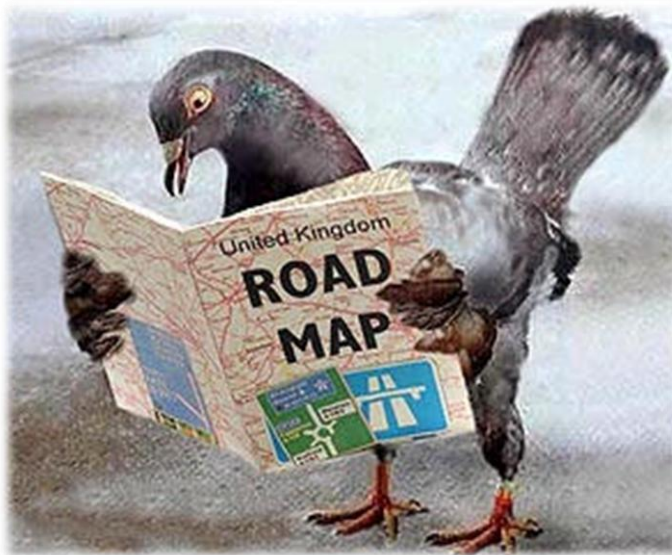


Projet de Fin d'Etudes

Analyse comparative du déplacement de pigeons voyageurs



2017-2018

Directeur de recherche
ETIENNE Laurent

WANG Xiaomeng
YAO Yanwan

Analyse comparative du déplacement de pigeons voyageurs

Directeur de recherche : ETIENNE Laurent

Année 2017-2018

Avertissement

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Avertissement	3
Sommaire	4
Introduction	5
Hypothèses	5
Chercher les méthodes	6
1. Hypothèses 1: Si un pigeon va former une route habituelle?	6
Méthode 1: Comparaison visuelle des routes.	6
Méthode 2: Fidélité à l'itinéraire	6
Méthode 3: La distance de Fréchet	7
Méthode 4: Calculer la variance de chaque chemin avec la trajectoire médiane.	9
Méthode 5 : Classification hiérarchiques.	10
2. Hypothèses 2: S'il y aura un suiveur et un leader entre les deux pigeons?	11
Méthode 1: La direction instantanée des pigeons pour définir les suiveurs et les leaders.	11
Méthode 2: Calculer la distance d de la position d'un oiseau au cours d'un vol jumel vers le point le plus proche sur son itinéraire solo précédent.	14
Méthode 3: Calculer la plage attendue de la variation de la trace individuelle entre ces traces.	14
La description des données	16
Analyse les données	16
Conclusion	31
Remerciement	32
Référence	33
Annexe	36
1- Les track du chaque pigeon	36
2- Les trajectoires selon différentes clusters	39
3- Les trajectoires de chaque couple de pigeons	43
4- Le nombre du cluster de chaque paire	53

Introduction

Le troupeau des oiseaux est un phénomène collectif intrigant et spectaculaire. Certaines espèces d'oiseaux, comme les étourneaux sansonnets, peuvent former de grands groupes qui se déplacent ensemble de façon coordonnée, avec des changements de direction se propageant rapidement dans l'ensemble du troupeau. De nombreux individus se rassemblent pendant la migration et restent cohésives sur de longues distances. Afin de rester ensemble dans un troupeau coordonné les oiseaux individuels doivent répondre appropriée aux positions et directions de mouvement de leurs voisins. Si le groupe est assez petit pour avoir seulement deux pigeons, alors va-t-il former un groupe coordonné? Ici, nous voulons étudier s'il va former un groupe coordonné lorsque deux pigeons volent ensemble, c'est-à-dire, est-ce-qu'il y a un pigeon qui mènera à des choix directionnels et l'autre pigeon d'être un suiveur.

Hypothèses

Afin de résoudre les problèmes que nous avons soulevés, nous l'étudierons en deux parties.

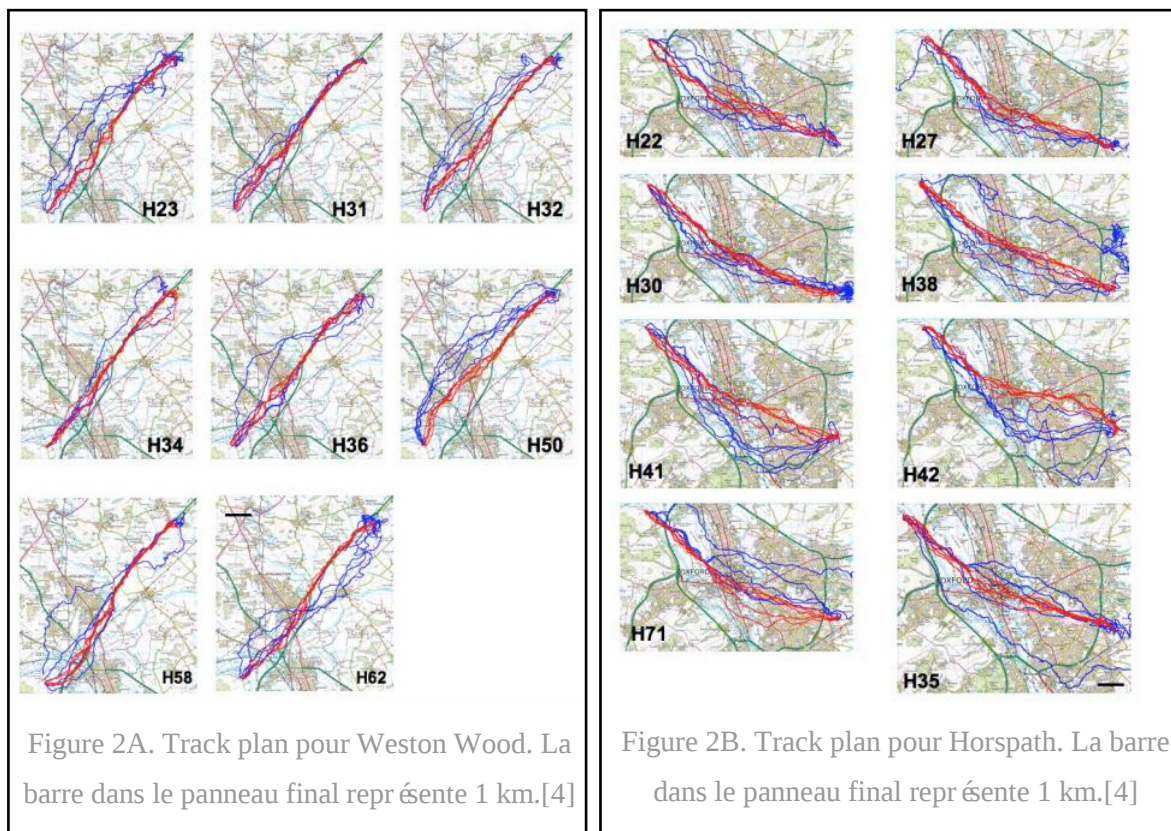
1. Premièrement, nous étudions le vol d'un seul pigeon. Si un pigeon vole seul et vole plusieurs fois, est-ce qu'il forme une route habituelle? Nous supposons qu'il va former.
2. Dans la deuxième étape, nous étudions la route où deux pigeons volent ensemble. Y aura-t-il un pigeon qui amènera son partenaire à son cours coutumier, et si la réponse est oui, alors nous pensons que ce pigeon est le leader.

Chercher les méthodes

1. Hypothèses 1: Si un pigeon va former une route habituelle?

Méthode 1: Comparaison visuelle des routes.

Suivre les données. Huit des dix sujets de chaque groupe ont complété vingt entraînements à partir de leur site assigné. Les graphiques suivants montrent les premières cinq traces de GPS de chaque oiseau (bleu) et les dernières cinq (rouge) (voir figure 2)[4]. La comparaison des premières traces et des dernières par une inspection informelle révèle que les oiseaux semblent développer des voies habituelles.



Méthode 2: Fidélité à l'itinéraire

Trouver une mesure de fidélité appropriée est essentiel pour déterminer comment les routes habituelles se développent. Notre approche consistait à utiliser une analyse du plus proche voisin pour mesurer la similarité entre les pistes. Une analyse du plus proche voisin associe chaque point de la piste sujet à son voisin le plus proche sur la piste de référence et mesure la distance moyenne entre toutes les paires[4]. Bien que la méthode du plus proche voisin offre une mesure de la similarité de la piste, le choix de la piste de référence peut grandement influencer le résultat. Pour aborder la question de la fidélité à la route, nous avons considéré trois modèles de référence alternatifs. Les trois modèles sont les suivants: 1. Le modèle de paire compare chaque libération à la suivante. 2. Le modèle de

référence complet compare chaque libération aux 19 autres libération. 3. Le modèle de fenêtre mobile compare chaque version aux deux libération avant et après. La figure 3 montre les loyautés moyennes des routes pendant la période de la formation selon les trois modèles.

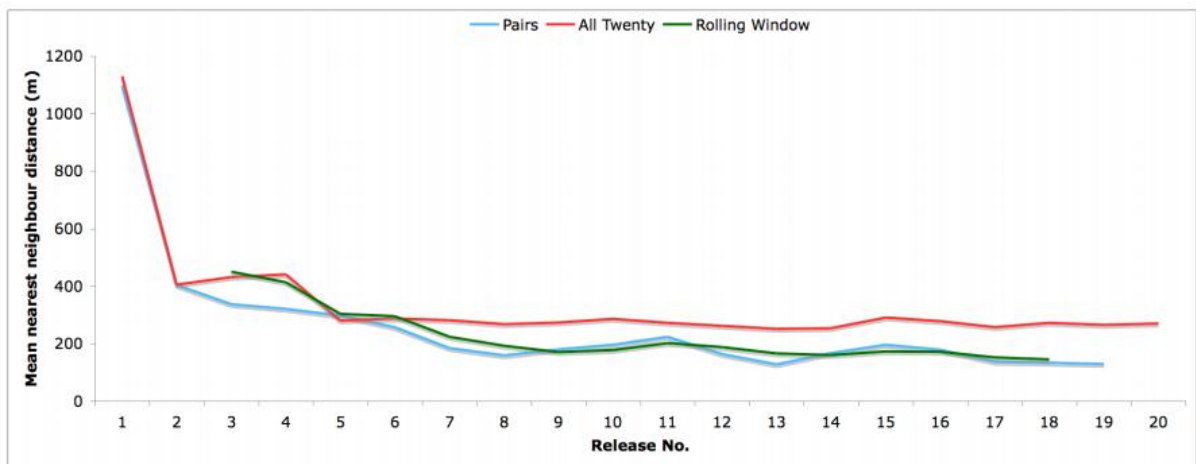


Figure 3. Le développement de la fidélité d'itinéraire moyenne selon le modèle de référence.[4]

Bien qu'il y ait des différences marquées de fidélité mesurées par les trois modèles, tous présentent une tendance similaire de similarité de piste croissante avec l'expérience. Selon les trois systèmes de référence, la corrélation entre la valeur moyenne du plus proche voisin et le nombre de libération est significativement négative.

Méthode 3: La distance de Fréchet

En mathématiques, la distance de Fréchet est une mesure de la similarité entre les courbes qui prend en compte la localisation et l'ordre des points le long des courbes.

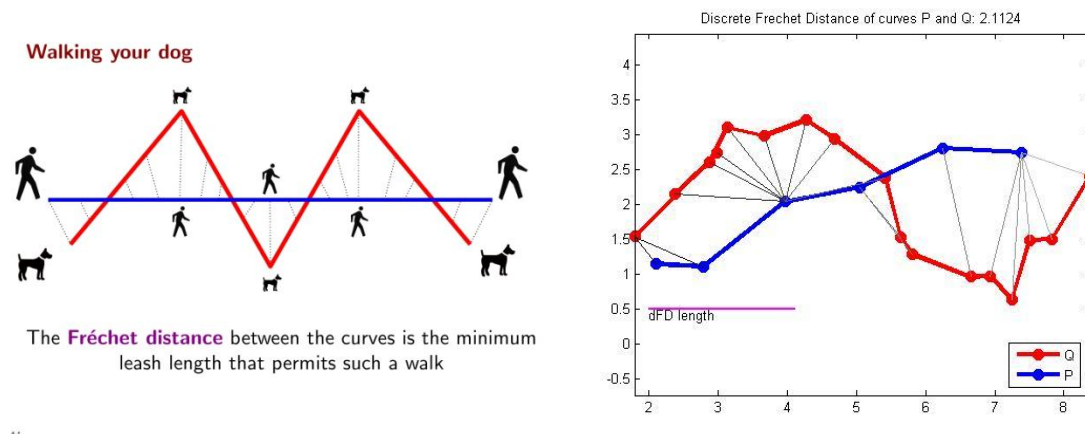


Figure 4. Le schéma de la distance Fréchet[6]

Imaginez un homme traversant un chemin incurvé fini en promener son chien en laisse, avec le chien traversant un chemin séparé. Supposons que le chien varie sa vitesse pour garder dans sa laisse: la distance Fréchet entre les deux courbes est la longueur de la laisse la plus courte suffisante pour que les deux traversent leurs chemins séparés.

Pour améliorer le temps CPU requis et obtenir une précision équilibrée, trois optimisations différentes sont introduites:

1. Processus de filtrage

Ce processus vise à réduire le nombre de sommets pour abaisser le temps CPU requis pour calculer la distance Fréchet discrète et analyser l'impact sur la distance Fréchet discrète. Si une trajectoire est lisse et droite, de nombreux vertex peuvent être filtrés[22]

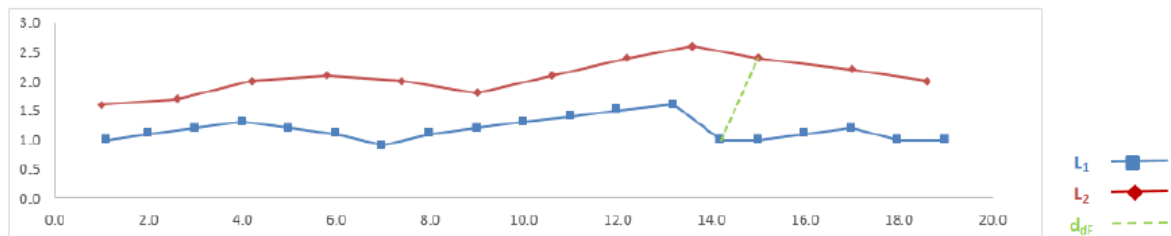


Figure 5. Deux lignes d'exemple et la distance Fréchet discrète.[22]

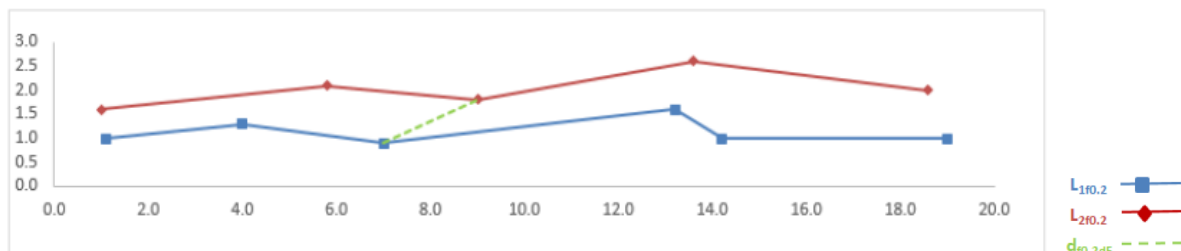


Figure 6. Les deux lignes après le processus de filtrage et la distance Fréchet discrète.[22]

2. Le calcul partiel de la matrice

La deuxième optimisation se concentre sur la limitation du nombre de calculs requis. Les valeurs de certaines cellules ne sont pas nécessaires pour calculer la distance Fréchet. En effet, seules les cellules proches de la diagonale principale doivent être considérées.[22]

3. L'amélioration de la trajectoire

La précision de la distance Fréchet discrète est limitée par la longueur maximale des segments[23].

Pour améliorer la distance Fréchet discrète, certains points significatifs de segments doivent être ajoutés. Deux types de points sont significatifs: les sommets des polygones et les points projectifs. Les points projectifs sont la projection de la perpendiculaire tombée depuis un sommet d'une trajectoire et un segment de l'autre trajectoire. En effet, la distance la plus courte d'un sommet à un segment est soit la distance entre deux sommets ou la distance entre ce sommet et son point projeté dans l'espace euclidien depuis un sommet d'une trajectoire et un segment de l'autre trajectoire. En effet, la distance la plus courte d'un sommet à un segment est soit la distance entre deux sommets ou la distance entre ce sommet et son point projeté dans l'espace euclidien.[22]

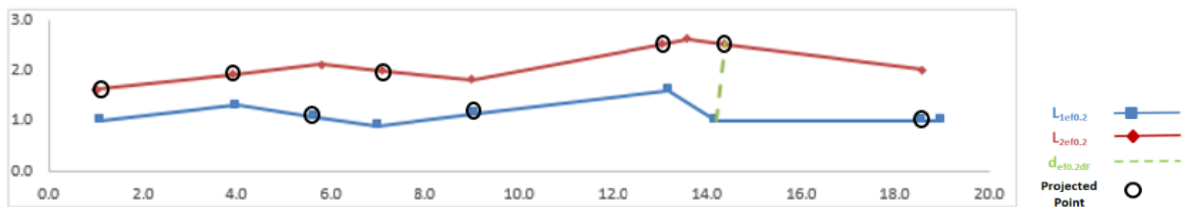


Figure 7. Polygones amélorés[22]

Méthode 4: Calculer la variance de chaque chemin avec la trajectoire médiane.

Pour caractériser le niveau de variabilité dans la route habituelle d'un oiseau, nous pouvons utiliser la méthode de Freeman[7] qui construit un chemin médiane basé sur les autres vols solo de l'individu pendant la phase d'entraînement, puis calcule la variance de chaque chemin pour la trajectoire médiane.

Après, on va introduire les différentes étapes de l'algorithme de définition de la trajectoire médiane.[8]

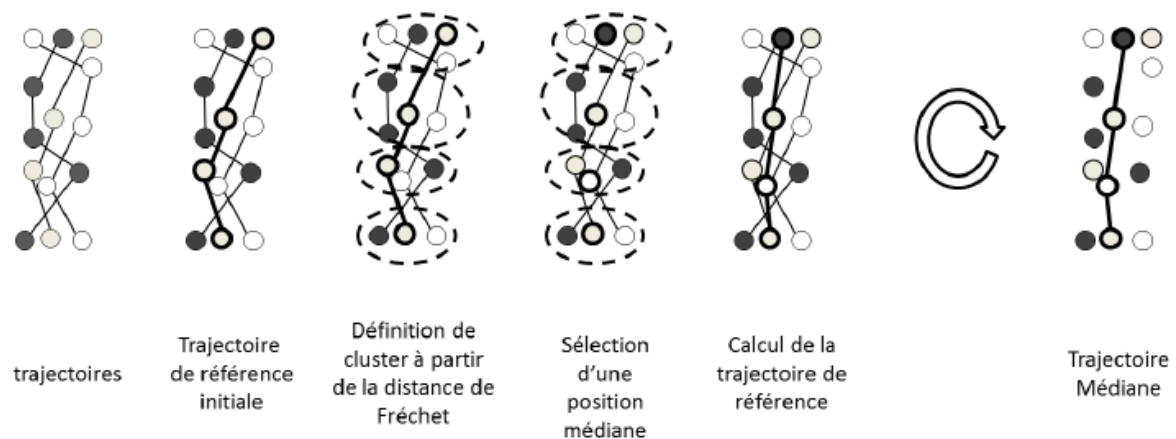


Figure 8. Les différentes étapes de l'algorithme de définition de la trajectoire médiane.[8]

Ces méthodes sont robustes[8]. Elles tiennent compte de l'ordre des points des lignes. De cette manière, les lignes avec des boucles ou des lignes sinueuses avec des décalages peuvent être appariées. Les étapes principales de l'algorithme de définition de la trajectoire centrale sont les suivantes :

1. Une trajectoire de référence est choisie ; sélectionner comme trajectoire initiale de référence celle dont la longueur est la plus proche de la valeur médiane des longueurs de toutes les trajectoires du groupe.[8]
2. Toutes les positions de chaque trajectoire sont appariées avec la position de la trajectoire de référence, ce processus génère une suite ordonnée de clusters de positions ; En général, les points appariés avec le point de la trajectoire de référence le plus proche.

3. Pour chaque cluster, une position médiane est définie (cette position doit être une position réelle d'une trajectoire) ; La médiane marginale définie par [9]) est utilisée. Cette position centrale est simple à calculer : X et Y médians sont calculés indépendamment. Pour éviter une position irréaliste, une position réelle proche de la médiane marginale doit être choisie.
4. Une nouvelle trajectoire de référence est construite à partir des positions médianes ;
5. Les étapes 2 à 4 sont répétées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement dans les positions médianes ;
6. Pour chaque point de la trajectoire de référence, une estampille temporelle médiane est calculée à partir du cluster de positions apparues à ce point.

Dans la méthode de Freeman[7], il analyse cinq vols en solo pendant la phase d'entraînement. Tout d'abord, chaque vol de guidage solo a été normalisé à plusieurs points. Ensuite, on va construire un chemin médiane. Un ensemble de ces points séquentiels a été écrit sur un fil droit entre le site de lancement et la maison. À chaque itération, chaque point a été déplacé à la position médiane de ses points voisins les plus proches sur les cinq pistes originales. Pour maintenir une distribution uniforme des points du fil, les points qui se trouvaient très loin de leurs points voisins (dans l'article de Freeman[7], cette distance est 5m) ont été déplacés à leur point médian. Sur un certain nombre d'itérations, une séquence de points qui se trouvent à la médiane des plus proches voisins des pistes originales est ainsi créée et nous l'appelons le chemin médiane. À chaque point de ce trajet médiane, la variance des distances au point voisin le plus proche de chaque voie d'origine a été calculée, ce qui a donné une distribution de fidélité de route pour chaque individu.

La haute fidélité (faible variance) indique un oiseau qui est très fidèle à son chemin médiane, tandis que la basse fidélité correspond aux oiseaux qui recapitulent des routes avec une précision relativement faible.

Méthode 5 : Classification hiérarchiques.

L'opération d'un algorithme de classification hiérarchique[10] est illustrée en utilisant des données bidimensionnelles de la figure 9. Cette figure représente sept individus étiquetés A, B, C, D, E, F et G dans trois groupes. Un algorithme hiérarchique fournit un dendrogramme représentant le groupement imbriqué d'individu et de niveaux de similarité auxquels les groupements changent. Un dendrogramme correspondant aux sept points de la figure 9 est présenté à la figure 10. Le dendrogramme peut être rompu à différents niveaux pour produire différents regroupements de données.

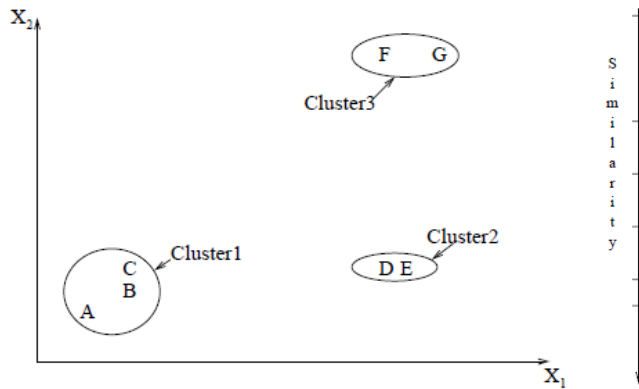


Figure 9. Points tombant en trois groupes.[10]

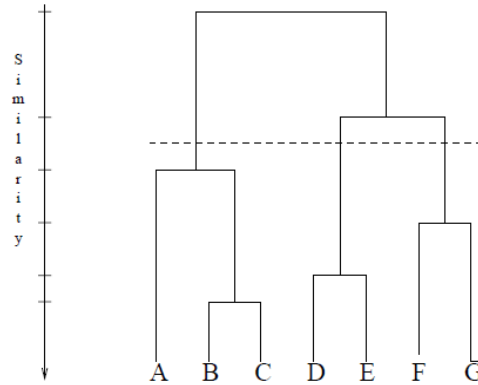


Figure 10. Le dendrogramme[10]

La plupart des algorithmes de classification hiérarchique sont des variantes de single-link[11], de complete-link [12] et de minimum-variance [13; 14]. Parmi ceux-ci, les algorithmes single-link et complete-link sont plus populaires. Ces deux algorithmes diffèrent dans la façon dont ils caractérisent la similarité entre une paire de clusters. Dans la méthode de single-link, la distance entre deux groupes est le minimum des distances entre toutes les paires d'individus tirés des deux groupes (un individu du premier groupe, l'autre du deuxième groupe). Dans l'algorithme de complete-link, la distance entre deux groupes est le maximum des distances entre toutes les paires d'individus. Dans les deux cas, deux groupes sont fusionnés pour former un groupe plus important sur la base de critères de distance minimum. L'algorithme de complete-link produit des groupes liés étroitement ou compacts [15]. En revanche, l'algorithme de single-link souffre d'un effet de chaînage [16]. Il a tendance à produire des groupes qui sont épars ou allongés.

