

Devoir surveillé n°7

Samedi 8 juin 2025

Épreuve d'analyse de documents de biologie

Écologie des îles

Thème 1 – La colonisation de l'île de Surtsey par les plantes

1) Colonisation de l'île par le pourpier de mer

Question 1 – Utiliser les figures 1 et 2 pour décrire avec précision la colonisation de l'île depuis 1967. Exploiter la figure 2 pour préciser la dynamique de la population de pourpier (aide : $\ln(2) \approx 0,7$).

L'île a été colonisée suite à l'arrivée de plants au Nord-Est de l'île : il s'agit d'immigration. Les 4 hectares contiennent les 24 plants dénombrés, soit 6 plants à l'hectare en moyenne. La densité est donc très faible. Puis, les plants sont observés sur différentes faces de l'île, sans doute par des immigrations successives et de la reproduction. En 1977, les 51 d'hectares, parsemés tout autour de l'île abritent les 632 plants dénombrés, qui sont dispersés avec une faible densité encore (moins de 10 plants à l'hectare). En 1997, la plante a colonisé quasiment toute la surface, hormis le volcan central. La densité a fortement augmenté.

La figure 2 nous montre que la dynamique de la population suit un modèle exponentiel puisque la courbe de la fonction $\ln(\text{effectifs}) = f(t)$ est une droite de pente 0,54. Le temps de doublement de la population peut alors être estimé à $0,7 / 0,54 \approx 1,4$ an. La population a doublé tous les 1,5 ans en moyenne (valeur de r). C'est très rapide.

Les premières années, les effectifs sont très fluctuants, sans doute en raison des immigrations hasardeuses et des aléas (volcanisme, tempêtes...) qui touchent davantage les jeunes plants peu ancrés encore dans le sable.

Question 2 – Retrouver le mode de colonisation du pourpier de mer. Argumenter.

Le pourpier de mer est apparu sur l'île dès 1967. Il est donc arrivé par voie de mer, seul voie de colonisation jusqu'en 1969. Il pourrait s'agir d'un fragment de tige décroché d'une île voisine et ayant vogué jusqu'à la côte Nord-Est et s'étant enraciné.

Question 3 – Décrire l'allure de l'évolution de la population de pourpier de mer (HP) puis du pâturin des prés (PP) depuis 1990. Poser une hypothèse quant à leur éventuelle interaction.

Le pourpier de mer dominait la végétation en 1990, recouvrant à lui seul près de 30 % de la parcelle (soit environ 30 m²). Il a poursuivi son développement jusqu'à atteindre 55 % de la parcelle en 1994. Après un déclin inexplicable en 1996, il se stabilise à 50% de surface mais sa population décline vers l'année 2000 et il disparaît totalement entre 2013 et 2014.

Le pâturin des prés voit sa population émerger à partir de 1996 (après une maigre apparition entre 1993 et 1995). La courbe de sa population semble suivre un modèle de croissance logistique. La phase exponentielle cesse vers 2006 : la population atteint une surface de recouvrement limite de 80 à 90 % de la parcelle (en association avec *Leymus arenaria*). Une forte mortalité atteint cette espèce en 2012, année d'intense sécheresse, conduisant à une chute de 90 à 65 % de surface recouverte : la population repart ensuite.

Il existe une corrélation entre la disparition du pourpier et l'intense prolifération du pâturin. Il est alors possible de penser à un phénomène d'exclusion compétitive. Cette exclusion est à modérer du fait du grand nombre d'espèces en jeu : d'autres espèces sont peut-être concernées.

Question 4 – Commenter les effets de la sécheresse de l'année 2012. Que conclure quant aux exigences des espèces de la parcelle ?

Après la sécheresse de 2012, la population des 3 espèces majeures en présence a chuté de 10 à 30 % : cela concerne le pâturin des prés, le seigle de mer et la féтуque rouge. La stellaire intermédiaire a au contraire montré une hausse importante de sa population, recouvrant 60 % de la surface en deux ans. Cette espèce doit bien supporter la sécheresse et a survécu : elle présente une bonne résistance au stress hydrique. Cependant, la stellaire décline ensuite face à la compétition avec les espèces dominantes, notamment le pâturin et le seigle, qui montrent une résilience importante (plus rapide pour le seigle).

