

## Devoir surveillé n°7

Samedi 8 juin 2025

### Épreuve d'analyse de documents de biologie

#### Écologie des îles

durée : 1h45

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

L'île de Surtsey est apparue en 1963 à 32 km au Sud-Ouest de l'Islande, suite à une intense activité volcanique. Elle s'est ajoutée aux autres îles de l'archipel Vestmann.

Cette petite île de 140 hectares est devenue un laboratoire naturel unique pour étudier la colonisation des espaces vierges. D'abord couverte uniquement de basalte, elle a été progressivement colonisée par des micro-organismes puis des végétaux. Le sujet porte sur la colonisation de l'île par les plantes vasculaires.

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

Le pourpier de mer (*Honckenya peploides*) est une des premières espèces à s'être développée sur l'île (arrivée en 1965). Ses tiges rampantes se développent sur le sable et portent des feuilles succulentes.

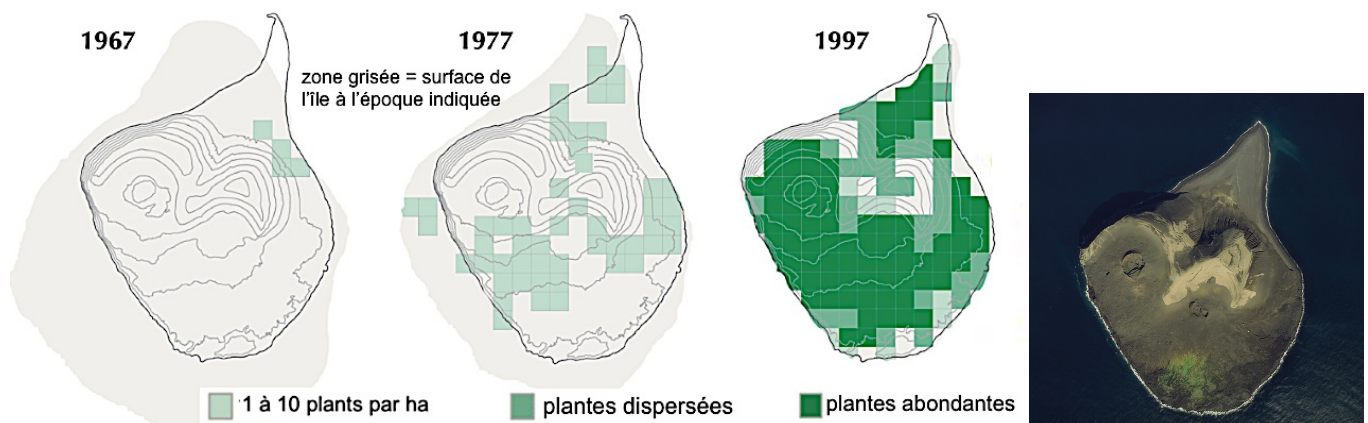
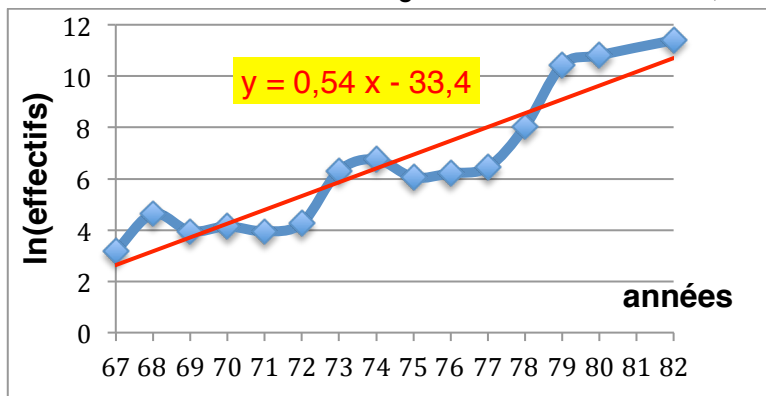


Figure 1 - Distribution du pourpier de mer (*Honckenya peploides*) sur Surtsey en 1967, 1977 et 1997. Les secteurs indiqués représentent un hectare (source : M. Philipp & H Adersen, *Biogeosciences*, 2014)

Des campagnes de dénombrement des plants ont été menées dans les premières années de colonisation : elles donnent les effectifs de la figure 2. Au-delà de 1983, les effectifs ont dépassé le million d'individus.



effectifs comptés

| année | nombre | année | nombre  |
|-------|--------|-------|---------|
| 1967  | 24     | 1975  | 428     |
| 1968  | 103    | 1976  | 500     |
| 1969  | 52     | 1977  | 632     |
| 1970  | 63     | 1978  | 3080    |
| 1971  | 52     | 1979  | 34 000  |
| 1972  | 71     | 1980  | 50 000  |
| 1973  | 548    | 1981  | 90 000  |
| 1974  | 857    | 1982  | 100 000 |

Figure 2 – Dénombrement des effectifs de la population de pourpiers de 1967 à 1982.

