

MORDU DE SERPENTS



Xavier Bonnet

MORDU DE SERPENTS



SCALI

Sommaire

Préface par Luc Jacquet	9
Le serpent est-il le symbole du mal ?	11
Shédao, le sanctuaire des vipères naufragées	29
Tricots rayés : les vigies du lagon	47
Survivre mutilé	75
Le châtement de Sémélé	87
Les pythons mères-poules	119
Le supplice de la roue	133
Trois couleuvres	149
Lexique	151
Bibliographie	155
À propos des illustrations	163
Remerciements	165
Biographie de l'auteur	167
Index	169

0130

© Éditions Scali, 2007 - Première édition
80, rue du Faubourg-Saint-Denis
75010 Paris
www.scali.net
ISBN 978-2-35012-182-6

Préface

par Luc Jacquet

Je souhaite à tous d'avoir un jour la chance de suivre Xavier Bonnet sur une de ses îles de prédilection. Pour ma part, je garde un souvenir ému du premier matin où j'ai mis les pieds sur l'île de Carnac, petit paradis du sud-ouest de l'Australie. Xavier galopait devant moi dans une jungle de buissons qui lui arrivaient à mi-cuisse, le pied à coulisse en bandoulière, le regard braqué vers le bas. Impossible de voir le sol tant le feuillage était dense. Impossible également de voir les myriades de serpents tigres qui grouillaient dans les branchages... « Tous terriblement farouches », disait Xavier ; « tous terriblement mortels », pensais-je en essayant de rester digne, ma caméra sur l'épaule.

Et, sur ses pas, j'ai répété l'expérience, d'autres matins, sur d'autres îles et je me surprends aujourd'hui à chercher les vipères qui se chauffent aux premiers rayons du soleil, au pied des haies derrière chez moi. Je pense à ce titre pouvoir dire que j'ai été « bonnetisé ».

Être bonnetisé, c'est accepter d'aller dans un monde où l'on répugne naturellement à pénétrer, c'est découvrir des créatures déconcertantes, c'est entrer dans un mode de vie tellement inattendu que, très vite, la curiosité prend le pas sur la peur instinctive.

Être bonnetisé, c'est découvrir le charme d'une pensée hors norme, parfois provocatrice, toujours intelligente, d'un chercheur qui a mis sur le fronton de sa pensée cette maxime : « L'exception met à l'épreuve la règle ». Xavier a fait sienne la cause du genre animal le plus dédaigné, peut-être pour affirmer ce qui, je crois, lui tient le plus à cœur : le goût de la différence et de l'anticonformisme. Touchez pas aux serpents, sinon il vous pète la gueule ! Écoutez-le, lisez-le plutôt, vous allez être étonnés !

Luc Jacquet
Septembre 2007

Le serpent est-il le symbole du mal ?

La créature maudite

Aucune autre créature ne fait aussi peur que le serpent. Pourquoi ? Les scientifiques recherchent toujours des explications rationnelles. Les phobies violentes inspirées par les serpents font-elles écho à l'instinct de survie ? La hantise de ces reptiles serait-elle codée dans notre patrimoine biologique ? Réminiscence d'une époque où nos lointains ancêtres allaient pieds nus et risquaient de marcher sur un animal venimeux. Maîtres des poisons, les serpents infligent des souffrances horribles, susceptibles de modifier durablement nos réflexes. Cette notion est d'autant plus logique que les premières populations humaines vivaient probablement dans des savanes et des forêts tropicales où grouillaient de puissants cobras, vipères et autres reptiles dangereux, en Afrique notamment. L'aversion profonde vis-à-vis des ophidiens aurait eu la vertu de sauver la peau de nos aïeux. Par exemple en provoquant la fuite ou au

contraire en déclenchant la fureur d'occire l'animal. Détruire la menace était une urgence. Ces comportements brutaux auraient été favorisés par la sélection naturelle et seraient désormais inscrits dans nos gènes. C'est l'hypothèse dominante pour expliquer la peur incontrôlable et l'épouvante inspirées par les serpents.

La plupart des gens poussent le raisonnement un cran plus loin. Dans l'Ancien Testament, la représentation du serpent comme principal démon, celui qui est responsable de la perversion des hommes, serait un héritage des dangers et des tourments engendrés par ces animaux redoutables et perfides. Logiquement, les livres hébraïques leur infligent un statut détestable. En témoigne cet extrait bien connu : « *L'Éternel Dieu dit au serpent : Puisque tu as fait cela, tu seras maudit entre tout le bétail et entre tous les animaux des champs, tu marcheras sur ton ventre, et tu mangeras de la poussière tous les jours de ta vie.* »

En somme, la crainte des serpents et la ténacité à les détruire qui en découle seraient pleinement justifiées par une histoire dont les racines plongent dans des temps très reculés. Il serait tout naturel de considérer les serpents comme des bêtes sournoises, sales, sordides, simples, malfaisantes... Il est donc parfaitement logique d'associer à ces reptiles une mythologie funeste et démoniaque. Il est tout aussi cohérent qu'en Occident, l'art, la culture et la science aient négligé les serpents ; les artistes et les savants n'échappent pas aux tendances générales, tout au moins la majorité d'entre eux.

Mais, mais, mais... la démonstration de cette vision des représentations, naturellement négative, des serpents, associant danger

et répugnance, reste à faire. En fait, il y a de bonnes raisons de penser qu'elle est largement fautive, essentiellement dérivée d'une conception bigote et très réductrice des rapports entre l'homme et la nature. Elle ignore la diversité et la complexité des relations qui inspirent les mythologies et les croyances. Tout d'abord, il n'existe aucune preuve que la peur du serpent a une origine génétique chez l'homme. Il sera bien difficile de tester cette hypothèse dans la mesure où on imagine mal mettre en place une expérience rigoureuse et appropriée. Pour cela, il faudrait constituer au moins trois lots homogènes de nouveau-nés humains. Un premier lot serait élevé à l'écart de toute influence culturelle (ce n'est pas évident), un autre groupe serait élevé dans le respect de cet animal (c'est déjà plus facile) et le troisième dans l'effroi du serpent (c'est encore plus simple, malheureusement). La comparaison des trois lots nous renseignerait sur les contributions respectives des gènes et de la culture sur les comportements de l'homme vis-à-vis des reptiles sans pattes.

Plus sérieusement, il suffit de regarder ailleurs, de porter le regard au-delà de nos frontières culturelles occidentales pour se faire une opinion très éloignée du lieu commun liant fermement serpents, phobies et démonologie. Si les dangers associés aux serpents devaient automatiquement générer l'aversion, il devrait y avoir une proportion entre les risques dus aux morsures et le degré d'exécration. Ce n'est certes pas facile à mesurer sur le terrain, mais il est possible d'observer des séries d'évidences. Premièrement, les morsures restent relativement rares, y compris dans les pays où les reptiles abondent. En effet, si l'homme n'est pas une proie pour ces reptiles, l'inverse est très souvent vérifié. Les serpents ont intérêt à éviter les humains, ce en quoi ils sont passés maîtres. Débusqués et acculés, ils se

signalent par des attitudes dissuasives : aplatissement du cou, sifflement, couleurs spectaculaires, bruits de sonnette, etc., tout ceci pour éviter une confrontation risquée pour chacun des adversaires. À chaque fois que la fuite reste une option, le serpent cherchera à disparaître sans combattre. Les cas d'attaques furieuses et gratuites sont des mystifications destinées à glorifier les héros minables qui les rapportent. Malgré tout, des accidents parfois dramatiques se produisent. Généralement parce que l'homme ignore les avertissements et provoque la bataille. Une étude menée en Australie a montré que les attaques par de grands serpents venimeux, les « *brown snakes* », sont en fait presque toujours des ripostes. L'animal cherche d'abord à fuir mais, acculé et frappé par le bâton, il essaye de mordre. Cette observation est largement confortée par tous les herpétologistes de terrain. En toute logique, la sélection naturelle et l'apprentissage auraient dû défavoriser les comportements agressifs vis-à-vis des serpents ; en effet, ils sont désavantageux pour l'homme car ils augmentent les risques d'empoisonnement.

Il reste la malchance. Au cours de tâches courantes comme le ramassage du bois, la cueillette, un serpent piétiné et surpris peut mordre rapidement. De nombreuses personnes sont exposées, essentiellement les agriculteurs et les enfants des pays chauds, mais aussi les herpétologistes de terrain. L'auteur de ce livre, comme bon nombre de ses collègues, a été envoyé au tapis plusieurs fois – y compris par des espèces bien gratinées (vipères, serpents tigres). De nos jours, la gravité de l'empoisonnement est directement liée à la proximité d'hôpitaux correctement équipés. Les morsures par les serpents venimeux restent certainement la source de trop nombreux malheurs pour les populations qui n'ont pas accès aux soins modernes

(notamment l'immunothérapie...), ce qui est injuste. Mais il est tout aussi incontestable que, toutes proportions gardées, ces drames sont loin derrière les autres causes de mortalité et de morbidité qui affectent l'homme : conflits, famines, pollutions et maladies, mais aussi celles qui impliquent les animaux domestiques. Les chiens, « meilleurs amis de l'homme », sont bien plus redoutables avec leurs mâchoires puissantes et leurs comportements imprévisibles – statistiques et fesses arrachées de facteurs à l'appui. Il vaut mieux laisser des enfants jouer dans un jardin où se trouvent des serpents plutôt qu'un seul molosse.

Il est aussi évident que les serpents nourrissent davantage les hommes qu'ils ne les empoisonnent, c'est le cas presque partout en Afrique, Australie et surtout en Asie. Les pythons, vipères dodues et autres œufs de couleuvres font partie des mets les plus appréciés presque partout sous les tropiques, ce qui cause d'ailleurs parfois leur destruction massive. Au Cambodge par exemple, sur les berges du lac Tonlé Sap, durant la mousson environ 8 500 serpents sont tués chaque jour – ça fait vraiment beaucoup. Finalement, la sélection naturelle aurait très bien pu favoriser quelque attirance vis-à-vis des ophidiens plutôt qu'une répulsion.

Peut-être pas si maudite que ça ?

Plus convaincant, les contrées où vivent simultanément les serpents les plus inquiétants et des populations humaines en contact étroit avec la nature ne sont pas celles où la cohabitation est la plus difficile, bien au contraire. Les serpents les plus venimeux, taïpans, serpents tigres, vipères de la mort... se trouvent en Australie. Mais, à contre-pied de la théorie la plus

répandue, sur ce continent ils sont des symboles largement positifs : les aborigènes considèrent le Serpent Arc-en-ciel (ce nom signale un lien avec la pluie bénéfique dans un pays aride) comme une divinité majeure qui apporte la vie plutôt qu'elle ne la retire. De même, en Égypte ancienne, dans bien des régions d'Asie, d'Amérique, de Chine et même d'Afrique, peuplées par des cobras, des crotales, des mambas et des vipères redoutables, les serpents sont régulièrement associés à des symboles positifs. Par exemple *Ananda* (Inde), *Ixhel*, *Quetzalcóatl* (Mexique), *Minia* (Sahara), *Nü Gua* (Chine), *Ngalyod*, *Wanapi* (Australie), *Cécrops* (Grèce), etc. sont autant de divinités primordiales, puissantes et bénéfiques ; tantôt à l'origine de l'humanité, apportant l'eau et la lumière si indispensables à la vie, tantôt protecteurs des temples ou carrément du monde. Le disque solaire est associé au serpent dans le panthéon égyptien. *Aton*, *Sekhmet*, *Apis*, *Osiris* et ses proches *Horus* et *Isis*, et par conséquent leurs incarnations terrestres les pharaons, portent tous sur le front un magnifique cobra ; à l'instar de *Shiva*, dieu indou. *Vishnou* le bon, autre dieu de l'Inde, se repose sur *Sesa* le serpent aux mille têtes au moment de son accession au statut de divinité suprême. Bien des temples bouddhiques sont encadrés par d'immenses cobras polycéphales et protecteurs. Le cobra à lunette a protégé *Bouddha* en déployant son capuchon, il porte toujours la marque de la bénédiction sur la nuque : deux traces de doigts. Chez les Celtes, le dieu principal *Cernunnos* est visiblement en très bons termes avec le grand serpent qu'il porte dans sa main gauche. La liste des bons serpents est vraiment très longue.

Un bref survol des mythologies actuelles et passées montre que les serpents, venimeux ou non, sont très largement associés à

des symboliques positives. Certes les dieux serpents sont parfois des monstres terribles, sauvages et féroces dans les contes (e.g. *Vrtra* en Inde), surtout dans les récits modernes d'ailleurs. Mais le plus souvent ils sont des êtres bienveillants, des messagers de la Terre-Mère, les intercesseurs auprès des forces divines pour attirer la pluie (c'est presque partout le cas dans les contrées arides d'Afrique, d'Asie et d'Amérique). Terre et pluie forment la boue, d'où les nombreux mythes fondateurs de l'humanité liant serpent (ou dragons, ou chimères mi-reptile mi-homme), argile et façonnage des hommes – c'est une recette très ancienne du *Nü Gua*. À propos de procréation, il est à noter que contrairement aux affirmations de quelques psychologues en manque d'inspiration, soi-disant spécialistes des symboles, on ne trouve vraiment pas grand-chose comme insigne phallique, hormis quelques affiches de films stupides (genre *Le Retour du grand python chauve...*). De pâles apôtres de Freud ont déclaré que le serpent représente tantôt le sexe mâle, tantôt le sexe féminin, mais assurément ils ne l'ont jamais démontré ; cette conception commode et à peine logique est pourtant vivace. Les divinités munies d'un sexe serpentifère démesuré, comme *Luma luma* (encore heureux qu'il ne s'appelle pas *Lima lima* !), un géant féroce d'Arhem Land en Australie du Nord, existent mais elles sont assez rares. Plus généralement, les serpents sont les gardiens et dépositaires de savoirs immenses, c'est probablement pourquoi des hordes de « héros » s'acharnent à les tuer pour les piller. Il faudrait un livre entier pour exposer la richesse et la diversité des symboles attachés aux serpents, ce qui est hors d'atteinte du présent ouvrage. Toutefois, il est intéressant de se concentrer sur l'aversion typique des peuples de l'Europe occidentale, dont la culture a modifié le reste du monde à travers les différentes formes de colonisation. Soit la

classification du serpent comme démon est originelle dans les mythes d'où sont issues nos croyances ; soit les interprétations ont évolué, se sont radicalisées au cours des siècles. Peut-être bien que le serpent biblique n'est pas l'horreur qu'on voudrait nous faire croire ?

Le personnage le plus sympathique de la Genèse

Dans la Genèse, *Yahvé* est un maître tyrannique et jaloux. Adam et Ève ne sont pas très lumineux ; le premier est de surcroît un mouchard. Le Serpent quant à lui est avisé, progressiste et martyrisé. Ci-dessous une explication de ces propos bien hérétiques (au sens premier et noble du terme, l'hérésie signifie une pensée alternative et non pas une déviance perverse). Il suffit de lire ou de relire la Genèse, si possible dans une traduction la plus fidèle possible, puis de reprendre cette lecture ici même – j'insiste sur l'utilité d'accomplir cet effort, autrement d'aucuns taxeront le paragraphe qui suit de travestissement des textes sacrés. Or donc, au cours de la création du monde, *Yahvé* installe lui-même les éléments d'un piège qui lui permettra d'exercer des châtements cruels : il met en place les mécanismes qui conduiront inéluctablement à un drame, il pourrait bien être le responsable de la tragédie. Il était pourtant au courant dès le départ, sans quoi il ne serait qu'un usurpateur. Il ne façonne pas vraiment l'homme à son image puisqu'il le fait innocent ; complètement innocent même. En effet, Adam et Ève errent nus et mènent une vie proche de celle des courgettes et autres légumes dans un jardin qui leur offre tout sans qu'ils aient à fournir le moindre effort. *Yahvé*, à travers un jeu questionnable, leur ordonne de ne pas goûter aux fruits de l'arbre planté au milieu de l'Éden (au passage c'est plutôt lui le tentateur, tous ceux qui ont des

enfants comprendront) : en désobéissant, ils passeraient de vie à trépas. Le Serpent avisé, c'est exactement sous ce terme qu'il est qualifié, ce qui a été transformé tardivement en « surnois », leur explique la supercherie. En consommant les fruits de l'arbre de la connaissance, ils ne seront pas foudroyés, mais ils seront ouverts aux notions du bien et du mal. Le Serpent n'essaye pas d'empoisonner Ève en lui faisant commettre un péché, il révèle aux hommes leur condition potagère. Mais attention, une fois éclairés, les hommes risquent de commencer à chatouiller la susceptibilité et les prérogatives de Dieu. Ève la première décide de s'ouvrir à la conscience, puis c'est le tour de son compagnon qui cède aux incitations de la première femme du monde. *Yahvé* se met alors en fureur (est-ce une qualité pour un être de son rang ?). Adam, quelque peu lâche, accuse immédiatement Ève, alors qu'il a désormais la capacité de distinguer le bien du mal ; comme premier acte pensé et pesé, il aurait pu faire plus chevaleresque... Admettons qu'il était en rodage. En tout cas, sa trahison ne lui rapporte rien, *Yahvé* inflige aux deux coupables des tourments sans fin. Il martyrise aussi le Serpent (qu'il a par ailleurs créé tel qu'il est), et, comble de la cruauté, il condamne Ève à frapper du talon le reptile tandis que ce dernier devra riposter en la mordant au pied. Dieu rejette ses erreurs et sa tragédie sur ses propres créations. La grande classe ! Un peu plus loin, Dieu s'assure que l'homme ne pourra jamais se rapprocher de lui ; d'où cet extrait de la Genèse : « *L'Éternel Dieu dit : Voici, l'homme est devenu comme l'un de nous, pour la connaissance du bien et du mal. Empêchons-le maintenant d'avancer sa main, de prendre de l'arbre de vie, d'en manger, et de vivre éternellement.* » D'ailleurs, voici un petit enchaînement amusant : le fruit de l'arbre défendu n'est donc pas un poison, mais au contraire la source d'immortalité, donc Dieu est un menteur en déclarant :

« Quant au fruit de l'arbre qui est au milieu du jardin, vous n'en mangerez point et vous n'y toucherez point, de peur que vous ne mouriez. » Quoi qu'il en soit, les hommes, désormais un brin trop lucides, sont virés du paradis, le Serpent aussi dans la foulée. C'est tactiquement mal joué, il aurait fallu garder le Serpent au Paradis pour l'empêcher de continuer d'instruire les hommes. En effet, le reptile n'a pas été condamné à l'imbécillité. La morale biblique brutale, du type Ancien Testament, est que les hommes doivent garder à jamais une foi aveugle. Dans cette perspective, le Serpent est le symbole de la connaissance et de l'instruction des ouailles. Il constitue un risque inacceptable pour le dogme, et non pas une sorte d'empoisonneur pervers. Libre à chacun, bigot et dévot rigide, de considérer le doute et la réflexion comme sataniques, et donc de dériver en déclarant que le Serpent est le démon. Sur ce terrain, on plonge très vite dans les violentes batailles au sujet de la dualité entre Satan et le Christ. C'est précisément la source des abominations associées à l'hérésie albigeoise ; il ne s'agit pas tout à fait des pages de l'histoire de l'Église les plus clairement positionnées sur la voie du salut et du pardon. J'insiste aussi sur la très haute estime que le Nouveau Testament accorde à l'incertitude et aux vacillements de l'âme pour accéder au salut véritable. Il ne serait pas mal que les croyants réalisent que Dieu n'a pas condamné les hommes au statut de navet ! Enfin pas tous... Enfin si, pas mal quand même à considérer les scores d'audience des émissions télévisées de base.

Arbre de la connaissance, arbre de vie

À bien y regarder, la mythologie dans laquelle plongent les racines culturelles de l'Europe occidentale associe la plupart du

temps les serpents à l'eau, fluide vital, à la connaissance tellurique, la sagesse, la fécondité, la discrétion, la finesse, et maintes fois à l'éternité. En étudiant la biologie de ces reptiles, on se trouve effectivement face à ces liens bien plus convaincants que ceux communément énoncés au sujet du venin, du mal et de la peur. En effet, les serpents sont des animaux souples dans de nombreuses perspectives. Les préjugés selon lesquels ils seraient peu évolués, gluants, à sang froid, rigides dans leurs comportements sont tous faux ; et rien ne montre que ces idées tordues dominaient il y a des milliers d'années de cela. En revanche, la capacité des serpents à se mouvoir en silence, à disparaître dans des interstices minuscules, à rester cachés durant de très longues périodes, immobiles, invisibles dans le feuillage, à régénérer leur apparence au cours de la mue ou à maîtriser les poisons ne sont pas des légendes (cf. photo de serpent tigre en mue). Ils ont poussé l'art de la discrétion à son zénith : un serpent de deux mètres et de plus d'un kilogramme peut se faufiler dans un trou de souris et disparaître dans le sol aussi doucement qu'un souffle d'air. Ces relations étroites entre les serpents et la Terre-Mère ont peut-être suscité leurs représentations comme messagers auprès des divinités de la connaissance et de la médecine. De fait, le serpent est souvent l'hôte principal de l'arbre de la connaissance qui enfonce naturellement ses racines dans les profondeurs du sol. C'est le cas de l'arbre magique dans l'Éden de l'Ancien Testament, mais ces notions sont présentes bien antérieurement et dans d'autres lieux. En Mésopotamie comme dans les mythologies scandinaves par exemple. Quelque part entre le Tigre et l'Euphrate, *Lakhmou* et *Lakhamou* sont issus du mélange entre des éléments de base, la terre et la mer. Ils forment un couple de serpents gigantesques et angoissants, ils donnent naissance aux

principes mâle et femelle, puis à tout le cortège des dieux de Babylone, d'Uruk, d'Eridu, de Sumer, etc. C'est un serpent qui a confisqué la plante de l'immortalité au roi mythique Gilgamesh puni par les dieux dont il se voulait l'égal. Le vol du *Soma*, philtre d'immortalité représenté par un serpent dans la mythologie indienne, semble être une variation du même thème. Au XIV^e siècle avant Jésus Christ, une fresque égyptienne (tombe de *Sennedjem*) représente un énorme serpent à la base de l'arbre sacré où *Nout* s'instruit ; une sorte de lièvre dirige ou suit les opérations. Dans le Nord, les racines du frêne *Yggdrasil* puisent l'eau dans trois sources sacrées. Elles abritent un serpent (qui certes ronge les racines de l'arbre, ce qui n'est pas très charitable) tandis qu'un écureuil fait la navette afin de transmettre des messages à un coq perché sur les branches du sommet : c'est sous ce frêne qu'est rendue la justice d'*Odin*. Entre les régions boréales de la Scandinavie et celles méridionales du Moyen-Orient, les mythes ophidiens foisonnent. *Python* le serpent géant de Delphes vivait près de sources magiques de forêts nichées dans des vallées profondes ; il a été délogé et tué par *Apollon* qui s'est emparé de ses pouvoirs (cf. photo de python). Au cours de sa carrière, Apollon a eu pas mal de conflits avec les serpents et toutes sortes de créatures ; il les a effectivement éliminés en les perçant de flèches comme bon nombre de ses autres concurrents. Plus tard, *Asclépios*, un des fils du dieu du jour tutélaire des arts et des lettres, et donc de la médecine, a reçu les pouvoirs guérisseurs de son père. Il est à son tour devenu un être divin à part entière ; son culte a été abondamment rendu à Épidaure en Grèce et ailleurs, mais toujours où l'eau jaillit du sol. En fait, presque partout, les rites ophidiens sont intimement liés à des usages hydrauliques. Le symbole ophidien n'a pas été perdu à travers les luttes pour les pouvoirs

magiques. *Asclépios* a adopté un serpent enroulé autour d'un bâton comme attribut fondamental ; la couleuvre d'*Esculape* (le nom a été latinisé tardivement) est l'incarnation de la sagesse et de la thérapeutique (cf. photo de couleuvre d'Esculape). Les héritières des facultés oraculaires et médicales de *Python* sont bien sûr les pythies ou pythonisses. Le messager des dieux, *Hermès*, si sagace, toujours au courant des arcanes des olympiens et des hommes, est lui aussi une déité de la santé. Il a notamment comme accessoire un long morceau de bois orné de petites ailes, mais cette fois avec deux serpents lovés autour : le fameux caducée, symbole de paix et de guérison. Dans une perspective étendue dans le temps et dans l'espace, les dragons et les serpents ailés sont des êtres séraphiques et éclairés par opposition aux lions féroces, taureaux brutaux et coqs imbeciles qui marquent la volonté de domination, symboles de puissance plus que de sagesse.

Une destitution récente ?

Le christianisme triomphant du paganisme, des symboles jusqu'alors bienveillants ont été précipités dans les ténèbres et la réprobation. Comme par hasard, c'est précisément le cas pour ceux qui étaient profondément attachés à la connaissance et au savoir : la chouette d'Athéna et les serpents en général en donnent de bons exemples. D'autant plus que la déesse grecque portait elle aussi des serpents : son égide (genre de perfecto compliqué) en est couverte comme le sont parfois ses autres attributs divins. Il existe une explication simple à cette bascule des symboles : les promoteurs d'un nouveau pouvoir ont intérêt à détruire le précédent à la base pour éviter les rejets et les repousses. Cependant, après des dizaines de siècles de per-

sécutions, les rapaces nocturnes sont aujourd'hui à peu près réhabilités ; depuis quelques décennies à peine toutefois. Il reste du chemin à parcourir pour débarrasser la gent ophidienne de la bêtise et de la cruauté des hommes. C'est quand même étrange qu'il faille expliquer que le mal se loge dans le cœur des hommes et non pas dans celui des serpents.

Malheureusement, ce problème où les superstitions mêlées à des sentiments de malaise et d'inconfort déclenchent des réflexes destructeurs dépasse très largement le cas des serpents – bien des humains n'ont pas un sort meilleur que celui des bestioles rampantes. Pour cette raison, il est nécessaire d'éduquer les enfants à respecter les reptiles, les ronces, les broussailles et tous les êtres soit-disant disgracieux qui ont le seul tort d'exister.

Si les serpents sont encore des êtres particulièrement mystérieux, c'est en grande partie parce qu'ils ont été négligés par les spécialistes du comportement animal. Figés dans des hantises culturelles, les éthologues ne leur ont pas consacré tellement d'efforts. On se pâme devant l'oison qui suit une brouette en plastique pour peu qu'il la découvre en naissant (avouez que ce n'est quand même pas très malin), mais on fait la grimace devant les comportements des serpents. Cette posture angoissée combinée à l'extrême discrétion des serpents n'offre pas les conditions idéales pour que ces animaux nous livrent des secrets particulièrement bien dissimulés. Depuis quelques décennies, sur les traces de pionniers de l'herpétologie, essentiellement américains et australiens, mais de plus en plus européens, des progrès spectaculaires ont été accomplis. Ce livre propose d'exposer quelques-uns. Les récits présentés ci-dessous sont lar-

gement issus de collaborations franco-australiennes ; ce type de rapprochement de plus en plus nécessaire est très encourageant pour le futur.

Partis pris et préjugés

C'est un lieu commun : la méconnaissance génère la peur. À moins que ce ne soit l'inverse ? En tout cas, ignorance et crainte font bon ménage. Ces attitudes se renforcent mutuellement à travers le développement de rumeurs et de préjugés. N'étant pas immunisé contre ces travers, j'en expose ci-dessous quelques-uns, mais dans le but de mieux connaître les serpents et de combattre les préventions contre ces animaux, ainsi que les rumeurs toujours délétères quelles qu'elles soient.

Ce livre a été écrit avec de forts partis pris. Plutôt que de faire une synthèse sur les connaissances générales des serpents, il présente une petite série d'histoires précises dont le but est double : d'une part surprendre le lecteur et d'autre part aider à modifier l'idée que se font la plupart des gens des serpents. Le premier avantage profite au rédacteur, il a moins de travail de mise à jour à produire. Le second bénéficie au lecteur qui devrait théoriquement lui aussi se retrouver face à un effort de déchiffrement réduit. En effet, au lieu d'infliger des notions moyennes ornées de quelques exemples tirés parmi des milliers de cas sans relation les uns avec les autres, j'ai préféré me concentrer sur des épisodes détaillés de la vie de quelques espèces de serpents. Autrement dit, j'ai essayé de raconter peu d'événements avec soin plutôt que trop de choses de manière diffuse. C'est une approche rigoureusement opposée aux programmes de l'Éducation nationale qui aime à faire ingurgiter des bottins télé-

phoniques aux enfants, c'est tellement plus facile que de les faire réfléchir. Le lecteur se retrouve donc face à quelques petites chroniques sans avoir à faire d'effort de mémoire ni de concentration pour suivre le fil du récit.

Cet ouvrage est basé sur un second parti pris : celui de tenter de discuter de façon amusante mais sérieuse, et surtout en termes simples, des notions parfois complexes des mécanismes de l'évolution de la vie. Par exemple, l'importance évolutive de la « plasticité phénotypique » ou encore les avantages respectifs de différentes « stratégies de reproduction » seront abordés. Que ceux que ces termes rebutent d'emblée avancent dans la lecture, ces notions devraient leur apparaître rapidement digestes. Un soin particulier a été apporté pour replacer les histoires dans un contexte le plus vaste possible, c'est pourquoi il y est souvent question d'autres groupes zoologiques. La caricature et l'approximation sont inévitables, mais l'orgueil des scientifiques peut bien souffrir ce genre de contorsions dans la mesure où les phénomènes de l'évolution ne sont toujours pas bien compris. Heureusement d'ailleurs, autrement la biologie perdrait son charme et les chercheurs leur job. Quelques libertés ont été prises pour nommer les espèces. D'aucuns cuis-tres trouveront l'utilisation du mot « vipère » à la place de « *Gloydius* » abusif ; mais en fait ça ne pose pas de gros problèmes et la lecture est plus fluide. En effet, dans la perspective du livre, certaines titillations taxonomiques n'apportent pas grand-chose à la compréhension, et comme les noms latins sont toujours donnés, les lecteurs pourront facilement chercher des renseignements complémentaires, notamment phylogéniques.

L'essentiel des informations biologiques présentées dans les épisodes ophidiens ci-dessous a été publié dans des revues scientifiques, relativement hermétiques et inaccessibles pour le grand public (pour les motivés, les publications sont gratuites, il suffit de les demander, cf. liste bibliographique en fin d'ouvrage). De plus, une partie des espèces présentées est inconnue du public. C'est vraisemblablement le cas pour les *Gloydius shedaoensis* (il n'existe pas de nom français pour ce serpent) ou pour les serpents tigres d'Australie (*Notechis sp.*). Si les noms d'autres serpents sont communs, leur biologie et leur écologie ne le sont généralement pas. Qui est informé de la vie quotidienne des vipères aspics ou des couleuvres à collier ? (cf. photo de couleuvre à collier.) En somme, il existe quelque espoir pour que le lecteur ne connaisse pas encore certains des replis de l'écologie de ces animaux si discrets. Au fil du récit, le lecteur découvrira un monde riche, subtil, délicat et étonnant ; très éloigné de l'image fruste et sournoise habituellement associée aux serpents. Le livre est composé de sept chapitres plus ou moins longs. Les trois premiers, après celui que vous venez de lire, rapportent des histoires des îles. Elles sont souvent les derniers refuges pour la faune sauvage, et donc des lieux privilégiés pour les études scientifiques. Les trois suivants relatent des chroniques continentales de zones en apparence plus ordinaires.

Shédao, le sanctuaire des vipères naufragées

Caillou aride ou Éden ?

