

Une belle prise de bec

Cycle 4 et seconde

Une séquence du projet *Esprit scientifique, Esprit critique* – Tome 2

Résumé

L'objectif de la séquence est de comprendre la nature des théories scientifiques, ce qui les rend fiables et les distingue de simples opinions – dans le cas spécifique de la théorie de l'évolution. Les élèves vont exploiter une série de documents pour modéliser la théorie de l'évolution par la sélection naturelle et en tester des prédictions. Ils ont besoin des fiches fournies pour réaliser leur activité. Le message principal à retenir est le suivant : les théories scientifiques naissent à partir d'observations et d'hypothèses pour expliquer ces observations. Une théorie se base sur des faits. Sa fonction est de les mettre en cohérence. Les scientifiques construisent leurs théories, comme la théorie de l'évolution, en se basant sur les faits. Il faut faire de même lorsqu'on se forge une opinion, c'est-à-dire que l'on doit chercher des preuves obtenues par une méthode rigoureuse. Une théorie répond au besoin d'expliquer un certain nombre de faits observés et doit permettre d'étendre cette explication à de nouvelles observations. Une théorie scientifique permet de faire des prédictions que l'on confronte aux observations. Si de nombreuses observations confirment les prédictions réalisées par la théorie, alors on considérera cette théorie comme étant fiable. Dans la vie de tous les jours, on peut également être interpellé par des observations que l'on ne comprend pas, mais on a tendance soit à chercher une explication hâtive acceptée a priori, soit à ne pas donner suite à notre réflexion. Quand cela est important, nous devrions ponctuellement chercher à rendre plus rigoureuse cette réflexion spontanée. Pour l'évaluation de la capacité des élèves à remobiliser les compétences travaillées, se référer à la fiche globale d'évaluation « Argumenter ».

Une belle prise de becs

Savoir-faire 3 : Comprendre que les théories scientifiques sont une forme d'argumentation particulière et qu'elles ont un impact sur nos sociétés.

Niveau 1 : Comprendre quelles sont les étapes de la construction d'une théorie scientifique (Act. 1 & 2).

2 activités

CE QUE VOUS ALLEZ TROUVER DANS CETTE SÉQUENCE :

- ▶ Des activités de: SVT
- ▶ Des activités de type: Jeu de simulation et Investigation scientifique dans la peau d'un biologiste
- ▶ Des activités sur le thème de: Sélection naturelle, Pinsons de Darwin

Activité 1: Batailles de becs

Objectif: Se familiariser avec la notion de théorie scientifique au travers de la théorie de la sélection naturelle

Résumé	Les élèves vont exploiter une série de documents pour modéliser la théorie de l'évolution par la sélection naturelle et tester une de ses prédictions.
Matériel	Documents, pinces (fines, à linge, outil), vermicelles, haricots, semoule, assiette. Attention: Le choix des outils et aliments impacte beaucoup sur le déroulé de l'activité. Il est conseillé de tester le matériel avant la première tentative!
Notions mobilisées	Mettre en évidence des faits d'évolution des espèces et donner des arguments en faveur de quelques mécanismes de l'évolution.
Compétences mobilisées	Identifier par l'histoire des sciences et des techniques comment se construit un savoir scientifique; Identifier un modèle simple pour mettre en œuvre une démarche scientifique.
Production	Simulation de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle sous la forme d'un jeu. Fiche enquête remplie.
Durée	2 à 3 heures (1h en classe entière + 1h en demi-groupe).

Message à emporter

Les théories scientifiques naissent à partir d'observations et d'hypothèses pour expliquer ces observations. Une théorie se base sur des faits. Sa fonction est de les mettre en cohérence. Dans la vie de tous les jours, on peut également être interpellé par des observations que l'on ne comprend pas mais on a tendance soit à chercher une explication hâtive acceptée a priori, soit à ne pas donner suite à notre réflexion. Quand cela est important, nous devrions ponctuellement chercher à rendre plus rigoureuse cette réflexion spontanée.

Clés pour la mise en œuvre

L'objectif de la séquence est double. Du point de vue scientifique, il permet de bien poser les bases de la théorie (Activité 1) que l'on va par la suite chercher à prouver (Activité 2). Les élèves doivent bien comprendre le mécanisme de la sélection naturelle.

Le second objectif de l'activité est de poser les bases de l'objet que l'on va étudier tout au long de cette séquence et de la prochaine : la théorie scientifique. Chaque activité sera l'occasion d'aborder un aspect de la théorie scientifique, et en quoi elle se différencie d'une simple opinion. Dans cette première activité, on évoque les fondements d'une théorie : celle-ci tente d'expliquer un ensemble d'observations. À partir de ces observations, on pourra formuler une hypothèse explicative qui mettra en cohérence à cet ensemble d'observations. Dans le cadre de cette activité, l'hypothèse va se traduire sous la forme d'un modèle qui nous permettra de visualiser un scénario évolutif ancré sur l'exemple des pinsons de Darwin. Par la suite (Activité 2), on sera amené à tester l'hypothèse ici formulée, c'est-à-dire à la confronter à l'épreuve de nouveaux faits.

Déroulé possible de l'activité

Contexte : Le premier argumentaire à l'encontre de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle vient de se faire entendre et les mots de l'adversaire résonnent encore « **la théorie de la sélection ne s'appuie sur rien, ce n'est qu'une lubie, sans aucune preuve à l'appui** ».

Objectif : Il faut identifier la mauvaise compréhension du fonctionnement de la science qui est derrière cette objection et expliquer en quoi elle est fautive.

Organisation : Par groupes de 2.

Matériel :

- Documents fournis, contenant les faits à la base de la théorie (Schéma d'aide sur les becs, Tableau de données).
- Pinces (fines, à linge, outil) simulant les becs des pinsons.
- Vermicelles, haricots et semoule simulant les éléments de l'alimentation des pinsons.
- Assiettes pour modéliser l'environnement d'une part et l'estomac de l'oiseau d'autre part.
- Carte Élaboration d'une théorie, permettant de résumer les résultats de l'enquête.

