



H O T S P O T



DARWIN

ET LA BIODIVERSITÉ

BIODIVERSITÉ: DIALOGUE ENTRE RECHERCHE ET PRATIQUE



INFORMATIONS DU FORUM BIODIVERSITÉ SUISSE





Photo Jos Schmid

Quand on considère le volume de la recherche menée à l'échelle mondiale, la physique a été dépassée par la biologie à partir de 1980. En biologie, la variabilité incroyable des objets d'étude a rendu difficile l'établissement de lois générales. Il a fallu recourir au hasard pour expliquer bon nombre de phénomènes. Des physiciens célèbres sont associés à la formulation de lois physiques. En biologie, il est difficile de citer des noms équivalents.

Charles Darwin fait exception à la règle. Ce qui fait à mes yeux l'unicité de Darwin par rapport aux physiciens, et ce qui est typique de la différence entre les deux disciplines, c'est son empirisme radical, qui repose sur une observation généreuse, précise et exempte de tout préjugé. Une observation qui ne considère pas la variabilité comme un «parasite» mais comme un élément central. Cette approche permet d'abord de travailler en étant moins centré sur des hypothèses.

L'observation précise de la variabilité dans la nature a permis à Darwin de formuler sa géniale théorie sur la biodiversité, la théorie de l'évolution. Je trouve cette théorie géniale parce qu'elle est universelle et qu'elle explique en même temps la variabilité. La biologie s'est longtemps attachée à découvrir comment la variabilité naissait du matériel de base. Il est intéressant de constater qu'il a fallu bien plus

longtemps pour que le second aspect de la théorie de Darwin, à savoir la variabilité elle-même, attire davantage l'attention des chercheurs en biologie. Et ce bien que, dès 1858, Darwin ait postulé avec Wallace la thèse selon laquelle plusieurs espèces peuvent atteindre ensemble une production primaire plus grande que ne le peuvent des espèces isolées.

Aujourd'hui, la théorie géniale de Darwin ne revêt pas seulement une importance générale au-delà de la biologie; elle a aussi bouleversé notre conception du monde. Nous ne pouvons plus considérer que la biodiversité dans son abondance de formes nous est donnée. Au contraire, nous sommes en grande partie responsables du type de biodiversité et de la diversité d'espèces que nous avons. Cela implique une grande responsabilité individuelle. J'espère que de plus en plus d'êtres humains sauront l'assumer.

Prof. Dr. Bernhard Schmid
Institut des sciences de l'environnement
Université de Zurich

IMPRESSUM Le Forum Biodiversité encourage l'échange des connaissances et la collaboration entre chercheurs, protecteurs de la nature, agriculteurs et formateurs. **HOTSPOT** est l'un des instruments de cet échange. **HOTSPOT** paraît deux fois par an en allemand et en français; il existe en format PDF sur www.biodiversity.ch. Le prochain **HOTSPOT 20|2009** numéro anniversaire, paraîtra en septembre 2009. **Editeur:** ©Forum Biodiversité Suisse, Berne, février 2008. **Rédaction:** Dr. Gregor Klaus (gk), Dr. Daniela Pauli (dp), Danièle Martinoli (dm), Pascale Larcher (pl), Sylvia Martínez (sm). **Traduction en français:** Henri-Daniel Wibaut, Lausanne (fr). **Mise en page:** Esther Schreier, Bâle. **Impression:** Koelblin-Fortuna Druck, Baden-Baden. **Papier:** RecyMago 115 g/m², 100% Recycling. **Tirage:** 3800 ex. en allemand, 1100 ex. en français. **Contact:** Forum Biodiversité Suisse, Schwarzworstrasse 9, CH-3007 Berne, tél. +41 (0)31 312 02 75, biodiversity@scnat.ch, www.biodiversity.ch. **Directrice:** Daniela Pauli. **Coût de production:** 15 francs par exemplaire. Pour que le savoir sur la biodiversité soit accessible à toutes les personnes intéressées,

nous souhaitons maintenir la gratuité de HOTSPOT. Mais toute contribution sera bienvenue. **Compte postal:** PC 30-204040-6. Les manuscrits sont soumis à un traitement rédactionnel. Ils ne doivent pas forcément refléter l'opinion de la rédaction.

sc | nat

Forum Biodiversität Schweiz
Forum Biodiversité Suisse
Forum of the Swiss Academy of Sciences

DARWIN ET LA BIODIVERSITÉ

- 3 Le secret de l'avènement de la diversité
Gregor Klaus
- 4 Darwin et la découverte de la diversité biologique
Jürg Stöcklin
- 6 Darwin, systématicien
Reto Nyffeler
- 8 «La théorie de l'évolution n'est pas une fiction, mais une réalité»
Interview avec Heinz Richner
- 10 Auteurs du dossier
- 12 L'origine des espèces selon Darwin
Walter Salzburger et Dieter Ebert
- 14 Darwin et la biologie de la conservation
Claud Wedekind
- 16 L'héritage de Darwin
Daniel Prati et Markus Fischer
- 18 Evolution MegaLab
Bruno Baur et Eva Inderwildi

- 19 COMMISSION SUISSE POUR LA CONSERVATION DES PLANTES CULTIVÉES (CPC)
Le travail de conservation de la CPC dans le contexte de la théorie de Darwin
Robert Zollinger
- 20 FORUM BIODIVERSITÉ SUISSE
Le compte à rebours 2010 a commencé
Daniela Pauli
- 21 OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (OFEV)
Centre d'échange suisse Biodiversité
Eric Wiedmer
- 22 MONITORING DE LA BIODIVERSITÉ EN SUISSE (MBD)
A l'assaut des villes grâce à la faculté d'adaptation
Urs Draeger
- 24 LIVRES

Corrigendum

Dans le dernier numéro (18/2008), des erreurs se sont glissées dans l'article de la CPC (pp. 22-23) par suite d'une mauvaise compréhension. Nous aimerions nous en excuser. L'article correct intitulé «Conservation in situ des plantes fourragères de nos prairies et pâturages» peut être téléchargé sous http://cpc-skek.ch/francais/infopool/i_publications.htm#Hotspot.

Couverture (de haut en bas):

1: Ile Plaza Sur, Galápagos. 2: Charles Darwin, *La Descendance de l'Homme* (1ère ed.), planche 29; *De l'origine des espèces par sélection naturelle* (1870), p. 161. 3: Iguane marin (*Amblyrhynchus cristatus*) des Galápagos. Darwin écrit à son sujet dans son *Journal de bord* (1839): «Ces énormes reptiles, au beau milieu de la lave noire, des buissons sans feuilles et des grands cactus, ressemblent à des êtres antédiluviens. [...] C'est une créature hideuse, d'un noir sale, stupide et maladroite». 4: Extrait de la collection de coquillages du Musée d'histoire naturelle de Bâle.
Photos prises par Beat Ernst, Bâle

Le secret de l'avènement de la diversité

Il y a 150 ans, Darwin publiait la théorie de l'évolution

Gregor Klaus, rédacteur

«Je me propose de passer brièvement en revue les progrès de l'opinion relativement à l'origine des espèces. Jusque tout récemment, la plupart des naturalistes croyaient que les espèces sont des productions immuables créées séparément. De nombreux savants ont habilement soutenu cette hypothèse. Quelques autres, au contraire, ont admis que les espèces éprouvent des modifications et que les formes actuelles descendent de formes préexistantes par voie de génération régulière.»

C'est par ces mots que Charles Darwin (1809–1882) entame son ouvrage révolutionnaire «L'Origine des espèces», publié il y a 150 ans. Le livre a profondément déterminé notre perception de la vie jusqu'à aujourd'hui. Darwin fut le premier à fournir une réponse convaincante à la question fondamentale: d'où vient l'incommensurable diversité de la vie, dont fait partie l'être humain? A l'époque, la réponse parut révolutionnaire: l'étonnante diversité de la vie n'avait pas été créée par un ingénieur divin, mais au contraire suscitée par la création elle-même.

C'est aussi la nature qui lui ouvrit les yeux à l'occasion de son tour du monde de cinq ans à bord du navire d'exploration «Beagle». La diversité stupéfiante des organismes, la succession des fossiles dans les sédiments de roches, les difficultés de distinguer nettement entre les espèces et les variétés collectées et les adaptations infinies des organismes aux différentes situations amenèrent le génial biologiste à douter de l'invariabilité des espèces.

Dès 1837, soit un an après son expédition, Darwin ébaucha pour la première fois dans son carnet l'idée d'un arbre de la vie (ill. p. 5). Après de longues hésitations, il publia enfin en 1859 son Origine des espèces, dont la première édition de 1250 exemplaires fut épuisée le jour même de la parution. L'ouvrage contient deux thèses distinctes: tous les organismes proviennent de la modification d'ancêtres communs; et la cause principale du changement – le mécanisme de l'évolution

– est le fruit de ce que l'on appelle la sélection naturelle. Son argumentation est méticuleuse, et les éléments de son édifice intellectuel sont solides.

Malheureusement, la théorie de Darwin, ou darwinisme, a connu de très nombreuses erreurs d'interprétation, qui n'avaient rien à voir avec la démonstration biologique de Darwin. Le concept malencontreux de «lutte pour la vie» – traduction française, idéologiquement connotée, de «struggle for life» – fut utilisé pour justifier les pratiques d'exploitation de l'ère industrielle, la lutte des classes et la discrimination raciale. A ce sujet, l'expression souvent citée de «survival of the fittest» – «sur-



vie des plus aptes» – ne signifie pas que les plus forts survivent, mais que les membres d'une population les mieux adaptés aux conditions ambiantes et donc les plus à même de produire une descendance nombreuse sont avantagés.

Le biologiste sans doute le plus important après Darwin, Ernst Mayr, déclara peu de temps avant sa mort, en février 2005: «D'après tout ce que l'on sait aujourd'hui, il est en fait mensonger de qualifier l'évolution de théo-

rique.» Les arguments sérieux opposés à la théorie de l'évolution sont en effet inexistantes. Pourtant, certaines enquêtes menées aux Etats-Unis aboutissent à des résultats étonnants, selon lesquels la moitié de la population est convaincue que tous les phénomènes naturels doivent leur existence à l'action planifiée du Dieu de la création.

Selon de nombreux créationnistes, l'histoire de l'humanité est écrite avec précision dans la Genèse. Les idées défendues par les partisans de l'«intelligent design» sont rocambolesques et reposent sur l'occultation de réalités scientifiques. Des détails hautement académiques sont associés à des images bibliques archaïques de telle sorte que tout débat tourne à l'absurde. Malheureusement, l'influence des créationnistes ne cesse de croître en Suisse depuis plusieurs années (cf. p. 8 sqq.).

La théorie de Darwin a bouleversé la conception que l'homme avait de lui-même. Darwin avait aussi souffert du fait que ses connaissances biologiques rendaient superflue l'existence d'un dieu créateur pour expliquer la diversité naturelle. Concernant la question de la première étincelle de vie, Darwin écrit en termes diplomatiques à la fin de son livre: *«N'y a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie, avec ses puissances diverses attribuées primitivement par le Créateur à un petit nombre de formes, ou même à une seule? Or, tandis que notre planète, obéissant à la loi fixe de la gravitation, continue à tourner dans son orbite, une quantité infinie de belles et admirables formes, sorties d'un commencement si simple, n'ont pas cessé de se développer et se développent encore.»* ■

Darwin et la découverte de la diversité biologique

Jürg Stöcklin, Institut botanique de l'Université de Bâle, CH-4056 Bâle, juerg.stoecklin@unibas.ch

Charles Darwin constitue une césure dans l'histoire de la biologie. Sa théorie de l'évolution fournit une explication de l'origine de la biodiversité sur Terre. En même temps, son idée marque la fin d'une évolution historique. La découverte, à l'aube des temps modernes, de la richesse fascinante des espèces a conduit presque inévitablement au concept d'évolution par la description de leurs similitudes structurales.

La publication du livre de Darwin sur l'origine des espèces en 1859 constitue un événement capital dans l'histoire de la science au XIXe siècle. L'ouvrage fit l'effet d'une bombe et influença à l'époque la conception du monde dans la même mesure que les bouleversements survenus dans les sciences physiques au XVIe et au XVIIe siècle. L'image de l'époque fut «biologisée». L'histoire de l'humanité s'inscrivit ainsi dans l'histoire de la nature.

En tout cas, les mythes bibliques liés à la création étaient incompatibles avec la théorie de Darwin – mais par forcément l'idée d'un être divin. Au XVIIIe siècle, sur la base d'évaluations relatives à la succession des générations dans l'Ancien Testament, on croyait qu'environ 6000 ans s'étaient écoulés depuis la création de la Terre. Les géologues doutaient à l'époque des estimations courantes de l'âge de la Terre, dans la mesure où la sédimentation de couches rocheuses de plusieurs mètres d'épaisseur exigeait des laps de temps beaucoup plus longs. Pour Darwin, ces estimations furent une révélation car sa théorie concernant l'origine et la transformation progressive des espèces impliquait beaucoup plus de temps, à savoir des centaines de millions d'années.

Darwin, «Newton de la biologie»?

En raison de ses découvertes révolutionnaires, Darwin est souvent qualifié de «Newton de la biologie». Cette désignation induit toutefois en erreur et n'est pas conforme à la tradition historico-naturelle des sciences biologiques ni donc à celle de Darwin. Selon la conception courante, l'astronomie et la physique révolutionnèrent la science au XVIe et au XVIIe siècle et provoquèrent une rupture totale avec les conceptions médiévales. L'essentiel de cette révolution ne résidait toutefois pas dans l'empirisme, l'observation et la description de la nature, mais plutôt dans sa mathématisation, dans l'abstraction de la nature concrète. Dans cette tradition, la conception mécaniste du monde devint le paradigme cherchant à décrire la nature par le biais de lois physiques et mathématiquement formulables.

L'histoire naturelle des XVIe et XVIIe siècles ne correspondait pas du tout à cette conception influencée par la physique. Aujourd'hui encore, les historiens de la science la critiquent en la taxant de préscientifique, de descriptive et d'athéorique. Et ce pour la bonne raison que les sciences biologiques du début des temps modernes s'intéressaient aussi aux mythes relatifs aux animaux et végétaux exotiques ou aux spécificités régionales. Les collections de raretés et de curiosités provenant de pays lointains jouaient un rôle essentiel. De ce point de vue, les sciences biologiques ne devinrent modernes que lorsque l'anatomie et la physiologie s'établirent en tant que sciences expérimentales sous l'influence de René Descartes.

