



12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

LA GENETIQUE AU SERVICE DES GESTIONNAIRES DE MILIEUX NATURELS : exemple de trois espèces menacées de papillons des tourbières

Parc naturel régional du Haut-Jura

Université Grenoble-Alpes

DURLET Pierre – Chargé de mission Milieux naturels

KEBAILI Caroline – Doctorante en écologie génétique



12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

Habitats occupés

- Tourbières
- Hauts-marais
- Bas-marais...



Nacré de la
cannerberge
EN en FC

Protégées en France
Inscrites dans le
PNA n°2

Menaces

- Assèchement
- Fragmentation
- Intensification agricole
- Urbanisation...

Habitats occupés

- Bas-marais acides et alcalins
- Prairies humides para-tourbeuses
- Marais de transition...



Cuivré de la bistorte
VU en FC + A2DHFF

Habitats occupés

- Prairies humides et marécageuses
- Mégaphorbiaies
- Bordures de tourbières...



Fadet des tourbières
EN en FC



12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

Partenaires techniques

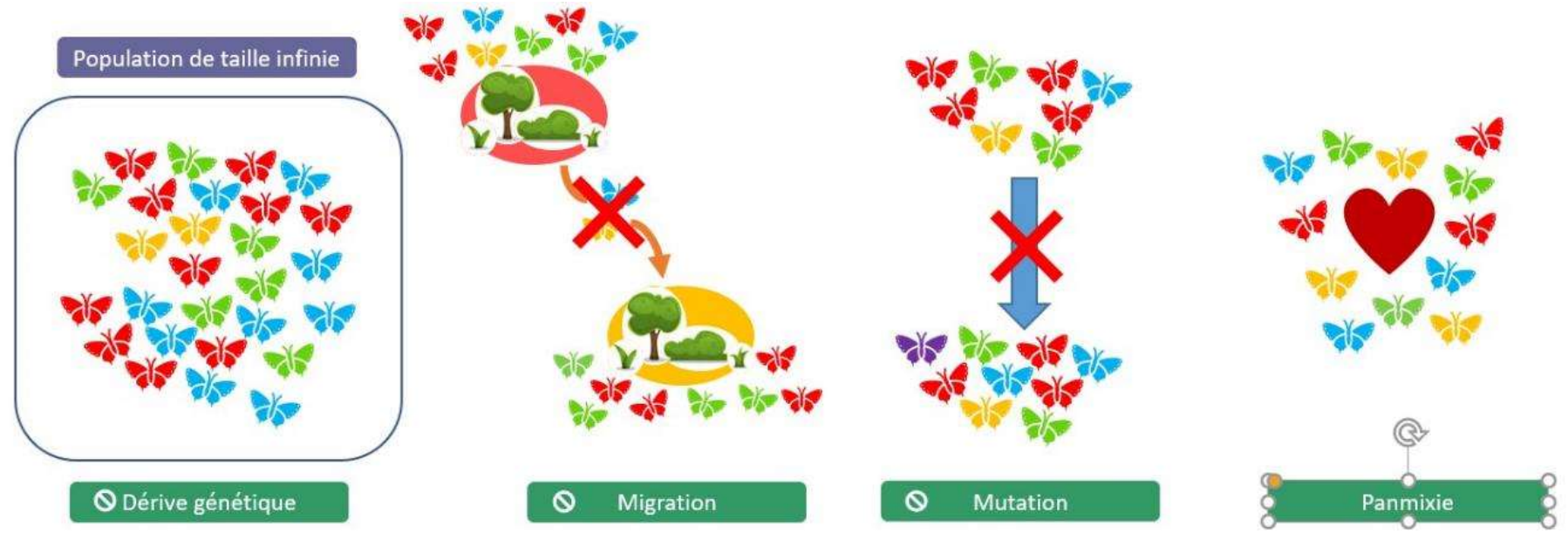


Autres partenaires



1 – Génétique des populations : quelques bases théoriques

a – Qu'est-ce qu'une populations à l'équilibre de Hardy-Weinberg (population « idéale »)?



Les fréquences alléliques ne varient pas de génération en génération.