Algorithme de classification hiérarchique agglomérative

- (1) Calculez la matrice de proximité contenant la distance entre chaque paire d'individus. Traitez chaque individu comme une groupe.
- (2) Trouver la paire de clusters la plus similaire à l'aide de la matrice de proximité. Fusionner ces deux clusters en un seul cluster. Mettre à jour la matrice de proximité pour refléter cette opération de fusion.
- (3) Si tous les individus sont dans un cluster, arrêtez-vous, sinon, passez à l'étape 2. En fonction de la mise à jour de la matrice de proximité à l'étape 2, divers algorithmes d'agglomération peuvent être conçus.

2.Hypothèses 2: S'il y aura un suiveur et un leader entre les deux pigeons?

Méthode 1: La direction instantanée des pigeons pour définir les suiveurs et les leaders

Dans la méthode de Pettit[17], nous pouvons utiliser la direction instantanée des pigeons pour définir les suiveurs et les leaders. Tout d'abord, nous convertissons la latitude et la longitude en mètres à l'aide

d'une projection universelle de Mercator transverse et exclu les points avant le décollage ou après l'atterrissage. À chaque pas de temps sur les pistes appariées, nous calculons la direction de chaque oiseau dans le plan horizontal ($\alpha_i(t)$), que nous utilisons pour calculer son taux de virage, $(\alpha_i(t + \Delta t) - \alpha_i(t)) / \Delta t$, et la différence de direction entre les deux oiseaux ($\phi = \alpha_j(t) - \alpha_i(t)$). Nous calculons également l'angle (θ) et la distance (r) au voisin (figure 11), tel que $\theta = 0$ lorsque le voisin était directement en avant dans la direction du vol, $\theta > 0$ lorsque le voisin était à droite, et $\theta < 0$ lorsque le voisin était à gauche.

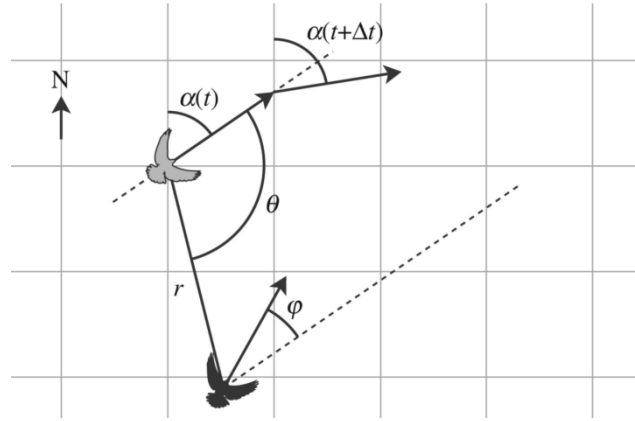


Figure 11: [17] Les variables d'interaction calculées à partir des pistes de pigeons et de la simulation.

Pour l'individu focal (gris), nous avons calculé la distance (r) et l'angle (θ) à son voisin (noir), ainsi que la différence de direction de vol (ϕ). Nous avons estimé la direction instantanée du déplacement ($\alpha(t)$) du vecteur à la prochaine position GPS. Les angles θ et ϕ ont été mesurés par rapport à $\alpha(t)$. $(\alpha(t + \Delta t) - \alpha(t)) / \Delta t$ donne le taux de virage de l'oiseau focal. [17]

En tant que mesure du leadership momentané par paires, nous avons trouvé le retard temporel (τ^*) auquel la direction de vol du voisin était corrigée au maximum à celle de l'oiseau focal [18,19].

Pour ce faire, nous calculons la corrélation entre la direction de l'oiseau focal à l'instant t et la direction du voisin à l'instant $t + \tau$, où $-10s < \tau < 10s$, en utilisant le produit scalaire des vecteurs de vitesse unitaires (v). [17]

$$C_{ij}(t + \tau) = \mathbf{v}_i(t) \cdot \mathbf{v}_j(t + \tau) [17]$$

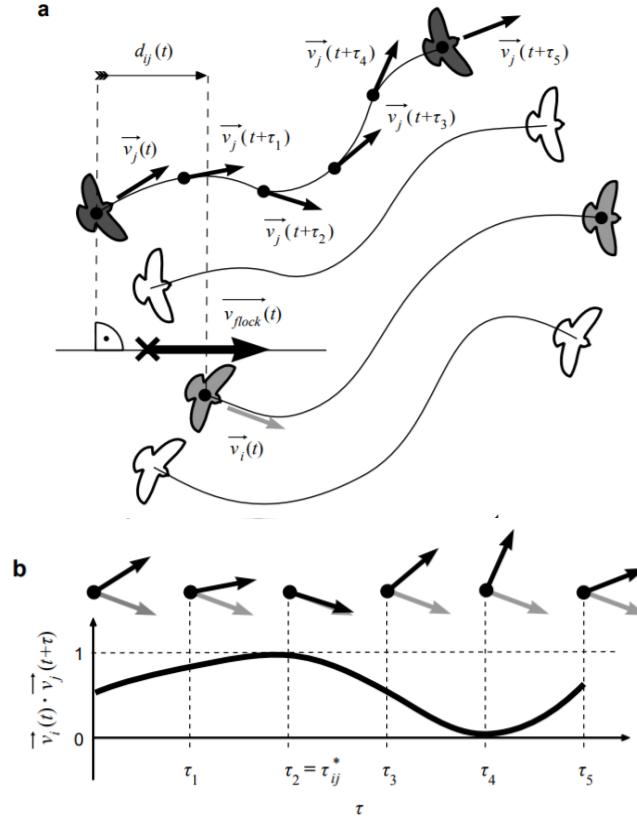


Figure 12: Résumé de l'analyse de la fonction de corrélation directionnelle pour déterminer les relations leader-suiveur dans un troupeau.[20]

a, Méthode pour déterminer $d_{ij}(t)$, la distance projetée des oiseaux i (gris clair) et j (gris foncé) sur la direction du mouvement de l'ensemble du troupeau à chaque pas de temps, t. La croix indique le centre de la masse du troupeau. $\vec{x}_i(t) - \vec{x}_j(t)$, la position relative des oiseaux, est projetée sur $\vec{v}_{flock}(t)$, la moyenne la vitesse de l'ensemble du troupeau. Pour chaque couple ($i \neq j$), la fonction de corrélation directionnelle est $C_{ij}(\tau) = \langle \vec{v}_i(t) \cdot \vec{v}_j(t+\tau) \rangle$, où $\langle \dots \rangle$ désigne la moyenne temporelle. Les flèches indiquent la direction du mouvement, $\vec{v}_i(t)$. b, Visualisation de scalaire produit de la vitesse normalisée de l'oiseau i à l'instant t et celle de l'oiseau j à l'instant t + τ dans le panneau (a). Ici, l'oiseau j suit l'oiseau i avec le temps de corrélation τ_{ij}^* . [20]

Pour tester comment le délai de corrélation directionnel varie avec la position du voisin, nous avons divisées données en classes basées sur r et θ . Pour chaque valeur de τ , nous avons fait la moyenne de $C_{ij}(t + \tau)$ sur tous les points de la classe, puis nous avons trouvé le retard temporel τ^* par rapport à la corrélation directionnelle maximisée. Si τ^* est positif, le voisin a tendance à suivre la direction de vol adoptée par l'oiseau focal, sinon, τ^* est négatif.[17]

Méthode 2: Calculer la distance d de la position d'un oiseau au cours d'un vol jumelé vers le point le plus proche sur son itinéraire solo précédent.

Comme deuxième méthode d'analyse du leadership dans la méthode de Pettit[17], nous avons analysé la position des routes jumelées par rapport aux routes solo précédentes des deux oiseaux. Nous avons calculé la distance, d_i de la position d'un oiseau au cours d'un vol jumelé vers le point le plus proche sur son itinéraire solo précédent. Δd_i est négatif quand le pigeon i s'approche de sa route solo (Figure 13). Pour une paire d'oiseaux volant ensemble (i et j), $\Delta d_i < \Delta d_j$ indique que leur mouvement est plus vers la route de i , et dans ce cas nous estimons avoir plus d'influence sur le choix de route, à condition que les routes solo divergent ($\Delta d_i + \Delta d_j > 0$).

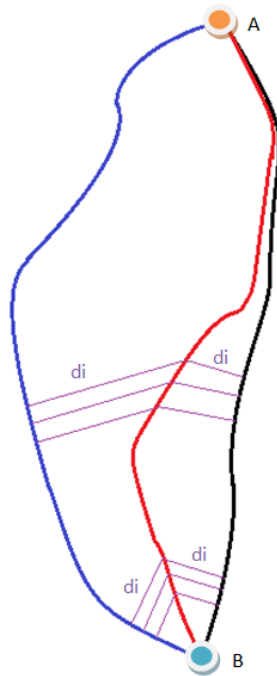


Figure 13: La explication de la méthode 2.

Réalisation : WANG.

Méthode 3: Calculer la plage attendue de la variation de la trace individuelle entre ces traces.

Dans cette méthode, pour identifier les sujets comme des leaders ou des suiveurs, nous avons utilisé des données provenant des pistes très efficaces des oiseaux ciblées[21] (c'est-à-dire des pistes avec une efficacité moyenne supérieure à 0.75) et calculé la plage attendue de la variation de la trace individuelle entre ces traces. Pour ce faire, nous avons déterminé les intervalles de confiance correspondants de 99% découlant des deux mesures de similarité de la voie. En utilisant de tels intervalles comme référence, nous avons comparé le vol jumelé de chaque oiseau avec ses propres vols d'entraînement précédents et avec le vol d'entraînement précédent de son partenaire. Le comportement leaders / suiveurs a été défini selon que les deux vols jumelés étaient ou non dans la fourchette normale de variation des oiseaux[21].

La synthèse des méthodes

La similarité des trajectoires
Méthode 1: Comparaison visuelle
Méthode 2: Choisir des différents modèles de références
Méthode 3: La distance de Fréchet
Méthode 4: Calculer la variance de chaque chemin avec la trajectoire médiane
Méthode 5: Classification hiérarchiques

Figure 14 : Réalisation : WANG&YAO

La comparaison des trajectoires
Méthode 1: La direction instantanée des pigeons pour définir les suiveurs et les leaders
Méthode 2: Calculer la distance d de la position d'un oiseau au cours d'un vol jumelé vers le point le plus proche sur son itinéraire solo précédent.
Méthode 3: Calculer la plage attendue de la variation de la trace individuelle entre ces traces

Figure 15 : Réalisation : WANG&YAO

La description des données

Pour prouver les 2 hypothèses, on va analyser des données des 23 pigeons, ils volent seul et en couple, il y a 960 trajectoires total. Pour chaque trajectoire, il se compose de plus de 30 000 points. Et pour les 960 trajectoires, on a la distance Fréchet entre tous les chaque 2 trajectoires.

Analyse les données

Hypothèse 1

Pour vérifier l'hypothèse 1, on utilise 3 méthodes.

Méthode 1 : Comparaison visuelle des routes

Tout d'abord on utilise la méthode la plus simple, on dessine les trajectoires seuls du chaque pigeons pour voir directement est-ce qu'un pigeon a la route préférée. Les trajectoires seuls des 23 pigeons sont les suivants(Figure 16):

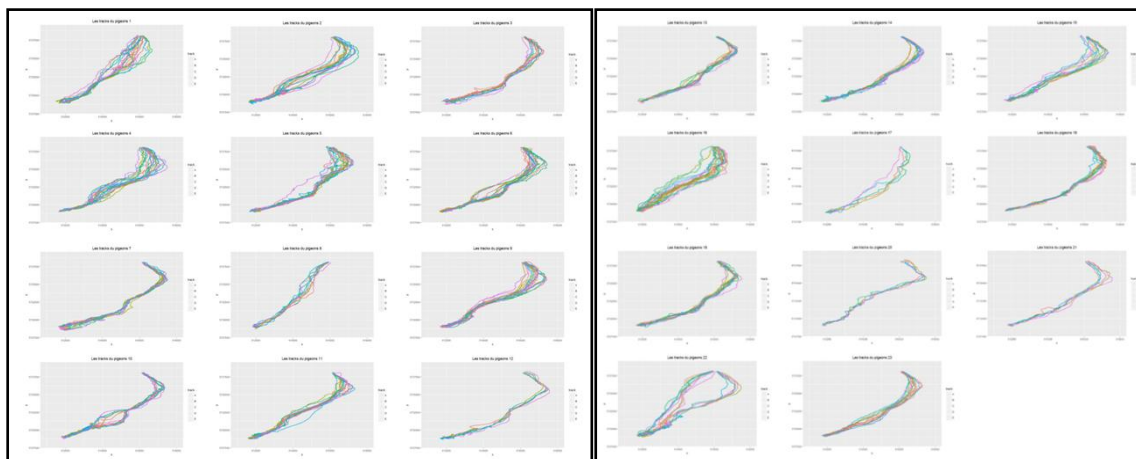


Figure 16 : Les trajectoires seuls des 23 pigeons (Annexe 1)

Réalisation : WANG&YAO

En comparant visuellement les trajectoires de vol de 23 pigeons, nous avons constaté qu'il y a la route habituelle pour la plupart de pigeons, mais c'est le résultat très subjectif, on pense qu'il faut plus de support de données objectif.

Méthode 2: La distance de Fréchet

Donc on essaie la deuxième méthode - la distance de Fréchet, d'abord, on choisit les trajectoires volants seuls du chaque pigeon, après on obtient la distance de Fréchet entre les trajectoires volants seuls du chaque pigeon et dessin un tableau de boîte(Figure 17).

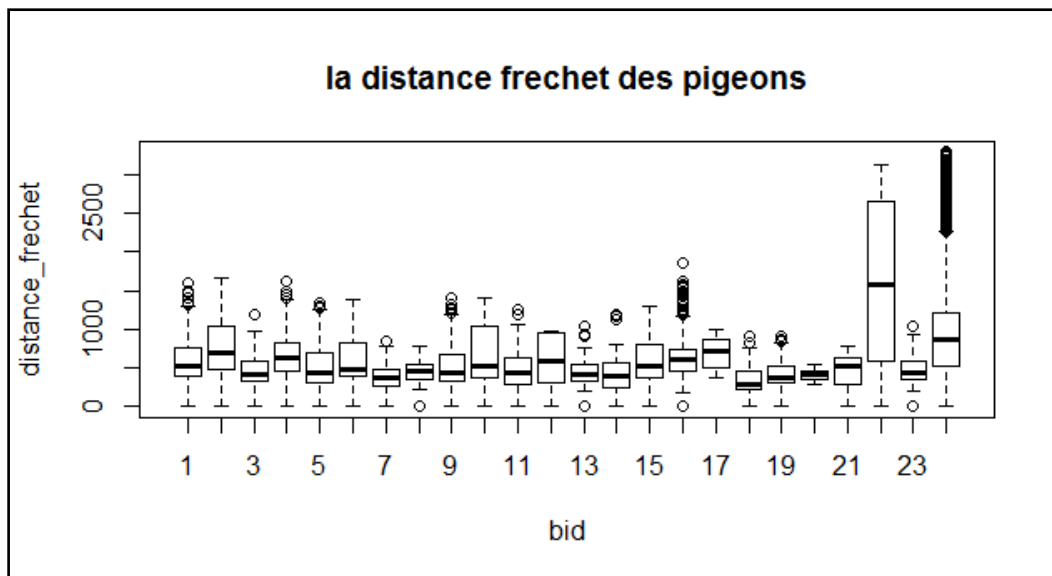


Figure 17 : Le tableau de bo îe de la distance de Fr échet

R éalisation : WANG&YAO

Dans le tableau de bo îe, 1 à 23 sont les distance de Fr échet des 23 pigeons, et 24 est la distance de Fr échet de tous les 960 trajectoires. Comparer les distance de Fr échet des 23 pigeons et des tous les trajectoires, on trouve que la distance de Fr échet de la plupart des pigeons sont petites et intensives, et la distance de Fr échet de trop peu de pigeons sont grande, comme le pigeons 22, pour éviter l'erreur de calculer, on observe les trajectoires volants seuls de pigeons 22(Figure 18) et on trouve que c'est une pigeon spécial, il n'a pas des routes habituelle.

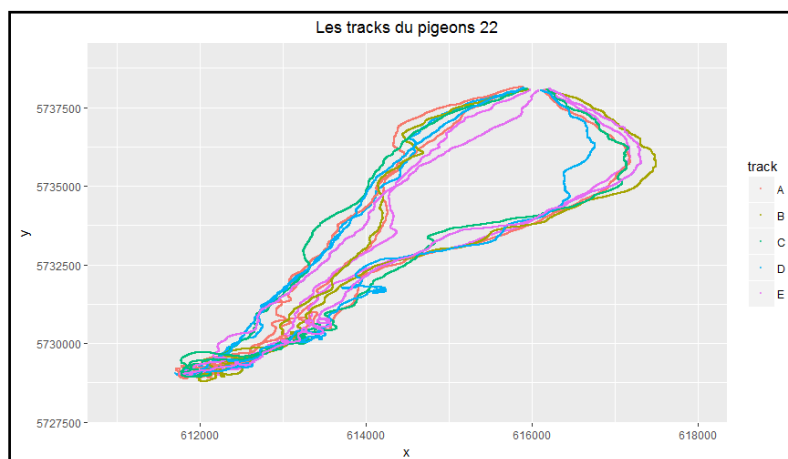


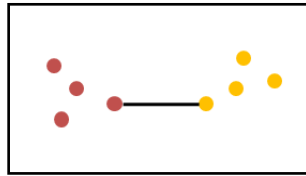
Figure 18 : Les trajectoire seuls de pigeons 22

R éalisation : WANG&YAO

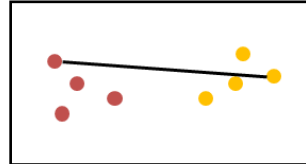
M éthode 3 : Classification hi érachiques.

Afin d'approfondir l'analyse des donn ées, on nous avons également utilis é la m éthode de classification hi érachique. Nous avons d éjà la distance Fr échet entre les trajectoires. Donc on utilise le logiciel Rstudio pour classer les donn ées. Il y a 8 m éthodes(single, complete, average, centroids, m édian, mcquitty, ward.D et ward.D2) . La diff érence entre ces m éthodes est d'utiliser diff érentes normes pour calculer la distance entre les cat égories.

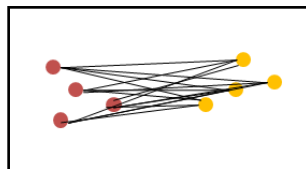
-single: la distance entre les éléments les plus proches entre les deux groupes.



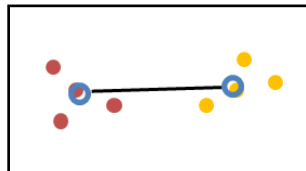
-complète: la distance entre les éléments les plus loins entre les deux groupes.



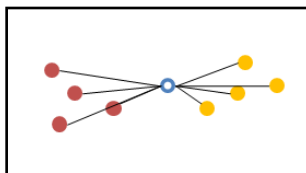
-average: la distance moyenne de toutes les distances par paires.



-centroids: la distance entre les centroïdes (moyennes) de deux groupes.



-ward.D et ward.D2: calculer la somme des carrés des différences de distance entre chaque point de chaque groupe au centre du groupe fusionné



-médian: la médiane de toutes les distances entre les deux catégories

-mcquitty: la moyenne des carrés de toutes les distances entre les deux catégories

Selon ces 8 méthodes différentes, nous classons les trajectoires et dessinons 8 diagrammes d'arbres(Figure 19). Afin que nous puissions trouver une méthode de classification appropriée.

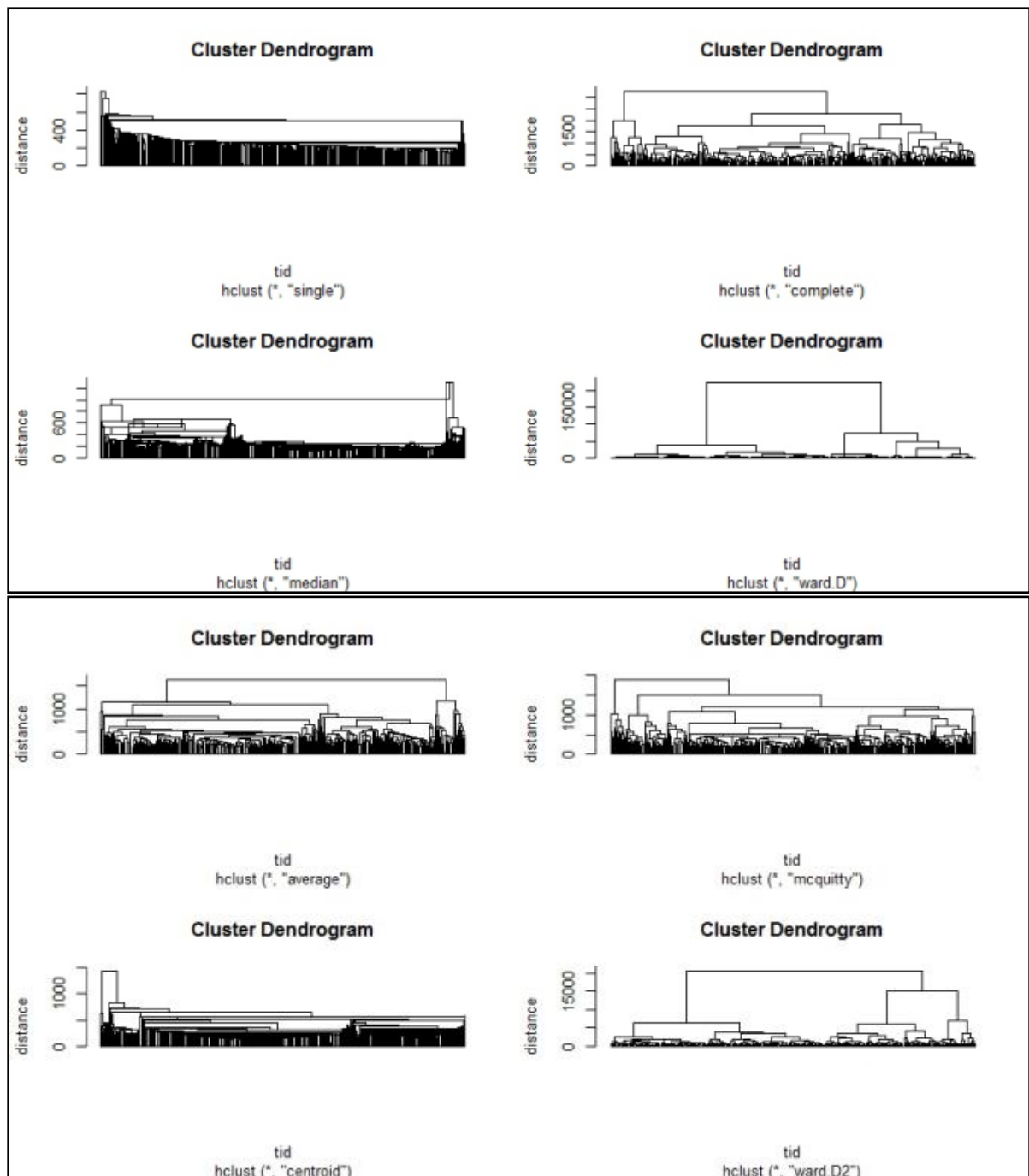


Figure 19 : 8 diagrammes d'arbres

Réalisation : WANG&YAO

En comparant les 8 diagrammes d'arbres, nous avons trouvé que les huit méthodes donnaient des résultats complètement différents. Donc, pour une comparaison plus visible des huit méthodes, nous utilisons différentes couleurs pour représenter toutes les trajectoires selon différents clusters.