Longueur du bec (en mm)	Nombre d'individus observés	Proportion d'individus (%)
Entre 8,0 et 8,5	0	0
Entre 8,5 et 9,0	3	1
Entre 9,0 et 9,5	45	11
Entre 9,5 et 10,0	28	7
Entre 10,0 et 10,5	29	7
Entre 10,5 et 11,0	12	3
Entre 11,0 et 11,5	7	2
Entre 11,5 et 12,0	7	2
Entre 12,0 et 12,5	5	1

Règles : Dans une première phase, il faudra récolter une série de faits, qui seront les briques de la théorie. Dans une deuxième phase, il faudra agencer ces faits dans un ensemble cohérent, et réaliser une modélisation de cette théorie pour mieux l'appréhender.

L'enseignant explique : « Vous allez travailler sur des données récoltées par Darwin et son jeune assistant Syms Covington que vous incarnez. Ces données renferment des observations qui pourront vous aider à comprendre la théorie de l'évolution et les erreurs des adversaires de Darwin. Plus tard, vous proposerez une explication à ces observations. Pour rendre votre proposition plus parlante, vous la simulerez à l'aide de graines, pinces... ! »

Présentation générale de l'activité et conseils pour sa mise en place

- L'activité se déroule en quatre phases. Les deux premières phases permettent de collecter des observations (étude documentaire). Ces faits vont ensuite permettre d'élaborer dans une troisième phase une théorie (simulation). Finalement, dans la Phase 4, ils font ressortir la conclusion relative à la nature des théories scientifiques.
- Dans la Phase 1, les élèves découvrent trois pinsons de Darwin. Ils tentent d'expliquer la diversité des becs en la mettant en relation avec la nourriture consommée. Ils font des hypothèses sur le lien entre un caractère et un élément favorisant la survie de l'individu dans le milieu – en l'occurrence le lien entre la forme du bec et le régime de nourrissage des pinsons.
- Dans la Phase 2, les élèves découvrent la variabilité qu'il existe à l'intérieur d'une espèce, par exemple sur la taille du bec. Cette variabilité est la matière première sans laquelle la sélection ne peut fonctionner.
- Le constat réalisé dans la Phase 1 peut aller dans le sens d'un certain essentialisme où chaque espèce de pinson est porteuse d'une forme et d'une taille de bec et donc d'un régime alimentaire qui la caractérise. Dans la pensée essentialiste, l'espèce est décrite à l'aide d'un « type scientifique 7 », sorte de standard représentatif de l'espèce. Un individu donné est rattaché à un des types identifiés par l'essence qu'il porte intrinsèquement et fait donc partie de l'espèce décrite par ce type. Charles Darwin a explicitement abandonné cette vision essentialiste en mettant en avant la diversité intraspécifique. Loin d'être un « accident » elle est une caractéristique fondamentale du vivant et elle va même constituer l'élément indispensable à son évolution temporelle. Pourtant la variabilité entre les individus d'une même espèce – hormis chez l'Homme – est difficile à constater pour nous. L'activité propose donc de travailler cet aspect.
- Dans la Phase 3, les élèves relient les deux observations faites précédemment et essaient d'élaborer une hypothèse explicative pour les mettre en cohérence. Pour cela, ils vont réaliser une simulation d'un scénario d'évolution des formes de bec chez des pinsons, en fonction de variations environnementales.



- L'activité se termine (comme les activités suivantes) par une phase où les élèves réalisent le travail sur la compréhension générale des caractéristiques d'une théorie scientifique (Phase 4). Pour ce type de travail, nous demandons aux élèves de remplir une Carte Enquête. C'est en remplissant cette carte que les élèves marquent des points pour leur mission générale. L'enseignant pourrait choisir de remplacer ce mode opératoire par la rédaction d'un contre-argument qui vient répondre à l'objection qui a initié l'activité. Nous avons fait le choix d'opter pour une production plus visuelle qui éclaire l'élève sur la compréhension des théories scientifiques en s'affranchissant d'un format trop chronophage.

Phase 1 : Adaptation

Objectif détaillé : Relier la forme du bec à l'alimentation et ainsi aborder la notion d'adaptation

- L'enseignant présente aux élèves le contexte et l'objectif de l'activité.
- À l'aide des fiches fournies, l'enseignant demande aux élèves de relier la forme du bec au régime alimentaire du pinson.

Conseils de mise en place et éléments de correction

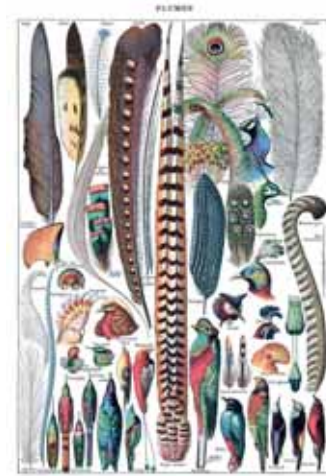
- La 1^{re} consigne mène les élèves vers la formulation d'hypothèses sur les régimes alimentaires des trois espèces. Un document les aide dans ce sens.
- Les élèves peuvent être tentés d'attribuer chaque bec à une catégorie différente : de penser par exemple que le premier oiseau se nourrit de graines, le deuxième de bourgeons, le troisième d'insectes. En fait, les deux premiers oiseaux se nourrissent tous deux principalement de graines (celles dont se nourrit *Geospiza magnirostris* sont de taille plus élevée). Le troisième bec, allongé, est en effet celui d'un insectivore.

• La 2^e consigne pousse les élèves à vérifier leurs hypothèses à partir de données d'observation.
L'enseignant distribue donc la suite de l'activité après que chaque élève ait formulé son hypothèse.

- La 3^e consigne amène les élèves à déterminer leur constat n° 1 : des organismes vivant dans des environnements différents (par exemple du point de vue de la nourriture disponible) présentent des caractères différents (par exemple des formes de bec particulières). Ces formes leur permettent de mieux survivre ou se reproduire (on parle d'adaptation).

Partie optionnelle de l'activité

- Si l'enseignant souhaite développer cette partie sur l'adaptation en prenant un autre exemple éloquent, il pourra travailler sur les plumes des oiseaux. Il peut alors présenter le contexte suivant : « En menant des recherches dans un cabinet de curiosités, votre maître est tombé sur des trésors ramenés par des explorateurs et naturalistes du monde entier. »
- L'enseignant demande aux élèves de se mettre d'accord pour classer les mêmes observations selon un critère donné bien précis : une fonction des plumes que la carte met en évidence. Parmi les fonctions assurées par les plumes, on trouve : ornementation pour les parades et choix du partenaire sexuel, vol, isolation thermique, étanchéité...



