

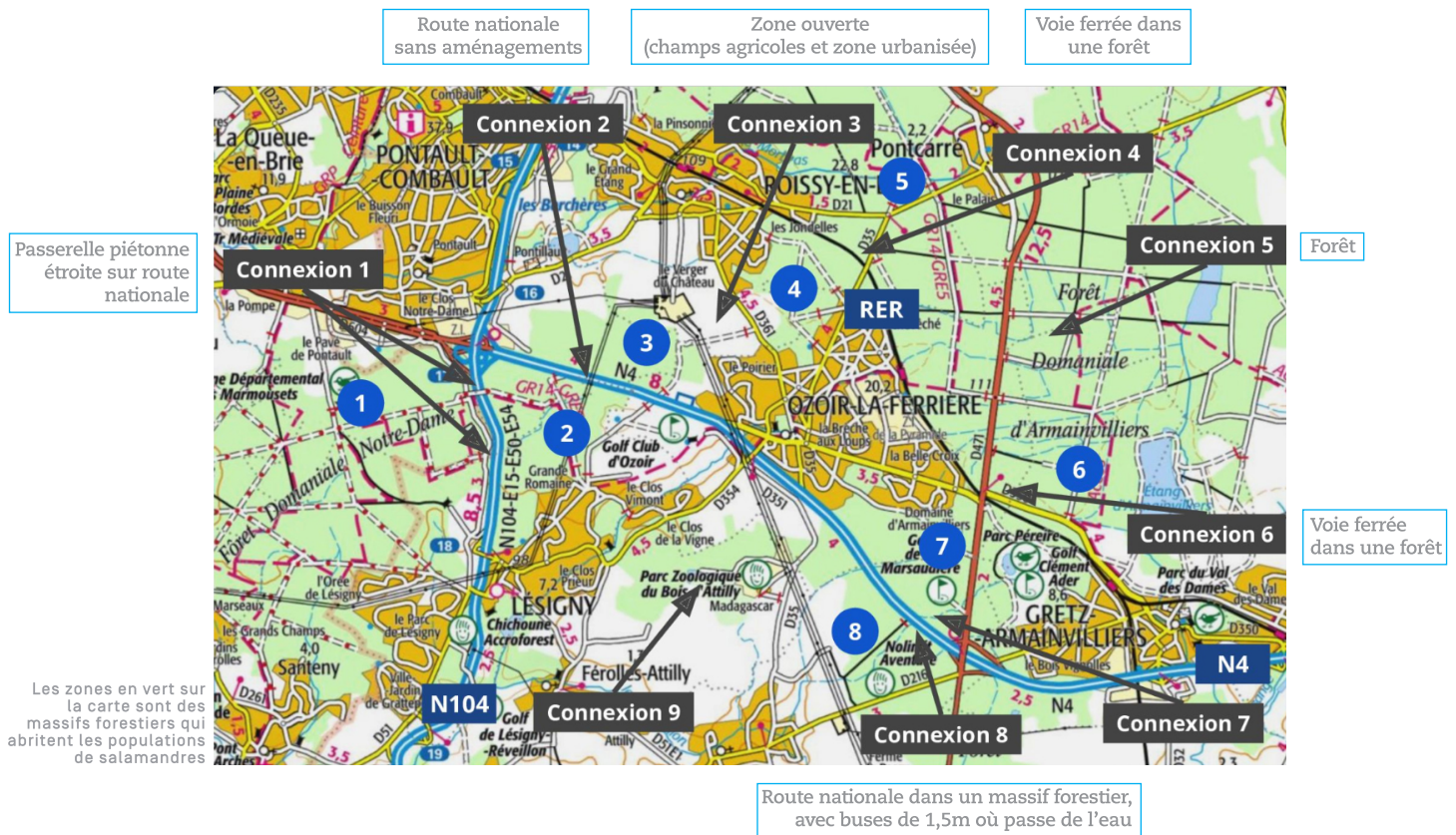
DOCUMENT ÉLÈVE

Activité : Flux génétiques entre les populations de salamandres

Situation problème :

Le territoire étudié comporte huit populations de salamandres réparties dans l'espace. Ces populations sont pour certaines séparées par des zones ouvertes (bois et champs agricoles) et pour d'autres, séparées par de grandes routes ou des voies ferrées. Dans certains cas des aménagements sont présents au niveau des infrastructures de communication (buses de petits et gros diamètres notamment), et pourraient permettre la circulation des amphibiens.

La carte ci-dessous vous rappelle la situation.