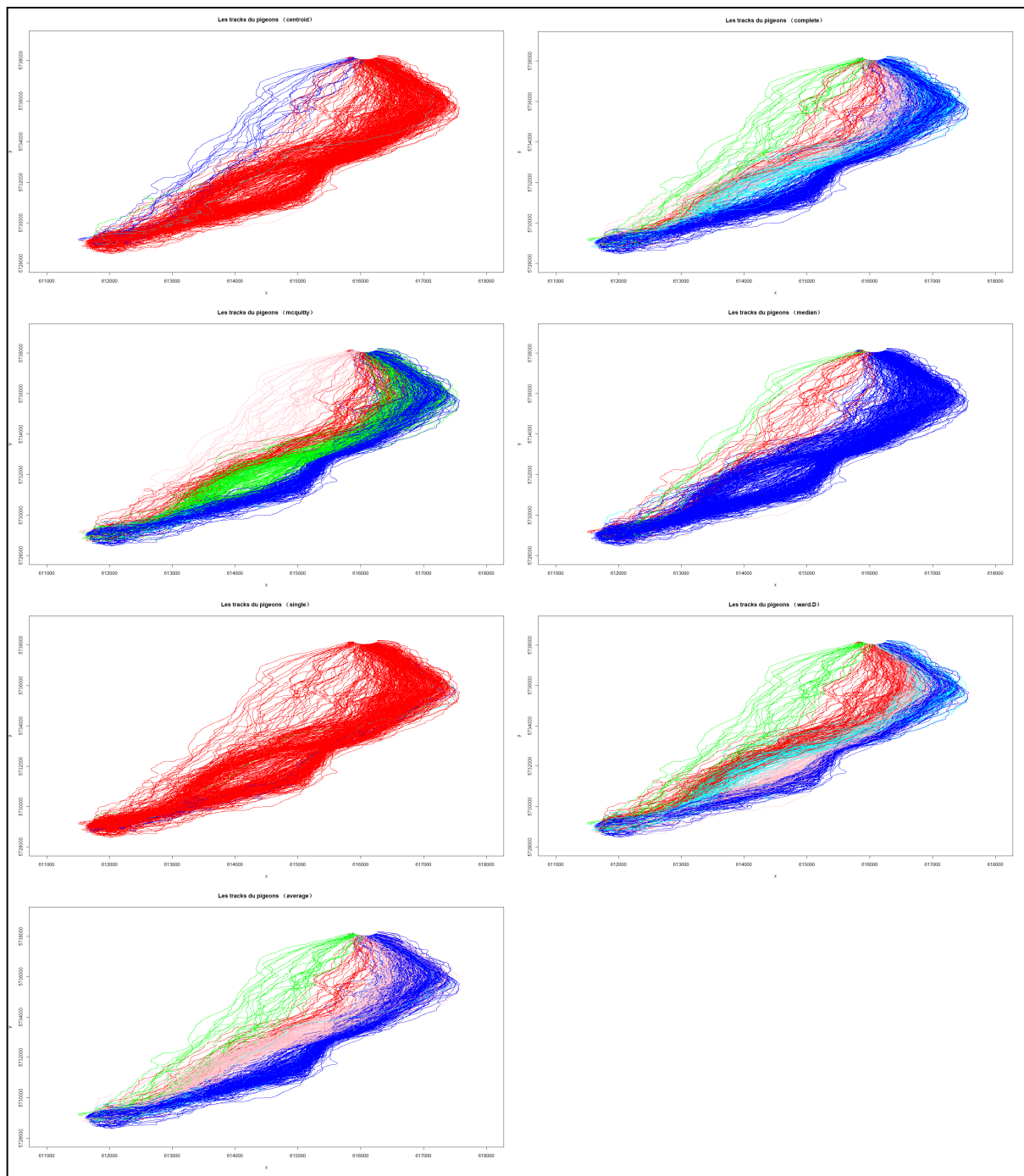


Figure 20 : Les clusters selon les méthodes (Annexe 2)

Réalisation : WANG&YAO

Selon figures 20, tout à bord, nous avons exclu la méthode single, median et centroid. Parce que les figures de ces 3 méthodes ne sont pas très claires pour montrer 5 clusters.

Alors, il reste juste quatre méthodes (average, complete, mcquitty et ward). En comparant les quatre méthodes, on pense que la méthode complete est plus sensible aux valeurs extrêmes. La méthode mcquitty et la méthode average calculent essentiellement la distance moyenne. Donc, on pense que les résultats de ces deux méthodes ne feront pas beaucoup de différence. Mais après, nous ne pouvons pas exclure la méthode Ward.

Donc, à la fin, nous avons décidé d'analyser plus en profondeur la méthode average et la méthode ward. Nous avons vérifié les deux méthodes en utilisant la trajectoire solo de chaque pigeon. Par exemple, nous utilisons pigeon 1 et pigeon 3 pour vérifier les deux méthodes. A partir de Figure 21, nous pouvons voir que Pigeon 3 est plus fidèle que Pigeon 1, mais la méthode Ward montre le résultat inverse. La méthode average est plus cohérente avec le fait. Donc, en fin, nous décidons de choisir la méthode average pour continuer notre recherche.

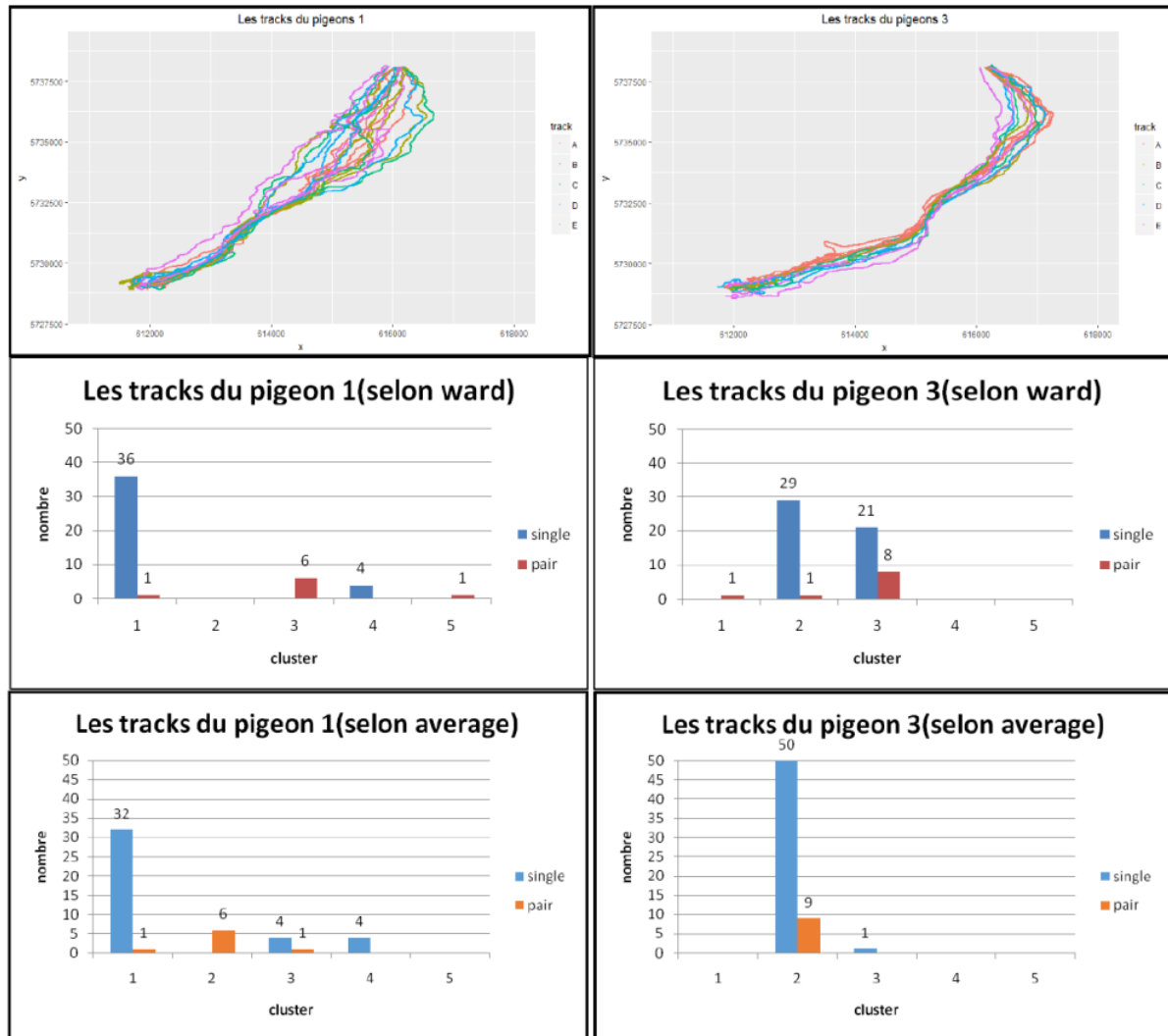
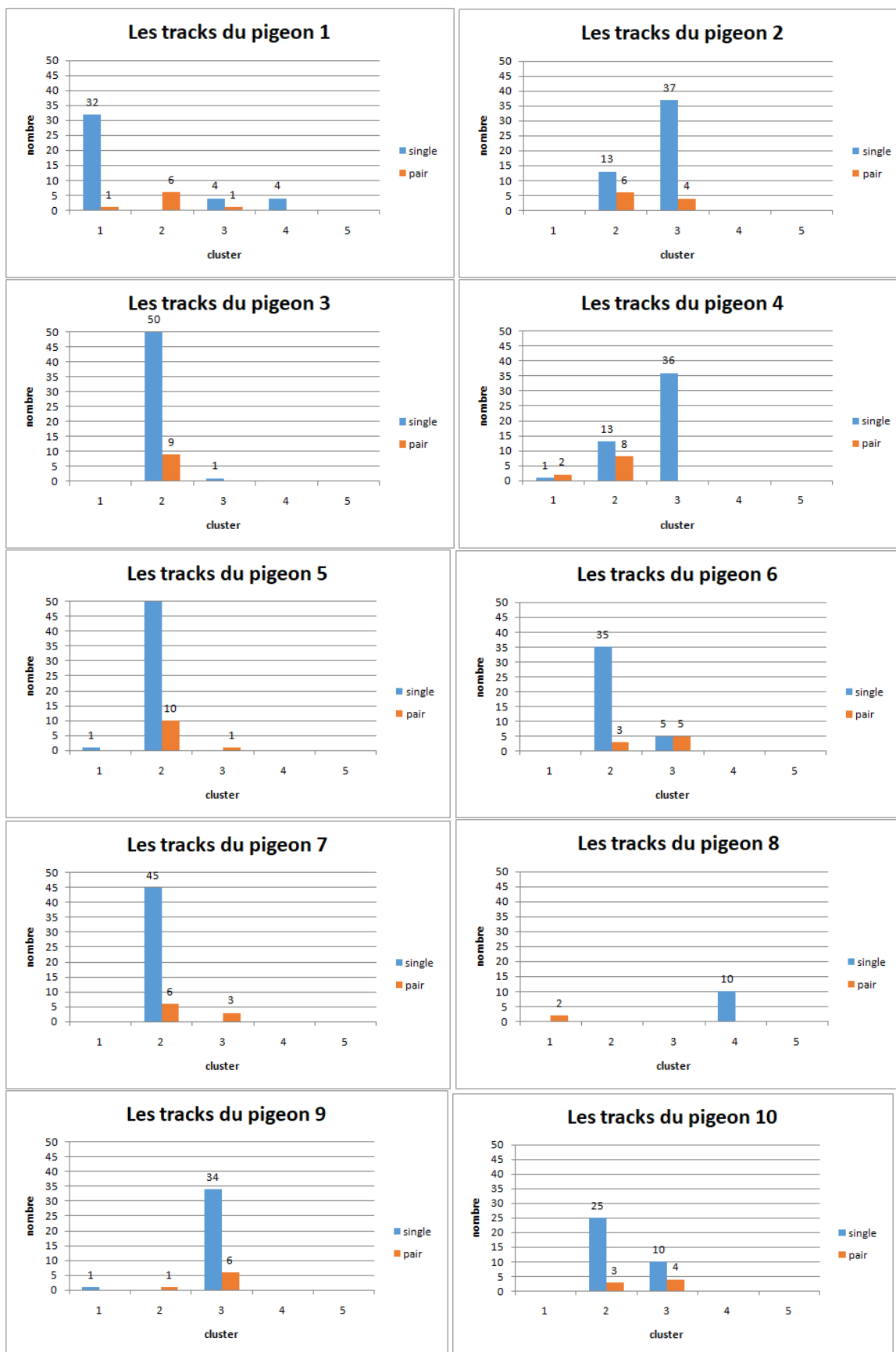
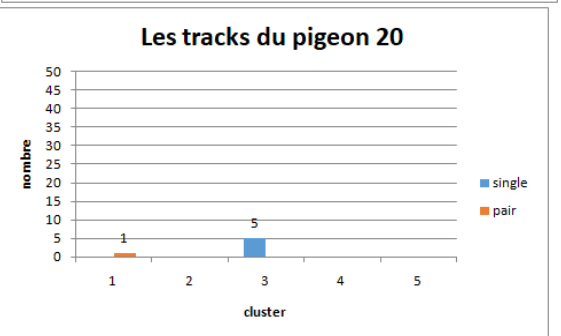
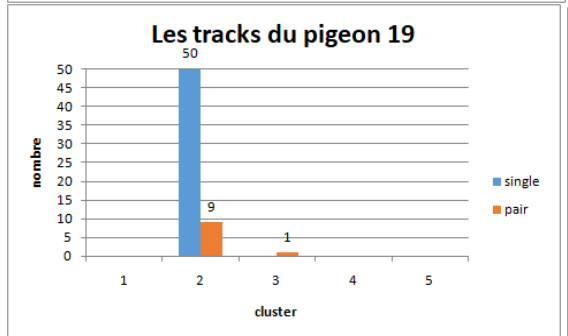
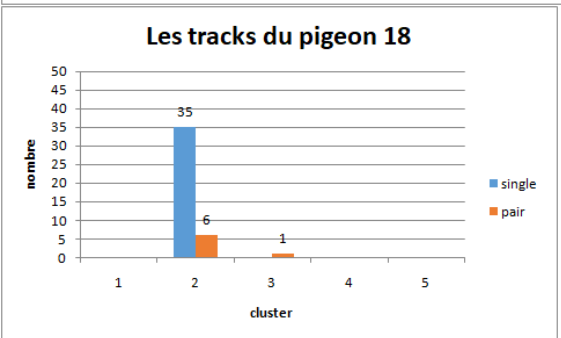
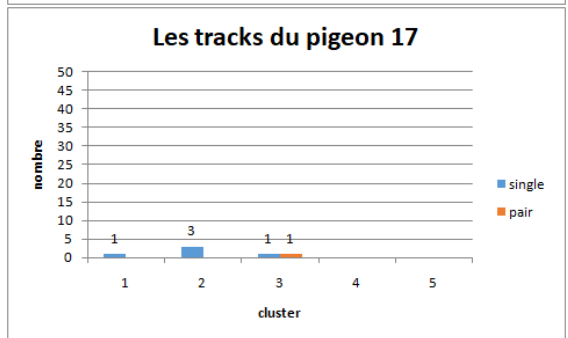
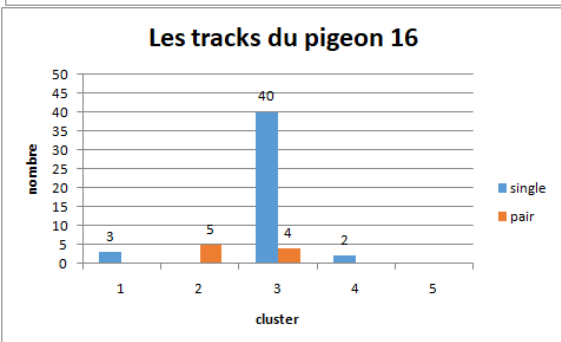
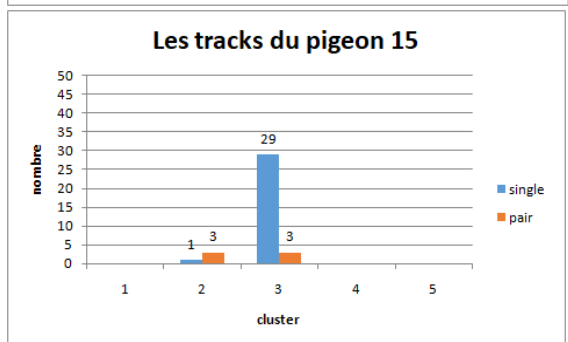
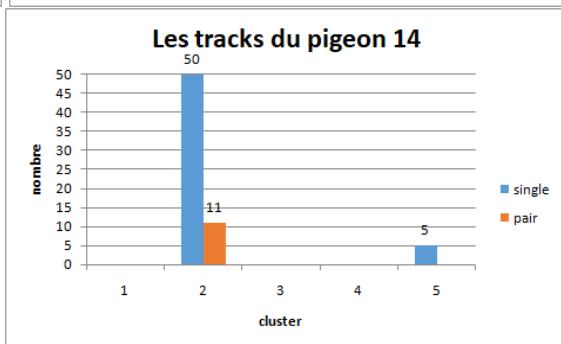
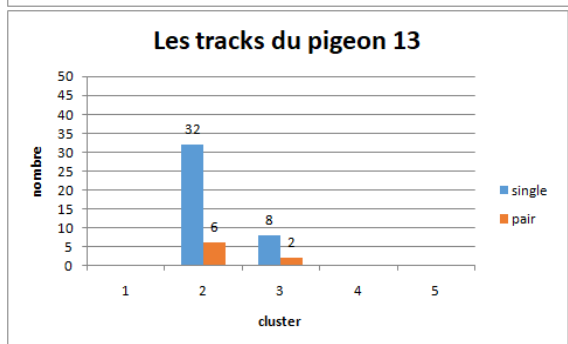
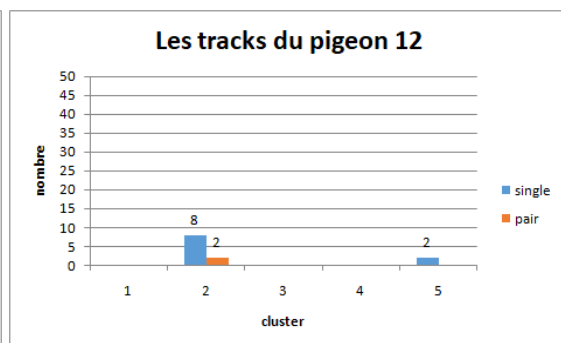
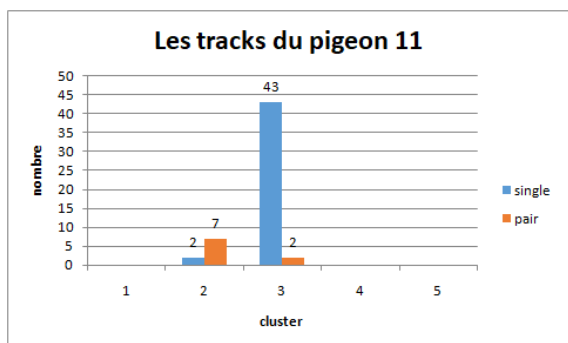


Figure 21 : L'exemple de cluster selon les méthodes différentes

Réalisation : WANG&YAO

Avec la méthode average, nous obtenons la catégorie correspondante pour chaque piste. Après cela, nous avons compté le nombre de trajectoires pour chaque pigeon dans chaque catégorie(Figure 22).





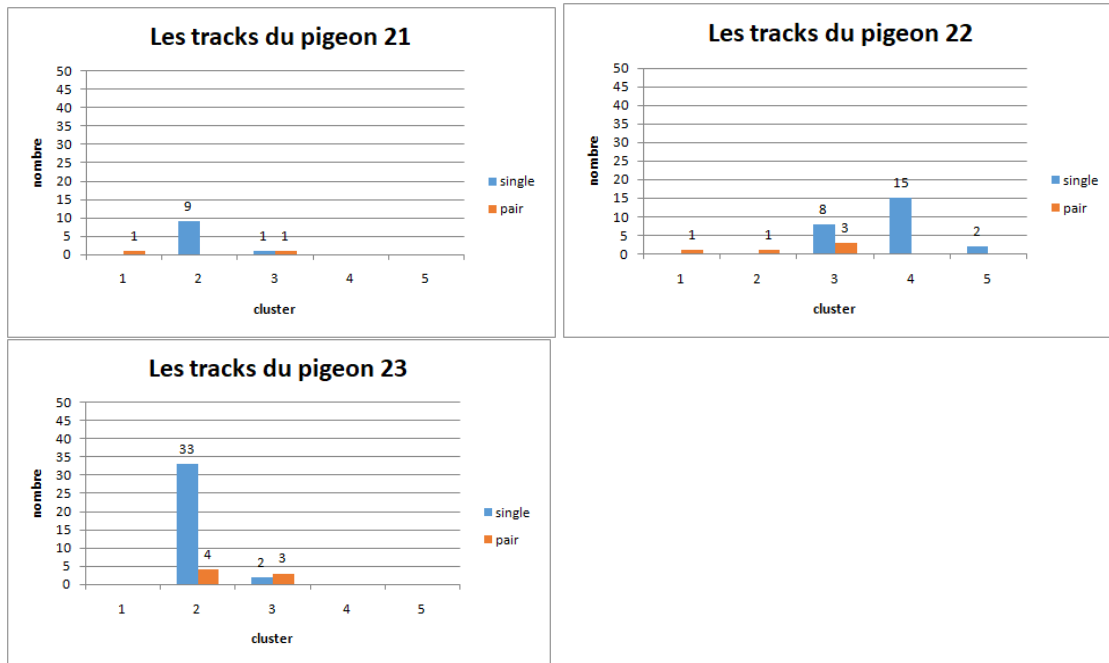


Figure 22 : Le nombre de trajectoires pour chaque pigeon dans chaque catégorie
Réalisation : WANG&YAO

Au cours de l'analyse, nous avons trouvé que le pigeon 17 et le pigeon 20 volent juste 5 fois. Le nombre de vols est trop petit et nous ne pensons pas qu'il soit suffisant de montrer s'ils ont une route habituelle. Donc on ne prend pas en considération.

Dans les 21 pigeons restants:

100% des trajectoires sont dans la même catégorie: 4 pigeons. Ils sont très fidèles

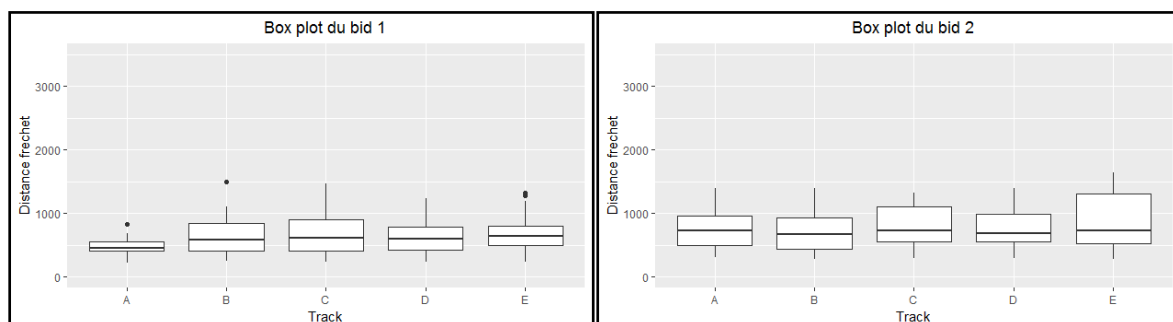
Plus de 90% des trajectoires sont dans la même catégorie: 12 pigeons.