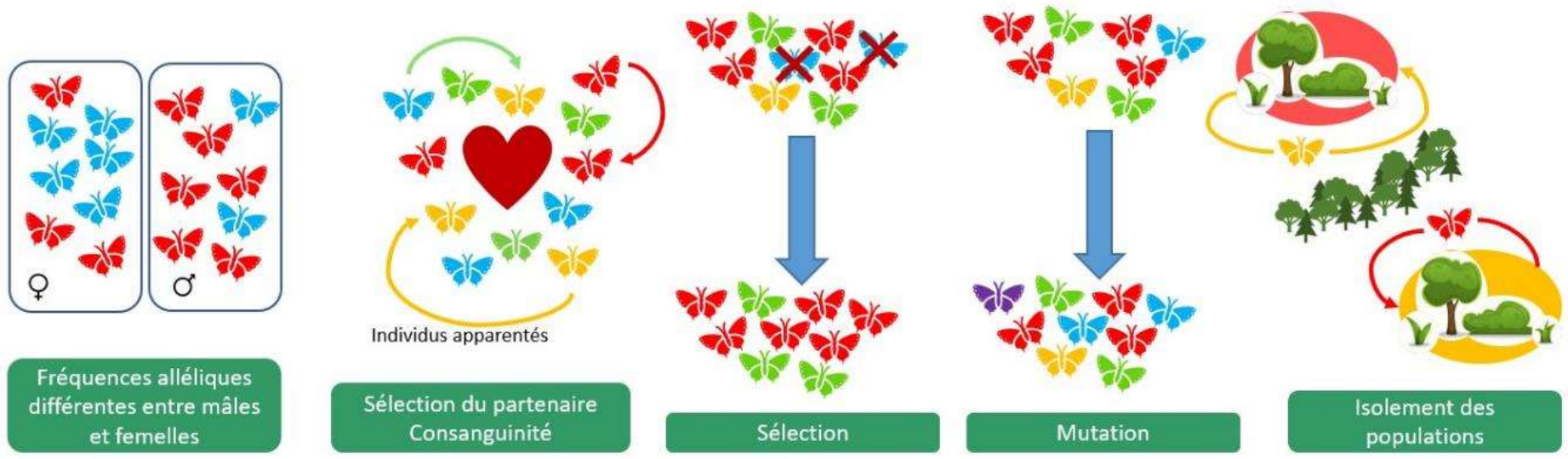


12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

1 – Génétique des populations : quelques bases théoriques

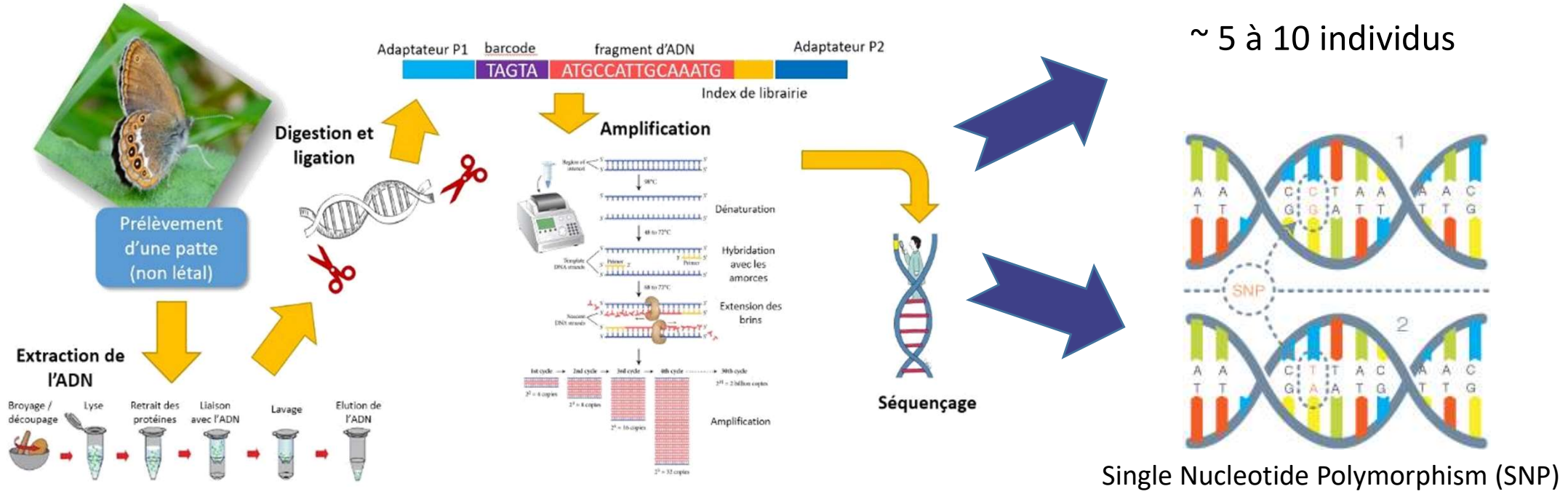
b – Qu'en est-il dans les populations réelles ?



Les fréquences alléliques varient de génération en génération.

2 – Prélèvement du matériel biologique

a – Exemple de la méthode sur les papillons



2 – Prélèvement du matériel biologique

b – Avantages de la méthode

- Prélèvement **non léthal** → adaptée aux **espèces protégées**
- **Peu d'individus prélevés suffisants** pour obtenir une bonne résolution génétique

c – Inconvénients de la méthode

- Chez les insectes, la **quantité d'ADN obtenue est faible** et ne permet pas de travailler sur génome complet → **limite la fiabilité des inférences récentes**

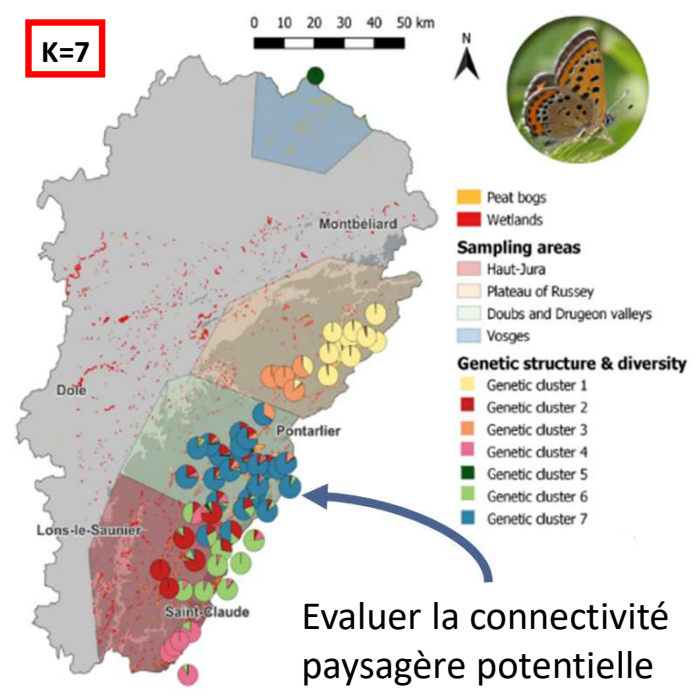
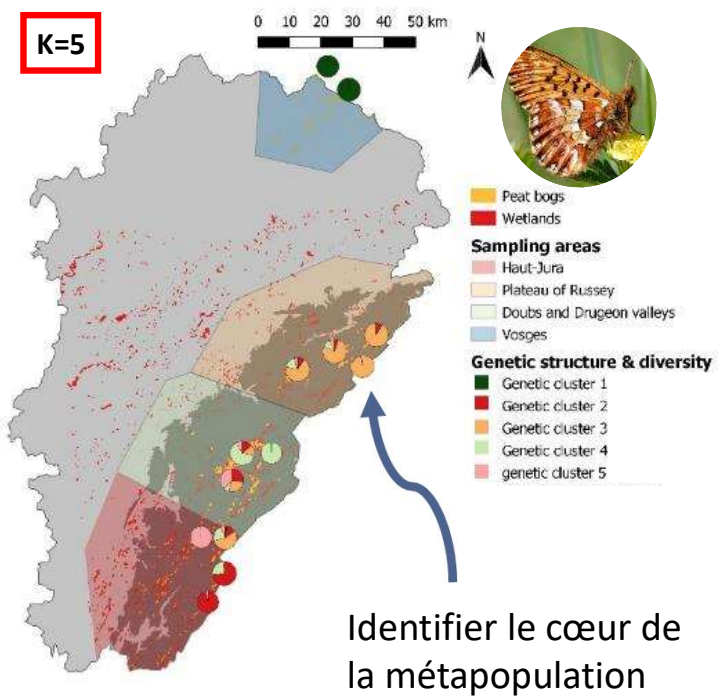
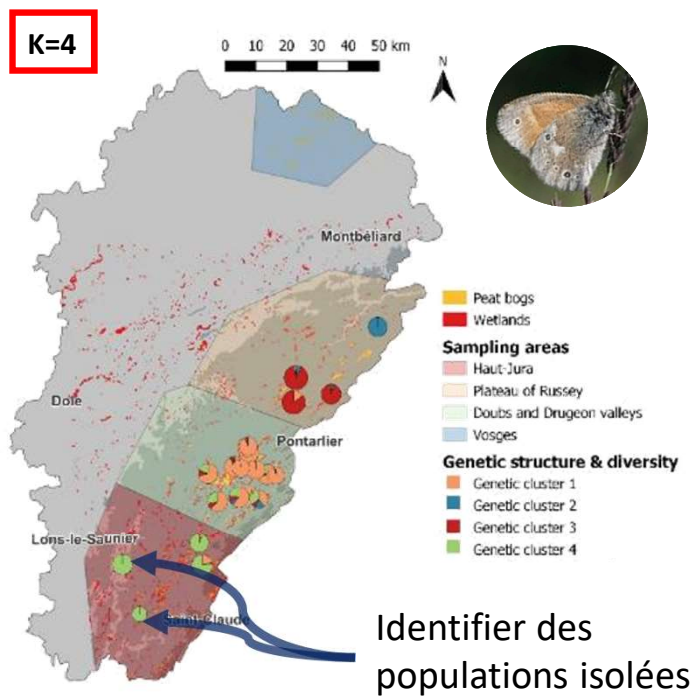
c – Et pour les vertébrés ?