Dans la mer de Bohai, environ 350 km à l'est de Beijing (Pékin) et à environ 25 km au large des côtes, se trouve une petite île escarpée : Shédao. Littéralement en chinois, cela signifie « l'île aux serpents ». Elle subit les rigueurs du climat continental de cette partie de la Chine : l'hiver est très froid et long, en moyenne il y fait -8°C en janvier et il gèle 185 jours par an. L'été est souvent torride. Un printemps et un automne courts offrent des conditions climatiques qui semblent à peu près clémentes. Cette île a été formée par des plissements géologiques, il y a un million d'années notamment, et par le jeu des variations du niveau des océans. Shédao est le prolongement marin de la péninsule du Liaodong dans la province du Liaoning (célèbre pour les découvertes de fossiles extraordinaires comme ceux des dinosaures à plumes). Autrefois rattachée au continent asiatique, une pointe rocailleuse est restée

émergée depuis des milliers d'années. Ce petit bout de terre a entraîné dans son naufrage tectonique des passagers terrestres. Mais l'île est exiguë, moins d'un kilomètre carré, et n'abrite aucune source ni point d'eau permanent. Lors de son isolement du continent, la plupart des gros animaux ont dû périr faute de nourriture et de boisson. Pourtant, un groupe de serpents, lointains cousins des vipères d'Europe et apparentés aux crotales américains, a réussi à survivre. Non seulement ces quasi-vipères perdues sur leur bout de terre ont survécu, mais elles y ont carrément trouvé un nouveau paradis. Avec le temps, les serpents de Shédào se sont complètement adaptés et sont devenus une espèce à part entière : *Gloydus shedaoensis* est leur nom officiel (cf. photo de *Gloydus*). Comment un caillou perdu dans les brumes glaciales du nord de la Chine est-il devenu un havre pour des serpents ?

L'orgueil des vertébrés poilus

Pour le comprendre, il faut secouer une partie des croyances scientifiques qui sont propagées à l'école, au lycée, à l'université, et dans de trop nombreux livres de zoologie. Notamment l'idée selon laquelle les mammifères, bien sûr au passage notre propre espèce, représentent le pinacle de l'évolution biologique. En fait, il se pourrait bien que notre lignage ne soit pas celui des êtres supérieurs. C'est pourtant le qualificatif que nous nous sommes attribué ; les autres organismes étant systématiquement (c'est le cas de le dire !) catalogués comme des êtres vivants inférieurs. Bien sûr, certains lecteurs resteront sceptiques, vexés en quelque sorte de ne pas faire partie de l'élite animale. Pourtant, si les mammifères sont les « meilleurs », les plus « évolués » physiologiquement et intellectuellement, pour-

quoi ne sont-ils pas les rois de Shédào ? Comment ont-ils pu laisser la place à des êtres aussi frustes que des vipères ? Une lapalissade du genre « Les conditions de vie sur Shédào ne sont pas assez favorables aux mammifères » revient à reconnaître que les serpents s'en sont mieux sortis, aucune solution n'émerge de ce genre de déclaration bien creuse. En fait, une des clefs du succès des *Gloydus shedaoensis* tient à leur capacité à supporter des jeûnes prolongés, une qualité partagée avec la gent ophidienne en général.

Les ressources disponibles sur Shédào sont plutôt maigres. Des chèvres ou des lapins auraient ratiboisé les végétaux en deux temps trois mouvements. De même, des mammifères carnivores auraient vidé les proies de l'îlot très rapidement. Ceux-ci ne sont pas totalement absents cependant, on trouve en effet une chauve-souris insectivore (une pipistrelle, ses proies les insectes abondent sur l'île), et quelques rares surmulots qui ont été introduits mais qui semblent complètement sous le joug des serpents. Les vipères de Shédào quant à elles pullulent véritablement ; environ dix à vingt mille serpents règnent sur l'île. Un calcul saugrenu abouti à l'équivalent de une à deux tonnes de prédateurs, ce qui représente environ cent mammifères carnivores de 20 kg chacun. Aucun écosystème naturel aussi tenu que Shédào ne pourrait accepter une telle charge de mammifères ou d'oiseaux prédateurs résidant en permanence sur place. Et encore, au début du siècle, avant que l'homme n'en massacre de très grands nombres, les serpents auraient peut-être été plus de cent mille. Aujourd'hui totalement protégés par les autorités chinoises, leur nombre reste impressionnant ; aussi bien sur le plan comptable que pour les yeux du visiteur. En octobre, période de l'année durant laquelle les *Gloydus* sont

les plus visibles, on en trouve partout. Un tous les mètres carrés sur certains secteurs de l'île, la multitude génère même des empilements de serpents (cf. photo de pile de *Gloydius*). De quoi peuvent bien se nourrir ces foules de vipères ?

Le traquenard

Deux fois par an, de véritables festins ont lieu sur Shédao. Deux fois par an, les proies des serpents abondent. Shédao est située sur un des principaux couloirs de migration d'une pléthore d'espèces d'oiseaux. Au printemps, entre début avril et mi-mai, plus de quatre-vingts espèces de volatiles venues du sud-est de l'Asie font une halte sur Shédao avant de regagner les zones de reproduction dans des régions boréales, la Sibérie par exemple. À l'automne, en septembre et en octobre, les oiseaux repartent vers le sud et repassent au-dessus de la mer de Bohai ; à nouveau ils se reposent sur les quelques îles qu'ils rencontrent, en particulier Shédao. Embusqués, le corps replié comme un ressort prêt à se détendre, les milliers de *Gloydius* attendent patiemment qu'une proie vienne se poser devant leur museau (cf. photo d'oiseau capturé). Avec deux banquets par an, les serpents prospèrent, ils ont assez de ressources pour se reproduire, croître, passer l'hiver et se reposer l'été. Toutefois, les oiseaux sont habiles à éviter le danger, ils bougent rapidement et ont de très bons réflexes. Durant les mois d'ouverture de la cantine céleste, les occasions pour capturer sa pitance sont rares pour chacun des serpents. Les prédateurs n'hésitent pas, et frappent aussi vite que possible dès qu'un oiseau se pose dans la zone de capture limitée par la détente de leurs corps allongés. Les serpents sélectionnent avec soin les perchoirs et les postes d'embuscade au sol. Étant donné la rareté des services de res-

tauration, il faut à la fois maximiser les possibilités de contact avec les plats tout en conservant suffisamment de stabilité pour bien viser les aliments emplumés sans cesse en mouvement ; tout en restant le moins visible possible. Parfois, les serpents adoptent des postures quelque peu acrobatiques, mais le museau toujours pointé vers l'extérieur, tendu vers les zones où un oiseau pourrait faire un arrêt, même bref.

Un casse-tête chinois

Les dizaines d'espèces d'oiseaux qui se posent sur Shédao offrent une diversité de mets aux *Gloydius* ; mais il y a parfois un os qui reste en travers de la gorge des gourmets. Parmi les oiseaux, certains sont des proies trop grosses pour être avalées, c'est le cas des tourterelles par exemple. D'autres encore plus grands sont des prédateurs potentiels ; les rapaces diurnes comme les éperviers peuvent occasionnellement capturer de jeunes serpents. Les hiboux sont une menace mortelle dans les ténèbres, car si les *Gloydius* sortent pour la chasse surtout le jour, ils sont aussi à leur poste la nuit, certainement vulnérables aux serres puissantes des rapaces silencieux. Heureusement, l'essentiel des oiseaux, environ 80 à 90 espèces de passereaux, reste consommable par les serpents, en fonction des tailles respectives des proies et des prédateurs. Cette situation complexe, avec une grande variété d'oiseaux et des gammes étendues de taille de serpents, pose des problèmes aux reptiles en embuscade. Il leur faut frapper très vite avant que la proie potentielle ne disparaisse (les petits oiseaux sont presque toujours en mouvement), mais ils doivent aussi ne pas se démasquer par un mouvement de frappe qui pourrait faire fuir d'autres proies et/ou attirer un rapace. Quand, à quelle

vitesse et en injectant quelle dose de venin faut-il projeter ses crochets vers une proie potentielle sans se faire fracasser le crâne en retour en cas d'erreur d'identification ? Les serpents doivent prendre leur décision très vite, sans perdre un temps précieux avant la fermeture bisannuelle et prolongée de l'auberge aérienne.

Le beurre ou l'argent du beurre ?

Les serpents ont résolu ce casse-tête de manière efficace. Globalement, les *Gloydius* adoptent deux tactiques principales de chasse : soit ils sont perchés dans les buissons et les arbustes, presque indécélables sur les branches dont ils miment l'aspect grisâtre et rugueux ; soit ils sont tapis sur le sol, cachés derrière les pierres, homochromes avec le décor de leur guet-apens. La position de chasse la plus délicate est l'embuscade sur une tige ; dépourvu de pattes griffues, le serpent est en équilibre fragile. Contrairement à d'autres espèces arboricoles comme certains boas et pythons par exemple, les *Gloydius* n'arriment pas fermement l'arrière de leur corps en enroulant leur queue autour des rameaux. Juchés sur un maigre support, avec une assise bien mince, les serpents auront du mal à se détendre et à se défendre puisqu'ils ne peuvent frapper que dans une seule direction. En compensation de cet exercice difficile, les oiseaux, et donc les prises de choix, affectionnent aussi les perchoirs ; la plupart des petits passereaux volètent de branche en branche à la recherche d'insectes. Au sol, peut-être que les volatiles sont plus rares mais les appuis physiques nécessaires aux reptiles pour capturer la nourriture ou pour riposter contre les attaques des rapaces sont bien meilleurs : les serpents n'ont plus rien à craindre depuis le bas, cet avantage est combiné à des possibilités de mordre

dans toutes les directions, de se fondre dans le décor, sous les herbes, sous les cailloux, dans les galeries... De surcroît, les oiseaux une fois capturés sont des objets plus faciles à manipuler avec la bouche (faute de main) au sol plutôt qu'en équilibre précaire sur des trapèzes végétaux ; les proies, même immobilisées par le venin, sont quelquefois très difficiles à hisser sur les branches, elles sont régulièrement lâchées par les prédateurs épuisés après une séance infructueuse de culturisme. D'autres fois, les *Gloydius* gardent leur prise entre leurs mâchoires mais se laissent choir sur le sol pour déglutir à l'aise. En somme, les serpents doivent négocier les avantages et les inconvénients de chaque situation. La capacité des organismes à naviguer de façon à trouver les meilleurs compromis entre des activités ou des options antagonistes est un thème central de l'écologie évolutive. La sélection naturelle favorise les comportements ainsi que les attributs morphologiques et physiologiques qui rapportent à ceux qui les expriment le plus de gains en termes d'acquisition des ressources, de survie et de reproduction. Dans ce cadre, la prise de risque et les complications liées aux différentes façons de chasser sont en balance avec les intérêts associés aux taux de capture. Pourquoi les serpents s'obstinent-ils à grimper sur les arbres, mal à l'aise sur leur ventre, alors qu'ils peuvent chasser bien tranquilles tapis sur le sol, à proximité de leur tanière ? Sans ces notions sur les phénomènes de régulation sous-jacents aux processus de l'évolution, il serait impossible de comprendre pourquoi tous les *Gloydius* n'adoptent pas un seul et même comportement de chasse. Au passage, la supériorité des concepts de l'écologie évolutive sur les notions alternatives (créationnisme, *intelligent design*...) est que des hypothèses peuvent être formulées et testées de façon rigoureuse. En l'occurrence, les avantages asso-

ciés à l'affût dans les arbres pour cueillir les proies devraient être tempérés par des inconvénients. Dans les situations naturelles, il n'est pas facile d'identifier et de peser la totalité des éléments à placer dans la balance des régulations ; toutefois, ce n'est pas une raison pour baisser les bras. En examinant les systèmes avec soin, il est toujours possible d'en saisir au moins quelques-uns puis d'effectuer des mesures.

Assez logiquement, lorsqu'ils sont à terre, les *Gloydius* acculés par les observateurs humains, les pires des prédateurs, se tiennent presque toujours prêts à faire face et à mordre si nécessaire. Bien sûr, ils choisissent la fuite comme option prioritaire mais, bloqués d'une façon ou d'une autre par un rocher ou une falaise ils tiendront tête vaillamment. Perchés sur les branches, en position instable, leur tactique est très différente. Ils restent cois, ils font corps avec leur support et espèrent être ignorés par le reste du monde vivant. Pourtant, même en étant perchés, trop inquiets ou harassés, ils dévoilent graduellement leur système de défense. Soit que le venin est précieux, soit qu'il est préférable d'éviter des confrontations, les *Gloydius* ont développé des tactiques destinées à prévenir un agresseur de leur capacité à infliger une morsure mortelle tout en évitant le combat. Le signal le plus clair est la vibration de la queue (moyen courant chez les serpents, particulièrement développé chez leurs proches cousins les serpents à sonnette), ce qui émet un vrombissement menaçant, surtout lorsqu'il y a contact avec des feuilles sèches qui amplifient le son. Qu'ils soient au sol ou sur leur perchoir, les reptiles utilisent souvent cet avertissement sonore qui semble être très compréhensible même pour les béotiens du langage des serpents. L'étape de sauvegarde suivante est la frappe, d'abord dissuasive puis franchement dangereuse.

C'est exactement ce que font les *Gloydius* à terre. Mais contre toute attente, au lieu de mordre lorsqu'ils sont harcelés dans les arbres, les acrobates écailleux se jettent dans le vide, parfois de haut ! Ils cognent violemment le sol ou les cailloux en produisant un bruit mat.

Les serpents tombent du ciel

Quelle est la logique derrière ce comportement spectaculaire ? Il est probable qu'au sol, les *Gloydius* plongeurs retrouvent immédiatement leurs appuis et leurs atouts pour organiser leur fuite ou leur défense. En dépit des apparences brouillonnes d'une chute, le fait de se précipiter soudainement des branches est peut-être bien une attitude organisée. À partir de là, on peut formuler des hypothèses et mettre en place des expériences simples pour interroger les animaux ; c'est ce que nous avons fait en octobre 2003, en pleine période des agapes ophidiennes.

Afin de tester leurs réactions, il est possible de présenter devant les serpents différents leurres d'oiseaux, plus ou moins réalistes. Pour cela, il suffit de fixer les appeaux au bout d'une canne à pêche, puis, pour imiter le vol, de les agiter en secouant la hampe ; et enfin de les poser devant les serpents en embuscade. De nombreux cadavres d'oiseaux fraîchement tués par les *Gloydius* jonchent le sol de Shédao en octobre ; frappés par les crochets venimeux, ils ont voleté sur quelques distances avant de succomber au venin. D'habitude, les petits volatiles perdus par leurs exécuteurs sont rapidement consommés par d'autres serpents qui patrouillent au sol ; mais il en reste toujours quelques-uns de disponibles pour les expériences. Les rapaces, éperviers et hiboux quant à eux sont plutôt tués par défense ou peut-être

par erreur, ils ne sont pas consommés et deviennent faciles à récolter. Tous ces macchabées font des leurres presque parfaits (cf. photo de *Gloydius* avec leurre). On peut aussi fabriquer des amorces grossières avec des matériaux synthétiques. C'est très utile pour analyser, isoler les signaux auxquels les serpents sont sensibles. Le principe est de modifier un seul facteur à la fois, tel que la taille du leurre, en utilisant des objets *a priori* neutres, par exemple des objets en plastique de différentes dimensions. Indépendamment, il est possible de jouer avec les odeurs en ficelant des plumes de petit passereau ou de rapace autour d'un leurre. Enfin, il est possible d'agiter la canne sans aucune garniture devant le nez des serpents pour tester l'effet de cet outil sur les comportements des sujets testés, base indispensable pour interpréter les effets propres des autres artifices. Les combinaisons sont infinies. Grâce à la densité de serpents postés un peu partout dans l'île, plus de 450 tests ont été réalisés en quelques jours à peine. Les mesures ont révélé des caractères individuels marqués ; les leurres quant à eux ont permis de mieux comprendre les comportements des prédateurs en fonction de leurs propres caractéristiques et de la situation à laquelle ils avaient à faire face. Soixante-dix-sept *Gloydius* ont sauté dans le vide, parfois en effectuant un véritable bond, très dynamique. Honnêtement, la réception au sol manque d'élégance. Cette pluie de serpents comparée aux centaines d'individus ayant décidé de rester à leur place durant les expériences a fourni la base pour analyser quels sont les déclencheurs des vibrations de la queue, des morsures et, bien sûr, des plongeons.

Quelques plumes fichées à l'extrémité du dispositif sont efficaces. En posant ce leurre très primaire le plus rapidement possible sur une branche, juste devant le museau du reptile, on obtient sou-

vent une détente rapide, quelles que soient les plumes utilisées, de rapace ou de petit passereau. La gueule grande ouverte et les crochets dirigés en avant, le serpent se détend instantanément et cherche à capturer une proie le plus rapidement possible. Parfois, l'amplitude du mouvement est tellement grande que le serpent tombe. Cette technique fonctionne sur toutes les classes de taille de serpents, des plus petits aux plus grands. En somme, le prédateur saisit le plus vite possible la moindre opportunité de repas. Étant donné la rareté des occasions de se remplir la panse, la précipitation des *Gloydius* pour happer tout ce qui ressemble à une proie avalable est compréhensible. Toutefois, si on fait descendre doucement l'appât, l'odeur des plumes prend une place importante dans les réactions des serpents. Lorsque le leurre est déplacé progressivement vers la gueule du reptile, ce dernier, circonspect, décoche souvent au préalable quelques coups de langue. Si les plumes appartiennent à un rapace, les serpents adoptent une attitude défensive, vibration de la queue, retraite, fuite, saut dans le vide. Les petits *Gloydius* se précipitent dans le vide plus souvent que les adultes. Inversement, si les plumes sont celles d'un pouillot, une proie idéale, les serpents petits et grands tentent de les saisir rapidement.

En utilisant des leurres de grande taille, par exemple un hibou mort ou un pochon d'objectif d'appareil photo de dimensions équivalentes, les classes de serpents ne réagissent pas de concert. Les petits serpents sont effrayés par la taille de l'objet, même s'il ne s'agit que de plastique ; alors que les grands serpents ignorent plus ou moins cet élément inoffensif, mais ils s'alarment devant le hibou marionnette. En effet, de nombreux serpents adultes n'hésitent pas à plonger pour fuir l'approche d'un rapace mort suspendu à la canne ; et leur crainte équivaut alors

à celle de leurs cadets. Des analyses plus poussées révèlent toujours plus de complications, mais elles soulignent la même logique comportementale. Globalement, les serpents sont capables d'apprécier et de comparer très rapidement différents paramètres pour optimiser leur succès à la chasse tout en préservant au mieux leur survie. Ils sont au moins capables de tenir compte simultanément de la taille et de la vitesse de déplacement des objets qui les approchent, de l'odeur de ces derniers, de leur propre taille (et donc des réactions vraisemblables des oiseaux qui les auraient repérés : intéressés *versus* inquiétés par le serpent venimeux), ainsi que des avantages et inconvénients de leur situation, soit perchés dans les branches ou bien enroulés au sol. Les résultats des tests montrent que les chutes dans le vide ne doivent rien au hasard. Certaines sont des sauts de prédation qui visent de petits oiseaux rapides, entraînés par leur détente, les serpents tombent ; d'autres sont la conséquence de la surcharge due à la proie capturée ; d'autres encore sont des comportements de fuite qui permettent aux serpents de disparaître dans le sol et les broussailles face à une menace.

Toujours plus de chinoiseries

Pour ajuster leur frappe, les *Gloydius shedaoensis* utilisent encore d'autres systèmes de visée. Outre la vue et l'odorat, ils possèdent des capteurs sensibles aux infrarouges, des sortes de petites fossettes situées entre l'œil et la narine. Nous n'avons pas réalisé de tests sur cette capacité sensorielle. Elle est propre à quelques groupes de serpents et participe certainement au choix des proies et au succès de la chasse. Des expériences conduites par Richard Shine et ses collègues sur les *Gloydius* de Shédao avec des leurres suspendus à une canne à pêche ainsi que les travaux

réalisés sur d'autres espèces de serpents (crotales, pythons) suggèrent que les infrarouges émis par les proies sont effectivement très utiles aux serpents. Ces derniers peuvent identifier, localiser et estimer la taille des animaux qui passent à leur portée dans l'obscurité totale. En conséquence, dans les conditions naturelles, les phénomènes associés à la chasse sont plus compliqués et subtils que ce qui a été évoqué ci-dessus. De leur côté, les oiseaux ont certainement développé des mécanismes pour échapper aux serpents. C'est une autre histoire, appelée « course aux armements » par les biologistes, un autre moteur de l'évolution. Pour en rester à nos moutons, au moins deux fois par an les *Gloydius shedaoensis* festoient grâce à leurs talents de chasseurs, leur habileté à sélectionner les postes d'embuscade et leur capacité à ajuster les frappes. Ça ne fait toujours pas beaucoup d'occasions de se remplir la panse.

Les sybarites économes

Comment les serpents survivent-ils entre les agapes ? À l'instar de la vaste majorité des espèces animales, les reptiles ne maintiennent pas leurs principaux paramètres physiologiques – glycémie (taux de « sucre » dans le sang), natrémie (taux de « sel » dans le sang), pression artérielle –, dans une gamme de consignes précises et étroites. L'homme, avec une température corporelle centrale maintenue proche de 37°C, et qui souffre lorsque celle-ci dévie d'à peine quelques unités, fait partie d'une minorité biologique. La plupart des autres animaux utilisent les variations de leur environnement pour ajuster leur température dans des registres étendus de variations, ce qui leur permet de moduler leur niveau d'activité en fonction de leurs besoins. Par exemple, lorsque l'air est frais, disons 15°C, s'il ne

fait pas trop de vent et que le ciel est clair, les serpents peuvent s'exposer aux rayons du soleil pour augmenter leur température corporelle vers 30°C, 37°C. Ils ne sont plus du tout des animaux à sang froid à ce moment-là. Si le reptile préfère rester au repos et économiser ses ressources, il demeure au frais dans un terrier, ce qui est terriblement avantageux dans les déserts arides et torrides. Lorsque l'air ambiant est trop chaud, plus de 30°C, ils se déplacent dans des zones fraîches, à l'ombre des buissons ou dans des galeries souterraines. Ce type de régulation de la température interne où l'animal exploite entre autres les irrégularités de la température de l'air, celles du substrat (pierres, sol...) et les rayonnements solaires s'appelle l'ectothermie. Ce terme exprime le fait que le milieu extérieur apporte la chaleur et la fraîcheur qui sont nécessaires à l'animal. On l'oppose à l'endothermie, où la régulation de la température corporelle repose largement sur des processus de production interne de chaleur (par le travail soutenu des cellules dans les viscères au repos, par les muscles squelettiques durant l'effort), ou de refroidissement (transpiration, halètement...). C'est par exemple le cas des oiseaux et des mammifères qui dépendent en permanence de très grandes quantités d'énergie pour stabiliser leur température corporelle dans un éventail borné de variations. L'hypothermie comme l'hyperthermie sont fatales pour des mammifères comme nous, idem pour les oiseaux. Le maintien à grands frais de la température corporelle permet aux endothermes de conserver proche du zénith leurs performances locomotrices ; qu'il neige, qu'il vente, qu'il pleuve, de jour comme de nuit un sanglier sera capable de courir à toute vitesse pour s'échapper. Il perfore brutalement les fluctuations de l'environnement. De leur côté, les ectothermes ne sont pas contraints (pas capables) de dépenser

continûment de grandes quantités d'énergie pour survivre ; ils épousent le décor, ils glissent doucement sur les rugosités de leur milieu. Mais cet avantage énergétique colossal de l'ectothermie sur l'endothermie est contrebalancé par des inconvénients. Une couleuvre froide surprise hors de son abri ne peut se mouvoir que très lentement, ses possibilités de fuite sont très réduites. En pleine canicule, les serpents surchaufferaient rapidement ; en plein cagnard, un rat quelconque survivra plus longtemps qu'une vipère du désert. Le problème pour les serpents, notamment sous les climats tempérés ou froids, est que parfois durant de très longues périodes, l'environnement est trop rude pour autoriser des choix de thermorégulation. S'il fait trop chaud ou trop froid, les reptiles seront obligés de rester à l'abri, généralement sous terre durant de longs mois. C'est précisément le cas des serpents de Shédao qui prennent de très longs repos forcés, tantôt au cours de l'hiver glacial, tantôt pour échapper à l'été trop peu propice à la chasse. Avec nos yeux d'endothermes, il pourrait sembler que ces phases de faible activité sont des périodes interminables de douleur. Il n'en est rien. Le ralentissement du métabolisme s'accompagne d'un changement de rythme biologique.

Un phénomène qui est inimaginable pour nous autres humains parce que notre perception du temps est presque invariable, nos horloges internes sont mécaniquement liées à notre métabolisme de repos, toujours réglées sur une cadence rapide. En fait, des mois d'hibernation avec une température corporelle située entre 5 et 10°C ne correspondent qu'à un petit événement biologique et temporel pour les reptiles. Le temps s'écoule lentement et les dépenses énergétiques sont réduites : au cours de six mois d'hibernation, un serpent ne consommera qu'une toute petite fraction de ses ressources. Cette notion est mieux

expliquée avec un exemple. Un endotherme comme le hérisson va perdre la moitié de sa masse corporelle durant deux ou trois mois d'hibernation ; cette perte sera d'à peine 1 à 5 % pour son voisin de terrier le serpent. Le mammifère en état de torpeur profonde épuise rapidement ses réserves, le temps lui est compté ; à l'inverse, le reptile conserve quasi intacts ses stocks, le chronomètre est flexible. Ainsi sur Shédao, dans une perspective ophidienne, les grands festins se succèdent à un rythme largement suffisant et la population prospère.

L'île asile

Cette fortune dont bénéficient les serpents est fragile : si les oiseaux venaient à se raréfier ou s'ils changeaient de route, les *Gloydius* finiraient par mourir de faim. Les autorités chinoises en ont conscience et ont décidé de préserver efficacement l'écosystème de l'île. Des équipes de veilleurs résident en permanence sur Shédao. Comme des gardiens de phare, les veilleurs surveillent la mer, ils empêchent les braconniers de venir capturer les *Gloydius* et plus globalement de venir dégrader Shédao. En effet, les organes des reptiles sont censés avoir des vertus multiples, les serpents sont donc une marchandise intéressante. D'ailleurs, il existe sur le continent un énorme institut pharmaco-médical et pédagogique où sont étudiés les serpents. Outre Shédao, des collines localisées sur la péninsule voisine sont également classées en réserves naturelles ; les oiseaux les utilisent comme tremplins au cours de leurs migrations. Les Chinois protègent donc un ensemble cohérent. Les migrateurs au repos durant quelques jours sur l'île sont souvent assoiffés mais il n'y a aucun point d'eau naturel sur Shédao. Des petits bassins ont été construits, les oiseaux les affectionnent. Ces réserves

voirs sont aussi équipés de petites marches, ce qui permet aux serpents d'y descendre pour y éteindre leur soif. Effectivement, ils s'y désaltèrent régulièrement. Des refuges pour l'hibernation ont été bâtis. Ces installations réalisées en faveur des serpents sont entretenues, mais le mieux est l'ennemi du bien. Ces dernières années, les aménagements ont pris des proportions gigantesques. Une partie de l'île est bétonnée, des haies d'arbres factices en ciment et en fer, de fausses grottes, de vraies maisons et des imitations de lacs de montagne ont poussé sur une vaste surface.

Malgré tout, Shédao est une réserve dédiée aux serpents. C'est aussi un cas unique de protection effective de ces reptiles. La loi protège les ophidiens dans les pays occidentaux, ce qui leur fait de belles jambes (si on peut dire). En pratique, ils sont tués en grands nombres. Par exemple en France, cela ne pose pas le moindre problème d'occire un serpent ; à la maison comme aux champs, le citoyen lambda lui donne volontiers un bon coup de pelle. Personne n'a jamais été inquiété pour avoir détruit, même sauvagement, des couleuvres. Les choses changent petit à petit, grâce à l'action de personnes motivées par la protection de l'environnement et de la biodiversité dans son ensemble. Mais il y a urgence.

Personne ne sait ce qu'il adviendra à long terme des populations d'oiseaux migrateurs qui passent sur la mer de Bohai, et donc des *Gloydius*. En attendant, les serpents sont tranquilles sur Shédao. Les toutes petites îles n'intéressent pas tellement les hommes – sauf les naturalistes et malheureusement également les promoteurs d'hôtels de luxe. Combien de petits bijoux naturels ont été bétonnés pour accueillir les riches

imbéciles ? En effet, les îles sont souvent les derniers refuges d'espèces exterminées ou d'écosystèmes fortement dégradés sur les continents. Les hordes de touristes ne rêvent généralement que de plages de sable sans crabe ni serpent ni rien du tout ; ils raffolent des parasols, des piscines artificielles, des bars où ça drague et de plumes dans le derrière pour tomber des partenaires (à chacun ses leurres emplumés). Heureusement les îles sont quelquefois encore préservées de la fureur destructrice des hommes. Shédao est inhospitalière pour les larves humaines, elle a des chances de s'en sortir. Pour cette raison, les îlots sont les scènes de différents épisodes de ce livre : Shédao, Carnac et autres îlots du lagon de Nouvelle-Calédonie.

Tricots rayés : les vigies du lagon

À quoi ressemble une bonne zone d'étude ?

Shédao est un éden pour les *Gloydius*. Les îles du lagon de Nouvelle-Calédonie offrent un paradis pour d'autres serpents, ainsi que pour les humains qui les étudient. Des îlots sableux et rocheux ont été semés entre la grande terre et la barrière de corail qui protège le lagon de l'océan Pacifique. Chaque îlot exprime sa propre physionomie. Certains sont tout plats, d'autres sont escarpés. Selon l'orientation des côtes, modelées par les vents et les courants marins dominants, des plages de sable blanc et de coraux brisés alternent avec des surplombs rocheux ou des éboulis. La végétation y est aussi très diversifiée, depuis les forêts denses peuplées de grands pins colonnaires (des araucarias en fait) jusqu'à des étendues pelées avec quelques plantes grasses en passant par des forêts sclérophylles (forêts sèches) où abondent les halliers. Les fonds marins ne sont pas en reste. Les proportions de platiers, de patates de corail, de forêts de

coraux plus ou moins branchus, d'herbiers et de substrats sableux ou vaseux sont autant d'éléments qui donnent un caractère singulier à chaque île. Quelques cocotiers et abris sommaires (nommés farés) ont été plantés sur les sites les plus touristiques – ils sont parfaits pour tendre les hamacs.

Sur la plupart des îlots vivent en abondance les fameux tricots rayés. Des serpents à la fois terrestres et marins. Ils sont annelés et ils présentent des coloris magnifiques (cf. photo des tricots rayés). Leur robe rayée rappelle la tenue des bagnards, d'où leur nom. Très venimeux paraît-il (ce n'est pas vraiment sûr), ils sont dociles et normalement complètement inoffensifs pour l'homme. Il faut vraiment les harasser pour risquer une morsure. Indolents, ils se rencontrent en grand nombre sur les plages, précisément quand il ne fait ni trop chaud ni trop froid. Ils se laissent facilement observer lorsqu'ils sont à terre ; dans l'eau, ils ignorent les baigneurs et les plongeurs. Les tricots rayés de Nouvelle-Calédonie, avec leurs cousins d'autres régions, forment le genre *Laticauda*, un mot qui fait référence à leur queue en forme de palette natatoire. Une forme qui a évolué à partir d'une queue effilée, vraisemblablement pour améliorer les performances à la nage. En effet, les tricots rayés passent environ la moitié de leur vie à terre et l'autre moitié en mer. Les animaux qui vivent en alternance entre deux mondes, terrestre et aquatique en l'occurrence, sont passionnants pour les biologistes. Ils sont contraints de ménager la chèvre et le chou. Par exemple, des adaptations à la nage ne sont généralement pas compatibles avec des attributs qui favorisent les performances pour se déplacer à terre. Dans cette perspective, les longues ailes des albatros (bons voiliers) s'opposent aux ailerons courts des manchots (bon nageurs).

Comme les serpents n'ont pas de pattes ni d'ailes, le problème se concentre sur la forme de leur corps allongé et de leur queue qui le prolonge. Les ancêtres des tricots rayés seraient des serpents terrestres vaguement apparentés aux serpents tigres (cf. chapitre suivant). Certains de leurs cousins sont devenus complètement marins et ne reviennent jamais à terre, de purs serpents de mer (qui existent donc bel et bien). En quelque sorte, les tricots sont les représentants d'une situation intermédiaire ; il est vraiment captivant de chercher à savoir comment l'évolution les a façonnés.

