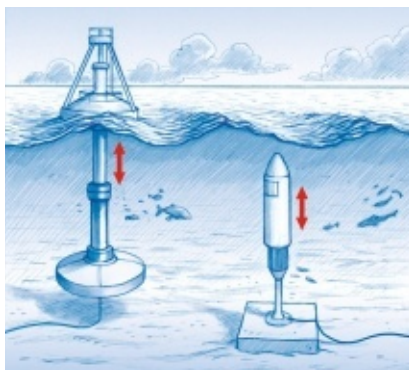


**3. PLUSIEURS DISPOSITIFS** produisant de l'électricité à partir de l'énergie de la houle ont déjà été testés et sont sur le point d'être exploités commercialement. L'un d'eux est *PowerBuoy*, un dispositif à flotteur conçu par la Société américaine *Ocean Power Technologies*. Un autre est *Archimedes Waveswing*, dispositif immergé construit par la Société écossaise *AWS Ocean Energy*. Dans les deux cas, le va-et-vient d'un cylindre qui coulisse à l'intérieur d'un autre engendre de l'électricité par induction électromagnétique.



à la superposition d'ondes provenant de directions différentes et n'ayant pas la même longueur d'onde. À la lumière de ce qui précède, il est impossible d'avoir une récupération d'énergie maximale pour des longueurs d'onde très différentes : le processus d'optimisation sera donc au mieux

un compromis, adapté aux formes particulières de la houle du lieu d'installation.

La deuxième difficulté est que ces dispositifs doivent résister aux plus fortes des tempêtes, ce qui accroît notablement le coût de leur installation. Enfin, il reste techniquement délicat de convertir de l'énergie fournie irrégulièrement avec des temps caractéristiques de 10 secondes en énergie électrique régulée à 50 hertz (cycles de 0,02 seconde).

C'est pourquoi l'énergie de la houle, quoique propre et renouvelable, n'en est qu'au stade des expérimentations poussées. Le projet actuel le plus ambitieux, SEABASED, est la construction en Suède d'une ferme de 500 unités houlomotrices d'une puissance totale de dix mégawatts. Le projet français SEM-REV, visant à tester divers prototypes, sera quant à lui déployé en 2011 au large du Croisic. ■

**Mardi 8 février 2011 à 18h30**  
**au Palais de la Découverte**  
Avenue F.-D. Roosevelt • 75008 Paris

## Raconte-moi un chercheur

Pour la Science, en partenariat avec le Palais de la Découverte, vous convie, chaque mois, à passer une heure avec un scientifique.

Comment est-il devenu chercheur ? Quelles sont les différentes facettes de son métier ? En quoi consiste son travail au quotidien ?

En vous faisant partager leur expérience et en rendant leur métier plus concret, ces chercheurs ont une ambition : vous faire partager leur passion pour la science !

Invité

### Christophe Salomon

Directeur de recherche au CNRS, Christophe Salomon dirige le groupe « Gaz de Fermi ultrafroids » au sein du Laboratoire Kastler-Brossel de l'École normale supérieure, à Paris. Il étudie les gaz d'atomes ultrafroids. Son équipe est aussi engagée dans la mission spatiale ACES de l'Agence spatiale européenne, qui vise à envoyer en 2013, sur la Station spatiale internationale, l'horloge PHARAO à atomes froids.

Palais de la Découverte **SCIENCE**

## SCIENCE &amp; GASTRONOMIE

# Attention au froid !

*Il fait brunir certains végétaux, qui sont alors un peu moins bons pour la santé.*

**Hervé This**



Une pomme, une poire qui tombent se talent (le tissu végétal brunit à l'endroit du choc) à une vitesse qui dépend de l'espèce et de la variété. Pourquoi ? Parce que le choc endommage les cellules : des enzymes, initialement présentes dans des compartiments intracellulaires spécifiques du fruit, sont libérées de ces compartiments, réagissent avec des polyphénols pour former des composés nommés quinones, lesquels polymérisent en formant des composés bruns qui se lient aux protéines cellulaires.

Les cuisiniers jugent ce brunissement enzymatique des végétaux nuisible à l'appréciation de leurs plats, et ils le combattent souvent à l'aide de jus de citron... ignorant que l'acide ascorbique pur, responsable de l'effet du jus de citron, leur coûterait moins cher et serait plus efficace. Sans compter qu'il éviterait de donner un goût de citron qui n'est pas toujours souhaitable : pour les fonds d'artichaut parés, pour les avocats préparés en purée, pour les fruits coupés...

