

Amédée 2021

~

Tester l'indépendance des petits réseaux de prédateurs

Jérôme Roux^{*,1,2}, Nicolas Bez³, Rocío Joo^{1,4}, Paul Rochet²,
et Stéphanie Mahévas¹

¹IFREMER, Ecologie et Modeles pour l'Halieutique

²Université de Nantes

³MARBEC, Univ Montpellier, IRD, Ifremer, CNRS, Sète, France

⁴Global Fishing Watch

22/04/2021



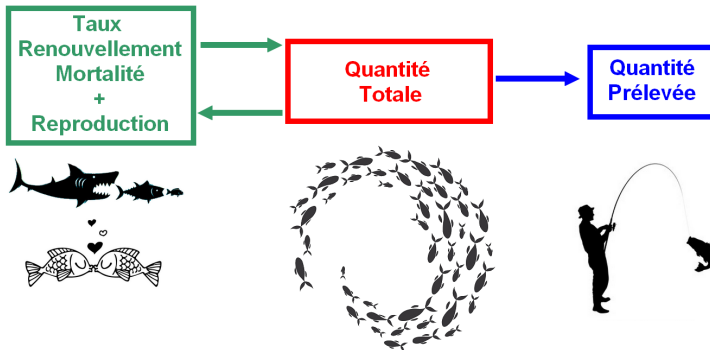
- 1 Introduction
- 2 Le graphe, l'objet des relations
- 3 Distance entre graphes
- 4 Résultats

Plan

- 1 Introduction
- 2 Le graphe, l'objet des relations
- 3 Distance entre graphes
- 4 Résultats

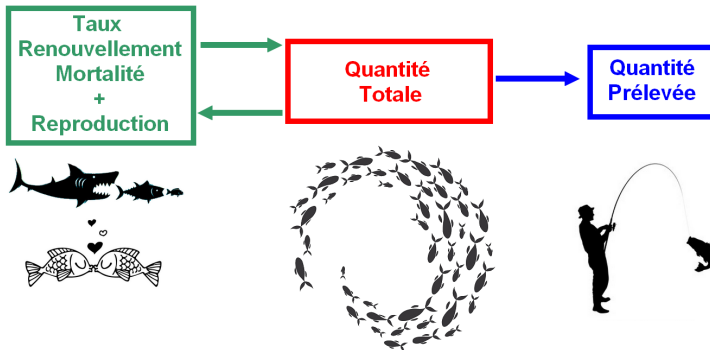
Qu'est-ce qu'une exploitation durable ? (Version simplifiée)

- 3 Compartiments :



Qu'est-ce qu'une exploitation durable ? (Version simplifiée)

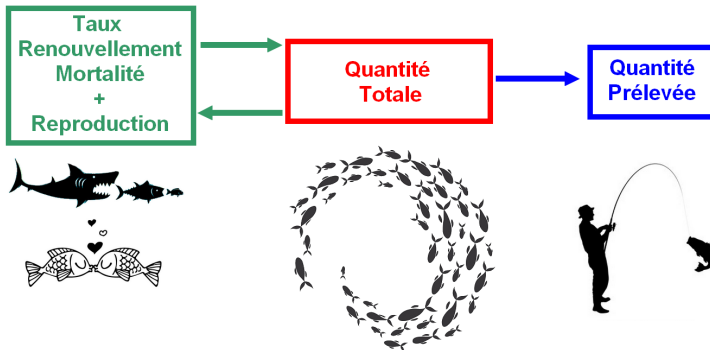
- 3 Compartiments :



- Quantité prélevée → Fourni par les acteurs de la pêche

Qu'est-ce qu'une exploitation durable ? (Version simplifiée)