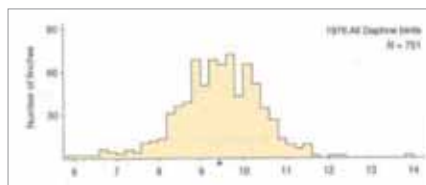
Phase 2 : Variabilité intraspécifique

Objectif détaillé : Réaliser que la variabilité est aussi intraspécifique.

- À l'aide des fiches fournies, l'enseignant présente la suite des données qui ont été obtenues. Il s'agit des proportions de taille de bec observées au sein d'une espèce. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, il existe une variabilité forte des caractères (par exemple de la taille du bec) : c'est la diversité intraspécifique. Pour les aider à visualiser ce constat, l'enseignant peut motiver les élèves à construire un histogramme à partir du tableau. Cet aspect est facultatif et d'autres formes pourront être choisies.

■ **L'enseignant laisse les élèves travailler en autonomie et fournit, quand il le juge nécessaire, des aides pour leur permettre de progresser.**

S'il a opté pour ce choix, les élèves devraient tracer un histogramme qui ressemble à celui-ci :



Note : Cet histogramme montre les données pour 751 individus de *Geospiza fortis* sur l'île de Daphne Major en 1976 (Grant, 1986). En abscisse est représentée l'épaisseur du bec en millimètres. L'histogramme obtenu présente une forme qui se rapproche d'une courbe en cloche, représentation attendue d'une loi normale qui modélise classiquement des phénomènes naturels, résultats de plusieurs événements aléatoires.

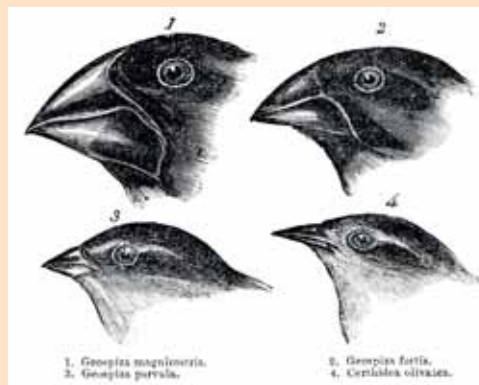
Conseils de mise en place et éléments de correction

- À l'issu de ce travail, les élèves doivent être capables de reconnaître que les individus d'une même espèce ne sont pas tous identiques (diversité intraspécifique). Les oiseaux de cette espèce de pinsons qu'on trouve tous sur la même île montrent une variation au niveau de la longueur du bec. L'enseignant précisera que ce constat est généralisable (constat n° 2).

- Les élèves pourraient objecter qu'une différence en millimètres est négligeable. Il faut cependant rapporter cet écart à la longueur totale du bec (1 mm vaut environ 10 % de la longueur moyenne, ce qui est non négligeable).

- L'enseignant peut intégrer ici un dernier aspect : les caractères étudiés ici sont héréditaires (sinon cela sera fait plus loin). Des observations chez de nombreuses autres espèces que les pinsons ont montré que, si un individu possède un certain état de caractère, sa descendance possèdera les mêmes états de caractères (bec plus long par exemple). Les élèves peuvent considérer cette information comme le constat n°3.

- Cette phase devrait terminer une séance pour reprendre la suite lors d'une séance ultérieure. Jusque-là, les élèves ont découvert que, au sein d'une population, il existait une variation des caractères et que certains traits de caractère conféraient des avantages aux individus qui les portent. Lors de la phase suivante, on cherchera à expliquer l'origine de la diversité des pinsons sur les îles Galápagos, à partir de la colonisation d'une espèce unique depuis le continent.



Phase 3 : Sélection

Objectif détaillé : *S'approprier la théorie de l'évolution par la sélection naturelle.*

■ **L'enseignant fait un point d'étape : les deux premiers constats ne suffisent pas encore à expliquer la diversité des becs mais l'on s'en rapproche.** Pour poursuivre leur réflexion, les élèves tombent sur une partie du carnet de notes de Darwin. Celui-ci s'interroge sur la diversité

des pinsons et formule l'hypothèse suivante: «Une espèce unique de pinsons a colonisé les îles il y a fort longtemps. Les pinsons se sont retrouvés dans des environnements différents. Sur chaque île, on observait une diversité entre les individus (constat de la phase 2). Les meilleurs dans chaque île ont survécu et aujourd'hui on observe une diversité de formes adaptées aux environnements différents (constat de la phase 1).»

■ **L'enseignant explique alors:** «Pour imaginer si l'hypothèse de Darwin est bien capable d'expliquer l'évolution des êtres vivants et l'apparition des différentes formes de pinsons sur les îles Galápagos, vous allez réaliser une modélisation: les pinsons (et leur bec) vont être représentés par des pinces de différentes formes (pinces fines, grosses pinces en bois, pinces outils) et la nourriture présente par des «grains» différents (pâtes vermicelles, haricots, semoule). Des affrontements vont avoir lieu entre différents becs sur différentes îles. Nous verrons comment tout cela va évoluer.»

Note: il n'est pas nécessaire de chercher à faire une correspondance stricte entre les «grains» et les nourritures suggérées dans les phases d'avant. L'enseignant précisera qu'il s'agit juste de représenter la diversité des formes de nourriture et de becs.

Pour représenter le nourrissage des pinsons, les élèves doivent transférer un grain d'une assiette «environnement» à l'aide des pinces (le «bec») vers une assiette «estomac». Les compétitions vont se dérouler en îlots de 4 élèves autour d'une assiette «environnement» commune (mais chaque élève a sa propre assiette «estomac»).

■ **L'enseignant lance la première étape (bataille de préparation n° 1).** Dans ce premier temps, les élèves représentent des pinsons sur le continent. Il existe un seul type de nourriture dans les assiettes «environnement»: des pâtes vermicelles; et un seul type de «bec»: les pinces fines. Les élèves s'approprient le matériel et le concept pendant quelques minutes.

■ **L'enseignant lance la seconde étape (bataille de préparation n° 2).** Dans ce second temps, pour respecter le constat n° 2, des modifications apparaissent toujours spontanément dans la population. Ainsi, dans chaque îlot, on retrouve: une grosse pince en bois, une pince outil et deux pinces fines. On pourra introduire ici le terme de mutation si besoin. Les compétitions se mettent en place.