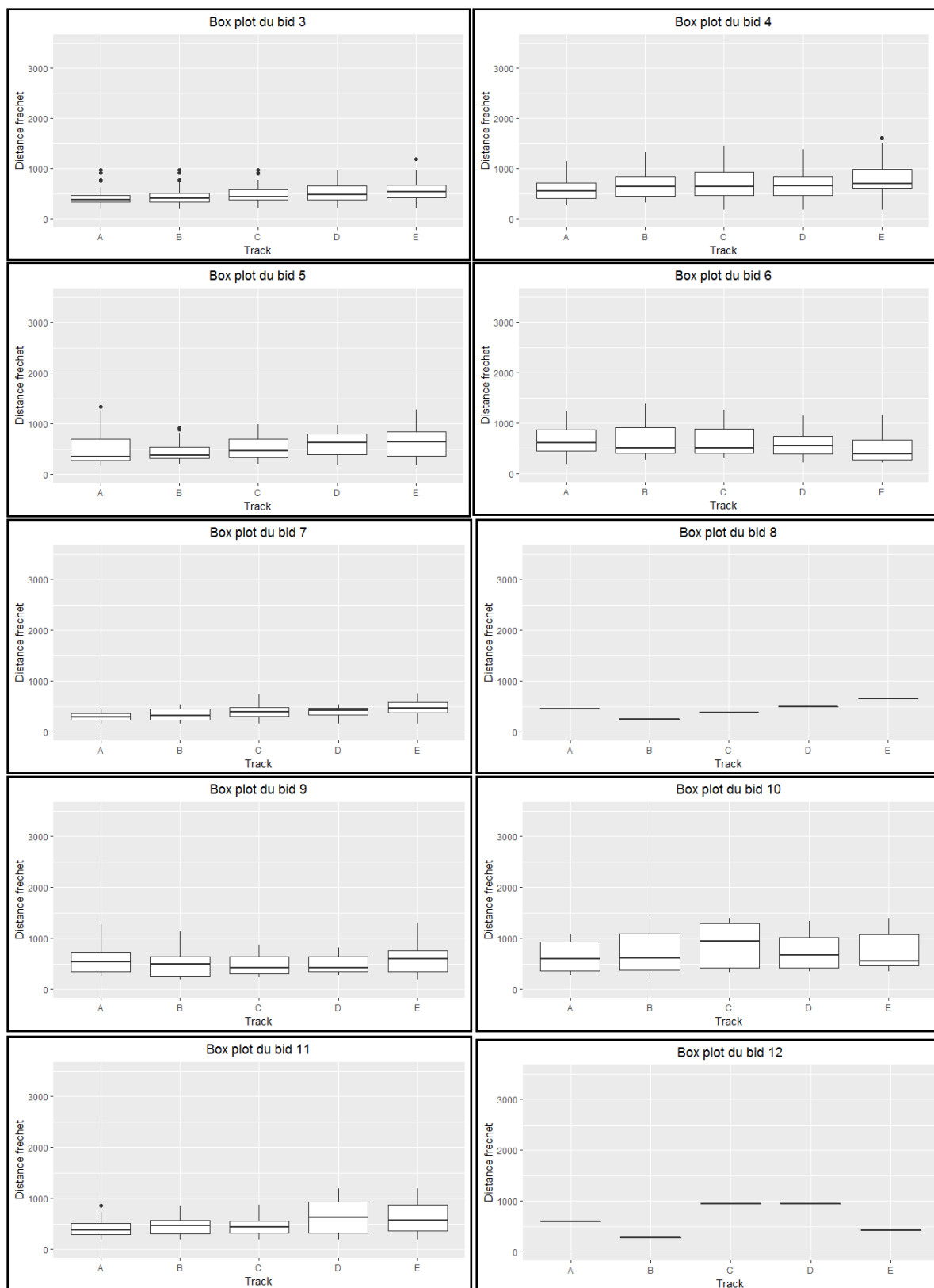
Plus de 80% des trajectoires sont dans la même catégorie: 17 pigeons.

Plus de 70% des trajectoires sont dans la même catégorie: 20 pigeons.

Nous pouvons donc conclure que les pigeons vont se former la route habituelle.

Par ces méthode, on peut vérifier l'hypothèse 1 est vraie. Après prouver la première hypothèse, on a une nouvelle hypothèse, est-ce que un pigeon se forme sa route habituelle graduellement, c'est à dire le pigeon devient plus fidèle au fil du temps. Donc on dessin le tableau de boîte de la changement de la distance de Fréchet d'une pigeons au fil du temps(Figure 23).





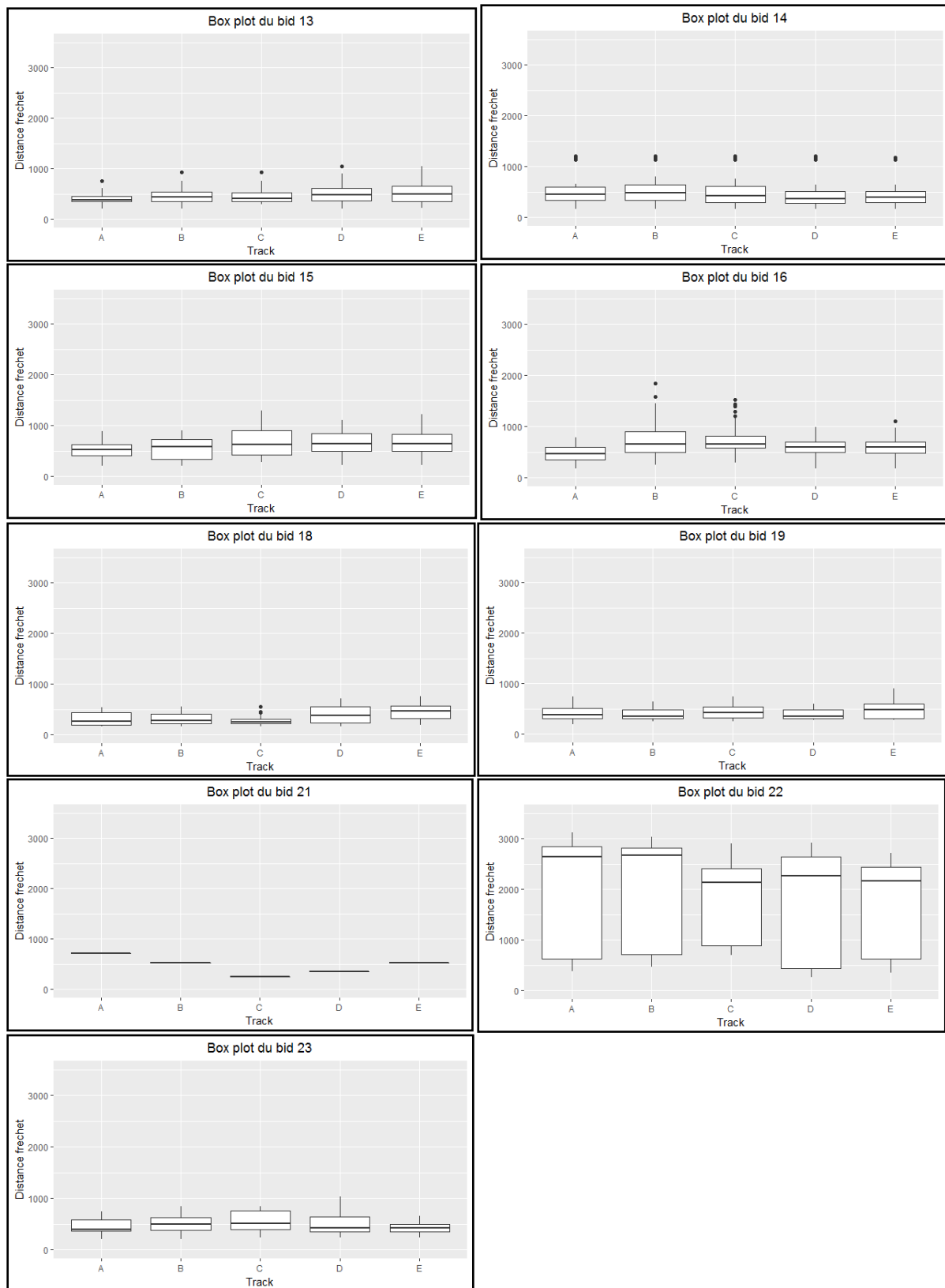


Figure 23 : Le tableau de bo îte de la changement de la distance de Fréchet d'un pigeon(pas de bid 17 et bid 20)

R éalisation : WANG&YAO

Par la Figure 23, on n'observe pas la loi évidente. Donc on faire une conjecture, les pigeons se forme

sa route habituelle, c'est la moeurs du pigeons, pas le résultat de formation artificielle.

2-Hypothes 2

Apr ès, pour prouver l'hypoth èse 2, on dessin les trajectoires de chaque couple de pigeons(Annexe 3), comparer les trajectoires seuls et couple(Par exemple pair 1 : figure 24), on trouve que quand 2 pigeon volent ensemble, les 2 pigeons suivent la m ême route, quand les trajectoires seuls des 2 pigeons sont tr ès diff érents, ils choisissent une route m édiante ou un pigeons suivre un autre pigeon.

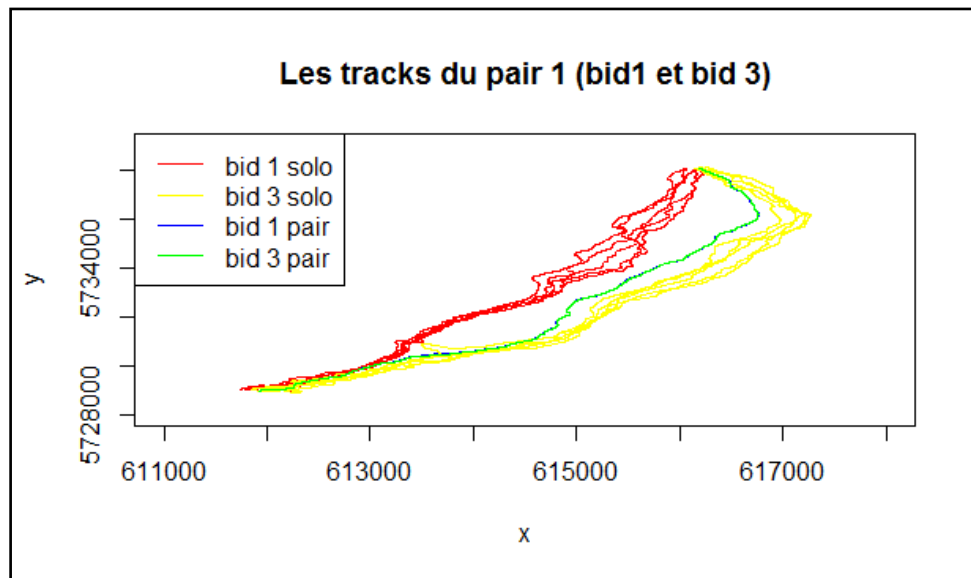


Figure 24 : Les trajectoires de pair 1

R éalisation : WANG&YAO

Afin de comparer plus pr écis ément la diff érence entre le trajectoire seul et couple. Nous avons compt é le nombre du cluster de chaque paire. Nous avons re çu 80 histogrammes(Figure 25, Annexe 4) et les analys é

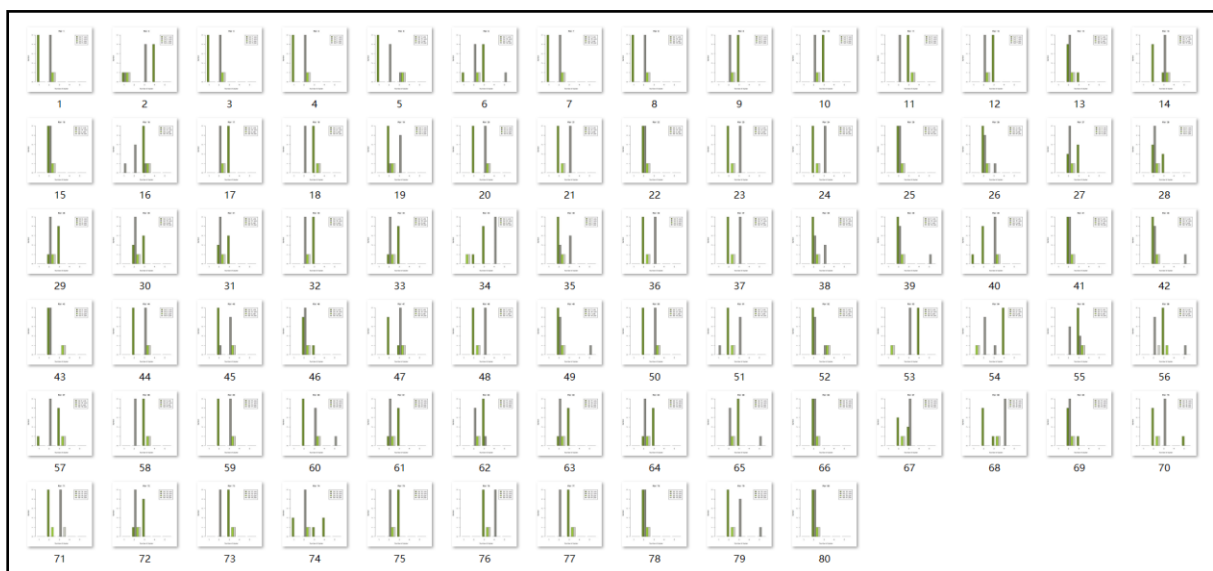


Figure 25 : Le nombre du cluster de chaque paire(Annexe 4)

R éalisation : WANG&YAO

Sur la base de ces 80 histogrammes, nous avons trouvé que la relation entre les deux pigeons peut être divisée en quatre catégories.

I – Il y a 18 paires de pigeons. Quand ils volent seuls, ils suivent la même route. Ainsi que quand ils volent ensemble, ils aussi toujours suivent la même route. Par exemple paire 15 (Figure 26).

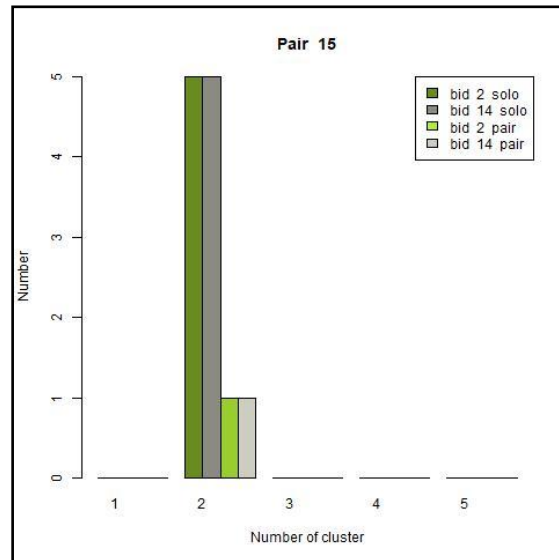


Figure 26 : Le nombre du cluster de paire 15
Réalisation : WANG&YAO

II – Il y a 54 paires de pigeon. Quand ils volent seuls, ils suivent la route différente. Mais quand ils volent ensemble, ils choisissent suivre la route d'un pigeon. Par exemple paire 1 (Figure 27)

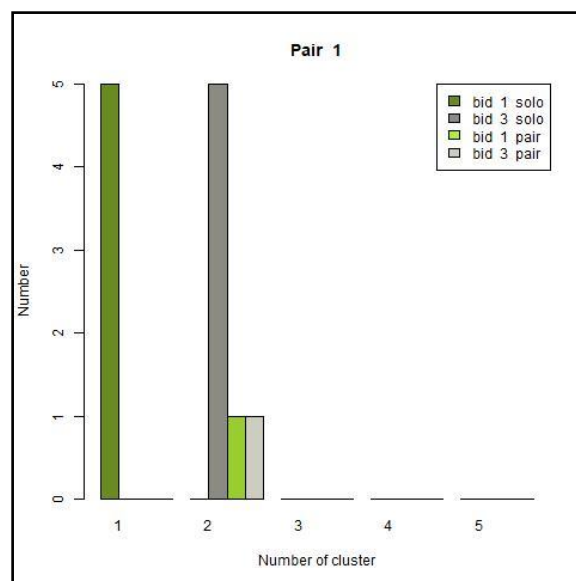


Figure 27 : Le nombre du cluster de paire 1
Réalisation : WANG&YAO

III – Il y a 6 paires de pigeons. Quand ils volent seuls, ils suivent la route différente. Mais quand

ils volent ensemble, ils choisissent créer une nouvelle route (une route intermédiaire). Par exemple pair 53 (Figure 28)

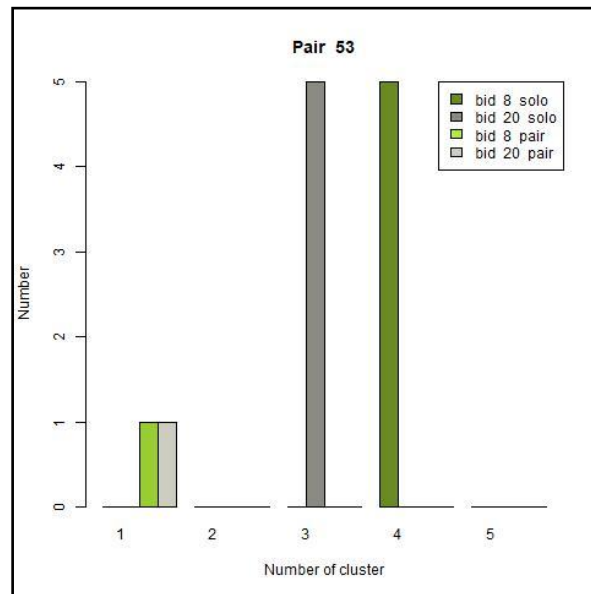


Figure 28 : Le nombre du cluster de paire 53
Réalisation : WANG&YAO

IV-Il y a 2 pair de pigeon. Quand ils volent seuls, ils suivent la route différente. Mais quand ils volent ensemble, ils choisissent suivre leur route habituelle originale. Par exemple pair 71 (Figure 29).

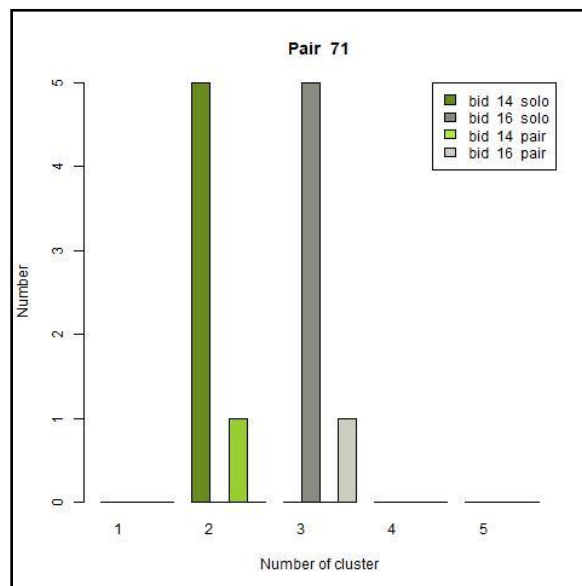


Figure 29 : Le nombre du cluster de paire 71
Réalisation : WANG&YAO

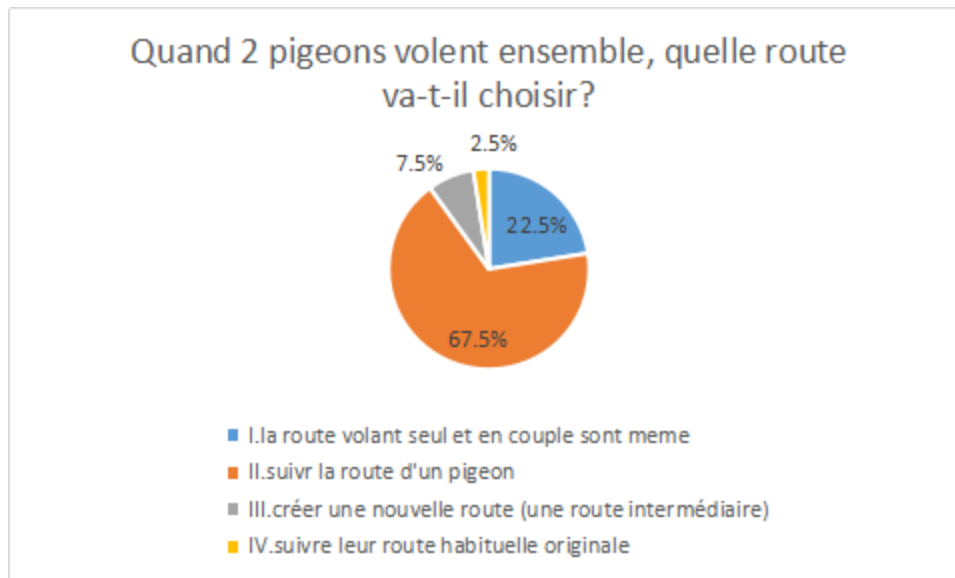


Figure 30
Réalisation : WANG&YAO

La Figure 30 montre que lorsque deux pigeons volent ensemble, 97,5% des paires choisissent la même route. Parmi eux, il y a 22,5% de paires, les routes habituelles d'origine sont très similaires. Donc, quand ils volent ensemble, il est normal de choisir la même route. Ensuite, il y a 67,5% de couples dont les routes habituelles d'origine ne sont pas similaires. Mais quand ils volent ensemble, ils choisissent de suivre la route habituelle originale d'un des pigeons. Cela montre clairement que entre 2 pigeons, il y a un leader et un suiveur. Il est confirmé notre deuxième hypothèse. En même temps, nous avons également découvert quelques paires spéciales. Il y a 7,5%, quand ils volent ensemble, ils choisissent une nouvelle route. Et puis, il y a aussi 2.5% qui insistent sur leurs routes habituelles d'origine et qui n'est pas affectée par leurs pairs.

Par conséquent, à travers notre analyse de ces données, nous pensons que la deuxième hypothèse est vraie. Il y a un pigeon qui amènera son partenaire à son cours coutumier.

Conclusion

Pour rechercher les trajectoires du pigeons, on étudie les méthodes différents. La partie la plus importante est calculer la similarité entre les trajectoires et entre les groupes. Pour résoudre cette problème, on a trouvé deux méthodes principales: La distance Fréchet et Classification hiérarchiques. A travers notre analyse de ces données, nous avons prouvé nos deux hypothèses. Premièrement, si un pigeon vole seul et vole plusieurs fois, il va former une route habituelle. Et c'est la mœurs du pigeons, pas le résultat de formation artificielle.

Deuxièmement, il y a un pigeon qui amènera son partenaire à son cours coutumier. C'est-à-dire, entre 2 pigeons, il y a un leader et un suiveur.

En même temps, dans notre étude, nous avons trouvé quelques pigeons relativement spéciaux. Ils ne répondent pas à nos deux hypothèses. Nous pensons que c'est intéressant. S'il y a des opportunités à l'avenir, nous espérons avoir l'opportunité de mener des recherches plus approfondies.

Remerciement

Nous remercions ETIENNE Laurent de leur aide et conseil, il nous indique la direction de recherche et retouche notre mémoire, et Polytech Tours fournit le soutien de bibliothèque.

