



L'approche cartographique de la représentation du mouvement spatial

L'exemple des flux commerciaux maritimes euro-méditerranéens

Françoise Bahoken, Claire Lagesse, César Ducruet



European Research Council
Established by the European Commission
Supporting top researchers
from anywhere in the world

Sommaire

- **Contexte** : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- **La construction de la base de données géographique**
- **Les possibilités de la géo visualisation des *flux* des navires**
- **L'introduction de l'espace dans la cartographie de *flux maritimes***
- **Propositions de géo visualisation des *mouvements* maritimes**

Sommaire

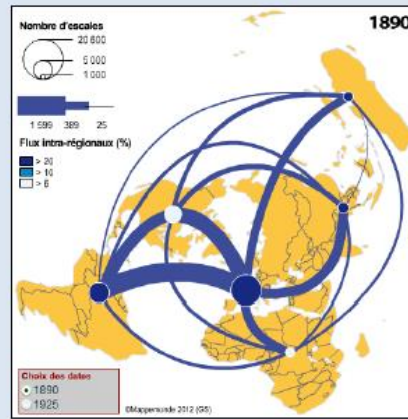
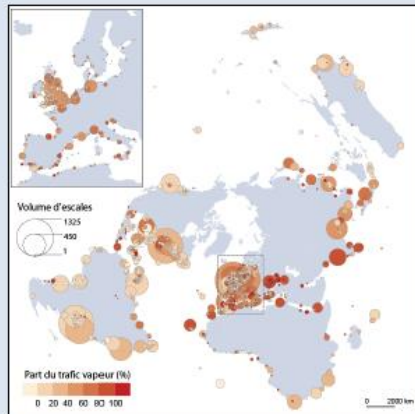
- **Contexte** : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- La construction de la base de données géographique
- Les possibilités de la géo visualisation des flux des navires
- L'introduction de l'espace dans la cartographie des flux
- Propositions géo visualisation des mouvements maritimes

Trois axes forts du projet World Seastems :

1. Structure et évolution du réseau maritime mondial
2. Régionalisation des échanges, chocs et bifurcations
3. Coévolution des villes et du commerce maritime

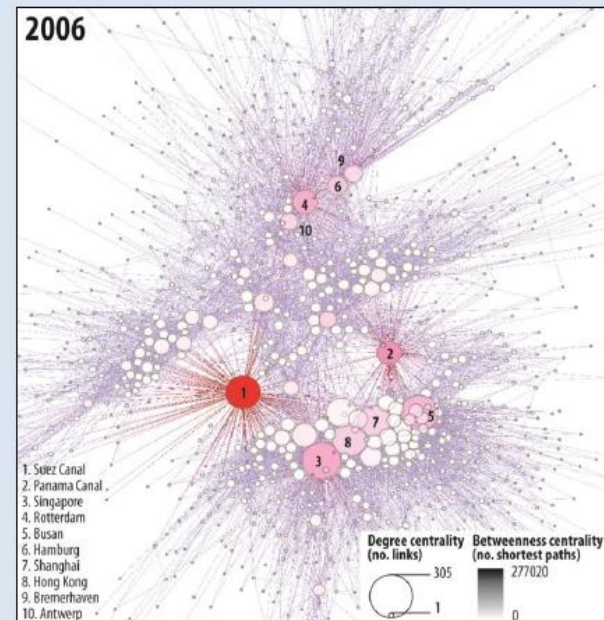
... LLOYD'S DAILY INDEX, Apr. 1, 1925.

VESSEL	Owner	Fig	Reg	Yeat	Tone	Gross	Net	From	For	Latest Rep'd
A. C. Bedford (tank)	(S.O.C.)	Am	18	0485	5899			Tampico	Colon	Ar Mar 25
A. K. Fernström		Sw	02	868	453			Rouen Mar 9 & Leith Mar 13		
A. L. Kent (Mystic)		Am	28	5649	3064			Boston Mar 16	Norrkoping Ar	Mar 22
A. Wicander (Svea)		Sw	01	943	661			Rouen Mar 26	Sewalls Point Ar	Mar 16
Anshan (N.D.L.)		Ge	23	6274	3872			Yokohama Mar 19	Antwerp & Stockholm Ar	Antwerp Mar 27
Aagot		No	06	2565	2299			New York Mar 27	Bremen Ar	Dairen Mar 27
Aagstakerk (Forsenigde)		Du	15	2894	3551			Brisbane Mar 21	Nicolaieff Ar	Hampton Rds
Aalborg (Hansen, C. K.)		Da	20	1258	723			Huelva Mar 27	Dunkirk	
Aalsum (Finke)		Du	32	5422	3206			New York Mar 28	Hamburg	
Aarsten (motor)	Composite	No	18	439	233			Goole Mar 21	Odessa	
Aase (motor)		Da	4	1206	712			Valencia Mar 27	Fredrikshald Ar	Mar 25
Åba (motor) (E.D. & Co.)		Br	18	7937	4596			Lagos Feb 27	Liverpool Ar	Mar 15--In pt
Abadesa (Furness)		Br	16	6572	4223			La Plata Feb 13	Liverpool Ar	Mar 16--In pt
Abando		Sp	07	1701	963			Swansea Mar 19	Susa Pd Gibraltar	Mar
Abangaren (U.F.S.C.)		Am	09	4572	2808			New Orleans Mar 18	Havana	
Abaris (Walford)		Br	04	2392	1830			Bordeaux	Newport Ar	Mar 30
Abbas (Clarke)		Br	11	1630	836			Portsmouth Mar 29	Tyne Ar	Mar 31
Abbasieh (Khedivial)		Br	09	2784	1703			Constantinople Mar 18 (old)	Alexandria Ar	Mar 22
Abbasia (Triestina)		It	12	3834	2314			Trieste Mar 18	Burghas Sd Corfu	Mar 24

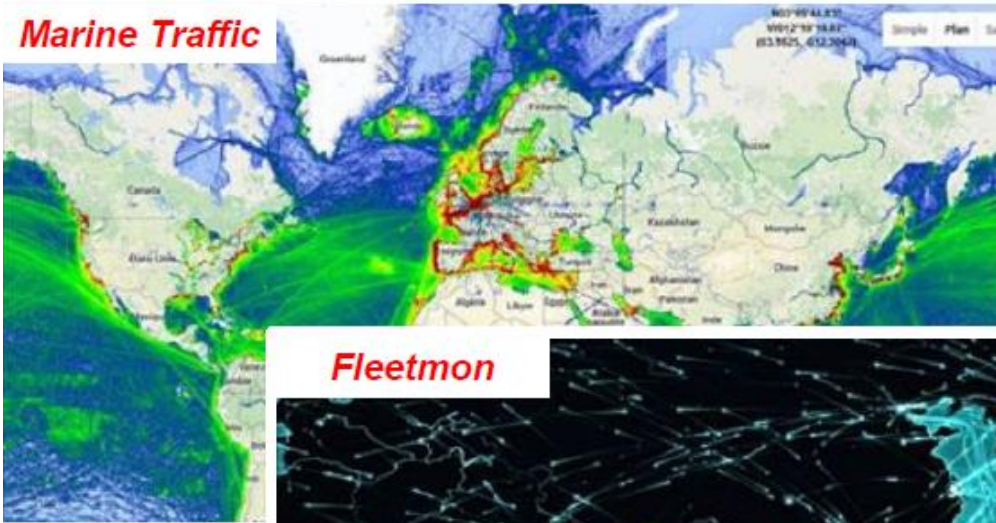


Membres du projet

- César Ducruet (*coord.*), (CNRS, Géo-Cités)
- Matthia Bunnel (CNRS, Géographie-Cités)
- Sébastien Haule (CNRS, Géographie-Cités)
- Séléna Petit (CNRS, Géographie-Cités)
- Claire Lagesse (Univ. de Bourgogne-Franche Comté, Théma)
- Eric Mermet (EHESS / ISC-PIF)
- Françoise Bahoken (IFSTTAR, Géo-Cités)