Depuis que le froid s'est introduit dans les cuisines, les chocs ne sont plus les seules causes de brunissement enzymatique : la congélation aussi conduit à des brunissements déplorables, d'origine voisine du brunissement des chocs. En effet, la congélation de l'eau, dont les tissus végétaux sont majoritairement constitués, crée des cristaux de glace, qui percent les compartiments intracellulaires et même les cellules.

Aujourd'hui, on explore un brunissement qui se produit au froid, même quand l'eau ne gèle pas : les ananas conservés entre 0 et 8 °C présentent parfois des taches sombres en même temps que leur chair devient trans-

parente. C'est ce que l'on nomme le cœur noir de l'ananas.

Les stress associés au refroidissement conduisent à des désorganisations des cellules végétales, mais quelles sont les enzymes actives dans ce phénomène particulier ? Astrid-Kim Raimbault et ses collègues du CIRAD ont exploré le brunissement des ananas au froid... et découvert pourquoi certaines variétés ne brunissent pas : ils ont déterminé que l'activité des enzymes polyphénoloxydases est responsable du brunissement.

Les polyphénoloxydases participent aux défenses des plantes, par exemple dans leur lutte contre le froid, en renforçant les parois cellulaires par polymérisation des quinones, ce qui engendre des mélanines insolubles. Ces polyphénoloxydases ont été observées dans les variétés d'ananas sensibles au brunissement enzymatique, et la technique d'électrophorèse sur gel (on sépare des protéines en les faisant migrer, sous l'action d'un champ électrique) permet, dès un stade précoce, de savoir si une variété sera ou non sensible au froid.

Question suivante : si des quinones réactives se forment dans les végétaux endommagés ou attaqués par des insectes, par exemple, est-il bon de consommer ces végétaux ? La réponse est non. Les quinones sont très réactives et les molécules de l'organisme n'aiment pas qu'on les modifie par des liaisons covalentes : elles y perdent leur fonction. Ce qui est « naturel » n'est pas nécessairement bon ! Dans cet ordre d'idées, on a hélas oublié un article essentiel, publié en 1990 par Bruce Ames (le biochimiste américain qui a mis au point des tests peu coûteux pour analyser le pouvoir mutagène d'un composé).

B. Ames a comparé le risque dû aux « pesticides naturels » et celui dû aux résidus de pesticides synthétiques. Le calcul montrait que 99,99 pour cent (en masse) des pesticides absorbés par les Américains, en raison de leur alimentation, provenaient des composés utilisés par les plantes pour se défendre. À l'époque, on n'avait testé l'effet carcinogène que de 52 pesticides naturels (alors que tous les pesticides de synthèse sont très largement étudiés), et la moitié d'entre eux étaient cancérogènes pour les rongeurs. Autrement dit, les pesticides naturels ou de synthèse présentent les mêmes dangers... et les risques que font courir les résidus de pesticides de synthèse sont bien inférieurs à ceux que font courir les pesticides naturels. B. Ames avait intitulé son article *Les pesticides de l'alimentation (99,99 % sont naturels)*.

Que manger, finalement, avec tous ces dangers ? La conclusion semble s'imposer : des fruits et des légumes sains, manipulés avec soin, protégés des insectes, avec aussi peu de résidus de pesticides de synthèse que possible, protégés en partie du brunissement par du jus de citron ou de l'acide ascorbique... C'est du bon sens... éclairé par la science.



Hervé THIS dirige le groupe INRA de gastronomie moléculaire au Laboratoire de chimie d'AgroParisTech. Il est aussi directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Acad. des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé This sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

## → SOCIOLOGIE

### Sociologie comparée du cannibalisme

Georges Guille-Escuret

PUF, 2010

[355 pages, 27 euros].

**P**remier volume d'une série de trois, cet ouvrage passionnant et d'une érudition rare apporte un éclairage nouveau sur une question peu traitée auparavant. Destiné avant tout à un public de chercheurs, il livre les résultats d'une vaste enquête visant à identifier, analyser et comparer les formes de cannibalisme pratiquées par les humains dans le monde. Selon l'auteur, ce sujet est resté jusqu'à aujourd'hui un point aveugle de la recherche en anthropologie : soit le cannibalisme était sommairement expliqué par la faim ou l'agressivité naturelle, soit il était considéré comme un mythe. Il constitue une énigme parce que cette pratique, proscrite dans toute l'aire de la civilisation occidentale, a toujours été vue comme barbare et anormale.