R é f é r e n c e

- [1] Meade, J., Biro, D. & Guilford, T. (2005). "Homing pigeons develop local route stereotypy." *Proceedings of the Royal Society B*, 272:17-23.
- [2]Biro, D., Meade, J. & Guilford, T. (2004). "Familiar route loyalty implies visual pilotage in the homing pigeon." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101:17440-17443.
- [3]Biro, D., Meade, J. & Guilford, T. (2006). "Route recapitulation and route loyalty in homing pigeons: pilotage from 25km?" *Journal of Navigation*, 59:43-53.
- [4]Chris Armstrong, Richard Mann, Matthew Collett, Robin Freeman, Stephen Roberts, Helen Wilkinson, and Tim Guilford. Why do pigeons form habitual routes?
<http://www2.math.uu.se/~rmann/papers/RINarmstrong.pdf>
- [5]Biro, D. (2002) "The role of familiar landmarks in the homing pigeon's familiar area map." Ph.D. thesis, University of Oxford, UK.
- [6]electro-tech-online.<http://www.electro-tech-online.com/threads/discrete-frechet-distance.145411/>
- [7]Freeman R, Mann R, Guilford T, Biro D. (2011) Group decisions and individual differences: route fidelity predicts flight leadership in homing pigeons (*Columba livia*). *Biol. Lett.* 7, 63–66.
doi:10.1098/rsbl.2010.0627
- [8]Laurent Etienne, Thomas Devogele.(2014)Trajectoires médianes.Institut de Recherche de l'Ecole navale, Brest, France laurent.etienne@ecole-navale.fr <http://www.letienne.net> Université de Tours, Laboratoire d'informatique, Blois, France. thomas.devogele@univ-tours.fr
<http://thomas.devogele.free.fr>
- [9]Puri, M. L. et P. K. Sen (1971). *Nonparametric methods in multivariate analysis*. John Wiley & Sons.
- [10]Jain AK, Murty MN, Flynn PJ. (1999)Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, 31(3):264–323.
- [11]SNEATH, P. H. A. AND SOKAL, R. R. (1973).*Numerical Taxonomy*. Freeman, London, UK.
- [12]KING, B. (1967). Step-wise clustering proce- dures. *J. Am. Stat. Assoc.* 69, 86–101.
- [13]WARD, J. H. JR. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58, 236–244.
- [14]MURTAGH, F. (1984). A survey of recent advances in hierarchical clustering algorithms which use cluster centers. *Comput. J.* 26, 354–359.
- [15]BAEZA-YATES, R. A. (1992). Introduction to data structures and algorithms related to information retrieval. In *Information Retrieval:Data Structures and Algorithms*, W. B. Frakes and R. Baeza-Yates, Eds. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, 13–27.
- [16]NAGY, G. (1968). State of the art in pattern recognition. *Proc. IEEE* 56, 836–862.

- [17]Pettit B, Perna A, Biro D, Sumpter DJT.(2013). Interaction rules underlying group decisions in homing pigeons. *J R Soc Interface.* ;10:20130529.
- [18]Nagy M, Akos Z, Biro D, Vicsek T. (2010). Hierarchical group dynamics in pigeon flocks. *Nature* 464, 890–893.
- [19]Herbert-Read JE, Perna A, Mann RP, Schaerf TM, Sumpter DJT, Ward AJW.(2011) Inferring the rules of interaction of shoaling fish. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 108, 18 726–18 731.
- [20]M á é Nagy,Zsuzsa Ákos, Dora Biro & Tam á Vicsek.(2010).Hierarchical group dynamics in pigeon flocks. *Nature* 464, 890–893.
- [21]Flack A, Pettit B, Freeman R, Guilford T, Biro D.(2012) What are leaders made of? The role of individual experience in determining leader–follower relations in homing pigeons. *Anim Behav*83(3):703–709.
- [22] Thomas Devogele, Laurent Etienne, Maxence Esnault, Florian Lardy. Optimized Discrete Fr échet Distance between trajectories.(2017) 6th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Analytics for Big Geospatial Data, , Redondo Beach, United States. 9 p
- [23] T. Eiter and H. Mannila. (1994). Computing Discrete Fr échet Distance. Technical Report. Technische Universitat Wien. 64 pages.

CITERESUMR 7324

*Cités, Territoires,
Environnement et
Sociétés*

Equipe DATE

*Dynamiques et Actions Territoriales et
Environnementales*



35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

**Directeur de recherche :
ETIENNE Laurent**

**WANG Xiaomeng
YAO Yanwan
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2017-2018**

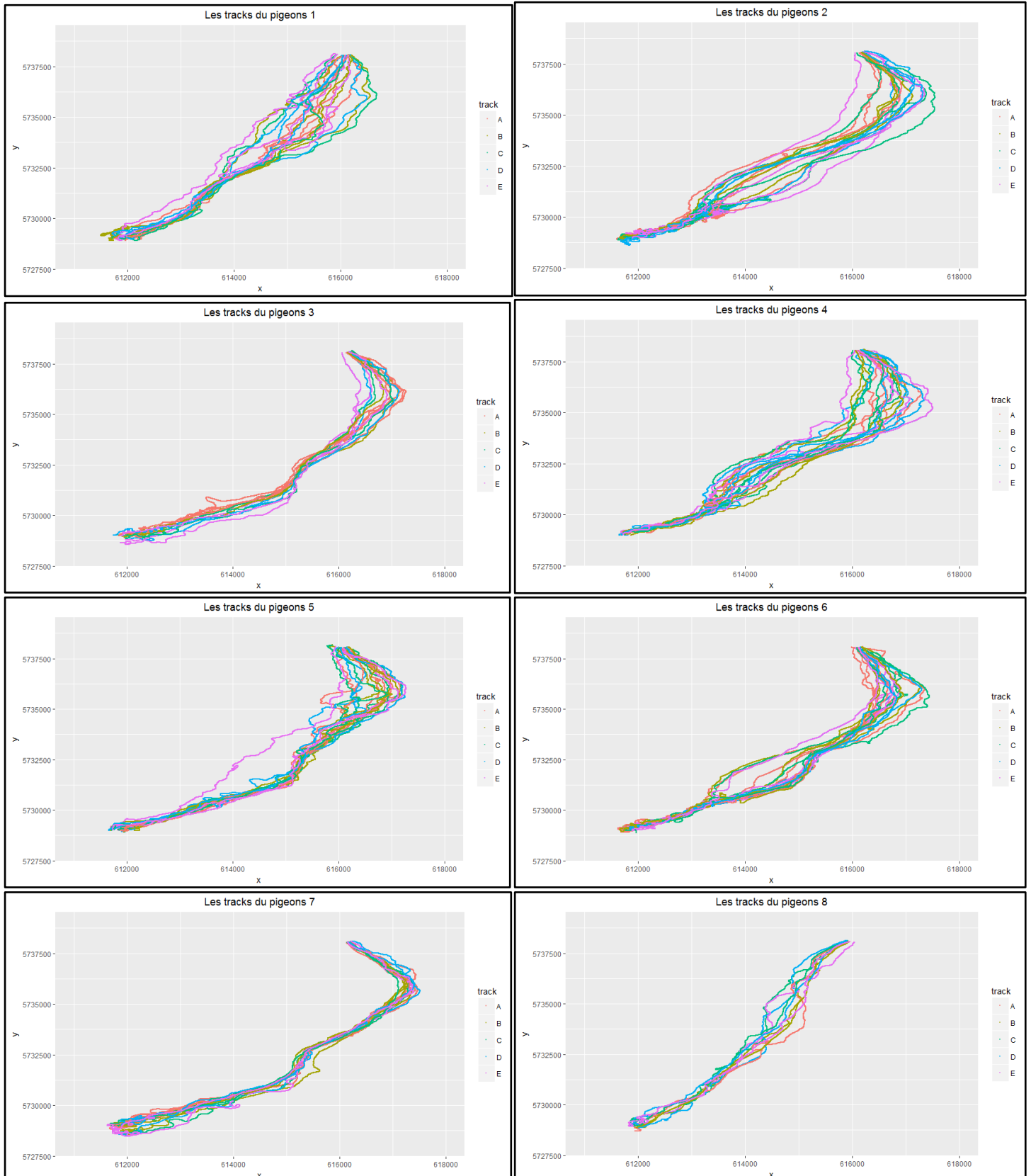
Titre : Analyse comparative du déplacement de pigeons voyageurs.

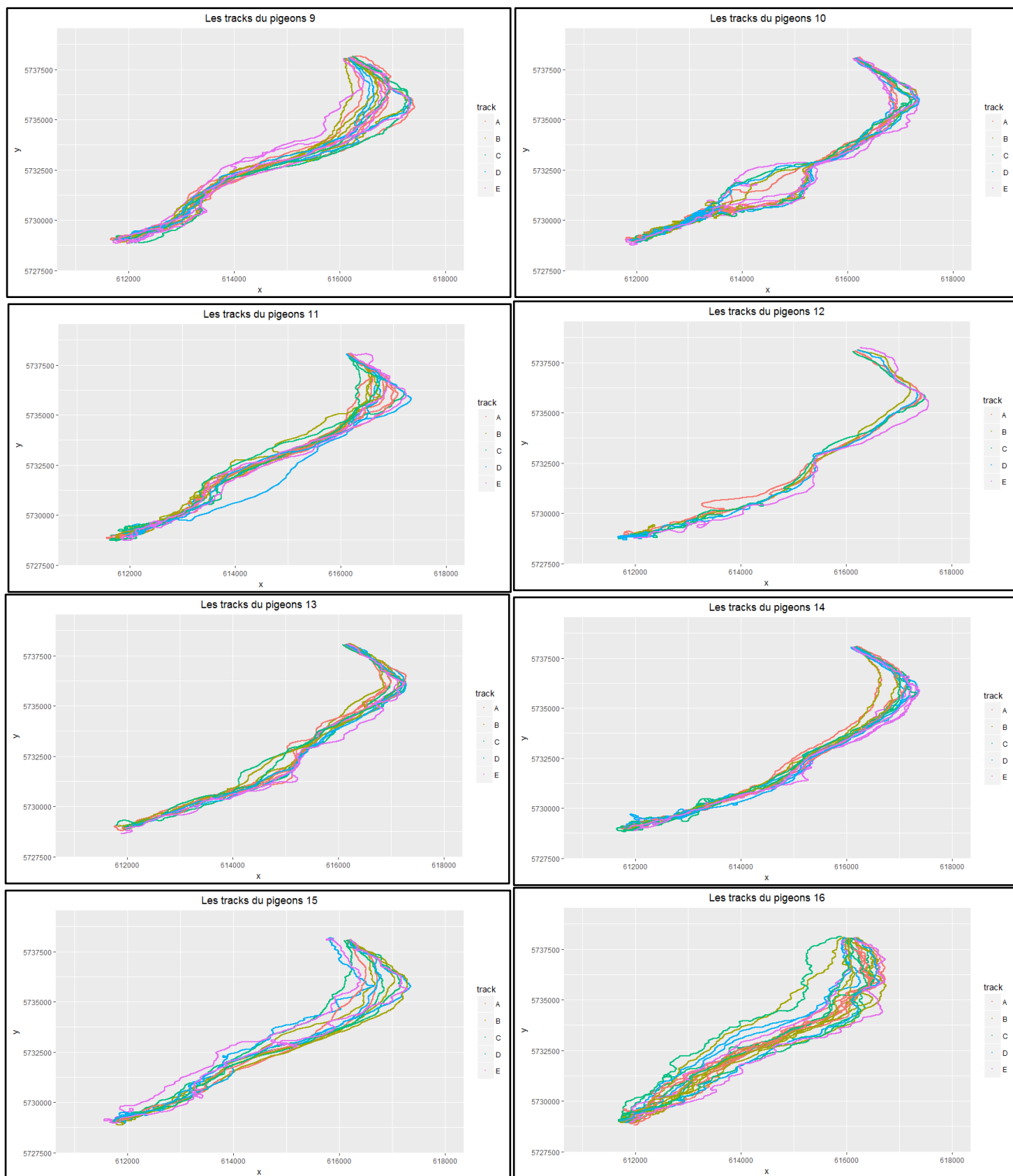
Résumé : Pour rechercher les trajectoires du pigeons, on étudie les méthodes différents. La partie la plus importante est calculer la similarité entre les trajectoires et entre les groupes. Pour résoudre cette problème, on a trouvé deux méthodes principales: La distance Fréchet et Classification hiérarchiques. A travers notre analyse de ces données, nous avons prouvé nos deux hypothèses. Premièrement, si un pigeon vole seul et vole plusieurs fois, il va former une route habituelle. Et c'est la mœurs du pigeons, pas le résultat de formation artificielle. Deuxièmement, il y a un pigeon qui amènera son partenaire à son cours coutumier. C'est-à-dire, entre 2 pigeons, il y a un leader et un suiveur.

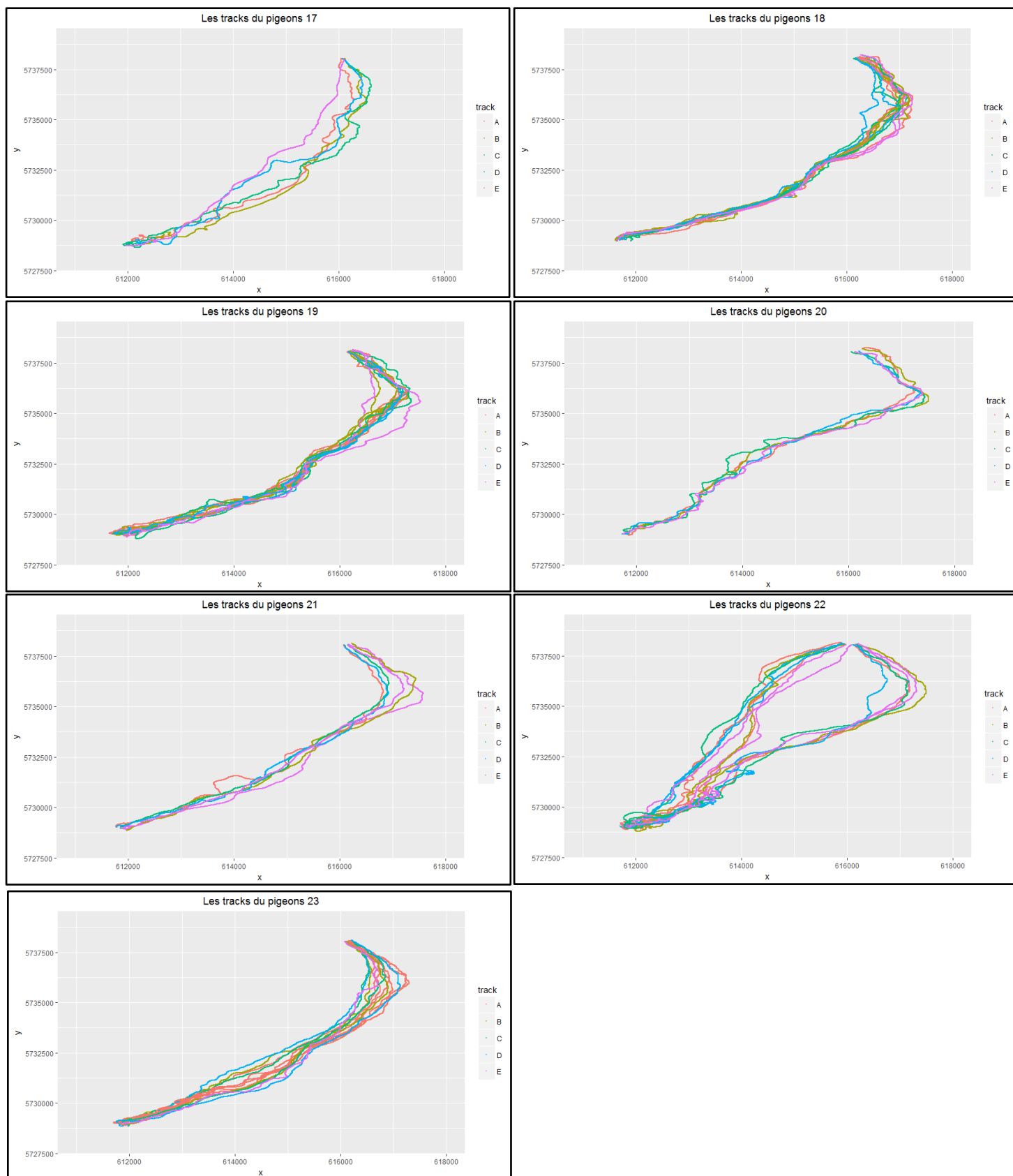
Mots Clés : pigeons voyageurs, méthode, déplacement, paires, comparaison, fidélité, voie habituelle, analyser les données, Rstudio.

Annexe

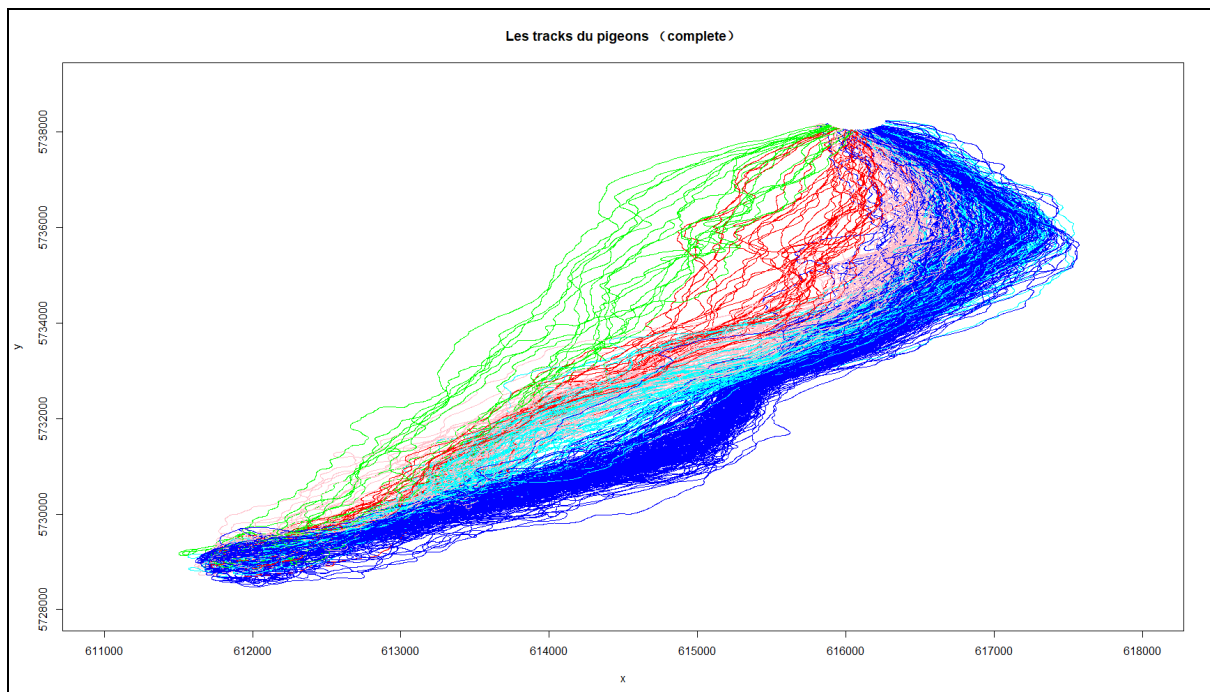
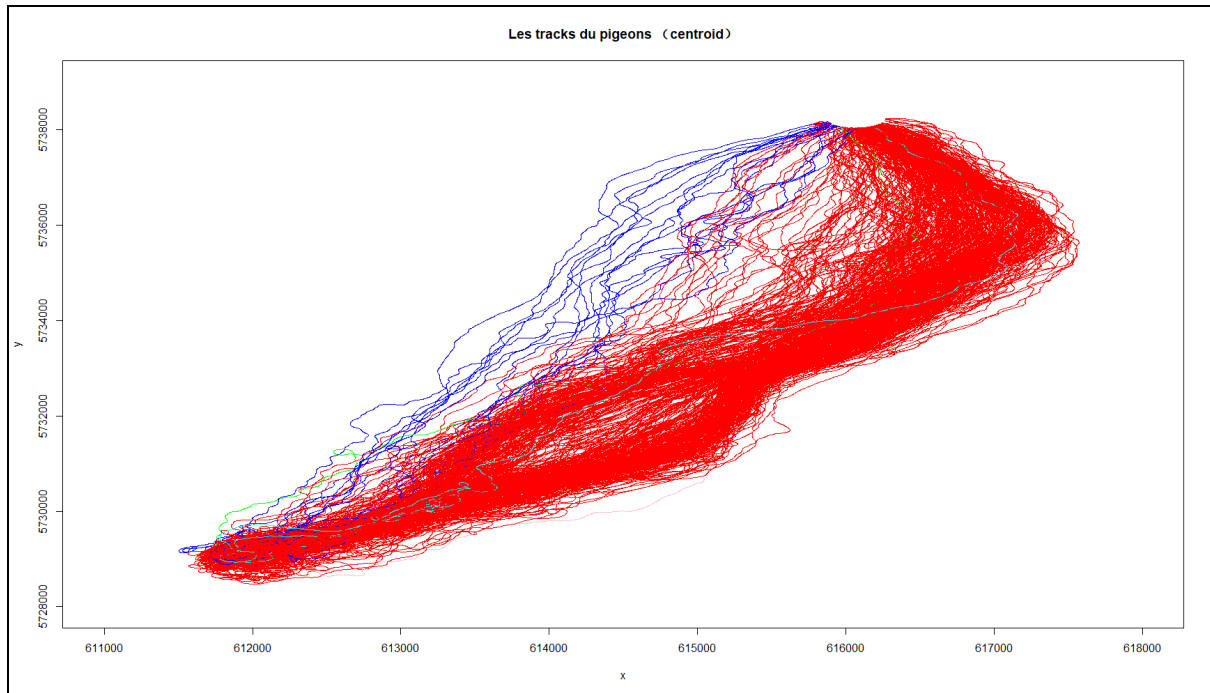
1-Les track du chaque pigeon