Des chercheurs de l'université d'Angers se sont intéressés à ces populations et ont utilisé des données génétiques pour déterminer si ces dernières sont fragmentées (isolées et donc incapables de se reproduire entre elles), ou au contraire encore capable de se déplacer et donc de se reproduire entre individus de différentes populations.

Problèmes scientifiques traités dans cette activité :

Comment l'étude des données génétiques permet-elle de déterminer si des populations sont isolées ?

Les milieux ouverts et les milieux forestiers sont-ils tous deux favorables aux déplacements des salamandres ?

Les routes nationales et les voies ferrées sont-elles des freins à la circulation des populations de salamandre ?

Les aménagements mis en place sont-ils des corridors écologiques efficaces ?

Consignes aux élèves

Question 1. À partir des supports 1 et 2 donnés ci-après, expliquez par écrit, comment on peut déterminer grâce à des données génétiques si deux populations d'une même espèce sont encore connectées (capables de se reproduire entre elles) ou au contraire isolées.

Question 2. Utiliser les résultats de l'étude (support 3) pour matérialiser sur la carte :

- Les zones où les populations de Salamandres tachetées sont encore connectées : flux génétiques à matérialiser par une double flèche entre les 2 populations considérées.
- Les zones où les populations sont isolées : absence de flux génétiques à matérialiser par des croix entre les 2 populations considérées.

Question 3. Analyser par écrit, les résultats de cette étude pour déterminer :

- D'une part, le type de milieu (forestier ou ouvert), permettant la migration des salamandres.
- D'autre part, l'impact du type de voie de communication (route nationale ou voie ferrée) sur la fragmentation des populations.
- Enfin, l'efficacité de chaque type d'aménagement comme corridor écologique pour la Salamandre.

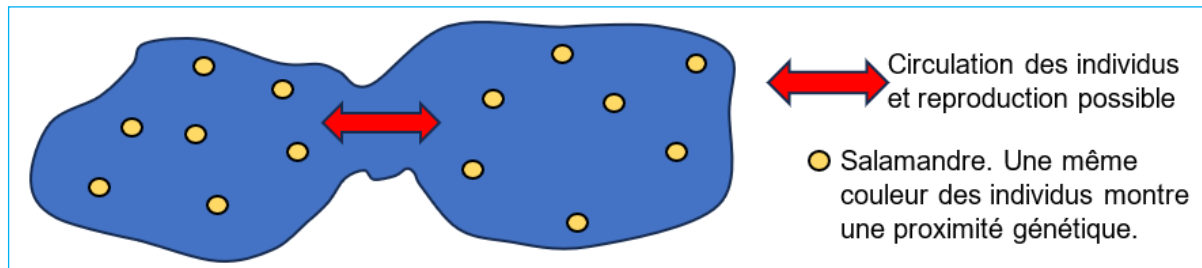
Support 1 : Isolement reproductif et conséquences sur la génétique des populations

Quand des populations d'une même espèce sont interconnectées dans l'environnement, la circulation des individus permet que ces derniers se reproduisent entre eux. Ainsi cette reproduction induit des échanges génétiques entre les populations.

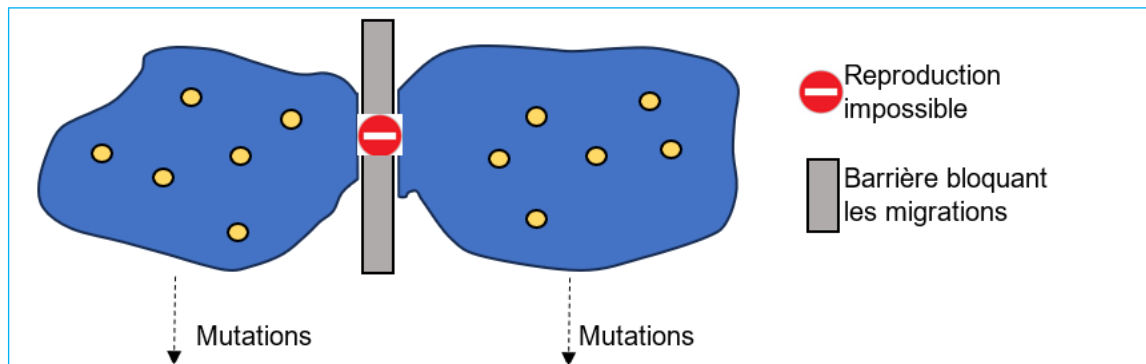
En revanche, si dans le milieu, des barrières bloquent la circulation des individus, les reproductions entre les deux populations n'ont plus lieu et les échanges génétiques sont alors stoppés. Ainsi, au cours du temps, les populations, ainsi fragmentées, vont progressivement s'éloigner génétiquement.