La désignation de Darwin comme étant le Newton de la biologie n'ignore pas seulement qu'il était un naturaliste classique dans la tradition du XVIIe et du XVIIIe siècle. Elle perd également de vue qu'au début de l'ère moderne, non seulement la conception physique du monde évolua mais aussi qu'une

toute nouvelle perception de la nature vivante s'accomplit en même temps, laquelle ne tarda pas à remettre en question la conception traditionnelle de cette nature.

Il est caractéristique que l'image de la révolution scientifique déterminée par la physique ait totalement occulté la découverte de la diversité des espèces et l'avènement de la taxinomie et de la systématique qui en découle. La curiosité suscitée par la nature s'inscrit dans ce mouvement entamé avec la Renaissance et poursuivi avec l'exploration de régions évitées jusque-là, qui mena à la découverte de l'Amérique dans la recherche d'une voie maritime vers les Indes. Un monde inconnu fut ainsi découvert, de même qu'une infinie variété d'espèces, dont les livres des Anciens n'avaient pas parlé. Dans son livre de bord publié en 1492, Christophe Colomb notait par exemple: *«Je ne peux nier que cette île, que j'ai baptisée Isabella, dépasse Fernandina en beauté. Je suis navré de ne pas connaître les multiples herbes, buissons et plantes, qui pourraient peut-être s'avérer précieux pour la fabrication de couleurs, de médicaments et d'épices. J'emporterai des échantillons de la plupart d'entre eux.»*

Il fallait documenter, collecter et décrire la diversité nouvellement découverte. Le développement fulgurant peut être illustré par le nombre des espèces végétales connues. En 1536, l'herbier d'Otto Brunfels connaissait environ 300 espèces décrites d'après nature. Le Bâlois Caspar Bauhin en recensait déjà 6000 en 1623, et leur nombre dépassait 20 000 chez Carl von Linné (1707–1778). L'enthousiasme suscité par cette diversité s'exprime aussi dans l'étendue croissante des voyages d'exploration hors des frontières européennes, dans la création de jardins botaniques et de zoos riches en espèces exotiques et dans les immenses collections d'histoire naturelle. Le recensement de la diversité ne suffisait plus aux chercheurs. Les questions liées à la nomenclature (désignation), à l'identification (quelle doit être la

similitude entre des individus pour qu'ils appartiennent à la même espèce) et finalement à la classification (organisation de la diversité et critères de répartition) devinrent une préoccupation prédominante.

Sur le plan de la systématique, de la morphologie et de l'anatomie, l'observation et la comparaison s'établirent en tant que méthodes critiques. L'unicité, mais aussi l'utilité manifeste de formes de vie relativisèrent en revanche l'importance de lois déterministes dans les sciences biologiques. Les premières lois biologiques découvertes, telles que les lois de Mendel, se révèlent probabilistes et obéissent donc aux règles de la probabilité.

Vers la pensée évolutionniste

Par contre, il ne fallait pas perdre de vue que la diversité observée pouvait entrer dans une forme d'organisation avec une relative facilité en raison des similitudes structurales. Les chercheurs ne tardèrent pas à se mettre d'accord sur ce point, mais aussi sur le fait que cette organisation devait être rationnelle et compréhensible. La recherche de critères de répartition fut au centre des efforts prati-

ques et théoriques des chercheurs à partir du milieu du XVI^e siècle. Même pour Linné, qui essaya de représenter cette organisation au niveau des végétaux selon un principe rationnel simple (le nombre d'étamines dans la fleur), il était évident que ce système «artificiel» ne pouvait constituer une réponse définitive à la question des similitudes structurales.

Au XVIII^e siècle, la similitude globale devint de plus en plus le critère d'organisation de systèmes de classification «naturels», censés reproduire l'ordre des choses défini par Dieu. La structure hiérarchique de ces systèmes (espèces, ordres, familles, etc.) pouvait être, selon Darwin, réinterprétée sans problème en tant que parenté phylogénique. Il ne fallait pas grand-chose pour concevoir les structures hiérarchiques comme une succession dans le temps, d'autant que cela s'imposait au vu de la succession de fossiles observée dans les couches rocheuses.

Hormis la découverte des liens de parenté, l'intérêt accru pour la similitude structurale des organismes eut un autre effet, subversif celui-là. Il sapa la croyance dans l'invariabilité des espèces. La variation, thème central de la

théorie de l'évolution de Darwin, n'échappa pas au souci de comparaison des systématiciens. Bien au contraire, elle devint de plus en plus un défi pour comprendre l'origine et la cause des variétés. John Henslow (1796–1861), botaniste, professeur de Darwin et créationniste convaincu, s'intéressa de son vivant à la cause des variétés morphologiques qu'il observait chez les plantes. Il n'est pas invraisemblable qu'il ait ainsi semé le germe de l'idée lumineuse développée ensuite par Darwin.

L'intérêt pour la diversité et la variation suscita l'idée de l'évolution au début du XIX^e siècle. Pour preuve Alfred R. Wallace (1823–1913), qui proposa le même mécanisme d'évolution presque en même temps que Charles Darwin. Ce qui démarqua Darwin de Wallace fut la vérification permanente de son hypothèse, pendant des décennies, sur la base d'innombrables faits, et la transformation de son idée en une théorie convaincante, qui alimente encore la recherche aujourd'hui. Les principaux éléments de la théorie de l'évolution de Darwin ont résisté à toutes les critiques. ■

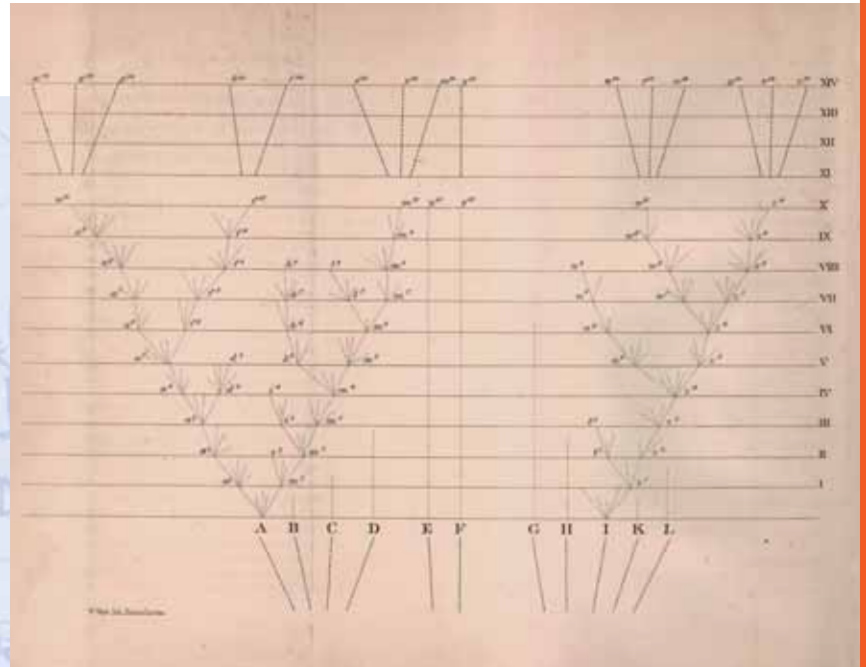
Théorie de l'évolution en image

L'arbre de la vie, de Darwin



(gk) Le diagramme de l'évolution présenté à droite est la seule illustration du livre de Darwin «L'Origine des espèces». C'était une planche dépliant, placée entre les pages 116 et 117, qui montre les piliers de sa théorie de l'évolution. Darwin mène son lecteur pendant plusieurs pages le long du processus d'évolution. Les lettres A à L désignent diverses espèces de la même famille. Les espaces entre les lignes transversales

correspondent à 1000 générations. Les lignes pointillées partant en éventail des différents points indiquent la variation des espèces. Au niveau de la première ligne transversale, l'espèce A a produit deux variétés bien marquées. Darwin écrit à ce sujet : «*Seules les variations utiles sont conservées ou exploitées par la sélection naturelle*». La variété m1 a ainsi occupé la niche de l'espèce B, en voie d'extinction. D'autres espèces comme l'espèce F poursuivent leur histoire en ligne droite. Au bout de 14 générations, huit espèces ont disparu. L'espèce A a produit huit variétés et l'espèce J, six. Le diagramme illustre, dans sa complexité, le fondement de la théorie de l'évolution: variation et sélection. Le premier renvoi de Darwin au diagramme figure à un moment-clé de son argumentation. La petite photo présentée à gauche montre une page du carnet rouge de Darwin, sur lequel il avait essayé, vingt ans plus tôt, de visualiser ses réflexions sur la parenté des espèces.



Darwin, systématique

Importance de ses spécimens de collection

Reto Nyffeler, Institut de botanique systématique de l'Université de Zurich, CH-8008 Zurich, rnyffeler@systbot.unizh.ch

Darwin a résolu l'énigme de l'origine des espèces. Il se fonda sur les larges observations effectuées durant les cinq années de voyage à bord du navire d'exploration Beagle ainsi que sur l'exploitation scientifique de sa vaste collection durant les vingt années qui suivirent son voyage. La fascination pour Darwin et pour son vaste héritage s'explique en grande partie par son «double rôle»: d'un côté, c'était un naturaliste dans le style du début du XIXe siècle; de l'autre, c'était un biologiste moderne, qui s'intéressait aux problèmes de recherche spécifiques.

Dans la première phrase d'introduction de son livre «L'origine des espèces», Charles Darwin fait référence à l'importance des observations de la nature et des études réalisées pendant son voyage de cinq ans autour du monde pour l'élaboration de sa théorie de l'évolution. Peu après son retour durant l'automne 1836, Darwin entama le développement minutieux de ses théories sur la transmutation des espèces. Il fallut plusieurs années d'observation et de consignation de ses analyses de grande envergure pour que germe en lui le doute concernant l'intervention d'un créateur et qu'il recherche un modèle d'explication différent. Ses efforts sont documentés en détail dans le vaste héritage qu'il a laissé sous forme de notes et de correspondances.

Darwin, le naturaliste

Lorsque Charles Darwin entama son tour du monde à bord du Beagle en décembre 1831, il venait d'achever quelques mois plus tôt ses études de théologie au Christ's College de Cambridge. À vrai dire, entre 1828 et 1830, il avait consacré le plus clair de son temps à collectionner les coléoptères, à chasser le renard et les oiseaux, ainsi qu'à s'occuper de botanique et de géologie. Les études menées par

son professeur de botanique et mentor John Henslow (1796–1861) exercèrent une forte influence sur Darwin.

John Henslow rassemblait plusieurs plantes de la même espèce – parfois collectées sur des sites différents – sur une seule et même feuille d'herbier. Chaque individu était numéroté et accompagné d'indications sur la personne qui l'avait trouvé, la date et le site. Cela permettait de présenter concrètement la marge de variation des diverses espèces végétales. Darwin reconnut à l'époque l'importance d'une documentation précise de l'origine des objets pour la poursuite de ses études. Durant l'été 1831, il accompagna le géologue Adam Sedgwick (1785–1873) dans un voyage d'exploration en Galles du Nord, où il reçut une formation sur l'établissement de profils géologiques. C'est aussi de ce voyage que date le premier herbier fabriqué par Darwin.

Par l'intermédiaire de John Henslow, Darwin fut invité à bord du Beagle au titre de «gentleman companion» du capitaine Robert FitzRoy. Officiellement, le médecin du bord Robert McCormick était chargé de l'accompagnement scientifique de l'expédition. Les activités intenses déployées par Darwin durant la traversée de l'Atlantique (il collectait notamment du plancton à l'aide d'un filet de fortune) et pendant les excursions sur les îles du Cap-Vert attisèrent la jalousie de McCormick. Au terme d'une querelle avec FitzRoy à Rio de Janeiro, le médecin quitta le navire. Charles Darwin combla ce départ en s'engageant activement et financièrement.

Darwin consacra plus des deux tiers des quelque 58 mois que dura le voyage à mener des expéditions à l'intérieur du continent sud-américain. Il collecta un large éventail de la diversité faunistique et floristique et effectua des observations géologiques. Cet intérêt pour les sciences naturelles pendant ce tour du monde ne distinguait nullement Darwin de beaucoup d'autres chercheurs de son épo-

que. Son principal intérêt consistait à réunir une récolte aussi riche et aussi large que possible d'objets naturels et à documenter ses observations.

Exploitation des spécimens de musée

Après son retour en Angleterre, Darwin se mit immédiatement à exploiter sa vaste récolte d'animaux, de végétaux et de fossiles. Il contacta divers spécialistes anglais pour compléter l'examen des objets collectés. Il publia jusqu'en 1841 un ouvrage en plusieurs volumes intitulé «The Zoology of the Voyage of H.M.S. Beagle».

Les oiseaux collectés par Darwin furent analysés et déterminés par l'ornithologue John Gould (1804–1881). Les spécimens provenant des îles Galápagos présentaient un intérêt tout particulier. John Gould attira l'attention de Darwin sur le fait que les différents bruants (*Emberizidae*) de cet archipel ne devaient pas être attribués à différents ordres, comme Darwin l'avait supposé, mais qu'il s'agissait d'espèces de pinson jusque-là inconnues, étroitement apparentées malgré leur aspect différent.

En ce qui concerne les moqueurs polyglottes (*Mimus*), Darwin avait déjà constaté et documenté, sur les îles Galápagos, des formes légèrement différentes et limitées à certaines îles ainsi que leur similitude avec des espèces du continent sud-américain. Comme il l'indiqua dans son journal de bord, ces observations suscitèrent le plus grand étonnement de Darwin au sujet de l'étendue de la «creative force» et fournirent ainsi une contribution importante à la poursuite de l'examen critique de ce phénomène, également visible chez les tortues géantes des Galápagos et d'autres taxons. De même, la recherche du petit nandou (nandou de Darwin, *Pterocnemia pennata*) dans le sud de l'Argentine constitue un épisode important, qui lui apporta des indices de la variabilité des espèces. Darwin

avait entendu parler de l'existence d'une forme réduite du grand nandou (*Rhea americana*) et souhaitait le découvrir durant son expédition en Patagonie. Il découvrit le premier exemplaire dans l'assiette de ses compagnons d'expédition, qui s'apprêtaient à le consommer. Darwin récupéra les os et reconstitua le squelette.