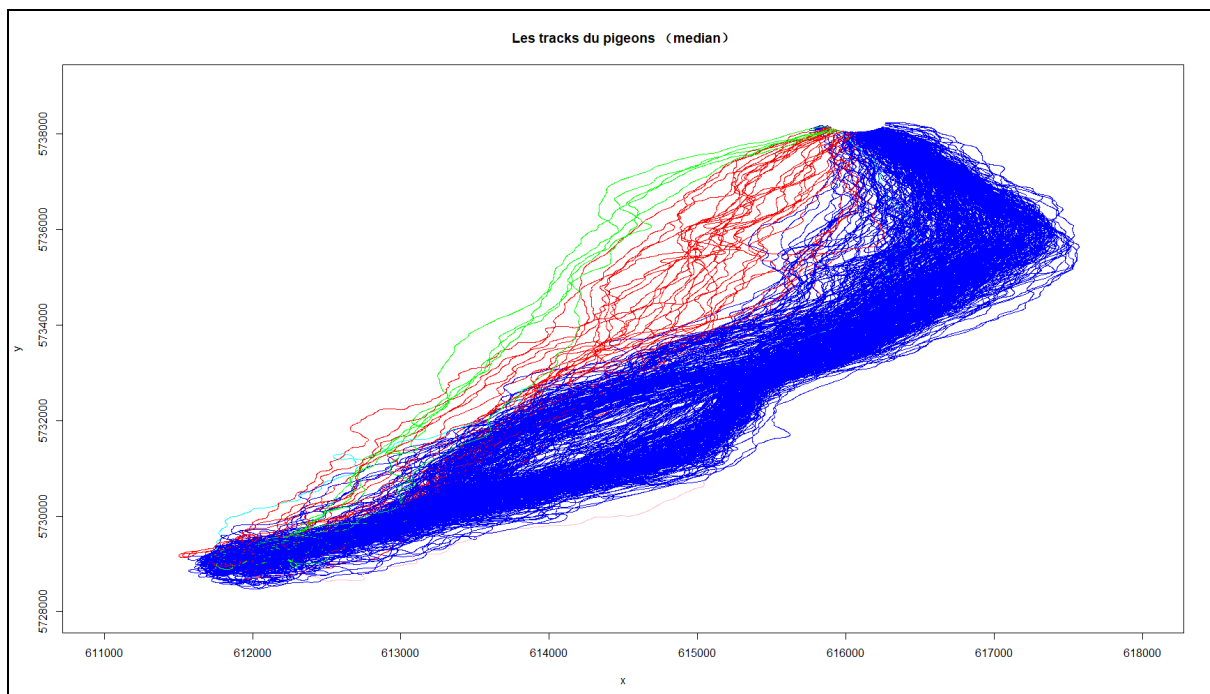
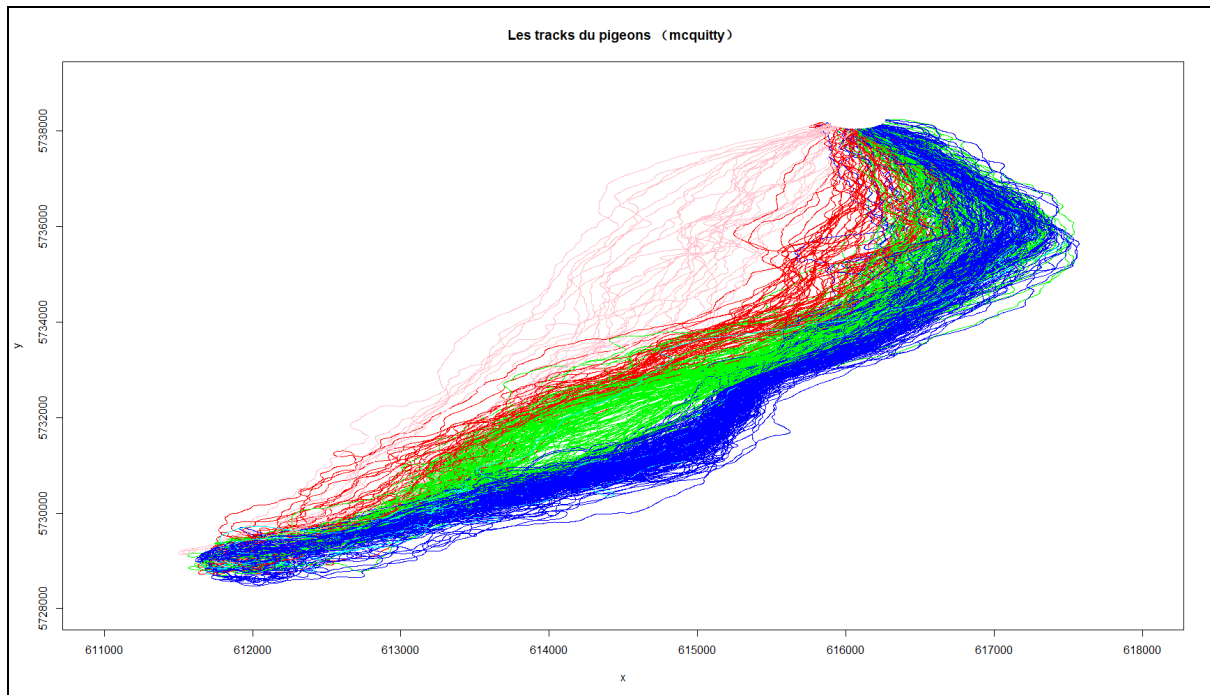


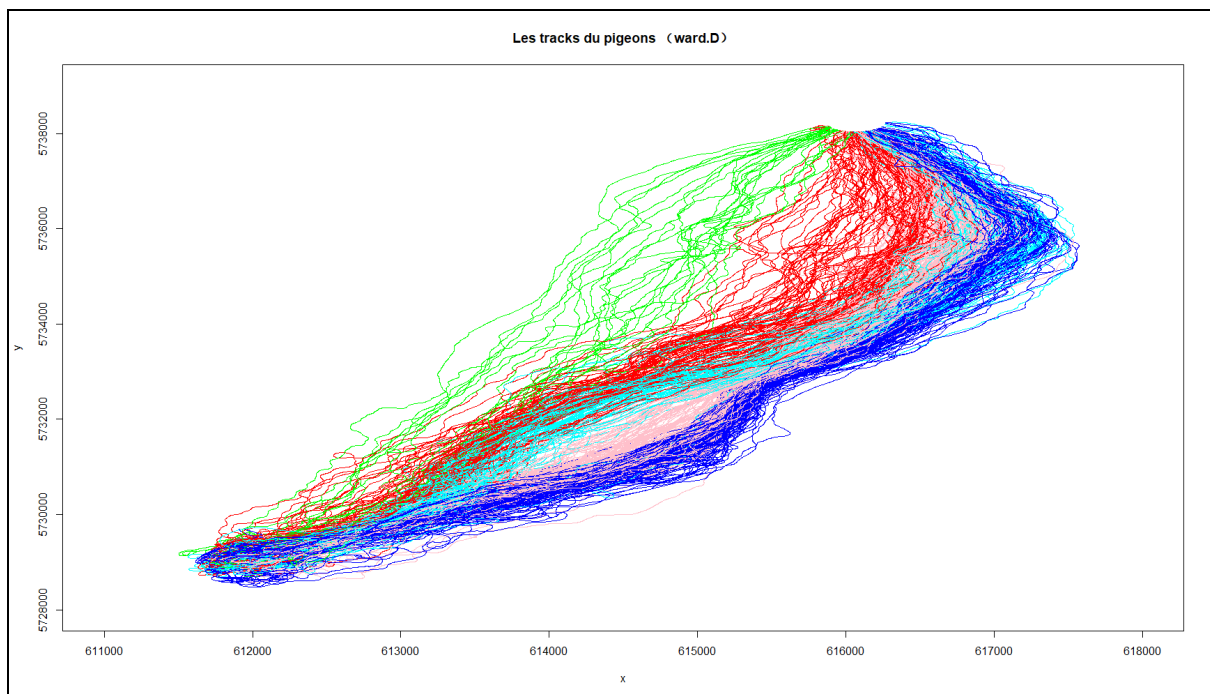
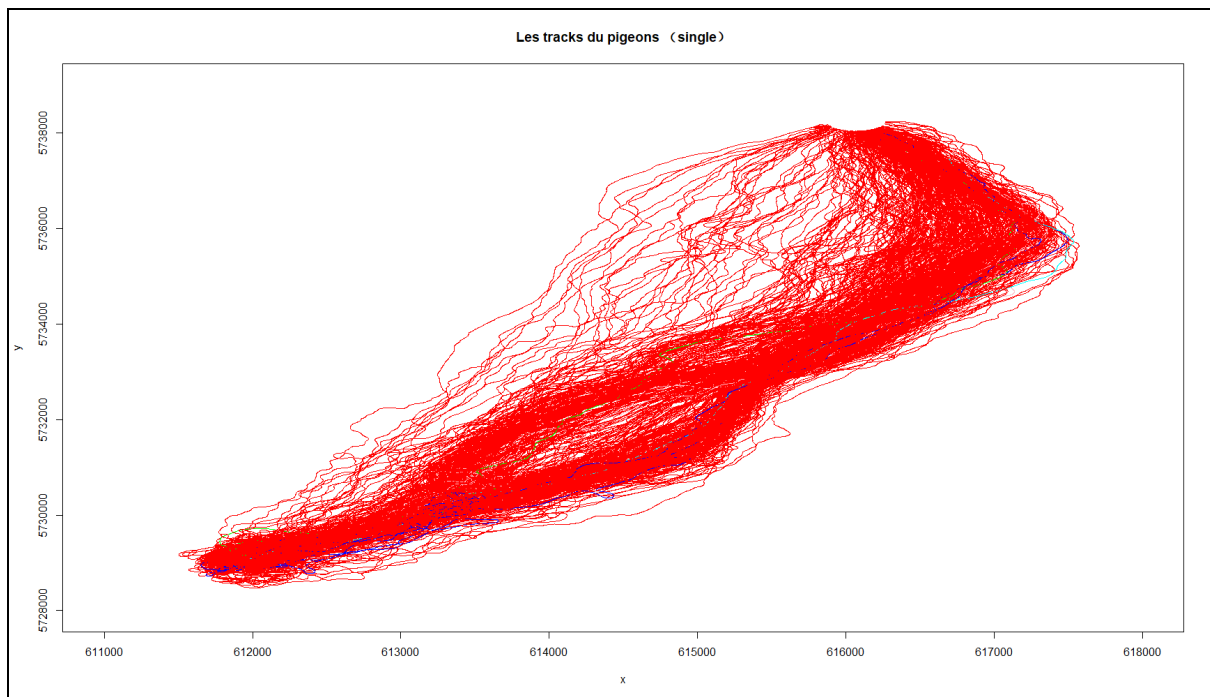


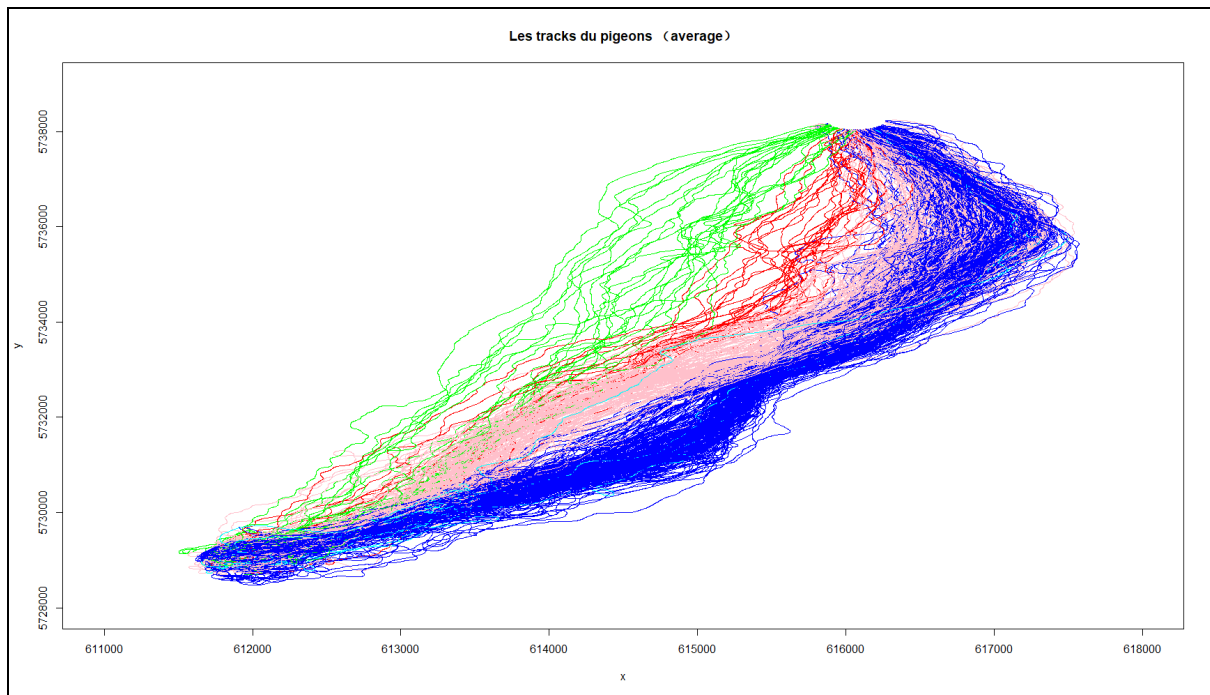


2- Les trajectoires selon différentes clusters



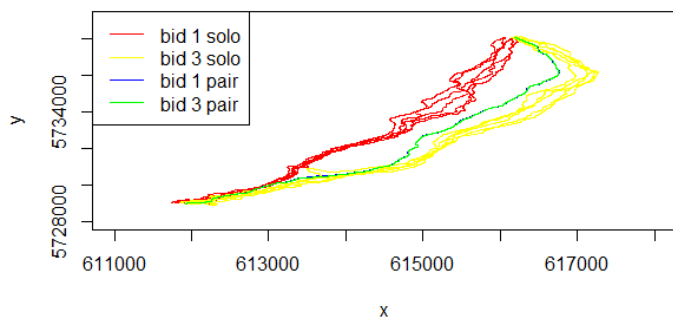




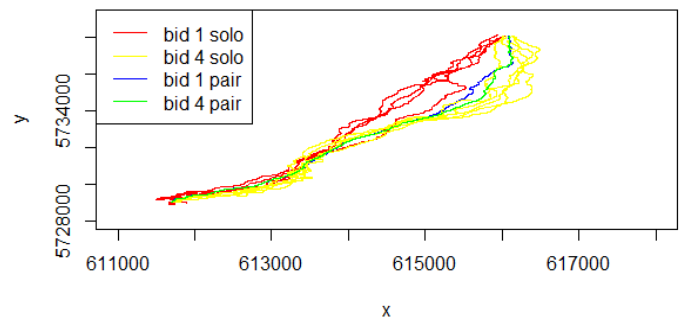


3- Les trajectoires de chaque couple de pigeons

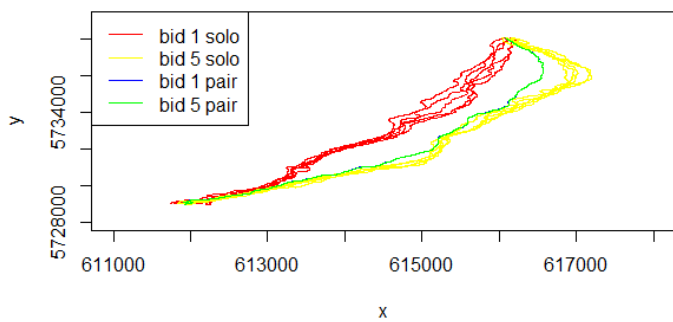
Les tracks du pair 1 (bid1 et bid 3)



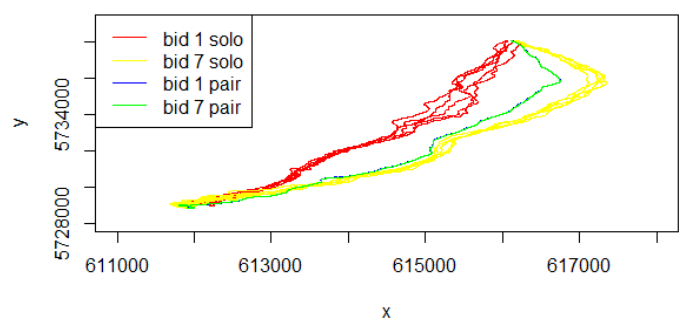
Les tracks du pair 2 (bid1 et bid 4)



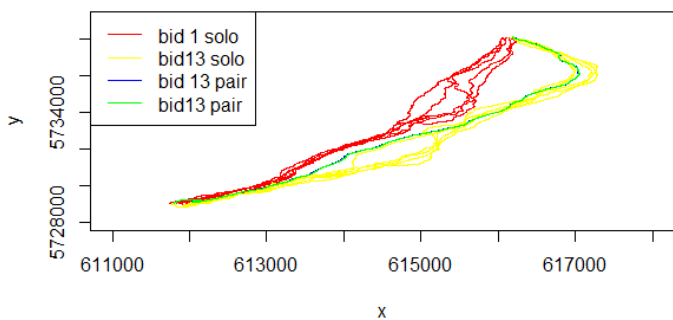
Les tracks du pair 3 (bid1 et bid 5)



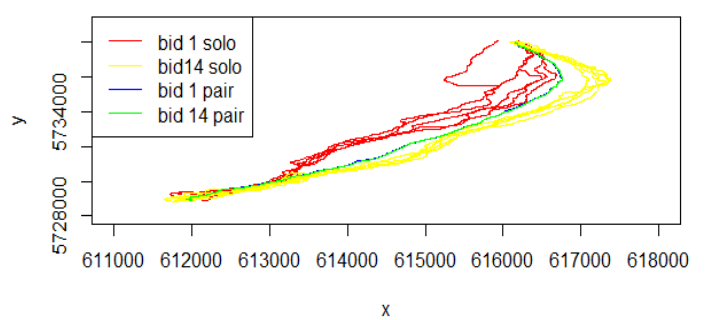
Les tracks du pair 4 (bid1 et bid 7)



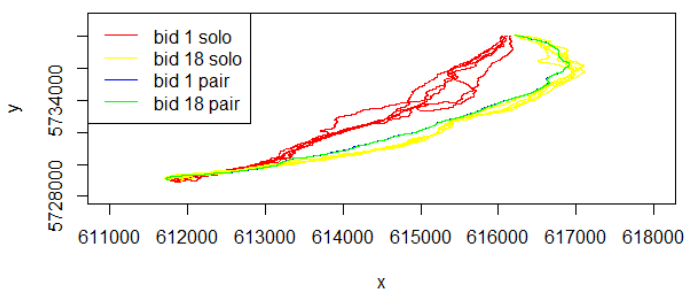
Les tracks du pair 5 (bid1 et bid 13)



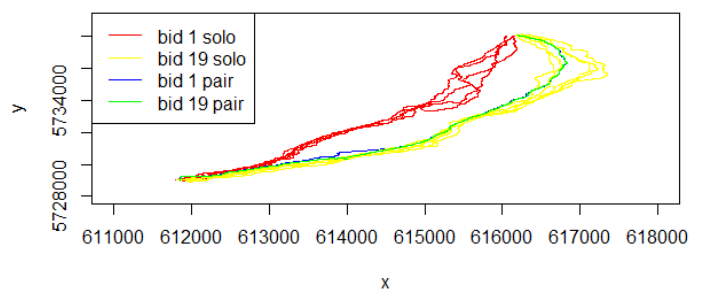
Les tracks du pair 6 (bid1 et bid 14)



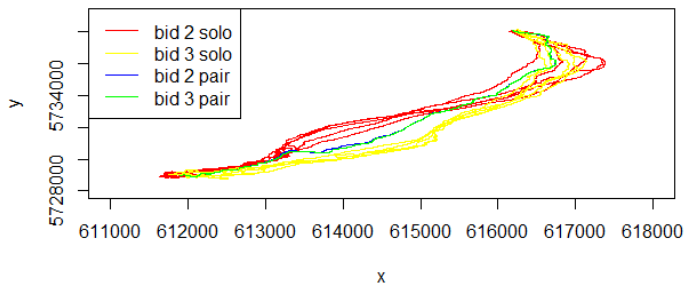
Les tracks du pair 7 (bid1 et bid 18)



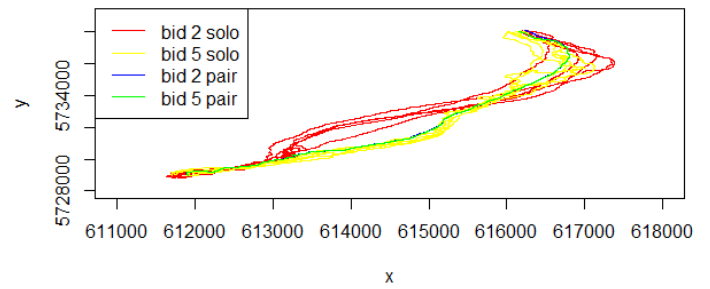
Les tracks du pair 8 (bid1 et bid 19)



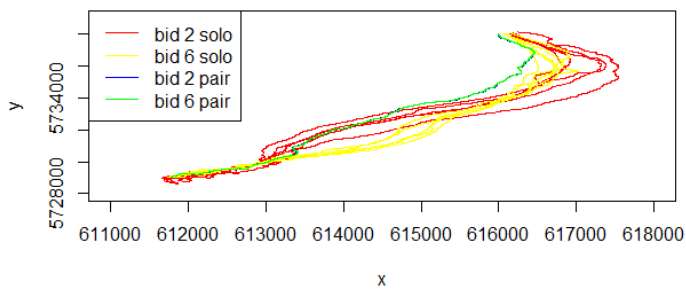
Les tracks du pair 9 (bid2 et bid 3)



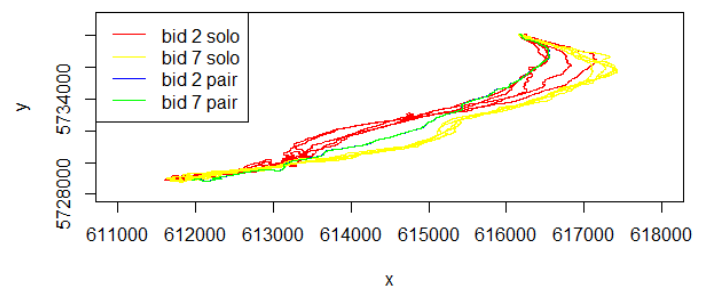
Les tracks du pair 10 (bid2 et bid 5)



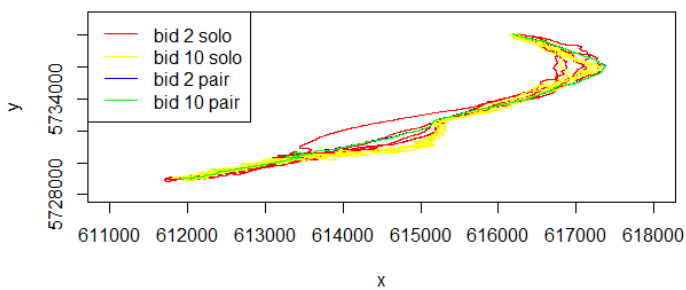
Les tracks du pair 11 (bid2 et bid 6)



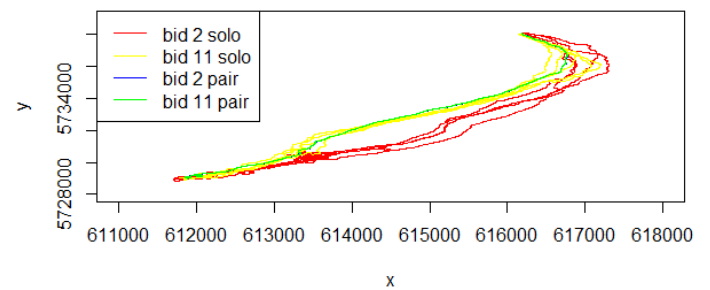
Les tracks du pair 12 (bid2 et bid 7)



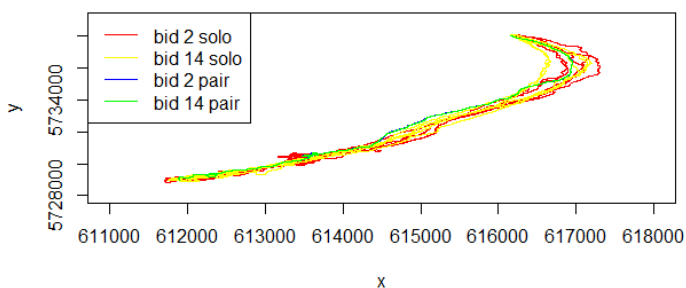
Les tracks du pair 13 (bid2 et bid 10)



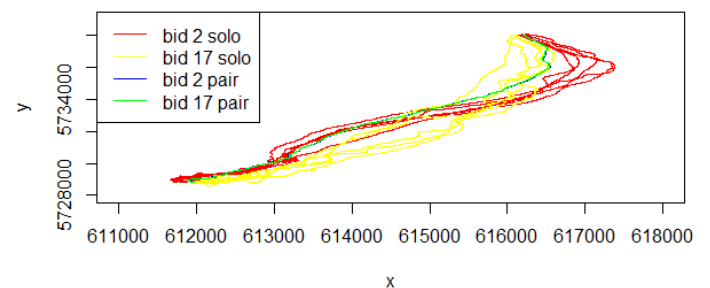
Les tracks du pair 14 (bid2 et bid 11)



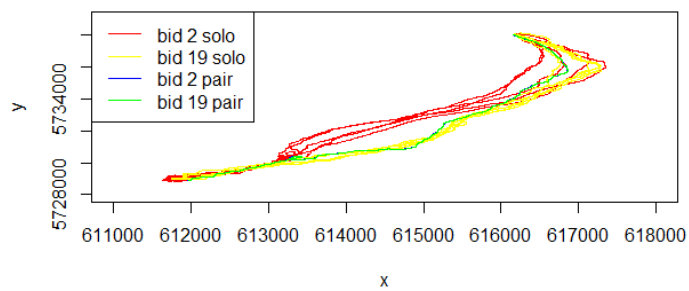
Les tracks du pair 15 (bid2 et bid 14)



