

Le projet World Seastems (2013-2019)

César Ducruet & Justin Berli / CNRS – UMR 8504 Géographie-cités

Mattia Bunel / COGIT-IGN

Avec la participation de Sébastien Haule, Romain Martin & Marie Metge (CNRS)



Nature et objectifs du projet

European Research Council Starting Grant No. 313847

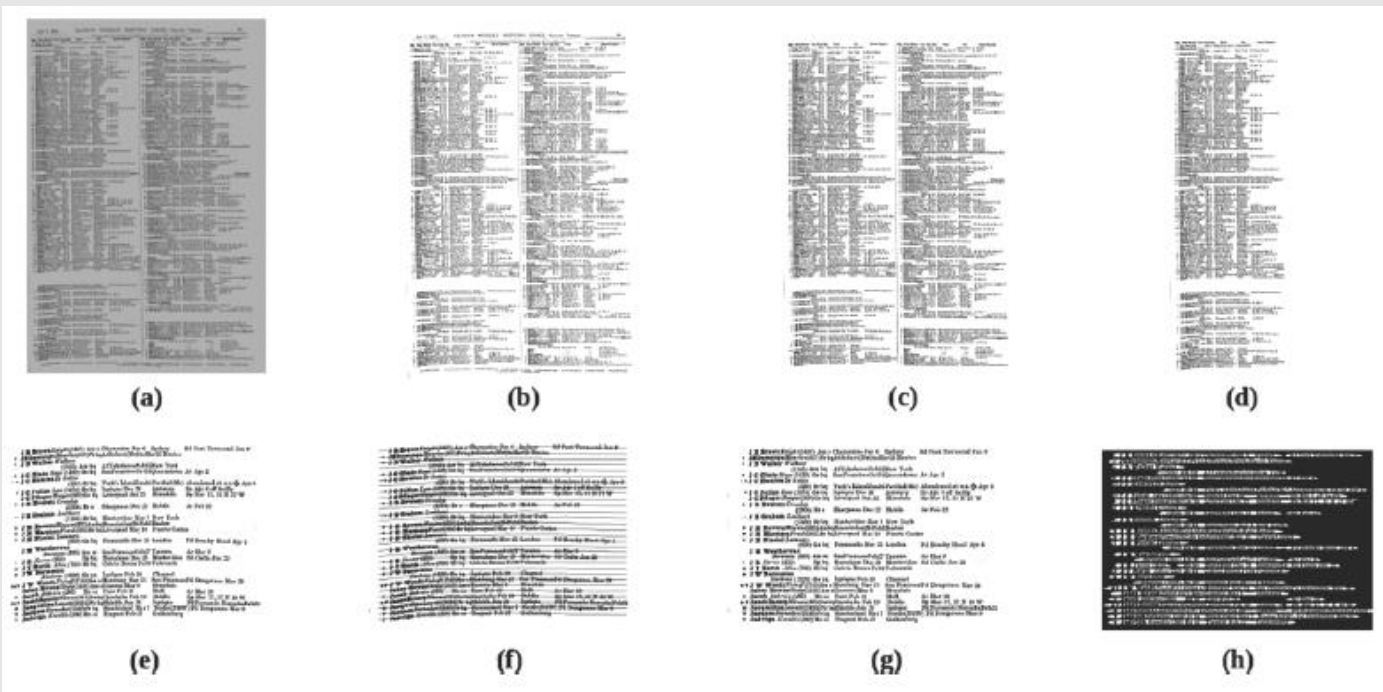
- www.world-seastems.cnrs.fr
- <https://www.facebook.com/worldseastems/>



A partir du corpus d'archives inexploité de *Lloyd's List* sur les mouvements quotidiens des navires de commerce sur le globe depuis 1880, 5 grands axes de recherche:

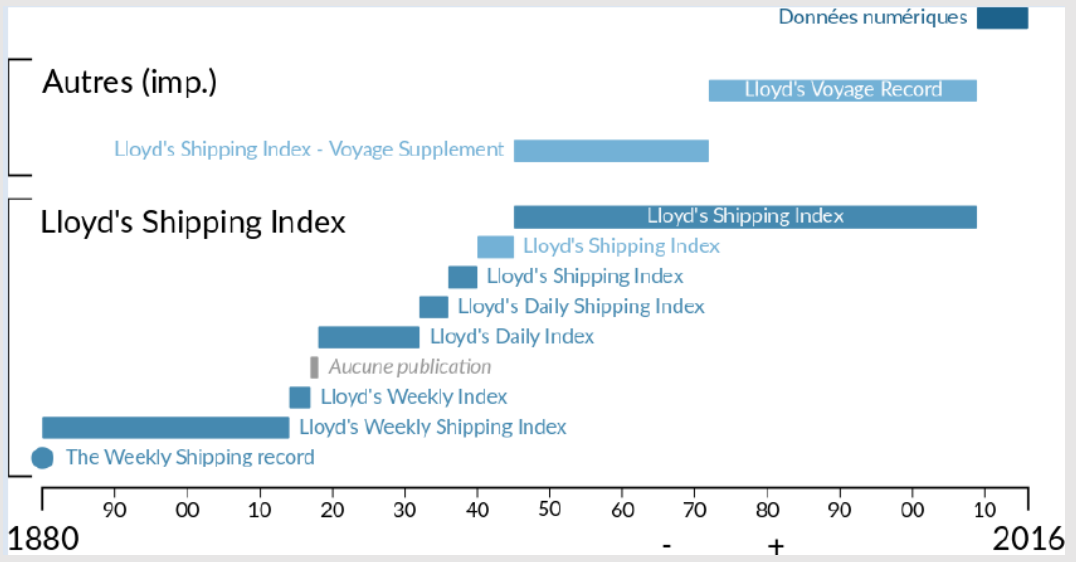
- Mettre au point un logiciel OCR spécifique pour l'extraction de ce corpus en vue de l'élaboration d'une BD spatio-temporelle
- Fournir une cartographie précise de l'évolution des routes maritimes mondiales sur la période contemporaine
- Décrire l'évolution du réseau maritime mondial sous l'angle de la théorie des graphes et des réseaux « complexes »
- Analyser ces flux comme marqueurs et vecteurs d'évolutions économiques, politiques, technologiques du système-monde dans son ensemble (régionalisation, centres et périphéries), de chocs majeurs (crises, guerres, etc.)
- Comprendre les interdépendances à l'œuvre entre flux maritimes, villes portuaires et non-portuaires, et autres types de réseaux (ex : réseau routier mondial)

Un système OCR dédié



Ship Name (Fr)	Destination (Fr)	Date (Fr)	Ship Name (En)	Destination (En)	Date (En)
Sd London	Apr 1		Sd Pulo Sambu	Mar 2	
Admiral Nelson (Du)	Sd Barry	Mar 23	Ar Fremantle	Mar 11	
Ar Guernsey	Mar 28		Sd Fremantle	Mar 17	
Sd Guernsey	Mar 28		Ar Singapour	Mar 25	
Ar London	Mar 30				
Sd London	Mar 30				
Admiral Chase (Br)	Sd Sydney	Mar 28			
Admiral Codrington (Br)	Sd London	Jan 31			
Ar Thames Haven	Jan 31				
Sd Thames Haven	Jan 31				
Ar Curacao	Feb 22				
Sd Curacao	Feb 22				
Pd Panama Canal	Feb 28				
Ar Seattle	Mar 14				
Sd Seattle	Mar 31				
Admiral Cunningham (Br)	Sd London	Jan 25			
Ar Glasgow	Feb 17				
Sd Glasgow	Feb 23				
Ar Oman	Mar 18				
Sd Oman	Mar 18				
Ar Port Said	Mar 25				
Ar Port Said	Mar 25				
Ar Aden	Apr 1				
Sd Aden	Apr 1				
Admiral Fraser (Br)	Sd Hamburg	Mar 16			
Ar Bremen	Mar 17				
Sd Bremen	Mar 18				
Ar Antwerp	Mar 19				
Sd Antwerp	Mar 21				
Ar Amsterdam	Mar 22				
Sd Amsterdam	Mar 25				

ENGLAND (E. Coast)	
Berwick (River Tweed)	55 46 N 1 59 W
Holy Island	55 40 N 1 48 W
Farne Islands	
Longstone Light	55 39 N 1 37 W
Seahouses	
Craster	55 28 N 1 35 W
Ainmouth	55 23 N 1 37 W
Warkworth (Ambic)	55 21 N 1 35 W
Coquet Island	55 20 N 1 32 W
Newbiggin	
Blyth	55 8 N 1 30 W
Monkseaton	
Cullercoats	55 2 N 1 26 W
River Tyne	
Tynemouth	55 1 N 1 24 W
North Shields	55 1 N 1 26 W
South Shields	
Tyne Dock	
Jarrow	
Willington	
WallSEND	
Pelaw	
Felling	
Newcastle	54 58 N 1 35 W
Gateshead	
Dunston	
Derwenthaugh	
River Wear	
Sunderland	54 55 N 1 21 W
Seaham	54 50 N 1 19 W
Hartlepool	
West Hartlepool	54 41 N 1 11 W

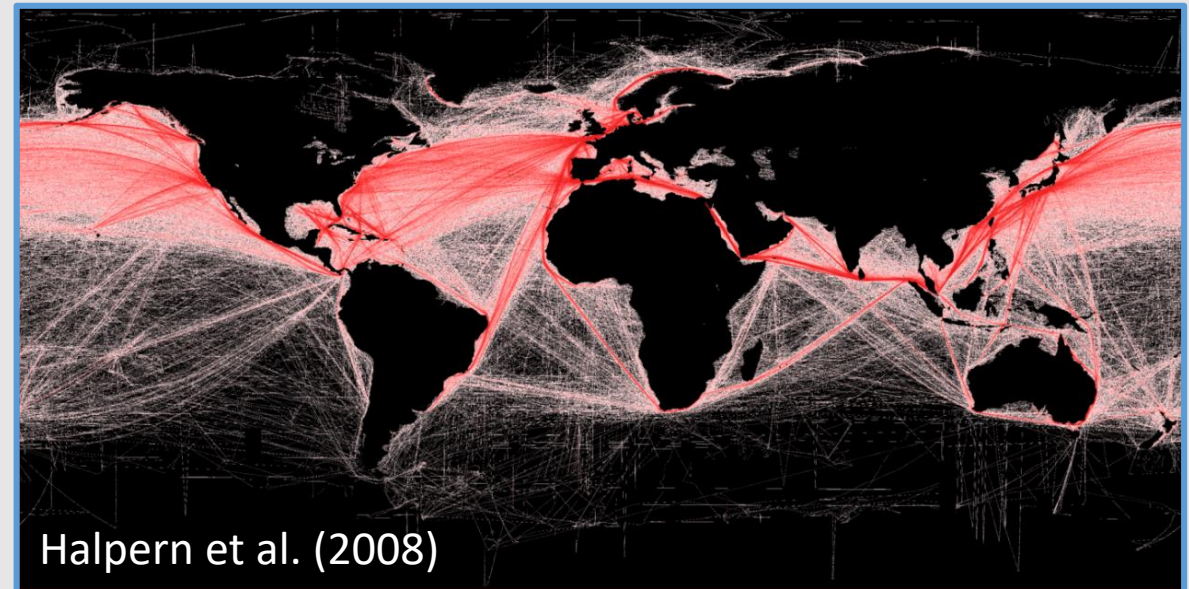
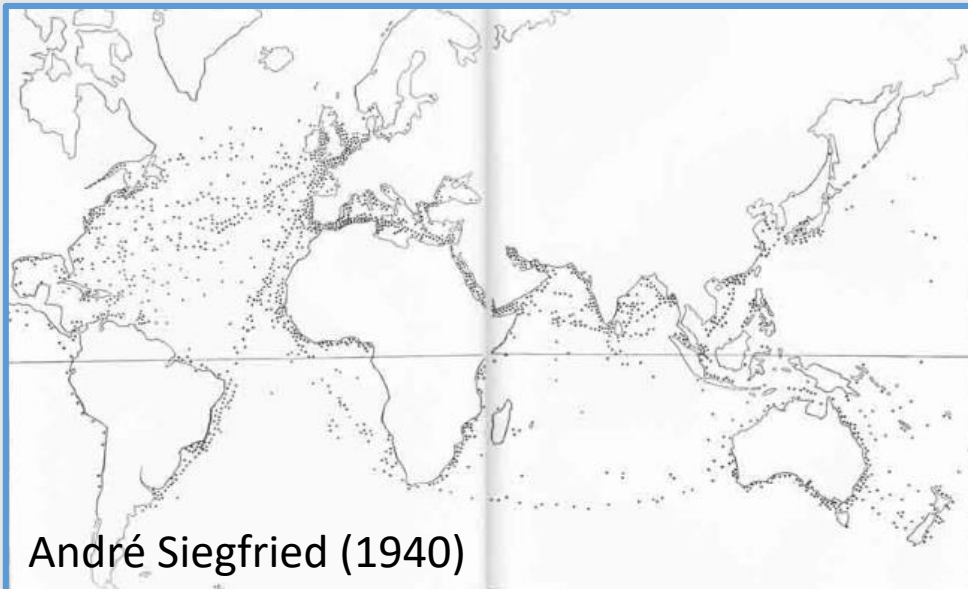