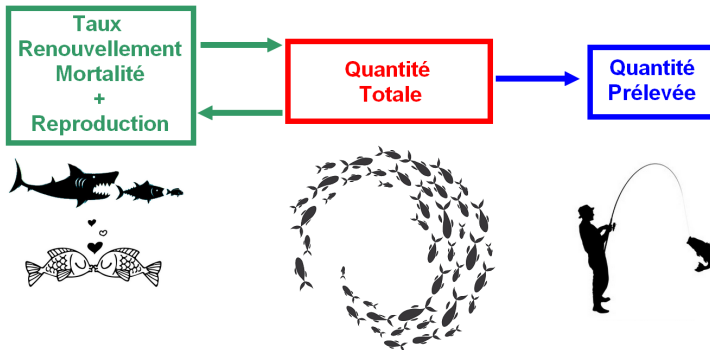
- 3 Compartiments :



- **Quantité prélevée** → Fourni par les acteurs de la pêche
- **Taux de renouvellement** → Fourni par la biologie

Qu'est-ce qu'une exploitation durable ? (Version simplifiée)

- 3 Compartiments :



- Quantité prélevée → Fourni par les acteurs de la pêche
- Taux de renouvellement → Fourni par la biologie
- Quantité totale → Difficilement accessible, approche par estimation

L'estimation, un problème d'échantillons

- 2 types d'échantillons :
Données scientifiques



- Bonne qualité
- Protocole d'échantillonnage
- Faible quantité

L'estimation, un problème d'échantillons

- 2 types d'échantillons :
Données scientifiques



- Bonne qualité
- Protocole d'échantillonnage
- Faible quantité

Données commerciales



- Moindre qualité
- Échantillonnage "anarchique"
- Grande quantité

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :
 - Stratégie d'évitement

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :
 - Stratégie d'évitement
 - Stratégie d'agression

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

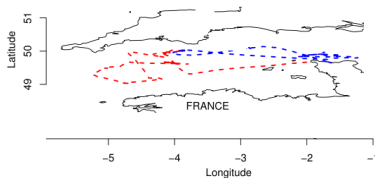
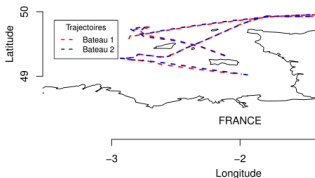
- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :
 - Stratégie d'évitement
 - Stratégie d'agression
 - Stratégie de **collaboration**

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :
 - Stratégie d'évitement
 - Stratégie d'agression
 - Stratégie de **collaboration**
- Impact de ces stratégies sur les échantillons ?

Les pêcheurs, des prédateurs comme les autres

- Prédation d'une même ressource = émergence de **stratégies de prédation** (Compromis effort vs gain) :
 - Stratégie d'évitement
 - Stratégie d'agression
 - Stratégie de **collaboration**
- Impact de ces stratégies sur les échantillons ?



- Les échantillons de ces 2 bateaux sont-ils différents, **indépendant** ou apportent-ils la **même information en double** ?
- Besoin de prendre en compte les **relations entre les acteurs**

Plan

- 1 Introduction
- 2 Le graphe, l'objet des relations**
- 3 Distance entre graphes
- 4 Résultats

Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.

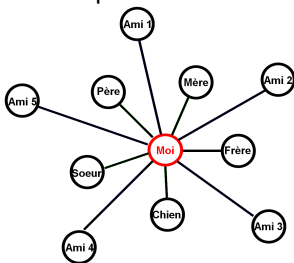
Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.
- Exemple des réseaux sociaux (Facebook) :

Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.
- Exemple des réseaux sociaux (Facebook) :

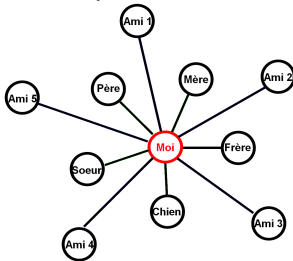
Graphe **binaire** :