Sous les alizés calédoniens, les herpétologistes sont au confort. Les températures de l'air et de l'eau y sont clémentes une bonne partie de l'année. La chaleur estivale n'est jamais trop forte grâce à des brises régulières. Les nuits étouffantes de Nouméa n'ont pas cours sur les îlots. Certes, il peut faire frisquet l'hiver sous la pluie, et un peu chaud sous le soleil ardent de l'été. Mais ces petites incommodités sont parfaitement à leur place pour rappeler la douceur habituelle. Puisque notre laboratoire de recherche est basé en Europe, l'idéal dans notre travail est de programmer les périodes de terrain durant l'été austral, histoire d'exciser les hivers et de rabouter les belles saisons les unes aux autres. Pour conduire des campagnes intensives d'échantillonnage, nous essayons de rester plusieurs jours, semaines, voire quelques mois consécutifs sur les îlots. Nous emmenons avec nous de l'eau et le minimum de provisions : semoule, sardine à l'huile, café, café, café, et livres de poche. Le travail est intensif, nous n'avons pas le temps de faire de la cuisine, les bouquins sont excellents. Pour ne pas perturber les zones d'étude, nous ne pêchons pas et ne chassons pas non plus ; de toutes les façons les îlots sont souvent classés en réserve. Le braconnage est cepen-

dant fréquent dans tous les lieux. Il est le fait des touristes et des Calédoniens, y compris certains représentants de l'État et élus, notamment les plus hauts placés. Ce qui est terriblement décourageant pour les locaux engagés dans la préservation de l'environnement. Les Néo-Calédoniens sont des gens fort aimables ; ils nous aident sur le terrain, ils s'occupent volontiers de notre bien-être. Quelques bateaux accostent, des croissants et du café chaud sont servis. Si certains îlots sont inhabités, sauvages et très peu visités, un des sites d'étude, l'îlot du phare Amédé, est touristique. Sur ce lieu particulier, les conditions de vie sont très supportables. Nous profitons de l'aimable compagnie du personnel de l'entreprise du Mary-D. Nous sommes comme des coqs en pâte. Très occupés par un travail diversifié et intensif, en permanence dans des décors de rêve qui regorgent de vie, suffisamment nourris et de temps en temps allongés dans les hamacs. C'est le bon rythme. Les attaques par les moustiques sont rares, toujours grâce aux alizés. En vérité, il est difficile de faire plus confortable comme zone d'étude. Toutes les personnes qui ont participé à nos campagnes de terrain, y compris des étudiants qui découvrent le terrain, repartent avec quelque nostalgie et rentrent chez eux parfaitement en forme. Malheureusement, des émissions de télévision donnent l'image de conditions infernales où la survie quotidienne est un vrai défi. Notamment un divertissement programmé par TF1. Durant le jeu, des candidats ont étripé des oiseaux protégés (des puffins sans défense, ainsi que probablement d'autres animaux). La chaîne de télévision a diffusé les images. Il est intéressant de lancer une recherche sur Internet en utilisant « Koh Lanta » et « puffins » comme mots clés pour avoir des détails navrants sur l'étalage de la bêtise humaine.

Les herpétologistes ne sont pas pressés d'aller au paradis

Les possibilités de construire rapidement de grosses bases de données sont précieuses en écologie. Dans des endroits comme la Nouvelle-Calédonie, on devrait s'attendre à voir fleurir les programmes de recherche pour étudier la biologie des tricots rayés qui sont si faciles à épier. Curieusement, il n'en est rien. Une très brève étude (quelques jours) a été réalisée dans les années soixante par Hubert Saint-Girons, un des pionniers de l'herpétologie française. En 2002, avec Ivan Ineich, et depuis grâce à François Brischoux, j'ai mis en place un programme de recherche qui se développe actuellement. Entre ces deux phases de recherche séparées par trente années, presque aucun progrès n'a été accompli sur la connaissance de la biologie des tricots rayés de Nouvelle-Calédonie. Ce paradis pour l'étude des serpents a été négligé. Des travaux importants ont cependant été réalisés sur des espèces proches à la fin des années 1990 par l'équipe de Richard Shine (Australie) au Vanuatu et aux Fidji, équipe qui collabore avec nous en Nouvelle-Calédonie. Quelques autres chercheurs ont fait des investigations sporadiques sur les serpents marins, mais dans d'autres zones du Pacifique. Les informations disponibles restent assez maigres. Ainsi, la situation est un peu paradoxale. Très faciles à observer, les tricots rayés ont cependant été ignorés par les herpétologistes. Ces serpents marins sont par ailleurs populaires. Ils font partie des animaux les plus emblématiques de la Nouvelle-Calédonie. Tous les Calédoniens les connaissent de vue, rares sont les touristes quittant la région sans avoir observé, photographié ou filmé ces reptiles multicolores. Leur présence sur les cartes postales ou comme logo de la principale marque de vêtements calédoniens (des habits très solides d'ailleurs) témoigne de leur image localement positive, un fait exceptionnel dans une société largement

occidentalisation. Au-delà d'une forte valeur symbolique, touristique et commerciale, les tricots rayés sont depuis longtemps des animaux ancrés dans la culture kanak. Ils sont souvent des symboles majeurs ou des totems. C'est par exemple le cas pour plusieurs tribus de l'île des Pins.

Les rôles écologiques des tricots rayés commencent à peine à être mis à jour. Les recherches menées par notre équipe ont dévoilé une série de phénomènes cruciaux pour le fonctionnement des écosystèmes récifaux et pour le maintien de la biodiversité de ces zones fortement menacées. Par ailleurs, nos données ont permis de réviser un certain nombre de faits publiés mais en fait inexacts sur la biologie des tricots rayés et celle de leurs proies.

La réconciliation des écailles, des plumes et des poils

La capture des tricots rayés est un jeu d'enfants, toutefois réservé aux adultes à cause des risques de morsure. Les serpents se laissent faire par les chercheurs et acceptent les séries de mesures sans se débattre. Enfin presque. De temps en temps, un individu tente de se défendre. Quelques morsures ont été enregistrées : sur plus de 20 000 manipulations de tricots rayés, nous avons compté deux vraies morsures de défense mais sans la moindre conséquence. Soit le venin n'est pas très actif sur l'homme, soit les tricots rayés n'ont pas voulu en injecter beaucoup, voire les deux. Chaque individu est examiné en détail, longueur du corps et de la queue, masse, nombre d'anneaux, dimensions de la tête, cicatrices ; d'autres informations sont consignées. Ils sont tatoués à vie avant d'être libérés. Un code simple permet d'attribuer à chacun un numéro personnel. À

chaque recapture, il est possible d'identifier l'animal. Les combinaisons variées des anneaux noirs du corps et de la queue, les cicatrices, les petites anomalies, les taches de couleur et autres détails de chaque individu permettent de faire des recouplements et de corriger les erreurs de marquage. Comme les tricots rayés sont plutôt philopatriques (c'est-à-dire fidèles à leur patrie), les recaptures s'accumulent. Depuis 2002, nous avons passé plus de 200 jours à étudier les serpents. Neuf îlots ainsi qu'une épave à demi émergée et coincée sur la barrière de corail ont été échantillonnés. Nous avons récolté de grandes quantités de serpents. Notre base de données pourtant jeune (5 ans) contient plus de 4 500 individus marqués et plus de 4 000 recaptures. Des kyrielles de serpents ont été capturés au moins une fois par an, plus de dix fois pour certains. Grâce à ces informations abondantes, les analyses statistiques sont solides et des phénomènes biologiques autrement imperceptibles se dégagent clairement.

Les tricots rayés sont actifs aux heures les plus douces, principalement le soir et dans une moindre mesure tôt le matin. Ils rampent lentement sur les plages, calmes et silencieux. Les oiseaux marins sont impliqués dans ces glissements pacifiques. Les puffins et les pétrels nichent en grands nombres sur les îlots. Les puffins du Pacifique, synonyme de puffins Fouquet (ceux dont la tuerie a été montrée par TF1), ont creusé des milliers de terriers dans le sable, autant de maisons pour les serpents. Les tricots rayés coulent doucement au fond des abris souterrains ; ils y trouvent une température idéale et la tranquillité pour digérer, muer ou se reposer. À l'inverse de ce qui se passe sur Shédao, les oiseaux (puffins), les mammifères (les humains) et les reptiles (tricots rayés) cohabitent paisiblement dans le

lagon ; comme quoi il faut se méfier des généralités. Signalons quand même que les puffins chantent comme des casseroles fatiguées ; ça met une ambiance joyeuse, un peu comme si nous étions cernés par des animaux bourrés. Grâce à des appareils perfectionnés (de minuscules mouchards électroniques pourvus de mémoire et qui enregistrent la température), nous avons consigné la température corporelle d'un tricot rayé installé au fond d'un terrier pendant deux jours. Le profil montre qu'à ce moment, la température a été stabilisée à 38°C, alors que la température d'un terrier est normalement d'environ 25°C. La présence de puffins suggère que le serpent a été plus ou moins couvé. Nous n'avons pas de preuve directe de cette couvaison, aucune explication alternative à la température élevée non plus. Par ailleurs, des observations visuelles montrent que les oiseaux tolèrent les serpents dans leur maison. Tout semble calme et tranquille sur les îlots. Pourtant, la mort rôde. Des massacres sous-marins apportent l'intensité des drames qui chassent l'ennui.

Des plongeurs infatigables

À terre, les tricots rayés ne font pas grand-chose. En revanche, sous l'eau, ils nagent lentement mais avec opiniâtreté et méthode. Meticuleusement, ils explorent les anfractuosités du corail et les fonds meubles. Ils donnent des coups de langue dans les trous, font marche arrière quand la cavité est borgne, puis retourne dans la matrice corallienne et ressortent un peu plus loin, reprennent leur nage sur quelques mètres jusqu'à la prochaine patate ou forêt de corail, puis recommencent leurs visites systématiques des cavités. Entre ces plongées d'exploration sur le fond qui durent quelques minutes (voire quelques

dizaines de minutes), ils reprennent régulièrement de l'air à la surface en quelques secondes puis replongent en maraude. Avec masque, tuba et/ou des bouteilles d'air comprimé, nous pouvons suivre sous l'eau les animaux pendant quelques minutes, voire quelques heures ; en effet, ils ignorent presque totalement la présence des plongeurs. C'est toutefois insuffisant pour savoir ce qu'ils font sous l'eau. Depuis peu, grâce aux progrès de l'électronique et de la miniaturisation, nous avons des enregistrements largement plus longs de l'activité sous-marine des serpents. De petits appareils sont implantés sous anesthésie dans les individus, ces mini-machines enregistrent la pression, et donc la profondeur à laquelle se trouve le serpent. Comme les instruments sont pourvus d'une horloge, nous obtenons des enregistrements continus sur la durée et la forme des plongées. Après analyse, il est possible de reconstituer l'activité des sujets d'étude. C'est grâce à cette technique que nous savons que le travail de prospection du corail peut s'étaler sans interruption sur des jours, voire dix jours sans aucun repos ni à terre ni en mer, avec parfois plus de cent plongées consécutives par 24 heures. Champions de l'endurance, les tricots rayés prospectent inlassablement le lagon à la recherche de nourriture.

Pourquoi tant d'acharnement ? Les tricots rayés seraient-ils des goinfres ? En fait, les proies semblent très difficiles à repérer et l'effort de prospection doit être très intense. Un serpent doit explorer un grand nombre de cavités ou de grandes surfaces de fond meuble avant de débusquer sa pitance. Les observations directes de scènes de chasse à proximité des îlots nous apportent un peu de lumière. En suivant patiemment un serpent en chasse, on voit parfois une ombre qui jaillit du trou dans lequel il a placé sa tête. Elle fonce dans la cavité la plus proche. Immé-

diatement alerté par ce jaillissement, le tricot rayé perd son calme. Frénétique et brutal, il plonge son museau dans tous les coins et darde sa langue à toute vitesse pour repérer l'odeur du fuyard. La silhouette fuse d'abri en cachette, talonnée par le serpent. Il arrive que la proie s'échappe. Mais une seule morsure la condamne sur-le-champ. Le venin est très efficace sur les poissons. Une fois la victime immobilisée, le tricot l'avale rapidement puis repart lentement vers la plage pour digérer. Mais quelles sont ces proies mystérieuses ?

Le peuple invisible

Le ventre plein, notamment lorsque la proie est énorme, les tricots rayés reviennent à terre pour digérer tranquillement. Si par malchance nous sommes dans les parages à ce moment-là, le serpent risque de perdre son repas. Il nous suffit d'appuyer doucement sur le ventre du reptile en poussant la proie vers la bouche pour le faire régurgiter. Nous avons ainsi collecté plus de 1 000 contenus stomacaux, c'est de loin le jeu de données le plus important jamais récolté chez les serpents. Mais chaque serpent n'a été sollicité qu'une fois ou deux au cours des ans pour ne pas le priver de trop. Comme les serpents avalent leur proie entière, celles qui ont été fraîchement capturées sont intactes. Il est facile de les identifier et de les mesurer.

Nos analyses ont démontré que les tricots rayés consomment à 99 % des poissons anguilliformes, c'est-à-dire ayant la forme d'anguilles. Au menu des serpents se trouvent notamment toute une gamme de murènes, des congres, des « poissons serpents », quelques poissons chats, et une autre sorte de petit poisson proche des gobies. La surprise est que ces proies

n'étaient presque pas connues en Nouvelle-Calédonie. Elles échappent aux échantillonnages classiques. En routine, les poissons sont recensés à l'aide de comptages visuels effectués par des plongeurs ou par empoisonnement de l'eau à la roténone (un poison asphyxiant) sur une zone donnée, suivi de la collecte des cadavres. Ces méthodes loupent presque toujours les poissons anguilliformes. Cet écart entre les méthodes d'échantillonnage classiques et l'utilisation des serpents est logique. Les proies des tricots rayés sont essentiellement actives la nuit, mais surtout elles restent cachées dans la matrice de corail où elles restent inaccessibles, qu'elles soient vivantes ou mortes. Avec l'aide bien involontaire des tricots rayés, nous avons mis à jour quinze nouvelles espèces de poissons pour la Nouvelle-Calédonie. Une espèce de murène n'était connue que par un seul spécimen trouvé dans l'hémisphère Nord, pourtant elle est régulièrement trouvée dans le ventre des serpents ; d'autres murènes non identifiées pourraient appartenir à de nouvelles espèces. Un peuple invisible de poissons est débusqué par les tricots rayés. À ce jour, nous savons que plus de cinquante espèces de poissons composent le régime alimentaire des tricots rayés. Cette variété semble être un record dans le monde des serpents. Au-delà de cette diversité nouvellement révélée, l'idée très répandue selon laquelle les poissons anguilliformes sont rares est à réviser. Pour évaluer le rôle écologique des tricots rayés, il faut calculer combien de proies ils consomment, il faut donc connaître le nombre de serpents qui pêchent dans le lagon, où ils capturent les poissons, quels sont leurs taux de prélèvement... beaucoup de calculs en perspective.

Des tas de poissons se cachent dans le corail

Les campagnes de captures-marquages-recaptures (CMR) donnent accès aux paramètres biologiques fondamentaux comme les effectifs des populations, les taux de survie, les taux de croissance, les structures d'âge, etc., avec des marges d'incertitude assez faibles. En tout cas nettement plus faibles que ce que donnent les autres méthodes. Pour le comprendre, on peut s'amuser à faire une analogie. Imaginons que nous voulons estimer la taille de population des Schtroumpfs qui habitent au pays maudit. Avec l'aide de Gargamel, une première sortie en forêt permet de capturer 20 Schtroumpfs, mais on peut se douter que beaucoup d'entre eux n'ont pas été trouvés ou sont parvenus à s'échapper. L'astuce consiste à marquer les 20 captifs, par exemple en leur faisant une tâche rouge, puis de les relâcher. Le lendemain, une nouvelle session de chasse permet de prendre encore 20 Schtroumpfs. 4 ont du rouge, les autres sont bleus. Conclusion, les probabilités de capture sont de 1/5 environ (4/20), donc la population totale est de 5 fois 20, c'est-à-dire à peu près 100 Schtroumpfs (cf. l'album *Le Centième Schtroumpf* chez Dupuis). Les techniques modernes sont basées sur ce principe simple et astucieux, mais elles profitent de la puissance des logiciels, des ordinateurs et elles sont capables d'incorporer d'autres paramètres. Par exemple, le fait que certains Schtroumpfs sont plus faciles à capturer que d'autres (phénomène détectable si on attribue à chaque Schtroumpf un numéro personnel, une bague par exemple), ou bien le fait que certaines journées sont bonnes et d'autres non. Ainsi, le Schtroumpf gourmand doit être facile à piéger avec des pâtisseries à la salsepareille, au moins durant les belles journées ; son numéro personnel devrait être très fréquent dans la base de données.

Nous avons concentré nos efforts de CMR sur quelques îlots, plusieurs milliers de tricots rayés sont identifiés individuellement par leur tatouage. En particulier l'îlot Signal, situé à l'ouest de Nouméa, à mi-chemin entre la grande terre et la barrière de corail. Sur cet îlot, les calculs montrent que la taille de population des serpents est voisine de 4 000 individus. C'est colossal, immensément supérieur aux estimations jusqu'alors disponibles. Toujours à l'aide de la technique de CMR, nous avons calculé que les tricots rayés de l'îlot Signal consomment au moins 45 000 proies par an, soit 1 500 kg de poissons. Non seulement les proies de tricots rayés sont très diversifiées, mais de surcroît elles abondent dans le lagon. Contrairement à ce qui était imaginé jusqu'alors, les poissons anguilliformes ne sont ni rares, ni peu diversifiés en Nouvelle-Calédonie ! En fait, il faut revoir à la hausse par plusieurs ordres de grandeurs les populations, et donc les rôles écologiques de deux communautés animales des récifs coralliens : les poissons anguilliformes et leurs prédateurs les tricots rayés. Ces données démontrent que les serpents marins ne sont pas de simples curiosités biologiques ; ils occupent une place importante mais complètement ignorée dans les écosystèmes marins.

Évidemment, la biologie des poissons anguilliformes consommés par les serpents est virtuellement inconnue puisque ce peuple échappait aux scientifiques. Actuellement, nous analysons les contenus stomacaux des poissons récupérés dans le ventre des tricots rayés. En quelque sorte nous déboîtons des matriochkas pour mieux comprendre l'organisation des réseaux trophiques. Comme les serpents se nourrissent toute l'année, et puisqu'ils sont assez sédentaires, nous pourrions mettre au point un système de surveillance (bio-indication) précis sur des îlots clés –

chaque îlot, les fonds marins aux alentours (sur un rayon de 10-15 km) et les populations de serpents associées constituant une zone déterminée de surveillance. Les serpents vivent généralement une quinzaine d'années, leur embonpoint et leur succès alimentaire (proportion des animaux ayant le ventre plein) permettent de contrôler l'état des ressources trophiques des récifs coralliens sur de longues périodes. Le suivi des populations des tricots rayés est facile à réaliser au point de vue logistique. Des échantillonnages réguliers au cours de l'année sont envisageables en adoptant les méthodes que nous avons testées avec succès. Les serpents explorent inlassablement les fonds, explorent différents habitats, se nourrissent aux dépens d'une vaste gamme de poissons par ailleurs quasiment indétectables, et rapportent leurs proies à terre. Chaque espèce de tricot rayé a un spectre alimentaire déterminé ; ils ne chassent pas dans les mêmes zones. Les tricots bleus exploitent plutôt les fonds sableux et vaseux, les tricots jaunes les récifs coralliens. Les deux espèces de serpents rapportent des informations complémentaires. Considérée comme un point chaud mondial de la biodiversité, la Nouvelle-Calédonie souffre de la surexploitation des ressources, de la pêche excessive, de la destruction des forêts, de la pollution, des incendies à répétition. Les mines de nickel raclent les forêts, rejettent de grandes quantités de sédiments dans le lagon, ce qui entraîne peut-être la mort des coraux qui sont fragiles. Dans le futur, les tricots rayés pourraient servir de vigies de l'état du lagon. En fait, il y a urgence.

Comment ménager la chèvre et le chou ?

Les tricots rayés sont aussi passionnants par leur biologie que par leur rôle écologique. Les lointains ancêtres de tous les vertébrés

vivaient dans l'eau. Les précurseurs des serpents, des sortes de lézards munis de pattes rudimentaires, ont quitté le milieu aquatique il y a plusieurs centaines de millions d'années. Les serpents marins actuels sont donc les représentants de lignées de reptiles qui sont retournés secondairement vers la mer. Pourquoi des allers-retours si compliqués ? On ne le sait pas très bien. On pourrait penser qu'en regagnant la mer, les ancêtres des serpents marins ont eu accès à de nouvelles ressources, avantageuses pour les individus capables de les exploiter. Grâce à leur corps flexible, leur tactique de chasse et leur venin, ils se sont spécialisés sur les poissons qui vivent cachés dans la matrice corallienne ou dans des terriers, échappant ainsi largement à la concurrence des autres prédateurs. Grâce à leur venin, les serpents marins s'en sont très bien tirés. Ils exploitent des poissons par ailleurs inaccessibles aux autres prédateurs.

Quoi qu'il en soit, les épisodes de conquête du milieu terrestre (la fameuse sortie des eaux qui concerne la voie qui conduit jusqu'au genre humain), puis le retour vers le milieu aquatique (transition moins fameuse parce qu'elle n'est pas sur la route de l'homme) sont des passages évolutifs majeurs. Ces changements sont riches d'enseignements pour comprendre les mécanismes de l'évolution biologique. Les serpents marins sont des dérivés d'espèces terrestres. Différentes adaptations à la vie dans les océans les caractérisent. Par exemple, les serpents marins sont pourvus de glandes particulières qui expulsent les excès de sel et permettent le maintien de la balance hydrominérale. Ils ont aussi des petits clapets sur les narines qui servent d'écouilles, et une queue aplatie en forme de nageoire. Il s'agit d'attributs que ne possèdent pas leurs ascendants terrestres.

L'aptitude à la nage est certainement une des caractéristiques les plus profondément modelées par la vie aquatique. Comme la théorie prévoit que les adaptations à la nage ont dû se faire au détriment des performances locomotrices à terre, des confrontations expérimentales sont possibles. Il est possible de comparer des groupes de serpents plus ou moins aquatiques. Dans ce but, des animaux ont été soumis à différents tests sportifs. Nous avons chronométré leur vitesse maximale en les faisant fuir sur de courtes distances (quelques mètres) et en les canalisant grâce à de petites pistes, aussi bien sur terre que dans l'eau. Comparés à leurs cousins terrestres (des serpents tigres par exemple, eux aussi de la famille des élapidés ; cf. chapitre suivant), les tricots rayés sont de meilleurs nageurs ; ils sont moins rapides à la reptation en revanche. Apparemment, leur queue aplatie augmente les capacités à la nage, mais cet avantage exprimé dans l'eau se traduit par des pertes d'efficacité à terre. Des résultats attendus en somme. Toutefois, lorsque les comparaisons sont étendues vers d'autres serpents terrestres, comme les couleuvres verte et jaune (cf. dernier chapitre), les choses se compliquent. La couleuvre verte et jaune est une espèce vive. Très rapide à terre, elle affiche des scores de reptation très supérieurs à ceux des tricots rayés, ce qui est logique. Elle a une queue effilée, ce qui n'est *a priori* pas la conformation idéale pour la nage. Pourtant, au cours des tests dans l'eau, elle surpasse les serpents marins. Sa vitesse de pointe est largement plus élevée. Ce résultat est un peu gênant. On pourrait penser que c'est le fait d'une plus grande fréquence des ondulations. Il n'en est rien. Sa puissance par ondulation, mesurée avec un appareil relié au sujet et qui enregistre les tensions, est aussi supérieure à celle des tricots rayés. Chaque ondulation génère une force de propulsion plus forte chez l'espèce terrestre que chez l'espèce marine (nous avons bien entendu tenu

compte des tailles et des masses relatives des animaux). De plus, les couleuvres verte et jaune qui ont une queue tronquée par accident avancent très bien dans l'eau. De même, les serpents tigres amputés de leur queue nagent très bien. L'idée simple selon laquelle une queue aplatie en forme de nageoire confère automatiquement des aptitudes supérieures à la nage semble donc plus compliquée que prévue. En fait, la puissance générale de la couleuvre verte et jaune la rend plus performante que tous les serpents testés, à la natation comme à la reptation. Cette notion est renforcée par d'autres observations. Nous avons aussi éprouvé la couleuvre à collier (semi-aquatique), la couleuvre d'Esculape (terrestre et arboricole), la vipère aspic (terrestre pure), ainsi que d'autres espèces (boas, crotales...). Les trois premières espèces (présentées plus loin) sont assez lentes dans leurs déplacements, et elles ont obtenu sans surprise des scores assez faibles à tous les niveaux. Tous ces résultats sont un peu embêtants par rapport aux prédictions initiales. En gros, les serpents marins auraient dû être les meilleurs dans l'eau, mais ça ne se vérifie pas réellement.

Il faut rappeler que les serpents nagent de façon particulière. Les forces de propulsion sont essentiellement générées par les ondulations du corps qui repoussent l'eau vers l'arrière de l'animal. Si la forme de la queue joue vraisemblablement un rôle pour la natation, il est peut-être secondaire dans nos mesures des performances. Il fallait prendre du recul.

Sprinters ou marathoniens ?

Ces anicroches nous ont forcés à revoir les hypothèses de départ. Comme nous sommes têtus, nous avons repris le problème en essayant d'avoir une approche plus réaliste, plus natu-

raliste. Les tests ci-dessus ont été faits sur des périodes de temps assez courtes, moins de cinq minutes à chaque fois : ils concernent davantage des performances de sprint (les 10 premières secondes) ou de résistance (1 à 3 minutes) que d'endurance. Dans la nature, les serpents marins ont peut-être davantage intérêt à être capables de nager des heures, voire des jours, plutôt que de piquer une pointe de vitesse en étant pourchassés par des humains en short. Nous avons refait des analyses plus fines en examinant la baisse de puissance entre le départ et la fin des tests qui duraient de 10 secondes à 3 minutes. Les tricots rayés tiennent mieux la distance ! Leurs performances, bien que plus basses globalement, faiblissent moins vite que celles des couleuvres verte et jaune. Après un départ fulgurant, les couleuvres verte et jaune s'épuisent vite et se retrouvent à nager moins bien que les tricots rayés en trois minutes à peine. Il est probable que sur des périodes plus longues que celles de nos tests, les écarts entre les serpents marins et terrestres se dégageaient encore plus nettement. Les tricots rayés peuvent nager et plonger sans interruption pendant des jours sans se reposer. Une couleuvre verte et jaune se noiera presque à coup sûr bien avant. C'est la morale de la fable du lièvre et de la tortue : pour ratisser les fonds marins en apnée, il vaut certainement mieux être un nageur infatigable du style tricot rayé tranquille qu'un serpent survolté et gourmand en oxygène.

Autre idée complémentaire : il est aussi possible que la palette natatoire des serpents marins apporte de la manœuvrabilité plus que de la puissance. Les tricots rayés sont capables d'effectuer une marche arrière sous l'eau en prenant appui sur leur palme caudale, ce qui est indispensable pour explorer les trous en série. La couleuvre de course verte et jaune en est incapable, trop

tendue, trop nerveuse. Les tricots rayés sont d'excellents contortionnistes, ce qui est très pratique pour chasser dans les trous de corail. En revanche, la souplesse du corps ne favorise pas la vitesse et vice versa. Quoi de moins souple qu'un canasson ? Durant les tests, les espèces adaptées au milieu aquatique, tricots rayés, couleuvres vipérines et dans une moindre mesure couleuvres à collier, ont toutes effectué de longues plongées en restant sous l'eau plusieurs minutes. À l'inverse, les espèces nettement terrestres sont systématiquement restées en surface. Face à ces complications, il nous reste encore des expériences à inventer et à mettre au point. En attendant, nous avons éprouvé pas mal de reptiles. Parfois d'une façon qui à première vue semble incongrue. Par exemple, nous les avons obligés à faire de l'escalade !

Si certains îlots sont plats, tout au moins essentiellement pourvus de grandes plages de sable, d'autres sont bordés par des remparts. Les récifs coralliens fossiles forment des plateaux escarpés. À l'échelle des serpents marins, une marche verticale de quelques mètres est une véritable falaise. D'autres îlots sont des formations géologiques plus complexes et constituent de petites collines aux parois raides. L'îlot Signal est plat et sableux, Porc-épic est pointu et rocheux, les îlots Brosse et Bayonnaise quant à eux sont plats mais largement ceinturés par un surplomb corallien. Tous ces îlots abritent des populations des deux espèces de tricots rayés. Les reptiles doivent venir à terre régulièrement, parfois chargés d'œufs pour les femelles prêtes à pondre, ou de nourriture après un voyage alimentaire en mer. Les plages en pente douce ne semblent pas poser de difficulté majeure. Les serpents les traversent facilement. En revanche, les zones abruptes devraient être sacrément plus difficiles à

franchir par ces animaux marins. Pour avoir une image plus claire des difficultés rencontrées, nous avons forcé les serpents à escalader un surplomb corallien de 2,5 m de haut. La base du parcours était sous l'eau à marée haute et découverte à marée basse. Le sommet donnait accès à des buissons et à des cachettes utilisées par les serpents. Nous avons capturé des tricots rayés aux alentours. Chacun a été plaqué sur la paroi, n'ayant pas d'autre choix que de s'agripper ou de tomber. La première surprise a été de découvrir les incroyables talents de grimpeur des tricots rayés. Certains ont été capables de se rétablir en ayant au départ comme seul point d'appui le menton tandis que le reste du corps pendait dans le vide. D'autres ont chuté. Des différences entre espèces et entre sexes sont clairement apparues.

Rôles reproducteurs et plan corporel

Les mâles sont globalement bien meilleurs à l'escalade que les femelles. Ils sont plus musculeux, leur force est avantageuse pour se hisser en s'accrochant aux aspérités du corail. Les femelles, plus lourdes et moins puissantes, dévissent souvent. À chaque chute, les animaux ont été saisis au vol pour éviter les chocs et les blessures. Les tricots rayés jaunes grimpent franchement mieux que les bleus. Ils sont aussi plus athlétiques d'une façon générale. En somme, les champions sont les mâles jaunes, les moins bien classées les femelles bleues. Ces différences s'expliquent en partie au regard d'hypothèses évolutives simples. Au moment de la reproduction, les mâles sont avantagés par des attributs qui augmentent leurs capacités à rechercher les femelles reproductrices. Puis à les séduire et éventuellement à combattre les rivaux. Quant aux femelles, leur succès repro-

ducteur est dépendant de leurs compétences à acquérir des nutriments, à les métaboliser et à les diriger vers les ovaires pour produire le plus grand nombre possible d'œufs. La sélection naturelle devrait donc favoriser la puissance musculaire des mâles et les aptitudes à transformer et stocker les ressources alimentaires chez les femelles. Chez ces dernières par exemple, un tube digestif et un foie très développés par rapport à ceux des mâles sont avantageux. Les analyses de composition corporelle réalisées sur plus de dix espèces de serpents confirment ces postulats. Dans ce cadre, les divergences écologiques et morphologiques entre les sexes se comprennent assez facilement.

Les différences entre les espèces, tricots rayés bleus et jaunes, s'expliquent autrement. Si les deux espèces se ressemblent superficiellement, elles ont des modes de vie contrastés. Les tricots rayés bleus restent toujours à proximité de l'eau, plus ou moins cachés sous des rochers humides. Ils semblent constamment fatigués, ils nagent doucement et ils capturent des proies relativement petites par rapport à celles pêchées par les tricots jaunes. Leur vie semble être orientée sur les économies d'énergie. À l'inverse, les tricots rayés jaunes traversent de grandes distances à terre, grimpent aux arbres, escaladent les collines (pour des raisons inconnues), se déplacent vite et plongent parfois en profondeur après le tombant extérieur de la barrière de corail. Ils saisissent parfois des poissons énormes. Ils semblent mener une vie plus trépidante. Cette comparaison un peu caricaturale permet de résoudre en partie un paradoxe. Les tricots rayés bleus sont plus aquatiques que les jaunes. Il aurait été logique d'imaginer qu'ils fussent plus performants à la nage. Les mesures démontrent l'inverse. En gros, parmi les tricots rayés, les jaunes sont des athlètes et les bleus des holothuries.

Les premiers ont probablement des besoins énergétiques supérieurs aux seconds. Chaque espèce a son propre style de vie, les rentrées et les dépenses énergétiques s'équilibrant via des voies différentes. La validation de cette assertion réclame encore des données et des analyses, mais c'est une piste pour expliquer la coexistence des deux espèces sœurs de tricots rayés. Piste que nous avons commencé à suivre sur le terrain.