2) Le cycle de vie du pourpier de mer

Question 5 – Proposer trois hypothèses expliquant que les premiers fruits n'ont été observés qu'en 1971.

hypothèse 1 = à leur arrivée par voie de mer, les plants de pourpier n'étaient peut-être que des pieds femelles. Les premiers mâles sont arrivés en 1971. Ou l'inverse.

hypothèse 2 = l'insecte pollinisateur n'est arrivé qu'en 1971.

hypothèse 3 = l'acquisition de la capacité à se reproduire n'apparaît que lorsque les individus ont au moins 4 ans.

Question 6 – Calculer le sex-ratio des populations des 2 sites (figure 6).

Sur l'île de Surtsey (site S), il y a 72 mâles, 13 hermaphrodites et 12 femelles. Le sex-ratio vaut donc $72 / 12 = 6$. On admettra le calcul : $\text{sex-ratio} = (72 + 13) / (12 + 13) = 85 / 25 \approx 3,5$

En Islande et sur l'île d'Heimaey (site IH), il y a 58 mâles, 2 hermaphrodites et 52 femelles. Le sex-ratio vaut donc $58 / 52 \approx 1,1$. Le calcul similaire accepté est $60 / 54 \approx 1,1$.

Question 7 – Analyser les résultats des figures 6 et 7. Interpréter les données afin de montrer l'impact des conditions écologiques sur la structure sexuelle des populations.

Figure 6 : sur le site IH, la proportion d'hermaphrodites est extrêmement faible et la population est équilibrée en mâles et femelles.

Sur l'île de Surtsey, la proportion d'hermaphrodites est 9 fois plus importante que sur IH et il y a 6 fois moins d'individus femelles que de mâles (en comptabilisant les individus hermaphrodites comme des mâles et femelles, cela conduit à un sex-ratio de 3,5, donc moins déséquilibré).

Figure 7 : il faut analyser en deux temps.

Comparaison des individus de même sexe entre les 2 sites

- Les individus unisexués femelles ont un rendement en ovules et en graines équivalent sur les 2 sites. Le taux de réussite de la reproduction sexuée de ces fleurs femelles est donc équivalent.
- Par contre, les individus hermaphrodites montrent une productivité en graines supérieure sur Surtsey que sur le site IH.

Comparaison de la productivité des fleurs de sexe différent au sein d'un même site

- Sur l'île de Surtsey, comme sur le site IH, les fleurs femelles ont une meilleure productivité que les hermaphrodites (x 1,5 à Surtsey et x 4 sur IH).

En l'absence de pollinisateurs (ou en faible nombre), les fleurs hermaphrodites, douées d'une capacité d'auto-fécondation, ont été favorisées.

De plus, en imaginant que les graines issues des fleurs hermaphrodites donnent naissance à des individus hermaphrodites, il apparaît que la proportion d'hermaphrodites va augmenter à Surtsey, et compenser ainsi un déficit en plants femelles, sans doute dû au caractère aléatoire de la colonisation.

Cette tendance pourrait refléter une stratégie adaptative au faible nombre initial de pollinisateurs et à l'isolement de l'île.

3) Origine géographique des pourpiers de mer

Question 8 – Commenter l'origine probable des différentes populations de l'île de Surtsey.

Le génotype rouge a comme origine le Groenland alors que le vert semble originaire du Danemark.

Le Sud de l'Islande montre des populations des 2 types, avec une dominance du génotype rouge à l'ouest (site IG côté Groenland) et une population équilibrée un peu plus à l'Est (site IS). L'île d'Heimaey montre une forte dominante du génotype rouge.