- Difficulté et fort coût d'acquisition des sources
- Deux appels d'offre successifs
- Utilisation de méthodes de pointe (réseaux de neurones, réseaux convolutifs)
- Interface utilisateur déjà au point
- Exploitation de sources complémentaires (toponymes et coordonnées géographiques) : *Lloyd's Maritime Atlas*
- Accès à une grille de calcul pour des traitements massifs

La cartographie des flux et « routes »

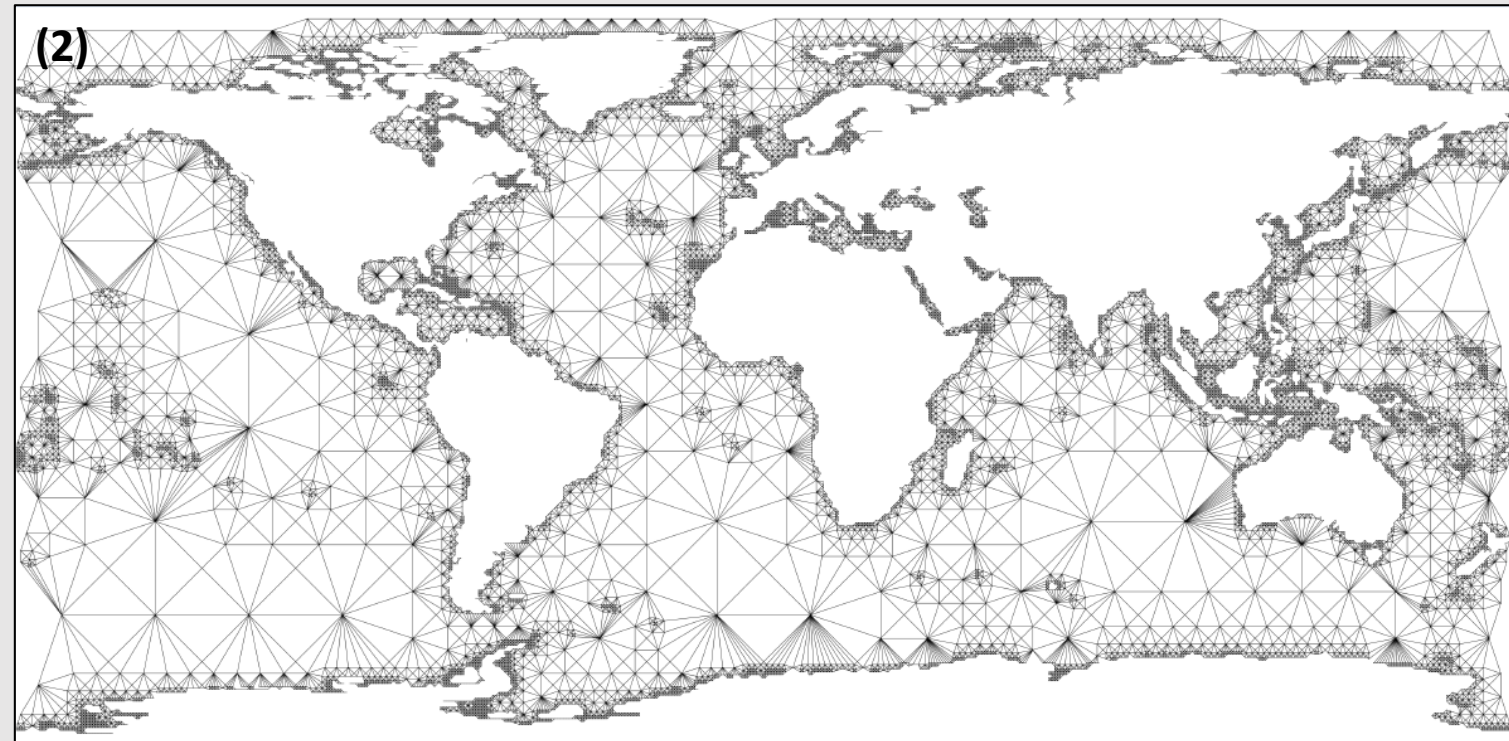
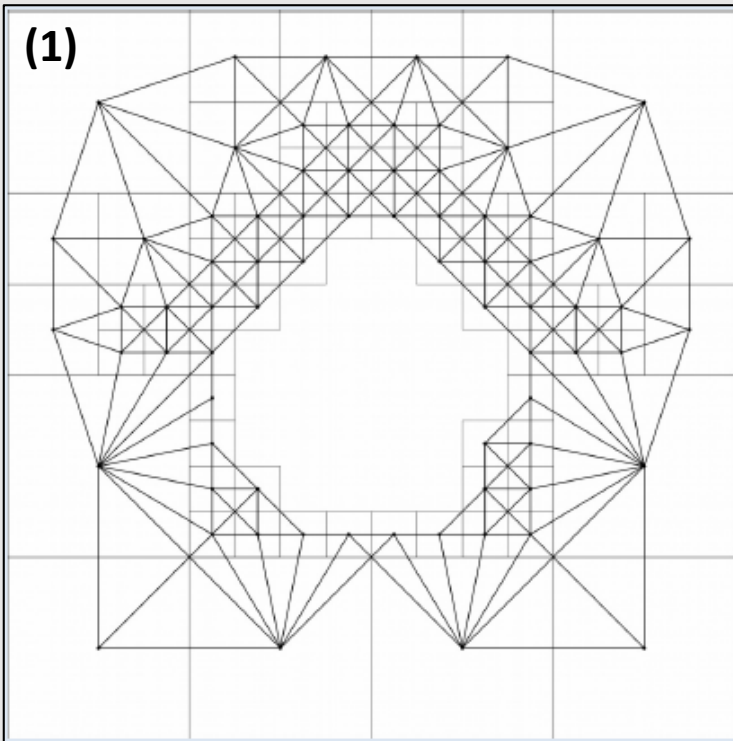
Trois constats de départ :

- Absence frappante d'une cartographie précise et rigoureuse des flux maritimes mondiaux des années 1940 aux années 2000 toutes disciplines confondues, à de rares exceptions
- Emergence de nouvelles données maritimes radar et satellite, évolution des outils d'analyse et de la puissance de calcul informatique
- Recrudescence des visualisations en ligne de données maritimes variées : approches dispersées et analyses relativement superficielles



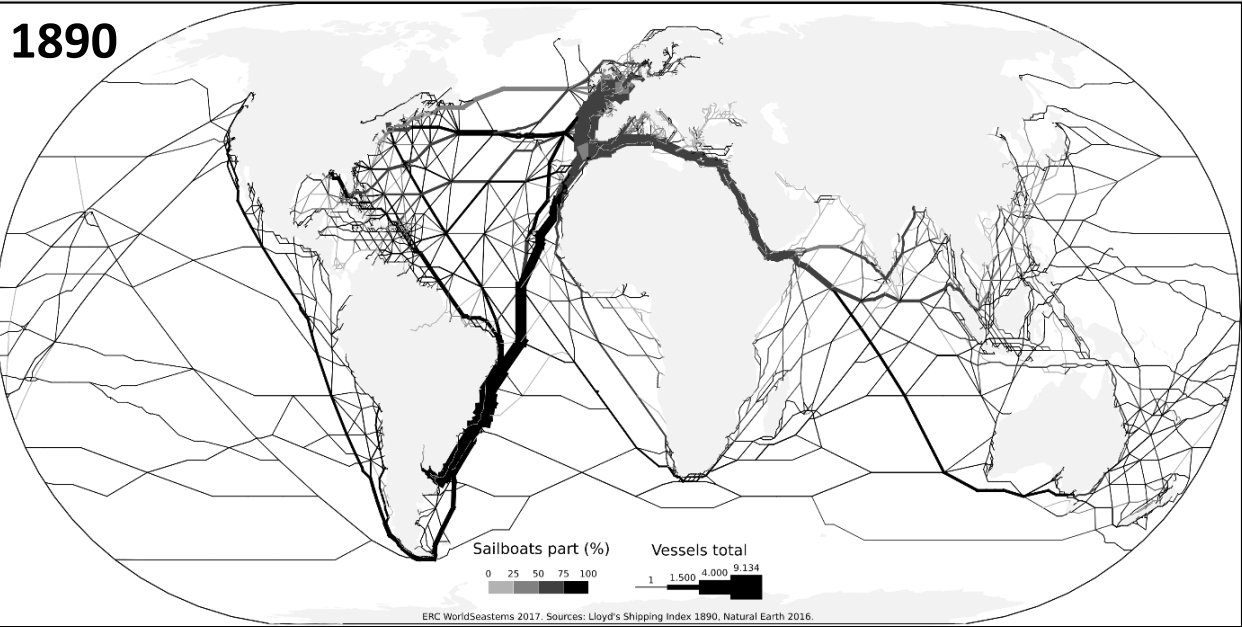
Elaboration d'une grille virtuelle « support » et d'un géoportail (Geoseastems)

- Choix techniques: nécessité de développer des outils ad hoc, pas de solution clé en main, utilisation de logiciels libres : postgres, postgis (geos, sfcgal), pg_routing et python, Natural earth 1:50m (continents, lacs, fleuves, côtes...)
- Création d'une grille à laquelle sont affectés les flux port1-port2 pour respecter le contour des côtes et se rapprocher de la réalité du « terrain » (optimisation des trajets, plus courts chemins, etc.)
- Application du « voisinage de Moore » **(1)** : 7 itérations, extraction des cellules, de leurs centroïdes, création des liens transpacifiques, création des liens **(2)**
- Test et correction des anomalies : transformation de la grille en graphe (networkx), dénombrement des composantes, regroupement des nœuds de la grille selon leur appartenance à une composante, création d'un lien entre chaque composante et la composante de taille supérieure la plus proche, généralisation des fleuves et des lacs, liens grille-ports, création d'un réseau avec pg_routing