Rochers et périscopes

Sous l'hypothèse que les tricots rayés bleus sont des animaux qui dépensent peu d'énergie, on devrait observer des déplacements très réduits lorsqu'ils sont au repos à terre. En revenant d'un voyage alimentaire en mer, le plus court chemin pour trouver un abri est la proximité immédiate du rivage. Les plages de sable constituent une étape supplémentaire entre l'eau et les cachettes terrestres. Effectivement, les tricots rayés bleus les évitent ; les athlètes jaunes les traversent facilement. Seules les berges pourvues d'abris les pieds dans l'eau, de gros rochers, sont visitées par les serpents céruléens. La nuit, des flots de tricots bleus s'y croisent, ils sont souvent de retour ou en partance pour la pêche. Cependant, pendant plusieurs années nous nous sommes demandé où se tiennent cachés exactement les serpents quand ils ne sont pas en mer, en particulier pendant les heures chaudes du jour durant lesquelles ils sont invisibles à terre. Au cours d'observations minutieuses, nous avons découvert un phénomène singulier sur la sélection de l'habitat. En pleine journée, oint d'écran solaire, une casquette vissée sur la tête, assis et immobile au bord de l'eau sur un rocher à demi immergé dans un champ d'autres blocs, on peut observer de petites têtes azurées qui percent la surface de l'eau, tels des périscopes. Un

bref souffle se fait entendre, et hop l'animal se retire à reculons sous les rochers. En l'absence de vent, par une mer calme, la scène est amusante. Les expirations se succèdent rapidement et rythment les lieux. Ce spectacle est très localisé toutefois. La précision topographique a une explication. Les rochers favorables combinent des qualités très précises. Il faut qu'ils soient relativement grands pour ménager des espaces aux serpents, mais surtout ils doivent être placés de façon à être recouverts par un maximum de 40 cm d'eau à marée haute, 20 cm étant mieux. Cette hauteur correspond aux possibilités pour un tricoteur de tendre son cou jusqu'à la surface tout en gardant une bonne partie de son corps sous le bloc de corail. À marée basse, ces abris très poreux perdent leur eau en restant humides et par conséquent relativement frais : les serpents peuvent y séjourner sans risque par les journées les plus chaudes. Des rochers situés plus haut sur le rivage ne font pas l'affaire ; ils sont trop secs, ils chauffent trop vite et ils allongent les trajets jusqu'à la mer. Placés trop loin des berges vers l'océan, ils sont recouverts par trop de hauteur d'eau et ils obligeront les tricots à accomplir trop de travail pour respirer. Les retraites idéales pour les serpents marins bleus ne sont pas si abondantes, elles attirent les animaux en grands nombres. Sous un seul bloc de corail, il est possible de débusquer plus de dix animaux serrés les uns contre les autres. Les tricots rayés bleus se rencontrent en densités beaucoup plus faibles dans les zones dépourvues de rochers garages. Les îlots sans ces cailloux particuliers n'abritent pas de tricots rayés bleus, seulement des jaunes. Pour préserver les populations de tricots rayés bleus, il est essentiel de ne pas détruire leur habitat singulier. Une des raisons qui poussent les tricots rayés à s'abriter sous des rochers frais et humides est le contrôle des pertes en eau. Dans leur environnement salé, le maintien de

l'équilibre hydrominéral et le risque de déshydratation sont des problèmes. Ils possèdent des glandes spéciales sous la langue pour expulser l'excès de sel. Leur fonctionnement dépense de l'énergie et toute occasion d'alléger cet effort est bienvenue.

Grimpons sous la pluie

Durant l'été austral, début février 2005, nous étions sur l'îlot Signal depuis deux semaines. Il n'existe aucun point d'eau, ni source, ni la moindre petite mare sur place. C'est la règle sur les petits îlots coralliens. Le 3 février, des trombes d'eau se sont abattues, un véritable déluge et un vrai plaisir. Les premières gouttes ont touché le sol à 17h05, c'est précis, déformation professionnelle oblige. Presque immédiatement, les serpents sont sortis de toutes parts et se sont mis à grimper sur les rochers. Habituellement, aussi tôt dans la journée, les tricots rayés qui sont crépusculaires sont bien cachés dans leurs abris. Leur précipitation à sortir était due à la soif. Tous les serpents se sont mis à boire en aspirant l'eau par le petit trou situé en avant de la bouche et qui laisse passer la langue par intermittence. Ils se sont hissés sur le sommet des rochers pour bénéficier d'une eau douce, la pluie ne s'étant pas encore chargée de sel en ruisselant sur le substrat. À ce petit jeu, les tricots rayés jaunes ont été les plus habiles. Par chance pour les bleus, la pluie violente a duré longtemps, elle a rincé le sol et les cailloux. Après une demi-heure, tous les serpents buvaient dans les flaques d'eau douce. Les grimpeurs ont estimé d'une certaine façon la fugacité de la disponibilité en eau ; la pluie est parfois très brève et le sol sableux ne la retient pas. D'autres pluies ont démontré que les tricots rayés sont très intéressés par l'eau douce. Ils grimpent sur les rochers et dans les branches pour s'abreuver aux petits ruisseaux au moment des

fortes pluies. Quand il fait du crachin, ils restent dans l'herbe (des pourpiers en fait) pour gober les gouttes d'eau qui s'accrochent aux feuilles. Boire de l'eau douce est une forte motivation. Ils sont pourtant capables de s'en passer totalement grâce à leurs glandes à sel. Les occasions de se désaltérer sont probablement de bonnes opportunités pour économiser de l'énergie ; l'expulsion active du sel étant gourmande en ATP (c'est la monnaie énergétique des cellules).

Relaxation et glandouille

Il nous reste énormément à apprendre avant de cerner un tant soit peu l'écologie et la physiologie des tricots rayés. Par exemple, nous n'avons que des informations fragmentaires sur leurs séjours en mer et sur leur vie sexuelle. Toutefois, nous soupçonnons qu'une des clés de leur réussite suit la tendance ophidienne générale. La souplesse et les facultés à s'adapter en douceur face à différentes situations sont leurs atouts. Les paramètres de plongée en donnent une illustration. Une belle femelle de tricot rayé jaune est partie pour un long trajet en mer à plus de 15 km de son îlot, elle est sortie du lagon pour sonder le tombant extérieur de la barrière de corail et elle est descendue à plus de 80 m pendant plus d'une heure. Pour plonger aussi bas et longtemps, elle ne semble pas disposer de l'arsenal physiologique des oiseaux ou des mammifères marins. Ces derniers, véritables torpilles lorsqu'ils chassent, sont bardés d'adaptations pour combattre l'hypoxie, les risques d'embolie gazeuse liés à la pression ou l'hypothermie : réseaux sanguins admirables, abondance de myoglobines et d'hémoglobines spéciales qui rendent les chairs très sombres, shunts de la circulation pour canaliser le sang vers les organes vitaux, isolation

thermique poussée, etc. Malgré cet équipement organique très sophistiqué, après une longue plongée, oiseaux et mammifères doivent se reposer en surface et respirer de grosses goulées d'air frais pour éponger les dettes en oxygène et évacuer l'excès de gaz carbonique. Compte tenu de leur petite taille, les tricots rayés plongent aussi profond que les vertébrés endothermes. Mais le temps qu'ils passent sous l'eau est assurément plus long que ce que prédisent les équations. Ils y restent plus de deux heures et demie au lieu des trois minutes attendues au maximum. Les serpents atteignent les profondeurs doucement, sans se presser, en laissant leur température corporelle dériver avec celle de l'eau. Cette technique tout en délicatesse évite probablement au reptile de consommer de fortes quantités d'oxygène. D'ailleurs, après une longue immersion, l'animal peut repartir en plongée après un très bref arrêt à la surface. Aucun indice de dette physiologique. Comme d'autres vertébrés qui respirent de l'air et qui plongent pour se nourrir (e.g. cétacés), peut-être que les serpents marins stockent l'oxygène grâce à une abondance de globules rouges. Dans ce cadre, nous avons fait quelques centaines de prélèvements sanguins pour mesurer la proportion de globules rouges dans le sang. Normalement, on aurait dû constater que les tricots rayés en ont relativement plus que les serpents terrestres. Les mammifères marins et oiseaux plongeurs sont dans ce cas de figure. Un surplus d'hématies (globules rouges) augmente les capacités respiratoires ; c'est une des bases du dopage qui mine le sport (autotransfusion, érythropoïétine [EPO]...). Encore une fois, les serpents ne semblent pas avoir pris la peine de lire les traités de physiologie. À l'inverse des axiomes, les tricots rayés affichent des scores particulièrement bas, les plus faibles de toutes les espèces de serpents testées en fait. Globalement, d'après les

examens morphologiques, il n'existe pas d'adaptations à la plongée spectaculaire chez les tricots rayés : ils exploitent apparemment les avantages de l'ectothermie pour naviguer sous les flots sans avoir à respirer de l'air très souvent. Ils font tout en douceur. Ils s'endorment même sous l'eau, allongés et immobiles sous des coraux. Il nous est arrivé, au cours d'observations, lassés par le chronométrage après 30 à 45 minutes, d'abandonner des tricots rayés en train de faire la sieste par 10 à 20 m de fond ; peut-être peuvent-ils y rester des heures ? Le truc des tricots rayés pour prospecter les fonds marins durant des jours et des jours, c'est la relaxation en mer suivie de la glandouille à terre (« *L'art de faire croire qu'on fait quelque chose alors que l'on ne fait rien pour pouvoir profiter de chaque instant de la vie sans rien avoir à faire* », définition trouvée sur le net). J'aimerais bien être réincarné en tricot rayé.

Les tricots rayés de Nouvelle-Calédonie.

Il existe deux espèces de tricots rayés en Nouvelle-Calédonie, le tricot rayé jaune et le bleu. Ils appartiennent au genre *Laticauda*. Au moins l'une des deux est endémique, c'est-à-dire qu'elle ne se trouve que là et nulle part ailleurs. C'est le tricot rayé jaune, nommé *Laticauda saintgironsi* (anciennement *L. colubrina*). Il a été récemment validé comme une espèce à part entière. Il s'agit du tricot rayé le plus souvent rencontré car il est assez diurne, tout comme la majorité des promeneurs. On peut le trouver un peu partout sur les îlots. La seconde espèce est le tricot rayé bleu, *Laticauda laticaudata*, qui en l'absence d'étude taxonomique précise garde un statut encore assez flou. C'est un serpent moins souvent visible en raison de ses moeurs nocturnes et parce qu'il n'aime pas les plages de sable. Il est

plus exigeant en termes d'habitat, il est moins largement répandu sur les îlots. On le trouve surtout caché sous les rochers immergés à marée haute.

Les tricots rayés sont des serpents apparentés aux cobras et aux serpents tiges, tous de la famille zoologique des élapidés. Un groupe de reptiles terrestres. Au cours des temps, ils sont retournés vers la vie marine (les très lointains ancêtres des serpents étaient des créatures marines) ; amphibies plus que strictement aquatiques, ils partagent leur existence entre deux mondes : les plages des îles de l'océan Pacifique et les eaux des lagons. Les autres serpents marins, qui sont eux aussi des élapidés, sont entièrement marins. Ils ne reviennent jamais à terre, ils sont tous vivipares et mettent au monde des nouveau-nés directement dans l'eau.

Survivre mutilé

Il est inconcevable qu'un animal accidentellement privé d'un sens majeur comme la vision, l'odorat ou l'ouïe par exemple, puisse survivre dans les conditions naturelles. Les chamois, koalas ou mouflons rendus aveugles par des infections bactériennes deviennent incapables de se nourrir, d'éviter des obstacles. Ils se fracassent dans les falaises et disparaissent rapidement – bon débarras. La situation semble encore pire pour un prédateur : sa nourriture étant beaucoup plus difficile à trouver que celle des herbivores, il lui sera de surcroît impossible de manger. D'une façon générale, les individus mutilés sont très rarement observés longtemps dans les populations sauvages, probablement parce que leur survie est compromise à très court terme. Contrairement à toutes les prédictions, certains animaux supportent très bien des mutilations profondes. Les conséquences de la perte brutale et accidentelle de la vue ne semblent pas les handicaper outre mesure. Le phénomène

est rare, mais il est bien documenté... chez une espèce de serpent.

C'est le cas des serpents tigres qui vivent au sud de l'Australie. Des rayures transversales chez certains individus sont à l'origine de leur nom. Cousins éloignés des cobras, ils sont grands et extrêmement venimeux, y compris pour l'homme (cf. photos). Depuis 1997, avec des collègues australiens Don Bradshaw et Dave Pearson, j'ai mis en place une étude sur la biologie de ces serpents dans la région de Perth, capitale de l'Australie occidentale. Nous suivons deux populations prospères de serpents tigres. La première population, remarquable, habite une petite île : Carnac Island, située à 15 km au large du continent. La seconde réside dans une enclave de la ville de Perth, sur une réserve naturelle nommée Herdsman Lake. L'île Carnac a une histoire intéressante et mouvementée qui mêle les Français, les Anglais et les serpents.

Avant l'invasion européenne, le peuple aborigène Nyungar nommait l'île Carnac Ngooloomayup. En 1803, Louis de Freycinet, capitaine français du navire Casuarina, a été le premier Européen à la reporter sur une carte en l'appelant l'île Pelée. En 1827, James Stirling, capitaine anglais, la rebaptise Carnac Island. Elle a servi de prison pour les aborigènes qui osèrent se rebeller contre les colons, puis de station baleinière ; elle a aussi été victime d'une invasion de lapins introduits depuis l'Europe. Elle a ensuite été utilisée comme station de quarantaine portuaire et comme zone militaire durant la Seconde Guerre mondiale, pour enfin devenir une réserve en 1963. De façon curieuse, le site de Karnak en Bretagne ainsi que les temples du même nom à Thèbes en Égypte sont connus

comme des sanctuaires de serpents sacrés. En particulier, sur les rives du Nil, Kématef est le dieu serpent assimilé à l'Amon de Karnak. Tous les Carnac ou Karnak du monde semblent donc être des havres à serpents.

Carnac, temple des tigres

Comme d'habitude, pour étudier les populations de reptiles, nous avons mis en place un programme de captures-marquages-recaptures. Vraiment très rapidement, les serpents tigres de Carnac ont apporté des résultats surprenants. En effet, dès la première journée de terrain, nous avons trouvé quelques individus aveugles. Visiblement, leurs yeux avaient été détruits violemment à en juger par les blessures sanguinolentes. Presque sûrs de ne jamais revoir ces individus délabrés, nous les avons toutefois marqués (grâce à un tatouage individuel) et nous les avons relâchés, comme les autres serpents suivis. À notre étonnement, nous avons retrouvé certains d'entre eux vivants la saison suivante en 1998, et ainsi de suite chaque année jusqu'en 2006. Non seulement les tigres aveugles ont survécu mais, de surcroît, ils n'ont pas maigri. Un des individus aveugles capturé en 1997 était toujours en bonne santé en 2005. On aurait presque envie de dire « bon pied bon œil », pourtant de l'un comme de l'autre organe les tigres n'en avaient plus. En fait, les analyses ont montré que les serpents tigres privés de leur vue se portent comme des charmes et qu'ils grandissent aussi bien que les individus intacts. Ils sont donc capables de chasser normalement. Plus fort encore, des mâles aveugles ont été observés courtisant des femelles comme si de rien n'était ; il faut dire que les serpents se reconnaissent mutuellement grâce à leurs parfums et à leur odorat. Pour

mieux apprécier la situation des serpents de Carnac, il est instructif de les comparer aux autres populations.

Sur le continent, par exemple à Herdsman Lake, les serpents tigres vivent à proximité des zones humides. Ils chassent à vue des grenouilles et des têtards capturés sous l'eau, mais leur régime alimentaire reste très éclectique, les souris par exemple font régulièrement partie du menu. Sur Carnac, île formée de grès poreux et de sable, il n'y a pas de point d'eau ni de grenouilles. Comment ont-ils pu survivre sans leurs mares ni leurs proies habituelles ? On ne sait pas comment les tigres sont arrivés sur cette petite île. Peut-être y ont-ils été volontairement introduits il y a soixante-dix ans ? Les autorités ont en effet confisqué les serpents tigres d'un certain Rocky Vane (un nom dérivé de celui de son grand-père français, M. Vagne). Cet homme était un charmeur de serpents, il les présentait au public et il vendait des remèdes contre leur venin redoutable. Mithridatisé par des morsures à répétition, il attirait le chaland en maintenant une bonne collection de tigres. Mais, au cours des démonstrations, il a provoqué la mort de son épouse, ainsi que celle d'une assistante (bon débarras). Le gouverneur a fermé l'entreprise du fakir et a saisi les pensionnaires. Les tigres auraient été relâchés sur Carnac où ils auraient pris souche. Alternativement, les serpents tigres de Carnac auraient pu arriver tout seuls à la nage en passant par une autre île, Garden Island, située à mi-chemin entre le continent et Carnac. Enfin, il est possible que les serpents tigres soient restés prisonniers au cours de la dernière montée des eaux il y a 6 000 ans, quand Carnac a perdu sa relation terrestre avec le continent, le même genre de naufrage que celui des vipères de Shédao. Quoi qu'il en soit, les tigres ont dû s'adapter à leur nouvel environnement.

Les serpents aveugles ont donc surmonté le double défi de survivre dans un milieu radicalement différent de leur habitat habituel et de se passer de la vision pour se déplacer et se nourrir. Nos observations ont permis de comprendre comment les tigres ont réalisé cet exploit.

Les serpents ont un flair incomparable. Ils possèdent un système géminé de détection des odeurs : d'une part le système olfactif « classique » qui relie le cerveau à l'extérieur par les narines ; et d'autre part le système de vomerolfaction, situé dans le palais et alimenté en molécules chimiques par la langue bifide. Cet organe fendu permet une comparaison instantanée des pistes odorantes gauche et droite, suivies respectivement par chacun des brins. Les serpents sont de très fins limiers, capables de détecter des traces très subtiles pour trouver leurs proies ou pour connaître la carte d'identité de leurs congénères. Un serpent peut déduire d'une trace de parfum l'espèce, le sexe, l'âge, l'état reproducteur et la taille corporelle d'un autre serpent. Louis de Funès qui identifie un vin à sa robe dans *L'Aile ou la cuisse* est peut-être le seul à être à la hauteur. Le truc c'est que pour les serpents il s'agit de la réalité. Les tigres adultes de Carnac se nourrissent de poussins de mouettes argentées. Ils les repèrent à l'odeur. Comme les poussins ne peuvent pas s'enfuir, ils deviennent des proies sessiles et faciles à consommer. Les parents des mouettes essayent de défendre leurs rejetons en infligeant des coups de bec sur le crâne des serpents. Ils restent prudents car les tigres peuvent riposter mortellement. Parfois un coup de bec touche un œil. Dès lors, le tigre devenu partiellement borgne esquivera moins bien et pourra à la longue se faire crever les deux yeux. Comme le bec ne traverse pas le crâne solide des serpents, un nouvel et étrange équilibre s'établit. Les serpents désormais aveugles pré-

lèvent régulièrement des poussins en encaissant sans broncher les attaques des mouettes, exhibant des blessures spectaculaires mais vivant malgré tout normalement. Les jeunes serpents ne mangent pas de poussins, trop volumineux pour eux, ils ne sont pas touchés par la cécité accidentelle. Ils consomment des lézards et des souriceaux. Logiquement, seuls les vieux brisquards finissent par être aveuglés. Sur une population totale de 400 tigres environ, un dixième des grands mâles est aveugle et un dixième borgne, futurs aveugles en puissance. Il s'agit d'une situation unique dans le règne animal.

Ni pattes ni queue

À quelques kilomètres à vol d'oiseau, les milliers de tigres d'Herdsman Lake présentent d'autres mutilations corporelles. Plus de la moitié des serpents a perdu tout ou partie de la queue pour des causes qui nous échappent (prédation ? attaque par un parasite nécrosant ?). Pourtant, la queue représente plus de 15 % de la longueur du serpent et semble *a priori* importante pour la locomotion terrestre et aquatique, tout au moins chez les quelques espèces de serpents examinées avant nos investigations. Nos mesures au laboratoire (conduites par Fabien Aubret) ont montré que la nage à vitesse de croisière n'est pas affectée par ces mutilations. Sur le terrain, les serpents mutilés sont en aussi bonne condition corporelle que les autres : ils sont donc capables de chasser sans difficulté particulière. De même, ils sont capables de fuir leurs ennemis (l'homme par exemple) efficacement. En effet, ils représentent la majorité des individus : une forte mortalité par la prédation les aurait rendus minoritaires dans la population. Nous avons aussi régulièrement observé des serpents avec de terribles cicatrices sur le

corps, peut-être causées directement par l'homme ou indirectement par des machines (tondeuses...), mais qui visiblement avaient réussi à cicatriser.

Pas de pattes à l'origine, plus d'yeux, plus de queue, que restera-t-il au bout du compte ? Une fois encore, il est étonnant de constater que les serpents arrivent à s'en sortir !

Accidents génétiques *versus* accidents de la vie

Un bref bilan des observations des serpents tigres en conditions naturelles bouscule un certain nombre d'idées scientifiques largement répandues mais parfois trop simplement vulgarisées et déformées. Tout d'abord, la notion selon laquelle les caractéristiques physiques des individus correspondraient exactement aux exigences de leur milieu ; un peu comme si la sélection naturelle avait finement ciselé chaque écaille de chaque serpent ou chaque plume de chaque oiseau pour accomplir au mieux une tâche précise. Le corollaire de cette vision rigide et sage de la nature est que les modifications qui se produisent au cours de l'évolution se feraient toujours par fines retouches *via* des mutations elles aussi subtiles. D'ailleurs, dans la plupart des manuels scolaires, les mutations un peu fortes et capables d'altérer le fonctionnement d'une protéine par exemple, sont toujours présentées comme pathologiques (mutation = maladie) ! En ce qui concerne la sélection naturelle, les effets des mutations sont abordés de façon mystérieuse. Les liens fonctionnels entre les gènes, les protéines et les résultats sur les organismes sont éludés. Voici un scénario typique : il y a des millions d'années, une petite mutation aurait doucement modifié un caractère, comme la longueur du cou d'un mammifère herbivore adapté à brouter les buissons.

On ne sait pas comment ça se passe (pas de gène, pas de protéine... rien), mais on admet qu'un léger avantage se serait dégagé pour les individus porteurs de ce changement, qui se régalaient des branches les plus hautes, moins accessibles à leurs congénères. Bien nourris, les mutants se sont reproduits davantage, et ils ont injecté dans les générations futures leurs allèles bienfaiteurs, etc. Petit à petit, au bout de quelques millions d'années, on arrive à expliquer la morphologie des girafes actuelles (remarquez qu'à force de grandir leur robe est toute craquelée). C'est en ces termes rassurants et bien contrôlés que sont présentés dans presque tous les programmes scolaires la quasi-totalité des mécanismes de l'évolution de la vie. Personne de sérieux ne conteste la solidité de ces arguments ; il existe une kyrielle de magnifiques expériences et d'observations pour être convaincu de leur solidité. Le problème est que ces petites mutations, raffinées et aléatoires, pourraient ne pas être les seules à agir. Dans bien des cas, elles pourraient ne pas être aléatoires non plus ! Quelques théoriciens révolutionnaires, éventuellement populaires comme S.J. Gould, ont attaqué la vision très progressive, constante, régulière, et à petits pas de l'évolution. Nos observations montrent que leurs idées sont réalistes : chez les serpents tigres, au contraire de ce que prévoit une vision très scolaire des processus évolutifs, des événements brutaux qui ne touchent pas nécessairement le patrimoine génétique modifient les individus à tel point qu'ils peuvent se passer tantôt d'un sens majeur comme la vue, tantôt d'une partie de leur corps, voire des deux. Nul besoin d'une révision du patrimoine génétique pour obtenir des transformations physiques marquées, qui de plus ne détruisent pas la valeur adaptative des individus. Les manuels scolaires et consorts devraient simplement énoncer clairement que la réalité est complexe, et ne pas tenter de la recroqueviller à quelques axiomes ou pré-

tendre détenir la vérité. Les événements brusques qui affectent les serpents révèlent leurs formidables capacités adaptatives face à leur environnement. Nous avons d'ailleurs conduit des expériences pour les explorer.

Quand, face à un prédateur, les serpents tigres ne peuvent pas fuir, ils s'embarquent dans des comportements spectaculaires. Comme les cobras et d'autres espèces, ils aplatissent leur cou dans une posture d'intimidation. Capturés, ils mordent en délivrant des doses de venin potentiellement mortelles. Sur Carnac, les tigres adultes n'ont pas de prédateurs, ils abaissent leur niveau de réponse vis-à-vis des prédateurs et restent dociles ; y compris quand les scientifiques les perturbent, ce qui est bien pratique pour les étudier. Il est inutile, voire négatif, de maintenir des réponses défensives à un niveau élevé pour des prunes. Cet état est réversible : en captivité, les tigres de Carnac recouvrent un tempérament défensif marqué après avoir été privé de tranquillité durant quelques mois. Inversement à Herdsman Lake, où les dangers abondent, les tigres ne se laissent pas facilement attraper ni manipuler. Pourtant, à la naissance, les tigrons urbains ne sont pas plus réactifs que les tigrons insulaires ; le caractère des individus reste ouvert sur différentes options. Les serpents tigres ajustent leurs comportements alimentaires et de défense en fonction des caractéristiques de leur environnement.

Ces ajustements concernent aussi la morphologie. Des expériences réalisées par Fabien Aubret au cours de sa thèse l'ont montré. Les serpents d'Herdsman Lake, y compris les adultes, consomment des grenouilles et des souris. Ces proies sont plus petites et moins faciles à capturer que les poussins qui forment l'essentiel des repas des tigres de Carnac. Cette différence de

régime alimentaire explique probablement pourquoi les tigres de l'île, qui ont accès à de gros et abondants repas, sont plus grands et plus gras que ceux du continent. Pour une taille corporelle équivalente, les tigres de Carnac ont aussi des mâchoires plus grandes que les tigres d'Herdsman Lake. C'est-à-dire qu'ils ont une bouche proportionnellement plus grande, c'est vraisemblablement une adaptation locale pour englober les proies volumineuses. En élevant des serpenteaux originaires de chaque population sous deux régimes alimentaires contrastés, grosses proies de Carnac ou petites proies d'Herdsman Lake, nous avons démontré que la taille des mâchoires répond à celle des proies consommées. Plus les proies sont grandes, plus les os des mâchoires se développent. Plus intéressant, les mandibules des tigres de Carnac répondent avec plus de vigueur que ceux du continent. Ce résultat suggère que les tigres insulaires ont des capacités physiologiques – et donc peut-être bien génétiques – plus importantes à modifier leurs mâchoires. Cette faculté marquée à orienter sa morphologie en fonction de l'environnement est avantageuse pour se nourrir, elle est peut-être bien elle-même codée par des gènes et elle aurait été notamment sélectionnée sur Carnac. La différence génétique entre les deux populations de tigres doit toutefois être subtile car les investigations sur l'ADN n'ont pas permis de détecter de divergence. La conjugaison de l'adaptation locale (différentes tailles des mâchoires à la naissance) avec la possibilité de modifier la morphologie (croissance des mâchoires variable en fonction des proies) permet aux serpents tigres d'ajuster au cours de leur vie leurs caractéristiques physiques à leur environnement. C'est-à-dire que le génotype (les assortiments de gènes) ne contient pas une formule magique unique qui définit entièrement un individu, particulièrement les parties les plus malléables telles que les comportements et la

mémoire. Dans la recette il faut aussi mettre une bonne dose d'histoire personnelle, donc unique. C'est pourquoi les gens qui récoltent l'ADN de leur chat, chien, âme sœur ou d'eux-mêmes, dans l'espoir de l'éternité, n'ont rien compris. Idem avec le clonage réalisé dans cette perspective sordide. Au mieux, on obtient des copies plus ou moins ressemblantes, mais jamais l'original. Il faut avoir l'esprit morbide et recroquevillé sur pas grand-chose pour réduire un individu à sa photocopie, même en trois dimensions. C'est très dégradant pour le clone et pour le cloné d'être assimilés à des objets industriels. Revenons à nos serpents.

Une autre expérience a consisté à modéliser deux lots de nouveau-nés. Le premier groupe a été élevé dans un terrarium classique : une cage avec un abri, une écuelle d'eau, un point chaud et des proies données régulièrement. Le second a été placé dans un aquarium ! Une petite île, elle-même sous une cloche, obligeait les serpenteaux à nager sous l'eau pour gagner leur abri. Sur une autre petite île, la nourriture était servie. Après quelques mois, indépendamment de leur origine, les tigrions nageurs sont devenus des champions aquatiques et sous-marins. Mais en même temps, leur agilité terrestre a été dégradée. Vice versa pour les tigres maintenus sur un sol dur. Des résultats conformes à la théorie. Le développement de compétences utiles à la nage est possible, mais il se fait au détriment de celui de capacités à vivre en milieu sec. Un bon sprinter est une boule de muscles, ce qui est incompatible avec la morphologie type sac d'os, idéale pour courir un Marathon.

Entre la capacité à endurer sans conséquence la crevaisson des yeux, celle à modifier rapidement leur morphologie, leurs comportements et leurs performances physiques, et l'existence pos-

sible de subtiles retouches génétiques, les serpents tigres livrent une palette des solutions dont disposent les organismes pour s'adapter à un milieu sans cesse en changement.

L'histoire du chêne et du roseau

Les tigres de Carnac sont originaires des milieux humides, ils ont su s'adapter à un environnement très sec. Cette transition a été facilitée par leur souplesse physiologique et comportementale. Ces animaux témoignent du fait qu'à partir d'un patrimoine génétique donné, il existe un foisonnement de solutions de développement conduisant à une quasi-infinité théorique de types d'individus. Cette marge de liberté s'appelle la plasticité phénotypique, un domaine scientifique encore en plein essor. Qui plus est, on soupçonne que la plasticité phénotypique serait elle-même codée par des combinaisons génétiques. La flexibilité des serpents en fait des modèles précieux pour mieux comprendre les processus d'évolution et les capacités d'adaptation des organismes face aux changements de l'environnement.

Les serpents tigres, les ophidiens en général, appliquent avec art la morale de la fable du chêne et du roseau. Ils épousent les aspérités de l'environnement au lieu de les affronter à grands frais de dépenses énergétiques. Par analogie, les endothermes seraient les représentants de l'arbre solide et rigide, les serpents ceux de la graminée délicate et souple. Cela dit, je préfère être un mammifère qu'un serpent ; c'est beaucoup plus pratique pour appuyer sur les touches du clavier, mettre des CD dans le lecteur, pour boire du bon vin et manger du bon fromage, se gratter le dos, etc.