Sur l'île de Surtsey, la côte Est montre clairement un équilibre des deux génotypes, indiquant une origine plus probable de l'Islande plutôt que d'Heimaey. Les sites SC et SD montrent des populations à génotype rouge dominant : les individus colonisateurs sont sans doute originaire d'Islande (site IG le plus probable) ou directement du Groenland (moins probable vu la distance).

4) Influence des oiseaux sur la colonisation de l'île

Question 9 – Indiquer les limites à la mesure de la respiration du sol pour identifier l'effet de la présence des oiseaux. Proposer une manipulation supplémentaire permettant d'affiner les conclusions.

La mesure de la respiration du sol ne permet pas de distinguer si la respiration est due aux micro-organismes décomposeurs ou aux racines des plantes. Pour le savoir, on pourrait envisager d'arracher les racines des végétaux avant de réaliser la mesure.

Question 10 – Décrire et expliquer les variations observées entre les parcelles avec ou sans oiseaux. Ordonner la description des différents paramètres de façon efficace. Qualifier ce type d'espèce en écologie.

La présence des oiseaux marins a généré des variations de la composition du sol.

Leurs déjections ont enrichi le sol en matière organique, alors décomposée par les micro-organismes. Cette ressource a augmenté la biomasse microbienne, reflétée par la respiration des sols. Le taux de respiration du sol est inclus dans une gamme de 1 à 9 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (en moyenne vers 4) contre moins de 0,5 dans les parcelles sans oiseaux.

Par ailleurs, la décomposition des déjections a enrichi le sol en azote (13 fois plus dans les parcelles avec oiseaux). Ceci a favorisé le développement des plantes : les parcelles sont 15 fois plus recouvertes de végétation. Le sol s'est acidifié : le pH a baissé d'une unité, sans doute en lien avec la libération de CO_2 par la respiration vue en figure 9 ou l'export de protons par les racines mises en place.

Les oiseaux marins constituent donc des **espèces ingénieurs**.

Thème 2 – Dynamique des populations de pinsons aux Galápagos

1) Effet de l'introduction accidentelle d'un insecte parasite

a) Effets du parasite sur la croissance des oisillons de Géospize

Question 1 – Résumer les effets biologiques du parasite sur l'état de santé des oisillons. Discuter la validité des conclusions. Indiquer quel(s) paramètre(s) serai(en)t judicieux d'avoir pour conclure.

Le développement des oisillons semble affecté par le parasite, qui se loge dans le corps de l'individu. Les effets sont surtout sensibles au-delà de 7 jours : les différences ne sont pas significatives avant.

Le parasite diminue la croissance de l'oisillon qui montre une masse corporelle diminuée d'environ 20 %, une légère perte de croissance des pattes postérieures (10 % de moins pour la longueur du tarse) et une diminution de 30 % de la longueur de plumes essentielles au vol (plume n°10).

Le parasite semble donc affecter le développement de l'oisillon, sans doute en l'affaiblissant.

Les résultats sont difficiles à préciser et montrent plutôt une tendance puisque la figure 2 montre que, même avec un filtre de gaze, les nids sont parasités : le filtre diminue la charge de 40 % mais ne fait pas disparaître les parasites. Les oisillons du groupe avec gaze sont probablement aussi parasités, mais moins. Il aurait fallu un témoin de croissance d'un oisillon dont on est certain qu'il n'est pas parasité.

Question 2 – Définir la valeur sélective. Analyser la figure 4 de façon à quantifier l'impact du parasite sur la valeur sélective du géospize. Calculer la valeur sélective dans les différents cas.

La valeur sélective est le nombre de descendants viables et fertiles d'un parent. Il se calcule par $w = f \times v$ avec w = valeur sélective, f = fécondité et v = viabilité (% de chance de survie).

La figure 4A montre que la gaze, en limitant la charge parasitaire, favorise le succès reproducteur du couple parental. Sur les 24 nids, 8 nids ont eu une valeur sélective non nulle... mais 16 ont donc $w = 0$. Sans protection, 23 des 24 nids ont une valeur sélective nulle.

La figure 4B montre le nombre d'oisillons qui s'envolent. Avec gaze, 19 des 75 oisillons s'envolent, répartis dans les 8 nids. Cela représente donc environ 2,5 oisillons par nid.

Sans gaze, le seul nid qui a présenté un envol ne contient qu'un seul oisillon.

Conclusion

Avec gaze : pour 16 nids (soit 66% des nids), $w = 0$ et pour 8 nids (soit 33% des nids), $w = 2,5$

Sans gaze : pour 23 nids (soit 95% des nids), $w = 0$ et pour un nid (soit 5% des nids), $w = 1$

autre réponse acceptée :

Avec gaze : sur les 24 nids (24 couples), il y a 19 oisillons donc en moyenne, $w = 19/24 \approx 18/24 = 0,75$

Sans gaze : sur les 24 nids (donc couples), il n'y a que 1 oisillon donc en moyenne, $w = 1/24 \approx 1/25 = 0,04$

Le parasite diminue donc bien la valeur sélective de son hôte.

b) Variations dans l'impact du parasite sur les «pinsons de Darwin» de l'île Santa Cruz des Galápagos

Question 3 – Identifier le lien observé entre la taille du nid et la masse de l'oiseau adulte.

Plus l'oiseau est gros, plus son nid est grand (aussi bien en largeur qu'en hauteur).

Question 4 – Établir un lien entre la taille de l'oiseau et la charge parasitaire de ses nids. Proposer une explication.

Les résultats montrent des différences significatives, sauf pour le géospize psittacin qui montre une forte variabilité. Le petit pinson arboricole montre une charge de 22 parasites par nid environ, alors que le géospize pique-bois présente jusqu'à 60 parasites par nid.

⇒ Plus le nid est gros, plus la charge parasitaire est élevée.

Cela peut sembler logique : un gros nid présente davantage de place pour que la mouche pondre ses œufs.

Question 5 – Analyser les résultats de la figure 7. Proposer 2 hypothèses permettant de les expliquer.

La charge parasitaire décroît fortement avec le nombre d'oisillons dans le nid. En divisant par 2 le nombre d'oisillons, le nombre de parasite par oisillon est divisé par 4 à 5.

Hypothèse 1 : on peut imaginer que le nombre de larves parasites est lié à la taille du nid. Le nombre de larves parasites se répartit entre les oisillons : plus d'oisillons => moins de larves par oisillon.

Hypothèse 2 : les oisillons, quand ils sont nombreux, sont moins bien nourris et vont se rabattre sur les larves de parasites pour leur alimentation.

Hypothèse 3 : les oisillons, lorsqu'ils sont nombreux, constituent un environnement plus chaud qui limite le développement des larves parasites

Question 6 – Analyser les résultats et proposer une explication.

Il n'y a pas de différence significative selon que le nid n'a aucun, un ou deux nids voisins : le nombre de parasites est alors autour de 20 parasites par nid. Par contre, si la densité de nids augmente et est de 3 ou 4 nids dans un périmètre de 20 m, alors la charge parasitaire augmente (presque x 2).

Il s'agit d'un paramètre densité-dépendant : plus les nids sont proches, plus les contaminations sont facilitées car les larves, donnant ensuite des mouches, iront pondre à proximité.

2) Effet de l'introduction d'une plante: le mûrier des collines (*Rubus niveus*)

Question 7 – Analyser les résultats de la figure 9. Proposer 2 hypothèses expliquant ces tendances.

Les parcelles non traitées aux herbicides montrent un taux de succès de 65 % (2010) et 53 % (2012) contre 25 % (2010) et 33 % (2012) lorsque des herbicides ont été employés.

Le traitement aux herbicides est donc défavorable au succès reproducteur des pinsons.

Hypothèse 1 = l'herbicide est nocif pour les oisillons qui vont en ingurgiter si la nourriture apportée par les parents en contient.

Hypothèse 2 = le mûrier des collines était une ressource importante pour approvisionner les oisillons.

Hypothèse 3 = le mûrier des collines était un arbre apprécié des pinsons pour y établir leur nid.