Note: il faut vraiment veiller à ce que:

- Les élèves s'investissent de façon assez homogène, sous peine de voir des effets uniquement liés à leur différence de motivation!
- Les élèves comprennent qu'au-delà du jeu, on cherche à comprendre, en équipe, la théorie de Darwin. Un manque d'investissement ou un comportement de triche pénaliseront l'ensemble de la classe au moment de l'interprétation des résultats.

■ **Avant de commencer la modélisation proprement dite, l'enseignant présente la théorie de Darwin** (introduction de la Fiche élève) qui rappelle les deux premiers constats établis par les élèves et en introduit un troisième concernant l'hérédité des caractères si cela n'a pas été fait avant. Les élèves reportent ce constat sur leur carte. L'enseignant peut ensuite démarrer la modélisation. Une phase de compétition correspond à une période à l'issue de laquelle les pinsons se reproduisent et meurent (c'est une forte simplification). Les élèves doivent comprendre qu'à la partie suivante, on représente la génération suivante. Ils mobilisent alors le constat n° 3: les caractères comme la forme et la taille du bec sont héréditaires et se conservent donc d'une génération sur l'autre. De plus, la population reste toujours à 4 individus par îlots.

- L'individu qui fait le plus petit score meurt sans laisser de descendant.
- En revanche, le premier se reproduit mieux et donne deux descendants.

- Les individus ayant fait le 2^e et le 3^e score donnent un seul descendant.

Ainsi, à la génération suivante et conformément au fait n° 3, on observe deux fois l'outil du gagnant, une fois l'outil du 2^e, et une fois l'outil du 3^e de la compétition.

■ **À la fin de chaque génération** (ou d'un certain nombre de générations), **l'enseignant demande aux élèves de calculer l'évolution des proportions de chaque type de bec dans leur groupe.**

Sur le continent, après une ou deux générations, les pinces fines devraient rester la forme de bec quasi unique dans la population.

■ **L'enseignant lance la troisième étape.** Dans ce troisième temps, on va modéliser ce qui se passe sur les îles. Chaque groupe d'élèves représente une île différente. Sur une première île on retrouve uniquement des pâtes vermicelles, tandis que sur une autre on ne trouve que des haricots et sur une troisième que de la semoule. Sur une quatrième île (facultative selon le choix de l'enseignant et le nombre d'élèves participant) on pourra imaginer une combinaison de ces types de nourriture. On recommence plusieurs compétitions.

■ **Tous les résultats ayant été notés au tableau, l'enseignant demande aux élèves de calculer l'évolution des proportions de bec au cours du temps.** Il apparaît ainsi une forme d'évolution: la proportion des individus porteurs d'un bec favorable dans un environnement donné augmente au détriment des autres qui meurent si la compétition les empêche de survivre. Cette hypothèse permettrait bien d'expliquer la grande diversité des pinsons que l'on observe dans les différentes îles des Galápagos, à partir d'une espèce unique! Si les élèves demandent des explications sur la formation d'espèces, on pourra préciser que dans ce scénario, l'accumulation de plusieurs modifications (mutations) différentes sur chaque île va finalement rendre impossible la reproduction entre les formes mutées et non mutées, créant une barrière de reproduction entre les deux populations (et donc deux espèces bien distinctes).

Phase 4: Conception

Objectif détaillé: Comprendre qu'une théorie se construit autour de faits à expliquer.

■ Pour terminer l'activité et préparer la conclusion, **l'enseignant évalue les points obtenus par chacun des groupes d'élèves. Il propose ensuite aux élèves de commenter la Carte Élaboration d'une théorie pour faire une correction commune.**

■ À la fin de la séance, **l'enseignant rappelle aux élèves de remplir leur Carte Enquête finale: reconnaissance d'une bonne théorie.**

Pour nourrir la discussion à l'issue de l'activité

■ La mise en commun commence par un rappel des trois constats établis: existence d'une variabilité au sein de la population, hérédité de certains caractères qui présentent cette variabilité, impact positif ou négatif sur la survie (ou la reproduction) de certaines formes du caractère.

■ On cherche ensuite à rassembler ces constats dans une théorie unique, celle modélisée par l'activité de la phase 3. L'enseignant doit beaucoup guider les élèves à ce niveau-là. On ne peut pas attendre des élèves qu'ils se soient appropriés la théorie à partir de la simulation. Par contre, en s'appuyant sur celle-ci, on peut les guider vers une formulation acceptable de la théorie de la sélection naturelle: il existerait un mécanisme de tri lié à la survie des individus les plus aptes à survivre et à se reproduire

dans un environnement donné ; une variation de l'environnement par différentes causes peut expliquer une évolution des caractères au cours du temps.

■ Finalement, les élèves doivent combattre l'argument qui leur a été opposé, celui d'une « simple idée non fondée ». Les élèves sont amenés à expliquer comment a été conçue l'idée de la sélection naturelle. Cette théorie n'est pas conçue sans fondement : elle s'appuie au contraire sur de nombreux faits (variabilité, transmission, contraintes), durement obtenus, et elle tente de leur donner un cadre cohérent. Au sein de ce cadre, les faits ont du sens, et tous ensemble ils nous aident à comprendre un phénomène. Ce sont comme des pièces d'un puzzle qui s'agencent correctement. Chaque pièce trouve ainsi sa place et l'ensemble du puzzle devient cohérent.

■ Il est nécessaire de préciser aux élèves que la modélisation de la phase 3 ne sert pas de preuve (sinon on serait dans un raisonnement circulaire). C'est simplement une façon de visualiser la théorie et de vérifier qu'elle permet bien d'expliquer la diversité des pinsons observée. À partir de ce cadre théorique, de nouvelles prédictions vont pouvoir être réalisées, permettant de valider ou non la théorie. Ceci fera l'objet de l'activité suivante.

■ L'enseignant propose aux élèves de revenir sur le thème du sommeil, évoqué dans la seconde séquence. Il évoque certaines observations que les élèves ont pu réaliser : ils ont plus sommeil le matin au collège que ce n'était le cas à l'école primaire. Qu'en déduisent-ils spontanément ? Ils peuvent expliquer que c'est dû au fait qu'ils se couchent tard, qu'ils font plus de choses, qu'ils utilisent plus les écrans ou que... les cours sont devenus ennuyeux au collège ! Quoi qu'il en soit, l'enseignant leur fait remarquer notre façon de nous forger des opinions : on réalise quelques observations sommaires (sans par exemple savoir si ça concerne un grand nombre d'individus, sans isoler les conditions de l'observation) et on déduit des explications que l'on considère comme fondées a priori.