Les études du naturaliste britannique Richard Owen (1804–1892) sur les fossiles sud-américains collectés par Darwin révélèrent que des espèces disparues ressemblaient beaucoup aux taxons existants dans leur anatomie. Parmi les fossiles trouvés par Darwin figurait également un des squelettes les mieux conservés de paresseux géant (*Megatherium americanum*). Darwin le considérait comme un exemple frappant de la manière dont des espèces à l'anatomie similaire avaient pu se dissocier les unes des autres au fil de l'évolution géologique.

Les spécimens de végétaux collectés par Darwin sur les îles Galápagos furent à l'origine d'une série de publications par Joseph Dalton Hooker (1817–1911) sur la part importante d'espèces endémiques des îles océaniques. Contrairement à celles des géospizes, ces collections étaient munies de données précises et pouvaient donc être exploitées dans l'optique d'une étude biogéographique.

Recherche fondée sur des spécimens

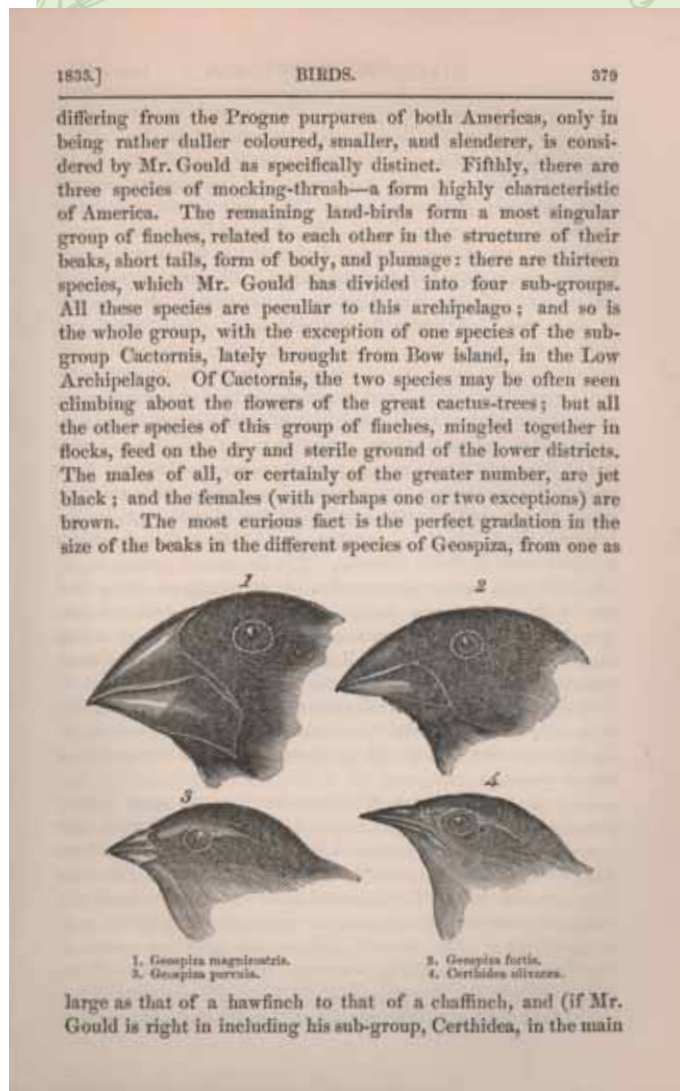
Parmi les épisodes moins connus de sa vie figurent les huit années entre 1846 et 1854, que Darwin consacra à la systématique du groupe très spécifique des cirripèdes (*Cirripedia*). Il paraît étonnant à première vue que Darwin ait pu s'engager dans une étude anatomique et taxinomique comparative de représentants vivants et fossiles d'un groupe d'organismes largement méconnu mais extrêmement complexe à une époque où il s'intéressait intensément à l'élaboration d'une théorie de l'évolution. L'importance de ces travaux résidait toutefois, pour Darwin, dans l'étude intensive du phénomène de la variation naturelle des populations soumises à un combat existentiel. Les notes prises par Darwin révèlent qu'il accordait ainsi une importance majeure à l'aspect de la sélection et de la pression concurrentielle dans le développement de sa théorie de l'évolution.

Le biologiste Ernst Mayr qualifia l'œuvre de Darwin de «one long argument». Cette formule concise fait référence à la masse gigantesque d'observations et de conclusions résultant de la recherche naturaliste basée sur des spécimens, que Darwin a étudiée et intégrée pour élucider le «mystère des mystères» – l'évolution des organismes.

Dans tous les travaux de recherche qu'il mena par la suite, il se consacra à des problèmes biologiques spécifiques et finalement aussi écologiques. Il marqua ainsi le passage du naturalisme généraliste à la spécialisation dans le large éventail de la recherche biologique. ■

Principaux témoins de Darwin

(gk) Aucun autre site au monde n'est aussi lié au nom de Darwin que les îles Galápagos. C'est en premier lieu ce laboratoire de l'évolution en plein air qui inspira sa théorie au naturaliste. Les habitants les



plus célèbres de l'archipel sont les 13 espèces de pinsons de Darwin, qui figurent dans tous les manuels de biologie. Pendant son séjour de cinq semaines, Darwin n'étudia toutefois pas les pinsons directement, mais il se contenta d'en collecter quelques exemplaires, qui furent ensuite examinés en Angleterre par le curateur de la société zoologique londonienne, John Gould. Celui-ci attira l'attention de Darwin sur la particularité de ses trouvailles: tous les oiseaux appartenaient à un même ordre. La lithographie reproduite ici provient de la deuxième édition du livre de Darwin paru en 1845, «Voyage d'un naturaliste autour du monde»; elle lui révéla la diversité biologique d'un ordre dont les espèces se distinguent avant tout par la forme et la taille de leur bec. Darwin écrivit à ce sujet: «Quand on constate la gradation et la variation de la structure dans un petit groupe d'oiseaux étroitement apparentés, on peut facilement imaginer que, par suite d'une pauvreté initiale en oiseaux sur cet archipel, une espèce ait été modifiée à des fins diverses.»

«La théorie de l'évolution n'est pas une fiction, mais une réalité»

Entretien avec le professeur Heinz Richner, de l'Institut sur l'écologie et l'évolution de l'université de Berne, au sujet de la recherche moderne en matière de biologie de l'évolution, du mode de travail des scientifiques, de la conception des créationnistes et de la première étincelle de vie.

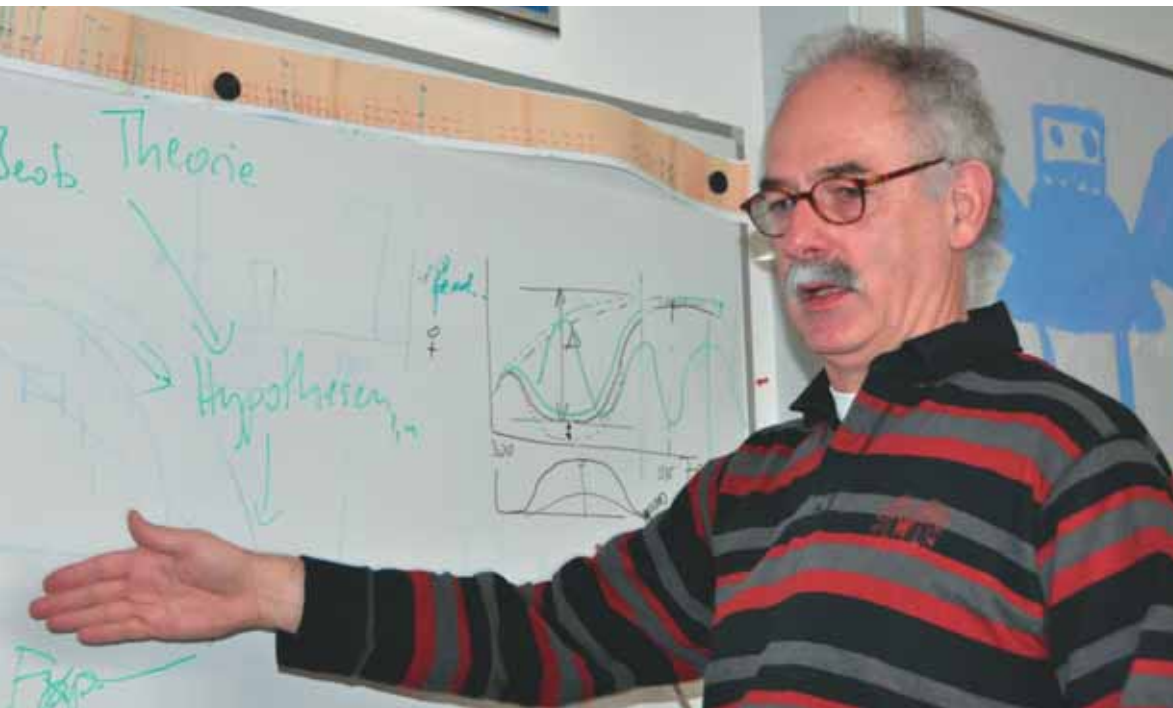
HOTSPOT: Comment les biologistes de l'évolution célèbrent-ils en Suisse le 200^{ème} anniversaire de la naissance de Darwin et le 150^{ème} anniversaire de la publication de son livre révolutionnaire «L'Origine des espèces»?

Richner: Depuis des années, nous célébrons déjà l'anniversaire de Darwin dans le cadre d'un symposium de deux jours. À cette occasion, des doctorants et post-doctorants de la biologie organismique présentent

Quels sont les questions d'actualité à l'intérieur de la biologie de l'évolution?

C'est comme dans toute discipline scientifique: tout commence par quelques questions, et au fur et à mesure que le savoir s'accumule, il y a de plus en plus de questions dans de plus en plus de directions. La théorie de l'évolution de Darwin, en tant qu'élément liant, est au cœur de la biologie. Au niveau génétique par exemple, nous nous intéressons à l'origine de la variation, notamment dans

ment à l'esprit: en quoi la variation de la probabilité de transmission entre différents hôtes, dans les hôpitaux par exemple, influence-t-elle la virulence d'un agent pathogène? Quels symptômes d'une maladie ont leur cause dans la maladie même, et quels symptômes sont des réactions d'adaptation de l'hôte? Quelle influence la fragmentation de l'habitat et l'isolement exercent-ils sur la diversité génétique de populations ou sur la composition de communautés animales et végétales? Comment



notamment leurs travaux. En même temps, un échange intense a lieu entre les différents groupes de chercheurs. L'élément commun est en fin de compte la théorie de l'évolution. Le symposium n'est pas seulement une manifestation scientifique, mais aussi un événement social, qui stimule le sentiment de communauté. Je suis sûr que cela se répercute aussi sur le niveau de la recherche menée en Suisse: les très bons chercheurs ne manquent pas en Suisse dans le domaine de la biologie organismique.

l'optique des nouvelles découvertes de la biologie moléculaire, qui dépassent largement le cadre de simples mutations. L'origine de la coopération, les mécanismes de sélection et l'évolution des sexes sont des domaines de recherche passionnants. La coévolution, entre un hôte et un parasite par exemple, est un autre vaste domaine à l'intérieur de la biologie de l'évolution. De nombreuses maladies ne peuvent se traiter correctement que si l'on en comprend le contexte biologique. Toute une série de questions me viennent spontanément

les espèces apparaissent-elles et disparaissent-elles? Selon quelles règles biologiques fonctionne la coopération à l'intérieur de grandes communautés?

L'ouvrage de Darwin contient-il des thèses qui se sont avérées fausses?

Au fond, sa théorie demeure correcte. Malheureusement, Darwin ne savait rien des expériences géniales de Mendel sur les petits pois et ne pouvait non plus avoir la moindre idée des vecteurs d'information génétique, les

gènes, comme nous les appelons aujourd'hui. Cette méconnaissance fut la source de quelques problèmes, dont Darwin avait à vrai dire tout à fait conscience. Aujourd'hui, la théorie de l'évolution de Darwin paraît simple; mais, à l'époque, elle était révolutionnaire. Darwin a constaté que tous les individus n'étaient pas identiques à l'intérieur d'une espèce et que les différentes caractéristiques d'une génération étaient transmises à la suivante. Inspiré par les observations de l'économiste Thomas Malthus, selon lesquelles la production de la descendance dépasse le nombre nécessaire au maintien d'une population, Darwin a placé ses observations dans un contexte plus vaste: la variation génétique à l'intérieur d'une espèce mène à l'adaptation via la sélection. C'est la formule raccourcie de la théorie de l'évolution. Certes, avant Darwin, des scientifiques avaient déjà développé des théories sur

décennies a beaucoup contribué à la compréhension des mécanismes et des processus évolutifs. Le savoir relatif à l'évolution peut revêtir une grande importance pour l'interprétation des résultats de la recherche dans de nombreux domaines de la biologie mais aussi de la médecine. La conception de la biologie de l'évolution est en fait simple, mais elle pose souvent problème. Apparemment, les mécanismes de l'évolution (variation, sélection et adaptation) ne sont guère enseignés à l'école. Seuls les arbres généalogiques y sont pris en compte. Et bien entendu le fait que l'homme et le chimpanzé ont des ancêtres communs.

Dans le canton de Zurich, trois conseillers cantonaux de l'Union démocratique fédérale (UDF), une association chrétienne fondamentaliste, ont engagé une action cette année visant à obliger les écoles à

son d'édition, dans laquelle j'exprimais mon mécontentement et exigeais une révision du contenu. Il en a résulté une table ronde à laquelle à vrai dire aucun biologiste de l'évolution n'a été invité. Markus Wilhelm, de la Haute école pédagogique de Suisse centrale, a toutefois mis en évidence dans son exposé que de larges parties du manuel avaient été copiées sur un livre du créationniste allemand Reinhard Junker. Junker se présente comme un biologiste, mais il dirige en même temps la communauté évangéliste «Wort und Wissen». Certains éléments du manuel n'étaient donc plus défendables. Markus Wilhelm élabore actuellement un outil pédagogique sur l'évolution. On peut donc espérer pour le printemps la parution d'un bon manuel scientifiquement fondé sur ce sujet.



Photos Gregor Klaus

la variabilité des espèces. Cependant, la plupart d'entre eux n'étaient pas parvenus à se détacher totalement de l'idée de la création et se sont donc arrêtés en chemin.

Quelle est la place de la biologie de l'évolution à l'intérieur des sciences de la vie?

Incontestablement, elle a gagné en importance au cours des dernières décennies. En fin de compte, tout ce qui vit est un produit de l'évolution. L'intégration des découvertes de la biologie moléculaire au cours des dernières

traiter la théorie de la création et la théorie de l'évolution sur un pied d'égalité. Dans la première mouture du manuel «NaturWert», le mythe créationniste et la théorie de l'évolution sont pratiquement présentés comme des variantes de même valeur pour expliquer la diversité des espèces et leur adaptation à l'environnement. Quelle est votre réaction?