(source : M. Philipp & H Adersen, *Biogeosciences*, 2014)

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 :  $\ln(2) \approx 0,7$ ).

La diversité de la flore insulaire s'est ensuite accrue au fil des années, avec l'apparition de nouvelles plantes vasculaires. Le document 3 qui suit illustre la diversité des modes de colonisation.

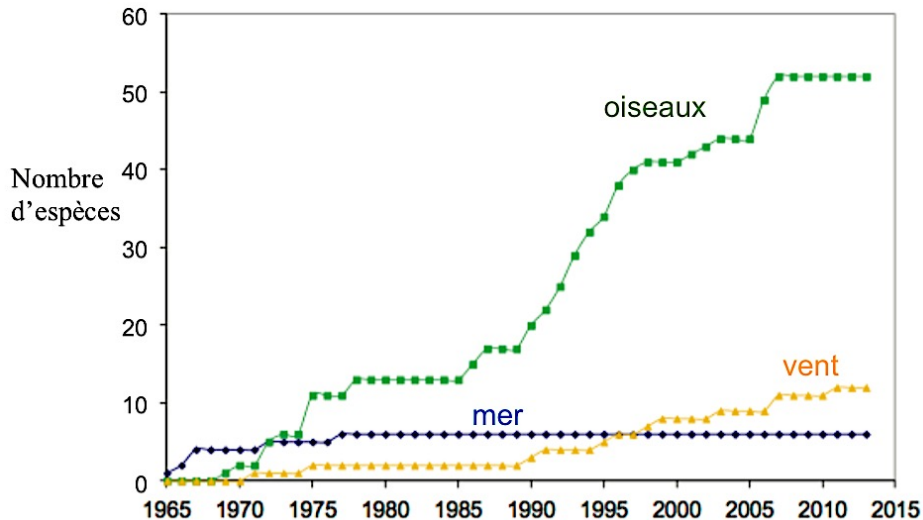


Figure 3 – Courbes cumulatives des moyens de colonisation probables employés par différentes plantes vasculaires durant la période 1965-2013 sur Surtsey (source : Magnússon et al, Surtsey Research, 2009)

Question 2 – Retrouver, en le justifiant, le mode de colonisation du pourpier de mer.

En 2022 est parue une publication décrivant l'évolution de la flore d'une parcelle de 10 m sur 10 m située au Sud de l'île, qui a été suivie entre 1990 et 2018. Les auteurs ont quantifié le recouvrement du sol par les différentes espèces de l'île. L'année 2012 a été une année d'une exceptionnelle sécheresse.

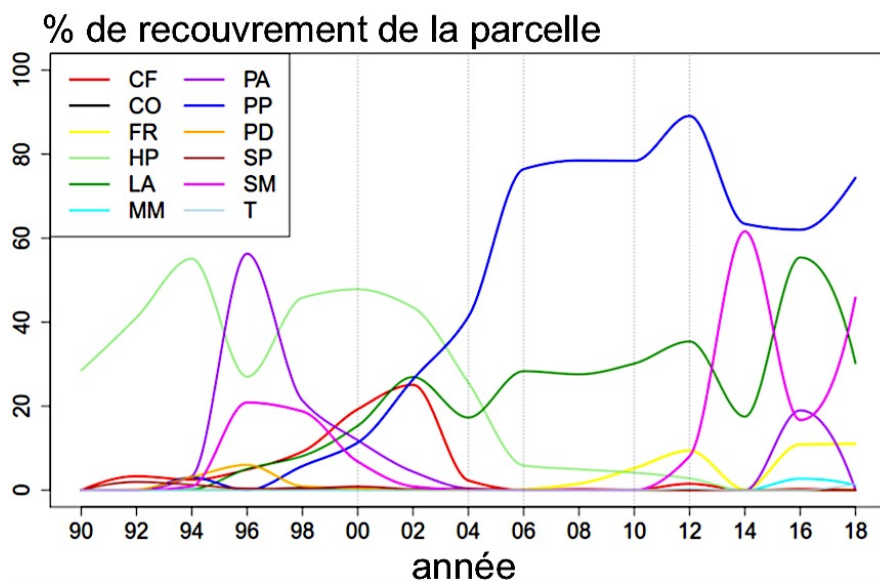


Figure 4 – Suivi de la végétation d'une parcelle au sud de l'île entre 1990 et 2018.