■ Un autre parallèle pourra être effectué dans une autre science. Ce peut-être la théorie de la tectonique des plaques ou celle du réchauffement climatique d'origine anthropique. Dans chaque cas, il y a bien un faisceau d'observations qui amène à la formulation des hypothèses. Les théories ne sont pas formulées au hasard mais à partir de constats à expliquer.

■ Si, ponctuellement, on souhaite aller plus loin dans notre réflexion, il faut procéder à la manière des scientifiques : en s'appuyant sur des observations, on formule des hypothèses rigoureuses et on réfléchit sur la manière de les tester avant de les considérer comme valides.

Batailles de becs (fiche élève)

Objectif: Comprendre comment se construit une théorie scientifique.

Mission: Montrez que l'argument de votre adversaire n'est pas fondé!

Phase 1 : Adaptation

Contexte :

En 1831, sous le commandement du capitaine Robert Fitzroy, le navire nommé *Beagle* démarre pour un tour du monde avec à son bord le jeune naturaliste anglais Charles Darwin, et vous Syms Covington, son fidèle assistant. 4 ans plus tard, le *Beagle* atteint les îles Galápagos au large de l'Equateur. Parmi les espèces étudiées, trois retiennent l'attention du naturaliste. Il observe la différence au niveau du bec et suppose un lien avec un régime alimentaire différent. Vos souvenirs sur ces études vous donneront certainement matière pour répondre à un des argumentaires qui vous a été opposé.



Matériel :

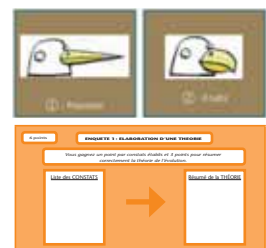
- Schéma d'aide sur les becs d'oiseau pour répondre à la consigne 1.
- Carte Élaboration d'une théorie (à compléter à la fin de la phase).

Règles : Votre défi se poursuit maintenant. Pour gagner des points, vous devez démontrer l'argument suivant : **« Votre vision du monde est bien farfelue. Elle ne s'appuie sur rien, ce n'est qu'une lubie, sans aucune preuve à l'appui. Votre histoire d'évolution est purement le fruit de votre imagination. »** Pour cela, vous pouvez vous appuyer sur des observations faites par Darwin et votre raisonnement.

► **Consigne 1 :** Élaborez une hypothèse sur le régime alimentaire de ces trois oiseaux à l'aide du schéma d'aide sur les becs d'oiseau.

► **Consigne 2 :** Une fois votre hypothèse vérifiée, répondez à la question suivante : quels individus survivront le mieux sur une île où seuls des insectes sont présents ?

► **Consigne 3 :** Il n'y a pas que les becs qui présentent une diversité. Les dents des mammifères sont différentes en fonction des régimes alimentaires, les membres locomoteurs (ailes, nageoires, pattes) sont différents en fonction des milieux de vie. Ainsi, certains des caractères que l'on observe chez des êtres vivants leur permettent de mieux survivre dans un environnement donné. Remplissez votre Carte Élaboration d'une théorie avec un nouveau constat.



Phase 2 : Variabilité

Contexte:

À l'époque de Darwin, les scientifiques pensaient que les individus d'une même espèce partageaient tous les mêmes caractéristiques, selon un plan bien établi. Se pourrait-il au contraire qu'il existe une variation entre les individus, ne les rendant pas tous identiques dans leur capacité à se nourrir et à survivre dans un environnement donné? Vous obtenez des données sur la longueur du bec de 145 individus d'une même espèce de pinson.

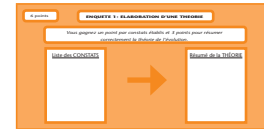
Matériel:

- Tableau de données sur la longueur des becs d'une espèce de pinson.
- Carte Élaboration d'une théorie (à compléter à la fin de la phase).

Longueur du bec (en mm)	Nombre d'individus observés	Proportion d'individus (en %)
Entre 8,2 et 8,3	2	1
Entre 8,5 et 8,6	1	0,7
Entre 8,8 et 8,9	45	31
Entre 9,5 et 10,0	38	26
Entre 10,0 et 10,5	29	20
Entre 10,5 et 11,0	14	10
Entre 11,0 et 11,5	7	5
Entre 11,5 et 12,0	7	5
Entre 12,0 et 12,5	3	2

Règles: Votre défi se poursuit maintenant, toujours contre le même argument.

► **Consigne 1:** Représentez les données à votre disposition sous la forme d'un histogramme pour illustrer la diversité des individus d'une même espèce!



► **Consigne 2:** Il n'y a pas qu'au sein de cette espèce que l'on trouve une diversité entre les individus! Certains guépards par exemple possèdent des traits physiques (musculature, longueur des pattes...) qui leur permettent de courir plus vite que d'autres et ainsi de capturer plus facilement des proies. Ce même raisonnement s'applique à de très nombreux exemples. Remplissez votre Carte Élaboration d'une théorie avec un nouveau constat.



A perch of birds, Hector Giacomelli

Phase 3: Sélection (préparation)

Contexte:

Le grand nombre d'espèces de pinsons sur les îles Galápagos est tout à fait étonnant. En parcourant le carnet de notes de Darwin, vous tombez sur ces quelques lignes où il imagine le scénario suivant :

« Une espèce unique de pinsons, vivant sur le continent sud-américain, a colonisé les îles Galápagos il y a fort longtemps. Après leur traversée de la mer, différents groupes de pinsons sont arrivés sur des îles différentes, où la nourriture disponible n'était pas la même. Sur chaque île, on observait une diversité entre les individus. Ceux qui possédaient les caractères leur permettant de mieux prélever la nourriture présente sur l'île ont survécu. J'ai observé par ailleurs que ce type de caractère est héréditaire: les descendants de ces individus possédaient donc les mêmes formes de bec. Sur chaque île, une forme de bec particulière a été sélectionnée. Aujourd'hui, on observe une diversité de formes adaptées à chaque île, comme résultat de ce processus de sélection naturelle. »

Pour concevoir et vérifier les implications de la théorie de Darwin, vous allez réaliser une simulation du scénario qu'il a imaginé. Cette simulation peut s'apparenter à un jeu.

Matériel:

- Pince à dissection simulant les becs des pinsons.
- Pâtes vermicelles simulant les éléments de l'alimentation des pinsons.
- Assiettes pour modéliser l'environnement d'une part et l'estomac de l'oiseau d'autre part.