Après avoir vu ce manuel décevant, j'ai organisé une rencontre avec des biologistes de l'évolution et j'ai écrit une lettre à la mai-

Qui a écrit la première version du manuel?

L'auteur travaille au parti évangélique suisse, qui se charge notamment de diffuser la pensée créationniste. Personne ne saura sans doute comment elle a obtenu le mandat de la maison d'édition, si c'était fortuit ou intentionnel. Ce que je ne comprends pas en tout cas, c'est comment il a été possible de rédiger un manuel sur la biologie de l'évolution sans jamais intégrer un seul biologiste de l'évolution.

Auteurs du dossier

■ **Jürg Stöcklin** est enseignant et chef de groupe de recherche à l'Institut botanique de l'université de Bâle. Il s'intéresse à la biologie, la population et de l'évolution chez les végétaux. Jürg Stöcklin est membre du comité de



la plate-forme Biologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (scnat). Ces travaux actuels portent sur la biodiversité des plantes alpines, leur reproduction et les multiples adaptations aux conditions spécifiques des habitats froids. Il s'intéresse également aux questions éthiques et historiques liées à la biologie.

■ **Reto Nyffeler** est curateur de l'herbier de l'université de Zurich et privat-docent à l'Institut de botanique systématique. Les principales questions de son activité de recherche gravitent autour de l'apparition et de la différenciation de la diversité des plantes succulentes. Ces travaux se fondent principalement sur des études comparatives, basées sur des spécimens. Pour ces analyses taxinomiques et phylogénétiques sur les cactus sud-américains, il a visité et documenté des régions déjà inspectées par Darwin.



■ **Dieter Ebert** a étudié à Munich et en Alabama, et soutenu sa thèse en 1991 sur la biologie des populations à l'université de Bâle. Après des séjours d'études au Panama, en Russie et en Angleterre, il a été professeur assistant à Bâle en 1995, avant d'enseigner l'écologie et l'évolution à l'université de Fribourg. Il est professeur de zoologie à l'université de Bâle depuis 2004. Depuis ses études, Dieter Ebert s'est intéressé à la biologie de l'évolution, et plus particulièrement aux processus évolutifs rapides tels que la coévolution des hôtes et de leurs parasites, ainsi que depuis peu à la génomique évolutive. Il est secrétaire de la «European Society for Evolutionary Biology».



■ **Walter Salzburger** a étudié la zoologie à Innsbruck, où il a aussi obtenu son doctorat en 2001. Après son post-doctorat à Constance et un séjour à l'Université de Harvard, il a été nommé chef de groupe à l'Université de Lausanne. Depuis 2007, il est professeur assistant de zoologie à l'Université de Bâle. Walter Salzburger s'intéresse à l'apparition de nouvelles espèces et donc de la biodiversité, mais aussi tout particulièrement à la base moléculaire de l'évolution, c'est-à-dire à la manière dont les variations de l'ADN génèrent la diversité biologique. Ses travaux de recherche portent principalement sur les centaines de cichlidés des lacs d'Afrique orientale.



■ **Claus Wedekind** a obtenu son doctorat en 1994 et son doctorat d'Etat en 1999 en biologie de l'évolution à l'Université de Berne. Après quelques années de recherche à l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG) de l'EPF, à l'Université de Utah (USA) et d'Edimbourg (GB), il a été nommé professeur boursier FNS à Berne en 2004 et «Hrly Visiting Professor for Conservation Biology» à l'Université de Harvard (USA) en 2005. Depuis 2006, il enseigne la biologie de la conservation à l'Université de Lausanne. Sa recherche se concentre sur les aspects évolutionnistes de cette discipline (à l'exemple des poissons de Suisse) et sur la théorie des jeux expérimentale, notamment sur les solutions évolutionnistes aux problèmes de coopération.



■ **Daniel Prati** a étudié la biologie à l'Université de Bâle et obtenu son doctorat en 1998 en sciences de l'environnement à l'Université de Zurich. Il a ensuite travaillé au centre de recherche environnementale (UFZ) de Halle-Leipzig et à l'Université de Potsdam, avant d'être nommé assistant à l'Université de Berne il y a un an. Il s'intéresse aux processus évolutionnistes dans les invasions biologiques



et aux processus biologiques qui produisent et maintiennent la diversité biologique.

■ **Markus Fischer** a obtenu son doctorat à l'Université de Bâle en 1996 et son doctorat d'Etat en sciences de l'environnement à l'Université de Zurich en 2001; il a été professeur de botanique et de recherche sur la biocénose de 2003 à 2007 à l'Université de Potsdam et directeur du jardin botanique local. Depuis 2007, il enseigne l'écologie végétale à l'Institut de botanique de l'Université de Berne. Dans le cadre de ses travaux de recherche, il s'intéresse aux causes et aux conséquences fonctionnelles des variations de biodiversité démo-génétique, biologique et écologique.



■ **Eva Inderwildi** a étudié la biologie à Neuchâtel et soutenu sa thèse de doctorat en zoologie à l'Université de Bâle en 2005. Sa thèse portait sur l'utilisation spatiale et temporelle de la ville de Bâle par les pigeons bisets. Depuis 2006, elle travaille à l'Association suisse pour la protection des oiseaux ASPO/BirdLife Suisse. Elle dirige divers projets dans le domaine de la conservation et de l'avifaune; elle est aussi personne de contact pour l'Evolution MegaLab, campagne européenne de recensement des escargots à l'occasion de l'année de Darwin.



■ **Bruno Baur** a étudié la biologie et obtenu son doctorat en écologie en 1984 à l'Université de Zurich. Après un post-doctorat à l'Université d'Uppsala (Suède), il a travaillé comme assistant et chef de groupe à l'Institut zoologique de l'Université de Bâle. Il a été nommé professeur de biologie de la conservation en 1995 à l'Université de Bâle (www.conservation.unibas.ch). Il est responsable scientifique de l'opération Evolution MegaLab en Suisse.



Que croient donc les créationnistes?

Il existe de nombreux courants à l'intérieur du créationnisme. L'éventail va des créationnistes qui prennent l'histoire de la création au sens figuré jusqu'aux adeptes d'un «Intelligent Designer», qui serait responsable de la diversité. Les débats sérieux avec des créationnistes sont pratiquement impossibles, car ils ne sont pas accessibles aux arguments scientifiques. On peut les induire en erreur, mais ils finissent toujours par argumenter avec les idées les plus farfelues. Et ils s'empêchent tellement dans leurs idées que la discussion tourne à l'absurde. Récemment, j'ai été entraîné dans une conversation avec deux créationnistes de 19 ans, qui vont au gymnase et qui m'ont presque détruit le bureau après trois heures de discussion. Jusqu'au bout, ils ont cru à ce qu'ils voulaient croire. Leur manque de connaissances biologiques m'a révolté.

Qu'est-ce qui ne marche pas aujourd'hui dans l'enseignement sur l'évolution?

L'enseignement est fortement axé sur l'arbre de la vie. Le parcours suivi depuis le coelacanthé jusqu'à l'être humain en passant par les batraciens, les reptiles et les mammifères est présenté comme étant la théorie de l'évolution. Mais ce n'est qu'une conséquence de l'évolution. Ce que les écoliers doivent comprendre, c'est la théorie même, le mécanisme de l'évolution, et ce qui distingue la science de la croyance. Faute de ce savoir, les fanatiques et les démagogues ont la voie libre.

Que faut-il enseigner exactement à l'école?

Il faut montrer comment fonctionne la science. La science commence par une observation ou une théorie. Ensuite, on formule une hypothèse, c'est-à-dire un ensemble de lois ou de corrélations encore non prouvées. On dérive ensuite des prédictions de cette hypothèse. Si l'hypothèse s'avère, il faudrait que des expériences ou d'autres observations corroborent la prédiction. Si c'est le cas, l'hypothèse sera acceptée. Dans le cas contraire, la science rejettera l'hypothèse, qui sera remplacée par une autre. Comme le philosophe Karl Popper l'a déjà admis, on ne peut pas «prouver» l'exactitude d'une hypothèse, on peut seulement montrer que les observations étaient

l'hypothèse. Ou bien, dans le cas contraire, qu'elles en démontrent l'inexactitude.

Cela semble logique.

Oui. Seulement, les gens qui ne savent pas comment fonctionne la science perçoivent le tout comme un processus déroutant. Ils pensent qu'on ne peut pas faire confiance à la science parce qu'elle prétend tantôt ceci tantôt cela. Ils ne comprennent pas que, dans la science, une hypothèse reste valable jusqu'au jour où une autre hypothèse paraît plus vraisemblable. Et si une théorie est constamment confirmée, comme dans le cas de la théorie de l'évolution, ce n'est plus de la fiction, mais une réalité.

Les créationnistes essayent de démontrer leur vision du monde en utilisant la même méthode.

Cela ne fonctionne pas. On ne peut pas tester une croyance à l'aide de méthodes scientifiques. Il s'agit d'un domaine affectif, dont on a ou non besoin. Il appartient à l'école de bien mettre en évidence la différence entre science et croyance. Les écoliers doivent être en mesure de bien distinguer les deux domaines. La croyance appartient aux cours de religion et n'a rien à voir avec la biologie. La religion est une matière importante, ne serait-ce que parce qu'elle est un élément essentiel de notre culture. La distinction nette entre science et religion peut se transmettre, selon moi, dès l'école maternelle. L'attitude de la maison d'édition, qui entendait faire «choisir» les enfants entre deux prétendues variantes, était une grave erreur. Il n'y a rien à choisir, car il s'agit de deux approches tout à fait différentes.

La science a pu montrer comment la diversité biologique était apparue. Peut-elle aussi expliquer la première étincelle de vie?

En 1953 déjà, le chimiste Stanley L. Miller a synthétisé des acides aminés dans une sorte de soupe primitive. Les acides aminés sont notamment les constituants de base des protéines des êtres vivants. Dans un récipient de verre, il a chauffé de l'eau, de l'hydrogène, de l'ammoniac et du méthane, et produit de petites étincelles dans ce mélange gazeux. Il a fourni la preuve que des molécules organiques

essentielles à la vie pouvaient apparaître dans des conditions naturelles, telles qu'elles existaient au début de l'histoire de la Terre. Son expérience a suscité un vif intérêt et a pu être répétée à plusieurs reprises depuis lors.

Il ne faut aucun Dieu?

J'entends par là que nous n'avons pas besoin d'un créateur pour expliquer la vie et la diversité. Beaucoup de gens ont du mal à accepter le fait qu'ils doivent mourir sans qu'il y ait une puissance supérieure derrière tout cela. Ils se réfugient dans la croyance. Ce n'est pas mauvais en soi, et la science ne devrait pas se moquer de la foi. Mais quand des créationnistes abusent de leur croyance pour rejeter les découvertes scientifiques et empêcher leurs enfants d'accéder à ces connaissances, cela me dérange.

Avec toutes ses activités terrestres, l'homme perturbe-t-il le processus d'évolution?

Beaucoup. L'homme menace la diversité et donc le matériel de base nécessaire à la poursuite de l'évolution. Nous détruisons des écosystèmes et brûlons, en l'espace de quelques décennies, des combustibles fossiles qui se sont développés pendant des millions d'années. On ne peut empêcher la chute d'une météorite. En revanche, le comportement humain peut être modifié. L'homme n'est pas obligé de porter atteinte, sans le moindre égard, à tous les écosystèmes importants de la planète, comme c'est le cas aujourd'hui.

Les questions ont été posées par Gregor Klaus et Daniela Pauli.

L'origine des espèces selon Darwin

L'évolution crée de la biodiversité, et inversement

Walter Salzburger et Dieter Ebert, Institut zoologique de l'Université de Bâle, CH-4051 Bâle
 walter.salzburger@unibas.ch, dieter.ebert@unibas.ch

La conception de l'évolution de Darwin revêt une grande importance pour la biodiversité, car elle explique l'origine de la diversité biologique sur la Terre. Le brillant naturaliste a dressé le tableau d'une communauté d'espèces étroitement liée.

Lorsque Charles Darwin pénétra pour la première fois dans une forêt tropicale en 1832, il fut littéralement sidéré par la diversité des espèces qui l'entouraient. Il passa des heures dans la jungle, grisé par la variété de la végétation et surtout des plantes parasites. Il écrivit à son père pour lui parler des vagues de plaisir qui le submergeaient pendant la collecte des plantes et des animaux. Il considérait encore les espèces comme des créations statiques. Il fallut plusieurs années pour qu'il en reconnaisse les corrélations. Sa géniale théorie de l'évolution permit de comprendre la diversité biologique comme étant l'aboutissement d'un long processus. Le livre de Darwin sur l'origine des espèces explique en détail comment des processus micro-évolutifs – c'est-à-dire des changements infimes dans l'évolution des espèces – peuvent générer de nouvelles espèces animales et végétales. Par suite d'une variation géographique et écologique, de nouvelles espèces peuvent ainsi faire leur apparition dans différents endroits. L'idée de Darwin au sujet de l'origine des espèces se caractérise donc principalement par un processus que nous désignons aujourd'hui par le terme de «spéciation allopatrique» et qui présuppose un isolement géographique (encadré 1). Sur presque toutes les îles que Darwin visita durant son tour du monde de cinq ans, il trouva des espèces qui n'existaient qu'à cet endroit. Les îles Galápagos constituèrent l'exemple le plus révélateur de l'évolution. Cependant, Darwin supposait aussi que les espèces pouvaient faire leur apparition sans isolement géographique, c'est-à-dire de manière sympatrique (encadré 1).

Le constat que des espèces provenaient de la division d'autres espèces mène presque inévitablement à la conclusion que le nombre des espèces sur Terre ne cesse de croître. Les découvertes de Darwin suggéraient à vrai dire que les espèces pouvaient s'éteindre à tout moment. Il en résulta un argument essentiel pour Darwin dans son observation des différentes formes. Il postula que les lacunes que l'on observe quand on compare des espèces proviendraient de l'extinction de formes antérieures. Toutes les formes ne subsisteraient pas dans l'histoire de la Terre, mais elles se relaieraient. Le progrès est possible si l'ancien cède la place au nouveau. Les lacunes expliquent pourquoi il est généralement simple de répartir les êtres vivants existants entre des espèces légèrement distinctes, mais beaucoup plus difficile de mettre les espèces existantes en corrélation phylogénétique (encadré 2).