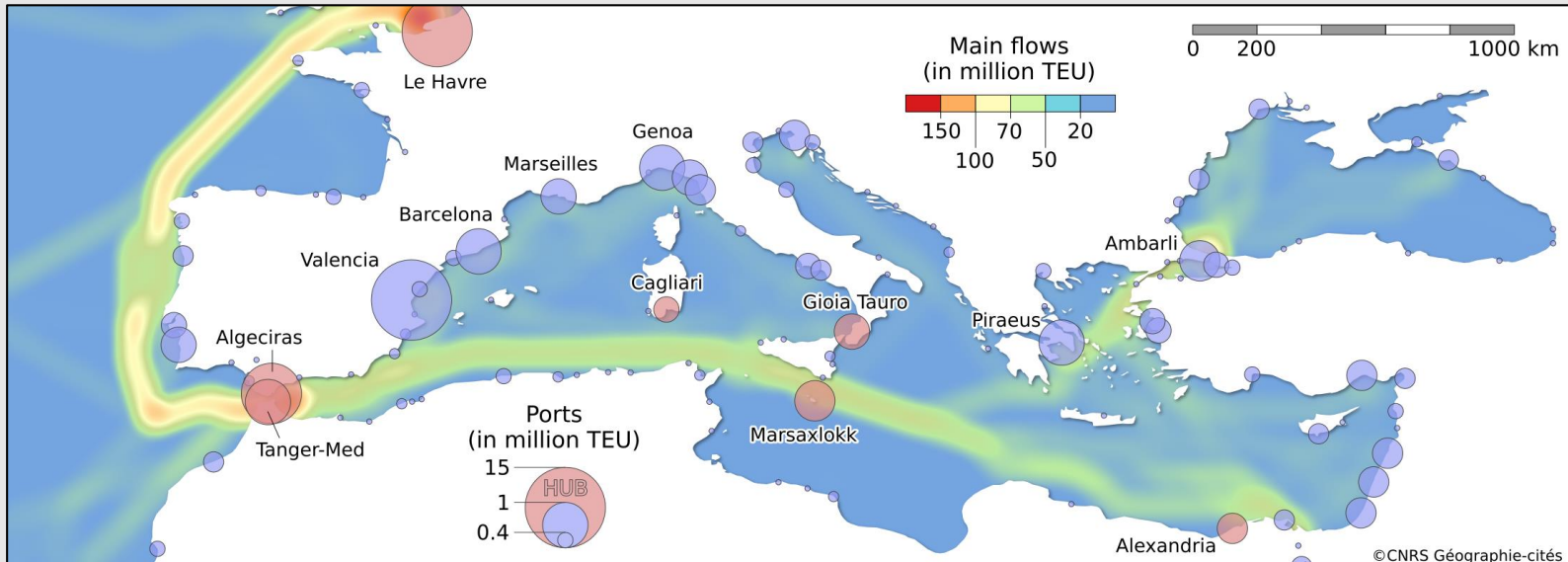
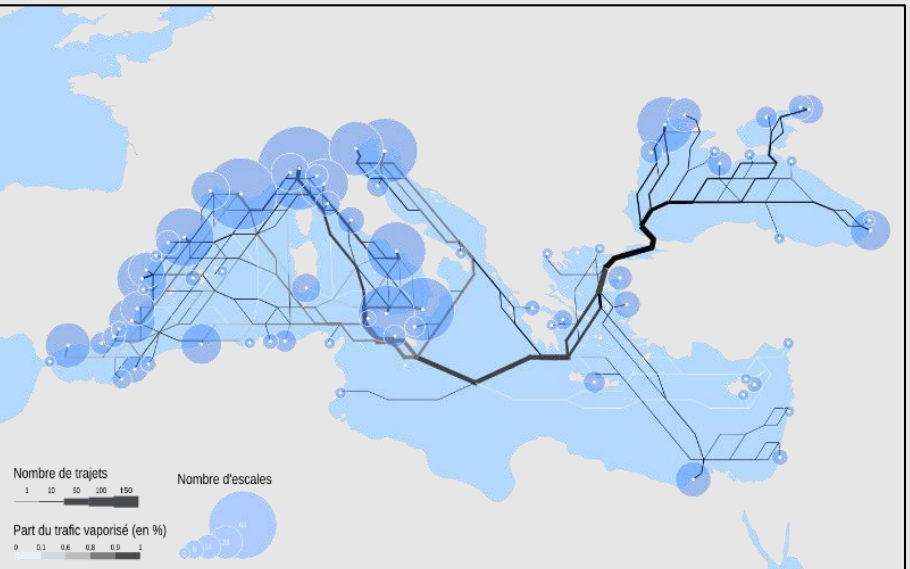
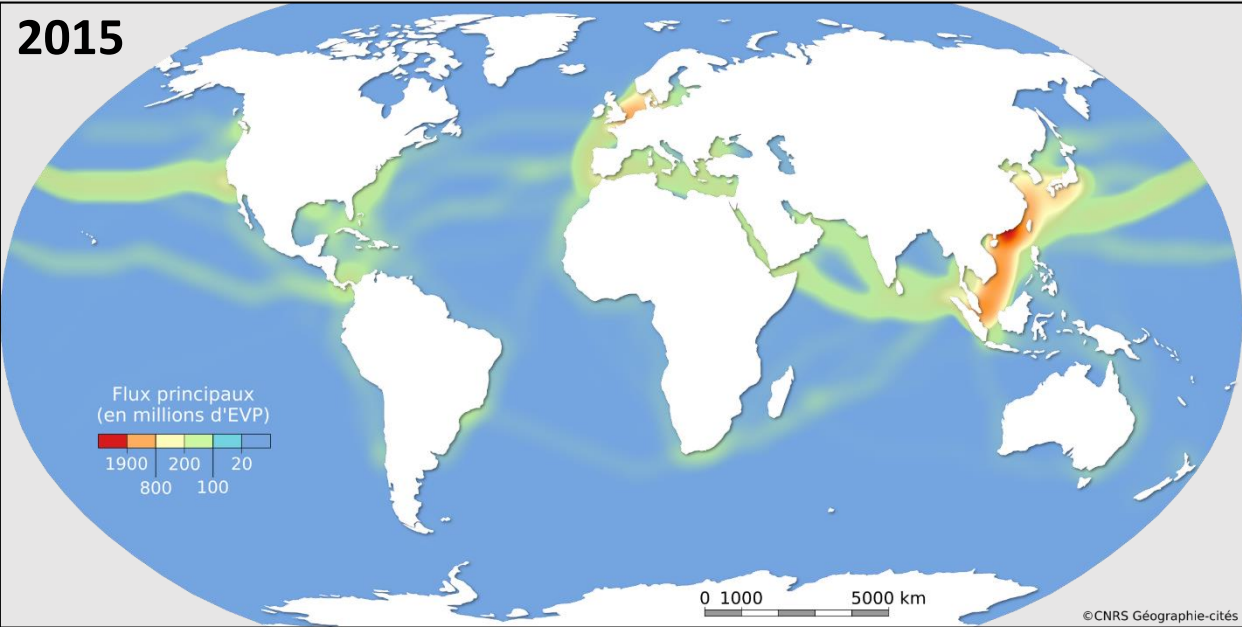


Quelques résultats : cartes de flux et cartes de « chaleur »

1890

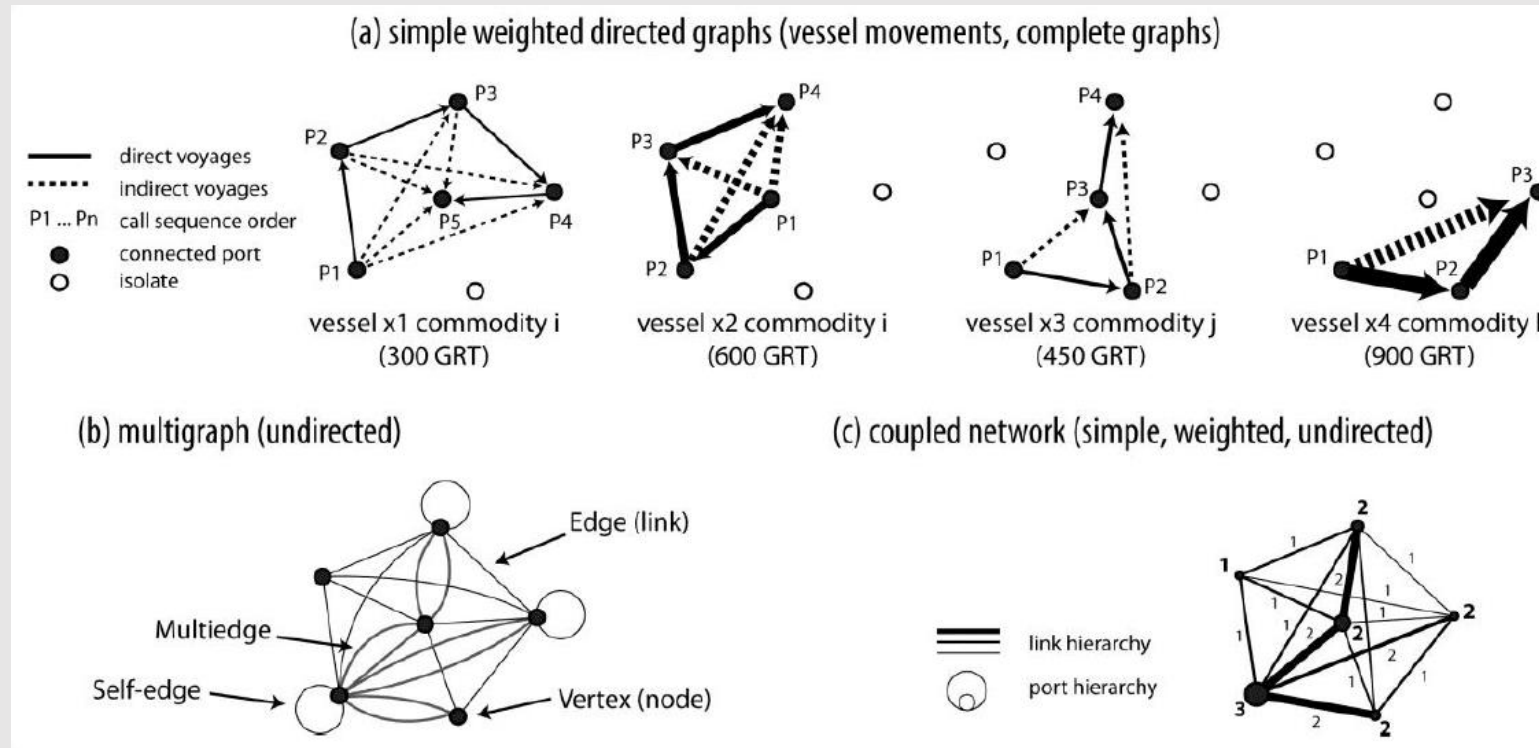


2015

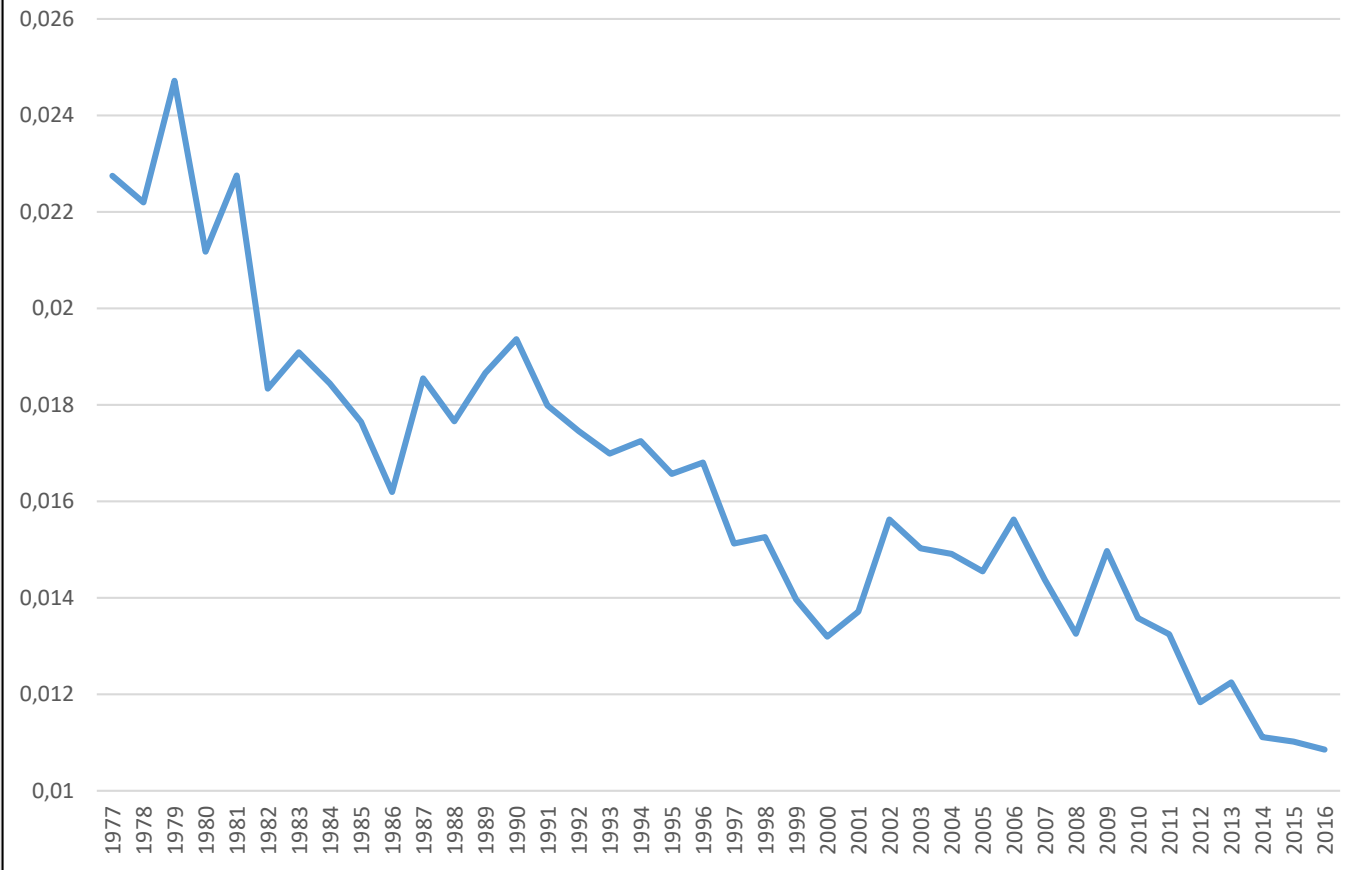


L'évolution du réseau / graphe

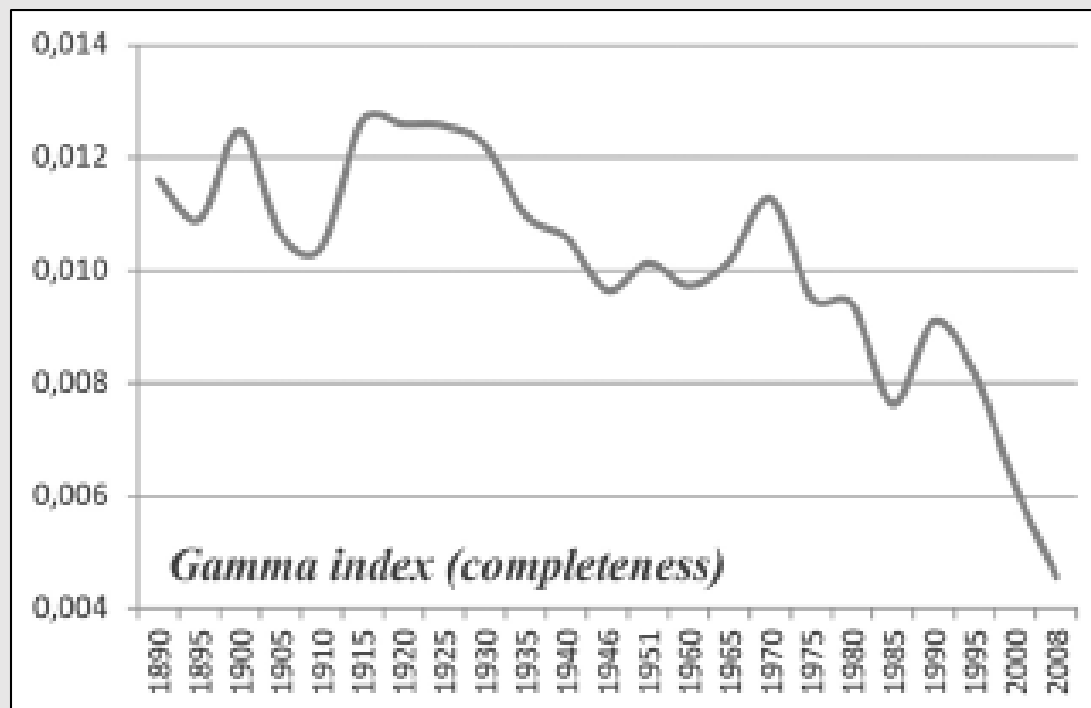
- Les ports sont les nœuds, les flux interportuaires sont les liens
- Combinaison en un graphe mondial port-port