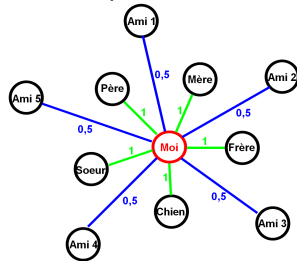
Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.
- Exemple des réseaux sociaux (Facebook) :

Graphe **binaire** :



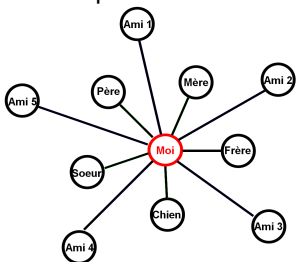
Graphe **valué** :



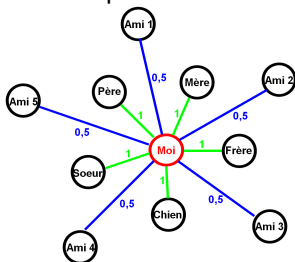
Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.
- Exemple des réseaux sociaux (Facebook) :

Graphe **binaire** :



Graphe **valué** :

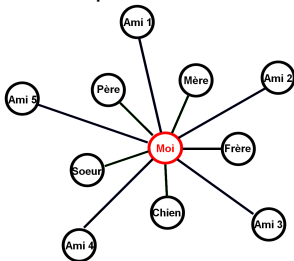


- **Intégration** d'un ensemble de paires d'interactions en un objet global, le graphe.
→ Le tout est plus que la somme de ses parties

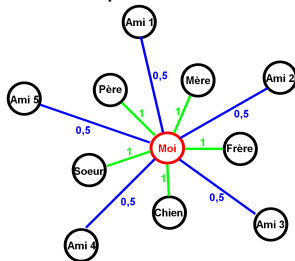
Les graphes ou réseaux :

- Un graphe, c'est un ensemble de **noeuds** (individus, objets, variables...) liés entre eux par un ensemble d'**arêtes**.
- Exemple des réseaux sociaux (Facebook) :

Graphe **binaire** :



Graphe **valué** :



- **Intégration** d'un ensemble de paires d'interactions en un objet global, le graphe.
 - Le tout est plus que la somme de ses parties
 - Peut-on établir le **"réseaux social" des pêcheurs** ?

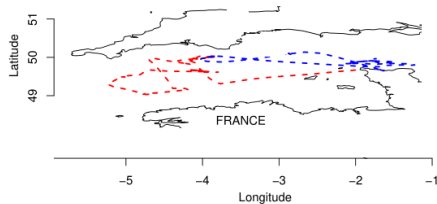
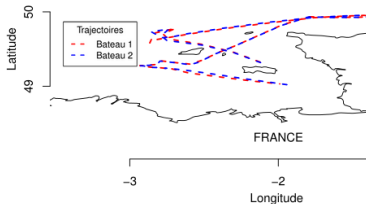
Quelles relations entre les pêcheurs ?

Quelles relations entre les pêcheurs ?

- Utilisation des **trajectoires (VMS)** pour identifier les "rencontres".
→ Une rencontre = distance < 5 km entre 2 bateaux

Quelles relations entre les pêcheurs ?

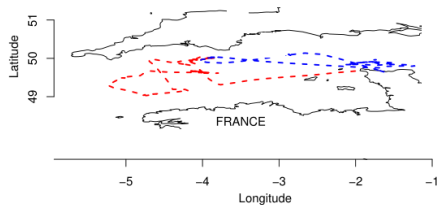
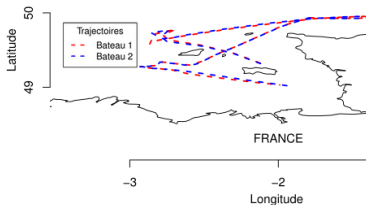
- Utilisation des **trajectoires (VMS)** pour identifier les "rencontres".
→ Une rencontre = distance < 5 km entre 2 bateaux
- 2 exemples de rencontres ...