CF = *Cerastium fontanum* – CO = *Cochlearia officinalis* – FR = *Festuca rubra* (Fétuque rouge) – HP = *Pouppier de mer*  
 LA = *Leymus arenarius* (Seigle de mer) – MM = *Matricaria maritima* – PA = *Poa annua* – PP = *Poa pratensis* –  
 PD = *Puccinellia distans* – SP = *Sagina procumbens* – SM = *Stellaria media* (Stellaire intermédiaire) – T = *Taraxacum*  
 (source : H. Shrenk & al, Ecology & Society, 2022)

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.

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

## 2) Le cycle de vie du pourpier de mer

Le pourpier se développe par voie végétative grâce à un rhizome, conduisant à des massifs serrés d'individus. Il est aussi capable de se reproduire par voie sexuée, lorsqu'il a atteint une certaine maturité. Les premiers plants ayant colonisé l'île ont été observés en 1967 mais ce n'est qu'en 1971 que les premiers fruits ont été produits.

Dans la plupart des populations se trouvent deux types de plants séparés (mâle ou femelle) mais il existe aussi parfois des individus hermaphrodites. Les plants unisexués femelles développent des fruits abondants (les capsules) alors que les plants hermaphrodites produisent peu de capsules. Les plants hermaphrodites ont une capacité à s'auto-féconder.

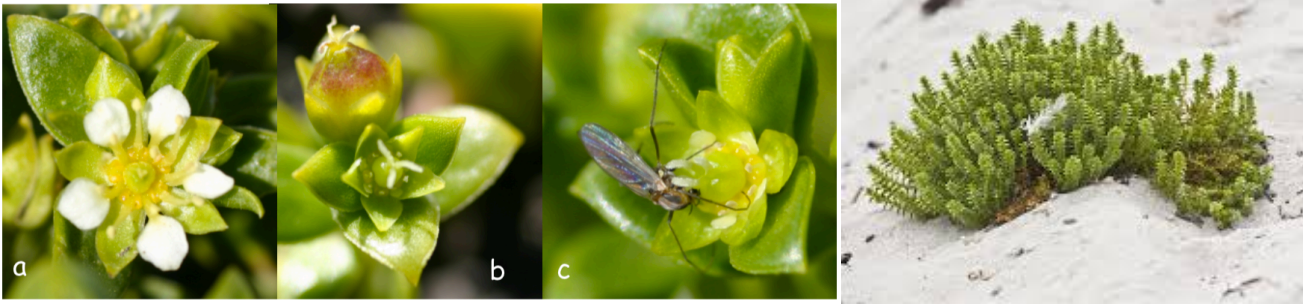


Figure 5 - *Honckenya peploides* : (a) fleur mâle, (b) fleur femelle et une capsule, (c) fleur femelle visitée par l'insecte pollinisateur, *Halocladus variabilis*. À droite, massif de pourpier de mer.  
(source : M. Philipp & H Adersen, *Biogeosciences*, 2014)

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

Les sexes des individus ont été comparés entre ceux d'Islande ou de l'île d'Heimaey et ceux de Surtsey.

| Site d'échantillonnage                        | site S = Surtsey | Site IH = Islande et Heimaey |
|-----------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| Nombre total d'individus portant des étamines | 85               | 60                           |
| Nombre total d'individus hermaphrodites       | 13               | 2                            |
| Nombre total d'individus unisexués femelles   | 12               | 52                           |

Figure 6 – Composition des populations étudiées  
(source : M. Philipp & H Adersen, *Biogeosciences*, 2014)

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

| Site d'échantillonnage       |                             | Surtsey    | Islande et Heimaey |
|------------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|
| Individus unisexués femelles | Nombre d'ovules par ovaire  | 11,5 ± 2,7 | 12,3 ± 2,9         |
|                              | Nombre de graines par fruit | 8,5 ± 1,4  | 9,3 ± 2,6          |
| Individus hermaphrodites     | Nombre d'ovules par ovaire  | 9 ± 3,1    | 10,6 ± 1,7         |
|                              | Nombre de graines par fruit | 5,7 ± 0,6  | 2,1 ± 2,4          |

Figure 7 – Productivité des fleurs des différents plants étudiés  
(source : M. Philipp & H Adersen, *Biogeosciences*, 2014)

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.

### 3) Origine géographique des pourpiers de mer

Après séquençage du génome de plants de pourpier dans différentes zones de l'île et dans des territoires plus lointains, il a été possible de remonter à la source génétique des populations de l'île. L'analyse porte sur 347 échantillons dont le séquençage a permis de définir deux groupes génétiques.