Le châtiment de Sémélé

Une enquête où s'entrelacent mythologie, science et vipères

L'affaire du serment fatal

Sémélé, fille d'un grand roi de Thèbes appelé Cadmos, était d'une beauté prodigieuse. Zeus, parce que rien ne lui échappe depuis le sommet de l'Olympe, et surtout parce qu'il est légèrement obsédé par les filles, jette son dévolu sur elle. Forcément, avec tous ses muscles, tous ses poils bouclés, et en se promenant presque toujours nu, il n'a aucun mal à conquérir son cœur. L'épouse de Zeus, Héra, à qui pas grand-chose n'échappe non plus, est perpétuellement taradée par l'incertitude. Et elle découvre effectivement l'infidélité de son mari. Ne pouvant rien faire directement contre un époux bien trop puissant, elle se tourne contre la nouvelle favorite. Héra ourdit un plan cruel. Elle prend l'apparence de Béroé, la nourrice de Sémélé. Sous ce déguisement, elle rend visite à la nouvelle conquête de son compagnon et instille le doute dans l'esprit de la jeune fille. Elle lui suggère que son amant n'est pas celui

qu'il prétend être, et qu'il sera facile de le confondre. Pour cela, Sémélé devra faire jurer sur le Styx (un des quatre fleuves des Enfers) au soi-disant Zeus qu'il exaucera son vœu le plus cher. Une fois qu'il sera pris par cet engagement, elle demandera au souverain de l'Olympe de manifester sa toute-puissance, ce qu'un usurpateur ne pourra pas faire – et le rigolo barbu en bikini sera démasqué. Le plan simple et cruel d'Héra fonctionne. Lorsque Zeus, à qui rien n'est impossible, revient auprès de son amante, il est tout excité et il n'hésite pas à jurer d'accomplir n'importe quel vœu pour plaire à son nouvel amour. Sémélé lui demande alors d'apporter la preuve de sa divine identité et de se montrer dans toute sa gloire. Or personne, ni être divin ni mortel, ne peut survivre à une telle manifestation de puissance. Zeus essaye de persuader son amante de le libérer de sa promesse, il ne veut pas la perdre. Malgré ses suppliques, Zeus échoue (comme quoi tout ne lui était finalement pas si facile que ça) et Sémélé toujours sous l'emprise de l'incertitude lui rappelle la parole sacrée. Zeus lui-même ne peut parjurer un serment prononcé par-dessus le Styx. À son grand désespoir, le roi des dieux doit s'exhiber dans son plus grand appareil. Le déchaînement et la violence des foudres et l'avalanche de feu tuent Sémélé (séquence illustrée par un magnifique tableau de Gustave Moreau est présenté dans le musée du même nom). La vengeance d'Héra est consommée. Enfin pas tout à fait... L'enfant, fils de Zeus, que Sémélé portait en son sein fut épargné. Malheureusement, il n'était pas arrivé à son terme. Pris de pitié, Zeus le recueillit grâce à une espèce de césarienne avant l'heure et le cacha soigneusement du courroux vengeur d'Héra. En utilisant une sorte de technique très avancée de père porteur, il l'installa dans sa cuisse. Zeus est capable de (presque) tous les prodiges, et il est un précurseur dans les manipulations expé-

riméntales sur la viviparité (cf. propos sur la viviparité à la fin du chapitre). L'enfant accomplit son développement et il sortit du gigot de son géniteur quelques mois plus tard. Le roi des dieux prit soin de le confier à des nourrices qui vivaient très loin dans l'Est, autrement Héra l'aurait retrouvé tôt ou tard, et elle l'aurait mis à mort. Cet enfant né deux fois est Dionysos, il reviendra dans sa patrie une fois adulte et devenu presque invulnérable. Sa carrière fait l'objet d'une mythologie très riche, très complexe, très sexuelle, sanguinolente et très vineuse (bien plus intéressante que les niaiseries des piètres feuilletons télévisés).

En fait Zeus a eu un sacré paquet d'aventures extraconjugales, et presque à chaque fois Héra a dirigé son ire contre les conquêtes de son mari. La symbolique de cette histoire dépasse largement une simple affaire de crime passionnel. Dans ce drame, une entité céleste, Zeus, féconde une entité terrestre, Sémélé. Mais rien n'est simple, les effets vitaux et funestes des forces de la fertilité s'équilibrent. Attention, si dans cette légende Héra a le rôle d'une déesse féroce, généralement elle n'est pas une mégère acariâtre et fatale. Au contraire, elle protège souvent les hommes et nourrit la terre de moult façons. Dans le cadre de notre enquête sur la mort criminelle de Sémélé, ces réflexions s'adressent à des niveaux trop élevés ; il est prudent de ne pas s'y aventurer.

Des codes séculaires

Les plus belles légendes sont une source inépuisable d'inspiration. Celle du supplice de la belle Sémélé est probablement à l'origine d'un terme scientifique lui aussi chargé de mystère : la Sémelparité. Ce mot composé de « Sémélé » et « pario »

désigne le fait de mourir après une reproduction unique, c'est-à-dire de subir le sort de Sémélé après avoir donné la vie (*pario* veut dire « enfanter » en latin). Sur le plan évolutif, cette tactique reproductrice ne paraît pas très astucieuse. Si l'évolution favorise les individus qui propagent le mieux leurs caractéristiques dans les générations futures, il semblerait plus efficace de survivre puis de se reproduire à nouveau plutôt que de mourir après un premier et unique essai. Très rapidement, le lecteur avisé imaginera qu'un gros score reproducteur, par exemple la ponte de dizaines de milliers d'œufs, équivaut à plusieurs petits bilans mis bout à bout. Certes. Mais une succession de très gros scores restera imbattable. Alors pourquoi un organisme qui a réussi une reproduction très abondante n'aurait-il plus le droit de revenir en lice ? C'est un peu facile de déclarer qu'il doit mourir parce qu'il a réussi un exploit physiologique. C'est en tout cas très commode pour ceux dont la pensée est uniquement tournée vers la résolution algébrique de notre affaire criminelle. En effet, pour dégager une illusion de solution, il suffit de se référer au code des lois naturelles sans chercher à les comprendre. Le règlement sur les stratégies de reproduction condamne à mort les organismes qui auront produit un trop grand nombre de descendants à la fois. Leur corps sera frappé de dislocation. La sentence sera appliquée grâce à des mécanismes hormonaux qui bloquent l'alimentation et accélèrent la dégradation des organes. Mais quels sont les avantages liés à ce code violent ? Pourquoi des mutants à la fois précoces, très féconds et épargnés par la mise à mort hormonale n'apparaissent-ils pas dans les populations ? Sur le plan comptable, l'opération, est pourtant simple : il suffit de faire un premier beau résultat en termes de fécondité tout en diminuant un tout petit peu l'effort reproducteur, disons d'un faible pour-

centage, afin de préserver le corps, et de revenir plus tard dans la course. Cette option n'a jamais été envisagée par les théoriciens alambiqués et il n'existe aucune démonstration qu'un verrou physiologique l'interdise. Dans ce cas, la sémelparité devrait être très rare dans la nature.

Pourtant, la peine capitale est appliquée à beaucoup d'espèces dès le premier épisode reproducteur. C'est le cas de près de 10 % des insectes (ce qui fait déjà plusieurs centaines de milliers, voire millions d'espèces) comme les éphémères au nom bien choisi. C'est aussi le lot de quantités de céphalopodes semble-t-il (poulpes, calmars...), des méduses (Méduse : encore un nom issu de la mythologie grecque et dont la « chevelure » est animée par des serpents. Sa tête finit sa carrière sur le bouclier d'Athéna), des anguilles, des plantes annuelles et bisannuelles, de bambous, etc. En somme, bien que n'étant pas l'orientation reproductrice la plus répandue, la sémelparité n'est pas confidentielle. Comment l'évolution a-t-elle pu favoriser cette stratégie apparemment suicidaire ? C'est une des grandes énigmes de la biologie. Il était temps de mener une enquête sur l'affaire Sémélé. La première étape après avoir constaté le crime est la recherche d'indices et de traces. Dans les forfaits qui impliquent l'évolution, les marques les plus profondément enracinées se trouvent dans les couches géologiques.

L'omerta des fossiles

Actuellement, on est placé devant le fait accompli : il existe des espèces sémélipares et d'autres qui sont itéropares (celles qui se reproduisent de façon itérative comme peut-être vous et certainement moi). Les chemins évolutifs qui ont conduit à ces

alternatives contrastées ont dû diverger à un moment ou un autre. Retrouver les carrefours, tout au moins les imaginer apporterait des clefs pour comprendre ces disparités, et donc pour élucider une partie de la diversité des formes de vie. Malheureusement, il est très difficile de réaliser des enquêtes dans les temps géologiques sur ce type de sujet. En effet, les coupables n'ont pas laissé de trace derrière eux. Les renseignements sur leur succès reproducteur ont été habilement effacés. Il ne nous reste que des fossiles statiques, figés dans la mort et très silencieux. Il est presque impossible de les faire parler même sous la torture des instruments modernes. Il est des thèmes sur lesquels l'omerta des fossiles est trop coriace. Aussi utiles soient-ils pour reconstituer les arbres généalogiques, les organismes pétrifiés ne nous apportent actuellement pas assez de détails sur les tactiques reproductrices des espèces disparues pour savoir par exemple combien de fois ils se sont reproduits au cours de leur vie avant d'être recouverts par les sédiments. Pire, les fossiles sont rares alors que les bien nommés chaînons manquants sont très probablement légions.

Une des solutions pour progresser dans notre affaire est de comparer des espèces vivantes sémélipares avec des itéropares. Mais une nouvelle difficulté surgit aussitôt. D'une façon générale, les sémélipares et les itéropares n'appartiennent pas du tout aux mêmes clans taxonomiques. Comment confronter les champions respectifs de ces deux stratégies, par exemple un poulpe (plutôt sémélipare) avec une tortue terrestre (victorieuse toutes catégories de l'itéroparité) ? Presque tout les sépare, c'est encore plus coton que de sauter du coq à l'âne (pour ceux qui ont essayé, ce n'est pas commode, même avec un gros coq). Dans le milieu, les rivalités entre les grandes familles sont la

règle. Trop de rancœur accumulée, leurs routes respectives ont divergé trop de fois au cours des âges. Pour rester dans les principes de basse-cour, on ne sait plus qui est du poulpe et de l'œuf. Dans l'ordre des causalités, les pistes s'embrouillent.

Pour résoudre le mystère des organismes qui trépassent après une reproduction unique, il fallait chercher d'autres indices, suivre de nouvelles pistes. Idéalement, il fallait arriver à se focaliser sur le couple reproduction/survie en faisant abstraction des sources de confusion ; c'est-à-dire qu'il fallait être capable d'isoler les uns des autres les facteurs impliqués. Les différences de taille corporelle, de la forme du corps, de milieu de vie, etc., qui distinguent un saumon sémélipare d'un cochon d'Inde itéropare (mon animal favori, celui de mes pythons aussi) sont autant d'obstacles pour remonter vers des racines communes. En somme, il fallait trouver un indic jusqu'alors inconnu des services d'investigation. Pour croiser les informations et infiltrer le système, il était nécessaire de dénicher au moins deux organismes improbables. Empreintes de contradictions, ils devaient être les plus semblables possibles sur tous les plans, sauf un : l'un devait être sémélipare, l'autre itéropare.

Où la bonne fortune fait progresser l'enquête.

Comme souvent dans notre sale boulot, il faut compter sur la chance. En fait, nous étions à cette époque sur une autre affaire, une sombre histoire de gestion de stocks de réserves corporelles destinées à être investies dans la reproduction. Une tragédie qui oppose depuis des lustres deux gangs pour le contrôle des ressources énergétiques, les « Capital-Breeders » contre les « Income-Breeders ». À partir de 1992, sous l'égide (c'est

la protection idoine puisqu'elle est ornée de vipères comme le montrent les statues d'Athéna) du commissaire Naulleau, et durant plus de dix ans, nous avons pris en filature une population de vipères aspics. La traque a eu lieu en Loire-Atlantique, précisément dans le bocage serré, un environnement favorable à la faune en général et aux reptiles en particulier. Des centaines de journées de rafles ont été organisées, des milliers d'individus ont été appréhendés. Chaque vipère capturée à la main a été fichée, mesurée puis relâchée (encore la technique de la CMR). Plusieurs centaines de femelles ont été prises en flagrant délit de reproduction ; dans cet état elles ont été conduites illico au commissariat central pour des investigations plus poussées. Selon leur résistance à livrer les informations, elles ont été retenues prisonnières de quelques jours à quelques semaines. Il fallait absolument leur tirer les vers des narines. Quand les naissances des vipéreaux auraient-elles lieu ? Combien de nouveau-nés chaque mère allait-elle produire ? Que resterait-il des réserves corporelles après les mises-bas ? Une fois les réponses obtenues, nous avons libéré les couples dans leur secteur habituel en espérant les utiliser comme des taupes. En effet, notre but était de remonter vers ceux qui tirent les ficelles, le menu fretin nous conduirait peut-être au gros poisson ?

En pratique, à chaque fois qu'un individu est capturé, son identité est vérifiée. S'il est déjà connu des services, les nouvelles observations permettent de reconstituer son emploi du temps. Patiemment, des segments de l'histoire de chaque serpent sont assemblés. Leur juxtaposition et leur analyse révèlent des phénomènes qui autrement resteraient invisibles. Comme des pixels en photographie, les données biologiques révèlent à tra-

vers les analyses des images des processus vivants. Dès la fin des années 1990, grâce à des recoupements, nous avons acquis une certitude effrayante. Les femelles reproductrices qui avaient subi des gardes à vue prolongées étaient presque toutes mortes peu de temps après leur libération. Nous n'étions en rien responsables de cette hécatombe ; des précautions avaient été prises pour que nos filatures restent discrètes. Pour preuve, nous avons aussi constaté que la plupart des femelles reproductrices qui n'étaient jamais passées au poste disparaissaient elles aussi après la reproduction. Leur infortune a été notre chance. Nous tenions enfin un lien entre le trafic des ressources énergétiques et l'affaire Sémélé.

Les langues de vipère se délient

Face à la ténacité des herpétologistes, les vipères se sont mises à table. Une enquête détaillée nous apprend quelles sont les forces qui conduisent certains organismes vers la mort après la reproduction. Pour comprendre toute l'affaire, il faut procéder pas à pas. À la vérité, au départ, nous étions penchés sur un autre problème. Pourquoi de nombreuses espèces animales et végétales sautent des épisodes reproducteurs ? Pourquoi, existe-t-il des années sabbatiques entre les épisodes reproducteurs ? Pourquoi se priver d'opportunités d'augmenter le nombre de descendants en prenant des risques inutiles ? À ce stade, il y avait une série d'indices indiquant le rôle déterminant des réserves corporelles et de la gestion des ressources énergétiques, c'est pourquoi nous avons tourné nos suspicions vers les spécialistes qui se reproduisent à l'aide des réserves corporelles : les « Capital-Breeders ».

Pour décortiquer la filière, nous avons employé des moyens en apparence hétéroclites. D'où provenait la camelote nécessaire à la reproduction, quand et comment était-elle expédiée ? Pour traquer les ressources investies dans la procréation, nous avons réalisé des prises de sang. Mois après mois, des prélèvements ont été faits sur un grand nombre de femelles, reproductrices et non reproductrices. Afin de négliger le moins de pistes possibles, nous avons mesuré les taux plasmatiques de divers paramètres. Les teneurs de plusieurs hormones stéroïdes impliquées dans la gestion des ressources énergétiques chez les vertébrés ont été dosées : la testostérone, la progestérone et l'œstradiol, toutes très connues pour des affaires de dopage (l'homme n'en rate pas une pour tricher) et de ménopause. De même, bon nombre de métabolites plasmatiques ont été étudiés. C'est-à-dire la camelote proprement dite : des lipides, des protéines, des glucides et des substances minérales dont sont constitués les organismes comme vous et moi (avec plus ou moins de vin selon le cas). Ces substances basiques font par ailleurs parler d'elles lorsqu'elles sont en excès, comme le cholestérol, ou en manque, comme le calcium. Les analyses ont apporté des éléments essentiels. Nous avons appris que les femelles investissent leurs réserves corporelles dès la sortie d'hibernation, début mars dans l'ouest de la France. Les vipères mobilisent alors leurs stocks de graisses, leur musculature, leur squelette (les vertèbres forcément, nettement moins les fémurs), leur foie et d'autres organes pour fabriquer le jaune de leurs œufs. La femelle devient à ce moment, et pour une période d'environ trois mois, une usine à produire une grosse molécule fabriquée dans le foie, libérée dans le sang puis captée par les ovaires. Cette grosse molécule se nomme la vitellogénine (littéralement le « précurseur du jaune d'œuf » ou « vitellus »), c'est-à-dire le principe

vital dont se nourrissent les embryons. Le sang des femelles est alors terriblement chargé en lipides, protéines, éléments minéraux ; les valeurs plasmatiques obtenues au cours des perquisitions organiques battent tous les records enregistrés chez les vertébrés. Le sang est crémeux, il prend la consistance et la couleur d'un milk-shake. Rien de tel chez les femelles non reproductrices qui, elles, sont au repos. Nous avons mis en évidence que c'est l'œstradiol qui joue un rôle clé dans cette frénésie physiologique. C'est cette hormone qui entraîne le contraste entre, d'une part, les femelles reproductrices et qui vont mourir, et d'autre part les femelles non reproductrices qui devraient survivre. Des expériences avec injections d'œstradiol à ces dernières ont confirmé les observations empiriques : l'hormone exogène déclenche effectivement la vitellogenèse. Nous savions désormais exactement quand et comment la marchandise circulait depuis la mère vers ses descendants. À partir de là, tout s'est enchaîné.

Après trois mois de vitellogenèse, l'ovulation a lieu : les œufs sont terminés vers le début du mois de juin, ils quittent les ovaires et gagnent les trompes. Ensuite, la fécondation se produit. La femelle utilise une réserve de spermatozoïdes constituée lors des accouplements qui ont eu lieu bien plus tôt dans la saison, en mars-avril. La gestation suit immédiatement la fécondation, elle s'étale sur plusieurs mois et les mises-bas ont lieu de la mi-août à début octobre. Le gros des nouveau-nés est livré fin août à début septembre. À la fin de l'été, les mères sont épuisées par la fabrication des œufs, à laquelle se sont ajoutés deux à trois mois de gestation. Durant la grossesse, les organismes maternels ont dû accorder leur métabolisme à la forte demande physiologique des embryons en se chauffant très sou-

vent au soleil. Les mères vipères sont affreusement maigres après les naissances. Éreintées par un effort colossal, elles se traînent et espèrent parfois vainement qu'un campagnol passera rapidement à portée de crochet avant l'abandon de leurs dernières forces.

Il faut parfois dépasser les limites

Grâce à ces informations, la traque a pris une autre forme, bien organisée. Nous avons pisté sur le terrain des femelles dès les sorties d'hibernation, en plein dans la période du pic d'œstradiol, c'est-à-dire à un moment clé du trafic des ressources. Étant donné que les serpents ont la forme d'une saucisse de Morteau, globalement une morphologie très simple, il a été assez facile de mettre au point les équations mathématiques qui permettent d'estimer l'état de leurs réserves corporelles. En clair, pour une longueur donnée de saucisse... pardon de vipère, les variations de masse corporelle sont intimement liées à celles des réserves de graisses (ça doit aussi marcher avec les saucisses). Nous avons constaté qu'avant de pouvoir s'engager dans la reproduction, les femelles devaient d'abord devenir de petits boudins. Plus exactement, elles devaient dépasser un seuil précis de condition corporelle. En moyenne, les principaux organes de stockage, les corps gras et le foie, doivent atteindre au minimum 13 % de la masse corporelle totale et peuvent excéder les 30 % : il s'agit du fameux capital des Capital-Breeders. L'existence de ce type de limite physiologique était prédite par la théorie, notre inquisition a permis de la mettre à jour concrètement pour la première fois. Un des aspects les plus intéressants est que cette limite bien dessinée par le seuil est très fine et qu'elle est presque invariable d'un individu à l'autre. Une

femelle en bon état, bien grasse et grande, mais juste en dessous du seuil, s'abstiendra de reproduction ; la mécanique neuro-hormonale qui déclenche la production des œufs est bloquée. Après une série de bons repas, le franchissement du seuil place les vipères dans les starting-blocks ; le signal de départ de la course à la reproduction est donné l'année suivante dès les sorties d'hibernation. L'obéissance bornée à une consigne aussi stricte est un mécanisme qui n'a pas encore été décrit chez d'autres espèces animales. Ce caractère exceptionnel est très probablement dû à un manque d'investigation plus qu'à une rareté intrinsèque des seuils précis de réserves corporelles qui contrôlent la reproduction chez d'autres espèces que les vipères aspics. En résumé, les femelles bien grasses s'investissent corps et âme dans la reproduction tandis que les autres femelles attendent patiemment et prudemment en faisant du lard.

Pourquoi les femelles ne se reproduisent-elles pas chaque année ?

Cette dichotomie entre les femelles adultes reproductrices et celles qui, n'ayant pas atteint la valeur critique de condition, prennent des années sabbatiques, a des conséquences démographiques. La plupart des femelles adultes s'abstiennent de reproduction ; en moyenne, les deux tiers d'entre elles ne s'accouplent pas et ne cherchent pas à recruter le moindre follicule en laissant leurs ovaires en sommeil (Game Ovaire). Sous des apparences trompeuses d'innocence, elles donnent l'impression de ne pas être impliquées dans la fraude des ressources. En réalité, elles préparent minutieusement leur coup. Patiemment, mois après mois, année après année (parfois durant quatre ans), elles accumulent un magot. Elles restent furtives. Économes, elles ne se chauffent

pas très souvent aux rayons du soleil afin de régler leur métabolisme au plus bas. Ce faisant, une proportion importante des fruits de chaque repas peut être engrangée sous forme de réserves de graisses. Grâce à leur discrétion, cachées dans les galeries de rongeurs, elles évitent aussi les prédateurs ; les buses et les circaètes ne les détectent pas facilement. Si le seuil de condition corporelle est atteint en cours de route, par exemple en mai ou en juillet, donc bien après que le signal de départ de la vitellogenèse a été donné, la femelle devra quand même attendre l'année suivante. On ne prend pas le train en marche. Autrement les mises-bas ne pourraient pas avoir lieu à temps, avant les premiers froids persistants de l'automne. La longue période d'accumulation des ressources explique la faible fréquence de reproduction observée chez les vipères. Des cohortes entières de futures mères doivent constituer une dot considérable. Parmi celles-ci, certaines sont primipares, d'autres plus rares sont les rescapées d'une première reproduction. Encore plus rares sont celles qui se seraient reproduites deux fois auparavant. Ces survivantes ont eu la chance de trouver de quoi manger après la mise-bas. Elles ont pu éviter la sanction capitale associée à la maigreur post-natale. En gros et en chiffres, une vipère aspic bénéficie d'une opportunité et de deux dixièmes de chance se reproduire au cours de sa vie : 1,2 possibilité, c'est à peu près le minimum possible. La vaste majorité des femelles est donc sémélipare, une toute petite proportion itéropare. Cette situation mal tranchée, tout n'étant pas blanc ni noir, est avantageuse pour l'enquête. L'ambivalence permet de sonder dans différentes directions.

Les illusions du succès de l'enquête

Évidemment, aux sources du trafic des ressources se trouvent les proies des serpents. Les vipères tirent essentiellement leur

subsistance des campagnols et des mulots. Les populations de ces petits mammifères fluctuent fortement d'une année à l'autre. En toute logique, ces variations devaient avoir des répercussions sur les vipères. Et en effet, les années de pullulation des proies, la majorité des femelles aspics tirent des bénéfices importants de cette manne de rongeurs. Des effets à court terme et à long terme s'imbriquent les uns dans les autres, ils se manifestent immédiatement et pendant les années qui suivent. L'abondance profite promptement aux femelles reproductrices. Les profits de la chasse se mêlent aux réserves maternelles pour augmenter la taille des œufs : un zeste de ressources récemment acquises pour compléter l'investissement des réserves anciennement accumulées. Lorsque les campagnols sont des multitudes, d'autres cascades de mécanismes plus lents donnent un coup de fouet à la population de serpents. L'aubaine nutritive aide les mères efflanquées survivantes de la précédente vague de reproduction à se refaire une santé, à remonter la pente ; l'hémorragie est limitée. Les femelles dans un état intermédiaire, quant à elles, peuvent facilement constituer leur dot. Enfin, quand la chasse est bonne, les réserves corporelles s'accumulent à grand train ; le recrutement parmi les femelles juvéniles est élevé, la population d'adultes s'accroît. En somme, avec des ressources de nourriture élevées, le succès reproducteur est bon, la survie des femelles reproductrices est bonne, de nombreuses femelles post-parturientes (ayant mis bas l'année précédente) s'accrochent avec succès à la vie, et il y a beaucoup de nouvelles recrues. Inversement, les années de disette, les nouveau-nés sont moins beaux et moins nombreux, la famine fauche les mères qui étaient en sursis et brime les autres femelles, notamment les juvéniles qui sont bloquées dans leur progression vers le seuil reproducteur. La connais-

sance des mécanismes de l'acquisition et de l'allocation des ressources par les femelles de vipères aspics au cours de la reproduction a permis de mieux comprendre les processus qui déterminent la dynamique de population des vipères. Des investigations centrées sur les individus offrent les clefs des phénomènes qui concernent les foules, c'est assez élégant.

À ce stade, nous avons mis à jour et décortiqué une bonne partie de l'organisation mafieuse des vipères qui utilisent les ressources énergétiques pour écouler leurs meilleures combinaisons de gènes. En ajoutant la contribution de la chance pour prendre en compte le chaos et les zones d'ombre, nous avons une histoire assez bien ficelée. L'enquête aurait pu s'arrêter là. Mais honnêtement, nous n'avons toujours pas compris pourquoi les femelles de vipères aspics ne modéraient pas légèrement leur effort pour éviter d'être complètement vannées après les mises-bas. Cette idée étant d'autant plus incommode que la survie annuelle des femelles adultes non reproductrices (celles qui se trouvent dans un stade intermédiaire, pas trop efflanquées ni suffisamment pansues) est forte, supérieure à 80 %, ce qui leur laisse des chances très élevées de se repositionner dans la course à la procréation. Résolus à ne pas nous complaire dans l'illusion du dénouement de l'affaire criminelle, nous sommes repartis en chasse avec des séries de questions.

Quel était le mobile du crime ?

Pourquoi les femelles doivent-elles atteindre un niveau de réserves aussi haut avant de se reproduire ? Pourquoi s'épuisent-elles au point d'en mourir à l'issue de la reproduction ? Pourquoi gravir lentement puis dévaler des pentes physiolo-

giques aussi raides ? Pourquoi ne pas emprunter un chemin plus facile ? Une étape importante a été de trouver une formulation simple du problème. La capacité à convertir les interrogations complexes en questions plus simples et donc plus faciles à traiter est déterminante pour faire des progrès. En l'occurrence, une énonciation aisée pouvait ressembler à quelque chose comme cela : existe-t-il un avantage pour les femelles à mettre au monde un seul *versus* deux, trois... dix, voire treize vipéreaux ? Ce dernier chiffre est le nombre maximal de nouveau-nés par portée dans la population sous surveillance. Intuitivement, on peut supposer que plus la fécondité augmente, plus l'effort de reproduction sera accru, plus l'organisme maternel sera sollicité, et plus les conséquences néfastes se manifesteront. Notamment, la maigreur et la mortalité maternelle devraient s'aggraver dans les familles nombreuses. Il est logique de penser qu'une femelle qui produirait dix vipéreaux serait davantage épuisée et aurait plus de mal à échapper aux prédateurs qu'une femelle prudente qui ne donnerait naissance qu'à un seul petit. Affaiblie et alourdie, la mère la plus féconde se traînerait misérablement sur son ventre distendu. À l'opposé, la vipère réservée avec un seul serpenteau dans le ventre devrait se porter comme un charme, et garderait toute son agilité. Pour le démontrer, il fallait obtenir des informations précises sur le terrain. À nouveau, c'est une filature patiente qui a payé. Au cours des années, nous avons rassemblé une collection d'histoires individuelles. Le destin de plusieurs centaines de femelles plus ou moins fertiles a été collecté. L'analyse statistique était alors possible. Mais ce sont des résultats inattendus qui étaient au rendez-vous. Nous étions dans l'erreur – sur une bonne piste, mais avec de fausses intuitions initiales.

Les conclusions furent sans appel : de façon illogique, la fécondité n'avait aucune influence sur la survie et l'amaigrissement des femelles. Une vipère avec un ventre chargé de dix vipéreaux ne s'en tirait pas plus mal qu'une autre avec un seul rejeton. L'enquête piétinait. Comment sortir de cette impasse ? En prenant en compte un paramètre primordial, le lien entre température et métabolisme, tout s'est soudainement éclairci. Les vipères, comme plus de 90 % des espèces animales, sont des ectothermes. C'est-à-dire que leur fonctionnement dépend essentiellement de leur température corporelle : lorsqu'elles sont froides, les vipères marchent au ralenti. Pour se transformer en usine à fabriquer des œufs, toutes les vipères reproductrices maintiennent leur métabolisme, et donc leur température corporelle, le plus souvent possible dans des valeurs élevées. C'est par exemple nécessaire pour accélérer les réactions biochimiques de la vitellogenèse. Pour ce faire, elles s'étalent sous les rayons du soleil très régulièrement. De même au cours de la gestation, la température optimale de développement des embryons est d'environ 30°C, ce qui force les femelles pleines à étaler fréquemment leur corps pour capter les rayons de l'astre du jour, au minimum quand l'ambiance est froide le matin et les jours d'orage. Ces bains de soleil à répétition augmentent le travail cellulaire de tous les organes, y compris ceux qui ne sont pas directement impliqués dans la reproduction comme les muscles locomoteurs. Ils rendent aussi les vipères très visibles et vulnérables. Elles consomment beaucoup d'énergie et deviennent des proies faciles pour les rapaces. C'est la clef du mystère. Quel que soit le nombre d'œufs en formation ou d'embryon en croissance, les températures idéales sont les mêmes. Qu'elle porte un ou dix œufs, la femelle va adopter le même régime de thermorégulation, subir la même

augmentation du métabolisme et prendre les mêmes risques. Or les dangers sont importants : près de la moitié des femelles sera capturée par une buse ou un autre prédateur avant la mise-bas. La majoration métabolique associée au maintien d'un régime thermique élevé est elle aussi forte. Face à ces dépenses et périls inévitables, la production d'un unique rejeton sera très peu rentable. Tant qu'à prendre des risques, autant que l'enjeu en vaille la chandelle, quitte à en perdre la vie. Une fois de plus, c'est l'obsession du profit, ou plutôt de la rentabilité, qui a conduit au meurtre.

Une mère avisée mettra tous ses œufs dans le même panier
 Donc, parce que la reproduction impose une cadence de thermorégulation soutenue, les coûts de la reproduction sont exorbitants pour produire un seul serpenteau. En revanche, étant invariables, une grande partie des dépenses s'amortit progressivement avec la taille de la portée. En effet, les coûts fixes sont divisés par le nombre de nouveau-nés. Rationnellement, la sélection naturelle devrait favoriser les femelles les plus fécondes. En produisant le plus possible de nouveau-nés, la mère va fractionner les coûts indépendants de la fécondité ; son effort de reproduction deviendra d'autant plus rentable. Arrive alors une nouvelle question. Comment diable augmenter la taille de la portée ? Pour faire un gros coup reproducteur, il est astucieux de le préparer. En l'occurrence, accumuler des réserves corporelles avant le printemps est une solution évidente pour accroître le nombre de descendants. Facile à dire mais pas vraiment commode à mettre en pratique. Par rapport à d'autres animaux, les vipères sont avantagées pour stocker et transporter des réserves. Ventripotentes, elles ne sont

pas handicapées par l'embonpoint comme le seraient la plupart des vertébrés. Leur stratégie d'évitement des prédateurs est basée sur l'immobilité, la discrétion et la fluidité pour se fondre dans une galerie de rongeur. La rapidité à la course n'est pas leur principale qualité. Surprises hors de leur abri, leur masse corporelle les avantage pour impressionner et éventuellement pour infliger une morsure. Enfin et surtout, leur capital, leur trésor est bien protégé de la voracité de son propre gardien : l'organisme ! En attendant la reproduction, les femelles préservent leur stock de réserves corporelles grâce à leur capacité à réduire leur métabolisme. Par comparaison, les réserves de graisse d'un mammifère ou d'un oiseau vont fondre inéluctablement et rapidement au fil des mois. Des calculs un peu compliqués suggèrent que les vipères aspics réalisent une bonne opération en produisant au moins cinq vipéreaux. Les ressources nécessaires pour atteindre ce score correspondent au seuil de condition corporelle.

Les pièces du puzzle s'ajustent de mieux en mieux, mais il y a encore des trucs qui coïncident. Comme prévu, dans la nature, les vipères qui mettent au monde moins de cinq vipéreaux sont rares. Très peu de vipères produisent un à trois vipéreaux. Mais ces exceptions dérangent quand même puisqu'elles laissent penser que des femelles se sont engagées dans la reproduction en étant au-dessous du seuil alors qu'un peu plus haut, nous avons dit que cela n'arrivait jamais. Avec des suivis individuels précis, nous avons compris que la perte accidentelle en cours de route d'une partie de la mise initiale explique les petites tailles de portée. Autrement dit, toutes les femelles démarrent pour produire cinq vipéreaux ou plus, mais certaines gèrent mal l'effort et perdent du monde avant l'arrivée. Il s'agit de l'atrésie (la

destruction) des follicules et de la régression embryonnaire (une sorte d'avortement). La boucle est bouclée. Les vipères ont intérêt à mettre tous leurs œufs dans le même panier. Les chances de franchir une première fois la ligne d'arrivée puis de revenir dans la course sont très faibles. Dès lors, les vipères tirent un plus grand profit à investir le maximum de ressources l'année de reproduction plutôt qu'à garder quelques réserves incertaines. Elles ont donc intérêt à s'épuiser. La sémelparité se profile alors comme une stratégie efficace.