Règles: On vient de vous distribuer une pince à dissection. Elle représente votre bec de pinson! Pour « manger » une graine, vous devez la faire passer de l'assiette « Environnement » vers l'assiette « Estomac ». Entraînez-vous! Mais attention, dans la nature, on est rarement seul... Vous serez 4 autour d'une seule assiette « Environnement ». Lors des batailles, celui qui fait passer le plus de graines d'une assiette à l'autre remporte le défi.

► Bataille de préparation n° 1 : L'histoire commence il y a quelques millions d'années, sur le continent sud-américain. Une espèce de pinsons y vit. Pour l'instant, tous les individus sont constitués de becs « pinces à dissection » et une seule sorte de nourriture est présente: la nourriture « Vermicelles ».

- Réalisez une compétition de 30 secondes: chaque individu tente de transférer le plus grand nombre de vermicelles vers son assiette « Estomac ». À l'issue des 30 secondes on compte les résultats et on classe les 4 individus en compétition du premier au quatrième.

► Bataille de préparation n° 2: Comme vous le savez d'après vos constats 1 et 2, tous les individus d'une population ne sont pas identiques et certains caractères aident à mieux survivre.

- Dans chaque groupe de 4, 2 individus auront un bec « Pincés à dissection », un aura un bec « Pincés en bois » et le dernier un bec « Pince Outil ». Ces formes vont-elles rendre leur propriétaire meilleur ou moins bon? Mettez en place une première compétition de 30 secondes pour s'entraîner.

Phase 3: Sélection (modélisation)

Pour concevoir et vérifier les implications de la théorie de Darwin, vous allez réaliser une simulation du scénario qu'il a imaginé. Cette simulation peut s'apparenter à un jeu.

Matériel :

- Pince à dissection, pince en bois, pince outil pour simuler la diversité des becs des pinsons.
- Vermicelles, haricots et semoule simulant les différents types de nourriture possible selon les îles où migrent les pinsons.
- Assiettes pour modéliser l'environnement d'une part et l'estomac de l'oiseau d'autre part.
- Carte Élaboration d'une théorie (à compléter à la fin de la phase).



Règles :

- ▶ Début de la modélisation : À partir de maintenant, vous allez représenter l'évolution de la population initiale de 3 types de pinsons (2 pinces à dissection, 1 en bois, 1 outil) au fil des générations. Après chaque phase de compétition, on passe à la génération suivante. Le vainqueur d'une phase de compétition aura 2 descendants (avec le même bec que lui, d'après le constat n° 3), le deuxième et le troisième auront un seul descendant chacun, et le dernier meurt sans descendance. Après chaque phase de compétition, on modifie donc les forces en présence. On notera après chaque phase l'évolution de la population.
- ▶ Migration : Un jour, plusieurs groupes de pinsons traversent l'océan et passent donc du continent vers une île. Chaque groupe voyage vers une île différente. Le groupe 1 retrouve dans son île la même nourriture « Vermicelles » que sur le continent. Le groupe 2 voyage vers une île où l'on ne trouve que la nourriture « Haricots », le groupe 3 vers une île on ne trouve que la nourriture « Semoule ». Le groupe 4 voyage vers une île contenant les 3 formes de nourriture. Dans chaque île, les compétitions reprennent et on note l'évolution de la population.
 - Écrivez au tableau l'évolution de la population dans votre groupe, génération après génération, sur le continent puis sur l'île.

Phase 4: Conception

Matériel :

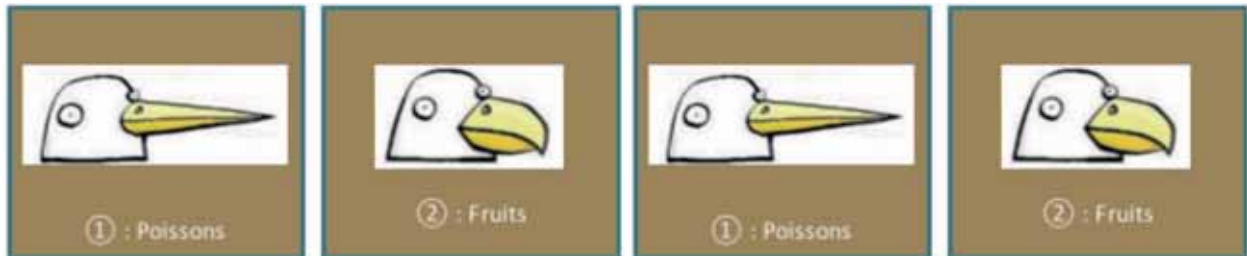
- Carte Élaboration d'une théorie à compléter.

Règles : Montrez qu'une théorie scientifique – comme la théorie de l'évolution – est fondée sur des éléments solides, des « constats » ! Pour remporter le défi, vous complèterez la Carte Elaboration d'une théorie.



Batailles de becs (fiche matériel)

- Schéma d'aide sur les becs d'oiseau



- Tableau de données sur la longueur des becs d'une espèce de pinson

Longueur du bec (en mm)	Nombre d'individus observés	Proportion d'individus (en %)
Entre 8,0 et 8,5	0	0
Entre 8,5 et 9,0	1	1
Entre 9,0 et 9,5	45	31
Entre 9,5 et 10,0	38	26
Entre 10,0 et 10,5	29	20
Entre 10,5 et 11,0	14	10
Entre 11,0 et 11,5	7	5
Entre 11,5 et 12,0	7	5
Entre 12,0 et 12,5	3	2

- Carte Élaboration d'une théorie

6 points

ENQUETE 1 : ÉLABORATION D'UNE THÉORIE

Vous gagnez un point par constats établis et 3 points pour résumer correctement la théorie de l'évolution.

Liste des CONSTATS

→

Résumé de la THÉORIE

Activité 2 : À la recherche de preuves

Objectif : Montrer qu'une théorie peut aboutir à faire des prédictions testables

Résumé	Les élèves exploitent un graphique pour tester une des prédictions de leur modèle.
Matériel	Documents fournis.
Notions mobilisées	Mettre en évidence des faits d'évolution des espèces et donner des arguments en faveur de quelques mécanismes de l'évolution.
Compétences mobilisées	Identifier par l'histoire des sciences et des techniques comment se construit un savoir scientifique; Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.
Production	Fiche enquête remplie.
Durée	1 heure (classe entière).