... mais 2 relations très différentes.

Quelles relations entre les pêcheurs ?

- Utilisation des **trajectoires (VMS)** pour identifier les "rencontres".
→ Une rencontre = distance < 5 km entre 2 bateaux
- 2 exemples de rencontres ...



... mais 2 relations très différentes.

→ Nécessité de **hiérarchiser** les relations

Quelle hiérarchisation des relations ?

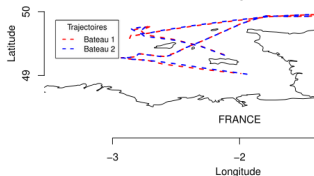
- **Evaluation** de l'intensité de la relation à l'aide de **3 métriques** (Joo et al, 2020) :

Quelle hiérarchisation des relations ?

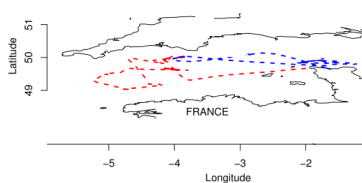
- **Evaluation** de l'intensité de la relation à l'aide de **3 métriques** (Joo et al, 2020) :
 - $Prox_5$: Métrique de proximité
 - Di_θ : Métrique de coordination angulaire
 - Di_D : Métrique de coordination de vitesse

Quelle hiérarchisation des relations ?

- **Evaluation** de l'intensité de la relation à l'aide de **3 métriques** (Joo et al, 2020) :
 - $Prox_5$: Métrique de proximité
 - Di_θ : Métrique de coordination angulaire
 - Di_D : Métrique de coordination de vitesse



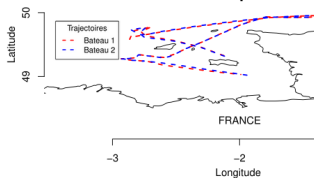
$Prox_5$	0.860
Di_θ	0.984
Di_D	0.934



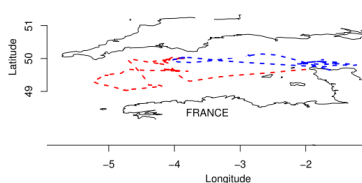
$Prox_5$	0.037
Di_θ	0.004
Di_D	0.637

Quelle hiérarchisation des relations ?

- **Evaluation** de l'intensité de la relation à l'aide de 3 métriques (Joo et al, 2020) :
 - $Prox_5$: Métrique de proximité
 - Di_θ : Métrique de coordination angulaire
 - Di_D : Métrique de coordination de vitesse



$Prox_5$	0.860
Di_θ	0.984
Di_D	0.934



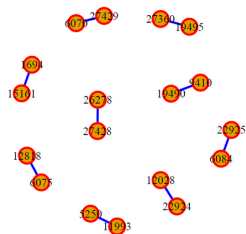
$Prox_5$	0.037
Di_θ	0.004
Di_D	0.637

- **Classification** des rencontres en 3 groupes :
 - Groupe 1 : Relations fortes (**collaboration**)
 - Groupe 2 : Relations intermédiaires (**compétition ?**)
 - Groupe 3 : Relations faibles (**évitement/rencontres fortuites**)

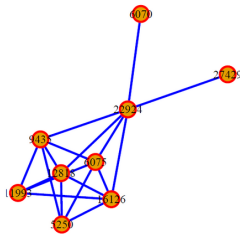
Et après ?

- Exemple de graphes :

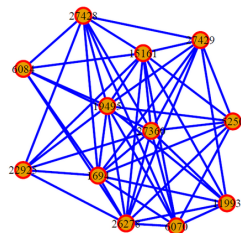
Cluster n°1



Cluster n°2



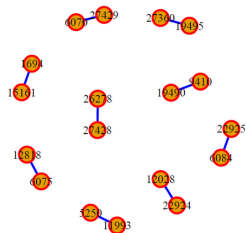
Cluster n°3



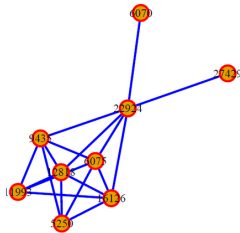
Et après ?