Ce scénario simple permet d'expliquer pourquoi les femelles les plus belles en début de saison ne sont pas nécessairement les plus grasses après les mises bas. Si elles ont eu la chance d'accumuler de bonnes réserves les années qui précèdent la reproduction, disons largement de quoi dépasser le seuil, elles ont quand même intérêt à tout dépenser. Le surplus à la dot réglementaire est investi pour augmenter la taille de la portée : toutes les réserves sont utilisées.

Circonstances atténuantes

À ce moment-là, nous avons compris que l'enquête nous glissait à nouveau entre les doigts. Nous n'avions aucun criminel particulier à mettre sous les verrous. Qui échappe à la notion de profit ? Depuis que le serpent de la Genèse a tuyauté le reste de la création sur certains desseins de Yahvé, il est devenu clair pour les biologistes que tout le monde cherche avec plus ou moins d'adresse et de réussite à injecter le plus possible ses propres caractéristiques dans les générations futures. Qui est vraiment coupable ou innocent dans cette affaire ? Probablement personne. Peut-être bien que les effets du hasard se combinent

à ceux de la sélection naturelle pour sceller le destin des vipères et les précipiter six pieds sous terre. Mais tout ça devient trop ardu à suivre. S'il est difficile de comprendre le destin dans sa globalité, il nous reste les mécanismes auxquels notre raison a accès. Dans notre cas, il semblerait que le hasard ressemble à la chance. Si nous avions vu juste, la plupart des vipères étaient simplement victimes de la fatalité. Les femelles reproductrices sont souvent mangées par les oiseaux, leur échapper est une question de bol. Après les mises bas, les survivantes doivent absolument se nourrir, encore une fois c'est une affaire de hasard. Certaines femelles auraient la double bonne fortune de ne pas être repérées par les rapaces et de trouver des campagnols au bon moment. Il s'agit là de facteurs mesurables et manipulables, des expériences sont possibles...

Sacrifice, mort programmée ou malédiction ?

Nous avons gardé des femelles de vipères aspics reproductrices dans de grands enclos extérieurs. Un filet et une barrière électrique les protégeaient des prédateurs. Un approvisionnement régulier en souris prévenait la disette. Sans surprise, les femelles ont évité la mort. À quelques exceptions près, la malédiction était levée. La démonstration était faite que la sémelparité n'est pas favorisée en tant que telle. La programmation de la date de la mort des femelles n'est pas la cible d'un code génétique. C'est l'optimisation de l'effort reproducteur qui entraîne des conséquences fatales dans les conditions naturelles. Ce que vise la sélection naturelle, ce sont les mécanismes génétiques sous-jacents aux régulations physiologiques qui déterminent le nombre et la taille des œufs des vipères. Par exemple, les hormones qui contrôlent le recrutement des œufs au cours de la

vitellogenèse et non pas une hypothétique horloge mortelle. Ces distinctions paraissent au pire confuses, au mieux subtiles. Un détour permet de clarifier cet état brumeux.

Si la date de la mort était inscrite sur des gènes, contrôlée par des mécanismes physiologiques particuliers, il serait théoriquement possible de les découvrir puis de les manipuler. Nous sommes en plein mythe de l'élixir de jeunesse. Rien de neuf : l'*Épopée de Gilgamesh* était déjà axée sur ce thème. De nos jours, un peu de laque technologique fait son effet, la fable est toujours vivace. Malheureusement ou heureusement selon le degré d'humilité de chacun, le philtre d'éternité est une chimère ; ce n'est pas la mort qui est programmée, mais la vie. Une fois que la carrière reproductrice d'un individu a été accomplie au mieux, la sélection naturelle ne favorisera pas les processus coûteux et inutiles de l'entretien de l'organisme. Tout se dégrade petit à petit, les chromosomes, les cellules et les organes s'érodent ; les réparations de plus en plus complexes deviennent prohibitives. Comme véhicule de la vie, le passage de relais d'une génération à l'autre est un système bien plus efficace, plus souple et plus vif que le maintien de vieilles carcasses usées. Nous ne savons pas comment et encore moins pourquoi la vie est apparue ; nous ignorons également dans quelle direction elle va. Mais force est de constater qu'une fois parties, les forces évolutives sont puissantes et efficaces pour transformer le minéral en organique. Une des clés du succès du vivant est la reproduction sous toutes ses formes : la totalité des organismes est orientée vers la procréation. La vigueur de la reproduction repose sur la rentabilité, la réactivité ; elle est antagoniste à l'éternité individuelle qui est statique et rapidement non rentable. Désolé pour les adorateurs du lifting, mais, pour échapper au

vieillesse et à la mort, il faudrait accepter des transformations tellement poussées qu'il ne resterait presque plus rien d'origine à conserver. Dans certains cas se serait une bonne option ! Avec quelques emplâtres, il est possible de faire illusion, de lisser les dégâts quelque temps, c'est tout. Il est plaisant de constater qu'une enquête sur la survie de quelques vipères cachées dans de vagues buissons nous ramène à des discussions de comptoir sur le sens de la vie. En tous cas l'homme n'est pas près de passer les menottes aux poignets des Parques.

La vipère aspic

La vipère aspic est une des espèces de serpent les plus étudiées. Pourtant, sa taxonomie reste encore obscure sur bien des points ; la classification des différentes variétés qui peuplent la France, la Suisse et l'Italie n'est pas aboutie. Les vipères que nous avons espionnées appartiennent donc à une espèce dont les contours sont encore mal définis. Toutefois, notre population d'étude est très probablement du type *Vipera aspis aspis*, c'est-à-dire la vipère aspic « classique », pour se permettre un jeu de mots un peu faible. Les vipères de ce groupe sont caractérisées par un très fort polymorphisme intra- et inter-populations. Les frères et sœurs ne se ressemblent pas toujours, loin de là. Les couleurs et les dessins de sa robe varient énormément ; de même, certains individus sont gros et trapus tandis que d'autres sont longs et efflanqués. Les proportions, la taille, et l'écaillage sont autant de paramètres très variables. Ce type de variations est un support passionnant pour les investigations scientifiques, mais il brouille la taxonomie. Quelques équipes travaillent le sujet ; il est probable que dans quelques années nous aurons une image plus nette.

Fi de ces tracas, en moyenne les vipères aspics adultes sont des serpents d'environ 50 à 65 cm de long pour 100 à 150 g (les records approchent les 90 cm et 350 g). Leur venin est puissant, leur capacité à mordre et à l'injecter est bien développée, mais leur caractère docile en fait des animaux qui causent très peu de problèmes. Au passage, l'Aspivenin est un bidule inutile et très cher (15-30 euros pour un minable bout de plastique, l'arnaque totale), voire dangereux puisqu'il augmente probablement la diffusion du venin dans les tissus en faisant un appel de sang autour de la morsure. Pire, il détourne les gens des gestes qui sauvent. Il faut vraiment des journaux télévisés très mal informés pour vanter ses « mérites ». Par erreur, sur TF1, le journal de 13 h du 27 juillet 2007 en a fait la réclame sans préciser qu'en cas de morsure, il faut appeler les secours de toute urgence et ne surtout pas compter sur cet appareil bidon.

Injustement persécutées, les vipères méritent d'être intégrées dans les programmes de conservation ; leurs populations sont en chute libre presque partout sur l'aire de répartition. En Loire-Atlantique, les vipères sortent d'hibernation avec les premières séries de beaux jours, rarement en février, souvent en mars, parfois en avril. Les accouplements ont lieu en mars et en avril. Les mises bas s'étalent de la mi-août à début octobre. Après, le froid pousse les serpents à chercher refuge dans le sol ou dans d'autres abris à l'écart du gel. Les nouveau-nés mesurent environ 20 cm et pèsent 6 à 8 g. En Toscane, Marco Zuffi étudie les vipères aspics. Près de Pise, les conditions climatiques sont assez clémentes. Les femelles reproductrices ne sont pas contraintes de se chauffer au soleil très souvent pour atteindre les températures corporelles optimales à la vitellogenèse et à la gestation. Elles naviguent entre les ronces et les épines. La douceur des

températures moyennes permet aux vipères de s'alimenter presque tous les jours de l'année. Dans cette région, les vipères aspics sont itéropares et elles se reproduisent annuellement. Les coûts métaboliques liés au statut reproducteur favorisent toutefois le Capital-Breeding et le seuil de condition corporelle nécessaire au déclenchement de la reproduction est présent.

Très tolérantes, les vipères aspics se plaisent dans le bocage, les broussailles sèches, les marais, les forêts, les landes... Mais, comme la plupart des plantes sauvages et des autres animaux, elles supportent très mal les déserts agricoles (champs immenses de céréales...), le remembrement et la pollution.

Reconnaissable à sa pupille fendue verticalement, à son museau retroussé et aux petites écailles qui couvrent le dessus de la tête, la vipère aspic est un serpent souvent confondu avec d'autres espèces. Il faut dire que sur le terrain, ces critères ne sont pas faciles à déterminer. Pour illustrer ces difficultés, un portrait d'une vipère africaine, *Causus maculatus* : la pupille est ronde, il y a neuf plaques céphaliques, et cette espèce est ovipare. Ces caractéristiques devraient la classer parmi les couleuvres, il suffit de vérifier dans les guides d'identification des serpents d'Europe. Pourtant, ce serpent est bien une vipère, certes parent éloigné de la vipère aspic. Cette digression simplement pour montrer les limites des critères habituels de classification destinés à séparer vipères et couleuvres.

Viviparité, oviparité, ovoviviparité, ovovivovoparité ?

Très souvent, les gens demandent si ce n'est pas une erreur de classer les serpents parmi les animaux vivipares ; ils devraient

plutôt être rangés avec les ovovivipares. En effet, trois catégories sont reconnues et retenues par les ouvrages de zoologie, de physiologie ainsi que par presque tous les livres francophones scolaires et d'enseignement universitaire : 1 – la *viviparité*, 2 – l'*oviparité*, et entre les deux, 3 – l'*ovoviviparité*. L'oviparité concerne les animaux qui pondent des œufs ; les deux autres modes de reproduction font référence aux espèces qui mettent au monde leurs descendants par parturition. C'est-à-dire que ce sont des nouveau-nés, plus ou moins indépendants, qui sont expulsés des voies reproductrices maternelles (rarement paternelles, mais ça existe). Il existerait bien sûr des différences fondamentales entre ces deux types de reproduction justifiant la classification dans l'une des trois catégories.

La viviparité est réservée aux mammifères dits euthériens, ceux qui font bien les choses, d'où le préfixe « eu » (= bien) devant « thériens » (= grosses bêtes poilues). Une fois de plus, et pas comme par hasard, la notion de tendance à la perfection concerne le genre humain puisque nous sommes des euthériens. Chez les mammifères « supérieurs », des échanges foeto-maternels étroits et sophistiqués sont nécessaires au bon développement des embryons, notamment des échanges nutritifs qui ont nécessité la mise en place d'annexes embryonnaires non moins raffinées tels le placenta, le cordon ombilical ou l'amnios. D'avance, on peut se douter que les autres vertébrés doivent être incapables de tels prodiges.

L'ovoviviparité est traditionnellement attachée aux vertébrés « inférieurs » comme les poissons, les serpents et les lézards entre autres. Considérés comme inaboutis par quelques classificateurs arrogants, ils seraient tout juste capables de retenir les

œufs durant l'incubation. En quelque sorte, ils seraient des usurpateurs (au mieux des prototypes) donnant l'illusion de la viviparité, mais ne jouant que le rôle d'un tas d'herbe en décomposition où les honnêtes ovipares aiment à déposer leurs œufs. La mère maintiendrait ses œufs à bonne température, et c'est à peu près tout. Elle ne mériterait pas le qualificatif de vivipare, et encore moins celui d'euthérien.

Si les vipères ne sont effectivement pas poilues, la réalité est quand même bien différente. En fait, les reptiles ovovivipares font preuve non seulement de toute sorte de raffinements, mais encore ils déploient une diversité de mode de reproduction plus large que celle observée chez les mammifères. Simplement au sujet des relations trophiques fœto-maternelles, chez certains lézards (e.g. genre *Mabuya*), la masse sèche de l'embryon augmente de dix mille fois entre l'ovulation et la mise-bas : soit des phénomènes magiques sont à l'œuvre, soit les relations trophiques ne sont pas aussi inexistantes que prévu. D'ailleurs, il existe de nombreux types de placentas, de cordons ombilicaux (et donc de nombrils), d'amnios, etc., chez les reptiles. Plus fort, d'autres lézards basculent d'un mode à l'autre selon le contexte : vivipares en altitude, ovipares plus bas. Dès lors, comment et où les classer ? Les serpents ne sont pas en reste ; des cas de matrotrophie (passage de nutriments depuis la mère vers les embryons) facultative ont été décrits : c'est-à-dire que la mère ajuste les échanges trophiques vers les embryons au cours de la gestation en fonction des besoins des organismes en développement. Même lorsqu'il n'y pas d'échanges trophiques, il faut au minimum des échanges respiratoires et hydrominéaux très finement régulés entre la mère et les

embryons ; en effet leur métabolisme évolue au cours du développement. Une fois à terme, les embryons doivent donner des signaux à leur mère pour enclencher la mise-bas, ce qui nécessite encore des communications et des régulations physiologiques subtiles. Théoriquement, il existe un ordre de sortie, par exemple lorsque plusieurs nouveau-nés doivent sortir en file indienne ; et ils sont parfois des dizaines. La liste des subtilités de ce type est presque interminable. Si on incorpore les amphibiens, les poissons, les insectes et d'autres organismes à la réflexion, alors les mammifères font pâle figure. En effet, chez ces organismes la vie a emprunté des chemins incroyables, avec des formes de « placentas » connectés aux branchies, des gestations buccales, dorsales et même gastriques ; des cas de cannibalisme intra-utérin (qui s'appelle l'adelphotropie, joli nom) – l'inventaire est trop long. En somme, les ovovivipares en tant que catégorie opposée aux vivipares n'existent pas, et ce terme est complètement abandonné par les spécialistes depuis plus de dix ans. Peut-être dans cinquante ans pour les manuels de classe de l'Éducation nationale.

La distinction entre oviparité et viviparité est elle aussi très floue si on s'intéresse aux stades de développement des embryons et aux modalités des échanges fœto-maternels. Par simplicité, la viviparité désigne les cas où la femelle produit des nouveau-nés, et l'oviparité les cas où elle pond des œufs. Il existe un vocabulaire spécialisé pour décrire la diversité des relations entre la mère (voire le père) et les embryons, sujet hors de propos du présent ouvrage.

Les gangs du trafic des réserves

Les organismes qui doivent accumuler des ressources (= le capital, une notion piquée aux sciences de l'économie) qui seront plus tard investies dans la reproduction (= breeding) sont nommés Capital-Breeders. Chez ces être vivants, la reproduction entraîne une fonte des réserves et donc des variations de masse corporelle très fortes. Parfois, les phases d'acquisition et d'allocation des ressources sont séparées par de grandes périodes de temps (des mois, des années). À l'autre extrémité d'un gradient de stratégies de reproduction, les Income-Breeders dépendent de leur capacité à acquérir et métaboliser des ressources simultanément à la reproduction (d'où le terme « income »). Ce second système est nettement orienté vers des principes de flux tendus qui ressemblent un peu au fonctionnement de certaines industries ; les variations de la masse corporelle sont faibles (pas ou peu de stocks). Il existe des avantages et des inconvénients liés à chaque situation. Quelques arguments sur ce thème sont disséminés dans le texte principal, notamment dans l'enquête sur le crime de Sémélé. Quelques éléments de réflexion supplémentaires sont donnés ci-dessous. Les Capital-Breeders sont avantagés pour se reproduire face aux variations inter-annuelles des ressources : ils utilisent des réserves. Ils sont aussi avantagés lorsque les ressources sont constamment très faibles : en constituant un capital, ils atteignent des valeurs critiques qui, par exemple, leur permettent de fabriquer un ou plusieurs œufs. Cette tactique reproductrice permet aussi aux organismes de se nourrir dans une zone donnée (riche en ressources), puis de se reproduire ailleurs, en un lieu où les conditions sont favorables aux nouveau-nés sans contrainte alimentaire pour les adultes. Le principal inconvénient du Capital-Breeding est lié à la surcharge

pondérale. Les animaux qui pratiquent intensément le vol (oiseaux, insectes, chauves-souris) ont intérêt à rester légers et à être des Income-Breeders. Le sujet est très vaste, largement hors de portée du livre.

Les pythons mères-poules

Soins parentaux ou soins pas rentables ?

Il est généralement admis que les serpents ne prodiguent pas de soins à leurs nouveau-nés. C'est par exemple le cas pour les espèces présentées jusqu'à présent dans ce livre, ce qui d'une certaine façon ne les rend pas très sympathiques. Parentes indignes, les mères abandonnent leurs jeunes à leur propre sort dès la naissance. Il s'agit parfois d'un autre prétexte pour considérer les serpents comme des organismes sous-évolués, inaptes à déployer les trésors d'égards que les oiseaux et les mammifères manifestent envers leur descendance. En fait, chez beaucoup d'espèces animales appartenant à des groupes zoologiques diversifiés, les parents s'occupent avec dévouement de leurs rejetons. Par exemple, c'est la règle pour les scorpions et maintes araignées, chez lesquels les mères gardent sans relâche leurs œufs jusqu'aux éclosions, puis transportent les nouveau-nés sur le dos pendant des semaines. Des poissons et des amphibiens consa-

crent énormément de temps et d'énergie et prennent tous les risques pour améliorer les conditions de développement de leurs héritiers et pour augmenter leur survie. Les stratégies adoptées sont incroyablement diversifiées : des grenouilles incubent les œufs dans les tissus de leur dos, d'autres dans leur bouche. Il existait même un batracien australien, malheureusement éteint depuis trente ans environ, chez lequel les embryons étaient hébergés dans l'estomac. Les fonctions digestives de la panse étaient alors inversées pour jouer un rôle nutritif.

Fidèles à leur capacité à explorer des chemins évolutifs très diversifiés, les ophidiens ne sont pas en reste. Chez toutes les espèces de pythons, ainsi que chez d'autres lignées de serpents (cobra royal, quelques vipères asiatiques...), les femelles gardent ou couvent fidèlement leurs œufs durant plusieurs mois jusqu'à l'éclosion. Leur dévotion est absolue, les femelles s'enroulent sur leur ponte et la défendent courageusement contre les prédateurs (cf. photo). Au cours de l'incubation qui dure un à trois mois selon l'espèce, les mères ne s'alimentent pas. Des serpents mères-poules en fait. Quant à la viviparité, un mode de reproduction apparu dans plus de cent lignées indépendantes de reptiles, et donc très répandu dans ce groupe, elle est considérée comme une forme de soin parental inéluctable. La mère n'a pas d'autres choix que de prendre en charge le développement des embryons. Ce qui lui impose des contraintes écologiques très fortes et assombrit souvent son propre avenir (cf. les vipères aspics du chapitre précédent). En somme, la capacité à déployer une grande attention à l'endroit des descendants est apparue indépendamment dans divers groupes zoologiques au cours de l'évolution et n'est pas l'apanage des endothermes (mammifères et des oiseaux).

Cependant, il faut bien admettre que c'est chez les endothermes que les soins parentaux à l'égard des nouveau-nés sont les plus intensifs. La vaste majorité des oiseaux non seulement couve ses œufs, mais construit aussi des nids et surtout élève et nourrit les poussins. Chez les endothermes, les soins parentaux s'étalent parfois durant de très longues périodes. Quinze mois chez le manchot royal, plusieurs années chez les grands singes, de trop longues années chez l'homme (à nouveau les parents expérimentés comprendront). Les mammifères, outre la gestation, pourvoient aux besoins alimentaires de leurs jeunes via l'allaitement. L'apprentissage dispensé par les adultes est souvent crucial pour les rejetons. Dans les autres groupes zoologiques que les mammifères et les oiseaux, les parents ne s'occupent généralement pas autant de leur descendance. C'est pourquoi, dès le début du vingtième siècle, des zoologistes ont été fortement intrigués par l'association entre l'endothermie et les soins parentaux intensifs. Oiseaux, mammifères et pouponnage : aucun scénario satisfaisant n'a pu encore être proposé pour expliquer cet assemblage. Les liens de causalité restent mystérieux : l'endothermie a-t-elle favorisé les soins parentaux ou bien est-ce l'inverse ? Voici à nouveau le lancinant problème de la poule et de l'œuf, c'est le moins que l'on puisse dire. Qui précède qui ? Viens pou poule, viens. Des études ont démontré que les soins parentaux apportent d'énormes bénéfices aux jeunes, mais en même temps ils entraînent des coûts considérables pour les parents. La balance entre les bénéfices et les coûts peut théoriquement pencher d'un côté ou de l'autre. L'équilibre dépend de plusieurs paramètres. Visiblement, l'appartenance au groupe des ectothermes plutôt qu'à celui des endothermes est capitale dans la bascule. Endothermie ou ectothermie ? Soins parentaux ou soins pas rentables ? C'est la question cen-

trale. Ces termes contiennent probablement les clés pour comprendre les chemins suivis par l'évolution, mais leurs relations respectives restent hermétiques. Allons voir de plus près quand même.

Histoires de famille

Les oiseaux et les mammifères représentent les deux groupes actuels de vertébrés endothermes (des groupes fossiles comme les ptérosaures – des reptiles volants – étaient peut être endothermes). Les convergences entre les oiseaux et les mammifères dépassent largement la notion de température corporelle. Entre autres caractéristiques, ces deux groupes partagent une forme corporelle ramassée, une position parasagittale des membres (i.e. attachés sous le corps comme chez la chèvre plutôt que de part et d'autre comme chez les lézards), des ventricules cardiaques complètement séparés, un réseau vasculaire très dense, des myriades de mitochondries (les mitochondries sont des trucs minuscules dans les cellules, qui ressemblent en coupe à des traces de chaussures à crampons et qui sont très importants pour produire de l'énergie). Ces traits qui vont de la morphologie aux structures microscopiques ne se retrouvent pas chez les autres vertébrés. Pourtant, replacées dans l'histoire générale des vertébrés, ces deux entités zoologiques, oiseaux et mammifères, sont plutôt éloignées. Elles ont suivi leurs routes évolutives respectives depuis plus de 340 millions d'années. Foin des chinoïseries de classification, concentrons-nous sur le problème évolutif du couplage « soins parentaux intensifs/endothémie ». Si prodiguer des soins parentaux intensifs n'est certes pas nécessairement la signature d'un degré d'évolution supérieur, reste la question de savoir pourquoi les soins paren-

taux intensifs à l'égard des nouveau-nés ont pris une ampleur monumentale uniquement chez les endothermes. Les parents vont parfois jusqu'au sacrifice pour permettre la survie des nouveau-nés (parfois c'est l'inverse ; les mères de kangourous balancent leur bébé par-dessus bord en cas de panique). Quels sont les bénéfices et les coûts associés aux soins parentaux ? Dans quel contexte écologique les soins parentaux ne sont-ils plus rentables ?

Embryons fragiles et endothermie : une théorie difficile à tester

Une paléontologue américaine, N. Farmer, a proposé un scénario assez simple. Il est basé sur le fait qu'au début de leur développement, les embryons sont sensibles et fragiles. De faibles variations des conditions de température et d'humidité peuvent entraîner des accidents : la mort ou au minimum de fortes dégradations de leurs qualités, par exemple en altérant les cascades qui au cours du développement organisent le positionnement, la croissance et les interrelations des organes. Des erreurs précoces d'aiguillage peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Les parents, en particulier la mère, ont intérêt à amortir les fluctuations de l'environnement durant ces phases initiales. Pour stabiliser la température, il est nécessaire de refroidir ou de réchauffer les embryons en fonction des circonstances ambiantes. Pour cela, l'organisme maternel peut dépenser de l'énergie, par exemple grâce à un contact entre la peau et les œufs au cours de la couvaison ou plus directement chez les espèces vivipares en contrôlant la température du corps. Si cet investissement est rentable, on est potentiellement face à une voie évolutive logique qui favoriserait l'endothémie.

Mais les régulations climatiques consomment de l'énergie. L'amélioration croissante des conditions de développement nécessite de plus en plus de ressources et favorise l'acquisition de systèmes biologiques à haut régime avec une indépendance de plus en plus marquée vis-à-vis des conditions extérieures : c'est la voie vers l'endothermie. L'anatomie et la physiologie associées à l'endothermie sont très particulières, le système cardiovasculaire est très développé. Elles sont orientées vers des flux énergétiques importants.

Cette théorie a le mérite de rassembler des éléments très disparates dans un ensemble cohérent – c'est sa force principale. Elle présente par ailleurs la faiblesse d'être difficile à tester. En effet, il est très ardu de soumettre des embryons de mammifères ou d'oiseaux à des fluctuations de température qui correspondraient aux stades initiaux évoqués dans le scénario. Les ancêtres des oiseaux et des mammifères ont disparu depuis belle lurette (bon débarras !). Sur les espèces actuelles, de telles expériences seraient létales pour les sujets testés et on ferait bien peu de progrès. Par exemple, pour abaisser la température corporelle centrale d'une souris gravide de façon significative, il faut dépasser ses limites de résistance au froid, ce qui entraînerait sa mort : c'est cruel et inutile. Pour sortir de l'impasse, il faut éprouver des organismes plus tolérants. Idéalement, les bons candidats utilisaient les prémices de l'endothermie uniquement durant l'incubation. La climatisation serait en route juste au moment idoine pour améliorer les conditions de développement de leurs embryons sans que cette faculté physiologique ne soit impliquée dans d'autres fonctions. C'est le seul cas de figure qui permette d'apprécier les bénéfices du couple soins parentaux/endothermie sur la survie des

jeunes et d'estimer les coûts pour la mère tout en s'émancipant des autres liens entre l'endothermie et les grandes fonctions biologiques (digestion, endurance...).

Il existe un groupe animal unique qui répond à ces critères très stricts : les pythons. En effet, lorsque la température ambiante chute, les femelles reproductrices pythons sont capables de produire de la chaleur. Elles contractent de façon rythmique leur puissante musculature et réchauffent efficacement leur ponte. Elles maintiennent des différences de température de 15°C entre l'extérieur de leur corps et les œufs. C'est un cas exclusif d'endothermie facultative strictement associée à des soins parentaux. Il y a quelques années, nous avons réalisé une étude en Afrique pour explorer ce phénomène.

Les couveuses de l'ombre

Dans différents pays de l'Afrique noire comme le Ghana, le Togo ou le Bénin, les populations de pythons royaux sont encore saines. Les femelles pondent à l'abri de la lumière, de la chaleur et de la sécheresse. Elles déposent leurs œufs dans des galeries souterraines, creusées par de gros rongeurs ou les tortues terrestres, ainsi que dans les cavités des termitières. Aussitôt après la ponte, la femelle s'enroule autour de ses œufs ; elle forme une cloche en aplatissant son corps et en creusant son ventre, la ponte devient invisible. En suivant des chasseurs de serpents, on peut découvrir les femelles enroulées autour de leurs œufs. La couvaison n'a jamais été suivie en conditions naturelles ; les quelques connaissances scientifiques disponibles ont été acquises en captivité, notamment dans des vivariums aux États-Unis ou en Europe. Récemment, nous avons

étudié la couvaison des pythons royaux, toujours en captivité mais à proximité des lieux de leur capture, au sud du Togo. Les femelles prêtes à pondre ont été ramassées par des chasseurs. Les pythons sont très communs autour des petits champs de manioc et de mil. Ils profitent de l'abondance des rongeurs générée par les cultures traditionnelles. Une fois prises, les femelles gravides sont amenées vers des fermes. Elles sont gardées jusqu'à la ponte. Les œufs sont mis à incuber pendant deux mois et les bébés sont expédiés vers les États-Unis, le Japon et l'Europe pour y être vendus. 10 % de la production doivent être relâchés sur le terrain avec les femelles. Ce commerce, lorsqu'il est bien organisé est relativement équilibré. Les zones les plus intensément prospectées depuis plus de trente ans accueillent toujours des floppées de pythons. Les chasseurs de pythons sont généralement des agriculteurs pour lesquels les revenus de cette chasse non meurtrière sont très importants. Partout ailleurs, les pythons sont consommés comme nourriture et ils sont rares.

Serrez bien le couvercle de la cocotte !

Nous avons pu suivre cinquante femelles depuis leur capture, pendant la ponte et durant toute l'incubation. Nous les avons réparties en cinq lots. Un groupe témoin où les femelles ont été laissées tranquilles durant la couvaison. Un lot où les femelles ont été séparées de leurs œufs dès la ponte. Un lot où les femelles ont pu couvrir 15 jours avant d'être séparées. Un lot où la taille de la ponte a été augmentée de 50 % en ajoutant les œufs d'autres femelles. Enfin un lot où la taille de la ponte a été diminuée de 50 % en retirant des œufs.

Les prédictions de départ étaient simples. Elles concernaient d'une part les œufs, et d'autre part les mères. Les œufs abandonnés, privés de leur mère devaient rencontrer plus de difficultés que ceux qui étaient choyés. Les œufs partiellement couvés (15 jours) devaient se retrouver dans une position intermédiaire. Du côté des femelles, les mères ayant couvé environ 60 jours (la totalité de l'incubation) devaient perdre du poids, particulièrement celles qui avaient une surcharge à assumer (pontes augmentées). Les femelles privées de leur ponte devaient avoir moins de boulot et la vie plus facile.

Du côté des œufs, les résultats ont été conformes aux prédictions. La mortalité a été élevée pour les œufs abandonnés, intermédiaire pour ceux partiellement couvés et très faible pour ceux qui ont bénéficié de la présence de leur mère. En ce qui concerne les pontes augmentées, il y a eu des pertes. Dans tous les cas, les problèmes de développement des embryons ont été provoqués par une dessiccation trop forte du vitellus. Normalement, la mère forme un véritable couvercle, au-dessus de la couvée elle prend la forme d'une cloche couvre-plat relativement étanche. La mère relâche son étreinte de temps en temps. Peut-être pour laisser respirer les embryons. Privés de mère, les œufs à nu se dessèchent, le jaune coagule, les embryons n'ont plus accès à la nourriture et se retrouvent trop faibles prisonniers d'une pâte visqueuse. Beaucoup meurent, les rescapés produisent des nouveau-nés plus petits que la moyenne et qui abandonnent dans leur coquille des ressources inutilisées. Le nombre maximal d'œufs que peut couvrir une femelle est déterminé par sa capacité à les recouvrir durant l'incubation. Nos expériences ont démontré pour la première fois le rôle crucial de la mère dans le maintien de la fluidité du jaune des œufs.

En ce qui concerne les femelles, les résultats n'ont pas du tout suivi les hypothèses initiales.

Mais où sont passés les coûts de la reproduction ?

Non seulement les femelles de python royal n'ont pas perdu de masse au cours des 60 jours de couvaion alors qu'elles n'ont rien mangé, mais de plus nous n'avons détecté aucune différence entre les cinq lots. Apparemment, la couvaion ne semble pas être une activité qui réclame beaucoup d'énergie chez cette espèce de reptile. Basée sur une posture particulière plutôt que sur le mouvement, elle ne nécessite pas tellement d'effort physique ; en conséquence, les femelles n'ont pas maigri (au gramme près, leur masse corporelle moyenne est restée très stable, proche des 2 kg). Les pythons ont des capacités très étendues pour limiter leur métabolisme et donc les pertes énergétiques durant le jeûne. Les tissus les plus gourmands en ressources sont mis au repos. Par exemple, les intestins dont les épithéliums labiles (parties en contact avec les aliments) sont en renouvellement constant rapetissent, le cœur lui aussi est amoindri quand les repas s'espacent. Dès lors, l'organisme est réglé sur un mode très économique. Plus de deux mois sans nourriture ne posent aucun souci aux femelles, aucune n'a présenté le moindre signe de maigreur ni d'affaiblissement. L'opération de couvaion semble donc entièrement bénéfique : le succès reproducteur augmente sans entraîner de coûts directs. La reproduction n'est tout de même pas gratuite pour les femelles. Elles ont dû fabriquer les œufs dont la masse totale avoisine 50 % de la leur. De surcroît, durant la couvaion, les femelles, complètement anorexiques et obnubilées par la garde, ratent des opportunités de s'alimenter ; c'est un coût indirect. Finalement, la situation est un peu à l'opposé

de ce qui se passe chez les oiseaux chez lesquels la couvaion est un épisode plus lourd que la production des œufs. Les soins parentaux entraînent des dépenses énergétiques colossales chez les volatiles, mais très basses chez les pythons royaux.

