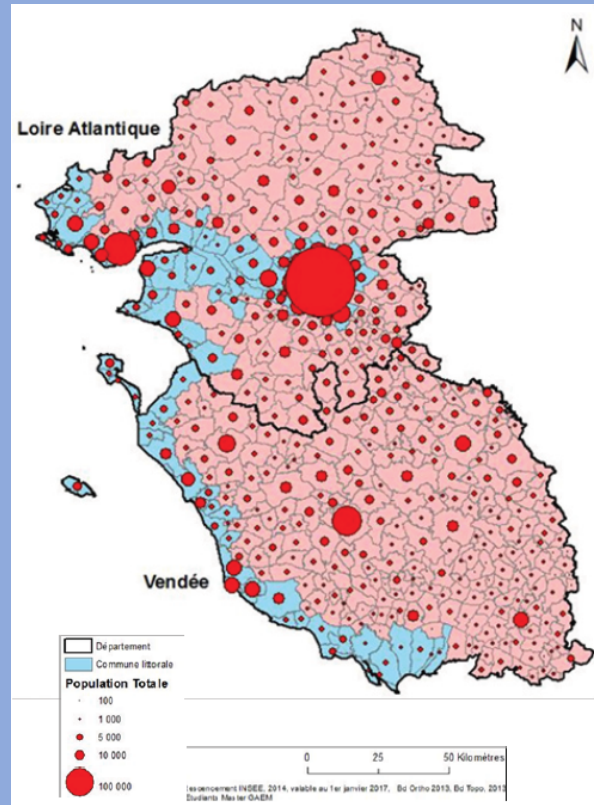
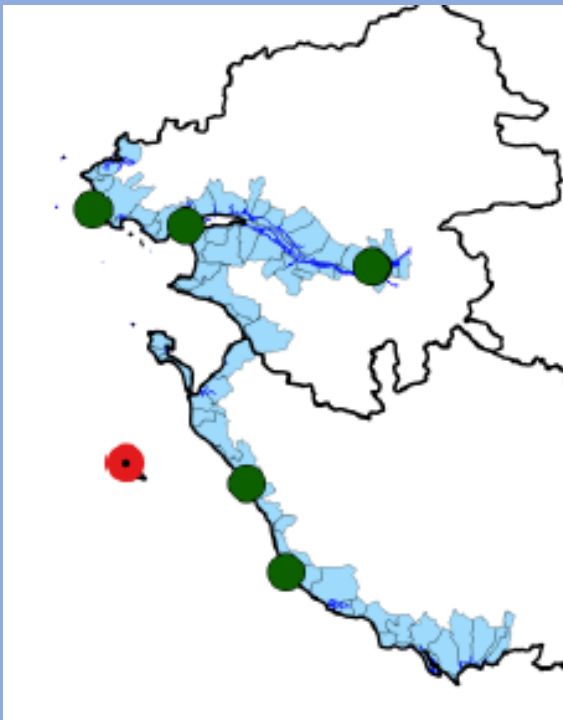
L'interface portuaire



Source : Etude de faisabilité et définition d'une méthodologie pour la mise en place d'un réseau de cabotage à la voile sur la façade atlantique européenne, Atelier Master GAEM, Université de Nantes, 2017, 124 p.



3. L'arrière-pays



Conclusion : l'utopie vélique et TOWT

- **Des problématiques techniques**
- **Des problématiques économiques**
 - Manque d'expérimentations : le rôle des pionniers dans l'innovation
 - Absence de données de base pour élaborer un modèle économique
 - Défaut de financement
 - Contexte concurrentiel du TM,
 - Percolation entre sphère académique et monde entrepreneurial (une donnée trop portée par l'ingénierie et absence d'intermédiation, scientifique ou autre)
 - Ce qui renvoie à un déficit de financement public
- **Des problématiques politiques**
 - Modestie des incitations en matière de R&D
- **Les problématiques géographiques d'une start up**
 - Des questions d'insertion territoriale
 - Des soucis de projections...