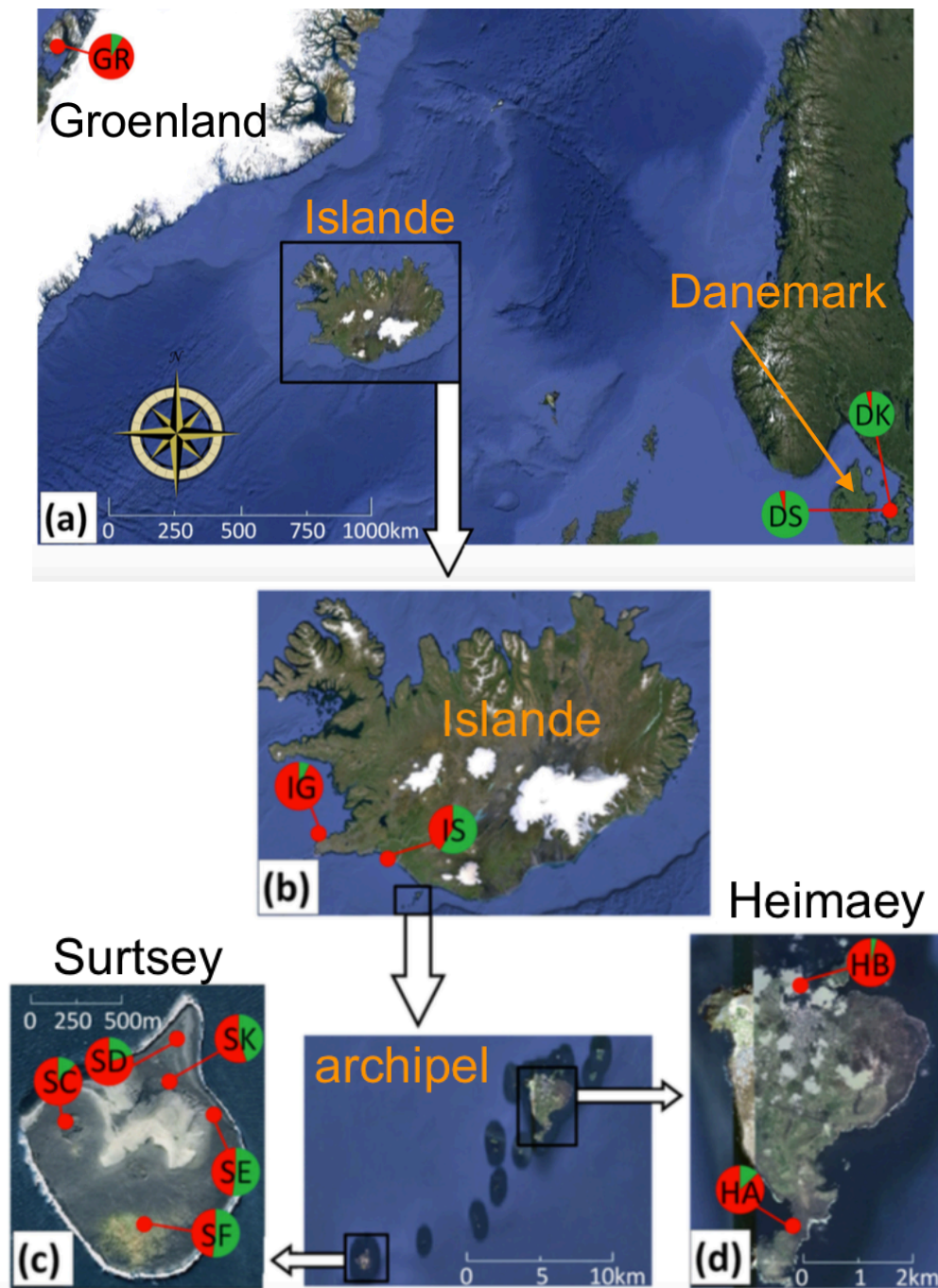


Figure 8 – Résultats des séquençages de pourpier de mer mettant en évidence deux groupes génétiques distincts, symbolisés par deux couleurs : rouge et vert. Les lettres indiquent le nom des sites analysés. (Source : S. Árnason & al, Biogeosciences, 2014)

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



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

Les plantes vasculaires se développent sur un sol, même maigre, qui leur fournit les éléments minéraux indispensables à leur activité. Le développement d'un sol est un processus lent qui met en jeu de nombreux acteurs biologiques : micro-organismes, invertébrés, champignons...

Les oiseaux marins se sont établis de façon permanente sur l'île de Surtsey dès 1970 pour nidifier. Leur succession a été suivie : 1970 : Guillemot à miroir et Fulmar boréal ; 1974 : Goéland marin ; 1975 : Mouette tridactyle et Sterne arctique ; 1981 : Goéland argenté ; 1985 : Goéland brun...

Afin de suivre la mise en place des sols, une équipe de recherche a suivi l'intensité respiratoire de sols de différentes parcelles en fonction de leur colonisation par les oiseaux de mer.

La respiration des sols est un processus qui reflète la biomasse des racines mais aussi le taux de décomposition de la matière organique par les micro-organismes du sol. Sa mesure donne donc un état des lieux de la colonisation globale d'une surface par les êtres vivants.