Schéma montrant le processus d'éloignement génétique, par fragmentation des populations.

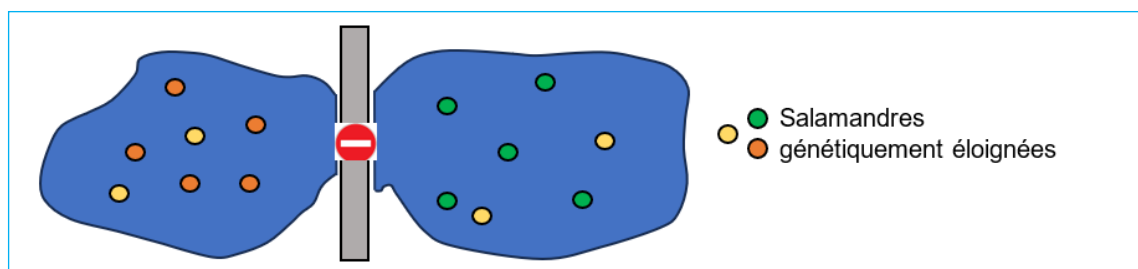
1. Les populations sont connectées, et les individus qui les composent sont génétiquement homogènes.



2. Les populations sont tout juste isolées, et ne peuvent plus se reproduire entre elles.



3. Les populations deviennent de plus en plus différentes génétiquement.



Trois schémas Modifiés d'après " Efficacité des écoducs sur la connectivité de populations d'amphibiens ", © Damien Picard.

Remarque 1 : On considère pour ces études des régions génétiques qui ne sont pas soumises à une sélection naturelle des individus.

Remarque 2 : La vitesse à laquelle se fait la différenciation génétique entre deux populations nouvellement isolées dépend de plusieurs facteurs :

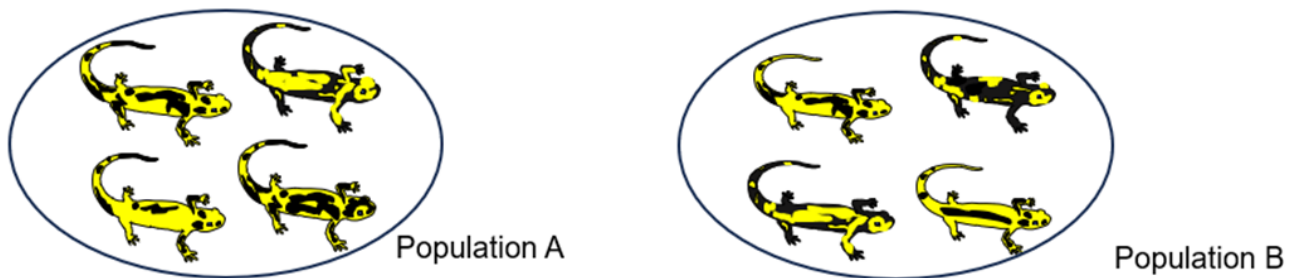
- De la capacité de l'obstacle à stopper totalement ou partiellement les migrations,
- Du temps depuis lequel l'obstacle est en place,
- De la taille des populations isolées.

Support 2 : L'indice statistique F_{st} pour mesurer la distance génétique entre des populations

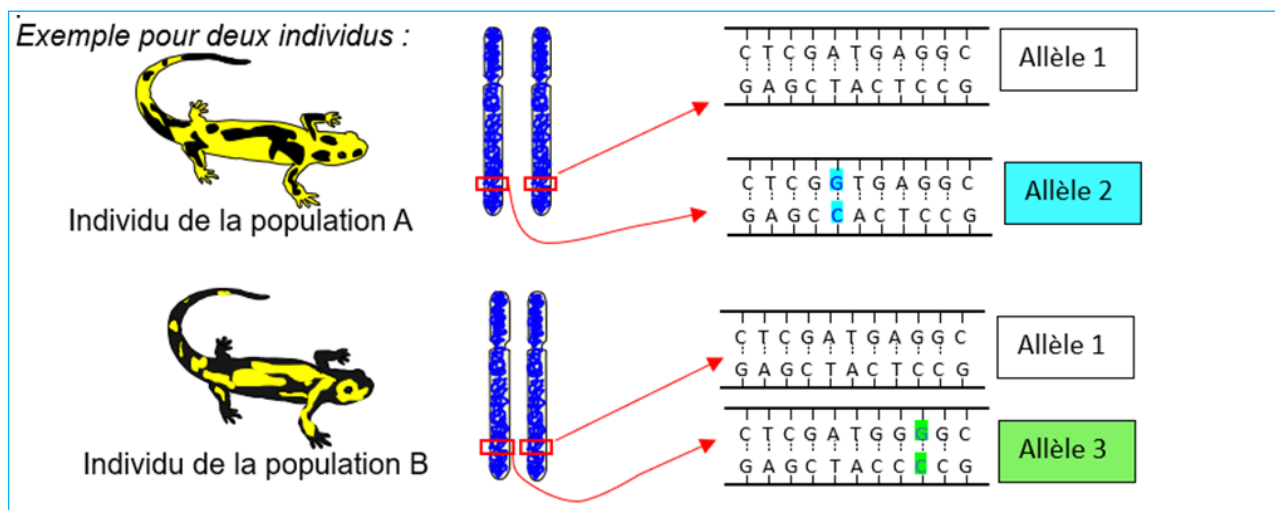
Pour mesurer à quel point des populations sont génétiquement différentes, les scientifiques disposent d'un indice statistique appelé F_{st} (indice de différenciation). A partir de cet indice, ils pourront conclure si deux populations sont génétiquement proches ou au contraire éloignées.