Si l'endothermie était apparue dans les pays chauds ?

Des études réalisées en Australie sur d'autres espèces de pythons ont démontré qu'à la fin de la reproduction, les femelles pouvaient être dans un état pitoyable. Sous des latitudes australes élevées, les conditions climatiques sont plus fraîches qu'au Togo. Sur Garden Island, voisine de Carnac et donc près de Perth, les femelles du python *Morelia spilota imbricata* réchauffent leur ponte grâce à de puissantes contractions musculaires (thermogenèse de frisson, un grelottement lent). Elles jouent à la fois un rôle de protection anti-évaporation comme les femelles togolaises et celui de cocotte-minute. Elles exhibent des périodes d'endothermie facultative grâce des phases de contraction de leurs muscles, un phénomène qui épuise les réserves maternelles. Au Togo, près de l'équateur, ce travail de réchauffement est inutile ou presque. En effet, les températures sont presque toujours élevées, de jour comme de nuit. Toutefois, après quelques gros orages, nous avons observé que la température peut baisser la nuit, y compris dans les terriers des pythons. Les enregistrements de température ont montré que seuls les œufs couvés ne se sont pas refroidis. Par ailleurs, en captivité, les femelles de pythons royaux sont capables de produire de la chaleur durant la couvaion lorsqu'il fait frais dans leur cage. Tout indique que dans les pays chauds, les mères de pythons royaux ont rarement recours à la thermogenèse de frisson.

Mis bout à bout, ces éléments permettent d'esquisser une suite logique. Intuitivement, comme l'endothermie permet aux organismes de lutter efficacement contre les effets paralysants du froid, elle semble être une adaptation avantageuse sous les climats où dominent les hivers. En guise d'illustration, il n'existe pas de vertébrés terrestres autres que les oiseaux et les mammifères sur la banquise, et très peu en général dans les régions polaires. Dès lors, il est logique de postuler que l'endothermie serait apparue comme une adaptation au climat dans les pays froids ; c'est l'idée répandue actuellement. En se basant sur l'exemple des pythons, il est possible d'imaginer au contraire que l'endothermie a été favorisée dans des contrées chaudes. Apportant des bénéfices importants sans être prohibitive sous l'équateur, la sélection naturelle trouve un chemin facile. Une fois les organismes pourvus de mécanismes physiologiques capables de générer de la chaleur pour améliorer les conditions de développement des embryons, ils ont pu partir à la conquête de régions moins clémentes. En aucun cas les pythons ne sont les ancêtres des oiseaux et des mammifères, mais il est presque certain que les parents des pythons australiens de Garden Island vivaient dans des zones équatoriales. Leur biologie comparée à celle de leurs cousins des zones équatoriales de l'Afrique éclaire les réflexions sur l'évolution de l'endothermie. Cette notion pourrait être étendue à d'autres groupes zoologiques : les premiers mammifères et oiseaux ont-ils vu le jour sous les tropiques ou sous le blizzard ?

Les traditions ont la vie dure

Il y a davantage de parenté entre un crocodile et un rossignol qu'entre ce même rossignol et un campagnol. En toute logique,

les oiseaux devraient être classés parmi les reptiles – ce qui est officiellement le cas dans les arbres phylogénétiques modernes (<http://www.tolweb.org/tree/>). La classification la plus répandue dans le public est source de confusion, elle est lourdement chargée d'erreurs sur le plan évolutif. Mais les traditions ont la vie dure, y compris dans cet ouvrage où le terme « reptile » est utilisé dans l'acception commune, plutôt floue mais bien pratique. Les cinq groupes habituels de vertébrés formés par les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères devraient être dissous et refondus dans un arbre de l'histoire des vertébrés plus exact – les noms vernaculaires font défaut pour cet exercice, et seuls les spécialistes s'y retrouvent. Il serait souhaitable de corriger cette situation. Toutefois, il ne faut pas aller plus vite que la musique, et pour l'instant il est raisonnable de se servir du vieux système qui distingue et range dans l'ordre les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux puis les mammifères. Au moins les lecteurs sont avertis, il leur sera facile de se mettre à jour, par exemple grâce à Internet.

Le supplice de la roue

La rubrique des serpents écrasés

Chaque année, de la fin du printemps au début de l'été, les petites routes de campagne sont les lieux de drames pour les serpents. Ils se font écraser par les automobilistes pressés, essentiellement entre les mois de mai et de juillet. Une partie de ce massacre est accidentelle. Il n'est pas évident d'éviter un petit animal qui rampe lentement en travers de la voie à la sortie d'un virage. Toutefois, une bonne part de la tuerie est criminelle. Des conducteurs font des écarts pour viser les reptiles et enclenchent la marche arrière pour être sûrs de re-écrabouiller la victime aplatie par un premier passage. C'est courant ; d'aucuns, pleutres, trouvent quelque courage à l'abri de la carrosserie ! Il ne s'agit pas d'une anecdote puisqu'en France comme à l'étranger cette attitude minable et pusillanime est répandue. Dégoûté par tant de bêtise, un bonhomme affligé par la cruauté des chauffards aurait rempli des cadavres de serpents avec des clous. Il

aurait ensuite rangé ses petits pièges sur le bas-côté, puis il aurait contemplé les automobilistes accomplir des manœuvres stupides pour venir y crever leurs pneus – c’est assez vicieux et faiblement éducatif, mais plutôt apaisant pour les nerfs. À la même période, des couleuvres sont arrosées avec du goudron brûlant par des crétins poltrons qui entretiennent les routes, elles meurent à petit feu au bout d’un ou deux jours de souffrances horribles.

Pour sonder l’étendue des dégâts et si possible pour essayer d’atténuer le carnage, depuis 1993 nous avons entrepris un recensement régulier des hécatombes. Notre but était de comprendre les raisons qui poussent les serpents à traverser la chaussée, puis éventuellement à se retrouver sous les roues des automobiles. Pour cela, nous ramassons tous les spécimens écrabouillés, quel que soit leur état. Il s’agit rarement d’individus très ragoûtants. Toutefois, il arrive de collecter des spécimens presque intacts. Par exemple, si nous arrivons juste après une automobile qui vient de rouler sur un serpent, la pauvre bête se tortille de façon désordonnée sans être déchiquetée. Elle remue encore, mais elle décède presque toujours à cause des hémorragies internes provoquées par la pression des roues, les vaisseaux sanguins éclatés. Pourtant, j’ai ramassé une fois une femelle de couleuvre d’Esculape partiellement écrasée. Baignant dans son sang, la queue tranchée, une ouverture de 10 cm à l’avant sur le côté gauche avait déchiré le poumon et laissait directement apparaître le cœur – la roue a rasé le corps et découpé le bord de l’animal. Des lésions létales apparemment, décrites sans exagération. Il suffisait de soulever une lèvre de la grande plaie pour voir le palpitant à l’air libre qui s’accrochait à la vie en tenant la cadence. À tout hasard, nous l’avons soignée, désinfectée et gardée au labo. Elle a survécu, ses blessures pourtant démesurées se sont refermées au fil des mois.

Gravide lors de l’accident, elle a pondu. Ses œufs placés en incubateur ont tous éclos. La miraculée a été relâchée dans un endroit sans voitures, idem pour ses nouveau-nés. Cette petite histoire illustre à nouveau les incroyables capacités de résistance des serpents. Malheureusement, le plus souvent nous trouvons des serpents archi-plats, sortes de parchemins incrustés dans l’asphalte par le passage de centaines de véhicules et par l’action du soleil qui dessèche les morts. Quelquefois nous ne trouvons que quelques fragments de peau ou des charognes semi-liquides et pestilentielles. Sans faire de tri, nous collectons les victimes de la route et d’ailleurs, tels les serpents coupés en rondelles par les jardiniers trouillards. Des personnes qui éprouvent quelque intérêt et compassion pour les animaux détruits par l’homme nous assistent dans cette récolte macabre. Ainsi, grâce à une petite armée de ramasseurs, chaque année nous remplissons des congélateurs de serpents morts et récupérons les données sur les circonstances des accidents (meurtres ?) pour faire des examens thanatologiques complets. Depuis le temps, nous avons pu analyser le cas de plus de deux mille martyrs du supplice de la roue et de la bêche.

À la recherche de points de repères

En l’absence d’information globale sur les structures des populations et sur l’activité des serpents, il est très difficile d’interpréter les chiffres des cadavres trouvés sur les routes. En recensant les trépassés, nous n’avons accès qu’à une partie de phénomènes plus importants : la mort n’est que la fin d’un chemin, elle ne peut pas se comprendre isolément. C’est pourquoi avant de se lancer dans les analyses des données nécrologiques, il était nécessaire d’avoir des éléments de comparaison sur les animaux vivants. Cette nécessité est mieux expliquée avec

un exemple. Considérons les trois principales classes d'âge qui constituent une population de serpents : les nouveau-nés (moins d'un an), les juvéniles (entre 1 et 4 ans, les ados en quelque sorte), et les adultes (entre 3 et 20 ans). Imaginons que les juvéniles représentent l'essentiel des morts sur la route. Deux alternatives inextricablement mêlées se présentent alors : soit les jeunes sont les plus nombreux dans les populations de serpents, soit ils prennent plus de risques que les individus des autres classes d'âge. Autrement dit, soit les serpents ados sont casse-cou, soit ils pullulent. Les hypothèses qui se rattachent à ces différents cas de figures sont divergentes. Si les serpents les plus souvent trouvés morts sur la route sont aussi les mieux représentés chez les vivants, la conclusion est que la mortalité est relativement aléatoire, proportionnelle aux effectifs. Inversement, si une classe d'âge d'individus est particulièrement touchée, il y doit y avoir des raisons. Dans ce second cas, les dégâts pour les populations pourraient être plus inquiétants s'ils déséquilibrent les paramètres démographiques cruciaux tels que la survie adulte ou la reproduction.

Le problème se pose dans les mêmes termes pour des comparaisons entre les espèces, les sexes, les saisons, etc. Par exemple, comme le pic de mortalité a lieu entre la fin du printemps et le début de l'été entre mai et juin, soit les serpents sont effectivement les plus actifs à ce moment, soit certains individus entreprennent des déplacements périlleux à cette période. Une étude de terrain à long terme nous a apporté le recul nécessaire. Depuis 1997, dans la forêt domaniale de Chizé (Deux-Sèvres), nous avons mis en place un système pour faciliter les captures de serpents. Environ la moitié de cette forêt de plus de 5 000 hectares est clôturée, elle a été un dépôt de munitions améri-

cain de la fin de la Seconde Guerre mondiale jusqu'aux années soixante. Désormais, c'est une réserve de faune sauvage gérée par l'ONF dans laquelle est installé entre autres notre laboratoire du CNRS. La réserve est interdite au public ; la circulation routière y est faible. Le système de capture des serpents est constitué par un réseau de plus de mille plaques ondulées de fibrociment qui habituellement servent aux toitures. Les serpents, les micromammifères (campagnols, mulots, musaraignes) et toute une ribambelle de petits animaux s'y réfugient. Les plaques offrent à la fois des proies, une protection contre les rapaces et un abri qui chauffe rapidement. En somme, sous les plaques, les animaux bénéficient des avantages d'une table bien garnie et de l'équivalent d'une exposition au soleil sans les dangers d'être exposés à découvert. C'est probablement pour ces raisons que les serpents les fréquentent assidûment. Régulièrement, les plaques sont soulevées, les reptiles sont surpris et sont donc assez faciles à capturer. Nous avons pu établir que dans la forêt de Chizé, les deux espèces d'ophidiens les plus abondantes sont la couleuvre verte et jaune et la couleuvre d'Esculape. Viennent ensuite les couleuvres à collier et la vipère aspic. Sans ce système de capture avec plaques ondulées, le nombre de captures resterait très bas (moins de dix par an). Grâce à lui en revanche, chaque année plusieurs centaines de prises sont réalisées. Après la première capture, l'animal est mesuré sous toutes les coutures, tatoué puis relâché à l'endroit exact où il a été saisi. Les mêmes individus sont revus régulièrement, année après année, sous les mêmes plaques ; le dérangement dû aux manipulations ne semble pas trop lourd. Avec le temps, plusieurs milliers de captures et de recaptures ont pu être effectuées. Ce jeu de données est représentatif d'animaux qui ne prennent pas de risques ; en effet les serpents étaient

cachés quand ils ont été débusqués. Il s'agit du point de repère idéal par rapport aux animaux qui ont osé traverser les routes. La confrontation des deux jeux de données a très clairement révélé les causes de la mortalité routière. Nous savons qui joue à la roulette russe avec les voitures, quand et pourquoi.

Les jeunes sont prudents sur la route

Le gros du contingent des serpents écrasés est constitué par les grands mâles de couleuvres verte et jaune et de couleuvres d'Esculape. À eux seuls, ces deux groupes représentent plus des trois quarts des victimes. Puis viennent les femelles adultes qui occupent la deuxième position. Les nouveau-nés restent assez nombreux. Les juvéniles quant à eux sont rarement comptés parmi les morts sur les routes. Les jeunes serpents sont-ils très rares ou très prudents ? Les comparaisons avec les individus capturés sous les plaques démontrent que les juvéniles sont pourtant bien présents dans les populations. Simplement, les serpents ados ne prennent vraiment pas souvent le risque de traverser les chaussées meurtrières. Habiles, ils restent cachés la plupart du temps. C'est un peu l'inverse de ce qui s'observe dans les populations humaines où mobylettes, voitures, boîtes de nuit, alcools sucrés et testostérone font des ravages. D'une façon générale, les juvéniles de serpents représentent la classe la plus discrète et la moins connue des populations naturelles.

Les autres serpents ne sont pas fous pour autant lorsqu'ils décident de traverser les routes. Ils le font parce qu'ils n'ont pas le choix. La plupart des animaux doivent se déplacer pour s'alimenter, se cacher, se reproduire, et fonder de nouvelles colonies. Les voies goudronnées découpent les zones riches

écologiquement en secteurs de plus en plus petits. Même à la campagne, les quelques habitats favorables sont engloutis par les lotissements serrés, asphaltés et gravillonnés, les golfs et les champs de colza. Parallèlement, l'intensité de la circulation routière augmente sans cesse. Il est devenu presque impossible pour les animaux de s'échapper des derniers bosquets comprimés entre supermarchés et ronds-points sans se faire décalquer par des pneus ou sur une calandre.

Reprenons crescendo et avec des explications les catégories de serpents les plus exposées au massacre routier. Les juvéniles sont relativement épargnés parce qu'ils connaissent bien leur domaine et qu'ils n'ont presque aucune raison de traverser les routes : ils ont intérêt à survivre et grandir pour se reproduire un jour. Les nouveau-nés voudraient bien rester invisibles, mais ils sont naïfs par essence. Peu après leur naissance, ils explorent leur monde à la recherche d'un coin où s'installer discrètement. L'ignorance de leur environnement conjuguée à l'abondance des routes en fait des victimes désignées, précisément au moment des éclosions et des mises bas. Enfin, les adultes payent très cher les déplacements entrepris pour se reproduire.

Don Juan, Pyrame et Thisbé écrasés par les voitures

Les mâles adultes sont à la recherche des femelles au cours de la saison des accouplements, entre la mi-mai et la mi-juin. Chez les grandes espèces de couleuvre (verte et jaune et d'Esculape par exemple), les déplacements des Don Juan sont de forte ampleur. Les grands serpents se déplacent plus vite que les petits. Les beaux mâles approchent les 1,5 m, pleins de muscles et de vigueur, prêts à combattre, ils sont d'excellents véhicules pour

conduire les spermatozoïdes vers les œufs fraîchement ovulés et logés dans le ventre des femelles. Ils franchissent facilement les fossés et sont capables de résister à la plupart des attaques aériennes. Audacieux, leur succès reproducteur augmente avec les distances parcourues car elles accroissent les probabilités de rencontre avec des partenaires. C'est pourquoi les mâles coupent et recourent les routes et payent un si lourd tribut à Cupidon. Stimulés par des taux très élevés de testostérone (nos mesures donnent des valeurs qui feraient rêver les coureurs du Tour de France), les mâles les plus vaillants franchissent les routes à la recherche de leurs belles. Généralement, ils se hâtent lorsqu'ils sont à découvert, mais les automobilistes et autres chauffards n'expriment pas beaucoup de respect pour ces amoureux. Ce sont les mâles magnifiques de couleuvres verte et jaune, couleuvres d'Esculape, mais aussi de couleuvres de Montpellier et de couleuvres à échelons qui s'accumulent au paradis des serpents. Chez les couleuvres à collier et les vipères, les mâles plutôt petits et peu doués pour les grandes randonnées restent chez eux ; ils ne sont pas souvent écrasés.

Les femelles aplaties ont presque toujours été ramassées pleines d'œufs ou avec des oviductes distendus et des corps jaunes sur les ovaires, signes d'une ponte récente. Elles se rendaient ou revenaient de sites de ponte. Deux trajets potentiellement dangereux. Un seul aller-retour toutefois, c'est peu par rapport aux recherches tous azimuts des mâles. Cette divergence explique la surreprésentation de ce sexe parmi les serpents laminés par les pneus des voitures et des camions. Les sites de ponte qui attirent tant les femelles sont des lieux qui offrent à la fois une température et une humidité stables ainsi qu'une bonne protection aux œufs. Ils sont rares et ne sont pas nécessairement

situés dans les meilleures zones de chasse. Par exemple, un vieux mur en pierre, très large, peut être un bon emplacement pour y déposer la ponte. Mais si les alentours sont constitués par un gazon bien tondu, ils sont inhospitaliers et pas terribles pour toutes les activités autres que la ponte. Les femelles connaissent les zones où pondre, elles les fréquentent année après année et effectuent des trajets dangereux pour s'y rendre.

En somme, il apparaît très clairement que les serpents se font principalement écraser en quittant leur abri pour se reproduire, comme Pyrame et Thisbé qui trouvent la mort au lieu de l'amour en s'échappant de leur maison. C'est ce qui se passe pour la recherche des femelles chez les mâles, pour celle de sites de ponte chez les femelles, et au moment de la découverte du monde chez les nouveau-nés. Les femelles d'espèces vivipares (vipères, une couleuvre) sont épargnées ; elles n'ont pas besoin de trouver un endroit pour déposer leurs œufs. Contrairement aux poules, elles n'ont pas de raisons stupides de traverser devant les voitures.

La situation est différente de celle qui est observée avec les serpents écrasés dans des pays chauds. Par exemple au Cambodge, durant la mousson, de nombreux serpents viennent se chauffer sur le goudron à la tombée de la nuit. Ils restent immobiles sur le substrat tiède, se font aplatir par les véhicules, et restent sur place plus longtemps que prévu au départ.

Ce sont toujours les meilleurs qui s'en vont les premiers

Chez les adultes, ce sont les individus les plus grands et les plus fertiles qui cumulent le plus de risques de se faire

écraser. Les plus grands et les plus gros mâles sont les plus rapides et les plus endurants, ce sont les plus capables de couvrir de grandes distances et de traverser le plus de routes. De même, seules les femelles pleines d'œufs ont des raisons d'affronter des périls. Il est utile d'introduire ici une notion qui n'est pas familière à la plupart des gens. Chez l'homme comme pour les animaux domestiques, chiens, chats, canaris ou chèvres selon les goûts, la taille adulte ne change pas. Un petit roquet ne deviendra jamais un molosse en vieillissant. En revanche, les reptiles, comme pléthore d'espèces animales, présentent une croissance continue durant toute leur vie. Comme le vin, ils se bonifient avec l'âge. Pour être très grand et fort, un mâle de serpent doit généralement être vieux. De la même façon, pour accommoder un grand nombre d'œufs ou d'embryons dans son abdomen, une femelle doit être grande et donc plutôt âgée. Avec les données de captures-recaptures, nous avons analysé la croissance et l'âge des serpents. Sans surprise, les très grands individus ont tendance à être les plus vieux en moyenne ; même si parfois des vieux restent petits tandis que quelques jeunes grandissent très vite. Parallèlement, il est possible de connaître l'âge des machabées en comptant les marques annuelles de croissance sur les os du crâne et des mâchoires (technique nommée squelettochronologie), un petit peu comme il est possible de déterminer l'âge d'un arbre en comptant les cernes de croissance annuelle. Nous avons mesuré la taille de la vaste majorité des serpents morts. La corrélation entre la longueur et le nombre de marques de croissance confirme que les serpents écrasés sont grands et âgés. La plupart d'entre eux ont plus de 15 ans, certains 20 ans. Aucun doute, la route élimine de très beaux spécimens.

Signal d'alarme

Depuis 1993, nous observons une chute vertigineuse du nombre de serpents trouvés écrasés sur les routes. Environ dix fois moins d'animaux récoltés annuellement en 2007 par rapport aux premiers comptages. Autrefois réparties sur de vastes régions, nos observations se limitent de plus en plus à de minuscules secteurs. Pourtant notre effort de recherche est en hausse constante. L'explication est simple : les serpents disparaissent. Leur habitat se réduit comme peau de chagrin, l'agriculture intensive élimine les niveaux trophiques sur lesquels ils se nourrissent (campagnols, musaraignes...). Les populations fondent comme neige au soleil. Les routes portent le coup de grâce aux rescapés qui tentent de se reproduire ou de migrer. Les jardiniers rajoutent quelques coups de pelle et de bottes pour le plaisir. Les responsabilités anthropiques dans le déclin catastrophique des serpents sont avérées. En effet, dans la réserve de la forêt de Chizé, à l'écart de l'agriculture, des voitures et des bottes, les effectifs d'ophidiens sont parfaitement stables. La disparition des serpents se produit à l'échelle européenne, et peut-être bien mondiale. La totalité de mes collègues herpétologistes la constate. Quelquefois, une zone nouvellement en friche devient favorable aux animaux ; mais dans le même temps dix autres secteurs qui abritaient une faune riche, avec entre autres des reptiles, ont été urbanisés, transformés en lotissements hideux, bétonnés, inondés de pesticides, insecticides et herbicides. Malgré leur résistance, leur discrétion et leurs formidables capacités d'adaptation, les serpents ont bien du mal à résister aux assauts permanents des humains. Les broussailles, les friches, les haies et les petits murets sont des milieux qu'il faudrait non seulement protéger, mais carrément réhabiliter. Ils abritent une multitude d'espèces

végétales et animales. Malheureusement, la bêtise, la crainte et l'ignorance les font considérer comme des éléments sales. Il faut nettoyer. Par peur du voisin, par peur de la nature. Tout doit être tondu. Certains poussent le vice jusqu'à tondre non seulement le moindre recoin de leur terrain, mais aussi une bande bien symétrique de l'autre côté de la route qui passe devant leur maison. Il faut vraiment être obsédé par le rasage ou alors avoir l'ambition de s'étendre dans l'herbe sur le bas-côté de la chaussée pour contempler sa maison Phénix. La frousse devant la moindre épine et face à l'exubérance des ronces causent des dommages très graves. Elle est contraire à l'éducation du respect de la nature. Actuellement, il est impensable de laisser un espace sauvage et broussailleux à proximité d'un village ou, pire, dans le hameau lui-même. Les habitants iraient se plaindre, incontinents, à la mairie. D'ailleurs, des villageois ont effectivement porté plainte à cause d'un manque d'entretien soi-disant responsable d'invasions de vipères. En fait il s'agissait de quelques couleuvreaux sortis de l'œuf et qui, partis à l'aventure, cherchaient un refuge. Comme si les municipalités devaient exterminer des reptiles pour consoler les citoyens incapables de contrôler leur pétoche ? Ces animaux sont pourtant protégés par la loi. On est tombé bien bas.

Et l'école ne fait pas grand-chose d'efficace pour changer cette situation. Les instituteurs et des enseignants de sciences naturelles, à quelques exceptions près, sont aussi effrayés que les autres devant une araignée ou un mulot, quand ils arrivent à les distinguer. De toutes les façons, les gens ne voient que ce qui les arrange. Par exemple, un mercredi 25 juillet, près des Sables-d'Olonne en Vendée, des pompiers accompagnés d'agents municipaux et d'une pelle mécanique ont

dû intervenir dans un jardin public pour déloger un cobra caché sous une énorme pierre. Les témoins étaient tous formels : un grand serpent noir, au yeux jaunes avec deux dents pointues, son capuchon déployé, il soufflait et menaçait avant de se cacher. Certains ont même vérifié sur Internet l'identité du monstre, une bête exotique certainement échappée de chez un gars louche et connu dans le coin pour élever des nouveaux animaux de compagnies (NACS). Sous la roche se terrait un pauvre crapaud. Heureusement pour lui, le capitaine des pompiers qui dirigeait les opérations l'a mis en sécurité. Dans le même genre, pharmaciens et médecins se trompent très souvent dans les identifications de serpents, y compris avec les cadavres qui leur sont apportés. Les citoyens sont déconnectés de la nature. Les programmes scolaires se passionnent pour les biotechnologies de pointe, les marées noires et les exploits de la NASA mais ignorent les graves problèmes écologiques qui se passent au pas de nos portes. Il ne s'agit pas d'une attaque gratuite contre l'Éducation nationale : nous avons réalisé des mesures et des analyses qui confirment ces déclarations décourageantes.

Il faut sauver ce qui peut l'être encore

Face à cette ruine des populations de serpents et des mentalités, il reste de maigres espoirs. Il est essentiel de conserver les zones encore riches. La difficulté est que les serpents, comme de très nombreuses espèces, vivent dans des endroits qui ne sont pas particulièrement remarquables ni jolis pour l'œil du quidam. Les efforts de conservation ne doivent pas être portés uniquement sur les espèces qui séduisent le grand public. Il est certainement moins emblématique de protéger quelques

régions broussailleuses plutôt que de mobiliser des fonds pour diminuer l'impact de la pêche au thon sur les dauphins. Cependant, en terme de priorités, il est très important de mettre aussi des moyens pour préserver des écosystèmes peu spectaculaires en apparence. Dans ce cadre, le problème de la mortalité due à la route doit être pris en compte. En effet, les reptiles traversent la chaussée parce que les habitats qui leur sont encore favorables sont fragmentés, découpés par les voies. La première idée qui vient à l'esprit est de construire des passages, comme cela a été fait en faveur des crapauds, des ongulés (chevreuils, cerfs, sangliers) ou des petits carnivores (belettes, renards). En pratique, il y a peu de chances pour que ça marche. Les serpents n'ont pas de raison de traverser les routes à un endroit donné. De surcroît, les installations seront très onéreuses. Par exemple, pour canaliser des couleuvres capables de franchir des obstacles élevés, il faudrait concevoir et construire des sortes de vastes entonnoirs en zinc. Trop compliqué.

Il y a quelques années, au lieu de guider les serpents vers des passages artificiels, j'ai proposé de les détourner des routes. La connaissance de leurs motivations à prendre des risques a été le point de départ. Tout repose sur les sites de pontes. En proposant aux femelles des lieux pour y déposer les œufs faciles d'accès et à l'écart des routes, il est théoriquement possible de supprimer la nécessité de traverser les voies de circulation. Les mâles, attirés par les femelles, devraient remonter les pistes chimiques (phéromones) et éviter eux aussi les accidents de la route. Les nouveau-nés émergeant dans les buissons devraient avoir de bonnes chances de visiter leur environnement avant d'être aplatis. Les premiers essais ont été réalisés en juin 2002 en collaboration avec l'Office national des forêts. Des sites de

pontes artificiels ont été construits dans la forêt de Chizé. Ils étaient de facture très sommaire et bon marché : un muret de pierres sèches, un remplissage avec de la matière organique en décomposition, et une bâche par-dessus. À peine quelques jours après avoir achevé les travaux, des femelles de couleuvres ont pondu dans le terreau, et leurs œufs ont éclos quelques semaines plus tard. Avec cinq années de recul, il est possible d'affirmer que le système fonctionne. Non seulement les femelles les utilisent pour déposer leurs œufs, mais encore les sites artificiels servent d'abri l'hiver et l'été. Les enregistrements de température montrent qu'au plus froid de l'hiver, avec des -10°C à l'extérieur, il fait encore 7°C à l'intérieur du site, une température idéale pour l'hibernation. Au maximum des chaleurs estivales, en pleine canicule, le centre de l'édifice ne monte pas au-dessus de 25°C . Dans les années futures, nous espérons voir fleurir des répliques des sites de ponte. À la place d'hypothétiques serpentducs hors de prix, il est préférable d'installer des appartements peu coûteux dans lesquels les serpents se sentent à l'aise. Grâce à l'organisation de stages pour les personnels de l'Office national des forêts et des parcs naturels, les projets sont en cours. Le succès des aménagements réalisés par les gens de terrain de l'Arche de la nature au Mans donne des encouragements (<http://www.arche-nature.org/>). La prochaine étape est d'installer des sites favorables aux reptiles ailleurs que dans les réserves protégées et surveillées.

Il reste toutefois un obstacle de taille : la réticence du public général. Les nichoirs, abreuvoirs, fleurs pour les oiseaux et les papillons sont accueillis avec bonheur dans les jardins privés et publics ; les serpents, araignées, gros insectes rampants et les chardons prennent des coups de talons et reçoivent des litres

de poison. La nature ne se résume pas aux petits volatiles et aux pâquerettes. Les enfants n'expriment pas la défiance des adultes ; leur curiosité est une de leurs grandes qualités. Nous avons conduit des essais à l'école et nous n'avons rencontré aucune difficulté pour faire découvrir aux élèves le peuple des broussailles. Pour éviter les vandales et prévenir les scandales, il faut associer les aménagements (sites de pontes artificiels...) à des activités pédagogiques et artistiques. Les scolaires protégeront les sites de pontes, les serpents et consorts ; en retour, les enfants pourront découvrir un monde qui ne leur est pas hostile contrairement aux croyances qui leur sont infligées en routine. Des populations d'ectothermes et d'endothermes vivront davantage au confort. La protection de la nature commence par des actions simples et locales. À l'échelle du jardin, quelques mètres carrés de gazon bien ras pour les transats et les jeux, des gros buissons sauvages autour, c'est une bonne recette. Contrairement à ce que pensent les froussards, on ne se fait pas piquer à tout bout de champ. J'ai cinq enfants qui gambadent dans un jardin sauvage, font des cabanes dans les bosquets et zéro accident à déplorer. Plutôt que de passer les fins de semaines à suer pour tout tondre, à désherber et à faire du boucan, il est tellement plus agréable de lire sous un tilleul en regardant passer une couleuvre ou un crapaud en plus des insectes butineurs et des mésanges.

Trois couleuvres

La couleuvre verte et jaune (*Coluber [Hierophis] viridiflavus*) est un serpent rapide dont la taille excède parfois 1,50 m. Spectaculaire, elle est affublée de noms locaux qui font référence à sa vélocité (dard, scillant, fouet...). Puissant, ce serpent surpasse la plupart des espèces dans tous les tests de performances locomotrices. Dotée de dents très aiguisées, elle a une morsure efficace pour tuer ses proies (micromammifères, oiseaux, reptiles) ou pour se défendre. Sa vivacité lui vaut à tort d'être considéré comme agressive. En fait, elle ne se laisse pas tuer sans tenter de fuir ou de se défendre ; ce qui sert d'excuse minable à bien des jardiniers cruels. Elle pond généralement de 4 à 17 œufs. Des populations naines vivent sur de petites îles en Italie.

La couleuvre d'Esculape (*Elaphe longissima* ; histoire de marquer leur territoire de quelque expertise, certains systématiciens

proposent *Zamenis* comme nom de genre) est une grande espèce plutôt lente et calme. C'est la seule espèce de serpent qui dégage une agréable odeur de petit pois frais. Les autres serpents ne sentent rien ou puent lorsqu'ils déchargent leurs glandes cloacales ou carrément leur contenu intestinal pour repousser un ennemi ; la pire étant la couleuvre à collier qui empeste la charogne. Très discrète, volontiers arboricole, la couleuvre d'Esculape est très difficile à repérer sur le terrain. Elle se nourrit surtout de micromammifères et d'oiseaux. La ponte varie globalement de 2 à 9 œufs.