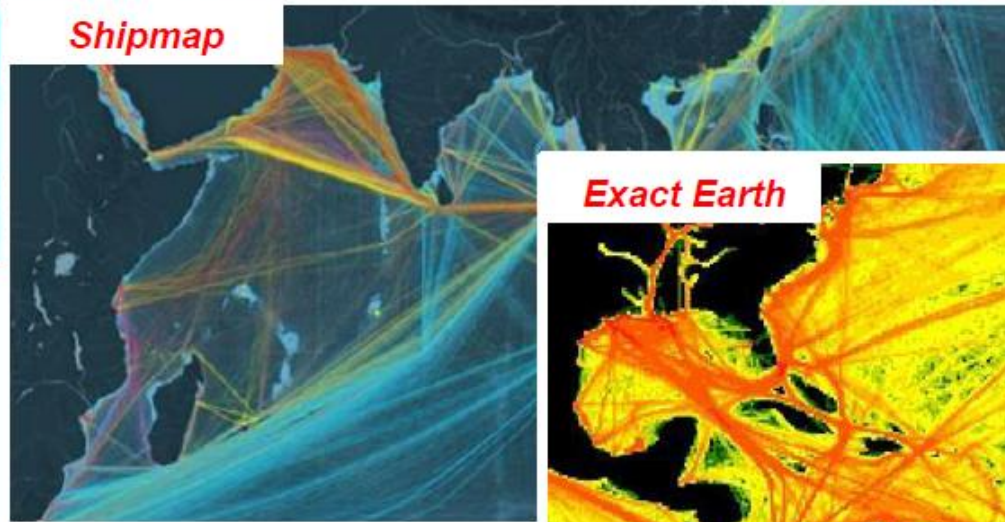
Marine Traffic



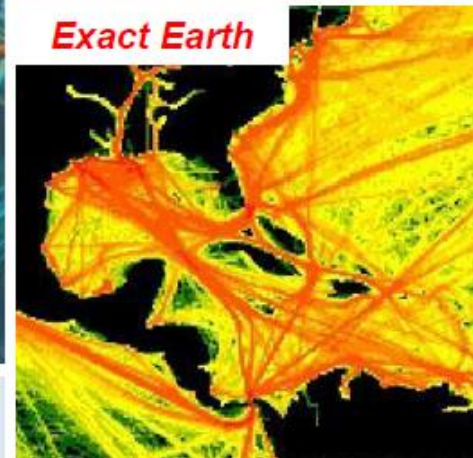
Fleetmon



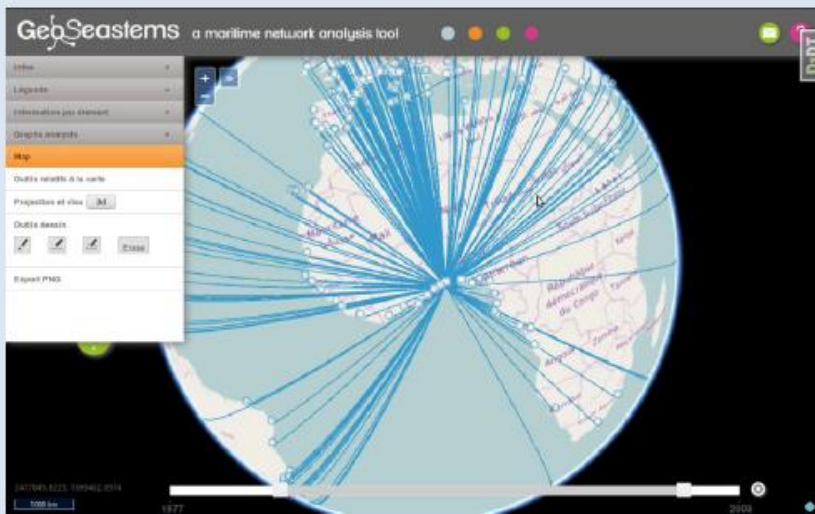
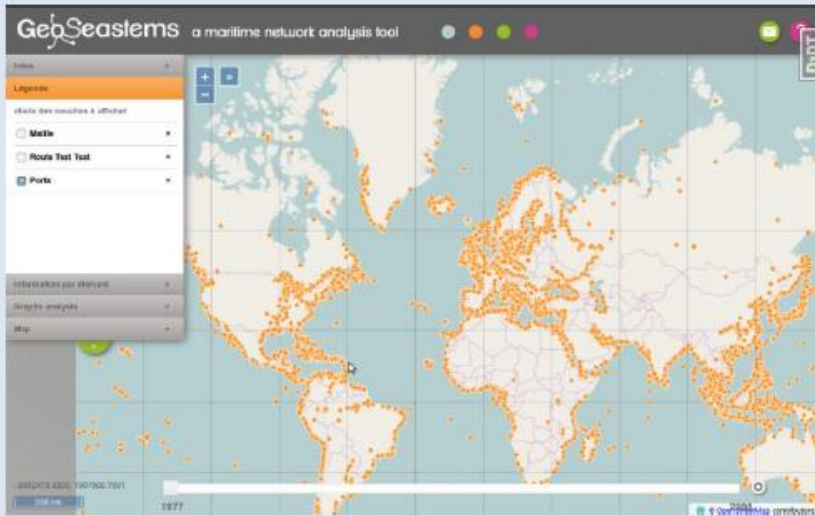
Shipmap



Exact Earth



GeoSeastems a maritime network analysis tool



De gauche à droite, de haut en bas :

- Cartographie des ports.
- Cartographie des flux.
- Visualisation 3d.

Développement en cours, les images ne sont pas représentatives du produit final

Objectif :

représenter des *flux, c.-à.-d. des quantités mesurables* qui se déplacent à l'échelle mondiale, par voie maritime

Objectif :

représenter des *flux, c.-à.-d. des quantités mesurables* qui se déplacent à l'échelle mondiale, par voie maritime

• Thématique :

- Quantité de conteneurs, de marchandises, de navires (effectif, fréquences...)...
- Problématique « transport » : mode utilisé (maritime)

Objectif :

représenter des *flux, c.-a.-d. des quantités mesurables* qui se déplacent à l'échelle mondiale, par voie maritime

- **Thématique :**

- Quantité de conteneurs, de marchandises, de navires (effectif, fréquences...)...
- Problématique « transport » : mode utilisé (maritime)

- **Méthodologique :**

- Transformer les valeurs de la matrice en objets graphiques (points, lignes)
- Les *projeter* dans un plan 2D assorti d'une métrique (ici : géographique, km...)

Objectif :

représenter des *flux, c.-a.-d. des quantités mesurables* qui se déplacent à l'échelle mondiale, par voie maritime

- **Thématique :**

- Quantité de conteneurs, de marchandises, de navires (effectif, fréquences...)...
- Problématique « transport » : mode utilisé (maritime)

- **Méthodologique :**

- Transformer les valeurs de la matrice en objets graphiques (points, lignes)
- Les *projeter* dans un plan 2D assorti d'une métrique (ici : géographique, km...)

- **Sémiologique :**

- Cisualisation instantanée, et pertinente, des relations et/ou des quantités (masses, volumes,...) transférées

Sommaire

- Contexte : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- **La construction de la base de données géographique**
- Les possibilités de la géo visualisation des flux des navires
- L'introduction de l'espace dans la cartographie des flux
- Propositions géo visualisation des mouvements maritimes



Lloyd's List



Navires

Ports

Trajet

Lloyd's List



Lloyd's List

Navires

Ports

Trajet

Nom
Propriétaire
Nationalité



Navires

Ports

Trajet

Nom

Surface

Coordonnée (x, y)



Navires

Ports

Trajet

Position d'origine Port (x,y)

Position actuelle Port (x,y)

Position de destination Port(x,y)

Navires

YYYY_MOVES			
VESEL_ID	long		
MOVE ID			empty
MOVE SEQUENCE	long		
PLACE_ID	long		
PLACE NAME	varchar[]		
MOVE TYPE	char		partial
MOVE QUALIFIER	char		partial
ARRIVAL DATE	date		
ARRIVAL ESTIMATED	char		partial
ARRIVAL QUALIFIER	char		partial
SAILING DATE	date		
SAILING ESTIMATED	char		partial
SAILING QUALIFIER	char		partial
PREVIOUS PLACE ID	long		
PREVIOUS PLACE NAME	varchar[]		
PREVIOUS SAILING DATE	date		
PREVIOUS SAILING ESTIMATED	char		partial
PREVIOUS SAILING QUALIFIER	char		partial
NEXT PLACE ID	long		
NEXT PLACE NAME	varchar[]		
NEXT ARRIVAL DATE	date		
NEXT ARRIVAL ESTIMATED	char		partial
NEXT ARRIVAL QUALIFIER	char		partial
RECORD LAST UPDATED	date		Date + hour

Position actuelle

Position d'origine

Position de destination

+ le temps

Trajet

- Position précédente
- Position actuelle
- Position de destination

Position précédente



Position actuelle



Position de destination

Trajet

Position précédente

Position actuelle

Position de destination



ORIGINE



Transit



DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION

Position précédente



id

Position actuelle



id



id

Position future

Trajet

Position précédente



ORIGINE

Position actuelle



Transit

Position de destination



DESTINATION

ORIGINE

Transit

DESTINATION



id



id



id

Fréquence quinquennale

Fréquence annuelle

1890

1977

2008

Structure de la base de données

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name <i>node_id</i> geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom
73 352	9 350	10 297 402	594 545

(1977 → 2008)

Structure de la base de données

(i)

(Lij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom
73 352	9 350	10 297 402	594 545

Objets
mobiles (N)

Localisation
(x,y)

(1977 → 2008)

↑
Densité de
la matrice
OD

Structure de la base de données

(i)

(Lij)

(Fij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom type
73 352	9 350	10 297 402	594 545

Objets
mobiles (N)

Localisation
(x,y)

(1977 → 2008)

Fréquence (navires)
Quantité (tonnes)
Valeur (US \$)
etc.

Matrice valuée,
découpée en
catégories

Cartographie des liaisons (ports*ports) existantes en 2008

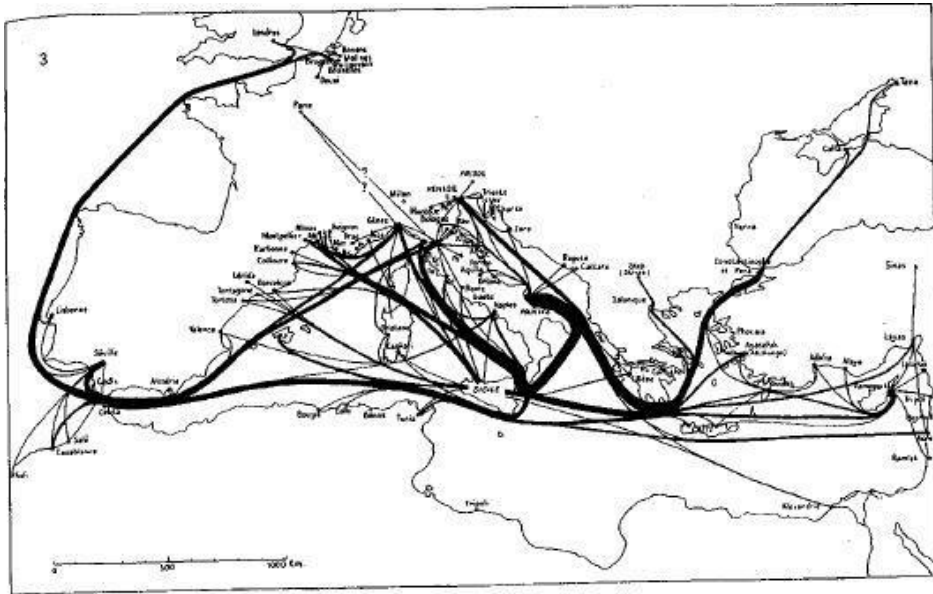


« L'effet spaghetti »

Sommaire

- Contexte : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- La construction de la base de données géographique
- **Les possibilités de la géo visualisation des flux des navires**
- L'introduction de l'espace dans la cartographie des flux
- Propositions géo visualisation des mouvements maritimes

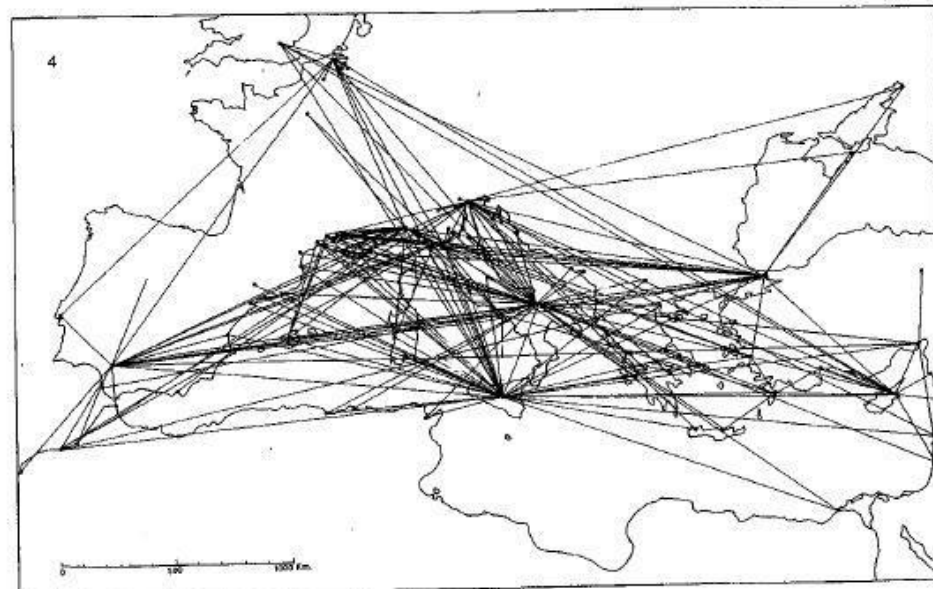
La cartographie des flux, d'après J. Bertin (1973)