Il convient de se demander comment les différents éléments de l'argumentation de Darwin se combinent pour former un vaste ensemble. Bien que le terme d'écologie n'ait pas encore été inventé à l'époque de Darwin, bon nombre de ses arguments s'inscrivent pour la première fois dans une conception écologique globale. Son «economy of nature» représente les corrélations entre les espèces au sein d'une communauté. En lieu et place d'un équilibre divin de la nature, Darwin présente une communauté évoluée et étroitement liée, déterminée par des processus biologiques, tels que la concurrence et la pression des prédateurs, qui influent sur sa survie.

Peu de temps après la publication de «L'Origine des espèces», il élargit cette représentation en introduisant la coévolution, moteur des relations entre les espèces. Des es-

pèces d'origines très différentes développent des dépendances écologiques mutuelles, qui renforcent encore le tissu complexe de la nature – la «rive luxuriante» («tangled bank») de Darwin. Elles créent en permanence de nouvelles niches, dans lesquelles de nouvelles espèces se développent (encadré 3).

Aujourd'hui, nous voyons la nature comme un tout, dans lequel les prédateurs et leurs



Voir encadré 1: Le lac Apoyo, au Nicaragua, héberge plusieurs espèces de cichlidés, dont certaines sont apparues à l'intérieur de ce petit lac de cratère, c'est-à-dire en l'absence d'isolement géographique (sympatrique). Photo: W. Salzburger

proies, les hôtes et leurs parasites, les plantes et leurs pollinisateurs forment des communautés étroitement imbriquées. La spécificité de la majorité de ces associations entre espèces est le fruit d'une étroite coévolution, caractérisée par la concurrence intra-spécifique. Dans ce sens, la biodiversité est une conséquence de l'évolution d'interconnexions de plus en plus subtiles entre les espèces. La concurrence stimule les innovations, lesquelles permettent d'occuper des niches vacantes, où la pression concurrentielle s'avère moindre, du moins temporairement. Et cela accroît également les chances de survie et de reproduction. ■

Encadré 1:

Mécanismes de la spéciation

Depuis Darwin, la question de l'apparition de nouvelles espèces et donc de la biodiversité est au cœur de la recherche en biologie de l'évolution. Souvent, l'isolement géographique joue un rôle déterminant: les populations d'une espèce géographiquement séparées s'adaptent aux conditions locales jusqu'au jour (après de nombreuses générations) où elles ne sont plus «compatibles» entre elles. Ce processus est appelé **spéciation allopatrique** (du grec *allos* = autre et du latin *patria* = patrie). Si les populations séparées sont très réduites, des processus fortuits peuvent intervenir. Par exemple, si les individus des populations séparées ne sont porteurs que d'une partie de la diversité génétique initiale.

La **spéciation parapatrique** (du grec *para* = près) est une forme intermédiaire. Comme dans le cas de la spéciation allopatrique, de nouvelles espèces apparaissent par suite d'adaptations locales. Mais les populations ne sont pas totalement isolées les unes des autres; il y a donc un échange occasionnel de gènes et, parfois, la formation d'hybrides.

Encadré 2:

Radiations adaptatives et apparition de la diversité

Alors que certaines espèces n'évoluent guère dans leur apparence pendant des millions d'années, d'autres produisent une gran-

Encadré 3:

Diversité des espèces résultant de la spécialisation écologique et de la coévolution

Des groupes particulièrement riches en espèces tels qu'en produisent les radiations adaptatives présentent une grande diversité phénotypique dans les caractéristiques qui favorisent l'exploitation des niches écologiques (appareils de prélèvement de la nourriture, p. ex.) ou qui créent un accès à la reproduction (schémas de couleurs, p. ex.). Une spécialisation écologique, dans un certain mode alimentaire par exemple, s'accompagne donc d'une adaptation morphologique stimulée par la sélection naturelle. Les différents becs des pinsons des Galápagos ou les innombrables formes de gueules et de dents chez les



Voir encadré 2: *Haplochromis aenicolor*, cichlidé spécialisé du lac Victoria. Photo: E. Schraml

De nouvelles espèces peuvent apparaître beaucoup plus vite par **spéciation sympatrique** (du grec *syn* = ensemble). Dans ce cas, de nouvelles espèces se forment sans séparation géographique. Cela peut se produire, par exemple, si des individus d'une espèce s'adaptent à des ressources alimentaires différentes dans le même habitat ou sont actifs à des heures différentes de la journée. A vrai dire, la spéciation sympatrique semble beaucoup plus rare que l'allopatrique, et l'on n'en connaît que quelques rares exemples bien documentés.

de diversité sur des laps de temps relativement courts. Cela est dû en général au processus de radiation adaptative, c'est-à-dire d'apparition rapide de nombreuses espèces à partir d'un même ancêtre par suite de l'adaptation à différentes niches écologiques. Ces radiations peuvent constituer un moteur essentiel pour l'apparition de la diversité des espèces. Parmi les exemples les plus connus figurent les pinsons de Darwin sur les îles Galápagos, les iiwis d'Hawaii et les essaims d'espèces de cichlidés des grands lacs de l'Afrique orientale. Les cichlidés précisément montrent qu'une diversité phénotypique abondante peut apparaître en l'espace de quelques milliers d'années (lac Victoria) ou millions d'années (lac Malawi, lac Tanganyika).



Voir encadré 3: Les cichlidés du lac Tanganyika présentent une grande diversité phénotypique. Photo: A. Indermaur

cichlidés en sont la preuve. La concurrence alimentaire est la plus forte quand des formes phénotypiques similaires convoitent la même nourriture. Ce type de coévolution entraîne une spécialisation croissante. Mais plus le degré de spécialisation est élevé, plus la niche écologique sera réduite, ce qui favorise à nouveau la possibilité de nouvelles adaptations. De ce point de vue, on peut dire que la diversité existante crée une nouvelle diversité!

Darwin et la biologie de la conservation

Une vision évolutionniste de la protection des espèces

Claus Wedekind, Département d'écologie et d'évolution, Université de Lausanne, Biophore, CH-1015 Lausanne, Claus.Wedekind@unil.ch

De nombreuses activités humaines modifient la direction et le rythme de l'évolution. Ce fait exige une gestion des espèces en conséquence. Mais les bases scientifiques nécessaires ne sont disponibles qu'en de rares cas.

Les changements déterminent et caractérisent l'histoire de la vie sur cette planète. Des espèces disparaissent, d'autres apparaissent. Le changement en soi est donc normal. Ce qui est nouveau, c'est que ces changements sont aujourd'hui souvent provoqués par l'homme, de manière directe ou indirecte, et qu'ils se distinguent donc radicalement des changements d'autrefois. De plus, ils s'accomplissent aujourd'hui à un rythme extraordinaire. La perte d'espace vital, l'évolution et l'intensification de l'utilisation du sol, la disparition d'espèces essentielles, les invasions biologiques et le changement rapide du climat ont déclenché une crise considérée comme la sixième plus grande extinction d'espèces sur cette planète. La dernière extinction d'envergure eut lieu il y a environ 65 millions d'années.

Inconstance des écosystèmes

La réponse de la science à la crise actuelle de la biodiversité s'appelle biologie de la conservation. Le nom de cette discipline peut toutefois être mal interprété. Le concept de conservation souligne la sauvegarde et le maintien de ce qui existe. Or, il ne peut s'agir ici de la sauvegarde d'une stabilité idéale, car les systèmes biologiques ne sont pas très stables en temps normal et l'évolution n'est pas interrompue non plus dans les conditions actuelles.

Les modifications spontanées du génome – mutations ou restructurations, par exemple – continuent de se produire et sont inévitables. Elles créent de nouveaux phénotypes, qui doivent faire face à la sélection naturelle et sexuelle ou disparaître. S'ils résistent, une

espèce se modifie, et avec elle, selon les circonstances, la communauté des espèces de l'écosystème dans lequel elle joue un rôle. Les modifications de l'écosystème, quant à lui, font varier les forces de sélection qui agissent sur les espèces. La boucle de ferme ainsi, et il apparaît que, du seul point de vue de la biologie de l'évolution, les systèmes écologiques ne peuvent jamais être considérés comme constants. Les nouvelles conditions créées par l'homme modifieront toutefois la direction et le rythme de l'évolution. Les scientifiques prévoient une accélération. Selon toute vraisemblance, nous assisterons à de nouveaux exemples d'évolution rapide. Mais nous constaterons aussi de nouvelles pertes de diversité biologique, et ce en l'espace de quelques générations.

Il est intéressant de noter que la biologie de la conservation est certes axée sur des objectifs et donc fondamentalement différente des disciplines naturalistes classiques; il ne s'agit pas de comprendre les propriétés et les processus en soi, mais de sauvegarder tout à fait concrètement la biodiversité. Les opinions sont divisées en ce qui concerne la nécessité d'atteindre cet objectif.

Pour les uns, il est évident que nous avons un engagement moral de principe par rapport à la biodiversité. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'il ne peut simplement s'agir de préserver la biodiversité telle qu'elle se présente aujourd'hui ou bien telle qu'elle s'est présentée à un moment de référence donné, car les espèces et les communautés d'espèces ne cessent d'évoluer. D'autres apprécient la biodiversité en tant que source et garant de nombreuses propriétés et processus directement ou indirectement utiles à l'homme. Des écosystèmes qui fonctionnent, par exemple, régulent le microclimat et le régime local des eaux; ils décontaminent et recyclent, produisent des biens (poissons, bois, p. ex.), offrent des possibilités de détente et jouent surtout un

rôle culturel important partout où vivent des êtres humains.

Réactions évolutionnaires

Si l'on veut protéger la diversité biologique à long terme, il faut comprendre la dynamique des systèmes biologiques. Cela suppose une compréhension de l'évolution dans les circonstances actuelles. C'est à ce prix que l'on pourra correctement évaluer l'importance des interventions humaines.

Nous savons que les monocultures sont sensibles aux perturbations et qu'elles doivent donc faire l'objet de soins coûteux. La diversité biologique crée une stabilité dynamique difficile à comprendre en soi mais qui maintient des écosystèmes en bon état de fonctionnement. Si un écosystème se modifie, par suite du changement climatique ou d'une variation locale du régime des eaux, les conditions de vie dans lesquelles les espèces animales et végétales doivent survivre seront modifiées. Du point de vue de la biologie de l'évolution, il faut donc s'interroger sur le type de réactions évolutionnaires que nous pouvons prévoir selon les conditions et sur leur importance pour la sauvegarde de la population ou d'une communauté d'espèces. Les réactions évolutionnaires envisageables sont les suivantes:

> **Evolutionary trapping:** une population est captive sur le plan de son évolution; elle peut donc plus s'adapter à l'évolution de l'environnement en temps opportun, soit parce que les changements sont trop rapides, soit parce que la population ne dispose pas du matériel génétique nécessaire, soit parce que d'autres propriétés ou processus spécifiques empêchent cette adaptation.

> **Evolutionary suicide:** les adaptations nécessaires à la survie ou à la reproduction sont parfois préjudiciables à la survie d'une population. Animaux et végétaux ne sont pas développés pour assurer la survie de leur espèce; ils sont développés pour transmettre leurs

gènes aux prochaines générations aussi bien que possible. Le comportement de certains peut donc contribuer à la disparition d'une espèce. C'est parfois le cas si, par exemple, certains mâles réduisent par leur comportement les chances de reproduction d'autres mâles et même de certaines femelles.

> **Evolutionary rescue:** les adaptations évolutives à l'évolution des conditions ambiantes modifient une espèce/population et la «sauvent» de l'extinction.

Dans les deux premiers cas, des interventions d'urgence sont souvent nécessaires pour donner à une population une chance de survie. L'attention portera sans doute généralement sur le souci d'éviter des modifications préjudiciables de l'écosystème. Parfois cependant, il faut protéger une espèce contre elle-même, surtout si les populations s'amenuisent et s'il faut orienter le comportement de certains individus au profit de l'espèce. Dans le troisième cas, l'évolution des conditions ambiantes modifie une population durablement et peut-être définitivement.

Les praticiens attendent des réponses de la recherche, alors que nous sommes encore

confrontés à tant de questions. Par exemple, il est généralement reconnu que la variation génétique constitue la base de l'évolution. Il semble donc évident de recommander le maintien d'un maximum de variation génétique afin de sauvegarder le potentiel évolutif d'une population ou d'une espèce. Mais la variation génétique ne peut être jugée positive dans tous les cas. Si nous introduisons des feras d'Allemagne septentrionale dans un lac suisse et que ces feras se croisent ensuite avec les formes locales, cela accroîtra sans doute la variation génétique dans ce lac mais réduira peut-être l'adaptation locale et donc la viabilité moyenne à l'intérieur de la population. Par ailleurs, nous influençons également la spéciation qui se déroule actuellement dans les Préalpes à l'intérieur du groupe des feras.

Faut-il donc se contenter de sauvegarder la variation génétique locale? Ce serait parfois justifié et parfois insuffisant. Si par exemple nous construisons des barrages et séparons deux populations de poissons, nous réduirons l'échange génétique entre les populations et peut-être ainsi la possibilité d'une adaptation locale à l'évolution des conditions. Du point

de vue de la biologie de l'évolution, nous ne savons pas encore souvent comment gérer des aspects relativement délimitables comme la variation génétique d'une population. Concernant des questions plus difficiles telles que l'importance d'un choix naturel du partenaire pour la survie d'une espèce, la science ne peut pas encore vraiment fournir de recommandations quantitatives fiables.