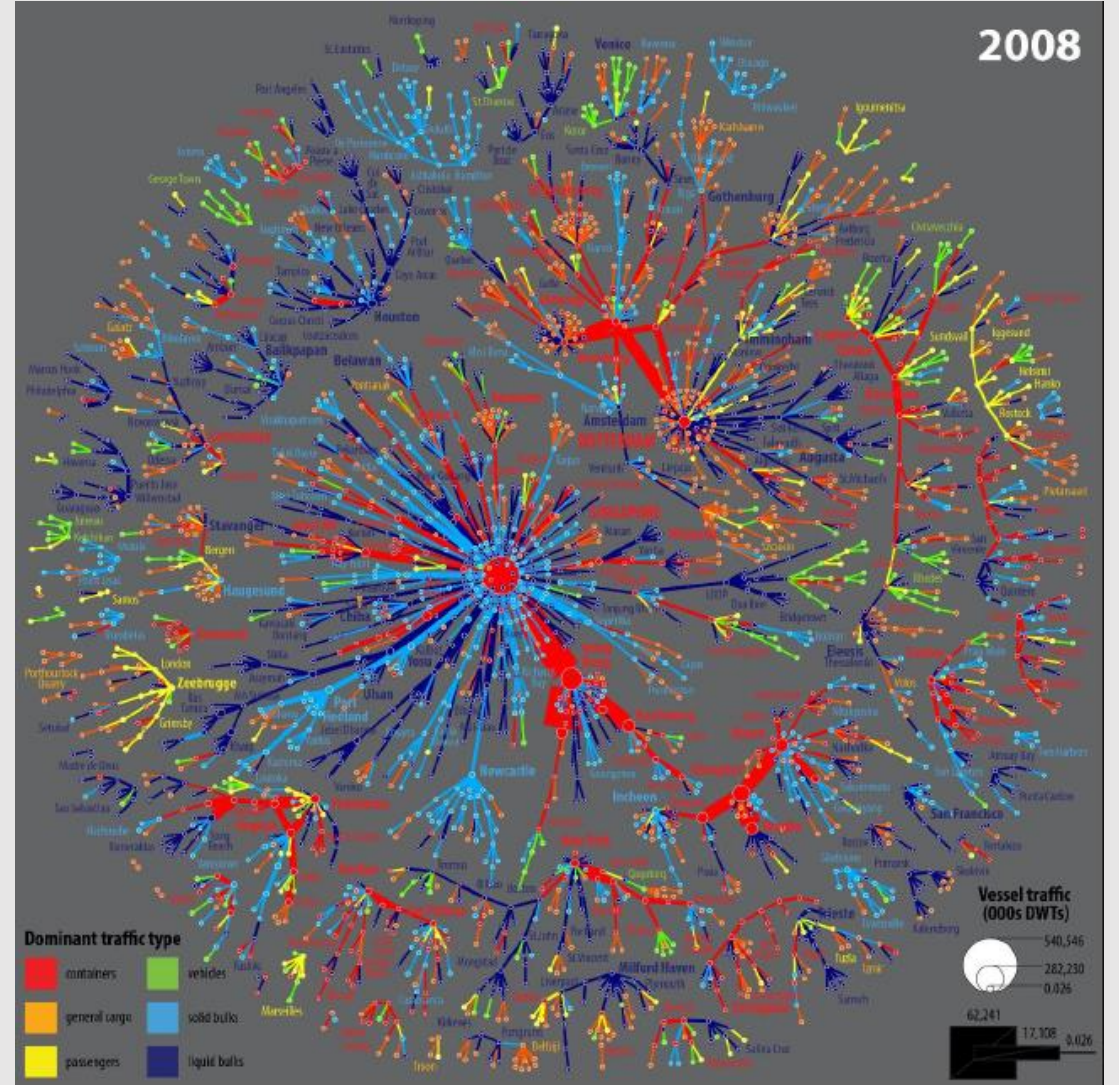
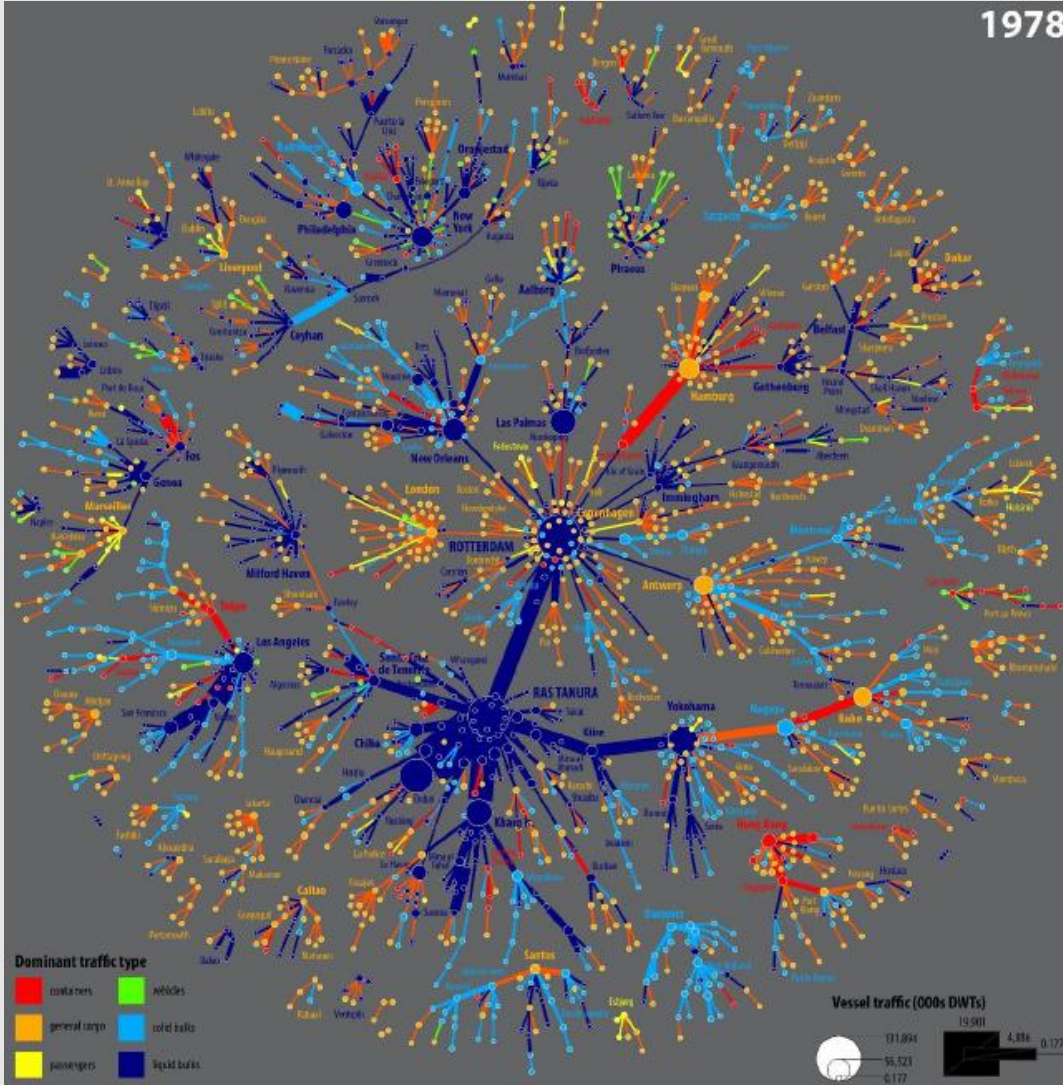
Gamma index (1977-2016) – Flux conteneurisés mondiaux