- Exemple de graphes :

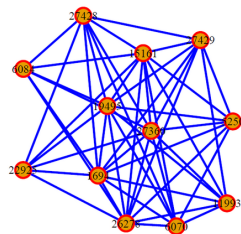
Cluster n°1



Cluster n°2



Cluster n°3

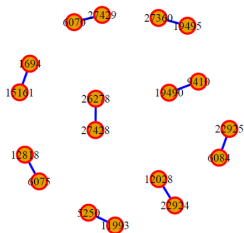


→ Ces graphes sont des réalisations d'un **processus inconnu**

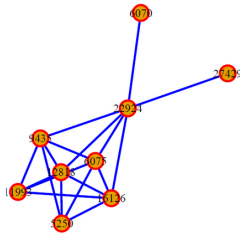
Et après ?

- Exemple de graphes :

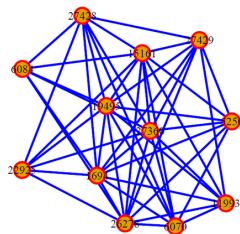
Cluster n°1



Cluster n°2



Cluster n°3



→ Ces graphes sont des réalisations d'un **processus inconnu**

→ Comparaison avec des graphes issus de **processus connus**

Le modèle d'Erdős-Rényi :

- Pour un nombre de nœuds \mathcal{N} fixé
- Et pour un nombre d'arêtes \mathcal{M} fixé
- $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.

Le modèle d'Erdős-Rényi :

- Pour un nombre de nœuds \mathcal{N} fixé
 - Et pour un nombre d'arêtes \mathcal{M} fixé
 - $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.
- **Tirage uniforme** d'un sous ensemble de \mathcal{M} arêtes parmi les $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.

Le modèle d'Erdős-Rényi :

- Pour un nombre de nœuds \mathcal{N} fixé
- Et pour un nombre d'arêtes \mathcal{M} fixé
- $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.
 - **Tirage uniforme** d'un sous ensemble de \mathcal{M} arêtes parmi les $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.
 - Graphes d'**indépendance** des arêtes par construction.

Le modèle d'Erdős-Rényi :

- Pour un nombre de nœuds \mathcal{N} fixé
- Et pour un nombre d'arêtes \mathcal{M} fixé
- $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.

→ **Tirage uniforme** d'un sous ensemble de \mathcal{M} arêtes parmi les $\frac{\mathcal{N}(\mathcal{N}-1)}{2}$ couples possibles.

→ Graphes d'**indépendance** des arêtes par construction.

→ Évaluation du niveau d'indépendance des graphes de flottilles en les comparant aux Erdős-Rényi.

Plan

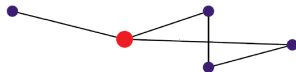
- 1 Introduction
- 2 Le graphe, l'objet des relations
- 3 Distance entre graphes**
- 4 Résultats

Les Feature-based distances :

- Un graphe peut être résumé par un **ensemble de métriques** :

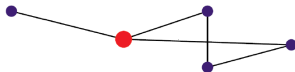
Les Feature-based distances :

- Un graphe peut être résumé par un **ensemble de métriques** :
 - Le cas du degrés :
 - Métrique relative aux **nœuds** d'un graphes
 - Degrés d'un nœud = nombre de nœuds adjacent



Les Feature-based distances :

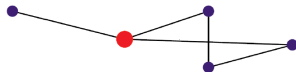
- Un graphe peut être résumé par un **ensemble de métriques** :
 - Le cas du degrés :
 - Métrique relative aux **nœuds** d'un graphes
 - Degrés d'un nœud = nombre de nœuds adjacent



→ Degrés du noeud rouge = 3

Les Feature-based distances :

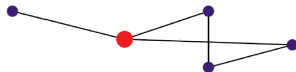
- Un graphe peut être résumé par un **ensemble de métriques** :
 - Le cas du degrés :
 - Métrique relative aux **nœuds** d'un graphes
 - Degrés d'un nœud = nombre de nœuds adjacent



- Degrés du noeud rouge = 3
- **Histogramme des degrés** = résume une partie de l'information contenue dans le graphe.