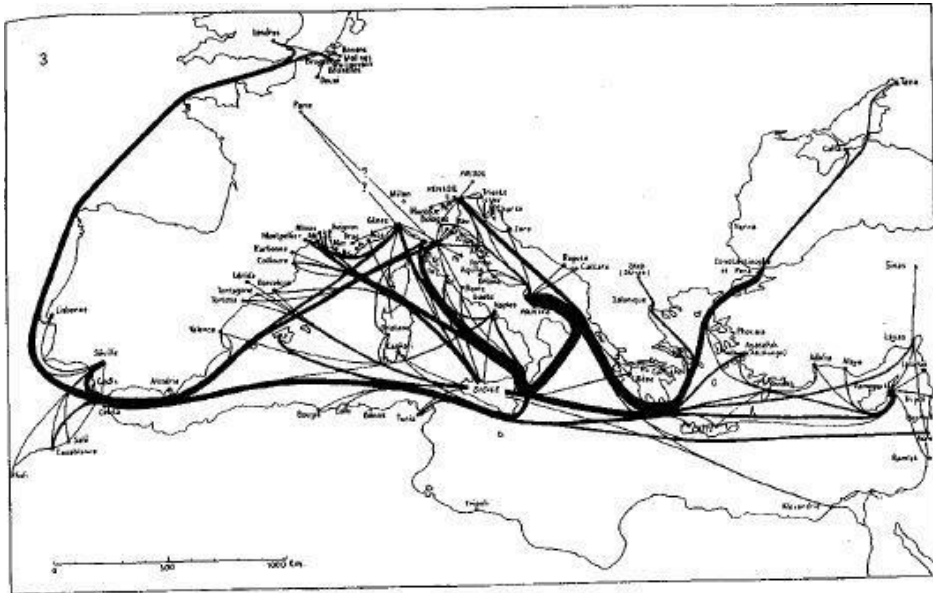
Cartographie de flux commerciaux de blé réalisés dans la méditerranée du XV^{ème} siècle (Bertin, 1973 : 344-345)

« (3) Il ne suffit pas de tracer les itinéraires réellement parcourus pour représenter un système de relations. Une carte des routes maritimes, même pondérée, ne montre pas l'orientation commerciale des centres d'activité. Elle montre la densité des bateaux en mer.

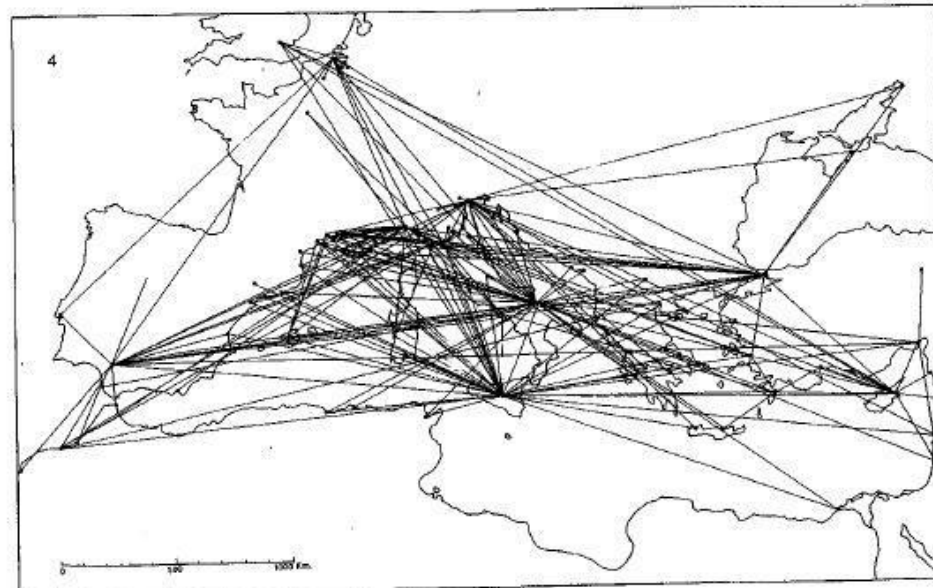
Les relations maritimes marchandes entre les villes de l'Europe et de la Méditerranée n'apparaissent seulement dans leur diversité, leur poids et leur orientation géographique que lorsque chaque relation, bien que maritime, est représentée par une droite.



La cartographie des flux, d'après J. Bertin (1973)

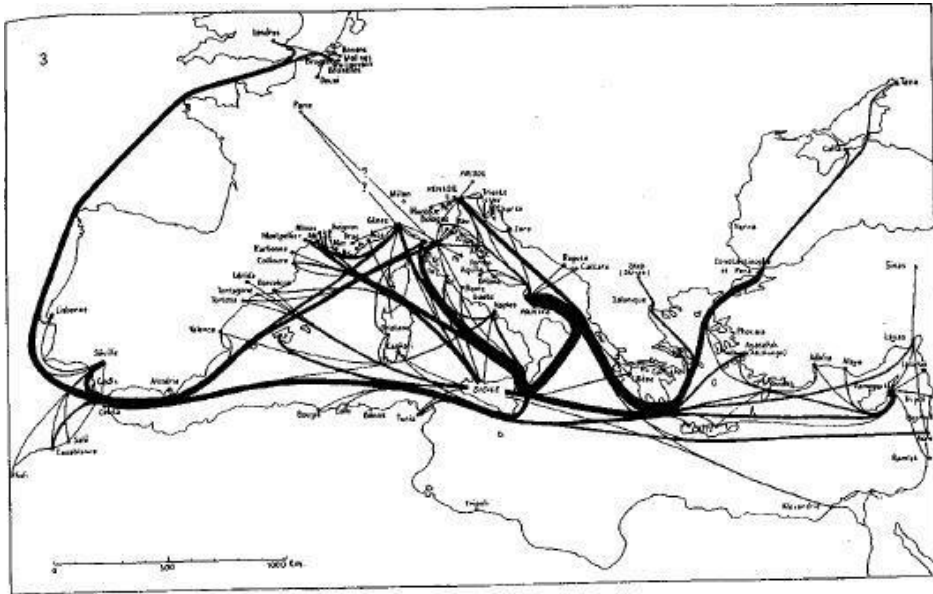


Cartographie de flux commerciaux de blé réalisés dans la méditerranée du XV^{ème} siècle (Bertin, 1973 : 344-345)



→ Liaisons maritimes existantes
entres deux ports **(Lij)**

La cartographie des flux, d'après J. Bertin (1973)



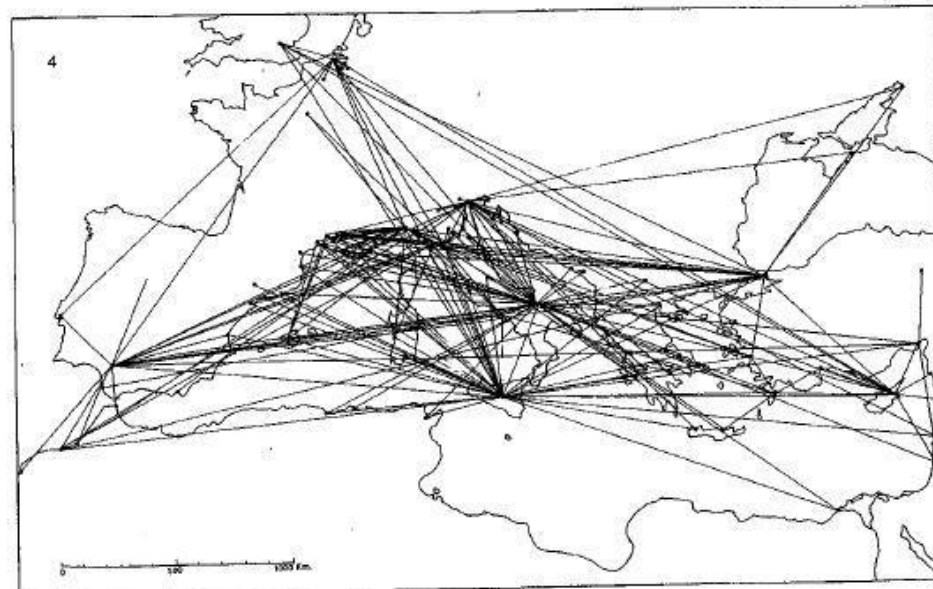
Cartographie de flux commerciaux de blé réalisés dans la méditerranée du XV^{ème} siècle (Bertin, 1973 : 344-345)

« La densité de navires »

→ Flux ou **Mouvement** ?

(Fij)

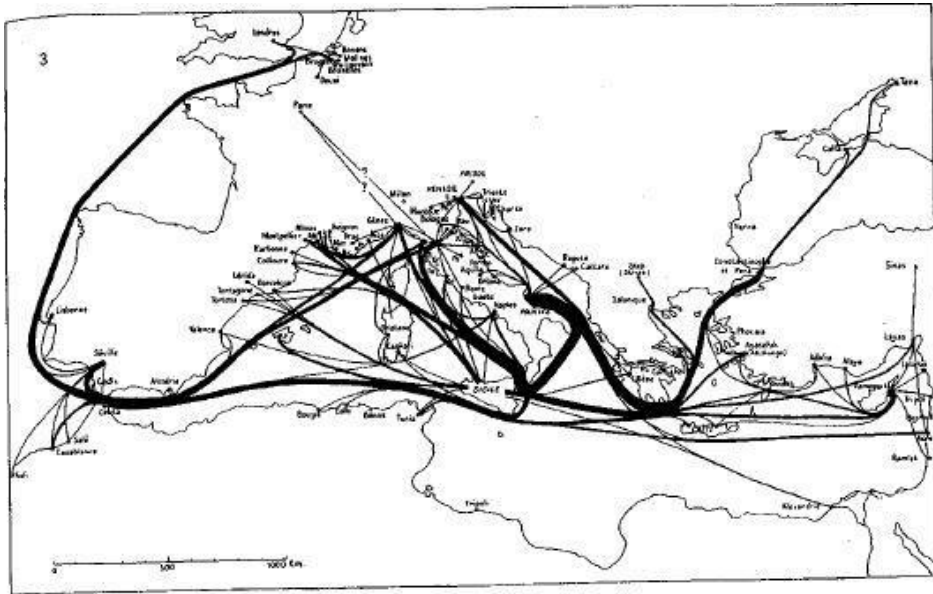
(Mij)



→ Liaisons maritimes existantes
entres deux ports

(Lij)

La cartographie des flux, d'après J. Bertin (1973)