Le principe de la méthode est le suivant (exemple ici pour deux populations).

Soit deux populations de salamandres, pour lesquelles on échantillonne un certain nombre d'individu (ici seulement 4 individus par population sont représentés)



Étape 1 : Pour chaque individu échantillonné, on va déterminer les allèles qu'il possède sur une région précise de l'ADN.



Étape 2 : On détermine alors les fréquences des différents allèles dans les 2 populations considérées. Dans cet exemple simplifié, on représente les 2 allèles que porte l'individu par des carrés de couleur.



Étape 3 : En considérant un assez grand nombre d'individus par population, on peut déterminer les fréquences de chaque allèle dans les populations puis calculer l'indice de différenciation F_{st} .

Dans les conditions de cette étude on considère que si :

- $F_{st} \leq 0,025$, alors les populations considérées ne sont pas éloignées génétiquement. Elles restent connectées entre elles et la reproduction permet des échanges génétiques.
- $F_{st} > 0,025$, alors les populations sont éloignées génétiquement. Le milieu ne permet plus de migrations entre les populations. Ces dernières ainsi fragmentées, se sont donc génétiquement différenciées.

Support 3 : Résultats de l'étude menée sur les 8 populations du territoire

On présente ici les résultats des Fst entre les différentes populations étudiées.

	Population①	Population②	Population③	Population④	Population⑤	Population⑥	Population⑦	Population⑧
Population①	0	0,030	0,083	0,068	0,040	0,043	0,036	0,027
Population②		0	0,048	0,067	0,057	0,063	0,038	0,039
Population③			0	0,030	0,040	0,039	0,028	0,027
Population④				0	0,002	0,001	0,025	0,004
Population⑤					0	0,010	0,017	0,007
Population⑥						0	0,018	0,008
Population⑦							0	0,001
Population⑧								0

Valeurs arrondies à 0.001 près

Rappel du support 2 :

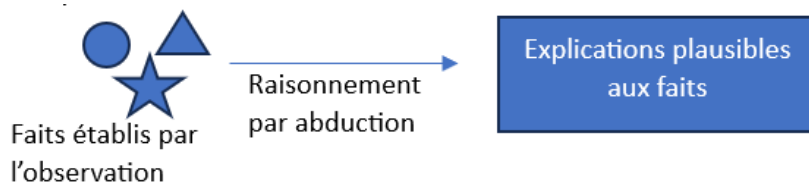
- $F_{st} \leq 0,025$: Populations connectées
- $F_{st} > 0,025$: Populations isolées génétiquement

Modifié d'après « Efficacité des écoducs sur la connectivité de populations d'amphibiens », © D Picard.

Deux remarques pour aller plus loin :

- Les calculs de l'indice Fst permettent de déterminer si une infrastructure (ici une route ou une voie ferrée) impacte les flux génétiques entre des populations donc les migrations des individus. En revanche cette donnée ne renseigne pas sur la mortalité que provoque l'infrastructure...
En d'autres termes, une infrastructure peut permettre la circulation des individus mais induire une mortalité de ces derniers.
- Les données présentées ici sont obtenues dans un contexte précis (une zone géographique, une espèce, à un instant déterminé)... Ainsi les résultats dans ce contexte précis permettent d'établir des « hypothèses vraisemblables » ou des « explications plausibles » aux effets des voies de circulations et corridors écologiques sur la circulation des Salamandres tachetées.

On parle de raisonnement par abduction :



D'autres études sont nécessaires pour affiner les résultats et les généraliser.