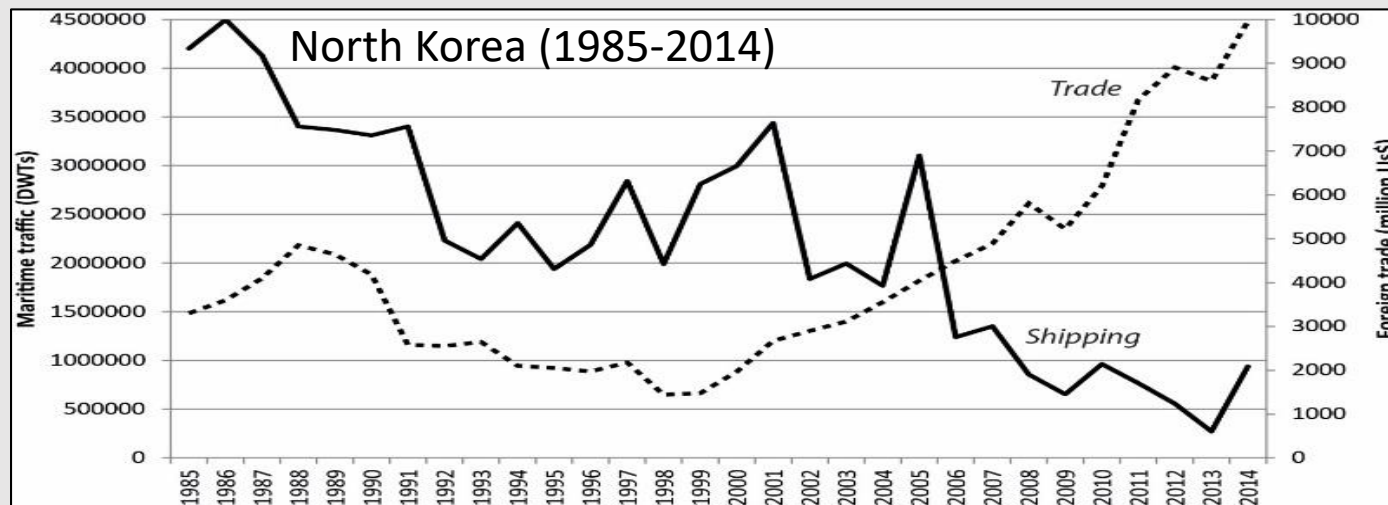
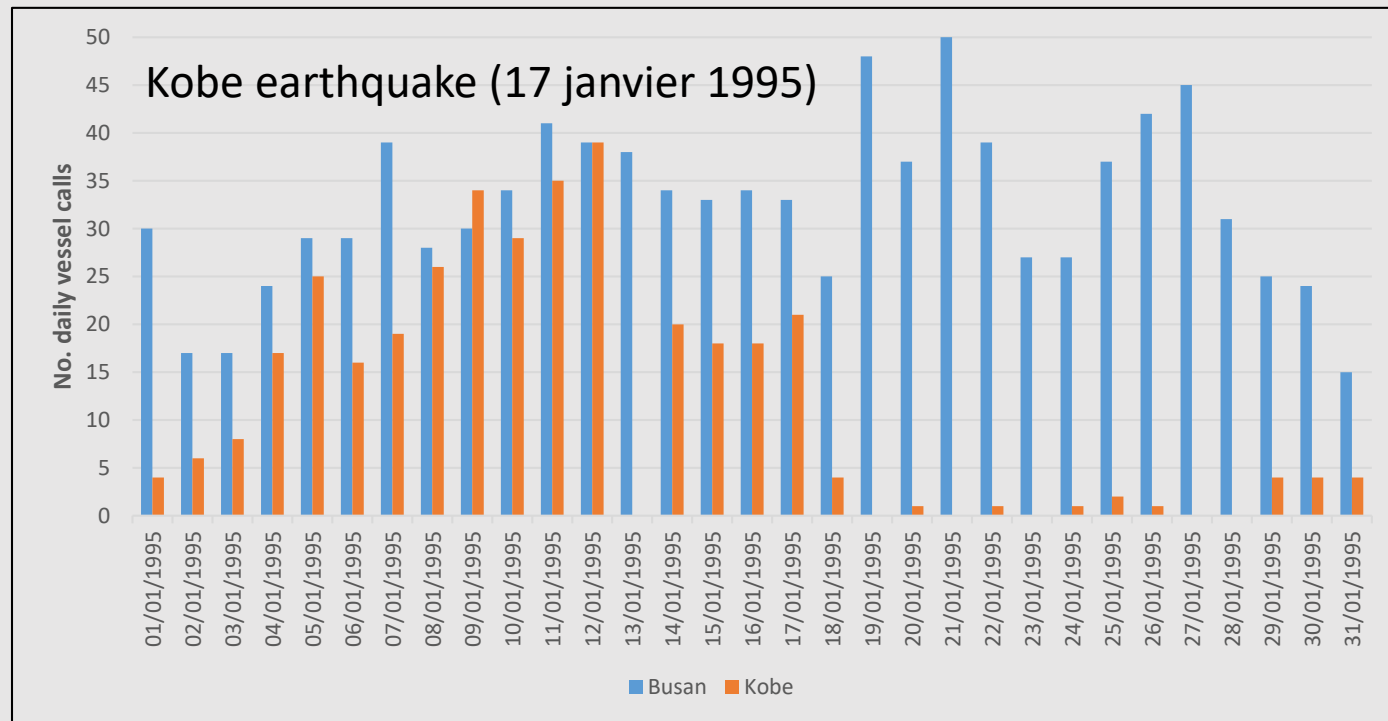
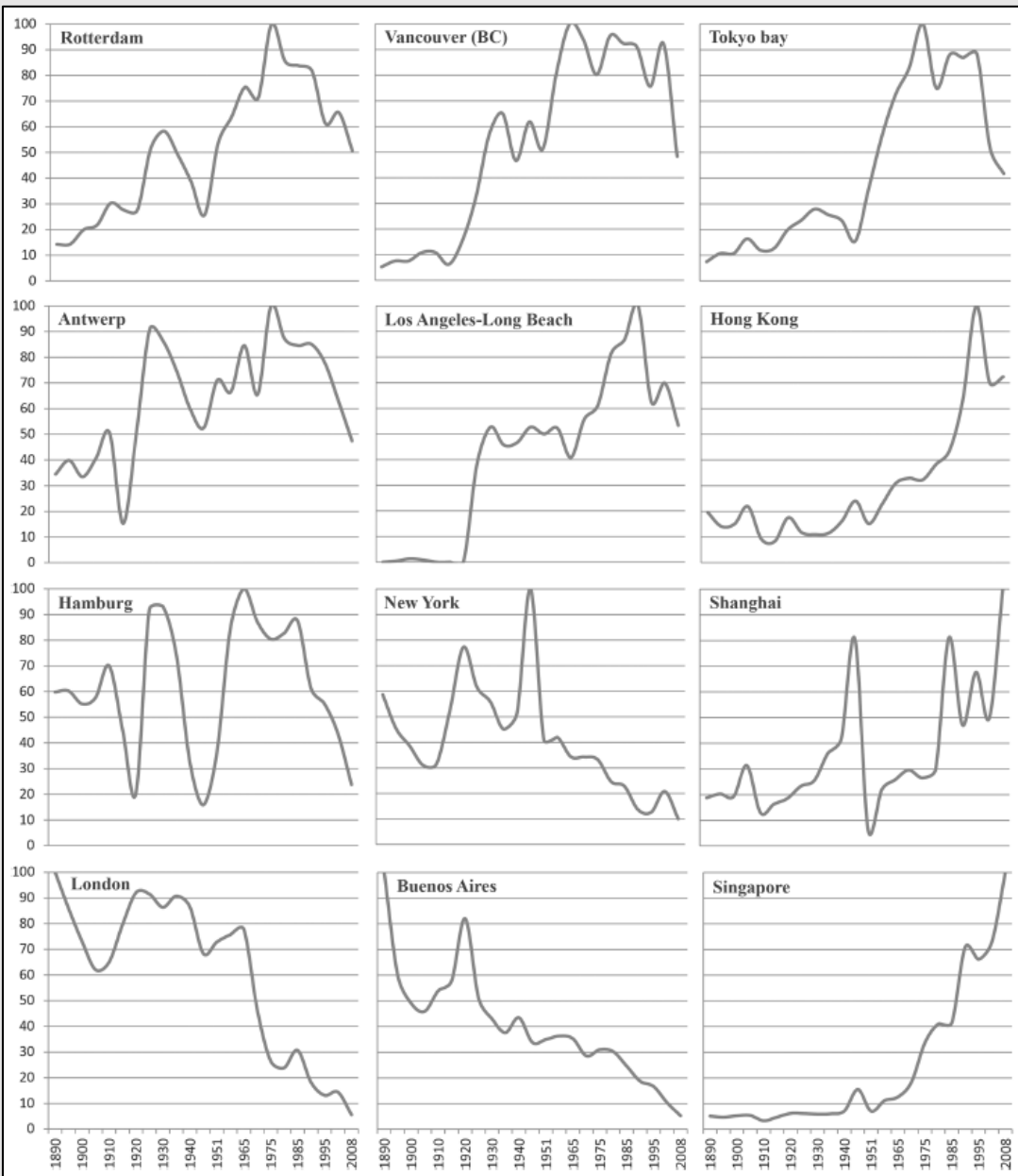
A moyen et long terme, le réseau maritime devient plus « optimal » et « centralisé » mais aussi plus « vulnérable »



- Approche « multigraphe » ou « multiplexe » considérant plusieurs « couches » de flux dans le réseau selon le mode de propulsion (voile, vapeur, diesel...) ou selon le type de navire (vrac, conteneur, passagers ...)
- Identification des principaux « hubs » du système et des sous-ensembles fonctionnels et « régionaux »



L'impact des chocs et transitions



Le rôle des villes et du réseau routier

- **Villes en réseau** : approche classique en géographie et ailleurs mais pas un seul exemple quantitatif d'analyse d'un réseau de villes maritime mettant en phase données maritimes et données urbaines
- **Jonction avec le réseau terrestre** (routier surtout) en voie de développement dans le projet : réseau « hybride » planaire / non-planaire, continuité « sea-land », prise en compte des hinterlands, spécialisation et rayonnement maritime/terrestre des ports et villes portuaires ou non-portuaires



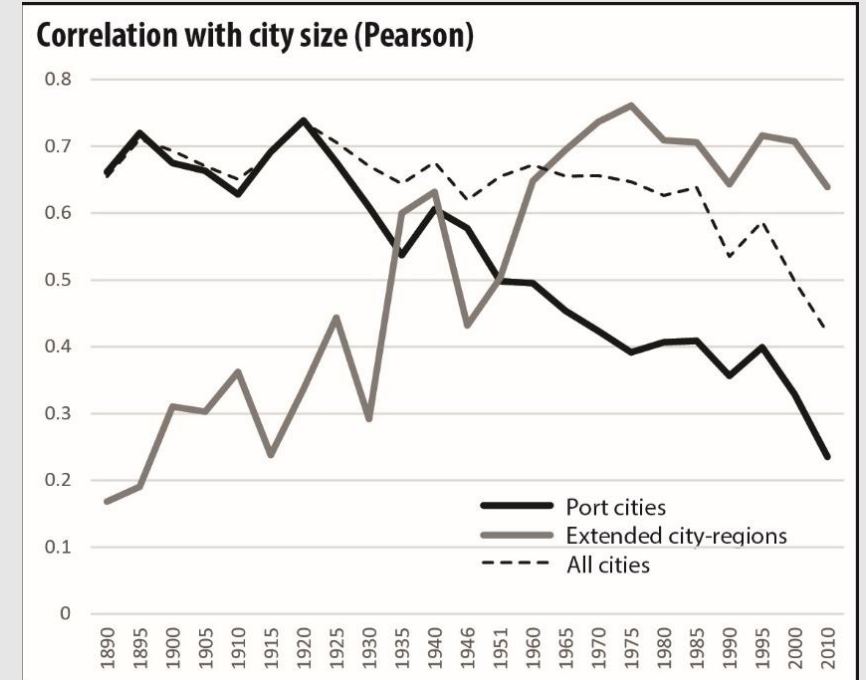
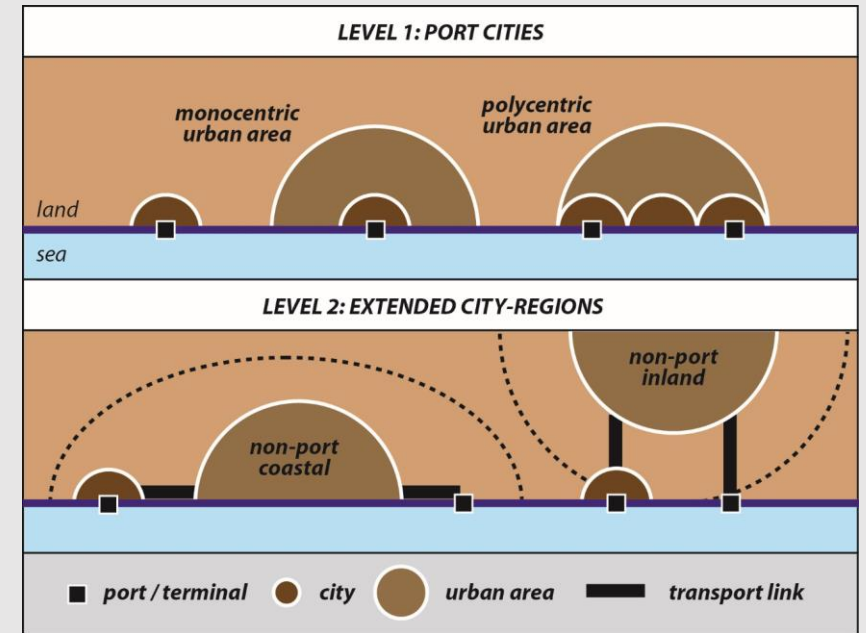
Maritime networks as systems of cities: The long-term interdependencies between global shipping flows and urban development (1890–2010)

César Ducruet*, Sylvain Cuyala, Ali El Hosni

French National Centre for Scientific Research (CNRS), UMR 8504 Géographie-cités, 13 rue du Four, F-75006 Paris, France

Principaux résultats :

- Diminution progressive de la corrélation entre taille démographique et trafic maritime des villes portuaires dans le monde, mais
- Cette même corrélation augmente si l'on affecte les ports aux villes hôtes mais aussi aux villes à proximité, portuaires ou non
- Les plus grandes villes conservent une forte longueur d'avance sur les autres sur toute la période : centralité, diversité et volume de trafic, rayonnement géographique...
- Ces tendances varient en fonction de la localisation géographique des villes

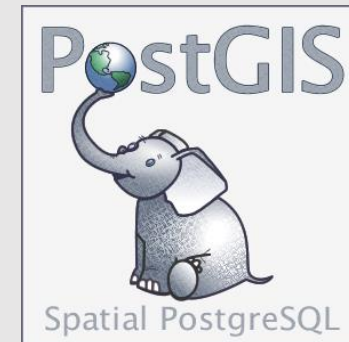


L'intégration du réseau routier : objectifs du modèle

- 1) Créer un réseau routier mondial, fonctionnel, reliant l'ensemble des principaux ports et villes à partir de différents jeux de données
- 2) Calculer des indicateurs de réseau
- 3) Permettre le calcul des chemins les plus courts entre les différents points du réseau