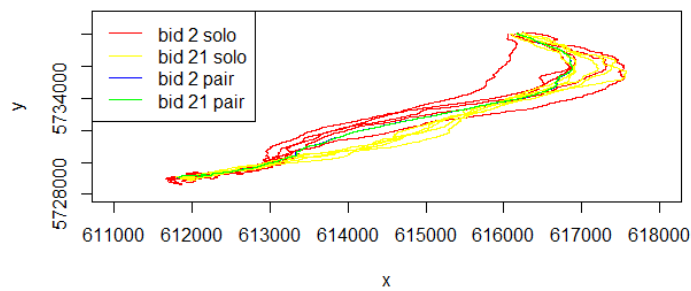
Les tracks du pair 16 (bid 2 et bid 17)



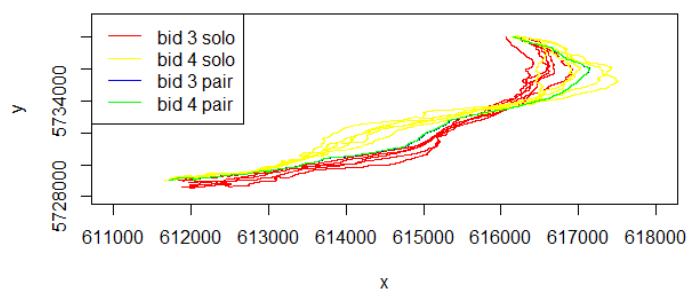
Les tracks du pair 17 (bid 2 et bid 19)



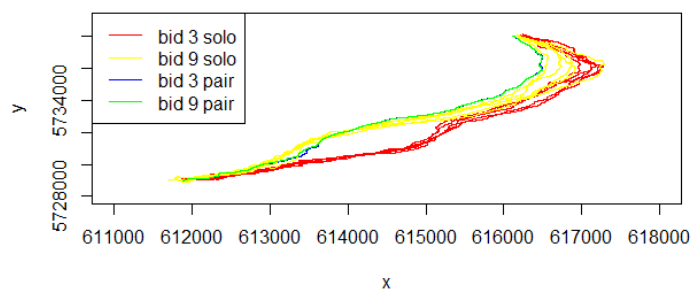
Les tracks du pair 18 (bid 2 et bid 21)



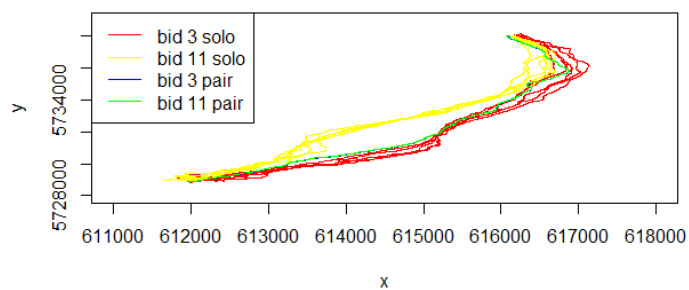
Les tracks du pair 19 (bid 3 et bid 4)



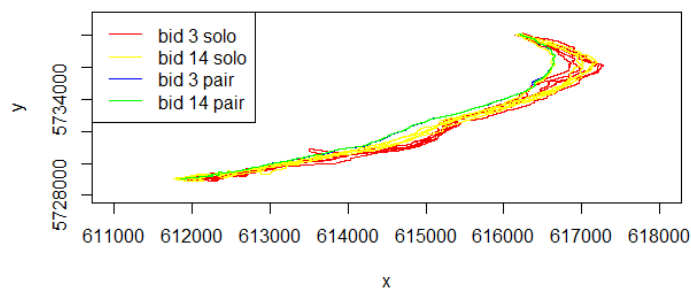
Les tracks du pair 20 (bid 3 et bid 9)



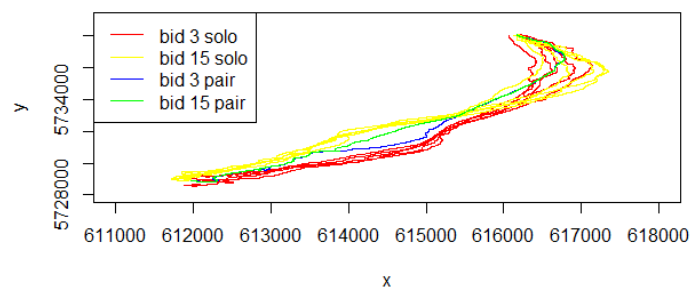
Les tracks du pair 21 (bid 3 et bid 11)



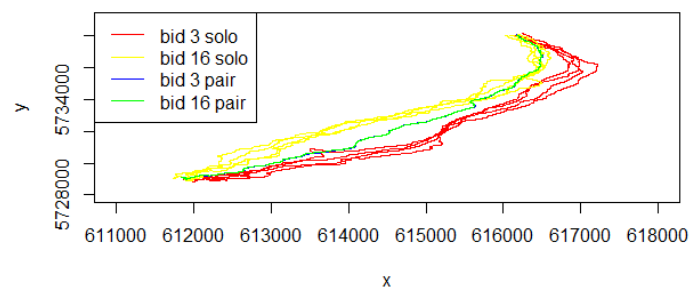
Les tracks du pair 22 (bid 3 et bid 14)



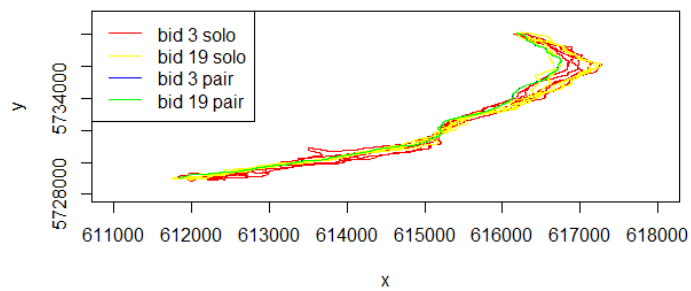
Les tracks du pair 23 (bid 3 et bid 15)



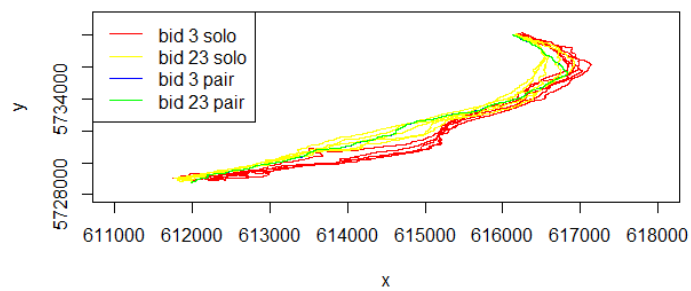
Les tracks du pair 24 (bid 3 et bid 16)



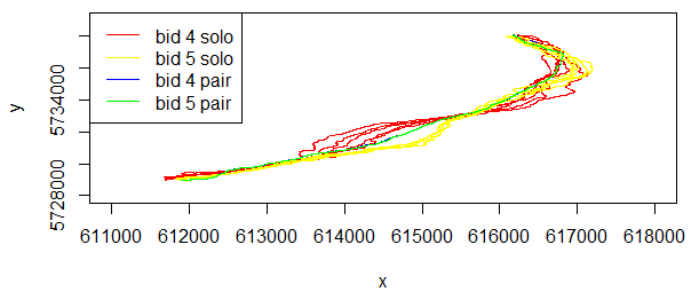
Les tracks du pair 25 (bid 3 et bid 19)



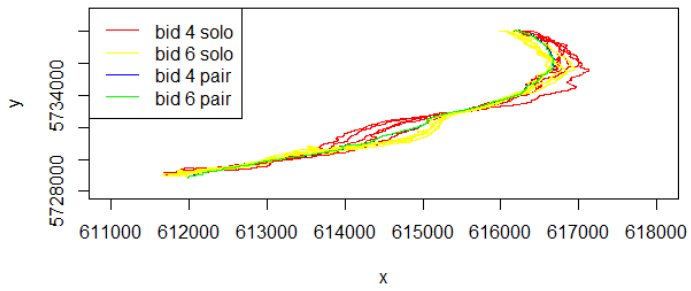
Les tracks du pair 26 (bid 3 et bid 23)



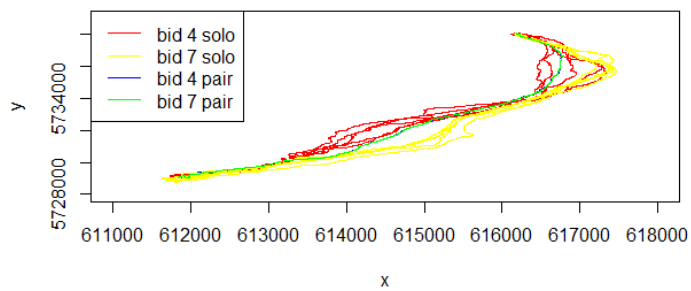
Les tracks du pair 27 (bid 4 et bid 5)



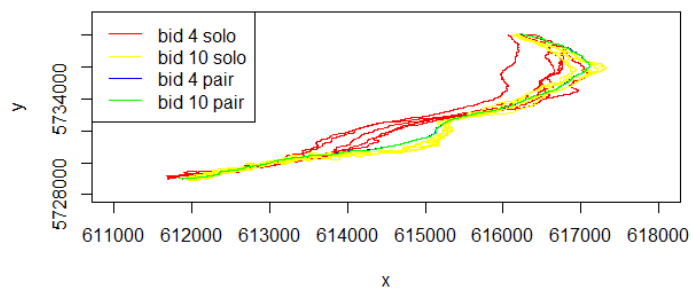
Les tracks du pair 28 (bid 4 et bid 6)



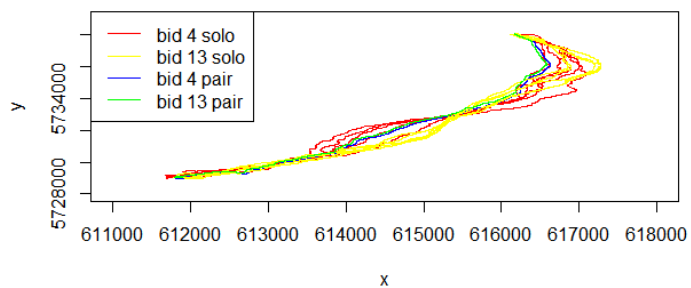
Les tracks du pair 29 (bid 4 et bid 7)



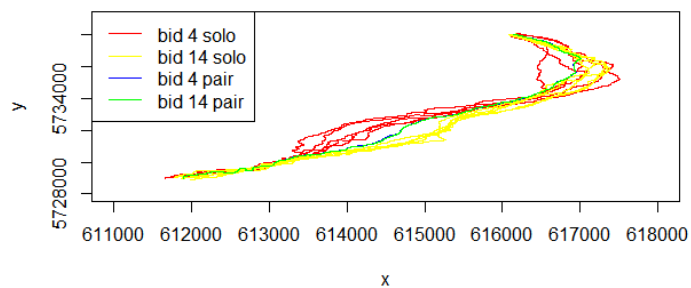
Les tracks du pair 30 (bid 4 et bid 10)



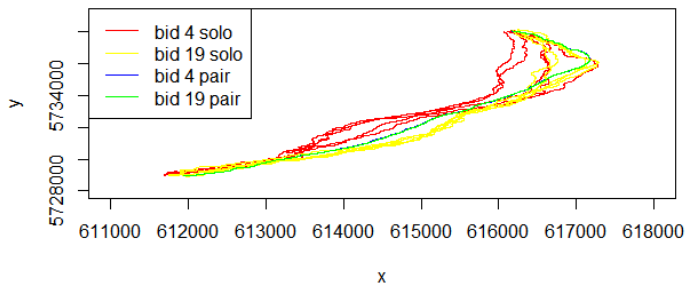
Les tracks du pair 31 (bid 4 et bid 13)



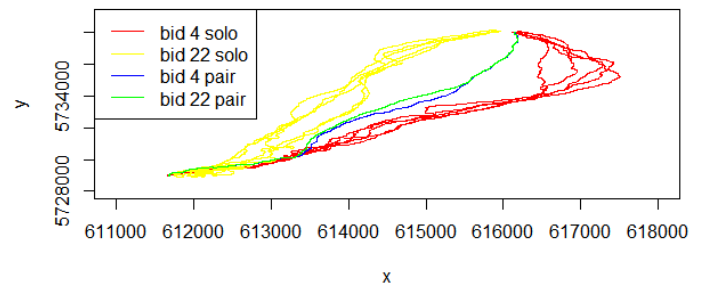
Les tracks du pair 32 (bid 4 et bid 14)



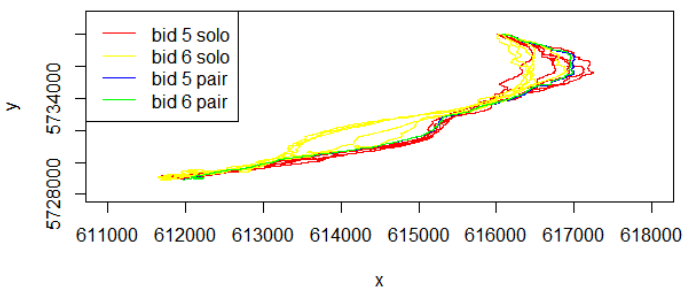
Les tracks du pair 33 (bid 4 et bid 19)



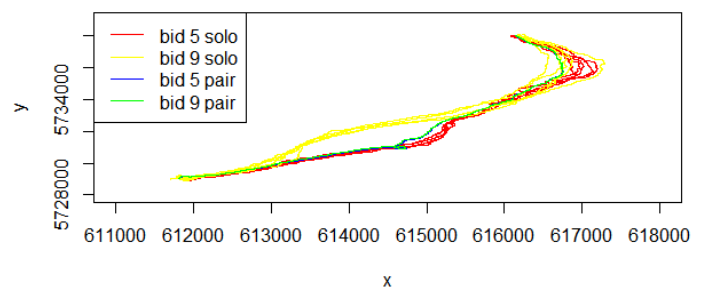
Les tracks du pair 34 (bid 4 et bid 22)



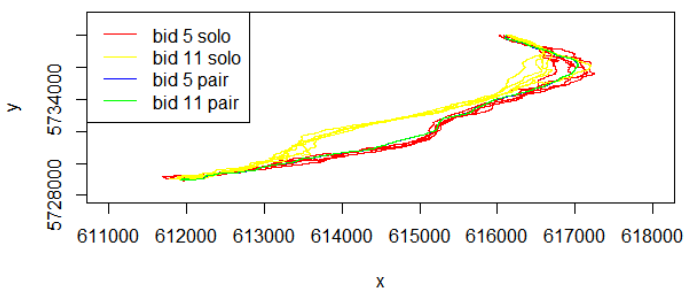
Les tracks du pair 35 (bid 5 et bid 6)



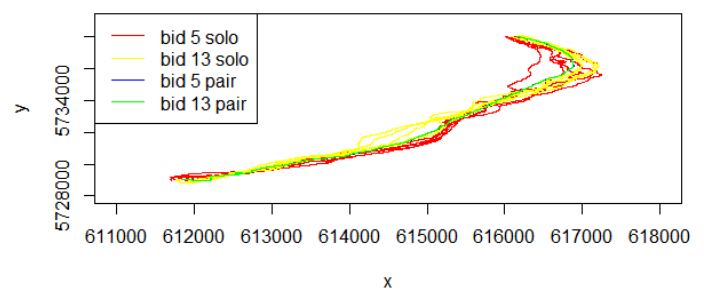
Les tracks du pair 36 (bid 5 et bid 9)



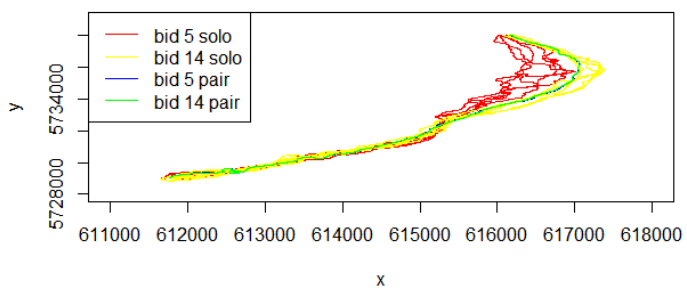
Les tracks du pair 37 (bid 5 et bid 11)



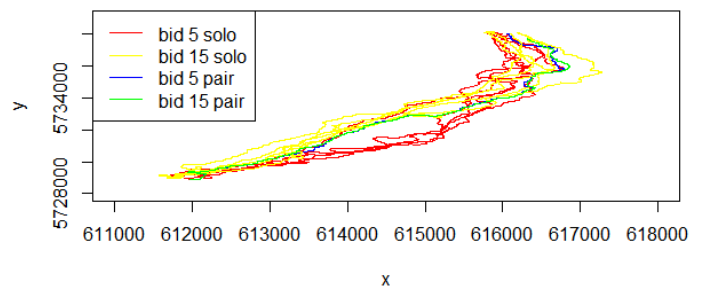
Les tracks du pair 38 (bid 5 et bid 13)



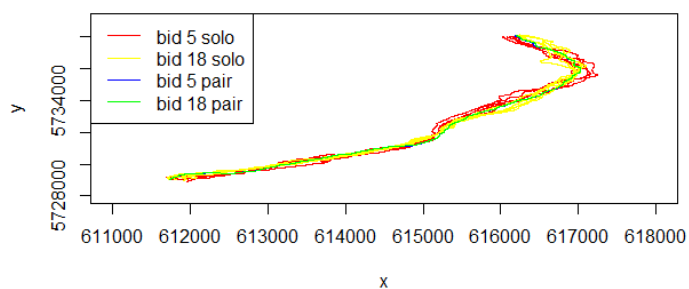
Les tracks du pair 39 (bid 5 et bid 14)



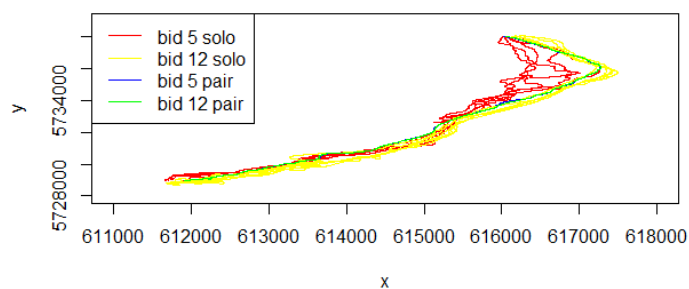
Les tracks du pair 40 (bid 5 et bid 15)



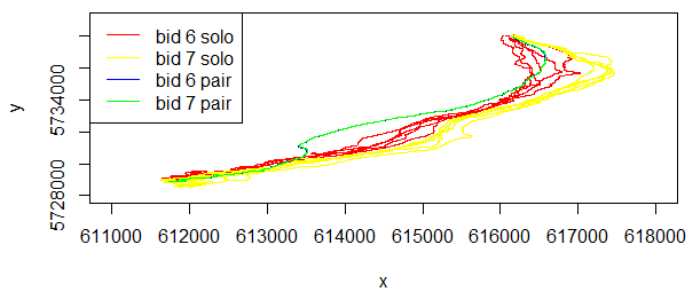
Les tracks du pair 41 (bid 5 et bid 18)



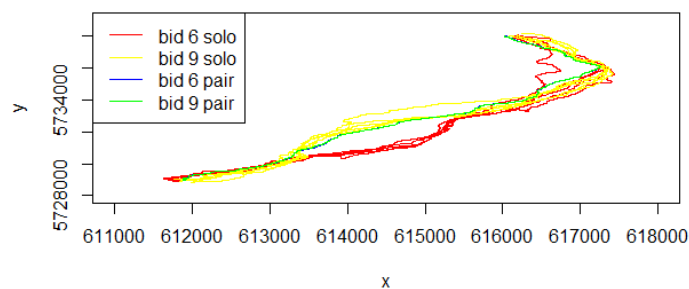
Les tracks du pair 42 (bid 5 et bid 12)



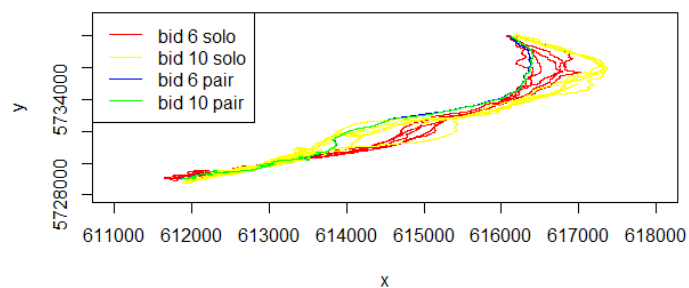
Les tracks du pair 43 (bid 6 et bid 7)



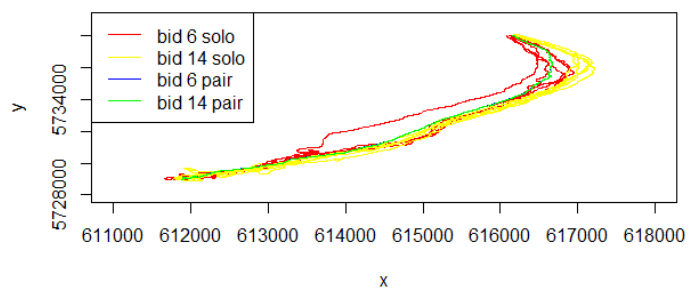
Les tracks du pair 44 (bid 6 et bid 9)



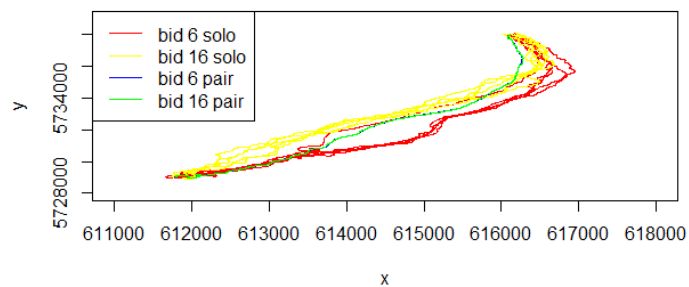
Les tracks du pair 45 (bid 6 et bid 10)



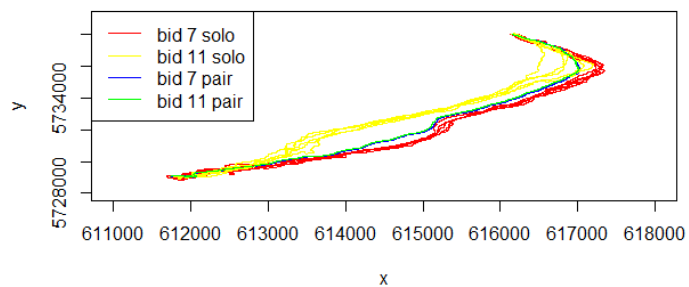
Les tracks du pair 46 (bid 6 et bid 14)



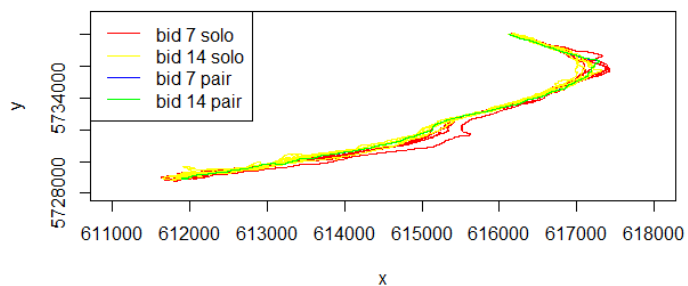
Les tracks du pair 47 (bid 6 et bid 16)



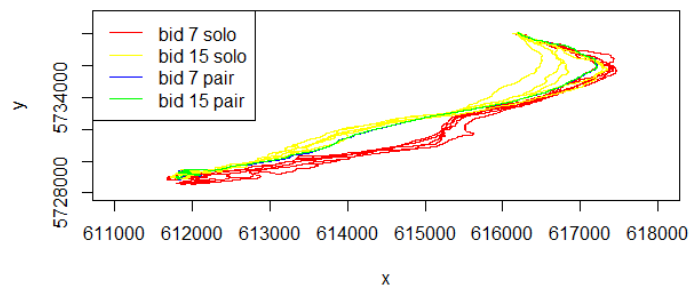
Les tracks du pair 48 (bid 7 et bid 11)