Les Feature-based distances :

- Un graphe peut être résumé par un **ensemble de métriques** :
 - Le cas du degrés :
 - Métrique relative aux **nœuds** d'un graphes
 - Degrés d'un nœud = nombre de nœuds adjacent



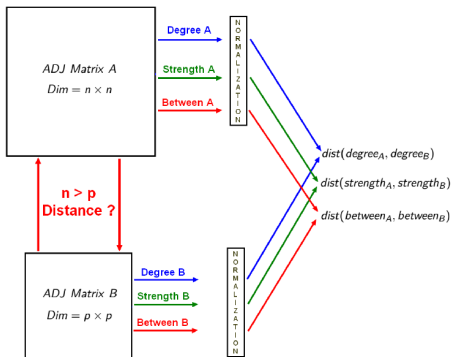
- Degrés du noeud rouge = 3
 - **Histogramme des degrés** = résume une partie de l'information contenue dans le graphe.
 - La distance entre 2 graphes = distance entre métriques :
 - Distance entre deux histogrammes.

Les Feature-based distances :

→ **Limité** à la comparaison de graphes de **même ordre** (nombre de noeuds) et de **même densité** (nombre d'arêtes)

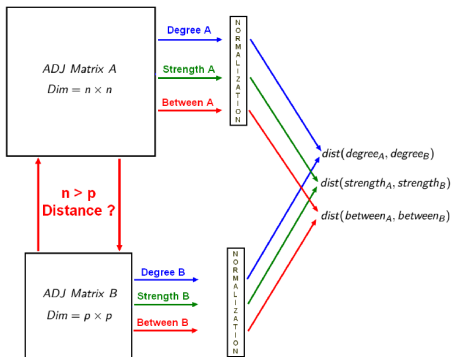
Les Feature-based distances :

- **Limité** à la comparaison de graphes de **même ordre** (nombre de noeuds) et de **même densité** (nombre d'arêtes)
- Tentative de contournement des limites :



Les Feature-based distances :

- **Limité** à la comparaison de graphes de **même ordre** (nombre de noeuds) et de **même densité** (nombre d'arêtes)
- Tentative de contournement des limites :



→ "Je ne dirais pas que c'est un échec, mais ça n'a pas marché"

Graphlet Correlation Distance (GCD) :

- Distance récente (Yaveroglu, Przulj et al 2014) :
→ Comparaison de graphes d'interactions protéine-protéine

Graphlet Correlation Distance (GCD) :

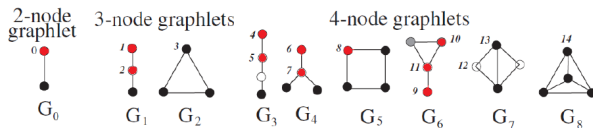
- Distance récente (Yaveroglu, Przulj et al 2014) :
 - Comparaison de graphes d'interactions protéine-protéine
 - Autorise la comparaison de graphes d'ordre et de densité différentes

Graphlet Correlation Distance (GCD) :

- La GCD_{11} dans les grandes lignes :

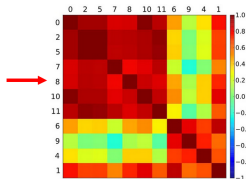
Graphlet Correlation Distance (GCD) :

- La GCD_{11} dans les grandes lignes :
 → Distance basée sur l'analyse **topologique** des graphes.



	Orbite 0	Orbite 1	Orbite 2	...	Orbite 11
Nœud 1	9	3	3	...	16
Nœud 2	3	8	2	...	21
...
Nœud n	6	11	4	...	1

$GCM[i,j]$
 =
 Corrélation entre
 les "Orbites i" et "Orbite j"



Graphlet Correlation Matrix GCM

Graphlet Correlation Distance (GCD) :

- Résumé d'un graphe sous la forme d'une GCM.
→ Matrice symétrique 11×11

Graphlet Correlation Distance (GCD) :

- Résumé d'un graphe sous la forme d'une GCM.
→ Matrice symétrique 11×11
- GCD_{11} entre 2 graphes :
→ **Distance euclidienne entre les GCM** des 2 graphes

Plan

- 1 Introduction
- 2 Le graphe, l'objet des relations
- 3 Distance entre graphes
- 4 Résultats**

Résumé de l'approche

- L'analyse des **trajectoires** permet d'identifier et d'"interpréter" des comportements 2 à 2.

Résumé de l'approche

- L'analyse des **trajectoires** permet d'identifier et d'"interpréter" des comportements 2 à 2.
- Les modèles de **graphes aléatoires** permettent d'analyser les **propriétés** organisationnelles à l'échelle des flottilles.

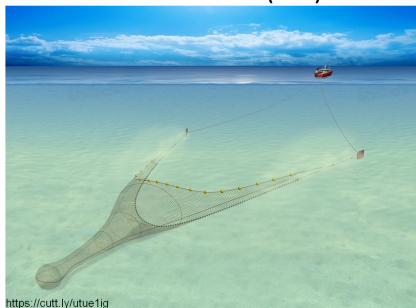
Résumé de l'approche

- L'analyse des **trajectoires** permet d'identifier et d'"interpréter" des comportements 2 à 2.
- Les modèles de **graphes aléatoires** permettent d'analyser les **propriétés** organisationnelles à l'échelle des flottilles.
- Étendue de l'utilisation d'une distance innovante sur des **graphes rares** dans la littératures.

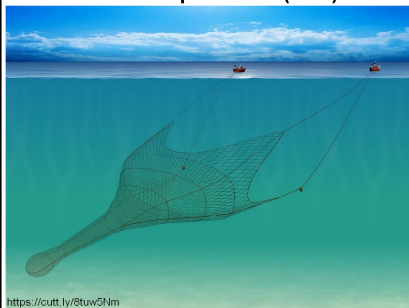
Cas d'étude :

- 2 flottilles étudiées :
 - Midwater pair trawls (PTM) du port de Cherbourg.
 - Bottom otter trawl (OTB) du port de Boulogne-sur-Mer.
 - Années 2012 et 2013.

Bottom otter trawl (OTB)



Midwater pair trawls (PTM)



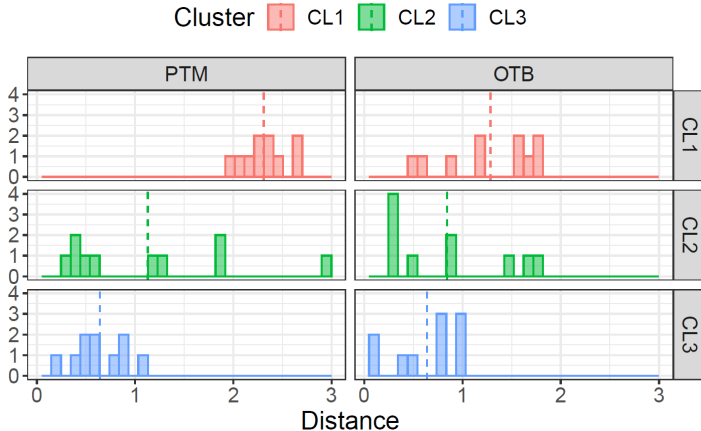
Distance aux Erdős-Rényi :

- 60 graphes de flottilles :
→ 10 graphes par cluster par flottilles.