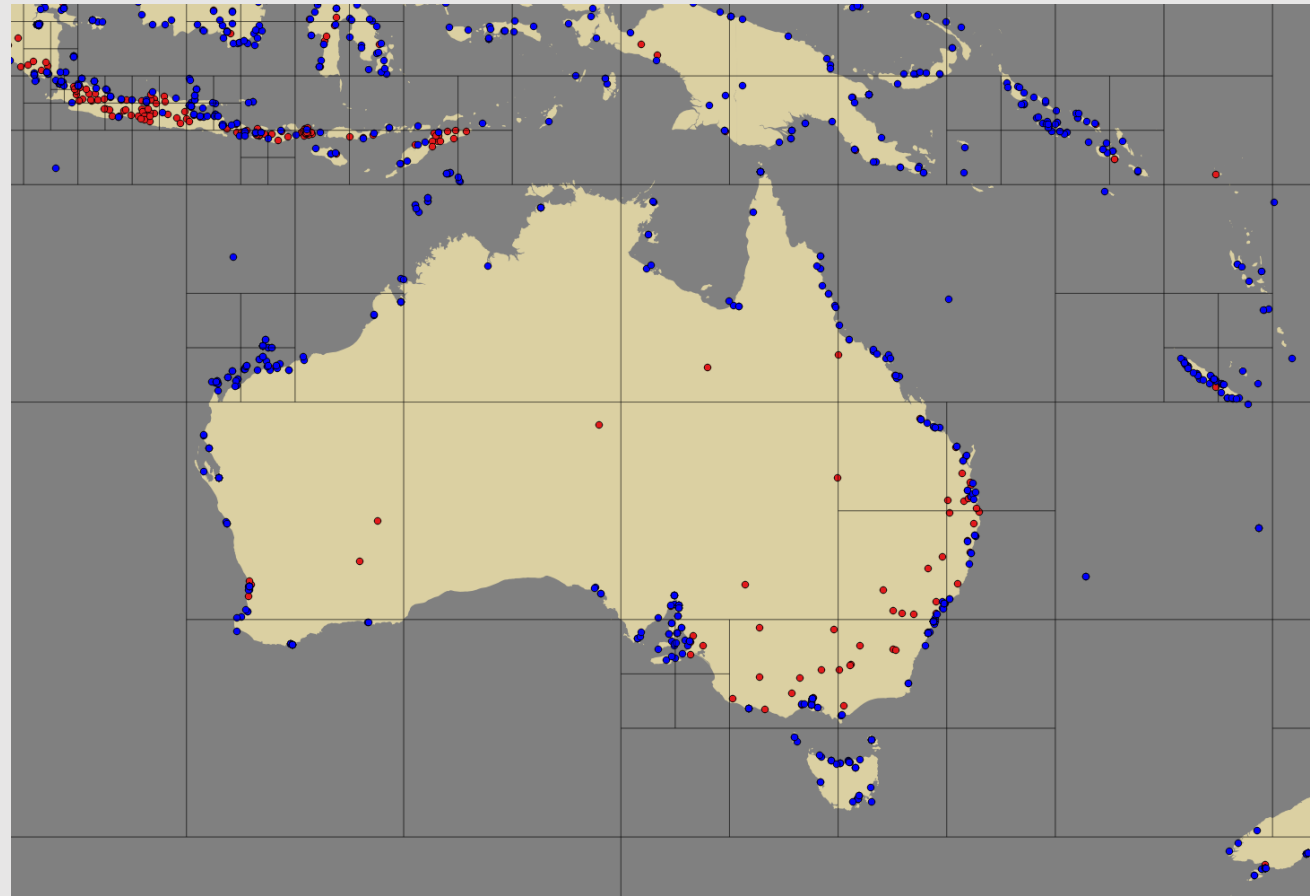
Données en entrée :

- Tronçons de routes (OpenStreetMap, VMAP0, etc.)
- Principaux ports extraits de la Lloyd's Shipping Index
- Principales villes
- Surfaces maritimes
- Arbre quaternaire (quadtree)

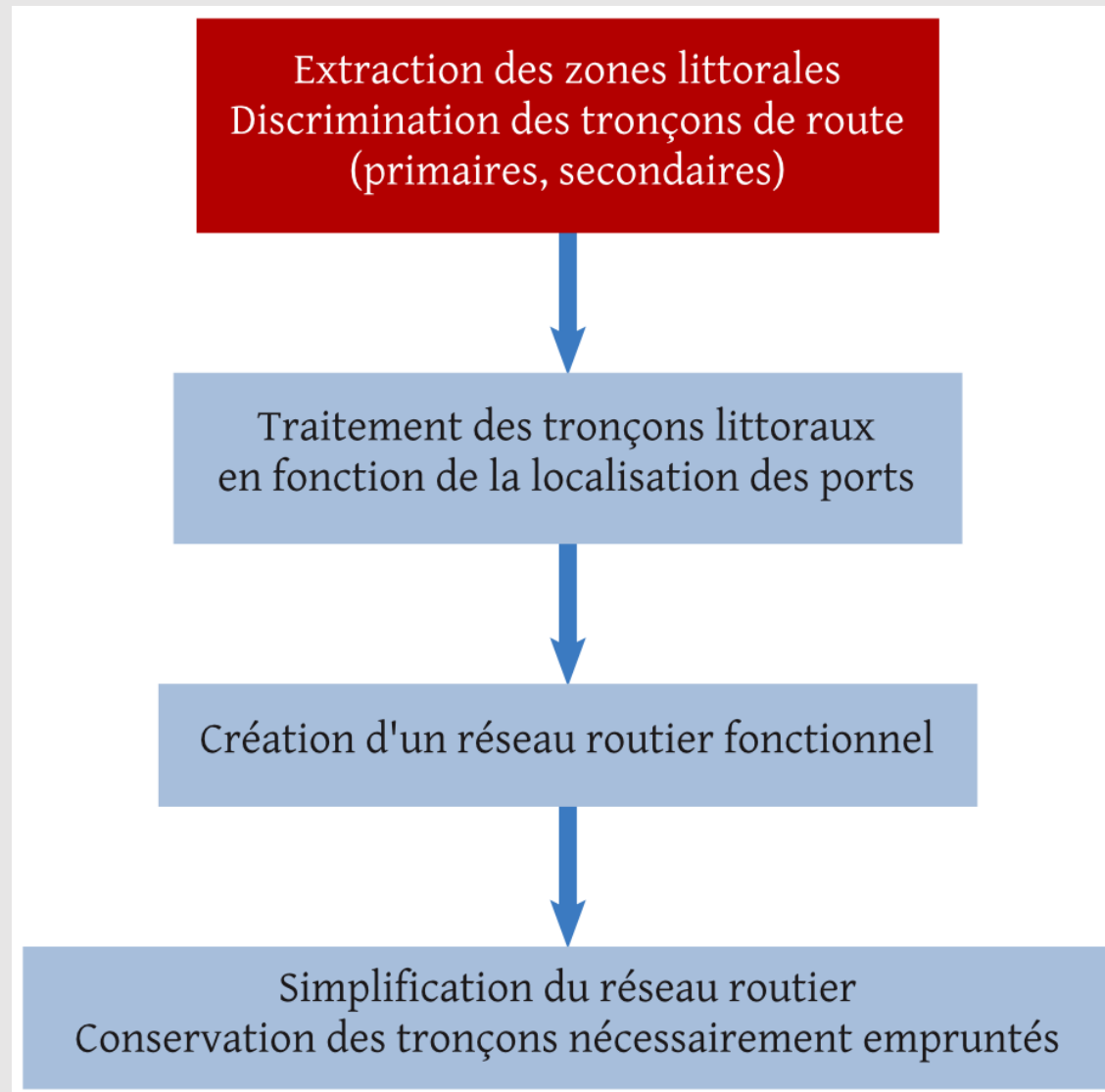


Création de l'arbre quaternaire (quadtree)

- Calcul de l'arbre en fonction de la densité de villes et de ports
- Limite fixée à 20 entités par cellule

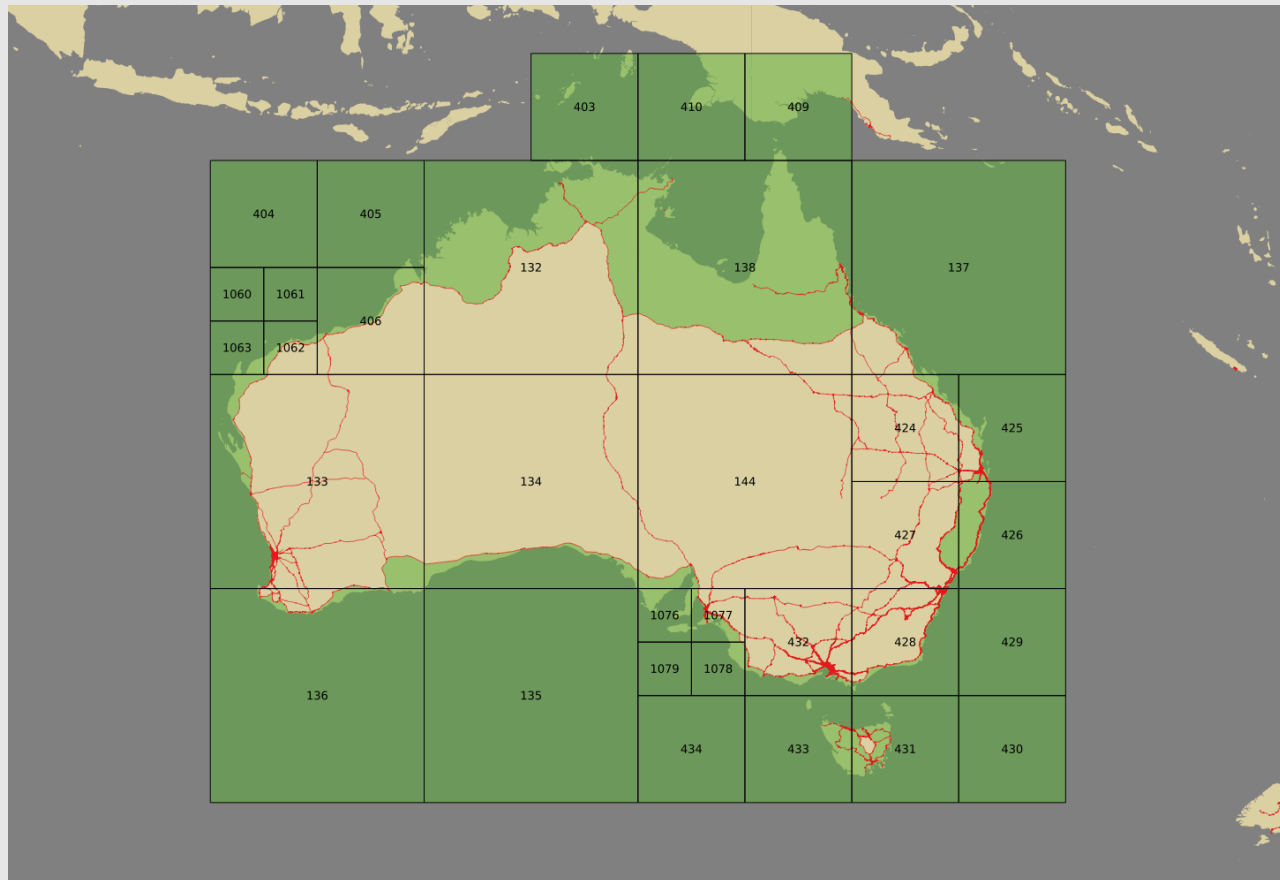


Extraction des zones littorales

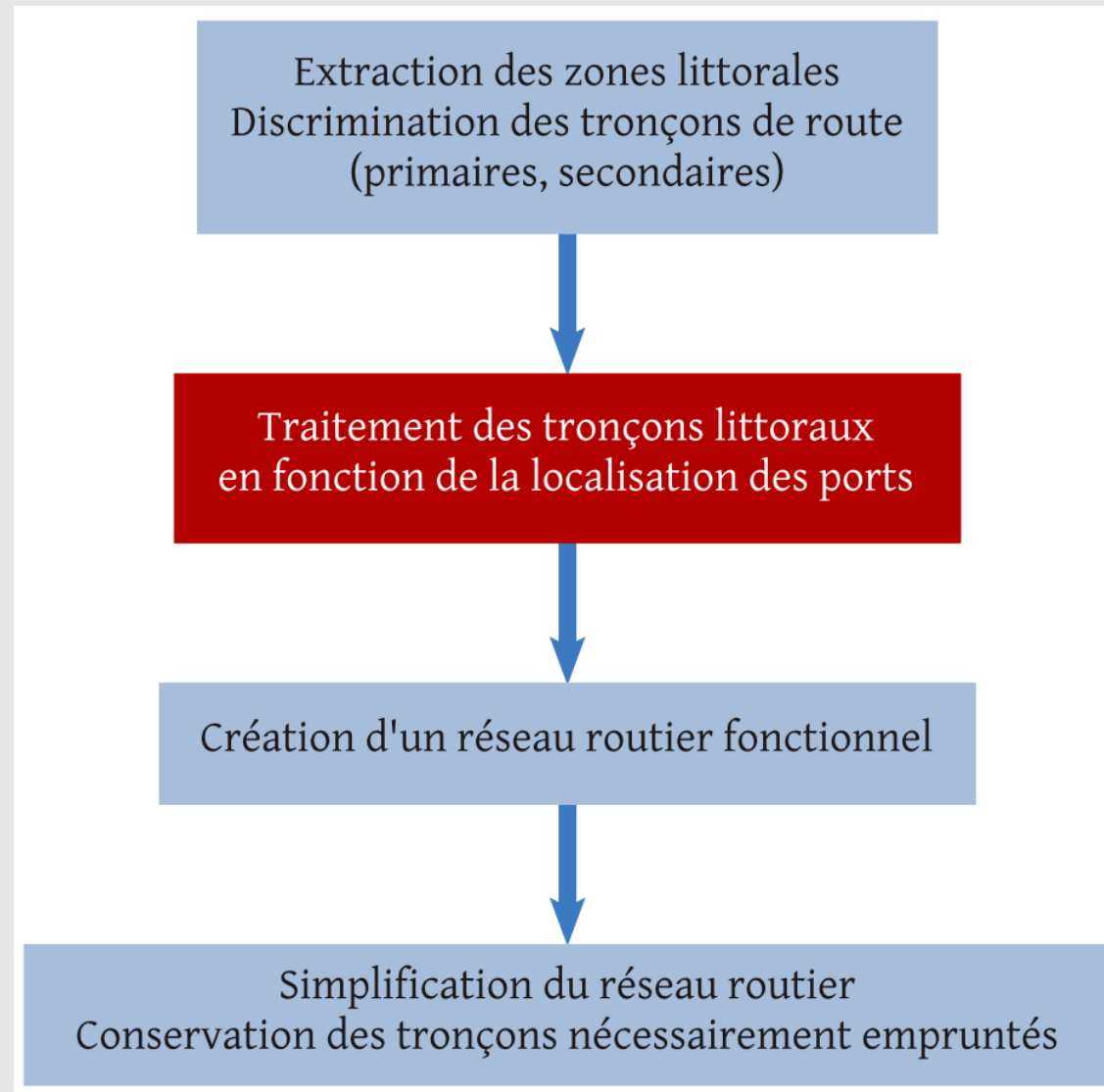


Extraction des zones littorales

- Les zones littorales sont calculées en fonction du réseau primaire
- L'objectif est de réduire le nombre de tronçons routiers secondaires utilisés pour connecter les ports au réseau

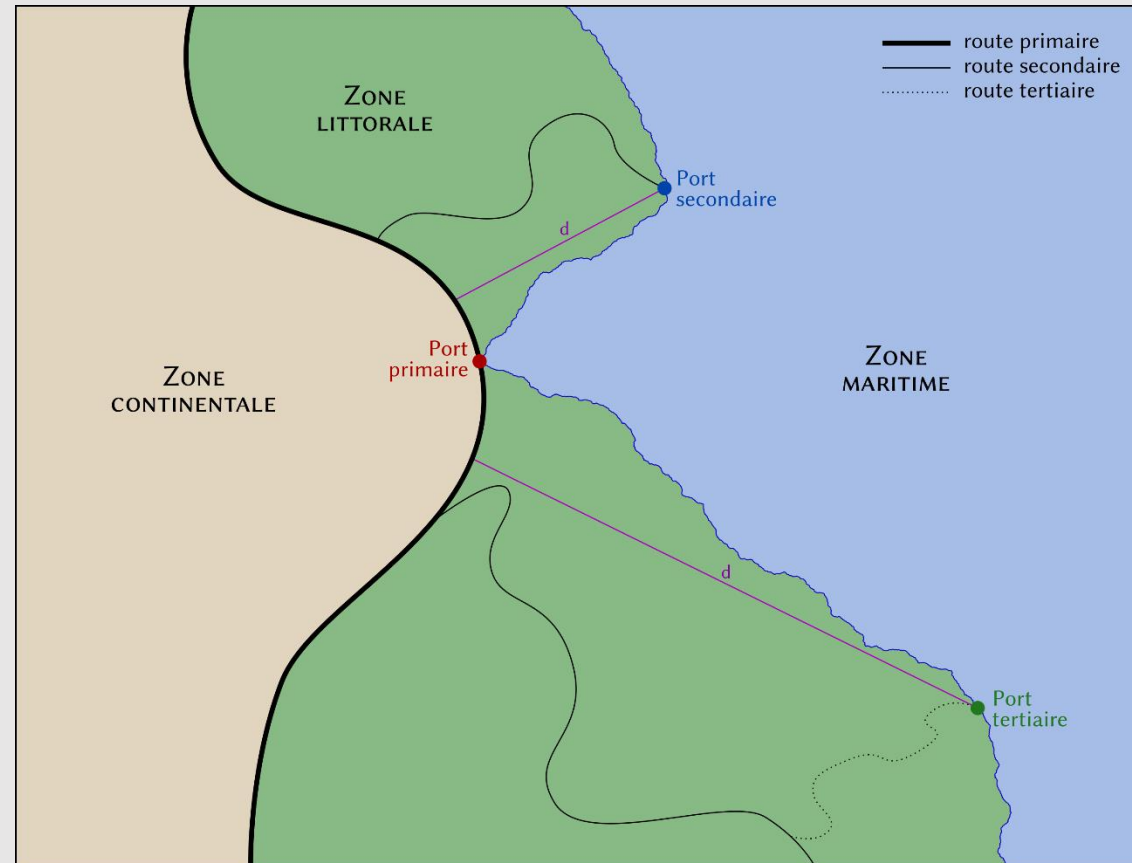


Traitement des tronçons routiers littoraux

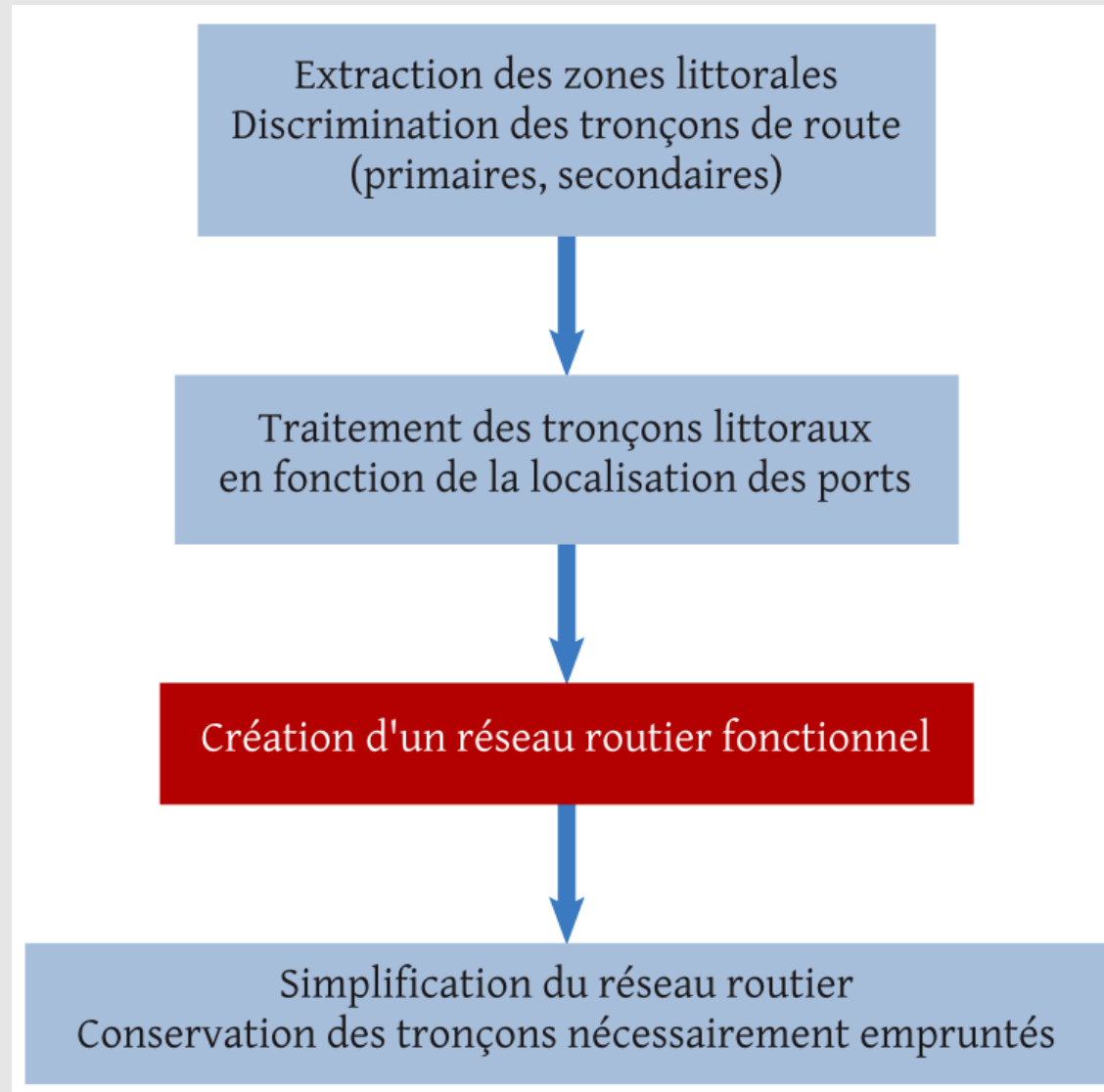


Traitement des tronçons routiers littoraux

- Création d'une typologie des ports en fonction des tronçons les connectant au réseau primaire
- Extraction contextuelle des tronçons en fonction de cette typologie et de leur distance au réseau primaire

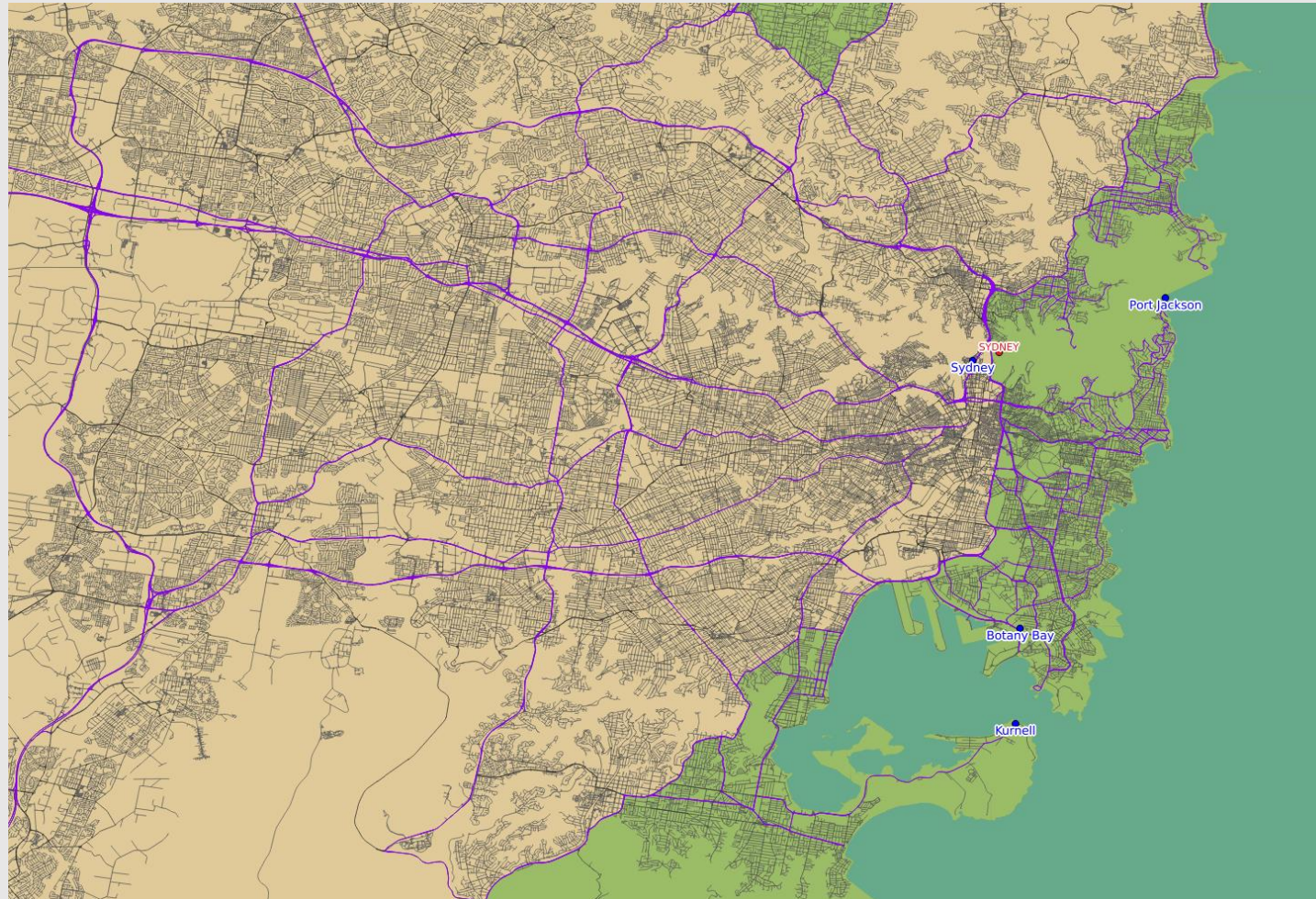


Création d'un réseau fonctionnel



Création d'un réseau fonctionnel

- Les routes primaires et secondaires (littorales) sont regroupées
- Assignation d'un coût aux tronçons en fonction de leur longueur et de la vitesse maximale



Simplification du réseau

Extraction des zones littorales
Discrimination des tronçons de route
(primaires, secondaires)

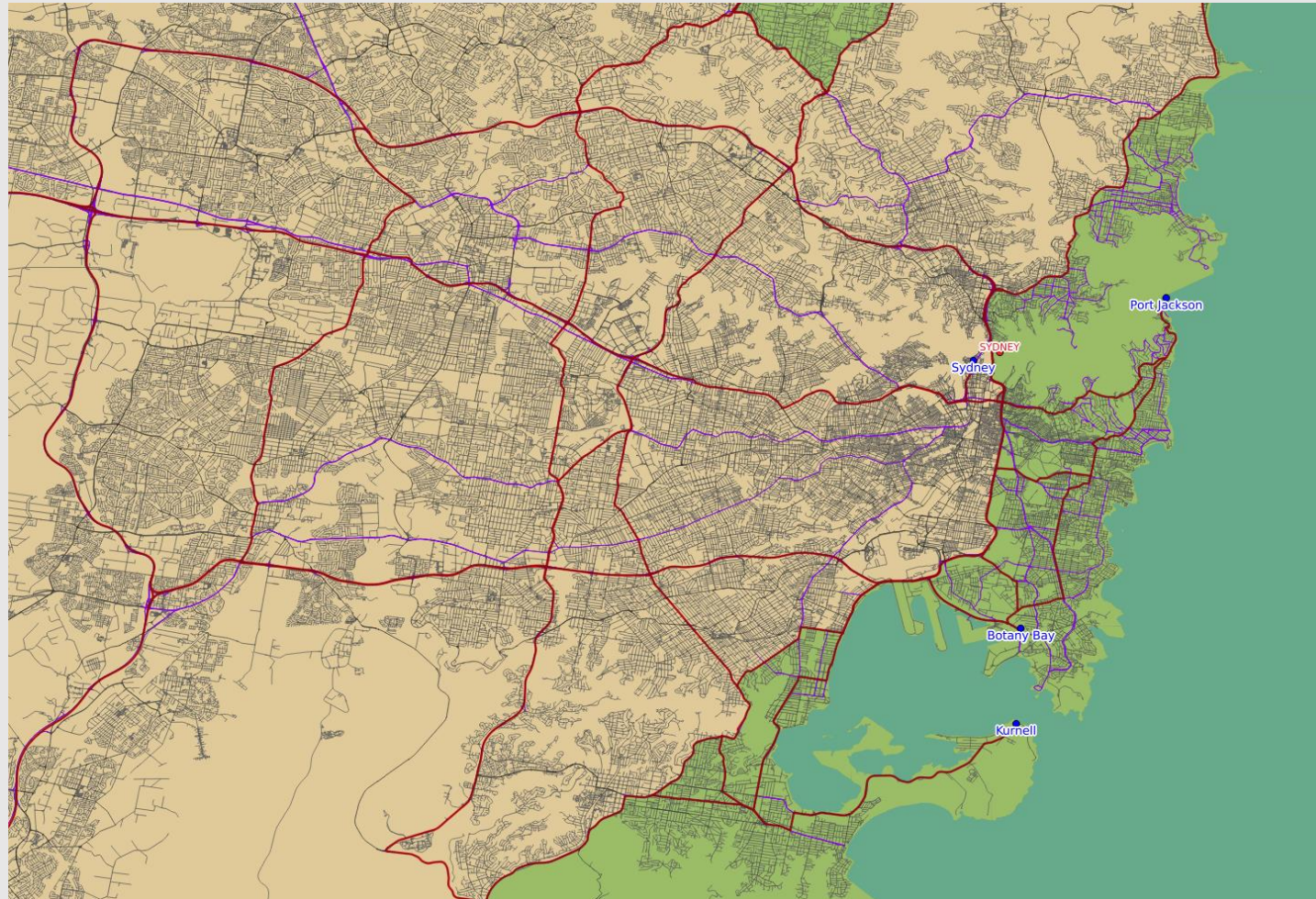
Traitement des tronçons littoraux
en fonction de la localisation des ports

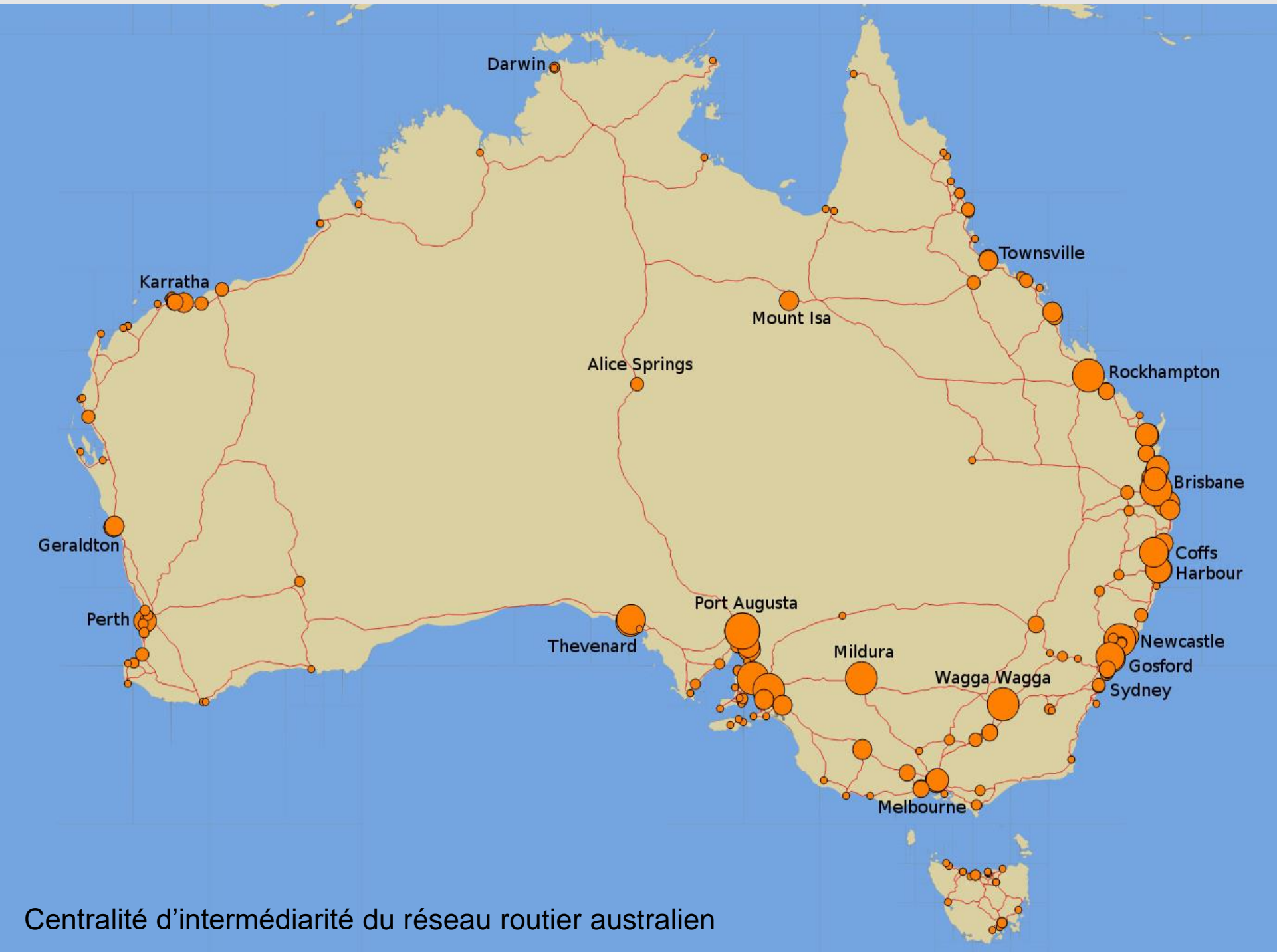
Création d'un réseau routier fonctionnel

Simplification du réseau routier
Conservation des tronçons nécessairement empruntés

Simplification du réseau

- Le calcul des chemins les plus courts entre tous les nœuds du réseau permet de supprimer les tronçons n'étant jamais empruntés
- Les coûts sont ensuite recalculés





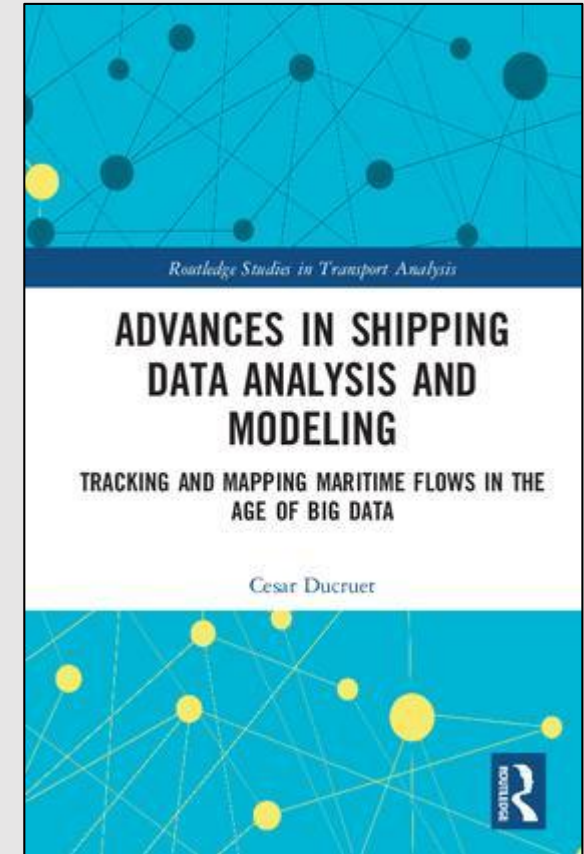
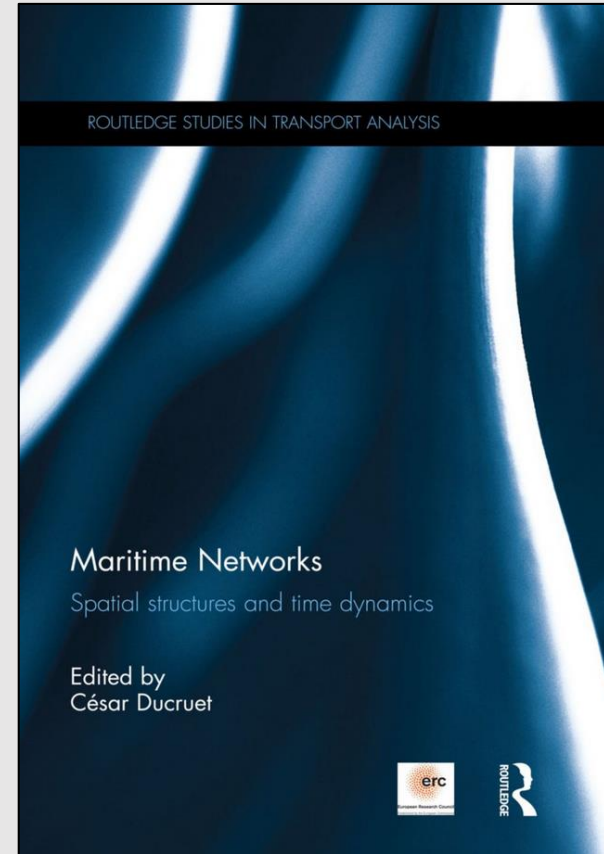
Centralité d'intermédialité du réseau routier australien

Poursuite du modèle

- Poursuite des tests sur d'autres territoires soumis à différentes contraintes afin de flexibiliser le modèle (différentes classifications des tronçons routiers, prise en compte des ferry fluviaux, etc.).
- Connexion entre le réseau routier et la grille maritime.
- Mise en œuvre du modèle sur des jeux de données plus anciens (par exemple VMAP0 pour les années 1980 ; voire cartes anciennes imprimées et/ou numérisées).
- Affinement du calcul des coût en prenant en compte le pavage des routes (CIA – World Factbook) et la topographie.

Pistes en cours et futures

- Consolidation de la base de données Lloyd's (1880-1976 et post-2008) pour gagner en représentativité (1 registre par semaine)
- Mise en ligne de la table attributaire des villes et ports
- Mise en ligne du géoportail ?
- Tentations : simulation, rétrosimulation, économétrie ?
- Workshop 2018 ?
- Collaborations multiples sur des terrains locaux variés (Asie, Afrique, Europe...)
- Zooms sur des lieux et événements particuliers (ex : crise Suez, Black Friday, guerres mondiales...)



Merci pour votre attention !

cdu@parisgeo.cnrs.fr / justinberli@gmail.com

www.world-seastems.cnrs.fr