La couleuvre à collier (*Natrix natrix*) fait un petit peu penser au serpent tigre par sa variabilité. Elle peut être semi-aquatique ou franchement terrestre, les coloris et les tailles varient beaucoup. Cette espèce pond de 10 à plus de 50 petits œufs, souvent collés les uns aux autres. Toutefois, contrairement à son lointain cousin australien, elle est totalement inoffensive pour l'homme. Elle est assez trapue. Face à un danger, bluffeuse, elle prend tantôt des postures menaçantes et sifflantes, ou bien mime la mort, allant jusqu'à arrêter totalement ses battements cardiaques une à deux minutes. Elle ne mord jamais pour se défendre, pourtant elle est régulièrement tuée. Adulte, elle apprécie les crapauds et les micromammifères ; le régime alimentaire des juvéniles reste mystérieux. Contrairement aux deux espèces de couleuvres ci-dessus, les femelles sont plus grandes que les mâles. L'équilibre qui favorise la taille penche en leur faveur.

Lexique

Malgré des efforts pour garder le texte le plus simple possible, il reste quelques rares mots et noms un peu compliqués. Il s'agit de termes peu courants pour lesquels les dictionnaires et encyclopédies sont peu utiles. En partie expliqués dans le texte, ils sont toutefois rappelés ou précisés ci-dessous.

Éctothermie : cf. ci-dessous.

Endothermie : c'est le terme le plus approprié pour qualifier les organismes dont les paramètres physiologiques, notamment la température corporelle, sont maintenus dans des gammes de variations étroites. Les endothermes sont parfois appelés animaux à sang chaud. Ce qui est maladroit. En effet, un lézard qui vit sous l'équateur aura le sang chaud toute sa vie. Autre exemple, avec un air à 15°C, une vipère aspic atteint une température corporelle de 37°C en s'exposant au soleil. Mais sans

les rayons de l'astre du jour, elle restera glacée. En revanche, même au repos, les endothermes sont capables de maintenir une température corporelle élevée (entre 35 et 42°C) en produisant de la chaleur grâce au travail de leurs cellules (viscères notamment). Endotherme signifie que la source principale de production de chaleur est interne (« endo »). Par opposition, pour réguler leur température, les ectothermes dépendent de leur environnement (« ecto »), soleil, abris, rayonnement indirect, contact avec le substrat...

Herpétologie : du grec ancien « ἑρπετόν », signifie grosso modo bestiole qui rampe et/ou écailleuse, ce qui est assez vague. Mais plus particulièrement reptile, serpent, insecte. Les dartres (ἑρπενώδης signifie qui s'étend de proche en proche comme une dartre), et donc l'herpès en tant que maladie virale y trouvent des racines communes. Avec ou sans « H » ? Avec c'est pas mal ! L'épsilon initial de ἑρπετόν porte un esprit rude (´) qui indique la présence d'une consonne [h] devant la première voyelle du mot. Voir des sites tels que http://fr.wikipedia.org/wiki/Esprit_rude#Esprit_rude pour des détails et des complications passionnantes sur ce sujet. Les réformes récentes de l'orthographe qui aiment à amputer les mots de leurs racines en prétextant que le public est incapable (trop bête ?) de comprendre des phénomènes complexes proposent « erpétologie » à la place d'« herpétologie ». Ça fait ratiboisé comme écriture, c'est plutôt moche. Quoi qu'il en soit, par tradition, l'herpétologie est une discipline qui s'intéresse aux reptiles et aux amphibiens, des groupes zoologiques pourtant très éloignés l'un de l'autre.

Sémélé (Σεμέλη) : le nom d'une des filles de Cadmos et d'Harmonie, et mère de Dionysos, pourrait provenir du mot Zemelo

(terre) utilisé par les Thraces pour désigner la mère de Diounsis (Dionysos).

Vitellogenèse : processus d'accumulation des réserves dans les follicules (« œufs ») en croissance dans les ovaires. Le foie produit une molécule très complexe riche en lipides, protides, sels minéraux : la vitellogénine. Elle est libérée dans le sang, les follicules la captent, la transforment et constituent avec le vitellus, c'est-à-dire le jaune des « œufs » qui servira au développement des embryons.

Vomérolfaction : c'est un sens qui se rapproche de l'odorat. Les serpents et des lézards ont des capteurs de molécules dans le palais (organe de Jacobson). La langue prélève des particules dans le milieu et les rapporte à cet organe. Si elles sont reconnues, elles génèrent des messages nerveux vers des zones spécifiques du cerveau. Complémentaires de l'odorat lié aux narines, elle donne aux serpents un flair incomparable.

Bibliographie

Les références ont été sélectionnées de façon arbitraire. Elles sont orientées vers nos travaux et ceux de nos collègues, et elles sont souvent rédigées en anglais. Les références choisies balancent entre des ouvrages non scientifiques et des articles publiés dans le jargon des spécialistes. Elles sont classées en suivant l'ordre des chapitres et elles sont accompagnées de quelques commentaires pour guider les lecteurs. Ont été mis de côté les livres de vulgarisation et les guides d'identification, très faciles à dégouter sans aide. La plupart des articles peuvent être téléchargés gratuitement sur les sites suivants, qui contiennent des tas d'autres articles :

<http://www.cebc.cnrs.fr/>

<http://www.bio.usyd.edu.au/Shinelab/publications/publ.html>

Le serpent est-il le symbole du mal ?

L'Épopée de Gilgamesh. C'est un livre régulièrement édité et facile à trouver. Il vient fort à propos sur le sujet liant des ser-

pents, la connaissance des lois qui gouvernent l'univers et le mythe de l'éternité. Le livre est inspiré d'une œuvre poétique colossale composée il y a cinq mille ans.

La Bible. Pour un texte gratuit de la Bible, il suffit de visiter un des nombreux sites comme par exemple : <http://www.info-bible.org/lsg/01.genese.html>. La traduction de la Genèse n'est pas la plus rigoureuse et le site est franchement propagandiste, voire bien lourd dans les raisonnements. Malgré cela, les arguments présentés dans le livre que vous tenez entre les mains tiennent bon. *A fortiori*, des versions plus érudites et fidèles de la Genèse les renforcent.

Whitaker P.B. et Shine R. (1999), « Responses of Free-Ranging Brownsnakes (*Pseudonaja textilis*, Elapidae) to Encounters with Humans », *Wildlife Research* 26 : 689-704. C'est l'étude qui montre que les serpents ripostent plus qu'ils ne provoquent.

Bonnet X., Shine R. et Lourdaï O. (2002), « Taxonomic Chauvinism », *Trends in Ecology and Evolution* 17 : 1-3. Pour une analyse de la négligence des scientifiques vis-à-vis de la science qui s'intéresse aux animaux « à sang froid », notamment les serpents.

Clark J.A. et May R.M. (2002), « Taxonomic Bias in Conservation Research », *Science* 297 : 191-192. Pour les conséquences de cette négligence sur les efforts de recherche et de conservation.

Shédao, le sanctuaire des vipères naufragées

Li J. (1995), *China Snake Island*, Liaoning Science and Technology Press, Dalian. C'est un livre sur Shédao, notamment ses serpents, bien illustré, bilingue chinois et anglais, il n'est pas facile à trouver.

Sun L., Shine R., Zhao D. et Tang Z. (2001), « Biotic and Abiotic Influences on Activity Patterns of Insular Pit-Vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae) from North-Eastern China », *Biological Conservation* 97 : 387-398.

Shine R., Sun L., Fitzgerald M. et Kearney M. (2002), « Accidental Altruism in Insular Pit-Vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae) », *Evolutionary Ecology* 16 : 541-548.

Deux articles sur l'écologie et les tactiques de chasse des *Gloydius* de Shédao.

Bonnet X., Bradshaw S.D. et Shine R. (1998), « Capital versus Income Breeding : an Ectothermic Perspective », *Oikos* 83: 333-341. À propos des différences entre les ectothermes et les endothermes dans la gestion des réserves énergétiques.

Tricots rayés : les vigies du lagon

Shine R., Bonnet X. et Cogger H.G. (2003), « Antipredator Tactics of Amphibious Sea-Snakes (Serpentes, *Laticaudidae*) », *Ethology* 109: 533-542.

Bonnet X., Ineich I. et Shine R. (2005), « Terrestrial Locomotion in Sea-Snakes : Effects of Sex and Species on Cliff-Climbing Ability in Sea-Kraits (Serpentes, *Laticauda*) », *Biological Journal of the Linnean Society* 85 : 433-441.

Ineich I., Bonnet X., Brischoux F., Kulbicki M., Séret B. et Shine R. (2007), « Anguilliform Fishes and Sea-Kraits : Neglected Predators in Coral-Reef Ecosystems », *Marine Biology* 151: 793-802.

Brischoux F., Bonnet X. et Shine R. (2007), « Foraging Ecology of Sea-Kraits (*Laticauda* spp.) in the Neo-Caledonian Lagoon », *Marine Ecology Progress Series*, sous presse.

Brischoux F. et Bonnet X. (2007), « Life History of Sea-Kraits in New Caledonia », *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, sous presse. Ce sont quelques articles sur les tricots rayés de Nouvelle-Calédonie.

Bonnet X., Shine R., Naulleau G. et Vacher-Vallas M. (1998), « Sexual Dimorphism in Snakes : Different Reproductive Roles Favour Different Body Plans », *Proceedings of the Royal Society B*, 265: 1-5. Un article sur les différences de morphologie entre les sexes.

Survivre mutilé

Une bonne partie des travaux sur les serpents tigres présentée dans le livre a été publiée, voici quelques références.

Bonnet X., Bradshaw S.D., Shine R. et Pearson D. (1999), « Why Do Snakes Have Eyes ? The (Non-)Effect of Blindness in Island Tiger Snakes », *Behavioural Ecology and Sociobiology* 46: 267-272.

Bonnet X., Pearson D., Ladyman M., Lourdais L. et Bradshaw D. (2002), « "Heaven" for Serpents? A Mark-Recapture Study

of Tiger Snakes (*Notechis scutatus*) on Carnac Island, Western Australia », *Austral Ecology* 27 : 442-450.

Aubret F., Shine R. et Bonnet X. (2004), « Adaptive Plasticity in Snakes », *Nature* 431 : 261-262.

Bonnet X., Aubret F., Lourdais O., Ladyman M., Bradshaw D. et Maumelat S. (2005), « Do "Quiet" Places Make Animals Placid ? Island versus Mainland Tiger Snakes », *Ethology* 111 : 573-592.

Aubret F., Bonnet X. et Maumelat S. (2005), « Tail Loss, Body Condition and Swimming Performances in Tiger Snakes, *Notechis Ater Occidentalis* », *Journal of Experimental Zoology* 309A : 894-903.

Aubret F., Bonnet X., Pearson D. et Shine R. (2005), « How Can Blind Tiger Snakes (*Notechis Scutatus*) Forage Successfully ? », *Australian Journal of Zoology* 53 : 283-288.

Aubret F., Burghardt G., Maumelat S., Bonnet X. et Bradshaw S.D. (2006), « Feeding Preferences in Two Disjunct Populations of Tiger Snakes, *Notechis Scutatus* (Elapidae) », *Behavioral Ecology* 17 : 716-725.

Aubret F., Bonnet X. et Shine R. (2007), « A Role for Adaptive Plasticity in a Major Evolutionary Transition », *Functional Ecology*, sous presse.

Le châtimement de Sémélé

Deux livres importants décrivent l'histoire de Sémélé et de

Zeus. On y apprend notamment que Sémélé a été admise dans l'Olympe après résurrection.

La *Théogonie* d'Hésiode. Écrite vers moins 940-942 avant Jésus Christ. Il existe différentes traductions et de nombreux livres d'interprétation. Par exemple : *Théogonie*, P. Mazon (éditeur), *Les Travaux et les Jours*, Le Bouquier, Paris, 1928.

Les Métamorphoses d'Ovide, III. Plus récentes (-310 -315 av. J.-C.), elles sont complémentaires de la *Théogonie*. Il y a des tas d'éditions et surtout de bonnes occasions sur le marché.

Pour des détails sur l'enquête policière menée sur les vipères aspics : Bonnet X., Naulleau G. et Mauget R. (1994), « The Influence of Body Condition on 17- β Estradiol Levels in Relation to Vitellogenesis in Female *Vipera aspis* (Reptilia Viperidae) », *General and Comparative Endocrinology* 93 : 424-437.

Naulleau G. et Bonnet X. (1996), « Body Condition Threshold for Breeding in a Viviparous Snake », *Ecologia* 107 : 301-306.

Bonnet X., Naulleau G., Shine R. et Lourdais O. (1999), « What is the Appropriate Time Scale for Measuring Costs of Reproduction in a Capital Breeder such as the Aspic Viper ? », *Evolutionary Ecology* 13 : 485-497.

Bonnet X., Naulleau G., Shine R. et Lourdais O. (2001), « Short-Term versus Long-Term Effects of Food Intake on Reproductive Output in a Viviparous Snake (*Vipera aspis*) », *Oikos* 92 : 297-308

Bonnet X., Lourdais O., Shine R. et Naulleau G. (2002), « Reproduction in Snakes (*Vipera aspis*) : Costs, Currencies and Complications » *Ecology* 83 : 2124-2135.

Lourdais O., Bonnet X., Shine R., DeNardo D, Naulleau G. et Guillon, M. (2002), « Capital-Breeding and Reproductive Effort in a Variable Environment : a Longitudinal Study of a Viviparous Snake », *Journal of Animal Ecology* 71 : 470-479.

Lourdais O., Bonnet X., DeNardo D. et Naulleau G. (2002), « Do Sex Divergences in Reproductive Eco-Physiology Translate into Dimorphic Demographic Patterns ? », *Population Ecology* 44 : 241-249.

Ladyman M., Bonnet X., Lourdais O., Bradshaw D. et Naulleau G. (2003), « Gestation, Thermoregulation and Metabolism in a Viviparous Snake, *Vipera aspis* : Evidence for Fecundity-Independent Costs », *Physiological and Biochemical Zoology* 76 : 497-510.

Les pythons mères-poules

Farmer, C.G. (2000), « Parental Care : Key to Understanding Endothermy and Other Convergent Features in Birds and Mammals », *American Naturalist* 155: 326-334. C'est l'article idoine pour plonger dans les théories sur l'évolution des endothermes.

Aubret F., Bonnet X., Shine R. et Maumelat S. (2005), « Why Do Female Ball Pythons (*Python regius*) Coil so Tightly around their Eggs ? », *Evolutionary Ecology Research* 7 : 743-758.

Aubret F., Bonnet X., Shine R. et Maumelat S. (2005), « Energy Expenditure for Parental Care May Be Trivial for Brooding Pythons, *Python regius* », *Animal Behaviour* 69 : 1043-1053. Deux papiers au sujet des expériences réalisées sur les pythons royaux au Togo.

Pearson, D., Shine R. et Williams A. (2003), « Thermal Biology of Large Snakes in Cool Climates : A Radiotelemetric Study of Carpet Pythons (*Morelia spilota imbricata*) in South-Western Australia », *Journal of Thermal Biology* 28 : 117-131. Au sujet de l'endothermie facultative de pythons en Australie.

Le supplice de la roue

Bonnet X., Naulleau G. et Shine R. (1999), « The Dangers of Leaving Home : Dispersal and Mortality in Snakes » *Biological Conservation* 89 : 39-50.

Shine R. et Bonnet X. (2007), « Reproductive Biology, Population Viability and Options for Field Management », *Snakes : Ecology & Conservation*, (S.J. Mullin, R.A. Seigel, éditeurs, USA), sous presse.

Reportages télévisés

Sous le signe du serpent réalisé par Luc Jacquet et vendu par Amazon reprend une bonne partie des chapitres de ce livre.

L'émission *C'est pas sorcier* a consacré un épisode sur les serpents.

À propos des illustrations

Grosso modo, les photos de la faune sauvage appartiennent à trois catégories. Les animaux, et particulièrement les serpents, sont notoirement difficiles à prendre sur le vif en conditions naturelles. En conséquence, la plupart des clichés publiés dans les livres sont bidouillés, truqués : le photographe utilise des animaux captifs en ménageant un petit décor, parfois en refroidissant les reptiles pour les ralentir dans leurs mouvements et les rendre dociles. Un cas classique de trucage est celui du hérisson dévorant une vipère : à chaque fois, un pauvre serpent est coincé avec la boule épineuse et affamée dans une cage décorée pour faire vrai. C'est l'exemple typique de la falsification qui entretient artificiellement une légende – y compris dans les livres « naturalistes » ou spécialisés sur les serpents. En pratique, les hérissons ne sont pas des prédateurs majeurs des serpents ; d'ailleurs, ils chassent la nuit tandis que les serpents européens sont plutôt diurnes. Trop souvent, il a été annoncé

que les hérissons sont utiles parce qu'ils nous débarrassent des vipères : depuis, une multitude d'auteurs (parfois « connaisseurs » des reptiles) a repris cette invention sans aucune vérification. À propos de photos discutables, il existe même des cas assez nombreux où le serpent est mort (des indices permettent d'en être sûr) sans aucune indication dans la légende. Le lecteur n'est pratiquement jamais averti de ces supercheries. Pour rompre avec ces traditions, un code est donné dans ce livre. Une partie des photos a été prise en dehors du contexte naturel en utilisant des animaux captifs (clichés signalés par un B comme bidouille) ; c'est le cas des éclosions, les mères ont été capturées avant la ponte et les œufs incubés artificiellement puis placés dans un décor. Idem pour les mises bas. Une partie des clichés a été prise sur le terrain, mais l'animal a été manipulé après la capture puis rapidement repositionné dans son environnement, parfois retenu par la queue ; la photo est prise avant la fuite (clichés signalés par un M comme manipulation). Le reste des photos a été pris sur le vif, il s'agit des images les plus difficiles à obtenir (clichés signalés par un V comme vif) ; d'aucuns leur accordent alors plus de valeur. Mais les autres techniques, bidouillage, manipulation et pourquoi pas retouches, créations artistiques, etc., restent indispensables pour raconter et illustrer des histoires, ce qui est notre rôle. Le fanatisme et le fétichisme pour des clichés authentiques sont ridicules. Le point important est d'être honnête avec les lecteurs. Toutes les photos, sauf mention contraire, sont de l'auteur.

Remerciements

Je dois beaucoup à mes maîtres, Guy Naulleau, Don Bradshaw et Richard Shine. Le premier m'a initié à l'herpétologie, aux techniques de terrain en particulier ; les seconds m'ont très largement inspiré. Ces maîtres m'ont régulièrement accueilli chez eux et ils ont apporté un immense soutien à mes projets. Sans les étudiants, collaborateurs et amis, le travail n'aurait jamais pu être accompli. Bien des résultats et expériences présentés dans ce livre ont été collectés et réalisés grâce à eux. Parmi les anciens, Frédéric Lagarde, Christian Thiburce, Olivier Lourdais, Fabien Aubret, Marco Zuffi, David Pearson, Myriam Vacher-Vallas, François Brischoux, Rex Cambag, notamment, ont joué et jouent encore des rôles clés. Je pense bien sûr aux trop nombreux étudiants en début de carrière dont le rôle a été non moins capital, mais qui ne peuvent être cités faute de place. J'ai aussi reçu un soutien crucial d'autres personnes, Claire Goiran, Ivan Ineich, Luc Jacquet, François de Riberolles, Éric

Fouchard, Olivier Huang, Éric Potu (les croissants sur les îlots). Merci aussi aux ramasseurs de serpents morts, l'équipe « busard » notamment. Je suis sûr d'oublier des personnes, aussi je présente mes excuses. Fred et François ont réalisé des relectures. Je leur dois quelques titres de chapitres, paragraphes et surtout une aide à rendre compréhensible les gribouillages initiaux.

Biographie de l'auteur



Persuadé que l'humour, l'impertinence et la science font bon ménage, Xavier Bonnet est chercheur au CNRS. Il est un des seuls spécialistes des serpents en France. Sa renommée internationale en tant que scientifique est bien établie.

Depuis plus de quinze ans il parcourt le monde, il espionne, manipule les reptiles et leur fait cracher leurs secrets. Pour exposer des théories sur l'évolution, il s'appuie sur l'incroyable fluidité physique et physiologique des serpents. Les extraordinaires capacités d'adaptation des serpents.

Dans le cadre de ses recherches, Xavier Bonnet publie dans des revues scientifiques inaccessibles au grand public et ennuyeuses à mourir pour les non-spécialistes. Pourtant, la recherche fondamentale offre de grands espaces de liberté, des images fascinantes et donne des opportunités uniques pour visiter des régions où grouillent les reptiles et qui sont parfaites pour tendre un hamac bercé par les alizés. Les critiques qu'il porte

contre les idées reçues, l'éducation nationale ou l'expression bigote de la religion trouvent leur source dans son parcours : ancien professeur de sciences naturelles (CAPES et agrégation), il a enseigné à temps plein au collège, au lycée puis à l'université. Sa motivation pour écrire ce livre était de partager des connaissances scientifiques à travers un ouvrage de vulgarisation.

Xavier Bonnet est l'auteur de plus d'une centaine d'articles dans des revues scientifiques internationales, généralistes et prestigieuses comme *Nature* ou *Trends in Ecology & Evolution*, ou spécialisées en biologie (e.g. *Ecology* ou *General and Comparative Endocrinology*), zoologie (*Animal Behaviour*, *Ethology*...) ou herpétologie (*Journal of Herpetology*...). Outre ce travail de fond, il a publié de nombreux articles de vulgarisation pour des magazines et dans la presse quotidienne française (*Pour la Science*, *Le courrier de la Nature*...) ou étrangère (*Landscape*...). D'autres livres pour le grand public sont en préparation, dont un ouvrage spécifiquement écrit pour les enfants.

Index

- | | |
|-------------------------------|--|
| A | Australie 14, 15, 16, 17, 27, 51, 76, 129, 162 |
| Aborigènes 16, 76 | |
| Accouplements 97, 111, 139 | |
| Acrobates écailleux 37 | B |
| Adam et Ève 18 | Babylone 22 |
| ADN 85 | Béroé 87 |
| Albatros 48 | Bible, la 156 |
| Amphibiens 115, 119, 131, 152 | Biologie 21, 26, 27, 51, 52, 59, 60, 76, 91, 130 |
| Amphibies 74 | Bohai 29, 32, 45 |
| Anguilles 56, 91 | Bradshaw, Don 76 |
| Animal venimeux 11 | |
| Animaux marins 66 | C |
| Anneaux 52, 53 | Cadmos 87, 152 |
| Apnée 64 | Calcium 96 |
| Apollon 22 | Captifs 58, 163, 164 |
| Aquarium 85 | Carnac 9, 46, 76, 77, 78, 79, 83, 84, 86, 129, 159 |
| Aubret, Fabien 80, 83 | |

Carnivores 31, 146
 Chamois 75
 Chauve-souris 31
 Chine 16, 29, 30
 Christ, le 20, 22, 160
 Cicatrices 52, 53, 80
 Cobras 11, 16, 74, 76, 83
 Corail 47, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 65, 66, 67, 69, 71
 Couleuvre 15, 23, 27, 43, 62, 63, 64, 112, 134, 137, 138, 139, 140, 141, 146, 147, 148, 149, 150
 Crime passionnel 89
 Croyances 13, 18, 30, 148

D-E
 Dichotomie 99
 Dieu 12, 16, 19, 20, 22, 77
 Dinosaures 29
 Dionysos 89, 152, 153
 Écailles 52, 112
 Éclosions 119, 139, 164
 Écologie 27, 35, 51, 71, 157
 Écosystèmes marins 59
 Ectothermie 42, 43, 73, 121, 151
 Éden 18, 21, 29, 47
 Église 20
 Embryons 97, 104, 113, 114, 115, 120, 123, 124, 127, 130, 142, 153
 Endothermes 42, 43, 72, 86, 120, 121, 122, 123, 148, 151, 152, 157, 161

Endothermie 42, 43, 121, 122, 123, 124, 125, 129, 130, 151, 162
 Éperviers 33, 37
 Épidaure 22
 Érythropoïétine 72
 Escalade 65, 66
 Europe occidentale 17, 20
 Ève 18, 19

F
 Fakir 78
 Fécondation 97
 Femelles 65, 66, 67, 77, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 120, 125, 126, 127, 128, 129, 138, 139, 140, 141, 142, 146, 147, 150
 Femelles reproductrices 66, 95, 97, 101, 108, 111, 125
 Féroce 17, 89
 Fertilité 89
 Fossiles 29, 65, 91, 92, 122
 Funès, Louis de 79

G
 Garden Island 78, 129, 130
 Gargamel 58
 Génotype 84
 Globules rouges 72
 Gloydius 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 157
 Glycémie 41
 Gobies 56

Grèce 16, 22
 Grenouilles 78, 83, 120

H
 Hémoglobines 71
 Héra 87, 88, 89
 Herbivores 75
 Herpétologistes 14, 49, 51, 95, 143
 Hibernation 43, 44, 45, 96, 98, 99, 111, 147
 Hiboux 33, 37, 39
 Hormone exogène 97
 Hormones stéroïdes 96
 Hyperthermie 42
 Hypothermie 42, 71
 Hypoxie 71

I-L
 Îlot signal 59, 65, 70
 Ineich, Ivan 51
 Infrarouges 40, 41
 Insectivore 31
 Instinct de survie 11
 Isolation thermique 71
 Laboratoire 49, 80, 137
 Lagon 46, 47, 54, 55, 57, 59, 60, 71, 157
 Lake, Herdsman 76, 78, 80, 83, 84
 Langue bifide 79
 Lézards 61, 80, 113, 114, 122, 153

M
 Mâles 66, 67, 77, 80, 138, 139, 140, 141, 142, 146, 150
 Mammifères 30, 31, 42, 44, 53, 71, 72, 81, 86, 101, 106, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 122, 124, 130, 131
 Mammifères marins 71, 72
 Matriochkas 59
 Mécanismes hormonaux 90
 Métabolisme 43, 97, 100, 104, 105, 106, 115, 128
 Migrations 44
 Moreau, Gustave 88
 Morphologie 82, 83, 84, 85, 98, 122, 158
 Morsure 13, 14, 36, 38, 48, 52, 56, 78, 106, 111, 149
 Mouflons 75
 Moustiques 50
 Moyen-Orient 22
 Murènes 56, 57
 Myoglobines 71
 Mythologie 12, 13, 16, 20, 21, 22, 89, 91

N
 Naissance 21, 83, 84, 103, 119, 139
 Narine 40
 Natrémie 41
 Nouméa 49, 59
 Nouveau Testament 20
 Nouveau-nés 13, 74, 85, 94, 97, 101, 103, 105, 111, 113, 115, 116, 119, 121, 123, 127, 135, 136, 138, 139, 141, 146

Nouvelle-Calédonie 46, 47, 48, 51, 57, 59, 60, 73, 158

O
 Œstradiol 96, 97, 98
 Œufs 15, 65, 67, 90, 96, 97, 99, 101, 104, 105, 107, 108, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 135, 140, 141, 142, 146, 147, 149, 150, 153, 164
 Oiseaux 31, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 50, 53, 54, 71, 72, 108, 117, 119, 120, 121, 122, 124, 129, 130, 131, 147, 149, 150
 Olympe 87, 88, 160
 Ophidiens 11, 15, 22, 27, 45, 86, 120, 137, 143
 Orage 104
 Organes vitaux 71
 Ouïe 75
 Ovaires 67, 96, 97, 99, 140, 153
 Ovipare 112
 Ovovivipares 113, 114, 115
 Ovulation 97, 114
 Oxygène 64, 72

P
 Pacifique 47, 51, 53, 74
 Patrimoine biologique 11
 Pearson, Dave 76
 Perth 76, 129
 Philopatriques 53

Phobies 11, 13
 Physiologie 71, 72, 113, 124
 Plages 46, 47, 48, 53, 65, 68, 73, 74
 Poissons anguilliformes 56, 57, 59
 Poissons chats 56
 Porc-épic 65
 Prédateurs 31, 32, 33, 35, 36, 38, 59, 61, 83, 100, 103, 106, 108, 120, 163
 Primipares 100
 Progestérone 96
 Proie 13, 32, 33, 34, 39, 40, 56
 Proies 31, 32, 33, 35, 36, 40, 41, 52, 55, 56, 57, 59, 60, 67, 78, 79, 83, 84, 85, 100, 101, 104, 137, 149
 Pythons 15, 34, 41, 93, 120, 125, 126, 128, 129, 130, 161, 162

R
 Rapaces 24, 33, 34, 37, 104, 108, 137
 Récifs coralliens 59, 60, 65
 Refuges 27, 45, 46
 Régime alimentaire 57, 78, 84, 150
 Reproduction 26, 32, 35, 66, 90, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 116, 120, 128, 129, 136, 160, 161

Reptiles 11, 12, 13, 17, 19, 20, 21, 24, 33, 34, 36, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 53, 56, 61, 65, 72, 74, 77, 94, 114, 120, 122, 128, 131, 133, 137, 142, 143, 144, 146, 147, 149, 152, 163, 164
 Reptiles dangereux 11

S
 Sang 21, 41, 42, 71, 72, 96, 97, 111, 134, 151, 153, 156
 Sang froid 21, 42, 156
 Satan 20
 Scandinavie 22
 Sémélé 87, 88, 89, 90, 91, 95, 116, 152, 159, 160
 Serpents céruléens 68
 Serpents marins 51, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 72, 74
 Serpents terrestres 49, 62, 72
 Serpents tigres 14, 15, 27, 49, 62, 63, 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 86, 158
 Shédao 29, 30, 31, 32, 33, 37, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 53, 78, 157
 Shine, Richard 40, 51
 Souris 21, 31, 78, 83, 108, 117, 124
 Spermatozoïdes 97, 140
 Stirling, James 76
 Styx 88
 Survie 11, 35, 40, 50, 58, 75, 93, 101, 102, 104, 110, 120, 123, 124, 136

Sybarites 41
 Symbole 11, 20, 22, 23, 155
 Système olfactif 79

T
 Tatouage 59, 77
 Thèbes 76, 87
 Tigres de Carnac 77, 78, 83, 84, 86
 Tigres insulaires 84
 Tortue 64, 92
 Tricots rayés 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 157, 158

V
 Vane, Rocky 78
 Végétaux 31, 35
 Venimeux 11, 14, 15, 16, 37, 40, 48, 76
 Venin 21, 34, 35, 36, 37, 52, 56, 61, 78, 83, 111
 Verte et jaune 62, 63, 64, 137, 138, 139, 140, 149
 Vibration de la queue 36, 39
 Vie sexuelle 71
 Viologistes 41, 48, 107
 Vipère 26, 43, 63, 94, 95, 98, 100, 103, 104, 110, 112, 137, 151, 163
 Vipères 11, 14, 15, 16, 27, 30, 31, 32, 78, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 120, 140, 141, 144, 157, 160, 164

Vipères aspics 27, 94, 99, 102,
106, 108, 111, 112, 120, 160
Vitellogenèse 97, 100, 104,
109, 111, 153
Vivipares 74, 112, 114, 115,
123, 141

Z

Zénith 21, 42
Zeus 87, 88, 89, 160
Zoologique 74

Dans la même collection :

L'Autobiographie, Sir Richard Branson,
préface de Patrick Zelnik, 2006

Aventures 2007, Exploits, Nature, Explorations, Collectif,
préface de Sir Richard Branson et Mike Horn, Beau livre, 2006

Nos 7 sommets en parapente, Claire & Zébulon Roche,
préface de Sébastien Laugier, 2007

Mes 116 records du monde en mer et dans les cieux,
Steve Fossett, 2007

Mes 40 979 kilomètres à pied autour du monde, Le marin des continents, Serge Girard, préface de Sébastien Laugier, 2007

Dictionnaire de l'aventure utile (et futile), Collectif, 2007

Inventions 2008, Encyclopédie mondiale de la science et de l'innovation, Valérie-Anne Giscard d'Estaing, Beau livre, 2007

Aventures 2008, Encyclopédie mondiale de l'exploit et de l'exploration, Collectif, président d'honneur Sir Richard Branson, préface de Franck Cammas, Beau livre, 2007

Le Tour du monde à moto en moins de 80 jours,
Bruce Rulfo, 2007

À paraître :

Le Marin des continents, Carnets de route,
Serge Girard, Beau livre

Le Nageur des sommets, André Payraud