Dans les années 2000, l'équipe de B. Sigurdsson et B. Magnusson a mesuré le dégagement de  $\text{CO}_2$  de surfaces de sol mesurant  $10 \text{ m}^2$ , choisies dans des sites colonisés ou non par des oiseaux (figure 9). Chacun des 23 sites a aussi été le lieu de mesures de paramètres variés résumés en figure 10.

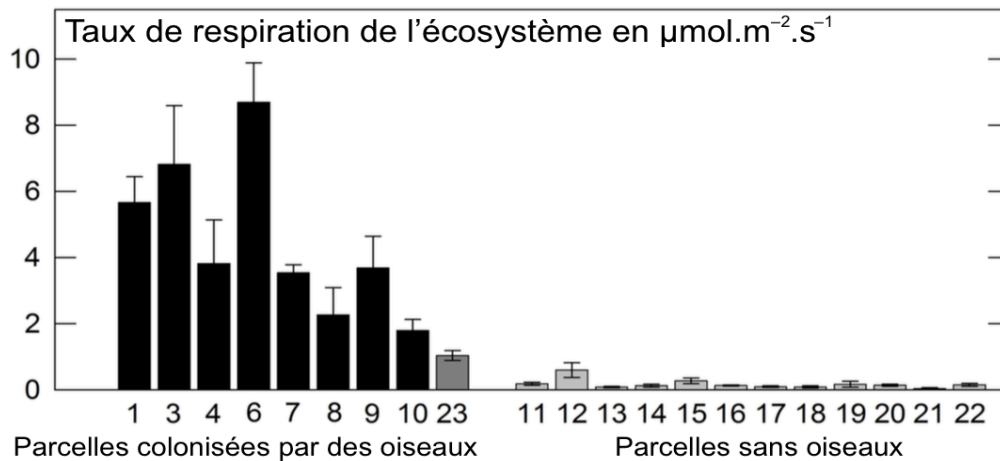


Figure 9 – Respiration de l'écosystème : 4 mesures ont été réalisées pour chaque parcelle testée. Les numéros indiquent la parcelle étudiée (Source : B. Sigurdsson et B. Magnusson, *Biogéosciences*, 2010)

|                       | % de surface couverte par la végétation | pH              | Taux d'azote en % de masse de sol sec |
|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| Parcelle avec oiseaux | $78,3 \pm 8,7$                          | $6,57 \pm 0,07$ | $0,13 \pm 0,03$                       |
| Parcelle sans oiseaux | $4,8 \pm 1,9$                           | $7,59 \pm 0,11$ | $0,01 \pm 0,01$                       |

Figure 10 – Paramètres du sol des parcelles : valeur moyenne. (Source : B. Sigurdsson et B. Magnusson, *Biogéosciences*, 2010)

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.

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.

## Thème 2 – Dynamique des populations de pinsons aux Galápagos

Les îles Galápagos constituent un archipel de 19 îles et de nombreux îlots situés dans l'océan Pacifique, à 1 000 km à l'ouest de l'Équateur. Ces îles, d'origine volcanique, sont âgées de un à cinq millions d'années. Elles possèdent une faune et une flore extrêmement riches, comportant de nombreuses espèces endémiques, c'est-à-dire vivant exclusivement sur ces îles. Darwin a longuement étudié ces îles, en particulier les espèces de pinsons qui y vivent.

Aujourd'hui, on observe un déclin des populations de pinsons : le petit pinson arboricole montre une diminution de 50 % de ses effectifs depuis 1997 dans les zones forestières et jusqu'à 85 % dans les zones agricoles. L'objet de ce thème est d'analyser différentes causes de déclin des populations de pinsons.

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

En 1997, une petite mouche, *Philornis downsi*, a été introduite aux Galápagos. Cette mouche pond ses œufs dans la structure même du nid : les larves qui naissent remontent vers les oisillons.

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

Les conséquences du parasite ont été suivies par l'équipe de J. Koop : les chercheurs ont posé des filtres en nylon (gaze) sur le fond des nids afin de limiter l'infection. Les études qui suivent portent sur l'espèce Géospize à gros bec (*Geospiza fortis*).