Ce premier tome est consacré à l'Afrique, les deux suivants traiteront l'un de l'Asie et de l'Océanie, l'autre des Amériques. Très documentée, l'enquête, à la fois

biologique, ethnographique et historique, se fonde sur la littérature éthologique (cannibalisme chez les grands singes notamment), sur les récits d'explorateurs ou d'anthropologues des siècles passés, ainsi que sur l'exploitation de la base de données internationale *Human Relations Area Files*, qui permet de comparer les faits sociaux et culturels à l'échelle de la planète. L'auteur montre que le cannibalisme chez les humains ne résulte pas d'une quelconque pression adaptative. Il distingue trois formes d'anthropophagie, qui ne se recoupent que rarement : l'endocannibalisme (ingestion des os pilés d'un parent défunt), l'exocannibalisme (consommation au cours d'un festin rituel des restes d'un ennemi) et la chasse aux têtes (ingestion d'une partie du trophée, souvent minime). Ces pratiques semblent liées à la structure sociale des sociétés considérées : endocannibalisme pour les nomades, exocannibalisme pour les sédentaires. Avec l'apparition de sociétés où le pouvoir est de plus en plus concentré (chefferies puis États), elles ont progressivement disparu, sauf dans le cas exceptionnel de l'instable empire aztèque, qui fut pris dans une course folle et destructrice. Principalement présents dans les zones forestières ou maritimes, les peuples anthropophages fondaient leur culture sur une logique individuelle : ils préféraient le jardinage et l'horticulture à l'agriculture et traitaient leurs ennemis de manière personnalisée (d'où l'absence de guerres et de massacres).

Enfin, le cannibalisme doit être vu comme une réponse culturelle à des situations de crise, dans des moments particuliers de l'histoire. Dans le cas de l'Afrique, les grands royaumes ont subi des altérations sociales impor-

tantes dès les premiers contacts avec les Européens. Mais c'est surtout le développement de la traite négrière qui a favorisé l'essor du cannibalisme guerrier, qui n'existait pas jusque là sur ce continent. En effet, certains peuples ont préféré ingérer l'ennemi plutôt que le réduire en esclavage, ce qui serait revenu pour eux à le domestiquer, c'est-à-dire à nier son humanité.

→ Régis Meyran

Docteur de l'École des hautes études en sciences sociales

## → PHYSIQUE

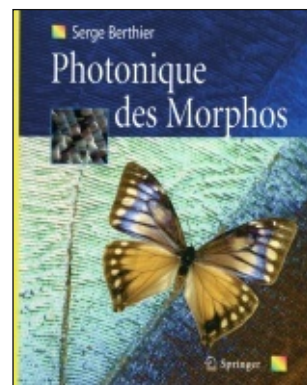
### Photonique des morphos

Serge Berthier

Springer, 2010

[300 pages, 110 euros].

**L**es grands papillons bleus que les touristes découvrent en Amazonie appartiennent au genre *Morpho*. On sait depuis longtemps que ces couleurs résultent de phénomènes optiques engendrés par les écailles qui recouvrent les ailes. Mais jamais une étude structurale et physique approfondie, considérant un large échantillon d'espèces, n'en avait été faite, jusqu'à ce que Serge Berthier, de l'Institut des nanosciences de Paris, ne s'investisse dans une exploration riche en découvertes. L'auteur explique que les morphos sont des « cristaux photoniques naturels ». Autrement dit, par le jeu de structures qu'il faut analyser de l'échelle du centimètre à celle du nanomètre, ces « cristaux naturels » influencent de façon extrêmement fine le jeu des photons. Or la manipulation des photons sur des distances de quelques dizaines de nanomètres constitue l'un des dé-



fis technologiques de notre époque. Les Morphos offrent donc un modèle biologique de première importance.

Les images en microscopie photonique et électronique (à balayage et à transmission) permettent une plongée fascinante dans la structure des écailles. Une partie de l'ouvrage, présentée comme une banque de données, fait ainsi découvrir, espèce après espèce, une dimension inattendue de la « biodiversité ». Une critique, au passage : le classement des espèces ne respecte pas la classification en vigueur.

Cela étant, le naturaliste trouve de l'intérêt à voir comment des techniques de pointe permettent d'étudier les propriétés optiques de structures biologiques d'une grande complexité. L'intense couleur bleue est produite par interférence entre les ondes réfléchies par un système multicouche, formé de lamelles empilées que les écailles portent sur des stries parallèles, lesquelles provoquent des phénomènes de diffraction ; joue aussi l'abondance de certains pigments, les mélanines, absentes chez des morphos au bleu très pâle, voire blancs.

Serge Berthier aborde le rôle éventuel des couleurs iridescentes dans les interactions avec des congénères ou des prédateurs. D'où de nouvelles questions : que