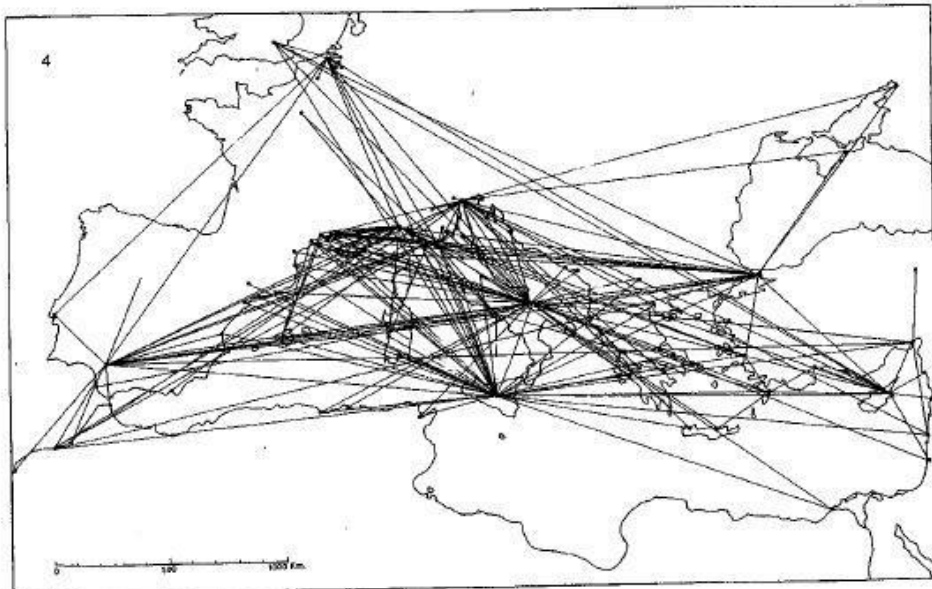


Cartographie de flux commerciaux de blé réalisés dans la méditerranée du XV^{ème} siècle (Bertin, 1973 : 344-345)

« La densité de navires »

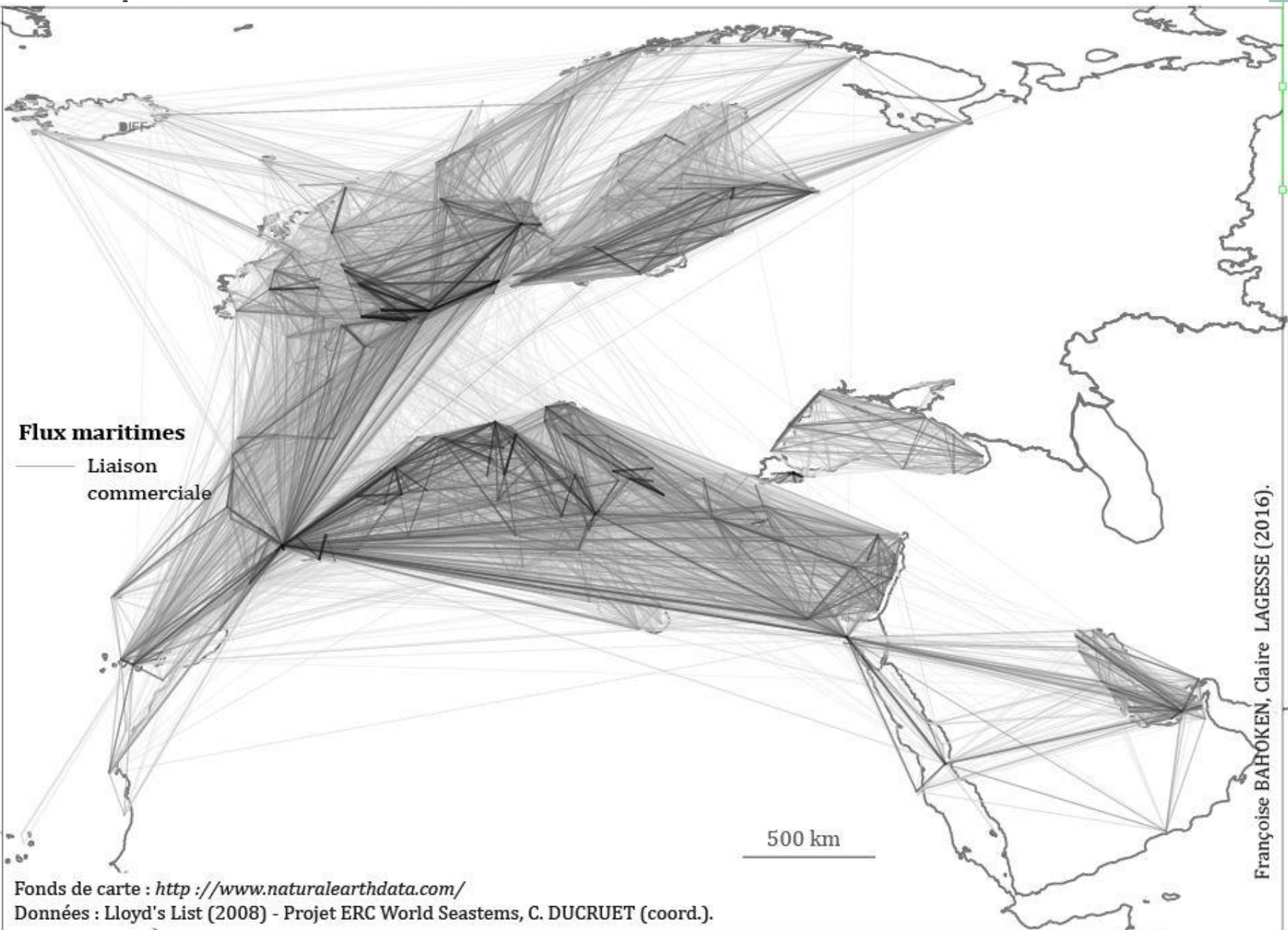
→ Flux ou **Mouvement** ?

Volume bilatéral d'échanges affectés sur des routes
(des « lignes maritimes »)



→ Liaisons maritimes existantes entre deux ports

Cartographie des liaisons maritimes euro-méditerranéennes (2008)



Fonds de carte : <http://www.naturalearthdata.com/>

Données : Lloyd's List (2008) - Projet ERC World Seastems, C. DUCRUET (coord.).

Méthodes de représentation des flux vs type de matrice

Type de matrice

Fij	A	B	C	D
A	-	8	5	1
B	6	-	3	2
C	10	4	-	1
D	1	2	3	-

(Fij) ?

(Lij)
symétrique

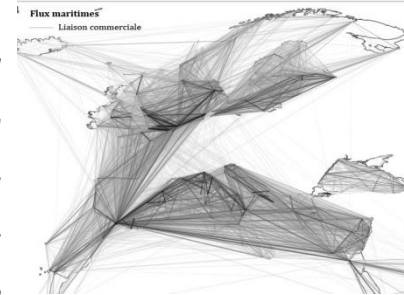
(Fij)
asymétrique

(Fij+)
symétrique

(Fij-)
antisymétrique

Liaisons disponibles

Fji	A	B	C	D
A	-	1	1	1
B	1	-	1	1
C	1	1	-	0
D	1	1	0	-



Fij+Fji	A	B	C	D
A	-	14	15	2
B	14	-	7	4
C	15	7	-	4
D	2	4	4	-

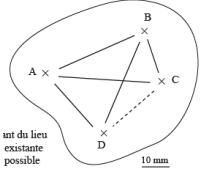
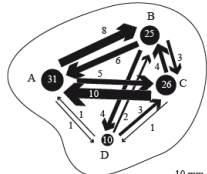
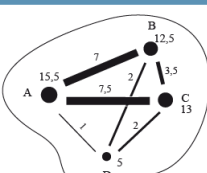
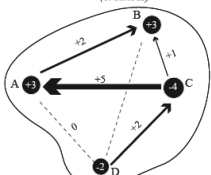
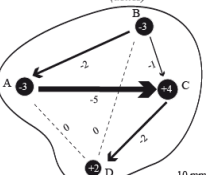
?

Antisymétrie

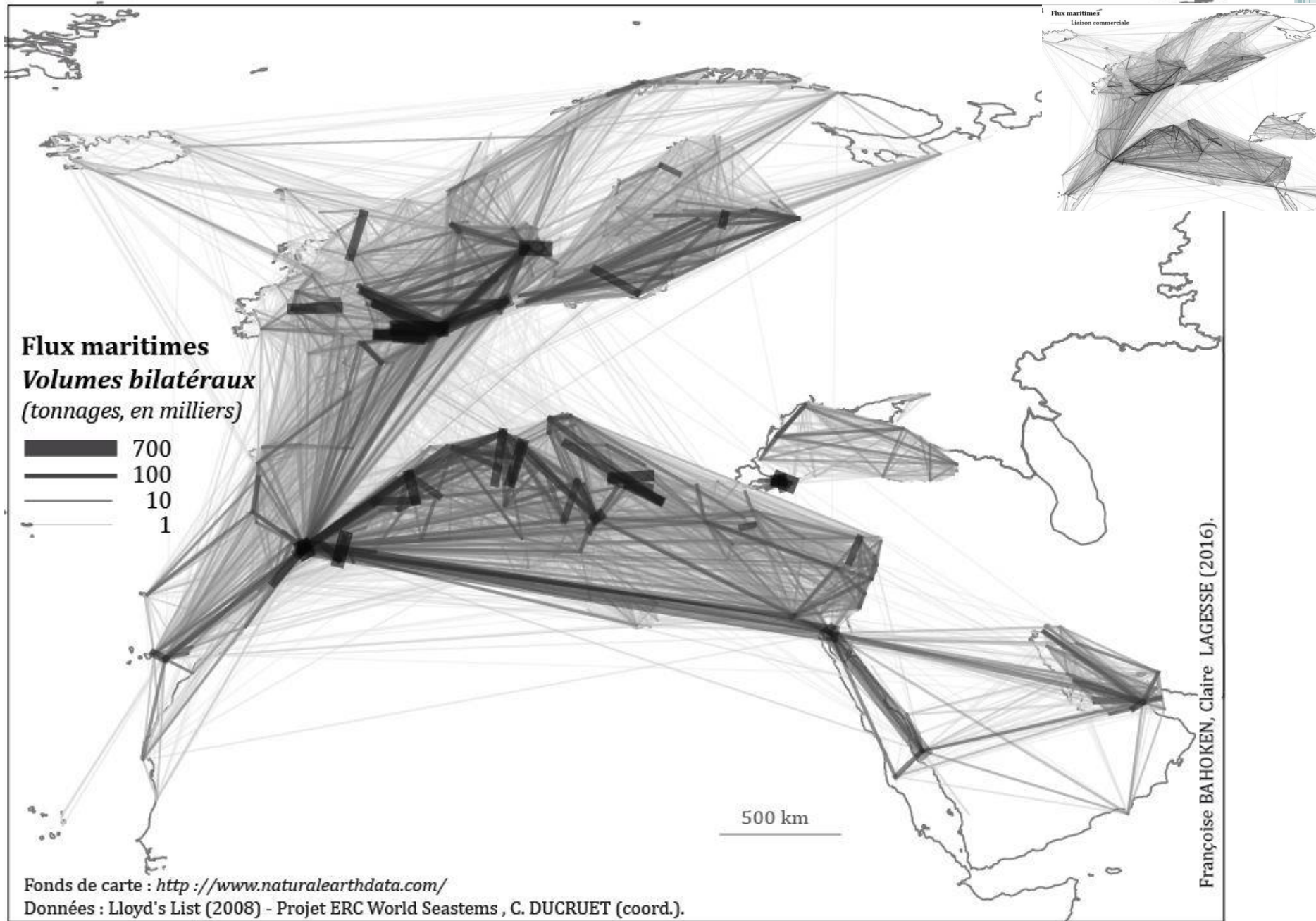
Fij-Fji	A	B	C	D
A	-	+2	-5	0
B	-2	-	-1	0
C	+5	+1	-	-2
D	0	0	+2	-

?

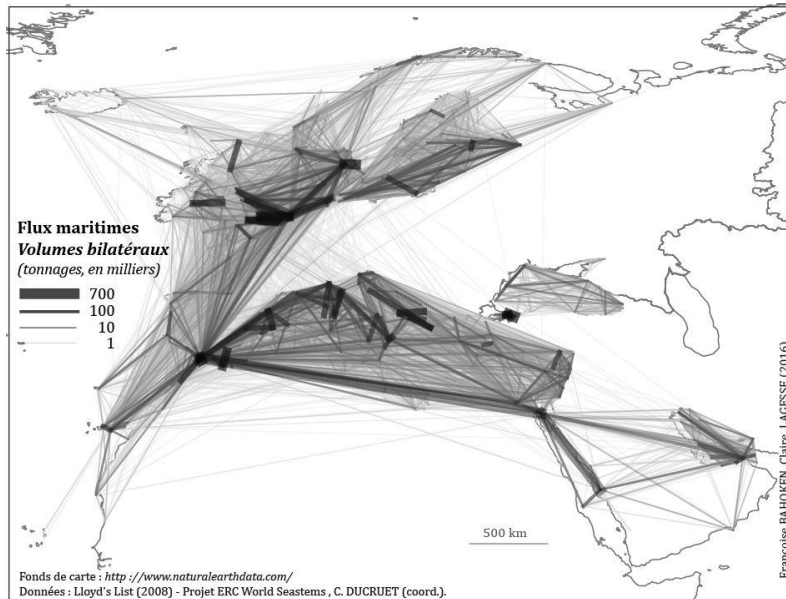
Typologie de méthodes de représentation des flux selon le type de matrice

Type de matrice	Type de figuré	Type de carte
<p>(Lij) symétrique</p> <p>↗</p>	<p>● — lien non valué — ●</p>	 <p>ent du lieu existante possible 10 mm</p>
<p>(Fij) asymétrique</p> <p>↘</p>	<p>● → lien valué orienté ← ●</p>	 <p>10 mm</p>
<p>(Fij+) symétrique</p> <p>↖</p>	<p>● — lien valué — ●</p>	 <p>10 mm</p>
<p>(Fij-) antisymétrique</p> <p>↙</p>	<p>● → lien valué orienté ●</p>	<p>Transferts positifs (créances)</p>  <p>Transferts négatifs (dettes)</p>  <p>10 mm</p>

Cartographie du volume bilatéral de flux euro-méditerranéens par voie maritime (2008)



Quel est le problème ?

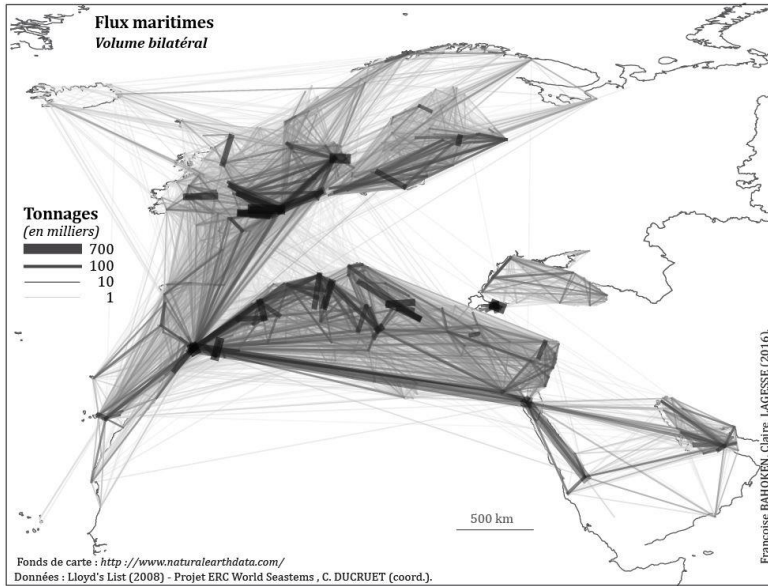


L'espace des échanges n'est pas pris en compte dans le processus de représentation cartographique.

Il est mobilisé :

- Pour modéliser les données numériques ;
- pour « habiller » la figure, dans une visée esthétique, cosmétique...

Quel est le problème ?



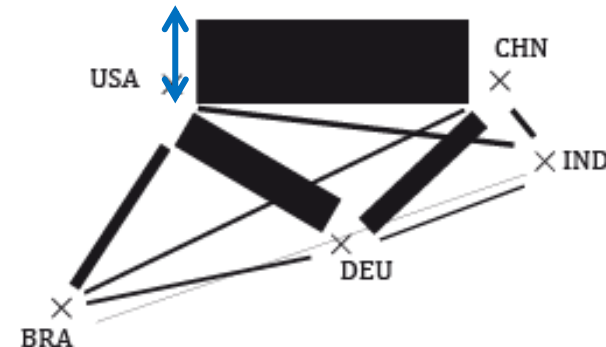
L'espace des échanges n'est pas pris en compte dans le processus de représentation cartographique.

La logique de Flux (Fij)

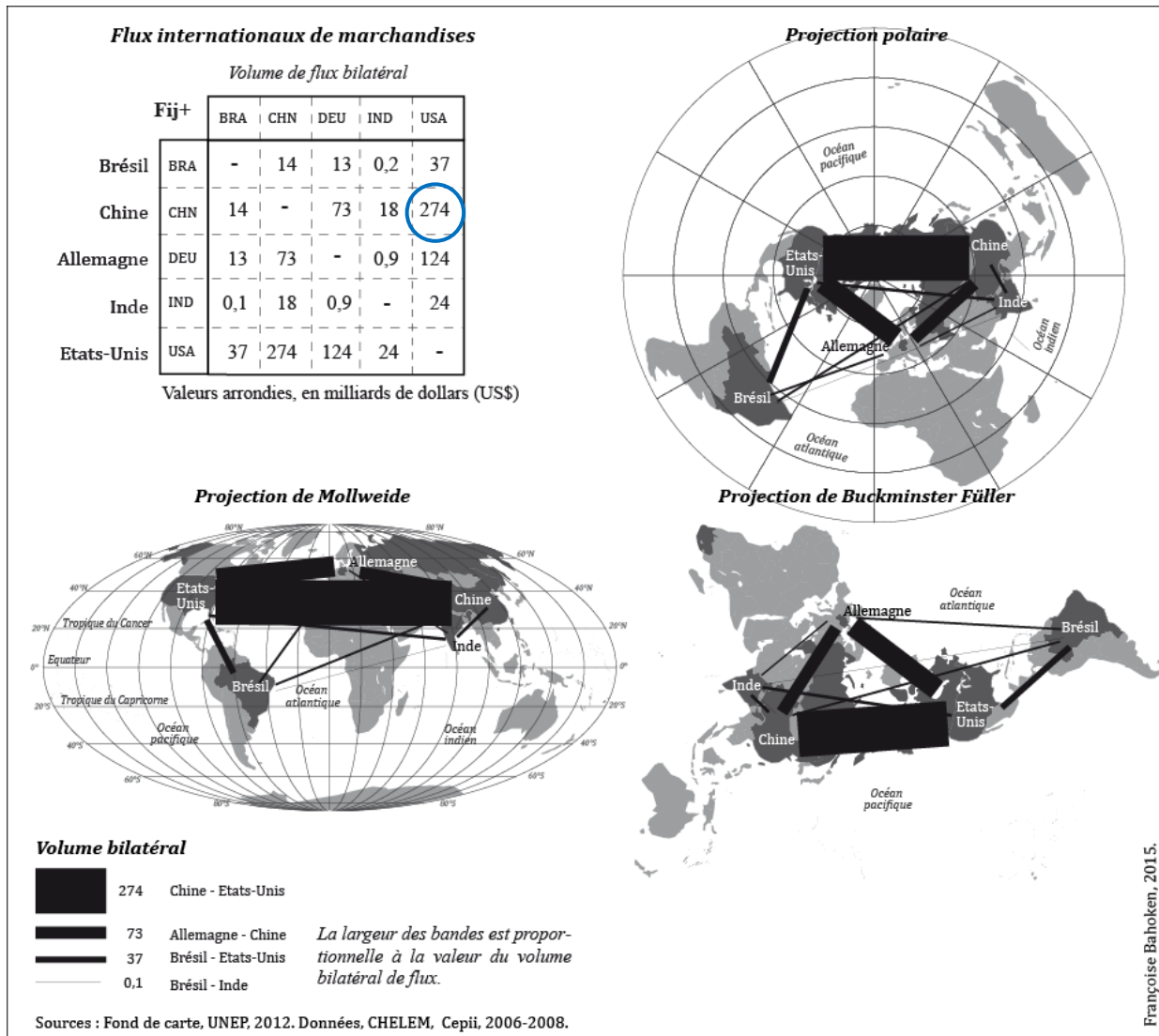
Volume de flux bilatéral

Fij+	BRA	CHN	DEU	IND	USA
BRA	-	14	13	0,2	37
CHN	14	-	73	18	274
DEU	13	73	-	0,9	124
IND	0,1	18	0,9	-	24
USA	37	274	124	24	-

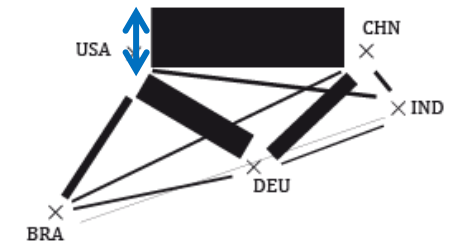
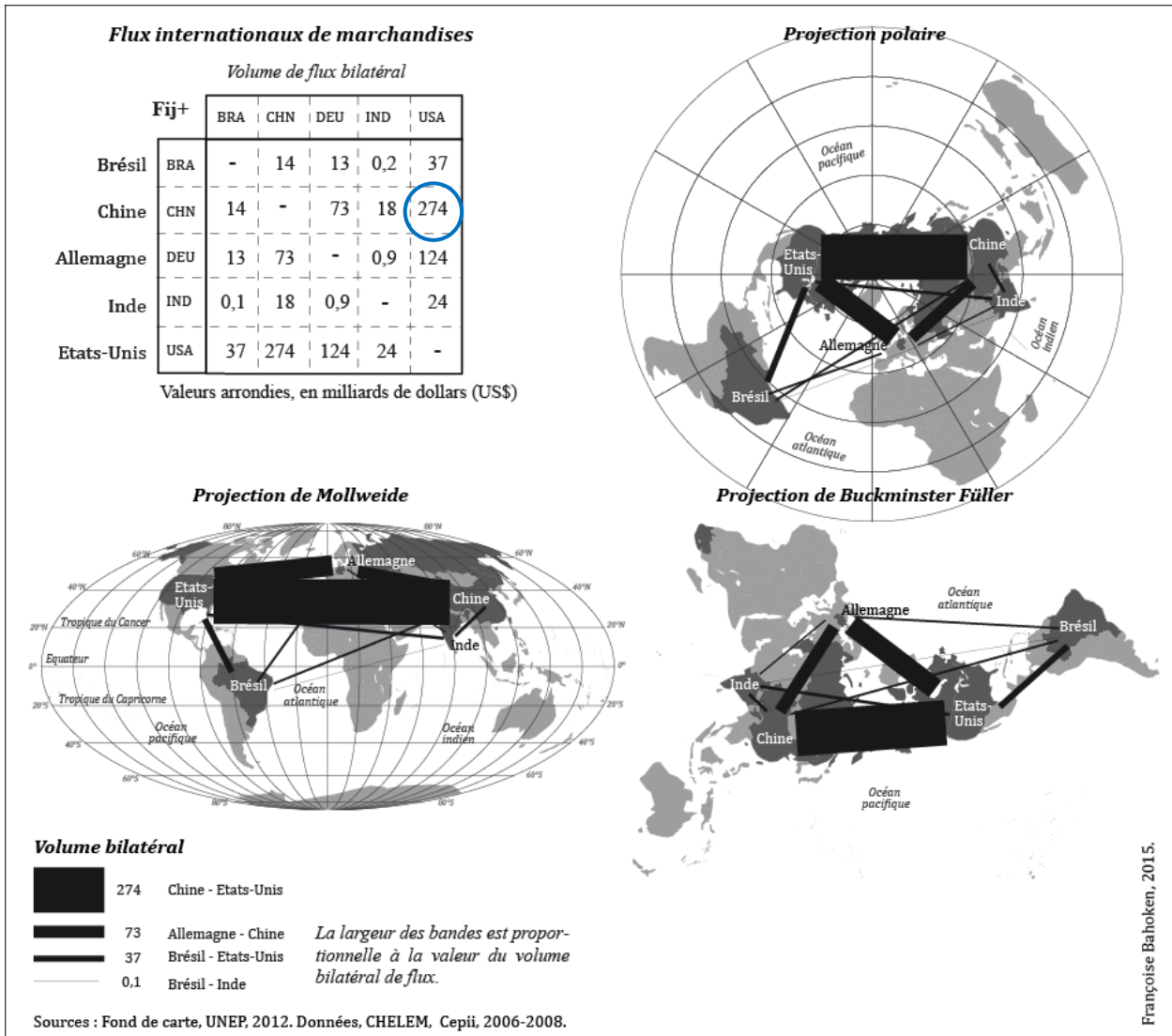
Valeur de flux



Le rôle des positions géographiques dans la représentation des flux



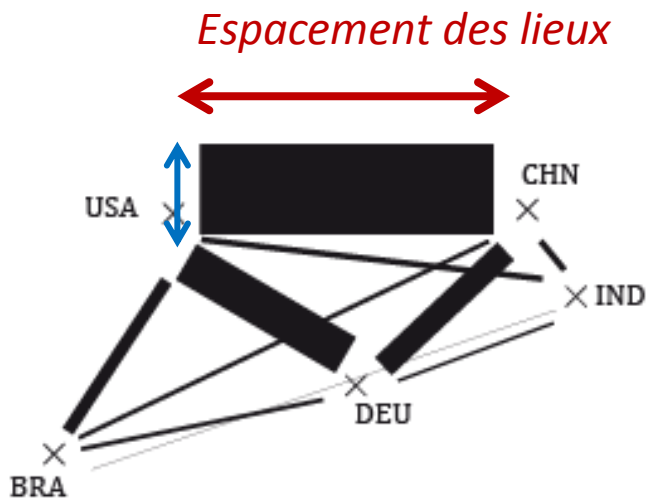
Le rôle des positions géographiques dans la représentation des flux



→ Est-ce une carte de flux ou un graphe spatialisé ?

La logique de Flux (Fij)

La logique de mouvements (Mij)



Introduire l'espace
dans le raisonnement cartographique

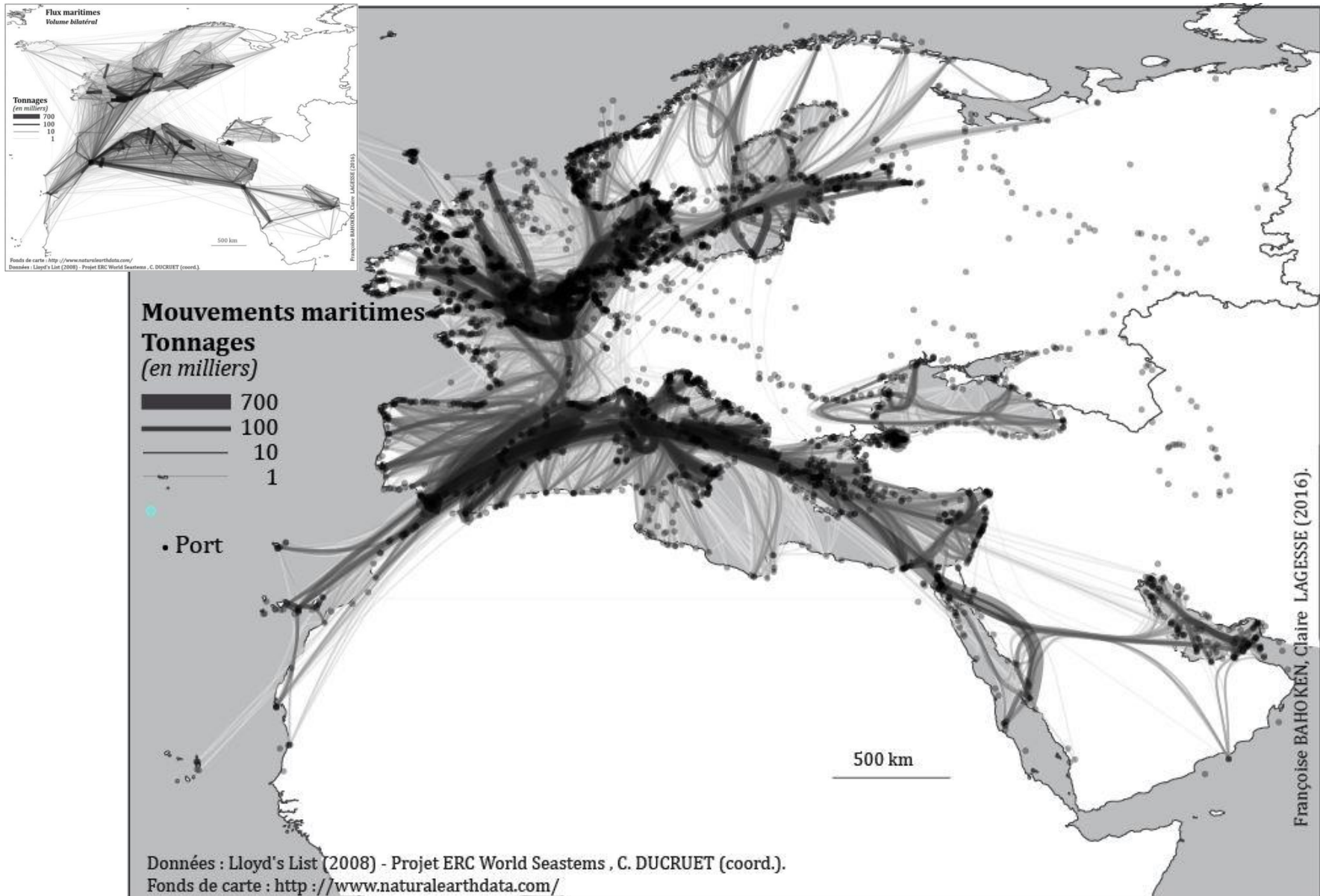
Sommaire

- Contexte : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- La construction de la base de données géographique
- Les possibilités de la géo visualisation des flux des navires
- **L'introduction de l'espace dans la cartographie de flux**
- Propositions géo visualisation des mouvements maritimes (exemples)

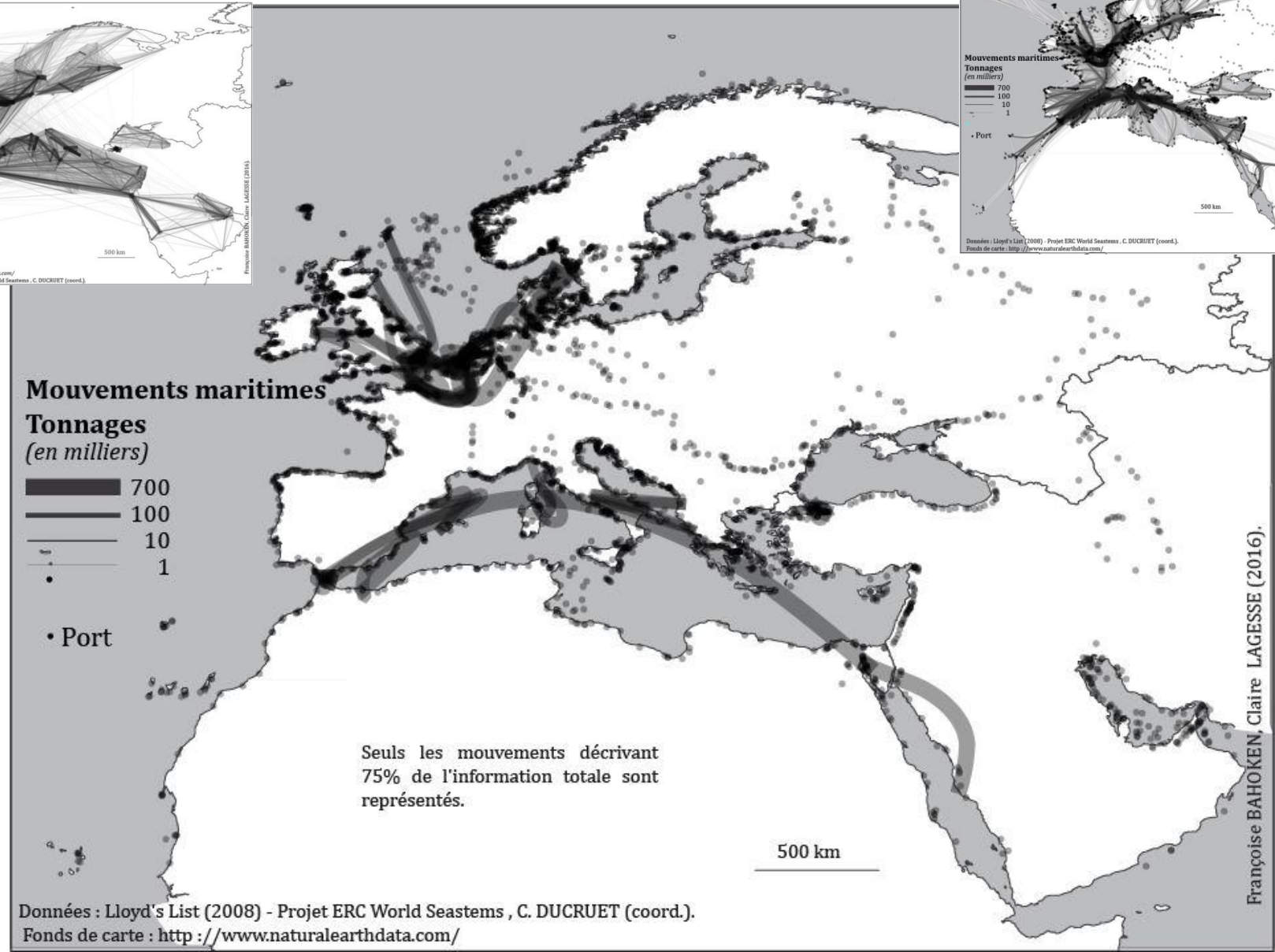
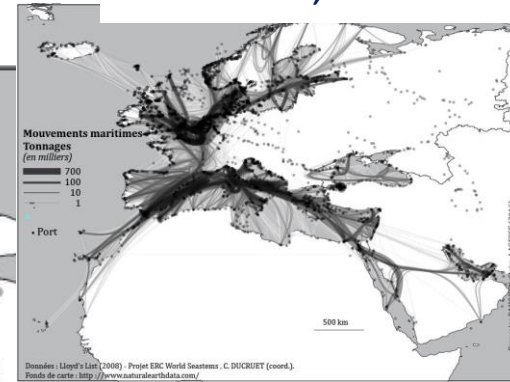
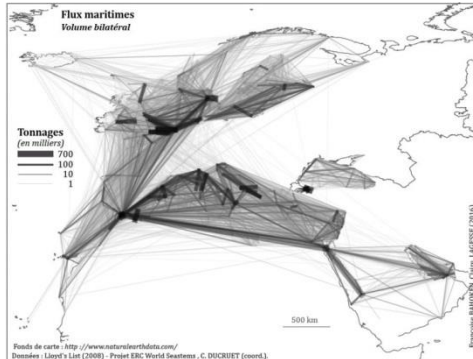
Introduire l'espace

- **Aspects graphiques** : la *forme* de la carte
- **Aspects statistiques** : le *fond de la* carte
- **Aspects cartographiques** : le *fond de* carte

■ Aspects graphiques : la *forme* de la carte



■ Aspects graphiques : la *forme* de la carte



- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

→ Retour à la préparation des données

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

→ Retour à la préparation des données

Navires

vessel_id
vessel_name
flag
type

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

Navires	Ports
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

Navires	Ports	Trajet
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

(Lij, Fij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

(Lij, Fij)

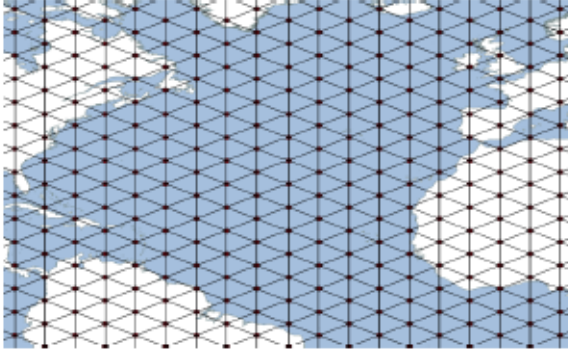
(Gij)

Navires	Ports	Trajet	Liaison	GRILLE
vessel_id vessel_name flag type	place_id place_name node_id geom	move_id previous_pl current_pl next_pl date	path_id from_pl to_pl error geom	nodes_list edges_list

→ Création d'un graphe spatial (liens, nœuds)

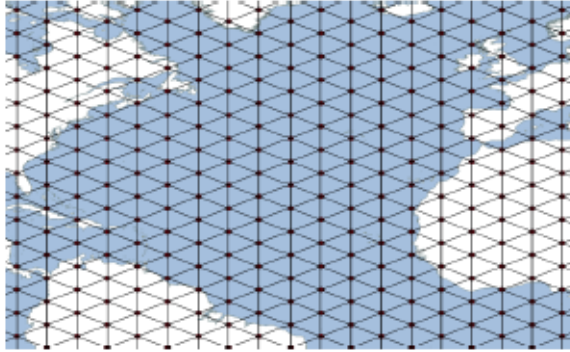
- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

a)



■ Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

a)

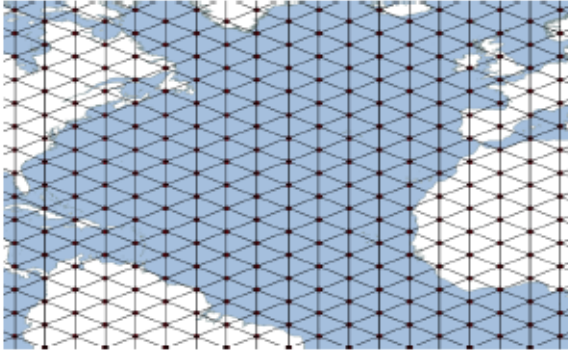


b)



■ Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

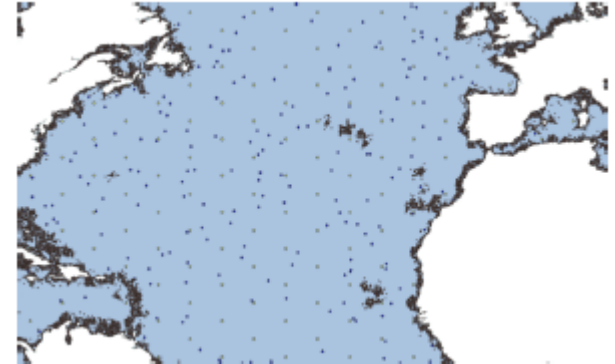
a)



b)

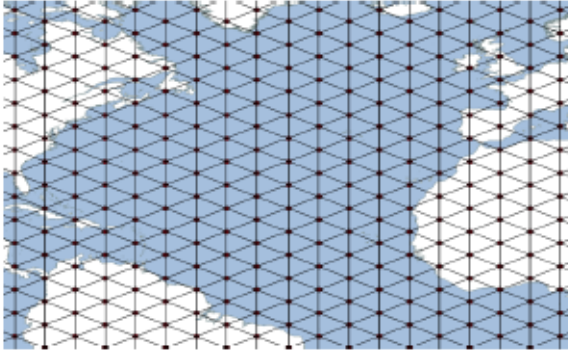


b')



■ Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

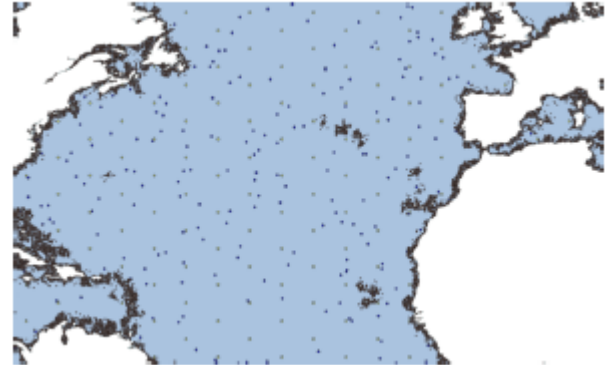
a)



b)



b')



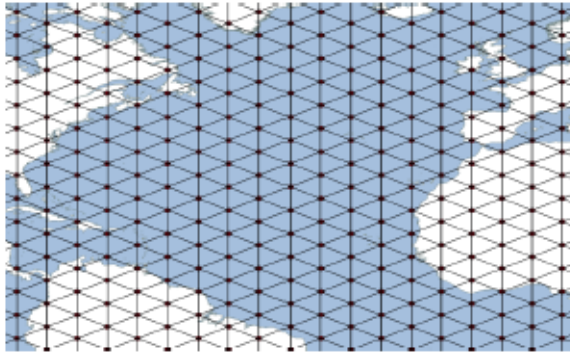
c)



Canal de Panama

■ Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

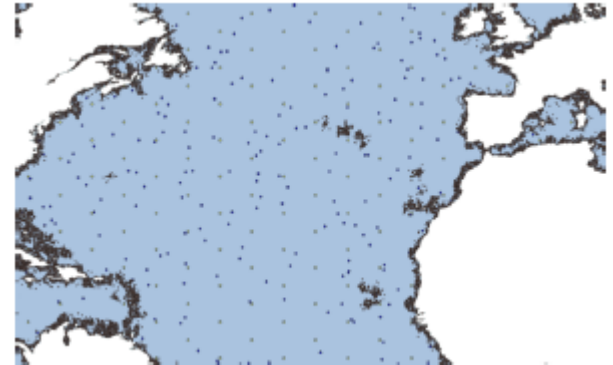
a)



b)



b')

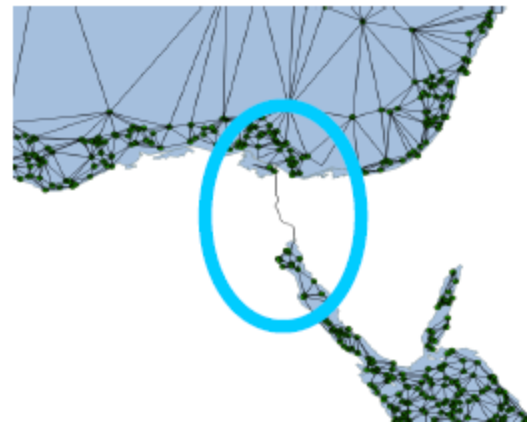


c)



Canal de Panama

d)



Canal de Suez

- Aspects cartographiques : le *fond* de la carte

Des liaisons directes (ports*ports) existantes en 2008 ...



Une matrice
Origine*Destination

... aux trajectoires (ports*ports) estimées



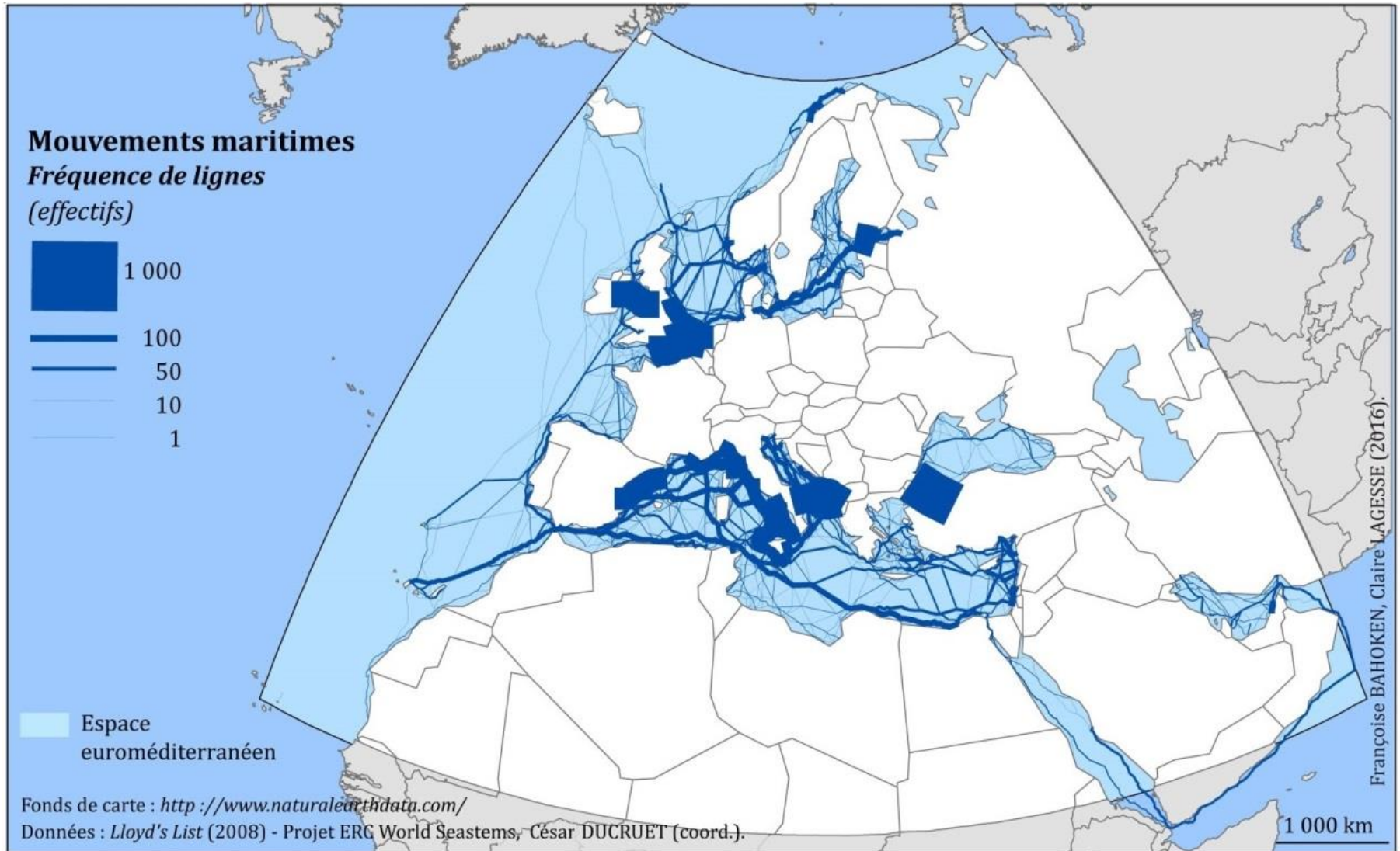
Deux matrices
Origine*Transit
Transit*Destination

Sommaire

- Contexte : les projets *Worldseastems* & *Géoseastems*
- La construction de la base de données géographique
- Les possibilités de la géo visualisation des flux des navires
- L'introduction de l'espace dans la cartographie de flux
- **Propositions de géo visualisation des mouvements maritimes**

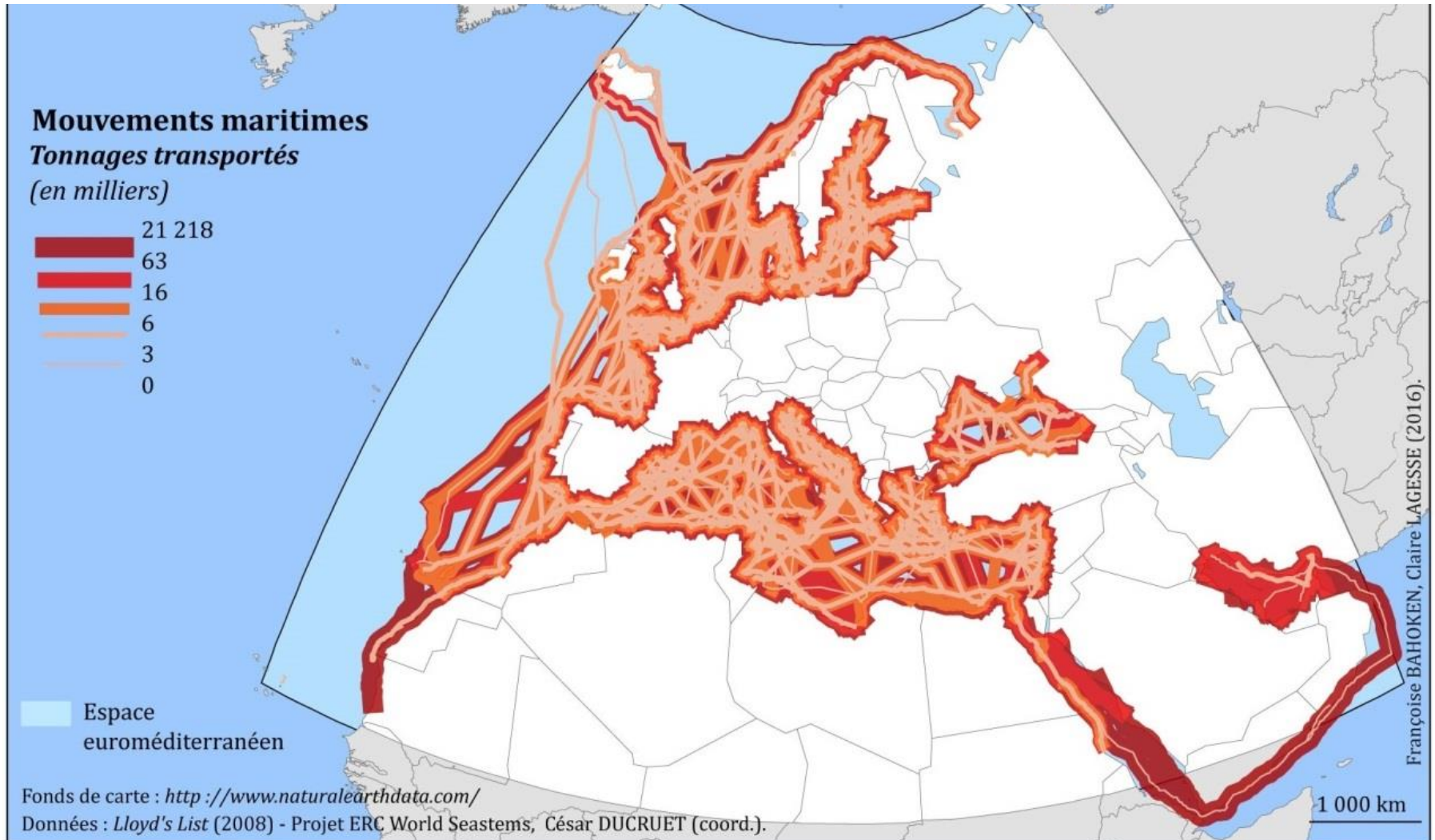
○ Approche discrète

Cartographie de la fréquence de navires sur des lignes reconstituées



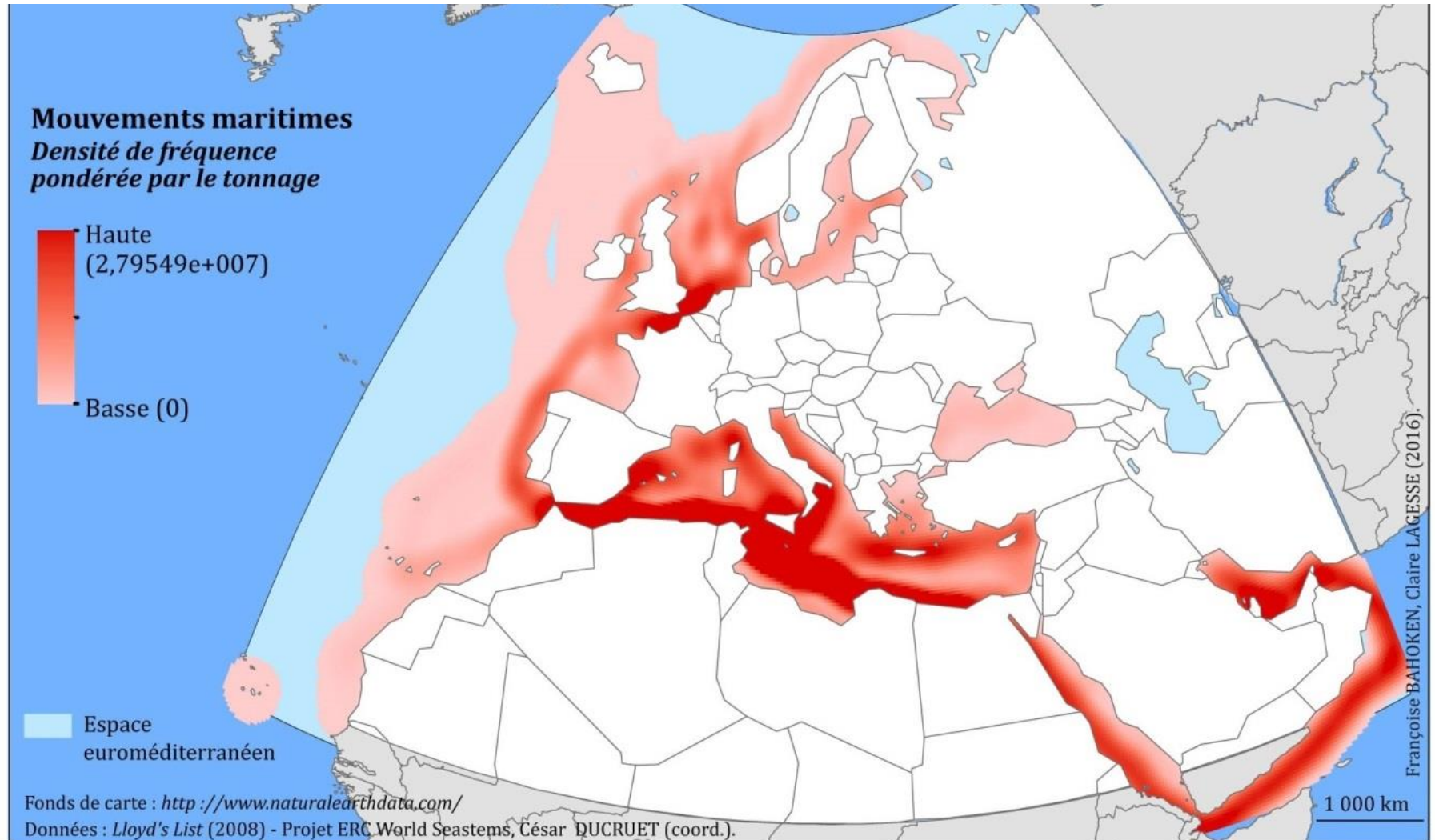
○ Approche discrète

Cartographie des volumes bilatéraux de mouvements (en tonnages) maritimes estimés



○ Approche continue

Cartographie de la densité de fréquence pondérée par le tonnage, des volumes de mouvements (en tonnages) maritimes estimés



Merci de votre attention

Françoise Bahoken, Claire Lagesse, César Ducruet

francoise.bahoken@ifsttar.fr , claire.lagesse@univ-fcomte.fr , cdu@parisgeo.cnrs.fr