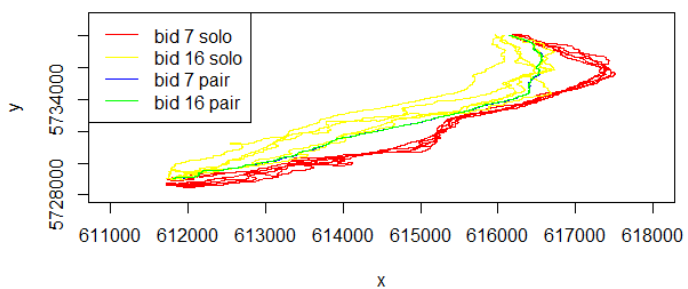
Les tracks du pair 49 (bid 7 et bid 14)



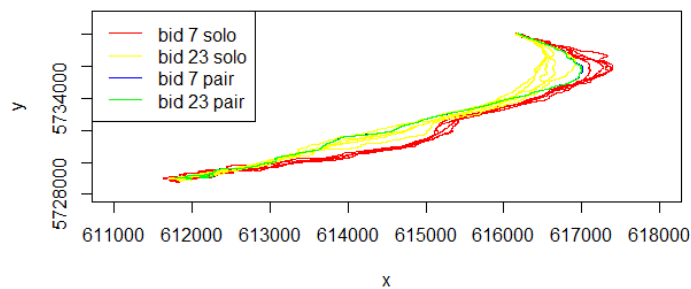
Les tracks du pair 50 (bid 7 et bid 15)



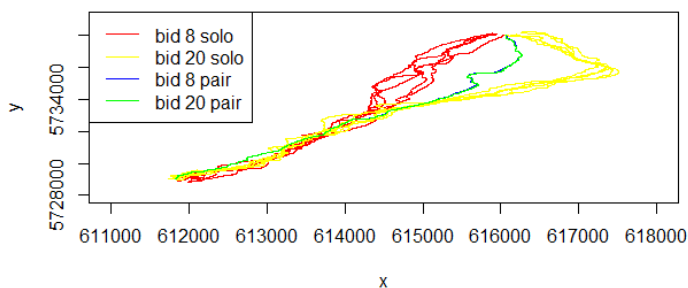
Les tracks du pair 51 (bid 7 et bid 16)



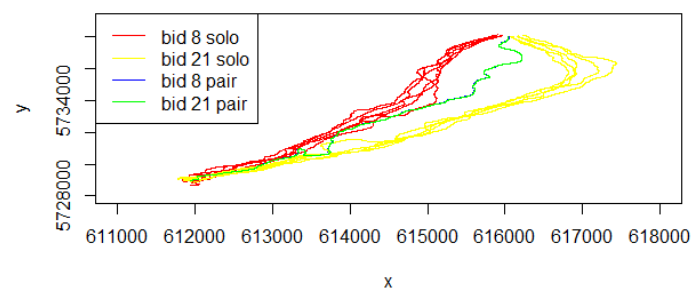
Les tracks du pair 52 (bid 7 et bid 23)



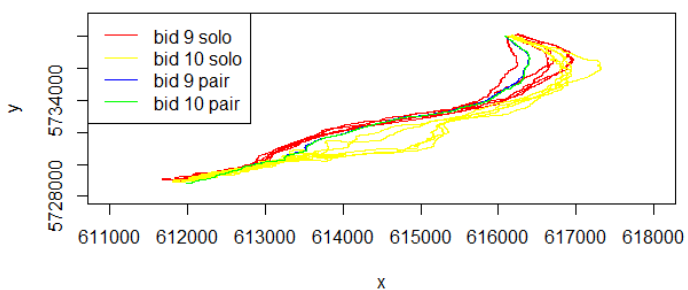
Les tracks du pair 53 (bid 8 et bid 20)



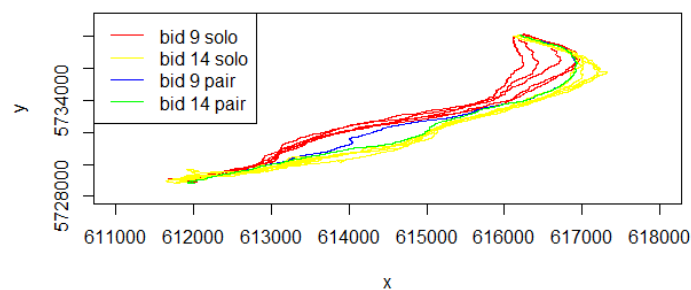
Les tracks du pair 54 (bid 8 et bid 21)



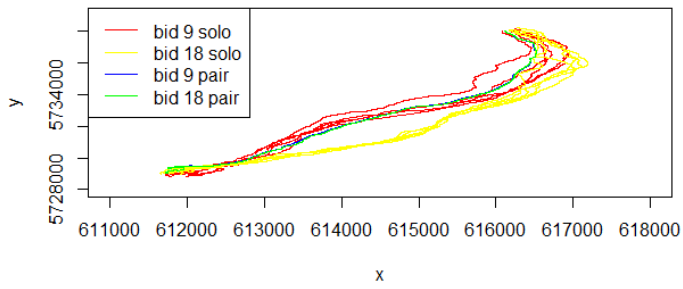
Les tracks du pair 55 (bid 9 et bid 10)



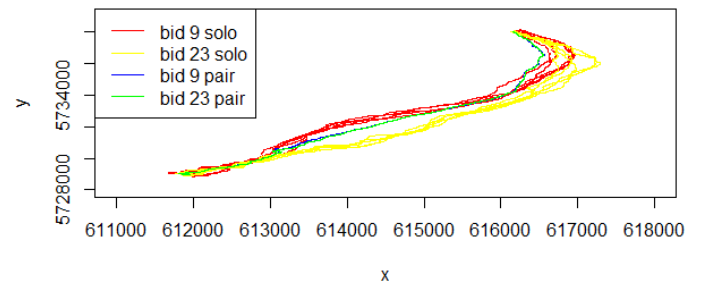
Les tracks du pair 56 (bid 9 et bid 14)



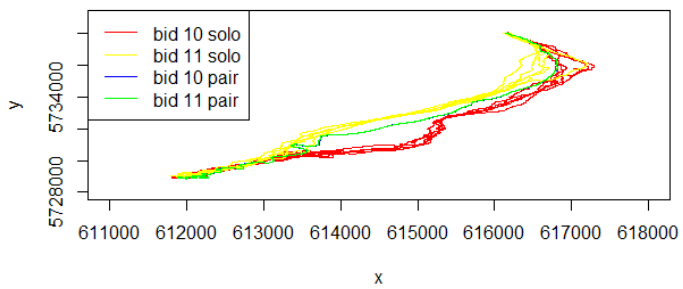
Les tracks du pair 57 (bid 9 et bid 18)



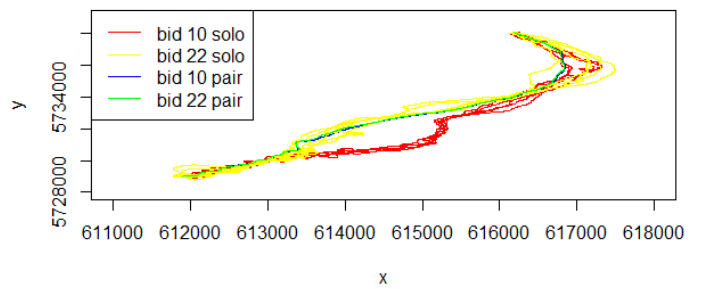
Les tracks du pair 58 (bid 9 et bid 23)



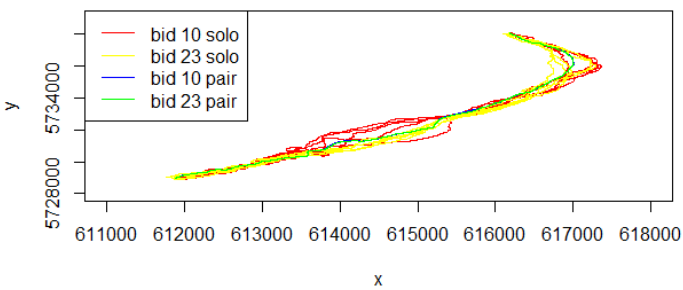
Les tracks du pair 59 (bid 10 et bid 11)



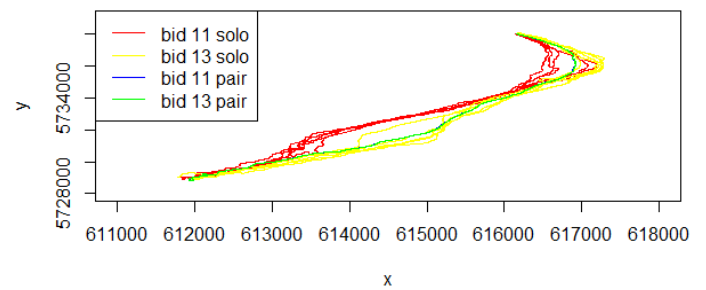
Les tracks du pair 60 (bid 10 et bid 22)



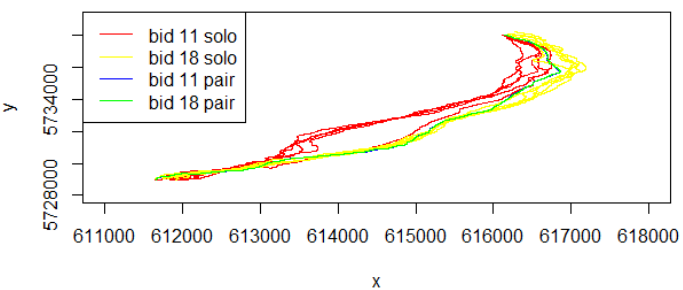
Les tracks du pair 61 (bid 10 et bid 23)



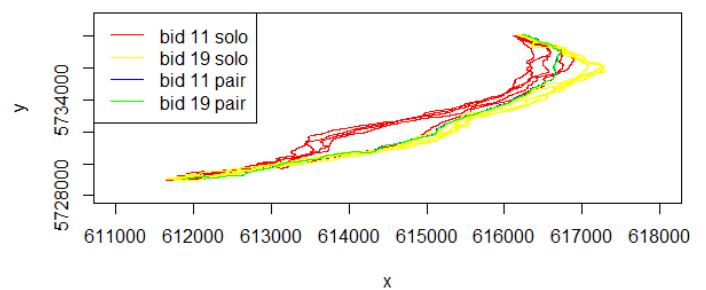
Les tracks du pair 62 (bid 11 et bid 13)



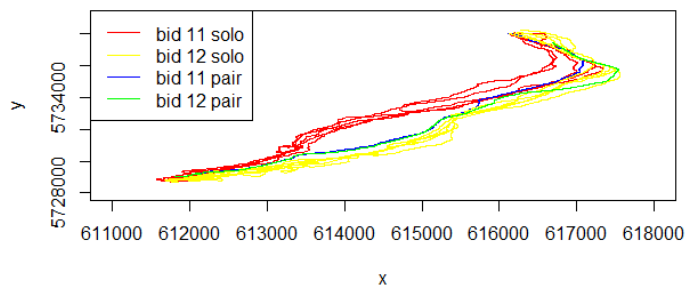
Les tracks du pair 63 (bid 11 et bid 18)



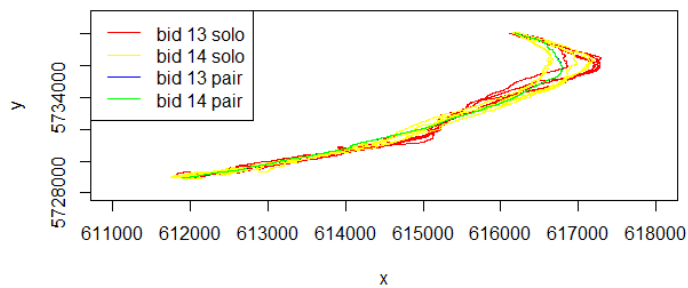
Les tracks du pair 64 (bid 11 et bid 19)



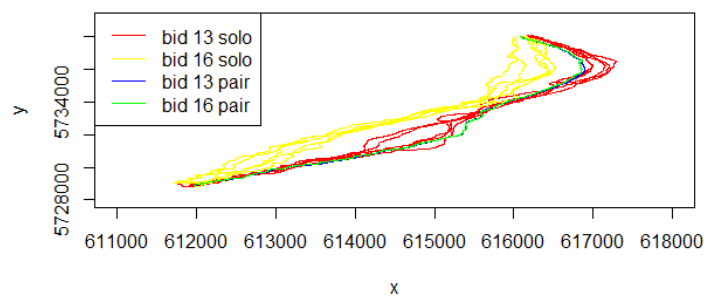
Les tracks du pair 65 (bid 11 et bid 12)



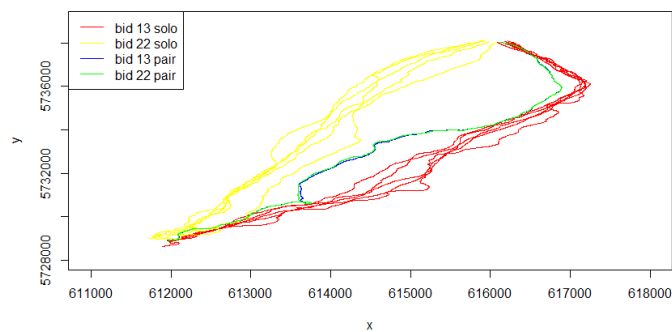
Les tracks du pair 66 (bid 13 et bid 14)



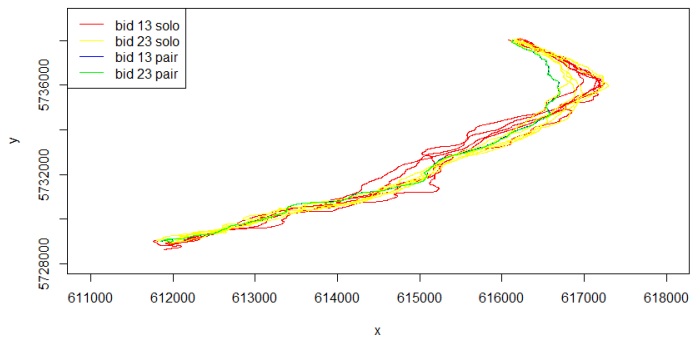
Les tracks du pair 67 (bid 13 et bid 16)



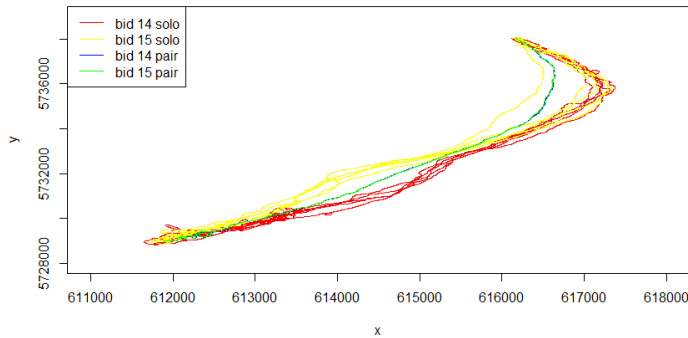
Les tracks du pair 68 (bid 13 et bid 22)



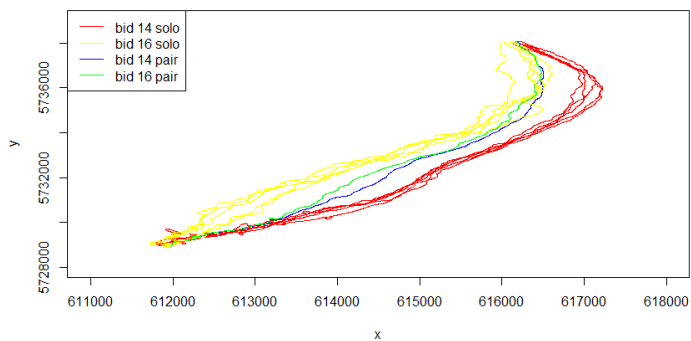
Les tracks du pair 69 (bid 13 et bid 23)



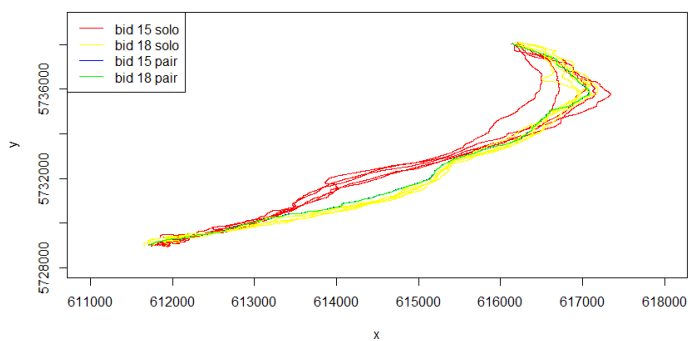
Les tracks du pair 70 (bid 14 et bid 15)



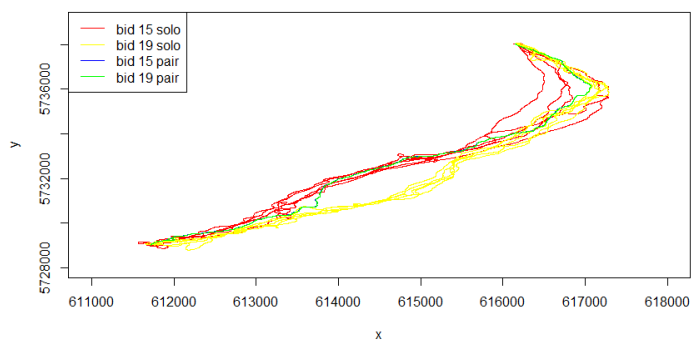
Les tracks du pair 71 (bid 14 et bid 16)



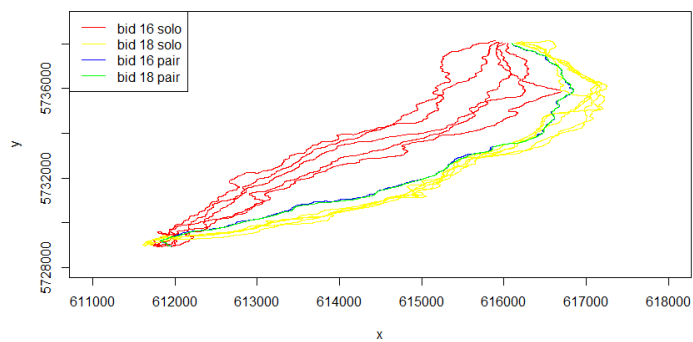
Les tracks du pair 72 (bid 15 et bid 18)



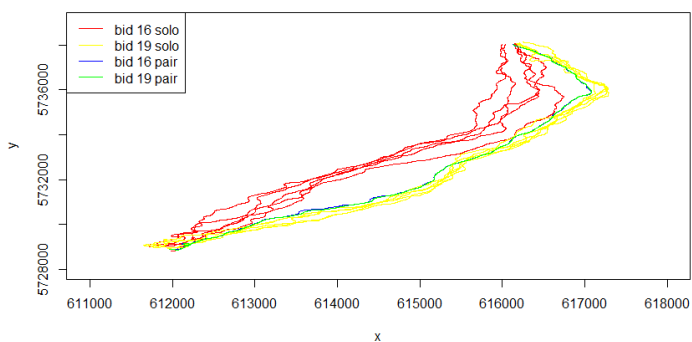
Les tracks du pair 73 (bid 15 et bid 19)



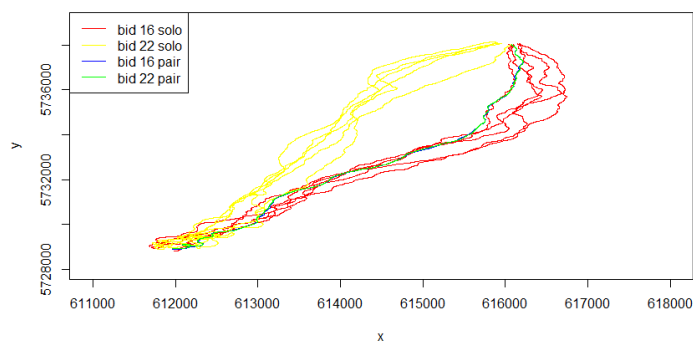
Les tracks du pair 74 (bid 16 et bid 18)



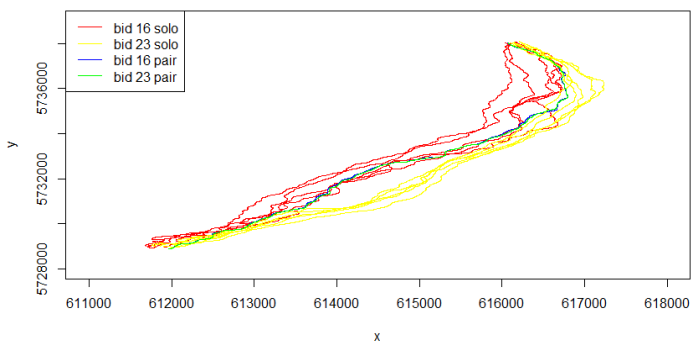
Les tracks du pair 75 (bid 16 et bid 19)



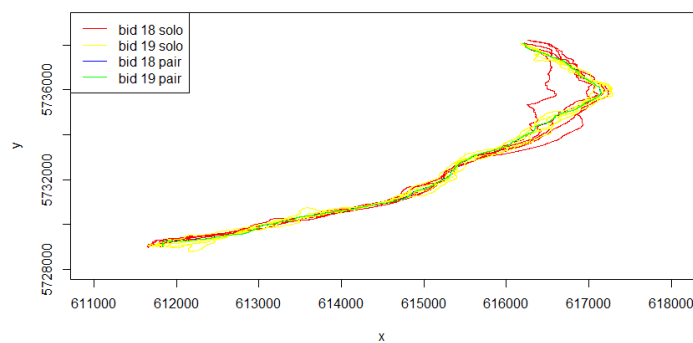
Les tracks du pair 76 (bid 16 et bid 22)



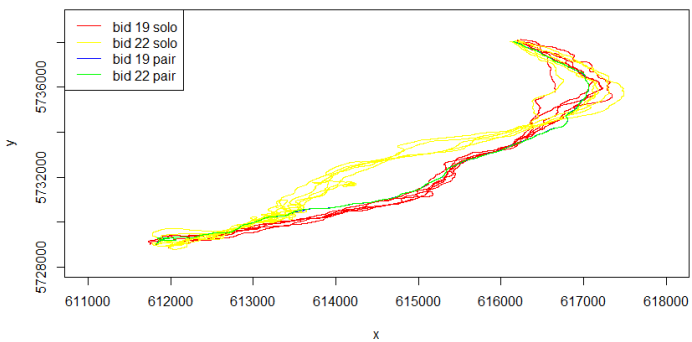
Les tracks du pair 77 (bid 16 et bid 23)



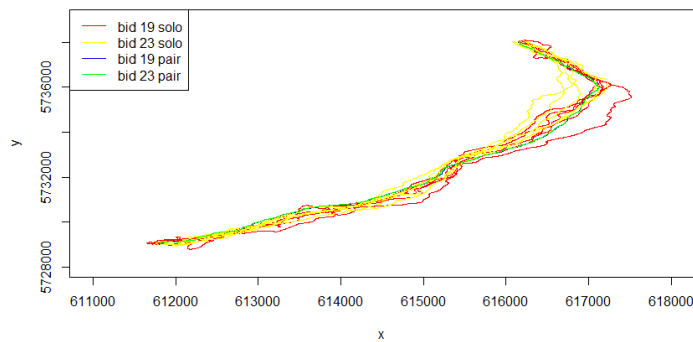
Les tracks du pair 78 (bid 18 et bid 19)



Les tracks du pair 79 (bid 19 et bid 22)



Les tracks du pair 80 (bid 19 et bid 23)



4-Le nombre du cluster de chaque paire