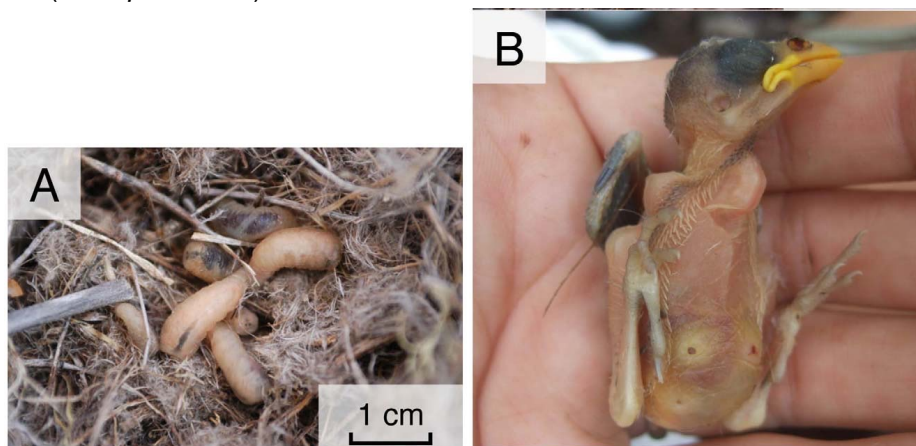


Figure 1 – Larves de *Philornis downsi* dans le fond d'un nid (A) et lésions abdominales d'un oisillon de *Geospiza fortis* parasité (B) (source : J. Koop et al, *PlosOne*, 2011)

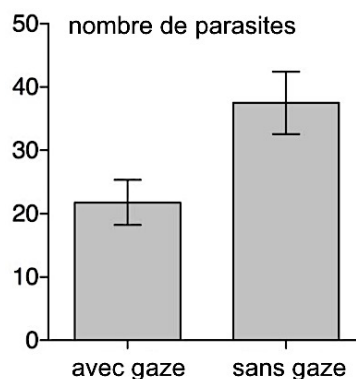


Figure 2 – Mesure du nombre de parasites par nid avec et sans filtre en nylon (gaze) : 24 nids sont analysés pour chaque groupe testé (source : J. Koop et al, *PlosOne*, 2011)

L'état de santé des oisillons est ensuite suivi à travers 3 critères morpho-anatomiques : leur masse, la longueur de leur tarse (région située entre le genou et les doigts) et la longueur de leur plume n°10 (plume essentielle au vol, située sur le bord externe de l'aile). Seuls les oisillons encore vivants après 9 jours sont présentés ici.

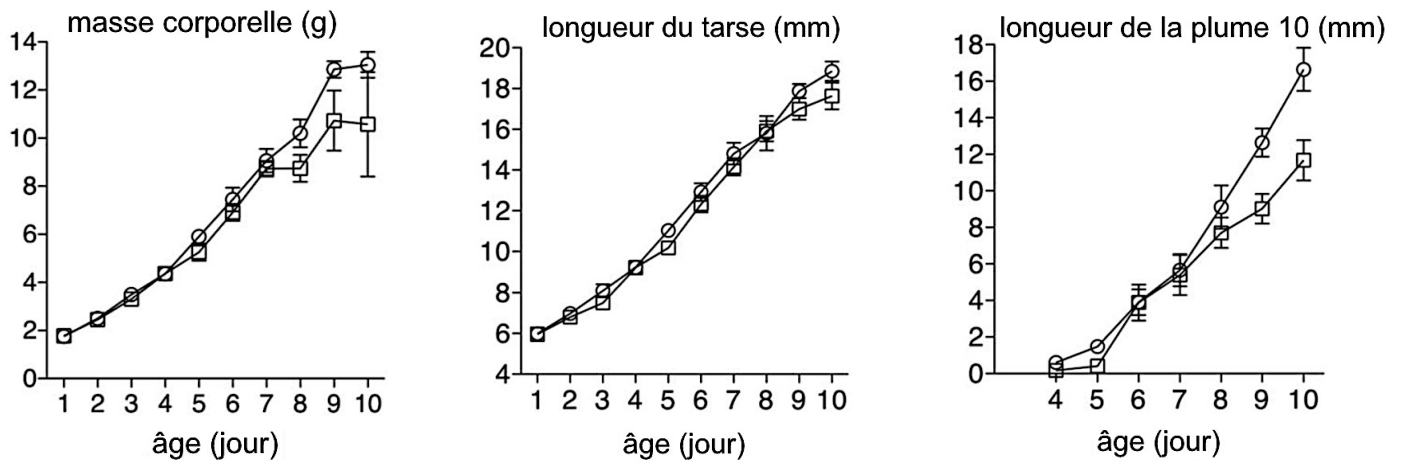


Figure 3 – Effet des filtres en nylon sur les paramètres biologiques des oisillons ayant survécu au-delà de 9 jours. Les figurés O représentent la moyenne des 26 oisillons nés dans des nids protégés par de la gaze en nylon. Les figurés □ représentent la moyenne des 13 oisillons issus des nids sans gaze.  
(source : J. Koop et al, PlosOne, 2011)

Question 1 – Résumer les effets biologiques du parasite sur l'état de santé des oisillons. Discuter la validité des conclusions. Indiquer une amélioration de l'étude afin de conclure de façon plus nette.

Le succès d'une reproduction est estimé en comptant le nombre d'oisillons survivant jusqu'à leur envol hors du nid.