Nous devons nous habituer à devoir gérer en principe la biodiversité; l'influence de l'homme sur les écosystèmes naturels est tout simplement trop grande. Nous ne devons pas non plus perdre de vue que cette gestion peut encore s'appuyer pendant longtemps sur les meilleures appréciations disponibles. Certaines bases de gestion existent, mais il faut encore en élaborer beaucoup d'autres en ce qui concerne les aspects quantitatifs et l'intégration d'aspects évolutifs. 150 ans après la parution de «L'Origine des espèces» de Darwin, la recherche en biologie de l'évolution est peut-être plus importante que jamais. ■

Théorie de l'évolution en image

Le singe rieur



(gk) Au printemps 1871, Charles Darwin fut contacté par le directeur du zoo de Londres, qui lui fit part d'un comportement animal intéressant observé par un des gardiens: un macaque à crête nouvellement arrivé riait quand on le «caressait». Enthousiasmé, Darwin chargea immédiatement un peintre animalier de dessiner le singe en train de rire (cf. illustration). Sur le dessin du bas, l'animal met la tête en arrière, ainsi

que les oreilles, il soulève légèrement les sourcils et ouvre la bouche pour émettre un son: le rire. Darwin publia le dessin dès 1872 dans son livre «L'Expression des émotions chez l'homme et les animaux», dans lequel trois jeunes filles en train de rire sont aussi représentées. Julia Voss écrit à ce sujet dans son livre fascinant «Darwins Bilder» (éditions Fischer, 2007): «Les lecteurs (...) eurent en main un des ouvrages les plus joyeux de l'histoire de la science. (...) Les images démentaient ce que ses plus féroces détracteurs lui avaient toujours reproché: la parenté avec l'animal dégraderait l'être humain. Darwin anoblit l'animal. L'association entre l'homme et l'animal n'a pas créé des hommes bestiaux, mais un animal humain.» La petite illustration en haut à gauche montre Polly, une chienne qui appartenait à la fille de Darwin, Henriette. Ce chien est le premier animal qui figure dans l'ouvrage de Darwin sur les émotions. Il partageait le bureau de Darwin. Le biologiste et écrivain Thomas Henry Huxley l'avait appelé en plaisantant, dans une lettre, «The Ur-Hund».

Illustration à droite: des archives de Darwin (C136 DAR 53.1), avec l'autorisation du Syndicat de la Cambridge University Library; La petite illustration à gauche et le fonds: <http://darwin-online.org.uk/>



L'héritage de Darwin

Evolution de la théorie de l'évolution

Daniel Prati et Markus Fischer, Institut de botanique, Université de Berne, daniel.prati@ips.unibe.ch, markus.fischer@ips.unibe.ch

Nous examinerons l'héritage de Charles Darwin depuis l'évolution de sa théorie jusqu'à son importance actuelle au niveau de l'application pratique en passant par son pouvoir de synthèse et son rayonnement scientifique au-delà de la biologie.

Évolution signifie changement. La biologie de l'évolution a aussi beaucoup changé depuis l'époque de Charles Darwin. De nouvelles découvertes ont été intégrées, telles que les mécanismes de la génétique; de nouvelles méthodes ont été appliquées, comme les techniques moléculaires; et l'intérêt s'est concentré sur de nouvelles questions telles que l'origine de la biodiversité dans son ensemble. Cependant, la théorie établie par Darwin (modification de la descendance) s'est maintenue pour l'essentiel.

Le pouvoir de synthèse

Le développement d'une science est considéré par de nombreux philosophes et scientifiques comme un processus qui présente certains points communs avec l'évolution. Le philosophe britannique et autrichien Karl Popper (1902–1994), par exemple, constatait l'existence de plusieurs hypothèses concurrentes et estimait que l'hypothèse qui correspondait le mieux aux observations de la nature s'avérerait finalement la plus solide. Selon le théoricien Thomas Kuhn (1922–1996), la science consiste en une alternance de brèves phases révolutionnaires et de périodes prolongées dites normales, où la science, captive des paradigmes, ne produit rien de fondamentalement nouveau.

La similitude avec la théorie biologique du ponctualisme («punctuated equilibrium») de Stephen J. Goulds (1941–2002) est évidente. Les deux conceptions du développement scientifique sont au fond antinomiques, c'est-à-dire dictées par l'incompatibilité des appro-

ches. Ce qui manque à ces modèles gnoseologiques, mais s'avère nécessaire pour comprendre l'évolution de la biologie de l'évolution, c'est le pouvoir de synthèse créatif propre à différents courants.

Darwin lui-même fut le premier grand synthétiseur. Il intégra notamment dans sa théorie de nouvelles estimations géographiques sur l'âge de la Terre ainsi que des découvertes sur la démographie, la lutte pour les ressources naturelles et l'amélioration des plantes et les combina avec ses observations approfondies de la nature. Mais Darwin n'avait pas d'idées précises sur les mécanismes de l'hérédité. Une anecdote raconte que, le jour de sa mort, le texte de Gregor Mendel (1822–1884) «Expériences sur les hybrides végétaux» fut trouvé sur le bureau de Darwin. Il aurait été intéressant de savoir, non seulement pour des raisons historiques, comment Darwin réagissait face aux découvertes de ses contemporains. Les premiers partisans de Mendel considéraient en effet que la transmission de gènes discrets était en contradiction avec l'évolution lente et continue prônée par Darwin.

Il fallut attendre le milieu des années 1930 pour que la synthèse suivante s'effectue, à savoir entre la théorie de l'évolution de Darwin et les lois sur l'hérédité de Mendel. Le déplacement continu de caractéristiques phénotypiques, propre à la théorie darwinienne de la sélection, ne devait plus s'opposer à la transmission héréditaire d'éléments non continus, les allèles discrets, tels que Mendel les concevait. Mais de nouveaux acquis de la biologie cellulaire, de la paléontologie, de la morphologie et de la systématique furent également intégrés pour aboutir à cette synthèse qui constitue encore le paradigme de la biologie de l'évolution. Cela peut paraître bizarre aujourd'hui que cette étape soit désignée par le terme de «synthèse moderne» dans la littérature. Surtout dans la mesure où la première pierre de ce que l'on appelle aujourd'hui la biologie

moderne fut posée à peu près à la même époque: l'identification de l'ADN comme vecteur de l'information génétique et le décryptage du code génétique qui s'ensuivit.

Cette phase de synthèse fut également suivie d'une période de division, cette fois entre la biologie de l'évolution (qui préconisait une interprétation de plus en plus génétique et mathématique de l'évolution), l'écologie (qui examinait les organismes dans leur environnement naturel et ne savait que faire de la théorie de la variation des fréquences géniques) et la biologie moléculaire (qui s'intéressait au passage de l'ADN aux phénotypes).

Synthèse de la biologie systémique et de la biologie écosystémique

John Maynard Smith (1920–2004), un des grands spécialistes de démogénétique du XXe siècle, remarqua un jour que les étudiants des années 1960 étaient familiarisés avec l'écologie, les exigences édaphiques et climatiques ou le comportement des espèces, et qu'il devait donc avant tout leur enseigner la théorie génétique de l'évolution. Vingt ans plus tard, il dut constater que les étudiants maîtrisaient le vocabulaire formel de la génétique et qu'il fallait désormais souligner que l'évolution se déroulait «en dehors dans la nature» et que chaque espèce était intégrée dans un contexte peuplé de concurrents, de prédateurs, de pathogènes et de mutualistes. La synthèse en cours d'élaboration aujourd'hui vise à associer les méthodes de la biologie moléculaire aux questions liées à l'écologie et à la biologie de l'évolution.

Dans les disciplines à vocation mécaniste de la biologie, la biologie dite systémique s'est développée durant les dernières années; elle a pour objectif d'obtenir une vue globale des différents processus à tous les niveaux possibles des degrés d'organisation biologique – depuis le génome jusqu'à l'organisme complet en passant par les cellules. Il s'agit d'enrichir cette

pensée systémique par des approches propres à l'écologie évolutionnaire. La division observée jusque-là entre les disciplines montrent que la notion de biologie systémique n'est apparue que récemment dans la biologie moléculaire et cellulaire, alors qu'elle est ancrée depuis longtemps dans le concept de biologie écosystémique, chez les biologistes de l'évolution et les écologistes, depuis l'écologiste et botaniste britannique Arthur George Tansley (1871-1955). La synthèse actuellement en suspens pourrait donc être désignée avec pertinence comme la synthèse entre la biologie systémique et la biologie écosystémique. Une fois de plus, la biologie de l'évolution montre ici la voie. La Suisse, pays relativement riche en chercheurs axés sur l'évolution, semble parfaitement armée pour fournir une contribution déterminante à cette synthèse.

Applications pratiques

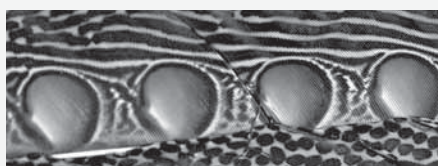
Dans les universités suisses travaillent non seulement des biologistes de l'évolution proprement dits, mais aussi des scientifiques spécialisés en écologie, systématique, comportement et même philosophie, économie, linguistique et médecine qui s'inspirent de questions évolutionnaires. Rien n'illustre mieux l'énorme influence de Darwin sur la science d'aujourd'hui que le rayonnement de sa théorie dans des domaines autres que la biologie. Il serait peut-être donc temps de repenser le célèbre aphorisme de Theodosius Dobzhansky (1900-1975), «rien en biologie n'a de sens si ce n'est à la lumière de l'évolution», et de réviser sa limitation au domaine biologique.

En même temps, d'innombrables questions liées à la biologie de l'évolution se posent aussi sur le plan des applications. Pour savoir si, face à l'évolution du climat et de l'utilisation du sol, les espèces seront en mesure de se diffuser assez vite ou de s'adapter, il faut posséder des connaissances sur les flux géniques entre les populations et l'ampleur de la variation génétique de caractéristiques écologiquement pertinentes. Dans le domaine de la biologie des invasions, il faut se demander si la diffusion d'espèces exogènes peut s'expliquer avant tout par l'évolution pendant le processus d'invasion ou si seules certaines espèces, pré-adaptées, ont réussi à se diffuser. Il importe aussi de savoir si et comment les parasites

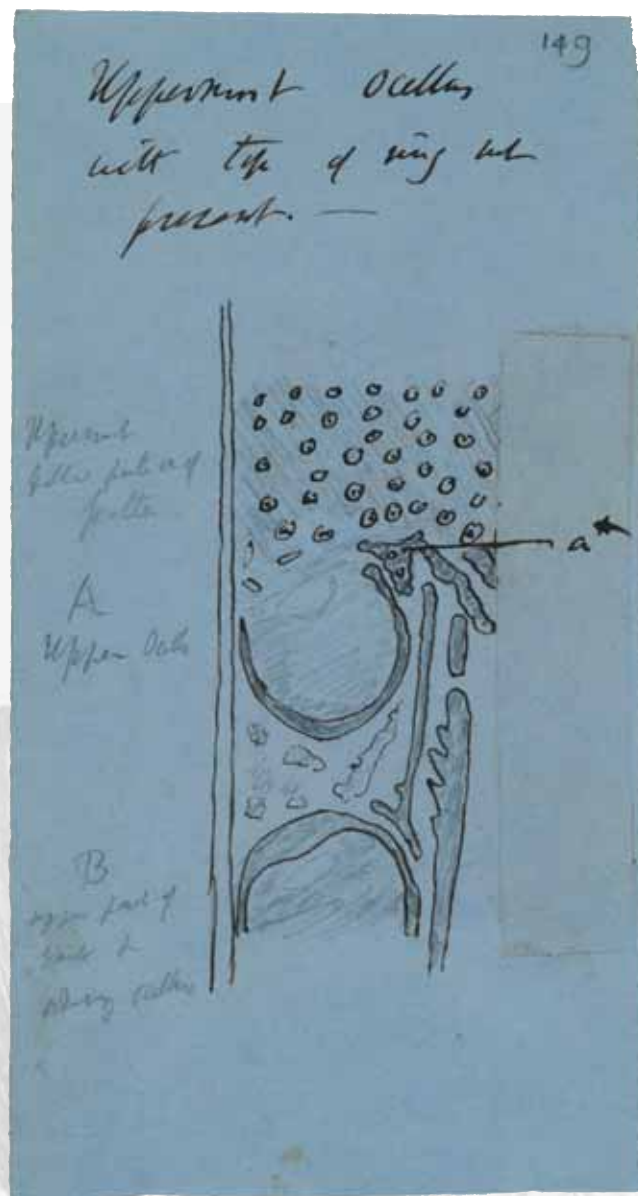
développent des résistances contre les agents chimiques, si les variétés locales d'arbres fruitiers ou d'autres plantes utiles peuvent aussi faire l'objet d'une culture rentable à l'avenir ou s'il faut considérer comme menacées les variétés rares, surtout en raison de leur faible capacité d'adaptation. La réponse à ces questions peut permettre à la biologie de l'évolution de contribuer à la qualité des applications pratiques. ■

Théorie de l'évolution en image

Quart d'heure américain



(gk) Charles Darwin écrivait en 1859 que l'existence d'un seul produit naturel qui ne puisse s'expliquer par l'évolution condamnerait sa théorie à l'échec. Les superbes plumages du paon ou de l'argus géant lui posèrent d'abord des problèmes. Les détracteurs de Darwin voyaient dans ces structures stupéfiantes des chefs-d'œuvre divins, qui ne pouvaient s'expliquer par l'évolution. Darwin releva le défi et se mit à dessiner les ornements des plumes d'argus tout en cherchant des variations fortuites. Son talent de dessinateur était limité mais cela ne compromettrait pas son projet. Darwin put montrer que les ornements apparemment parfaits consistaient en d'innombrables points, raies, taches et courbes (cf. grande illustration). Et il parvint à reproduire l'évolution des structures «divines» et à mettre en évidence le mécanisme sous-jacent: la sélection sexuelle. La variation naturelle des ornements est soumise à la sélection par les faisanes, qui choisissent toujours le mâle qui présente le plumage le plus somptueux. La beauté du plumage de nombreuses espèces d'oiseaux n'a donc pas pour but de plaire aux humains mais de servir d'atout lors de la parade.



Grande illustration: des archives de Darwin (f.149r, DAR 84) avec l'autorisation du Syndicat de la Cambridge University Library; Illustration de fond: <http://darwin-online.org.uk/>; Photo: extraite de www.zmuc.dk

Evolution MegaLab

Sélection naturelle dans le jardin

Bruno Baur, Institut pour la protection de la nature, du paysage et de l'environnement, Université de Bâle, CH-4056 Bâle, bruno.baur@unibas.ch, et Eva Inderwildi, Association suisse pour la protection des oiseaux ASPO/BirdLife Suisse, CH-8036 Zurich, eva.inderwildi@birdlife.ch

«Evolution MegaLab», campagne mondiale unique en son genre menée dans le cadre de l'année Darwin, est censée présenter de manière séduisante un aspect de l'évolution, à savoir la sélection naturelle, aux écoliers ainsi qu'au grand public. L'instrument utilisé consiste en une combinaison d'Internet et d'observations personnelles sur le terrain.