Message à emporter

Les scientifiques construisent leurs théories, comme la théorie de l'évolution, en se basant sur les faits. Il faut faire de même lorsqu'on se forge une opinion, c'est-à-dire que l'on doit chercher des preuves obtenues par une méthode rigoureuse.

Une théorie répond au besoin d'expliquer un certain nombre de faits observés et doit permettre d'étendre cette explication à de nouvelles observations. Une théorie scientifique permet de faire des prédictions que l'on confronte aux observations. Si de nombreuses observations confirment les prédictions réalisées par la théorie, alors on considèrera cette théorie comme étant fiable.

Clés pour la mise en œuvre

Cette activité nécessite d'avoir fait l'Activité 1 de la Séquence 3. Elle la prolonge en montrant que l'on peut passer de la théorie (ensemble d'hypothèses) que l'on a élaborée à des prédictions qui vont être concrètement confrontées aux observations et permettre ainsi de valider ou non la théorie.

Dans le cas proposé, les élèves réalisent une prédiction à partir de données climatiques affectant une population de pinsons. Ensuite l'étude d'un graphique permettant de tester leur prédiction et d'apporter une nouvelle pièce à la théorie. Il ne s'agit pas de dire qu'une prédiction réalisée est une preuve décisive. Mais elle vient nourrir le faisceau des arguments qui permettront finalement de considérer comme valide la théorie. Ce travail scientifique exigeant s'oppose à notre tendance à valider des prises de position de façon hâtive.

Cet exercice sert également de bilan à cette séquence d'introduction à la théorie de l'évolution et permet d'évaluer la bonne compréhension de la théorie par les élèves.



HMS Beagle, Conrad Martens

Déroulé possible de l'activité

Contexte : Le second argumentaire à l'encontre de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle a été sagement écouté par l'assemblée. Son auteur a insisté autant qu'il a pu : **« La théorie de la sélection naturelle est une vision théorique, rien de plus qu'une opinion personnelle. »**

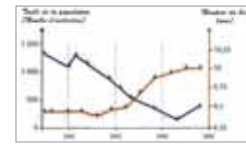
Objectif : Les élèves vont devoir comprendre que les scientifiques ne se contentent pas de faire des hypothèses. Au contraire, ils exploitent les hypothèses pour faire de nouvelles prédictions qu'ils pourront tester.

Organisation : Seul ou par groupes de 2.

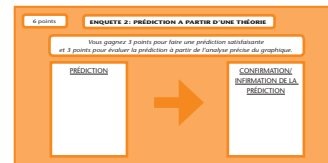
Matériel :

- Graphique présentant l'évolution de la taille des becs observée sur l'île d'étude.
- Données climatiques.
- Carte Prédiction à partir d'une théorie.

Règles : Confronter les prédictions de la théorie avec de nouveaux faits pour valider ou non la théorie.



• Année 1842 : Début d'année ordinaire du point de vue climatique. Abondance de végétation et de graines pendant la saison humide. Saison sèche qui débute au milieu de l'année.
 • Année 1843 : Poursuite anormale de la saison sèche sur toute l'année. Végétation desséchée, production de graines nulle. Le stock de graines de l'année dernière s'épuise tout au long de l'année et seules restent les graines dures que peuvent consommer les oiseaux à gros bec.
 • Année 1844 : Retour des précipitations. Ré-augmentation progressive du nombre de graines disponibles, de toutes tailles cette fois.



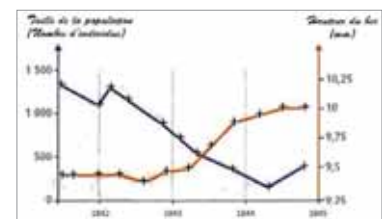
L'enseignant explique : « Vous allez travailler sur des données supplémentaires pour voir en quoi elles valident ou invalident l'hypothèse de la théorie de la sélection naturelle ! »

■ **L'enseignant rappelle aux élèves le contexte et présente l'objectif de l'activité.**

■ **L'enseignant distribue la Fiche élève et explique l'objectif de cette première phase :** tester une hypothèse consiste à réaliser des prédictions à partir de celle-ci, et à vérifier ces prédictions à l'aide de nouvelles observations et expérimentations. Ici, les élèves doivent réaliser une prédiction sur le devenir de la population de pinsons sur une île soudainement soumise à une sécheresse extrême, qui empêche toute production de nouvelles graines. Selon leur niveau et le temps disponible, les élèves peuvent être plus ou moins laissés en autonomie. On fera autant de rappels que nécessaire sur les conditions de la mise en place de la théorie de la sélection naturelle (variabilité, hérédité, différence de valeur sélective; cf. Activité 1 de la même séquence).

■ **Dans la deuxième phase, l'enseignant distribue aux élèves un graphique.** Ils vont devoir le décrire puis utiliser leur conclusion pour vérifier leur prédiction et confirmer l'hypothèse.

Note : on utilise ici les résultats des études de l'équipe de Peter et Rosemary Grant, réalisées dans les années 1970. Le graphique montre une augmentation de la taille générale du bec dans la population. Malgré les données de l'énoncé (sur la disparition des graines dont se nourrissent les pinsons), certains élèves continueront à proposer un mécanisme finaliste (le bec des pinsons s'adapte pour sauver les pinsons d'une mort assurée). Il faudra corriger les élèves sur cet aspect. Il fera l'objet d'activités ultérieures (Séquence 4) car c'est un obstacle difficile pour la très grande majorité des élèves.



■ **À la fin de la séance, l'enseignant rappelle aux élèves de remplir leur Carte Enquête finale: reconnaissance d'une bonne théorie.**