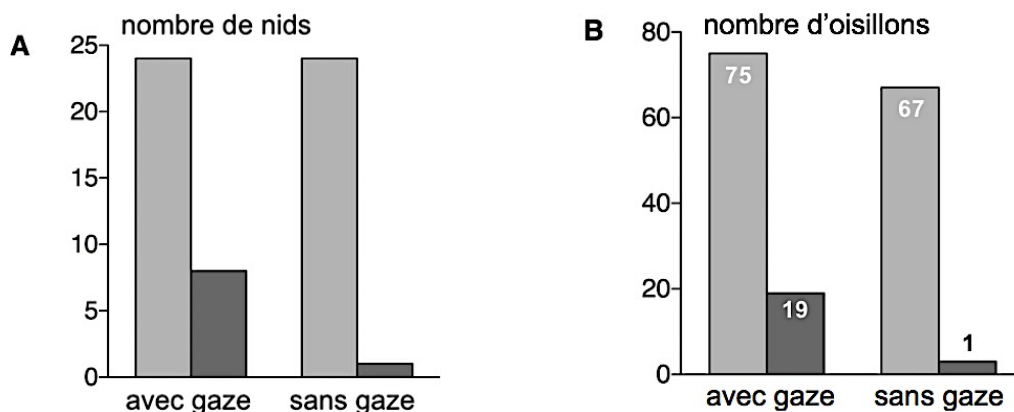


Figure 4 – Effet des filtres en nylon sur le succès d'envol. En A, gris clair = nombre de nids suivis et gris foncé = nombre de nids ayant produit au moins un oisillon envolé. En B, gris clair = nombre d'oisillons éclos dans les nids et gris foncé = nombre d'oisillons ayant survécu jusqu'à leur envol.  
(source : J. Koop et al, PlosOne, 2011)

Question 2 – Définir la valeur sélective. Calculer la valeur sélective dans les différents cas. Conclure quant à l'impact du parasite sur la valeur sélective du géospize.

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

L'étude de Sonia Kleindorfer & Rachael Dudaniec a porté sur 4 espèces du genre de pinsons de la famille des géospizes des Galápagos entre 2000 et 2004. L'objectif est de déceler les paramètres rendant les espèces plus ou moins sensibles au parasite.

Question 3 – En utilisant le tableau de la figure 5 ci-dessous, identifier le lien observé entre la taille du nid et la masse de l'oiseau adulte.

| Espèce de géospize            | petit pinson arboricole<br>ou géospize minuscule<br><i>Camarhynchus parvulus</i> | géospize fuligineux<br><i>Geospiza fuliginosa</i> | géospize psittacin<br><i>Camarhynchus psittacula</i> | géospize pique-bois<br><i>Cactospiza pallida</i> |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Masse moyenne d'un adulte (g) | 12,2                                                                             | 13,3                                              | 16,7                                                 | 22                                               |
| Hauteur du nid (cm)           | 13,0 ± 0,3                                                                       | 14,4 ± 0,3                                        | 16,4 ± 0,3                                           | 16,5 ± 0,3                                       |
| Largeur du nid (cm)           | 9,8 ± 0,3                                                                        | 10,2 ± 0,3                                        | 12,8 ± 0,3                                           | 13,3 ± 0,4                                       |
| PCA1                          | - 0,3                                                                            | + 0,2                                             | + 1,6                                                | + 1,8                                            |

Figure 5 – Tableau des caractéristiques des 4 espèces testées. Le PCA1 est un indice de dimension du nid, sans unité, prenant en compte sa largeur et hauteur : plus le chiffre est élevé, plus le nid est gros.  
(source : S. Kleindorfer & R. Dudaniec, *Behaviour Ecology Sociobiology*, 2009)

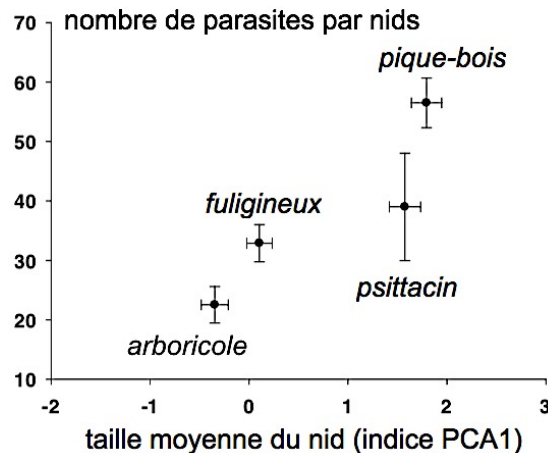


Figure 6 – Recherche d'un lien entre taille des nids et infection  
(source : S. Kleindorfer & R. Dudaniec, *Behaviour Ecology Sociobiology*, 2009)

Question 4 – À l'aide de la figure 6, établir un lien entre la taille de l'oiseau et la charge parasitaire de ses nids. Proposer une explication.