Les escargots à bandes *Cepaea nemoralis* et *C. hortensis*, espèces très répandues, servent d'organismes modèles. Leur coquille peut être jaune, rose ou brune. La couleur de fond peut être partiellement couverte par une à

oiseaux cherchent leur proie avec les yeux, ils attrapent principalement les escargots qui ne sont pas bien camouflés. Dans des forêts ombragées, ce sont surtout les individus à coquille claire. Ainsi la recherche sélective de nourriture (= sélection naturelle) peut modifier la fréquence des couleurs de coquille. Mais si la population de grives musiciennes décroît fortement dans une région, comme en Angleterre par exemple, la pression de la sélection disparaît, et les escargots à coquille claire devraient se montrer à nouveau plus fréquents.

La couleur de la coquille influence aussi la régulation de la température de l'escargot. Les coquilles claires reflètent les rayons du soleil,

bre de grives musiciennes et le réchauffement climatique peuvent exercer une influence visible sur les fréquences relatives des différentes couleurs de coquille. L'accent est mis sur l'observation volontaire de la nature.

«Evolution Megalab» est dirigé par des spécialistes de l'Open University britannique, en étroite collaboration avec des experts de divers pays. En Suisse, l'opération est suivie sur le plan scientifique par l'Université de Bâle et l'information est diffusée par l'Association suisse pour la protection des oiseaux ASPO/BirdLife Suisse. ■



La variété des couleurs de coquille et des bandes dans une population d'escargots à bandes (*Cepaea nemoralis* et *Cepaea hortensis*) est l'indice d'une grande diversité génétique.

Photos: Bruno Baur (à gauche), Robert Cameron.

cinq bandes marron foncé. Mais bon nombre d'escargots ne présentent aucune bande. Plus les couleurs de la coquille et les types de bandes sont variés, plus la diversité génétique est grande.

Les fréquences relatives des différentes couleurs de coquille et motifs de bande dans une population sont déterminées par les effets fondateurs, la dérive génétique, l'émigration et l'immigration (flux géniques) et la sélection naturelle. Les grives musiciennes se nourrissent parfois d'escargots à bandes. Comme les

alors que les coquilles sombres les absorbent davantage. Celles-ci sont donc plus fréquentes dans le nord de l'Europe et les coquilles claires, dans les régions plus chaudes du sud. Il est prévisible que le réchauffement climatique augmente la fréquence des coquilles jaunes sous nos latitudes.

La campagne «Evolution MegaLab» invite toutes les personnes intéressées de tous les pays d'Europe à collecter des données, qui seront comparées avec des indications historiques, pour savoir si un éventuel recul du nom-

Participation active recherchée

Participez aussi à l'opération «Evolution MegaLab». Recensez la diversité des escargots à bandes dans votre jardin, dans la forêt voisine ou sur une prairie de votre commune. Si vous entrez les informations collectées, vous aurez la possibilité de les comparer avec les autres données sur une carte GoogleEarth et de constater les fréquences des différentes couleurs de coquille et dessins de bandes dans le village voisin, en Angleterre ou en Suède. Le site Internet permet aussi de comparer les données relevées il y a 25 ans ou avant.

«Evolution MegaLab» convient particulièrement aux classes qui ont le thème de l'évolution au programme. Mais les familles et les personnes seules sont aussi invitées à partir à la recherche des escargots entre le printemps et l'automne 2009. Le site Internet «Evolution Mega-Lab» (www.birdlife.ch/schnecken) sera officiellement mis en ligne le 12 février 2009, c'est-à-dire exactement le jour anniversaire de la naissance de Darwin. Le site contient toutes les informations, et fiches de détermination et d'observation nécessaires. Du matériel pédagogique téléchargeable (en allemand) est à la disposition des enseignants.

Le travail de conservation de la CPC dans le contexte de la théorie de Darwin

Robert Zollinger, Biologische Samengärtnerei, CH-1897 Les Evouettes, robert.zollinger@zollinger-samen.ch
 info@cpc-skek.ch, www.cpc-skek.ch

Charles Darwin a formulé des principes toujours en vigueur au sujet de l'amélioration des plantes cultivées. Il préconisa ainsi une sélection de plantes axée sur l'usage, qui donna lieu à l'avènement de nombreuses variétés. En Suisse, bon nombre de ces variétés sont conservées dans le cadre du Plan d'action national (PAN). La conservation des variétés est étroitement liée à la théorie darwinienne de l'évolution tant du point de vue historique que technique. Elle est coordonnée par la Commission suisse des plantes cultivées (CPC) et financée par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG).

Le chapitre premier du livre de Charles Darwin, «L'Origine des espèces», s'intitule «De la variation des espèces à l'état domestique». L'analyse des activités de jardiniers et de cultivateurs constituait pour Darwin une base importante dans l'établissement de sa théorie. Elle indique que l'évolution des organismes repose sur deux facteurs qui se conditionnent et se complètent: la variabilité héréditaire et la sélection. La sélection ne peut agir que s'il existe une variation intra-spécifique.

Depuis des millénaires, les hommes ont domestiqué plus ou moins consciemment des plantes et des animaux, par le biais de la sélection, et les ont modifié comme bon leur semblait. Darwin écrivait à ce sujet: «Il serait étrange, d'ailleurs, que, l'hérédité des bonnes qualités et des défauts étant si évidente, l'élevage n'eût pas de bonne heure attiré l'attention de l'homme. (...) Le procédé consistait à cultiver toujours les meilleures variétés connues, à en

semer les graines et, quand une variété un peu meilleure venait à se produire, à la cultiver préférentiellement à toute autre.»

L'amélioration par la sélection requiert un grand nombre d'individus. Darwin disait à ce sujet: «Quand les individus sont en petit nombre, on permet à tous de se reproduire, quelles que soient d'ailleurs leurs qualités, ce qui empêche l'action sélective de se manifester.» Dans les projets de conservation du Plan d'action



Diversité des variétés de carottes vers 1885. Album Benary 1876-1893, Tab IV.
 Réimpression Manuscriptum Verlagsbuchhandlung, Leipzig 2000.

national, c'est le contraire. Pour toute multiplication de la semence, il faut cultiver autant de plantes permettant une sélection négative suffisante. Darwin à ce propos: «Quand une variété de plantes est suffisamment fixée, le sélectionneur ne choisit plus les meilleures plantes,

mais enlève seulement ceux, qui dévient trop du type original.»

La sélection exige que l'on connaisse le type de variété souhaité. Le PAN tient également compte de cet aspect. Lors des examens de variétés, les variétés importantes pour la Suisse figurant sur la liste positive sont décrites selon les critères de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV) ainsi que des données complémentaires, agronomiquement relevant. Sans ces informations, les caractéristiques spécifiques des variétés peuvent se perdre très rapidement. Comme l'écrivait Darwin, «... les amateurs n'admettent pas un type moyen, mais préfèrent les extrêmes.»

«Mais le point le plus important est, sans contredit, que l'animal ou la plante soit assez utile à l'homme, ou ait assez de valeur à ses yeux, pour qu'il apporte l'attention la plus scrupuleuse aux moindres déviations qui peuvent se produire dans les qualités ou dans la conformation de cet animal ou de cette plante. Rien n'est possible sans ces précautions..» Ce constat de Darwin est révélateur; qui voudrait le contredire? Il entend par là, la garantie de la qualité. Seule une culture conservatrice fondée sur la compétence technique et le soin peut maintenir une variété à un niveau de qualité élevé pendant une période prolongée ou même l'améliorer. L'approche du PAN pourrait être améliorée selon la formulation de Darwin: les variétés conservées dans le cadre du PAN ne devraient pas simplement être multipliées pour obtenir des semences, mais aussi utilisées en tant que plantes cultivées et appréciées pour l'intégralité de leurs qualités. ■

Le compte à rebours 2010 a commencé

La Suisse a-t-elle bien appris sa leçon?

Daniela Pauli, Forum Biodiversité Suisse, CH-3007 Berne, pauli@scnat.ch

Les chercheurs analysent actuellement l'évolution de la biodiversité en Suisse. Est-elle toujours en régression ou la chute a-t-elle pu être enrayerée? Une bonne nouvelle en tout cas: un projet de stratégie nationale devrait être mis sur pied d'ici 2010.

Contrairement à la Convention sur le climat et au Protocole de Kyoto, la Convention sur la biodiversité a longtemps négligé de fixer des objectifs quantitatifs et des délais pour leur réalisation. Les choses ont changé à la conférence des Etats signataires organisée à Johannesburg en 2002: les partenaires de la convention ont décidé de réduire notablement la diminution de biodiversité d'ici 2010. Les ministres européens de l'environnement, notamment de Suisse, se sont même engagés à Kiev en 2003 à endiguer complètement la diminution de la biodiversité.

Une chose est déjà sûre aujourd'hui: la question concernant la réalisation effective de cet objectif ne peut se contenter d'un «oui» ou d'un «non» en guise de réponse. La biodiversité est trop variée pour se limiter à un unique chiffre. Au contraire, il faut recourir à divers indicateurs et mesures, dont la valeur pourrait avoir évolué au fil du temps: le nombre d'espèces de différents groupes d'organismes, la diffusion des espèces, l'extension et la qualité des habitats, la diversité génétique ou le fonctionnement des écosystèmes, par exemple. Ce dernier peut notamment être vérifié d'après la capacité de stockage du CO₂ par les hauts-marais. Plus nous connaissons dans les nuances la manière dont les différents aspects et niveaux de la biodiversité ont évolué, plus

nous pourrons en dériver avec précision les initiatives qui s'imposent.

Le Forum Biodiversité Suisse a pris la direction de la vérification de l'objectif lié à la biodiversité. En collaboration avec des experts, il détermine les tendances actuelles à tous les niveaux de la biodiversité. Les résultats seront publiés en 2010 dans un ouvrage scientifiquement étayé.

Suisse: stratégie en vue pour la biodiversité

En 2010, la Suisse posera les premiers jalons en faveur de la biodiversité. Un projet de stratégie nationale devrait être mis sur pied d'ici là. Dès octobre 2004, le Forum Biodiversité Suisse avait présenté les bases scientifiques d'une stratégie. En mai 2008, la conseillère nationale Adèle Thorens Goumaz déplorait que la biodiversité n'ait jamais été mentionnée durant la période de législature de la Confédération et demandait que soit entreprise l'élaboration d'une stratégie nationale. Le Parlement approuva cette requête en septembre.

Au cours des mois à venir, la stratégie en faveur de la biodiversité sera élaborée sous l'égide de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Il nous importe tout particulièrement que les scientifiques soient d'emblée intégrés dans ce processus important. La stratégie doit incorporer les nombreux programmes, plans d'action et instruments existants dans un cadre global et les harmoniser afin d'éviter les conflits d'objectifs et les doubles emplois, et de mettre en évidence les lacunes subsistantes. L'objectif doit être de mettre en œuvre, à l'avenir, les moyens disponibles là où ils seront les plus utiles à la biodiversité. ■



Photo Beatrice Rümmele

La plate-forme Biologie de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) a mis en place un site d'échange et d'information séduisant à l'occasion de l'année Darwin (www.biologie.scnat.ch/f/Darwin/).

Vous y trouverez notamment une banque de données où figurent des experts de Darwin ainsi qu'un calendrier des manifestations organisées dans toutes les régions de Suisse. Nous avons noté tout particulièrement le projet tomARTen du Musée de la nature de Thurgovie. Il associe diversité des espèces et biodiversité avec la théorie de l'évolution de Darwin. Le titre du projet est une combinaison des mots «tomate» et «art». Il s'agit en effet d'un projet artistique, qui entend offrir un accès à la biodiversité à l'exemple de la tomate. A cet effet, le Musée de la nature distribuera une grande diversité de plants de tomate à des volontaires qui se chargeront de les cultiver jusqu'à maturité (www.tomarten.ch).

Le Forum Biodiversité Suisse envisage d'établir un calendrier de manifestations analogue à l'occasion de l'année de la biodiversité 2010. Si vous prévoyez des excursions, des expositions, des exposés etc. sur le thème de la biodiversité, veuillez nous contacter à l'adresse: biodiversity@scnat.ch.



Centre d'échange suisse Biodiversité

Le système d'information de la Confédération sur la biodiversité

Eric Wiedmer, Secrétariat CH-CHM, eric.wiedmer@gruner.ch

L'année prochaine sera l'année internationale de la biodiversité. La question se pose de savoir si l'objectif fixé il y a dix ans (réduire notablement la perte de biodiversité jusqu'en 2010) sera atteint. Quelle contribution la Suisse fournit-elle pour que cet objectif se réalise? Le Centre d'échange suisse Biodiversité (CH-CHM) en donne un bon aperçu.

Le mécanisme de clearing house (CHM) est le réseau mondial d'information de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Le site de la CDB sert de plate-forme centrale (www.cbd.int). Des CHM nationaux y sont affiliés.

Le Centre d'échange suisse Biodiversité (<http://www.ch-chm.ch>) existe depuis 2002 (cf. Hotspot 7/2003). Le portail, qui englobe une banque de données dotée d'une fonction de recherche, a été amélioré en permanence. Il sert de plate-forme d'information pour les protagonistes internationaux ainsi que d'instrument de travail pour les autorités suisses et le grand public. Toutes les informations pertinentes possibles fournies par les pouvoirs publics doivent être intégrées dans le CH-CHM.

La liste du menu permet d'accéder au CH-CHM; elle contient les informations de base au sujet de la Convention sur la biodiversité (CDB) et présente l'organisation de sa mise en œuvre en Suisse ainsi que les multiples instruments servant à la protection et à l'utilisation durable de la biodiversité. Le dossier «Rapports nationaux» ne contient pas seulement les rapports officiels de la Suisse adressés à la CDB, mais aussi ceux destinés à d'autres

conventions et organisations importantes pour la biodiversité.

Les dossiers du menu «Programmes thématiques» et «Questions intersectorielles» s'inspirent de l'organisation du travail au sein de la CDB. Ces dossiers fournissent un tour d'horizon de la situation en Suisse, offrent des hyperliens avec les services fédéraux et listent les publications et projets de la Confédération sélectionnés. Les dossiers du menu fournissent aussi des liens avec les bases de travail de la CDB, telles que stratégies, lignes directrices, documents, décisions des conférences d'Etats signataires ainsi que les pages spécifiques du vaste site de la Convention sur la biodiversité.

Le thème intersectoriel «Objectif 2010» s'écarte de l'organisation décrite ci-dessus. Ce dossier décrit la mission de la CDB, qui souhaite obtenir une réduction notable de la perte de diversité biologique d'ici 2010. Les sous-objectifs quantitatifs et qualitatifs de la convention y sont présentés. Dans ces objectifs partiels figurent les indicateurs de la Confédération (p. ex. MBD, MONET, monitoring agro-environnemental). Cela permet d'établir une première estimation approximative de la contribution de la Suisse à la réalisation des objectifs internationaux.

La fenêtre «Recherche» permet d'explorer la banque de données à partir de mots-clés. L'information peut aussi être consultée sur

une base thématique, c'est-à-dire d'après les programmes de la CDB. Un simple clic – par exemple sur le programme relatif à l'agro-biodiversité – permet d'obtenir l'information pertinente de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), de la Direction pour le développement et la coopération (DDC) et d'autres sources (stations de recherche de la Confédération, p. ex.).

Pour toute question sur le CH-CHM et la Convention sur la biodiversité, vous pouvez utiliser la touche «Contact», et nous nous ferons un plaisir de vous apporter la réponse. ■



Photo Gregor Klaus



Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)

A l'assaut des villes grâce à la faculté d'adaptation

Urs Draeger, Service de coordination MBD, draeger@comm-care.ch

Les données du MBD suggèrent que la diversité des espèces végétales n'est pas très élevée dans le milieu urbain. Ce sont surtout les espèces dotées d'une bonne faculté d'adaptation qui s'y sont établies. Certaines espèces de mousses s'avèrent particulièrement efficaces et constituent de nouvelles communautés en milieu urbain.



Autrefois plutôt rare, aujourd'hui très fréquent grâce à sa faculté d'adaptation: le bryum d'argent (*Bryum argenteum*). Foto Norbert Schnyder

Le bryum d'argent (*Bryum argenteum*) est un expert en adaptation. Ce résident habituel des rochers et des zones alluviales apparaît aujourd'hui sur de très nombreuses surfaces d'échantillonnage du MBD situées en milieu urbain. La mousse s'adapte parfaitement aux conditions difficiles de la ville: elle supporte le piétinement, le passage des voitures, les gaz d'échappement, les engins de nettoyage et le sel. D'autres mousses ou espèces végétales qui lui font concurrence dans les habitats naturels sont généralement bien moins résistantes aux

conditions de vie urbaines. Dans son milieu d'origine également, le bryum d'argent ne parvient à survivre que si les influences environnementales telles que les inondations déciment ses concurrents. En revanche, si un site est épargné, le bryum d'argent en sera rapidement évincé. Ce destin lui est habituellement épargné en milieu urbain: la mousse, typique des interstices de pavés, s'établit jusque dans le centre des villes. Elle pousse presque partout, jusque dans les fentes des trottoirs et les caniveaux. La survie dans un environnement difficile est un gage de réussite: grâce à cette grande faculté, cette mousse autrefois plutôt rare est aujourd'hui fréquente dans toute la Suisse.

Le MBD peut attester de cette évolution grâce à l'indicateur essentiel Z9 «Diversité des espèces dans les habitats». Le programme fédéral montre la répartition des espèces dans les habitats et la fréquence d'une espèce donnée dans certains milieux – surfaces agricoles, forêt ou milieu urbain. Les milieux urbains sont particulièrement intéressants du point de vue de la faculté d'adaptation des espèces, car ce sont des habitats relativement récents dans l'histoire de l'évolution. Y vivent surtout des espèces capables de faire face aux nouvelles conditions. Les mousses s'en sortent apparemment bien: les surfaces d'échantillonnage du MBD en milieu urbain hébergent quelques espèces de mousses qui se révèlent rares sur d'autres surfaces du MBD (cf. tableau).

Dans le milieu urbain, les mousses constituent en outre des communautés spécifiques, qui se distinguent nettement des communautés établies en forêt ou en zone agricole. Leur spécificité réside dans la combinaison d'espèces également présentes sans le paysa-

ge rural et de mousses qui poussent en temps normal sur des roches calcaires. Il en résulte une nouvelle composition d'espèces typique du milieu urbain.

Diversité moyenne en milieu urbain

Hormis pour les mousses, le MBD ne constate aucune composition d'espèces propre au milieu urbain pour les plantes vasculaires et les mollusques. La composition des espèces de plantes et de mollusques y ressemble davantage à celle des terres cultivées. Contrairement à l'opinion de nombreux experts, la diversité des espèces végétales en milieu urbain ne semble pas particulièrement riche. Si l'on prend en considération l'ensemble des surfaces d'échantillonnage – y compris les surfaces imperméabilisées donc –, la diversité moyenne des espèces de milieu urbain ne diffère guère de celle observée en zone rurale ou en forêt (cf. diagramme).

A vrai dire, il importe de prendre en compte que la diversité des surfaces d'échantillonnage en milieu urbain est plus grande qu'en forêt ou en zone agricole. La surface d'échantillonnage moyenne du MBD en ville accueille donc relativement peu d'espèces végétales, mais la composition végétale peut présenter des variations relativement fortes d'une surface d'échantillonnage à l'autre. Les résultats du MBD contredisent à cet égard l'hypothèse fréquente selon laquelle le milieu urbain serait particulièrement riche en espèces, mais que cette diversité se composerait toujours plus ou moins des mêmes espèces végétales.

Il en va autrement si l'on exclut de l'évaluation l'ensemble des surfaces d'échantillonnage imperméabilisées. Dans ce cas, le milieu urbain s'avère relativement riche en

espèces. Tant la diversité des plantes vasculaires que des mousses et des mollusques se révèle en moyenne supérieure à celle observée sur les terres agricoles. Concernant les plantes vasculaires, la diversité moyenne des espèces en milieu urbain est même supérieure à celle observée en forêt, ce qui suggère que le milieu urbain peut bénéficier d'une diversité d'espèces relativement élevée pour autant qu'il y ait des surfaces non imperméabilisées en nombre suffisant.

Imperméabilisation du centre-ville

On constate à vrai dire de grandes différences d'une ville à l'autre. Le service de

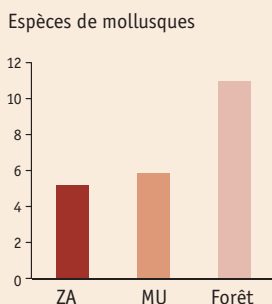
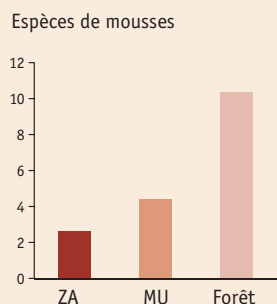
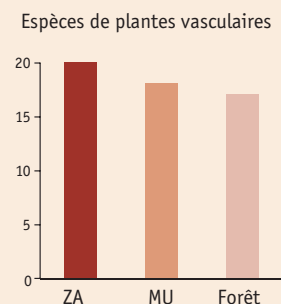
coordination du MBD a évalué des surfaces d'échantillonnage situées dans des zones que le modèle numérique du paysage de la Suisse («Vector25») de l'Office fédéral de topographie appelle «agglomérations». La topographie nationale entend par là toutes les zones bâties, depuis les petits villages jusqu'aux métropoles telles que Bâle et Genève. Les analyses révèlent que la diversité des espèces moyenne décroît avec l'augmentation de la taille de l'agglomération – tant pour les plantes vasculaires que pour les mousses et les mollusques. Principe de base: plus la ville est grande, plus la diversité des espèces est réduite. Ce constat pourrait être lié au fait que la diversité des

espèces décroît au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre – une corrélation indépendante de la prise en considération ou non des zones imperméabilisées.

La plus faible diversité des espèces ne s'explique donc pas par le fait que le centre des villes présente davantage de surfaces imperméabilisées. Au contraire, la pauvreté relative en espèces pourrait être imputable au fait que beaucoup d'espèces ne parviennent pas à pénétrer jusqu'au centre des villes. A cet égard, le bryum d'argent constitue une exception. ■

Espèces indicatrices dans les agglomérations (plantes vasculaires, mousses, mollusques)

Nom scientifique	Nom français
PLANTES VASCULAIRES	
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel
<i>Poa pratensis</i> (agg.)	Pâturin des prés
<i>Cardamine hirsuta</i>	Cardamine hérissée
<i>Glechoma hederacea</i> s.l.	Lierre terrestre
<i>Festuca rubra</i> s.l.	Fétuque rouge
MOUSSES	
<i>Bryum argenteum</i>	Bryum d'argent
<i>Tortula muralis</i>	Barbule des murs
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Hypne pointue
<i>Schistidium apocarpum</i>	<i>Schistidium apocarpum</i>
<i>Amblystegium serpens</i>	<i>Amblystegium serpens</i>
MOLLUSQUES	
<i>Vallonia costata</i>	<i>Vallonia costata</i>
<i>Cecilioides acicula</i>	Aiguillette
<i>Vertigo pygmaea</i>	Vertigo pygmée
<i>Punctum pygmaeum</i>	Hélice pygmée
<i>Hygromia cinctella</i>	<i>Hygromia cinctella</i>



Diversité moyenne des espèces en zone agricole (ZA), en milieu urbain (MU) et en forêt, pour les trois groupes d'espèces étudiées (surfaces imperméabilisées comprises).

Court-métrages sur les méthodes du MBD

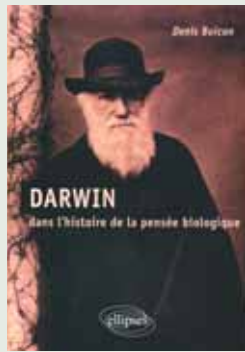


En quête de bonnes images: l'équipe de tournage au travail. Photo Natalie Oberholzer

Quand ils recensent la diversité des espèces sur le terrain, les collaborateurs du MBD s'en tiennent strictement à une méthodologie très normalisée et mise au point tout spécialement pour le programme. Elle garantit la reproductibilité des relevés et la comparabilité des données inventoriées au fil des années.

Deux nouveaux court-métrages peuvent être visionnés sur le site de la MBD; ils donnent une idée de la manière dont les relevés s'effectuent sur le terrain. Ils expliquent clairement la méthodologie, sans entrer toutefois dans les moindres détails. Le premier film explique comment la diversité des espèces est recensée dans les paysages; le second présente le recensement de la diversité des espèces dans les habitats.

www.biodiversitymonitoring.ch > Concept > Relevés



Darwin: évolution et controverses

(pl) Le fil rouge du livre est tramé autour de l'œuvre monumentale de Charles Darwin, véritable révolution dans la pensée scientifique. La révolution de l'évolution, avec ses retombées exceptionnelles, tant en biologie qu'en sciences humaines, marque d'une empreinte durable la connaissance moderne. En faisant une analyse critique du darwinisme, et en gardant toute la rigueur scientifique, le livre présente l'avant-Darwin, la période de Darwin et l'après-Darwin dans l'histoire de la pensée biologique. Il

présente donc l'évolution de l'évolutionnisme mais aussi ses controverses. Cet ouvrage, riche en documentation, ouvre les fenêtres vers des paysages nouveaux qui, du darwinisme en passant par la théorie synthétique et la sociobiologie, débouchent sur la théorie synergique de l'évolution à l'orée de l'évolutique et du génie génétique.

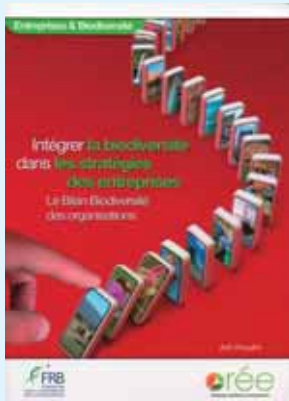
Darwin dans l'histoire de la pensée biologique. D. Buican (2008). Editions Ellipses, Paris. 232 p., 16 EUR. Commande: www.editions-ellipses.fr

Stratégie d'entreprise et biodiversité

(pl) Ce guide conduit à un double défi: à partir de nouveaux outils, réconcilier activités économiques et biodiversité en mobilisant les entreprises. Il est divisé en 4 chapitres. Le premier présente la méthodologie utilisée pour analyser les interactions, directes et indirectes, entre entreprises et biodiversité via l'analyse des niveaux de dépendance directe des branches d'activités par rapport au monde vivant et la construction d'un Indicateur d'interdépendance de l'entreprise à la biodiversité (IIEB). Le second présente l'image que 25 entreprises et collectivités se font de leur interdépendance par rapport à la

biodiversité. La troisième partie propose ensuite les fondements méthodologiques pour construire des partenariats durables entre entreprises et biodiversité. Est ainsi esquissé le «Bilan Biodiversité» des organisations. Enfin le dernier chapitre présente 9 initiatives innovantes visant à s'inscrire dans une logique de co-viabilité entre le monde vivant et celui des entreprises.

Intégrer la biodiversité dans les stratégies des entreprises: le bilan biodiversité des organisations. J. Houdet. (2008). Editions orée et FRB, Paris. 393p., Télécharger sur: www.oree.org



7 portraits d'oiseaux pour nous expliquer la perte de la biodiversité

(dm) Chaque année, en Suisse, une espèce animale disparaît. Ce livre se concentre sur le cas des oiseaux. A travers sept magnifiques portraits d'oiseaux connus de tous, il décrit villes, terres cultivées, marais, lacs, rivières, Alpes et forêts, et explique comment et pourquoi certaines espèces se raréfient, disparaissent complètement ou ressuscitent après une réintroduction. Avec force détails, Blaise Mulhauser retrace l'évolution de ces espèces, les difficultés et les obstacles rencontrés dans leurs habitats respectifs et les enseignements acquis dans le domaine de

la biologie de la conservation. L'auteur dresse un constat global au travers de sept cas précis. Il illustre avec force la nécessité d'intégrer la sauvegarde de la biodiversité à tous les secteurs d'activité, de l'aménagement du territoire aux pratiques agricoles, en passant par l'éducation. C'est toute une stratégie de protection de la biodiversité qui prend corps.

La faune disparaît. B. Mulhauser (2008). Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne. 141 p., CHF 17.50. Commande: www.eyrolles.com



Découvrir le parc national autrement

(pl) Les peintures et dessins d'une nature exceptionnellement nous emmènent en douceur dans le Parc national des Grisons, créé en 1914. En parcourant ce magnifique ouvrage, nous prenons le temps de vivre et de découvrir un univers où le silence est apaisant, où les ombres si réelles d'animaux et de paysages nous renvoient à la fragilité de l'être. Accompagné de textes sobres et émouvants, ce livre nous invite à de longues promenades sur les sentiers du

parc national. La patience et la concentration que demande l'observation animalière n'empêche en rien, si nous le souhaitons, une envolée méditative. D'une parfaite élégance, ce livre imprimé sur papier aquarelle fait partie des ouvrages que nous garderons longtemps!

Nature souveraine. E. Albert & P. Rouyer (2008). Editions du Midi, Lausanne. 176 p., CHF 65. Commande: www.editions-midi.ch