- Prélèvement de **sang** → obtention d'une **grande quantité d'ADN** permettant de travailler sur génome complet



3 – Diagnostiquer l'état des populations

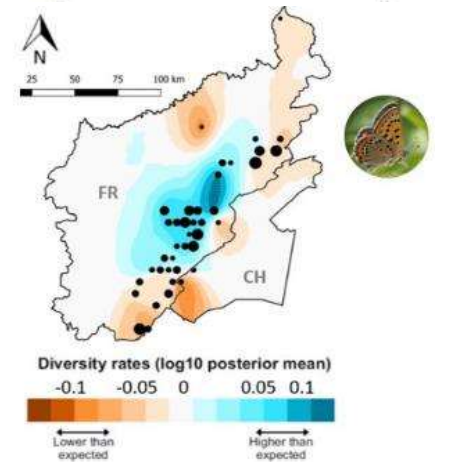
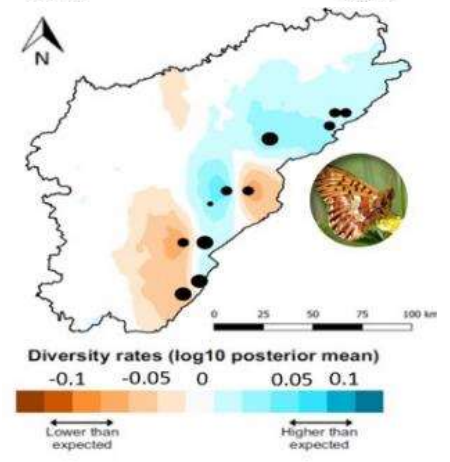
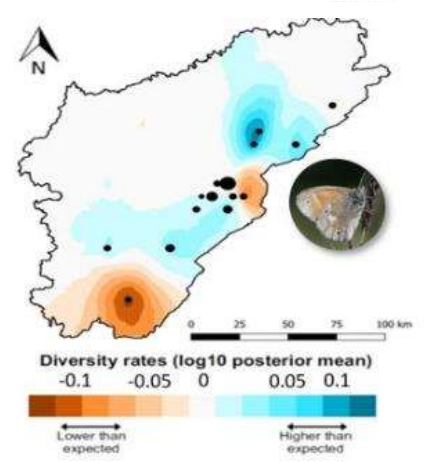
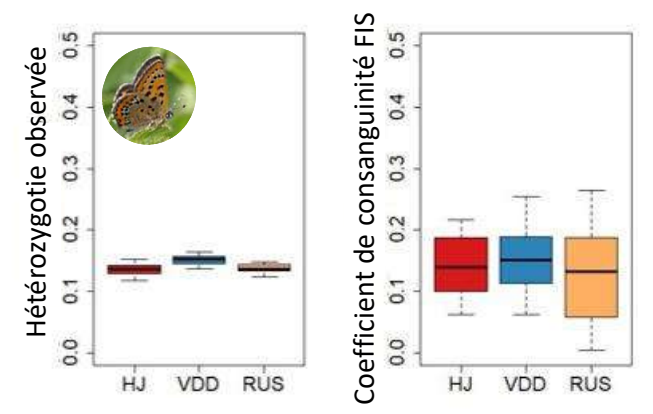
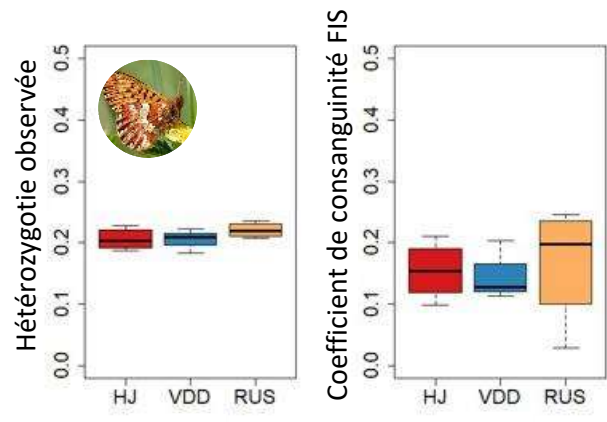
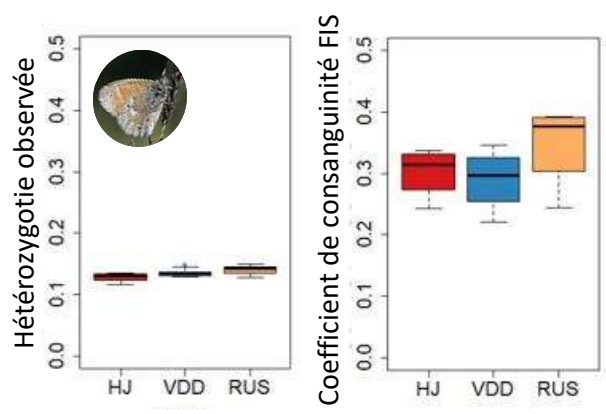
a – Structure génétique des populations



Il est parfois difficile de distinguer l'effet de la configuration du paysage des traces de recolonisation post-glaciaire

3 – Diagnostiquer l'état des populations

b – Diversité génétique des populations : reflet de leur « état de santé »



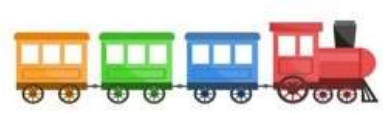


12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
 « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

3 – Diagnostiquer l'état des populations

c – Diversité génétique des populations : souvent le reflet du passé...



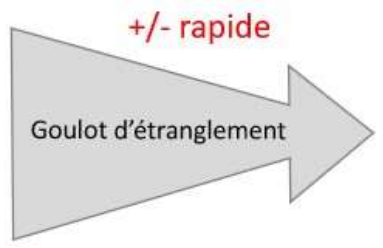
La génétique a un petit train de retard...



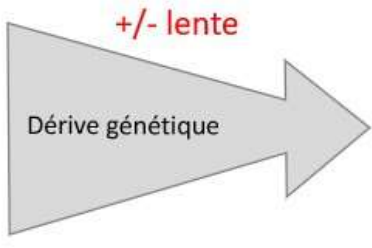
Toujours confronter les indices de diversité aux observations de terrain



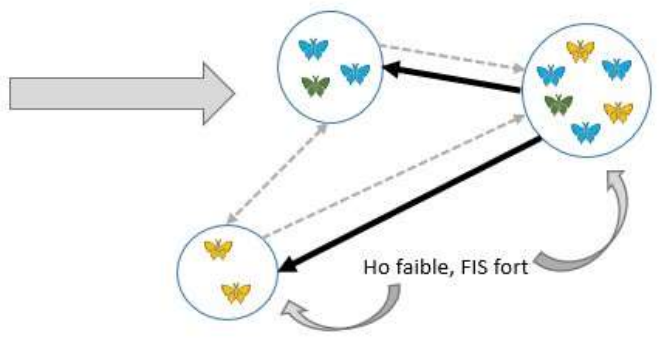
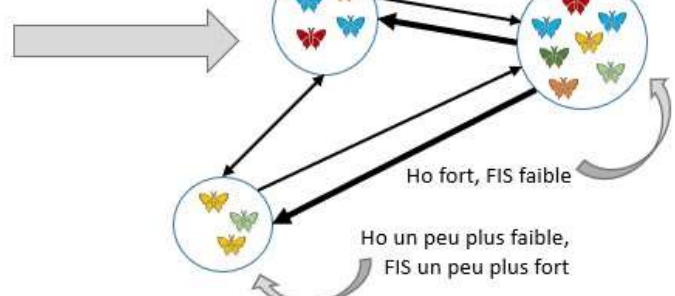
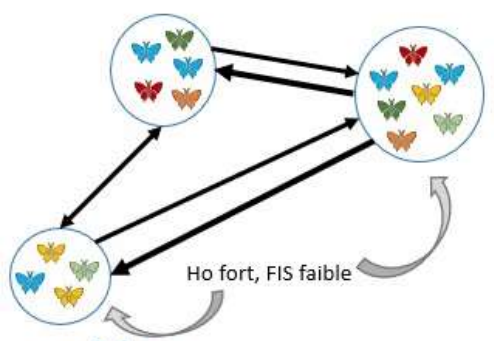
Equilibre démo-génétique



Légère perturbation de l'équilibre démo-génétique

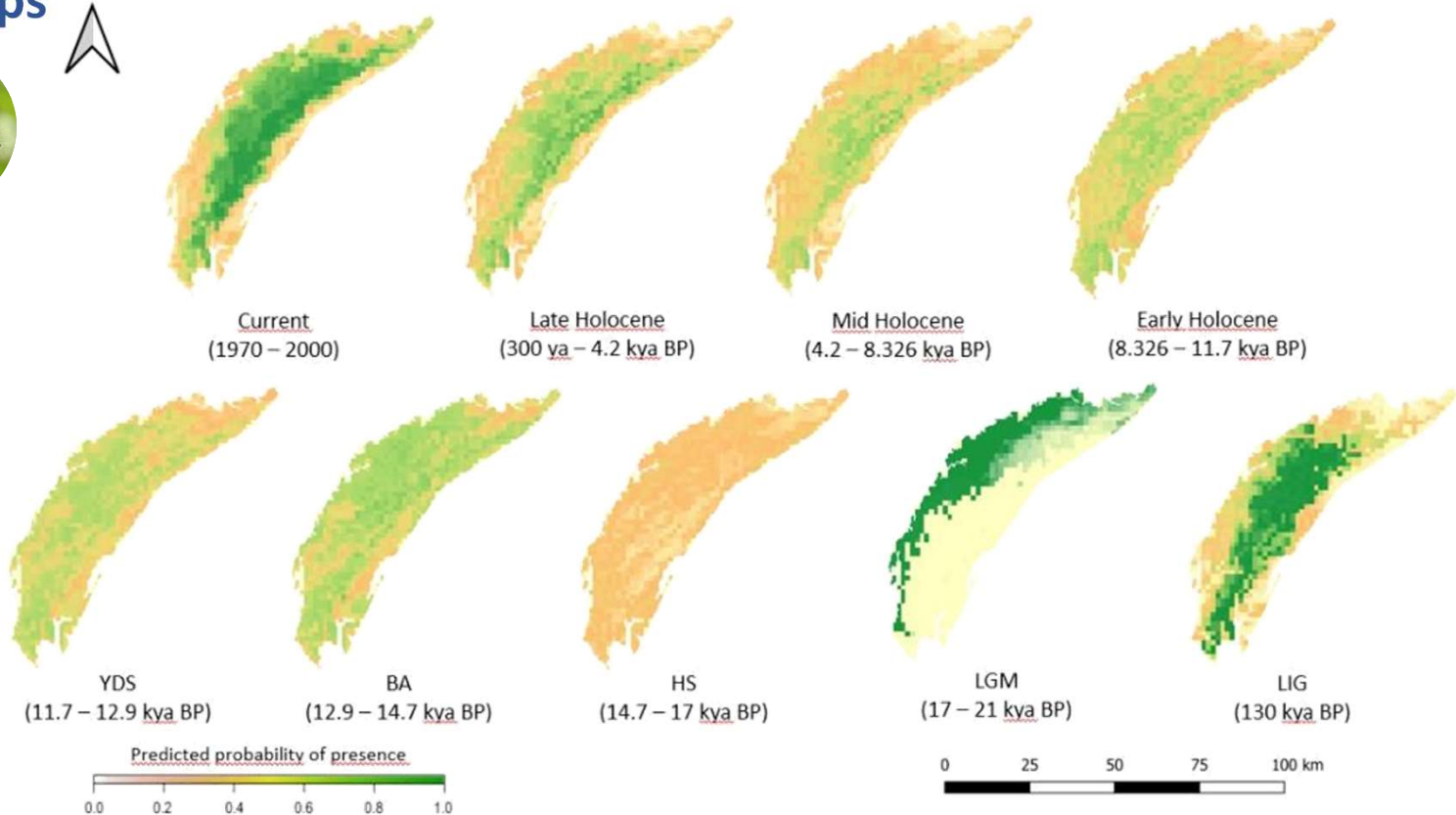


Dysfonctionnement de la métapopulation (probabilité d'extinction locale forte)



4 – Modèles de distribution des espèces

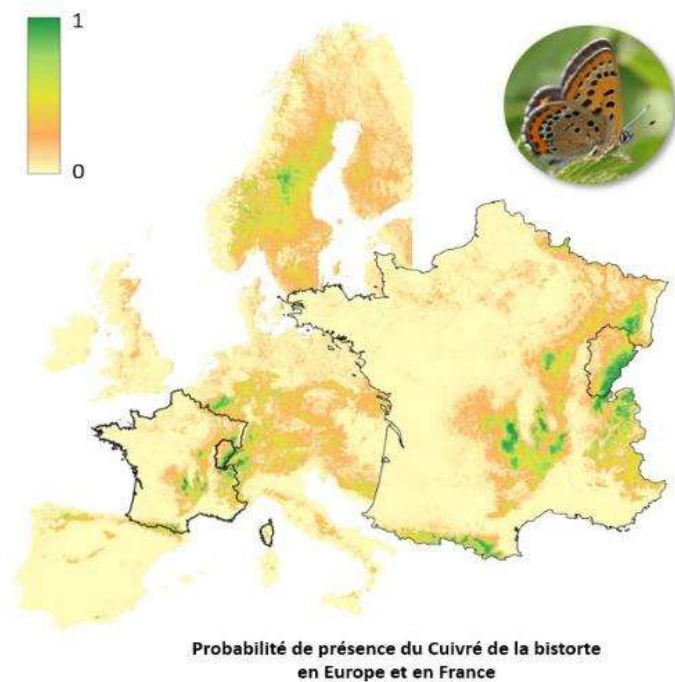
a – Connaître l'évolution de la quantité d'habitats favorables climatiquement dans le temps



4 – Modèles de distribution des espèces

b – Affiner les connaissances de la niche écologique de l'espèce

- Possibilité d'intégrer les interactions biotiques (*ex* : papillon & plante-hôte)



Variables contribuant au modèle à plus de 5%

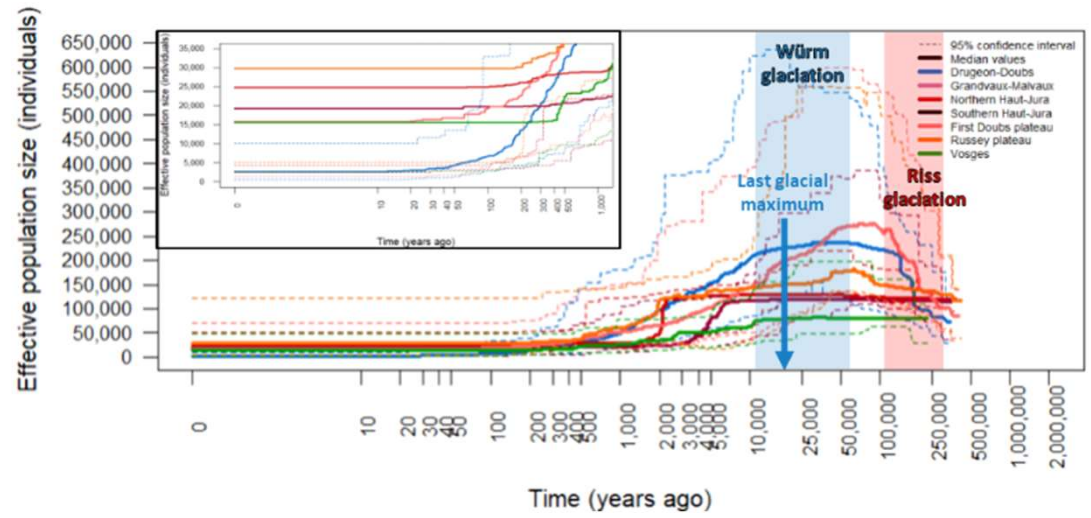
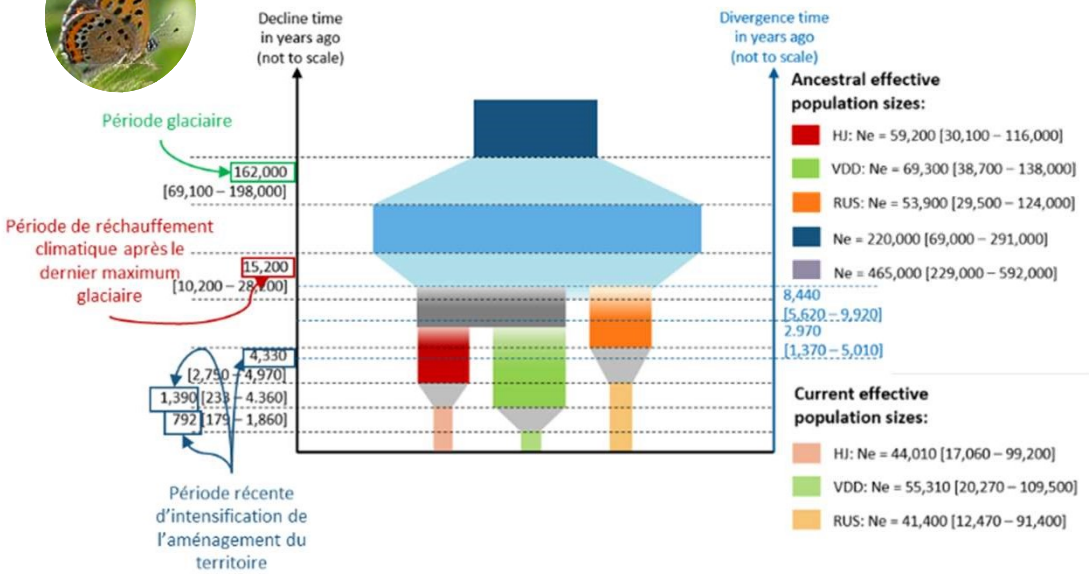
- ❖ Température moyenne annuelle : 2 à 4°C
- ❖ Isothermalité : 25 à 27%
- ❖ Saisonnalité des précipitations : 17 à 18
- ❖ Index global d'aridité : 0.1 à 0.2
- ❖ Pourcentage de forêts par km² : 15 à 18%
- ❖ Index d'anthropisation : 40 à 50
- ❖ Productivité primaire nette : 4°11 à 6°11
- ❖ Altitude : 600 à 2500 m