Les pinsons pondent entre 2 et 4 œufs au moment de la saison de la reproduction. Les chercheuses ont mesuré la charge parasitaire des oisillons en fonction de la taille de la couvée.

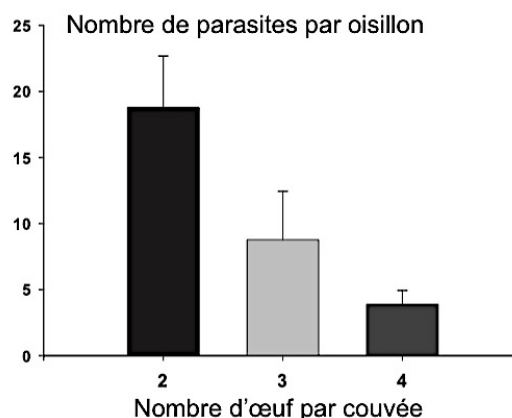


Figure 7 – Effet de la taille de la couvée sur la charge parasitaire des oisillons  
(source : R. Dudaniec et al, *Austral Ecology*, 2006)

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



Enfin, pour chacun des 43 nids de petit pinson arboricole suivis, les chercheuses ont recensé tous les nids de pinsons de la famille des géospizes dans un périmètre de 20 m autour du nid.

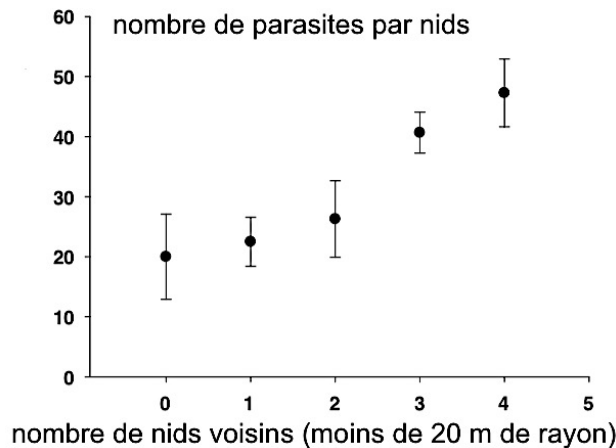


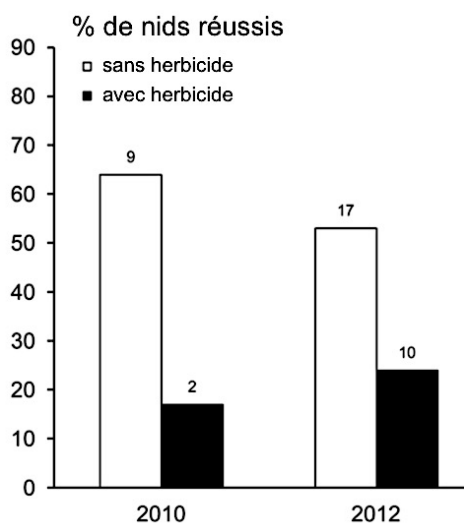
Figure 8 – Suivi de 43 nids du petit pinson arboricole, en fonction du nombre de nids voisins (toute espèce confondue) (source : S. Kleindorfer & R. Dudaniec, *Behaviour Ecology Sociobiology*, 2009)

Question 6 – Analyser les résultats et proposer une explication.

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

La plante *Rubus niveus*, également connue sous le nom de mûrier des collines, a été introduite aux Galápagos en 1968 pour ses fruits comestibles. Cette plante, originaire d'Asie, est devenue l'une des espèces végétales invasives les plus répandues dans les îles Galápagos, formant des fourrés denses qui menacent la végétation native et l'intégrité de plusieurs communautés végétales locales. Des herbicides ont alors été testés pour l'éliminer.

La figure suivante compare le pourcentage de « nids réussis » dans deux types de zones : celles où des herbicides ont été utilisés pour contrôler les plantes invasives et celles où aucun traitement n'a été effectué. L'oiseau testé est le pinson sylvestre (ou géospize olive). Un nid est considéré comme « réussi » si au moins un oisillon parvient à l'âge de prendre son envol.



| Données de suivi : |                                     |                |
|--------------------|-------------------------------------|----------------|
|                    | nombre de nids suivis dans une zone |                |
| année              | sans herbicide                      | avec herbicide |
| 2010               | 14                                  | 12             |
| 2012               | 32                                  | 42             |

Figure 9 – Effet de l'utilisation d'herbicides sur le succès de la reproduction des pinsons. Le chiffre au-dessus des barres indique le nombre de nids réussis pour chaque catégorie.

(source : A. Cimadam et al, *PLOS*, 2014)

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