Pour nourrir la discussion à l'issue de l'activité

- La mise en relation commence par une correction des interprétations faites à partir du graphique. Les élèves doivent réaliser que, suite à l'épisode de sécheresse, on a observé une forte augmentation de la hauteur du bec. Ceci pourrait s'expliquer, comme dans la modélisation, par le fait que les individus ayant les becs les plus larges ont pu continuer à se nourrir des grosses graines restantes et ainsi mieux survivre et se reproduire que les autres. Leur proportion a donc augmenté dans la population, comme le résultat d'un mécanisme de sélection naturelle.
- Le mécanisme de sélection naturelle est rappelé: au sein d'une même espèce, on observe des variations entre individus dans les caractères. Certains variants peuvent se révéler être avantageux pour l'individu qui les porte, et lui permettre de mieux survivre ou de mieux se reproduire. Cette caractéristique va être transmise à la génération suivante si elle est héréditaire. Progressivement, la proportion des individus qui la portent va augmenter au détriment des autres. Il y a donc une évolution des êtres vivants au fur et à mesure des générations, sous l'effet d'une sélection naturelle, c'est-à-dire la meilleure survie d'individus que d'autres dans un environnement donné.
- Le débat est ensuite porté sur l'argument de l'adversaire de Darwin. Les scientifiques ne se contentent pas d'exposer leurs idées, comme on pourrait être naturellement poussé à le faire. L'activité scientifique est beaucoup plus lente et rigoureuse: des observations ont permis d'élaborer une hypothèse dans le cadre d'une théorie (Activité 1). Cette hypothèse permet de faire de nouvelles prédictions qui poussent les scientifiques à réaliser de nouvelles observations et des expérimentations qui viendront valider la théorie ou les pousseront à la corriger voire à l'abandonner si elle n'est pas satisfaisante. Ce procédé étant collectif, il ne s'agit pas de l'élaboration d'une opinion personnelle.
- La théorie de l'évolution n'est pas la seule à avoir été ainsi confirmée. L'enseignant pourra illustrer que les prédictions réalisées par les scientifiques du climat sont régulièrement confirmées, attestant le réchauffement climatique en cours. D'autres expériences décisives ont également permis, par le passé, de valider des théories au détriment d'autres comme c'est le cas de la théorie des germes prouvées par Louis Pasteur (infirmant par là-même la théorie de la génération spontanée).
- Dans la vie quotidienne, on ne cherche pas à établir des théories! Cependant, se forger ou défendre une prise de position doit suivre une démarche analogue dans le sens où elle doit prendre en compte de nombreuses observations et donc s'établir sur des faits et non sur des impressions ou des intuitions.
- L'enseignant pourra par exemple revenir sur la prise de position défendue dans la Séquence 2: le rythme de sommeil des adolescents change. Comment appuyer cette prise de position? Avec des faits (par exemple des observations sur le développement du cerveau à l'adolescence, des observations rigoureusement menées)! C'est uniquement si elle est appuyée par des faits que la position sera fondée.
- Prolongement possible: L'enseignant peut proposer aux élèves de trouver un nouveau thème (par exemple: il ne faut pas utiliser son téléphone trop tard le soir car c'est mauvais pour la santé) dans lequel ils pourront énoncer des arguments basés sur des faits et d'autres qui ne le sont pas (sans forcément chercher à les vérifier). Par exemple, ils peuvent considérer comme argument basé sur les faits: « une étude montre ou non l'impact du téléphone sur le sommeil » et comme argument non basé sur des faits: « moi ça me fait rien ». Ainsi, l'enseignant pourra évaluer leur capacité à reconnaître les arguments de qualité (se référer à l'Activité débat proposée dans le volume I: Les écrans et moi).

À la recherche de preuves (fiche élève)

Objectif : Comprendre comment se construit une théorie scientifique.

Mission : Montrez que l'argument de votre adversaire n'est pas fondé !

Phase 1 : Formulation de la prédiction

Contexte :

Une fois la théorie élaborée, les scientifiques s'en servent pour réaliser des prédictions dans de nouvelles situations. Si les prédictions sont bonnes, cela renforce la confiance qu'ils ont dans la théorie. Nous venons d'élaborer une théorie pour expliquer l'évolution du bec en fonction des milieux. Que se passerait-il si les conditions du milieu venaient à changer sur une île, par exemple les conditions climatiques ? L'étude d'une espèce de pinsons sur 4 années va nous permettre de mettre notre théorie à l'épreuve...

Matériel :

- Données climatiques de la période d'étude

• Année 1842 : Début d'année ordinaire du point de vue climatique. Abondance de végétation et de graines pendant la saison humide. Saison sèche qui débute au milieu de l'année.
• Année 1843 : Poursuite anormale de la saison sèche sur toute l'année. Végétation desséchée, production de graines nulles. Le stock de graines de l'année dernière s'épuise tout au long de l'année et seules restent les graines dures que peuvent consommer les oiseaux à gros bec.
• Année 1844 : Retour des précipitations. Ré-augmentation progressive du nombre de graines disponibles, de toutes tailles cette fois.

Règles :

Votre défi se poursuit. Vous attaquez maintenant l'objection suivante : **« J'ai écouté vos dires. Et je ne vois rien pour me convaincre. Où est la science ? Où est la méthode ? Une idée vous vient, et puis ? Moi aussi des idées me viennent, et je n'embête pas la communauté pour autant. C'est une vision théorique, rien de plus qu'une opinion personnelle. Rien qui justifie qu'elle soit meilleure que la mienne. »**

► **Consigne 1 :** En vous basant sur la théorie de la sélection naturelle, réalisez une prédiction sur l'évolution de la population de pinsons sur cette île et notamment au niveau de la taille des becs.

Coup de pouce : il existe dans la population initiale une variété de becs : beaucoup sont de taille moyenne mais certains sont plus gros et d'autres plus petits. Que va-t-il arriver aux individus portant un bec de petite taille, de taille moyenne et de grande taille quand la sécheresse va s'installer ?

À la recherche de preuves (fiche matériel)

- Graphique présentant l'évolution de la taille des becs observée sur l'île d'étude



• Données climatiques

- Année 1842 : Début d'année ordinaire du point de vue climatique. Abondance de végétation et de graines pendant la saison humide. Saison sèche qui débute au milieu de l'année.
- Année 1843 : Poursuite anormale de la saison sèche sur toute l'année. Végétation desséchée, production de graines nulles. Le stock de graines de l'année dernière s'épuise tout au long de l'année et seules restent les graines dures que peuvent consommer les oiseaux à gros bec.
- Année 1844 : Retour des précipitations. Réaugmentation progressive du nombre de graines disponibles, de toutes tailles cette fois.

• Carte Prédiction à partir d'une théorie

6 points

ENQUÊTE 2: PRÉDICTION À PARTIR D'UNE THÉORIE

Vous gagnez 3 points pour faire une prédiction satisfaisante et 3 points pour évaluer la prédiction à partir de l'analyse précise du graphique.

PRÉDICTION

→

CONFIRMATION/ INFIRMATION DE LA PRÉDICTION

Cette ressource est issue du projet thématique *Esprit scientifique, Esprit critique – Tome 2*, paru aux Éditions Le Pommier.



Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org



FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE