

Parlons-en !

Les grands débats

proposés par le CNRS

en partenariat avec le musée du quai Branly



L'imagerie cérébrale dévoilera-t-elle un jour nos pensées ?

Jeudi 20 septembre 2012 à 19 heures

Suivez le débat en ligne dès 19 heures
sur www.20minutes.fr

Salon de lecture Jacques Kerchache, musée du quai Branly
Entrée libre. Informations sur www.cnrs.fr/lesgrandsdebats



www.cnrs.fr

★ musée du quai Branly
LÀ OÙ DIALOGUE LES CULTURES



POUR LA
SCIENCE



Paléontologie

Les dinosaures

Scott Sampson

L'ESSENTIEL

■ Il y a 90 à 70 millions d'années, un grand bras de mer recouvrait la partie centrale de l'Amérique du Nord, ce qui formait à l'Ouest un continent nommé Laramidia.

■ Les découvertes récentes renforcent l'idée que deux faunes distinctes de dinosaures vivaient sur Laramidia, l'une au Sud et l'autre au Nord.

■ Les nombreuses espèces de grande taille mises au jour sur un territoire limité laissent perplexes les paléontologues.

1. LE DÉJEUNER SUR L'HERBE :

un troupeau de dinosaures du genre *Kosmoceratops* broute parmi les cyprès. La scène se déroule il y a 76 millions d'années, dans un marécage primitif d'une région correspondant aujourd'hui au Sud de l'Utah, aux États-Unis.

du continent perdu

Des faunes distinctes de dinosaures semblent avoir vécu sur l'ancien continent de Laramidia, en Amérique du Nord.

Comment ont-elles coexisté sans se mélanger ?

Et comment une terre aussi petite a-t-elle pu nourrir autant d'espèces de grande taille ?



En ce matin de septembre 2010, mon équipe et moi progressons en file indienne sur une crête de grès et de schistes argileux (voir la figure 2). Du haut de cette colline du parc naturel de Grand Staircase-Escalante, au Sud de l'Utah, nous apercevons le site en cours de fouille. Il est parsemé de blocs de plâtres contenant des fossiles déjà prélevés. D'une blancheur éclatante, ils tranchent au milieu du paysage aride et gris des Badlands. Certains ont la taille d'une miche de pain tandis que d'autres, longs de trois mètres, pèsent plus d'une tonne. Mais tous contiennent des restes osseux d'animaux ayant vécu en ce lieu il y a 76 millions d'années.

En seulement deux campagnes, nous avons découvert toute une variété d'espèces dans l'une des nombreuses carrières de la formation de Kaiparowits, riche en fossiles. Un squelette assez complet de l'imposant *Gryposaurus* fait grosse impression; la taille de ce dinosaure herbivore de la famille des hadrosauridés (ou dinosaures à becs de canard) était comparable à celle des fameux tyrannosaures...

Mon équipe est sous pression : il faut terminer les fouilles avant le transfert des fossiles par hélicoptère vers le camion qui les acheminera en quelques jours jusqu'au Muséum d'histoire naturelle de l'Utah à Salt Lake City. Là, avec d'innombrables précautions, des bénévoles formés dégageront les fossiles du plâtre et mettront en ordre les os pour reconstituer les squelettes. Des mois de travail en perspective !

M'arrêtant sur une corniche de grès pour m'imprégner du paysage, je m'imaginais pour la énième fois l'aspect de cette région à l'époque des dinosaures. Couverte de zones humides, elle était traversée par des rivières nées des montagnes situées à l'Ouest, qui serpentaient à travers un paysage verdoyant parsemé d'étangs et de lacs. Tandis que ses zones marécageuses étaient envahies par les cyprès (voir la figure 1), les terrains assez secs et stables étaient couverts de forêts de conifères et d'arbres en fleurs couverts de plantes grimpantes. Partout, le bourdonnement des insectes emplissait un air humide.

Un tel paysage n'est pas sans rappeler les marécages actuels du Nord de la Louisiane. Encore faut-il y incorporer une bonne dizaine d'espèces de dinosaures, notamment des hadrosaures (herbivores à bec de canard), des cératopsidés (dino-



Rick Wicker, Denver Museum of Nature and Science

saures cornus), des droméosaures munis de griffes en forme de faucille, et même un type de tyrannosaure.

Nous fouillons cette région reculée depuis dix ans, de sorte que nous commençons à nous faire une idée des populations de dinosaures qui y vivaient au Campanien (il y a 83,5 à 70,6 millions d'années). Sans doute est-ce durant cette époque de la fin du Crétacé supérieur que les dinosaures se sont le plus épanouis dans la région. En un sens, l'assemblage fossile de Kaiparowits n'a rien d'extraordinaire, puisqu'il représente les mêmes grands groupes de dinosaures que ceux déjà observés dans les couches sédimentaires campaniennes du Montana, aux États-Unis, ou de l'Alberta, au Canada.

Laramidia : une faune du Sud et une faune du Nord

Pourtant, le plateau de Kaiparowits fait apparaître des espèces particulières d'un intérêt unique, dont beaucoup étaient de grande taille, ce qui nous incite à reconsidérer une bonne partie de ce que l'on pensait savoir sur l'évolution des dinosaures et sur leur écologie. Expliquons cela.

Au Crétacé supérieur, la Terre était une serre. Alors que les régions polaires étaient dépourvues de calottes glaciaires, le niveau des océans était très élevé. À tel point qu'une mer chaude et salée reliait l'océan

Arctique et le golfe du Mexique : la *Western Interior Seaway* (voie maritime intérieure de l'Ouest). Cette mer divisait l'Amérique du Nord en deux parties : Appalachia à l'Est et Laramidia à l'Ouest (voir l'encadré page 57). Les dinosaures, les plantes et autres organismes que nous retrouvons sur le plateau de Kaiparowits vivaient sur Laramidia, terre qui représente moins du cinquième de son continent d'origine.

Au début des années 1960, les chasseurs de fossiles œuvrant dans la région intérieure occidentale de l'Amérique du Nord ont commencé à remarquer que les dinosaures de la fin du Crétacé retrouvés dans le Montana et l'Alberta appartenaient à des espèces différentes de celles qui avaient été extraites de couches géologiques d'âge similaire plus au Sud, comme au Nouveau-Mexique ou au Texas.

Dans les années 1980, Thomas Lehman, de l'Université technologique du Texas, a cartographié les lieux où avaient été mis au jour des dinosaures et d'autres vertébrés sur Laramidia. Il a ainsi trouvé des signes de l'existence de groupes distincts d'espèces au Nord et au Sud au cours des 15 derniers millions d'années du Crétacé, dont fait partie l'étage campanien. Faute d'indication sur l'existence d'une barrière physique à une dispersion Nord-Sud des espèces, Th. Lehman a émis l'hypothèse qu'une forte dépendance du climat sur la latitude aurait produit des flores et faunes distinctes, dont des dinosaures géants.



2. DES MEMBRES DE L'ÉQUIPE de l'auteur gravissent une crête dans les terrains ravinés de la formation de Kaiparowits [Utah, États-Unis] (a). C'est dans cette région qu'ils ont découvert les restes de nombreuses nouvelles espèces de dinosaures. Les fossiles mis au jour, dont une

tête de *Kosmocerotops* (b), ont été transportés au Muséum de l'Utah, où des bénévoles les ont dégagés et nettoyés afin de les reconstituer. Parmi les espèces exhumées dans cette zone figure un autre dinosaure à cornes, *Utahceratops* (c).

Les paléontologues étaient sceptiques. Comment imaginer que de multiples populations de dinosaures aient cohabité sur cette petite île-continent de Laramidia, et que tant d'espèces géantes aient pu se partager un territoire si restreint ?

Les critiques à l'égard de l'hypothèse de Th. Lehman soulignaient que le provincialisme apparent peut résulter d'un échantillonnage inégal des fossiles à travers le temps. Comme le Crétacé s'étend sur des millions d'années, les paléontologues travaillant à différentes latitudes dans cette région ont peut-être échantillonné des périodes distinctes. Dans ce cas, on aurait l'impression de faunes contemporaines différentes, même si une seule et même faune de dinosaures existait sur Laramidia à un moment géologique donné.

Trop de lacunes dans le registre fossile ?

Par ailleurs, firent observer les sceptiques, la disparité apparente de faunes pourrait être due à un échantillonnage géographiquement insuffisant. Il y a peu de temps encore, la grande majorité des dinosaures de Laramidia étaient retrouvés au Nord, en particulier dans l'Alberta et le Montana. Un échantillonnage plus approfondi dans le Sud de Laramidia finirait peut-être par révéler une communauté unique, largement disséminée. Ces questions demeuraient sans réponse en 2000, lors-

que nous avons entamé nos travaux dans le Sud de l'Utah.

Les fossiles que nous avons mis au jour dans le parc de Grand Staircase-Escalante permettent en grande partie de combler ce manque d'informations sur les communautés de dinosaures qui peuplaient le Sud de Laramidia, et d'appuyer la thèse de Th. Lehman. Leur datation a été une étape essentielle pour répondre à la question de l'éventuelle existence simultanée de faunes distinctes dans le Nord et le Sud.

Le géologue de l'équipe, Eric Roberts, de l'Université James Cook en Australie, a trouvé des couches de cendres volcaniques disséminées sur toutes les strates rocheuses du plateau de Kaiparowits. Il les a datées au moyen de techniques radiométriques. Les résultats ont montré que la zone clef, riche en fossiles, s'était formée sur une période d'un million d'années, il y a 76,5 à 75,5 millions d'années. La comparaison de ces datations de cendres avec celles d'autres formations laramidiennes a révélé que la formation de Kaiparowits coïncidait précisément dans le temps avec celle de Dinosaur Park dans l'Alberta. Nous détenions désormais la preuve qu'au moins deux assemblages fossiles, l'un au Sud, l'autre au Nord, correspondaient à des dinosaures contemporains.

L'étape suivante consistait à déterminer si les dinosaures eux-mêmes différaient du Nord au Sud. Sur les 15 types de dinosaures exhumés jusqu'ici par

■ L'AUTEUR



Scott SAMPSON, paléontologue spécialiste des dinosaures, est conservateur au Muséum

d'histoire naturelle de l'Utah, aux États-Unis.

■ SUR LE WEB

Comment le paléo-artiste J. Gurney a créé les images de dinosaures présentées dans cet article :

ScientificAmerican.com/mar2012/dinosaurs

l'équipe, et correspondant à cet intervalle d'un million d'années, une dizaine sont suffisamment complets pour que les espèces soient identifiables. Un seul – un hadrosaure du genre *Gryposaurus* (voir la figure 3) – a pu être présent plus au Nord. Cette espèce ressemble beaucoup à *G. notabilis* de l'Alberta ; mais cette identification reste à confirmer.

Mis à part ce point, la situation semble s'éclaircir : toutes les autres espèces de dinosaures identifiées jusqu'ici sur le plateau de Kaiparowits diffèrent de celles trouvées plus au Nord. Lorsque des carnivores de petite taille ou de taille moyenne tels que l'oviraptosaure *Hagryphus* et le troödon *Talos* rôdaient sur l'ancien territoire de l'Utah, les mêmes groupes étaient représentés plus au Nord, dans l'Alberta, par *Chirostenotes* et *Troödon*. De même, alors que *Teratophoneus*, un tyrannosaure de grande taille mais à petite tête (voir la figure 3), était le plus gros carnivore terrestre de l'Utah, d'autres tyrannosaures tels que *Gorgosaurus* jouaient ce rôle dans le Nord.

Les dinosaures herbivores de la formation de Kaiparowits sont tout aussi différents de leurs congénères plus septentrionaux. L'un d'eux, *Parasaurolophus*, est un curieux hadrosaure muni d'une longue crête tubulaire sur la tête. Trois espèces de *Parasaurolophus* avaient été découvertes antérieurement, l'une dans l'Alberta et deux autres au Nouveau-Mexique. Celle exhumée dans l'Utah semble nouvelle pour la science.

Une disparité Nord-Sud qui se confirme

Le schéma se répète chez les cératopsidés. Nous en avons récemment découvert un que nous avons nommé *Utahceratops*. Son crâne est orné d'une collerette mesurant presque deux mètres de long. Un deuxième genre, *Kosmoceratops*, a une collerette plus courte, mais son crâne porte une série de 15 cornes, un record chez les dinosaures (voir les figures 1 et 2). Alors qu'*Utahceratops*, *Kosmoceratops* et un troisième (non encore nommé) se nourrissaient de végétaux dans l'Utah, d'autres espèces à cornes mastiquaient des plantes plus au Nord.

L'assemblage fossile découvert récemment sur le plateau de Kaiparowits fournit la preuve la plus convaincante jusqu'ici de l'existence, sur Laramidia, d'encla-

ves isolées de dinosaures. Bien que les mêmes principaux groupes aient existé au Nord et au Sud, les espèces différaient entre les deux régions. Aucune des plus de 50 espèces de dinosaures du Campanien, issues de diverses formations géologiques, ne peut encore être attribuée à la fois au Nord et au Sud. Ces découvertes vont bien sûr à l'encontre de l'idée que les différences d'espèces entre le Nord et le Sud résulteraient d'un échantillonnage incomplet tant du point de vue temporel que géographique. Nous devons au contraire nous faire à l'idée qu'au moins deux communautés de dinosaures ont cohabité sur cette île-continent pendant au moins un million d'années à la fin du Campanien.

Beaucoup de géants sur un petit territoire

Le fait qu'un grand nombre de ces dinosaures aient été des géants épaissit le mystère de Laramidia. Des études sur les mammifères terrestres modernes indiquent un lien étroit entre la taille corporelle maximale et la superficie du territoire. Les grands animaux tendent à occuper une étendue plus vaste afin de trouver assez de nourriture. Leur densité de population est alors plus faible. Les espèces de grande taille nécessitent donc un compromis : une densité de population suffisamment basse pour ne pas épuiser les ressources alimentaires, mais suffisamment élevée pour permettre la reproduction.

Enfin, la taille des grands vertébrés et leur diversité en espèces sont limitées par la conjonction d'un certain nombre de conditions physiologiques (besoin métabolique accru en matière d'alimentation), écologiques (disponibilité de la nourriture) et territoriales (des superficies plus grandes pouvant accueillir davantage d'espèces de grande taille). Cette équation devient plus difficile encore à satisfaire pour les grands carnivores, obligés de vivre sur des territoires plus vastes que les herbivores puisque seule une petite fraction du bilan énergétique total d'un écosystème atteint le sommet de la chaîne alimentaire.

En théorie, les dinosaures géants auraient dû suivre un schéma similaire à celui des grands mammifères terrestres d'aujourd'hui. Ils auraient donc dû être rares sur l'île-continent de Laramidia. Or à elles deux, les communautés ani-

■ BIBLIOGRAPHIE

S. D. Sampson *et al.*, **New horned dinosaurs from Utah provide evidence for intracontinental dinosaur endemism**, *PLoS ONE*, vol. 5(9), e12292, 2010.

B. K. McNab, **Resources and energetics determined dinosaur maximal size**, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 106(29), pp. 12184-12188, 2009.

S. D. Sampson, **Dinosaur Odyssey : Fossil Threads in the Web of Life**, University of California Press, 2009.

G. P. Burness, J. Diamond et T. Flannery, **Dinosaurs, dragons, and dwarfs : The evolution of maximal body size**, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 98(25), pp. 14518-14523, 2001.

males représentées dans la formation de Kaiparowits et dans celle de Dinosaur Park comprennent au moins 17 à 20 espèces contemporaines de dinosaures géants – c'est-à-dire dépassant une tonne à l'âge adulte –, dont la plupart pèsent plus de deux tonnes.

Selon nos critères actuels, ce scénario semble improbable. Aujourd'hui, le seul endroit sur Terre où abondent des animaux géants est l'Afrique, qui abrite six mam-

mifères dont le poids moyen excède la tonne. Ce sont tous des herbivores : la girafe, l'hippopotame (qui passe le plus clair de son temps dans l'eau douce plutôt qu'à terre), deux espèces d'éléphant et deux de rhinocéros.

Il est vrai que, par le passé, un nombre beaucoup plus grand d'espèces terrestres de grande taille vivaient en Afrique et sur d'autres blocs continentaux. Par exemple, au début du Pléistocène, il y a

réparties dans l'espace et le temps. Cependant, des fouilles dans la formation géologique de Grand Staircase-Escalante ont révélé un nombre plus grand encore d'espèces qui restent inconnues dans les zones géologiques du même âge situées plus au Nord. Cette découverte conforte la théorie d'enclaves distinctes de dinosaures au Nord et au Sud de Laramidia. A-t-il existé une barrière climatique ou physique qui aurait séparé les dinosaures du Sud de leurs congénères du Nord ? La question reste pour l'heure sans réponse.



George Ralsack, Ron Blakey, Northern Arizona University



3. TERATOPHONEUS, UNE SORTE DE TYRANNOSAURE, vient de mettre à terre un hadrosaure à bec de canard du genre *Gryposaurus*. Des restes de ces deux types de dinosaures ont été retrouvés dans le parc de Grand Staircase-Escalante (Sud de l'Utah), dans des dépôts sédimentaires datant d'environ 76 millions d'années.

entre 2,5 et 2 millions d'années, quelque 16 très grands mammifères herbivores vivaient en Afrique : plusieurs sortes de girafes, d'éléphants, d'hippopotames et de rhinocéros, et plusieurs types d'antilopes géantes pesant près d'une tonne. Néanmoins, un certain nombre de signes indiquent que le cas des dinosaures de Laramidia est assez exceptionnel.

Premièrement, la superficie de l'île-continent de Laramidia représentait moins d'un cinquième de l'Afrique au Pléistocène. Ses 17 à 20 dinosaures géants étaient donc confinés sur un territoire beaucoup plus petit que celui des mammifères mastodontes africains. En outre, il existe de multiples preuves – notamment grâce aux accumulations d'ossements – que, chaque année, de nombreuses espèces de hadrosaures et de Cératopsidés se regroupaient pour former des troupeaux de centaines (voire de milliers) d'animaux.

LE NOMBRE TOTAL DE DINOSAURES GÉANTS
ayant vécu au même moment
sur l'île-continent de Laramidia
a pu dépasser de beaucoup les 20 espèces.

Deuxièmement, à partir du Pléistocène, les écosystèmes dominés par les mammifères présentent peu de carnivores terrestres approchant la tonne. En effet, l'évolution des mammifères terrestres n'a pas engendré jusqu'ici de carnivores approchant l'envergure d'un tyrannosaure. Le lion, le plus grand prédateur d'Afrique, pèse en général moins de 300 kilogrammes. Laramidia, en revanche, hébergeait au moins trois tyrannosaures géants, dont le poids dépassait semble-t-il la tonne.

Troisièmement, alors que les paléontologues ont découvert des fossiles datant du Pléistocène infé-

rieur dans de nombreux pays d'Afrique, les échantillons disponibles pour Laramidia se limitent à deux formations géologiques du même âge. Puisqu'il semble que les dinosaures de Laramidia avaient des aires de répartition très restreintes (comparées aux mammifères terrestres modernes), avec un minimum de chevauchements entre les peuplements de la même époque, il est fort probable que d'autres dinosaures aient peuplé cette île-continent pendant le Campanien. Dans ce cas, le nombre total de dinosaures géants ayant vécu au même moment sur Laramidia a pu dépasser de beaucoup les 20 espèces.

En bref, nos découvertes sur le plateau de Kaiparowits suggèrent fortement que la richesse en espèces de dinosaures de grande taille dépassait celle que l'on connaît sur les grands mammifères.

Cette comparaison entre les grands mammifères africains et les dinosaures géants de Laramidia nous ramène à la question soulevée par l'hypothèse de Th. Lehman, à savoir comment une telle variété de dinosaures géants a pu occuper un si petit territoire. Il reste deux principales possibilités : soit ces dinosaures se contentaient de moins de nourriture que les grands animaux d'aujourd'hui, soit la production végétale était beaucoup plus importante.

Dinosaures sobres ou végétation très abondante ?

Les scientifiques s'interrogent depuis longtemps sur le métabolisme des dinosaures : était-il semblable à celui d'un animal ectotherme, à sang froid (comme les amphibiens et les reptiles) ou à celui d'un animal endotherme, à sang chaud (comme les oiseaux ou les mammifères) ? Si leur métabolisme était intermédiaire entre ceux de ces deux groupes, leurs besoins énergétiques auraient été réduits, ce qui aiderait à expliquer comment tant d'espèces géantes ont pu cohabiter sur une zone aussi réduite que celle de Laramidia.

Des travaux de Brian McNab, de l'Université de Floride, appuient cette hypothèse de dinosaures à métabolisme intermédiaire. En 2009, B. McNab a dégagé un certain nombre d'indices suggérant que des besoins énergétiques assez faibles ont rendu possible l'existence de communautés de dinosaures pesant jusqu'à cinq fois plus que les grands mammifères herbivores de l'Afrique actuelle.

L'autre possibilité est que, en comparaison avec les écosystèmes actuels, les plantes du Crétacé supérieur aient offert aux grands herbivores une alimentation plus abondante ou plus nourrissante, ou les deux à la fois. La diversité et l'abondance des végétaux dépendent de facteurs tels que les précipitations, la température, la durée de la saison de croissance végétale et la disponibilité de niches écologiques.

Aujourd'hui, les zones les plus luxuriantes, en diversité comme en biomasse de végétaux, sont

plutôt les régions tropicales. Ce n'était pas forcément le cas au Crétacé supérieur, où l'effet de serre et les températures élevées ont pu limiter la diversité animale et végétale au niveau des tropiques.

En revanche, aux latitudes moyennes, qui concernent la plus grande partie de l'île-continent de Laramidia, le climat était doux et la saison de croissance végétale longue. À l'Ouest, les chaînes de montagnes et les rivières multipliaient le nombre de niches écologiques disponibles. À l'Est, la voie maritime intérieure exerçait son influence bénéfique sur les températures, tout en étant source de plus grandes précipitations. Les paléobotanistes Ian Miller et Kirk Johnson, du Musée de la nature et de la science de Denver, ont déjà retrouvé une centaine de variétés de plantes différentes dans les couches géologiques du plateau de Kaiparowits. Bien qu'il reste beaucoup à explorer, tout semble indiquer que les communautés de dinosaures de Laramidia bénéficiaient d'une végétation abondante et diversifiée.

Une diversité peut-être bien plus importante

D'autres travaux de recherche seront nécessaires pour établir si un métabolisme plus lent ou une plus grande disponibilité de la nourriture ont permis aux dinosaures d'atteindre de si grandes tailles et une telle diversité d'espèces. Ces facteurs sont peut-être tous deux impliqués. Une chose est certaine : le monde des dinosaures soumis au climat très chaud qui a caractérisé le Crétacé était bien différent de notre environnement actuel.

Nos travaux sur la formation de Kaiparowits suscitent autant de questions que de réponses, comme toute autre recherche scientifique digne de ce nom. Par exemple, combien de communautés distinctes de dinosaures ont coexisté sur le continent perdu de Laramidia ? Une autre question importante porte sur la nature de la barrière qui séparait les communautés du Nord de celles du Sud. Cette frontière était-elle uniquement climatique, comme on le pensait initialement ? Certains géologues soupçonnent aujourd'hui qu'il existait une barrière plus tangible, constituée peut-être de fleuves descendus des montagnes et allant se jeter dans la mer au niveau du Nord de l'Utah et du Colorado.

Une conséquence intrigante est à souligner. S'il s'avérait que les aires de répartition des espèces de dinosaures étaient beaucoup plus restreintes que ne le sont celles des mammifères de taille équivalente, la diversité des dinosaures devait être bien plus importante qu'on ne le pensait, puisqu'il devait alors y avoir des communautés différentes de dinosaures dans les régions non encore explorées. Autrement dit, sur Laramidia, un grand nombre d'étranges et merveilleuses créatures sont toujours sous terre, attendant que l'on veuille bien venir les exhumer. ■



**Muséum national
d'Histoire naturelle**

Écologie acoustique



**Écologie acoustique
des chiroptères d'Europe**

Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse

Michel Barataud

**des
chiroptères
d'Europe**

**Identification des
espèces, études de
leurs habitats et
comportements
de chasse**

Michel Barataud

Animaux nocturnes, les chiroptères ont développé un système de repérage dans l'espace du type sonar. Inaudibles à l'oreille humaine, les cris des chauves-souris peuvent être perçus, enregistrés et analysés grâce à différents appareils et logiciels.

Cet ouvrage dresse le bilan des connaissances acquises par l'auteur depuis plus de vingt ans en matière de détection ultrasonore. Aux premières approches, purement auditives, il ajoute une autre dimension : l'identification par l'analyse informatique des ultrasons. Grâce aux détecteurs de plus en plus performants et à l'analyse informatique, la méthode décrite permet d'identifier en Europe environ 85 % des contacts acoustiques, de mener des inventaires et d'entreprendre des études toujours plus fines sans perturber les animaux. Ce livre traite 33 des 42 espèces de chauves-souris européennes.

DVD en supplément

Vous y trouverez les échantillons sonores illustrant la méthode ainsi que les fichiers (graphiques) nécessaires à l'identification des espèces.



ISBN : 978-2-85653-685-8
format 170 x 245 mm • impression quadri
nombreuses photos • DVD • 344p. • 49,90 € TTC

**ouvrage en vente dans la librairie des Publications
Scientifiques face à la Grande Galerie de l'Évolution**

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM

Commandes et renseignements :

Muséum national d'Histoire naturelle
Publications scientifiques
Case postale 41 • 57 rue Cuvier • 75231 Paris cedex 05
Tél. : 01 40 79 48 05 • Fax : 01 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr • <http://www.mnhn.fr/pubsci>

Microalgues : ? les carburants du futur

Philip Pienkos, Lieve Laurens et Andy Aden

Les algues microscopiques pourraient fournir presque autant de biocarburants que les plantes terrestres. Il reste à les rendre compétitives avec les carburants fossiles.

Le développement d'alternatives aux combustibles fossiles est en plein essor. Dans le futur, les véhicules ne fonctionneront plus uniquement à l'essence ou au diesel usuels, mais aussi aux biocarburants liquides, à l'électricité et peut-être à l'hydrogène. Presque toute l'essence distribuée aux États-Unis contient déjà dix pour cent d'éthanol, essentiellement fabriqué à partir de maïs. En France, selon l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), les biocarburants ont fourni 5,71 pour cent (en valeur énergétique) de la consommation totale de carburants en 2008. À l'échelle mondiale, 75 millions de tonnes de biocarburants ont été produits en 2010, à comparer aux 1 700 millions de tonnes de carburants pétroliers consommés annuellement.

Selon les chercheurs, de multiples types de biomasse seront nécessaires pour assurer un approvisionnement suffisant. Un rapport américain actualisé en 2011 indique qu'on pourrait extraire aux États-Unis jusqu'à 1,6 milliard de tonnes de biomasse terrestre par an, tout en respectant l'environnement, à partir de diverses sources : les déchets

de l'agriculture et de la sylviculture, les ordures ménagères, ainsi que des plantes spécifiques, telles les graminées *Miscanthus* et *Panicum virgatum* (en anglais *switchgrass*, le terme français panic raide étant peu utilisé). La biomasse servirait au chauffage et à la fabrication de biocarburants et de divers autres produits. Le rapport établit aussi la production maximale théorique de substituts à l'essence fondés sur cette biomasse : près de 363 milliards de litres. Les États-Unis consommant environ 756 milliards de litres par an de carburants liquides dérivés du pétrole brut, la biomasse terrestre ne suffira pas. Il faut donc prospecter ailleurs.

Les algues présentent de nombreux avantages. Certaines espèces ont une teneur élevée en lipides, exploitables pour un type de biocarburant nommé biodiesel. La quantité d'algues cultivable par hectare est importante. La production de biocarburant entre moins en compétition avec les usages alimentaires que ne le font des cultures telles que le maïs. Les algues poussent dans des environnements divers et sont cultivables sur des surfaces impropres à l'agriculture.

© Soeren Stachewitz/Cornis