Distance aux Erdős-Rényi :

- 60 graphes de flottilles :
 - 10 graphes par cluster par flottilles.
- Pour chaque graphes :
 - Simulation de 100 graphes Erdős-Rényi.
 - Calcul de la distance GCD_{11} moyenne aux Erdős-Rényi
 - Et calcul de la probabilité qu'un graphe de Erdős-Rényi se trouve à cette distance (\sim pvalue)

Distance aux Erdős-Rényi :



→ Les graphes des interactions fortes présentent la topologie la plus éloignée de celle attendue sous l'hypothèse d'indépendance.

P-value

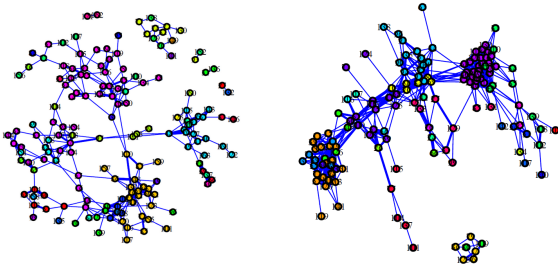
PTM			OTB		
Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.042**
0.000***	0.000***	0.024**	0.000***	0.000***	0.055*
0.000***	0.036**	0.032**	0.000***	0.018**	0.062*
0.000***	0.041**	0.076*	0.000***	0.086*	0.070*
0.000***	0.095*	0.089*	0.000***	0.126	0.090*
0.000***	0.350	0.192	0.005***	0.377	0.197
0.000***	0.457	0.361	0.025**	0.719	0.265
0.000***	0.625	0.508	0.065*	0.726	0.705
0.000***	0.789	0.548	0.395	0.813	0.909
0.005***	0.801	0.821	0.615	0.833	0.957

Conclusion :

- Les pêcheurs sont des prédateurs au **comportement collectif** encore opaque.
- Évaluation de l'**indépendance** entre les pêcheurs = **première étape** de compréhension du comportement collectif.
- Mais étape utile = aide au **filtrage** des données les plus indépendantes.

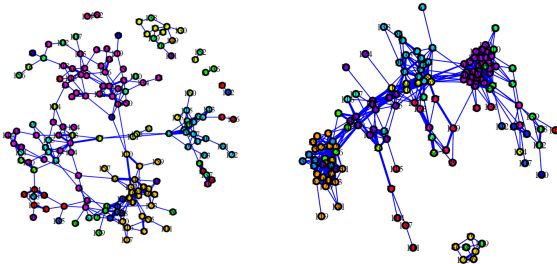
Conclusion :

- Perspectives, plusieurs pistes :
 - **Changement d'échelle** = application à l'ensemble des flottilles de la Manche ?



Conclusion :

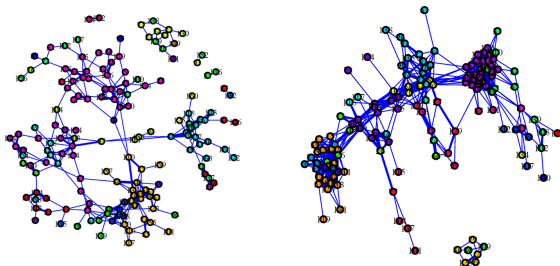
- Perspectives, plusieurs pistes :
 - **Changement d'échelle** = application à l'ensemble des flottilles de la Manche ?



- Passage à des graphes **dynamique** = variabilité temporelle du comportement ?

Conclusion :

- Perspectives, plusieurs pistes :
 - **Changement d'échelle** = application à l'ensemble des flottilles de la Manche ?



- Passage à des graphes **dynamique** = variabilité temporelle du comportement ?
- Effet de la prise en compte de l'indépendance sur les **CPUE** = standardisation ?