Difficile d'intégrer les micro-habitats



5 – Histoire démographique



a – Intérêt

■ Aide à l'interprétation de la structure et de la diversité génétiques des populations

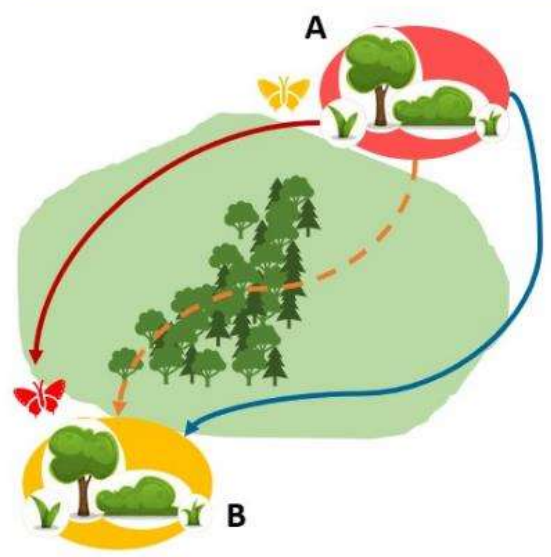
b – Limites

- Estime la **taille efficace** de la population et **non la taille réelle**
- Inférences récentes peu fiables en l'absence de génome complet

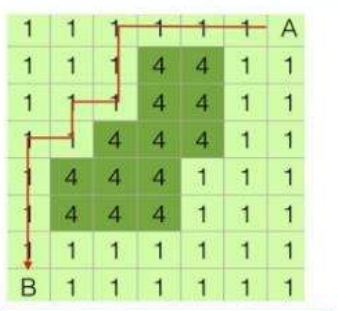
6 – Modèle d'isolement par la résistance

a - Principe

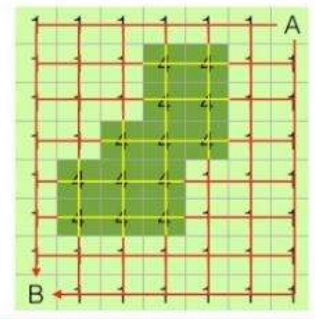
Isolement par la résistance (IBR)



Distance paysagère = coût de la dispersion dans la matrice paysagère



Chemin de moindre coût



Tous les chemins possibles

	S1	S2	S3
S1		d_{12}	d_{13}
S2			d_{23}
S3			

Distances génétiques



Test de Mantel

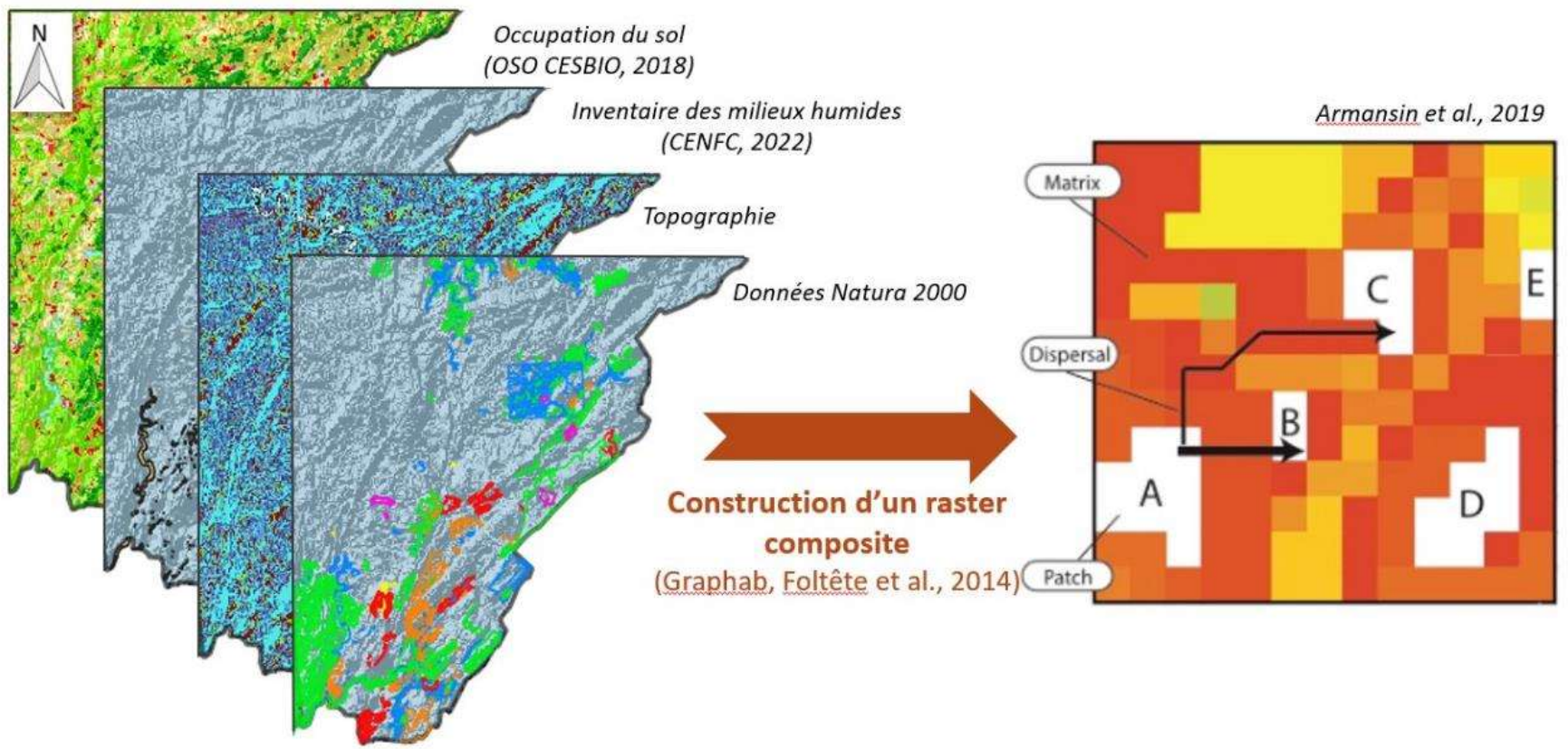
	S1	S2	S3
S1		d_{12}	d_{13}
S2			d_{23}
S3			

Distances paysagères



6 – Modèle d'isolement par la résistance

b – Construire un modèle de paysage





6 – Modèle d'isolement par la résistance

c – Comment attribuer les valeurs de résistance aux éléments paysagers ?

- Définir une **valeur minimale** (en général 1, attribuée à l'habitat de l'espèce) et une **valeur maximale** (par exemple, 100, 1000, 10000...) pour l'élément paysager qui freine le plus la dispersion.
- Construire différents scénarios (**hypothèses**) et sélectionner le scénario qui permet d'obtenir les distances paysagères **les plus corrélées** à la distance génétique entre les populations.
- Construire un scénario à **dire d'expert**, sur la base des connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce.



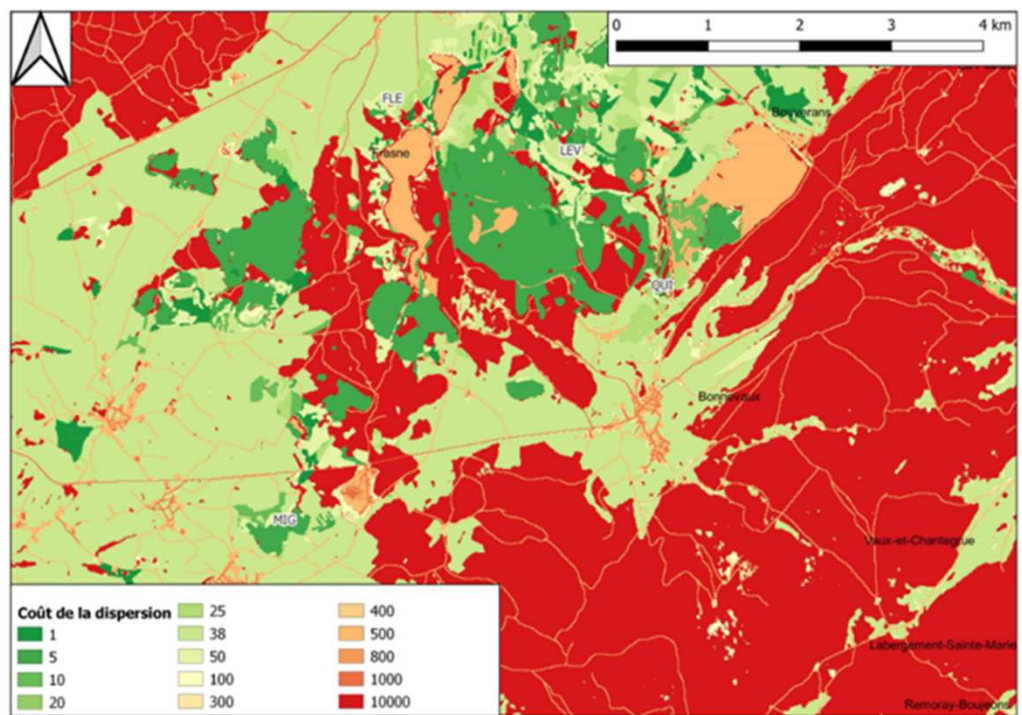
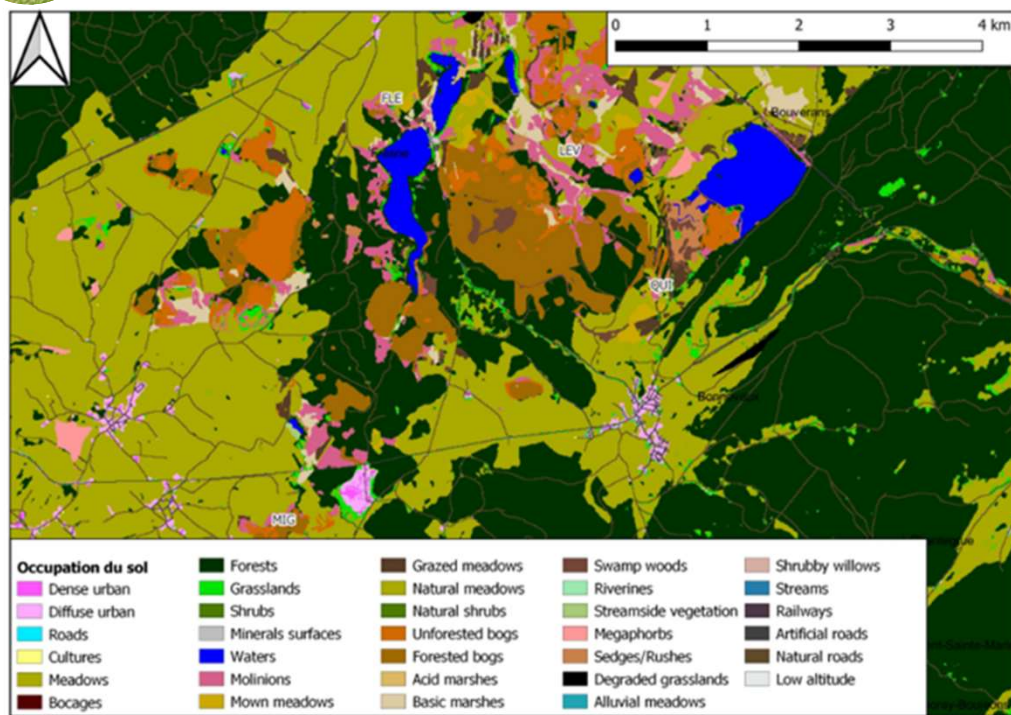
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
 « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

6 – Modèle d'isolement par la résistance



c – Exemple d'un modèle à dire d'expert



7 – Etude de la connectivité à l'aide de graphes paysagers

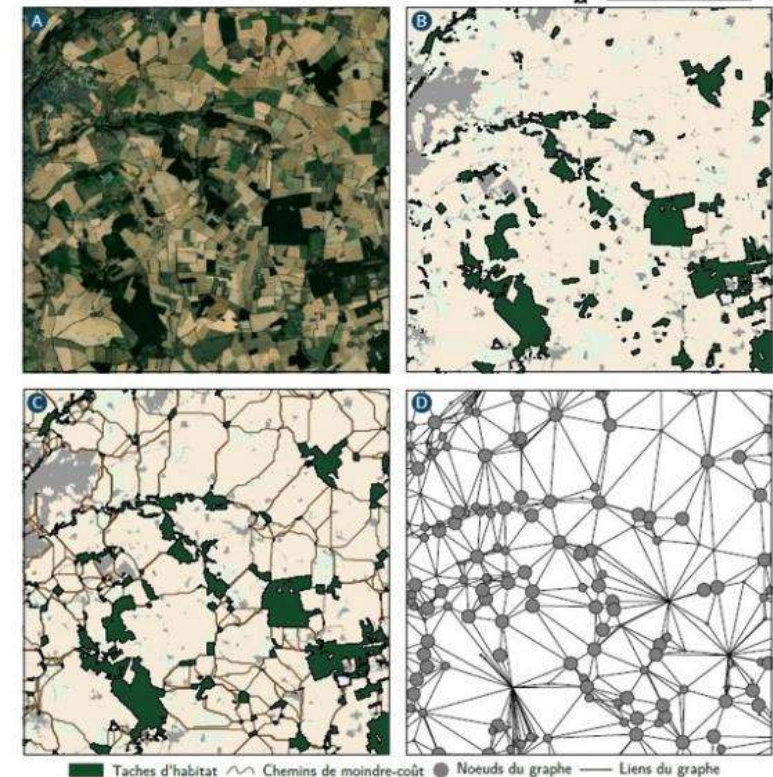
a - Avantages

- Modélisation du réseau de tâches d'habitat
- Quantification de la connectivité à l'aide de métriques
- Visualisation des enjeux de restauration de la connectivité

b – Limites

- Méthode peu adaptée aux espèces avec un habitat vaste
- Les études à grande échelle demandent une grande puissance de calcul

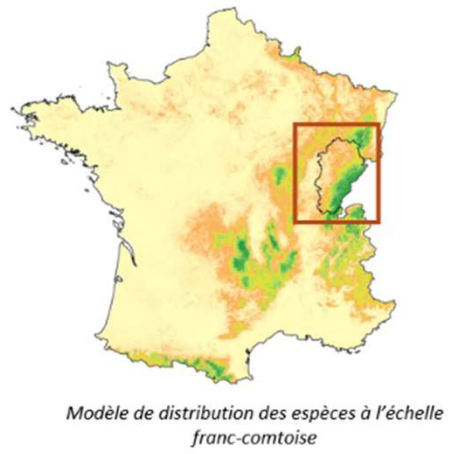
Savary, 2020





7 – Etude de la connectivité à l'aide de graphe paysager

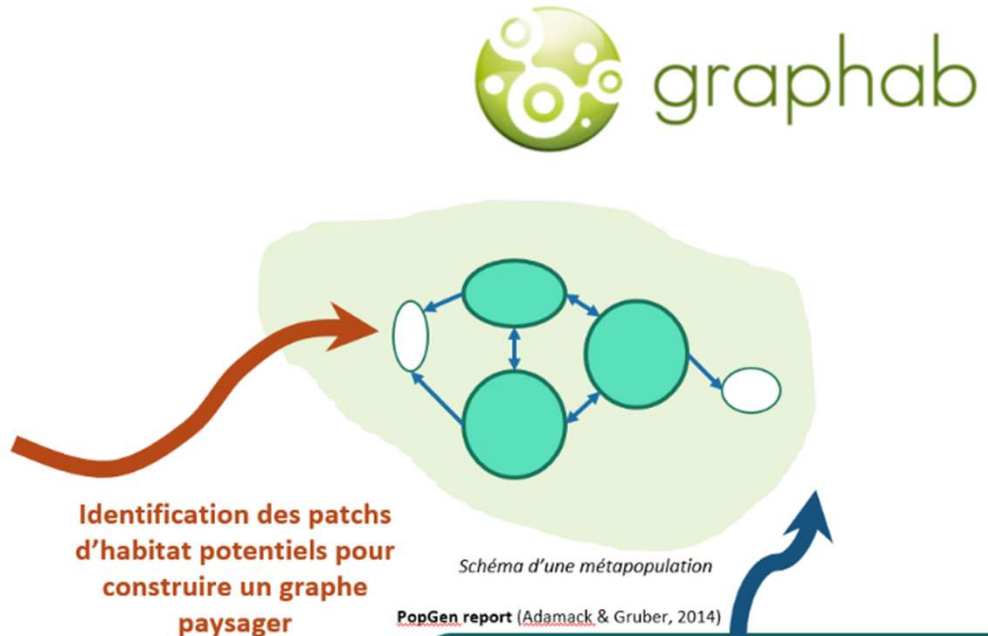
c – Méthode



+



Données de suivi stationnel



Simulations génétiques
étudier l'effet de la restauration de patches d'habitat et/ou de corridors écologiques sur la diversité génétique



Conclusion

a – La génétique des populations permet d'objectiver des observations de terrain

- Isolement ou non des populations
- « Etat de santé » des populations
- Avec l'aide de la théorie des graphes, identification de corridors écologiques fonctionnels ou non
- Grâce aux modèles de distribution, identification de stations potentielles

b – Mais présente des limitations

- Reflète une situation plus ou moins récente selon la résolution des données
- Ne peut pas remplacer les méthodes de terrain (*ex*: estimation de la taille de la population) mais les complète
- En constante évolution technique...



12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 1 - Connaissance de la biodiversité

Merci de votre attention

Contacts :

Parc naturel régional du Haut-Jura

Pierre DURLET – Chargé de mission Milieux naturels

03 84 34 12 53

p.durlet@parc-haut-jura.fr

Parc naturel régional du Haut-Jura – Université Grenoble-Alpes

Caroline KEBAILI – Doctorante en écologie génétique

06.28.74.16.22

c.kebaili@parc-haut-jura.fr ; caroline.kebaili@univ-grenoble-alpes.fr

Sherpa, S., Kebaili, C., Rioux, D., Guéguen, M., Renaud, J., & Després, L. (2021). Population decline at distribution margins: Assessing extinction risk in the last glacial relictual but still functional metapopulation of a European butterfly. Diversity and Distributions, 28, 271-290. <https://doi.org/10.2222/ddi.13460>

Kebaili, C., Sherpa, S., Rioux, D., & Després, L. (2022). Demographic inferences and climatic niche modelling shed light on the evolutionary history of the emblematic cold-adapted Apollo butterfly at regional scale. Molecular Ecology, 31, 448–466. <https://doi.org/10.1111/mec.16244>