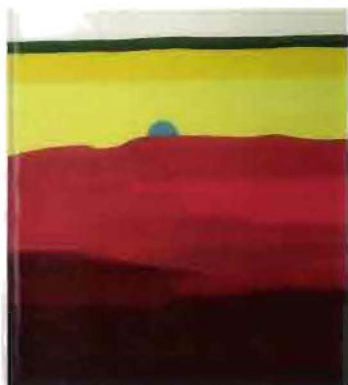


LE SOLEIL



DANS LA PEAU

Jean-Marc Bonnet-Bidaud

Dr Alain Froment

Dr Patrick Moureaux

Dr Aymeric Petit

RÉPONSES

ROBERT LAFFONT

« RÉPONSES »

*Collection créée par Joëlle de Gravelaine,
dirigée par Nathalie Le Breton*

JEAN-MARC BONNET-BIDAUD
Dr ALAIN FROMENT
Dr PATRICK MOUREAUX
Dr AYMERIC PETIT

LE SOLEIL DANS LA PEAU

L'homme et le soleil :
un lien amoureux, un lien dangereux



ROBERT LAFFONT

© Éditions Robert Laffont, S.A., Paris, 2012
ISBN 978-2-221-13056-8

L'évolution du corps comme celle de l'esprit a son histoire, ses retours, ses progrès et son déficit. Cette nuance seulement : la couleur. Quand on va pendant l'été aux bains du port, on prend conscience d'un passage simultané de toutes les peaux du blanc au doré, puis au brun, et pour finir à une couleur tabac qui est à la limite extrême de l'effort de transformation dont le corps est capable

Albert CAMUS, *L'Été*
(Gallimard, 1954)

Prologue

L'homme représente une entité vivante in-finie, issue d'un cosmos physique expansif depuis près de 13,7 milliards d'années, tous les deux composés des mêmes atomes organisateurs de la VIE. Cette filiation ancestrale va en partie expliquer l'intimité relationnelle entre le soleil et l'*Homo sapiens* qu'il fût préhistorique ou qu'il soit contemporain. Cette dualité est présente depuis nos origines, elle est ambivalente, à la fois vitale et risquée. Telle sera l'attitude équilibrée à adopter avec le soleil. Nous serons confrontés à bénéficier des effets positifs et à éviter les effets négatifs ; en quelque sorte il nous faudra résoudre l'équation suivante : comment se faire plaisir sans périr ?

Aujourd'hui, nous avons tendance à tout médicaliser ; sommes-nous réellement confrontés à une énième dépendance jusque-là méconnue ou sous-estimée : l'« addiction solaire ». Le soleil fait partie intégrante de notre vie et je dirais même de notre survie, et ce probablement depuis le début de la chronologie évolutive de l'homme. L'*Homo sapiens* des

temps postmodernes évolue dans une société stressante et anxiogène favorisant un comportement addictogène. Il est pressé, compressé, oppressé, harassé, phagocyté par sa quotidienneté. La particularité comportementale contemporaine est l'excès ; c'est le « toujours plus » dans la consommation formulée. Il me paraît de bon aloi de mieux comprendre cette addiction solaire afin de mettre en œuvre les stratégies préventives adaptées permettant de réduire les risques sanitaires, notamment la croissance exponentielle des cancers cutanés.

Pourquoi un tel projet ? Notre souhait serait de vous accompagner dans une nouvelle voie pédagogique pour minimiser les risques sanitaires inhérents aux expositions solaires inadaptées. Le discours médical est parfois absolu et source de frustration, sans solution de compensation immédiate ne faisant que pérenniser l'attitude du patient. Tout au long de votre lecture, nous tenterons de reformuler vos rapports avec notre univers originel et amorcerons une redéfinition de vos propres choix comportementaux. « L'Homme est culturel par nature et naturel par culture », écrivait Edgar Morin ; cependant aujourd'hui il est essentiellement un produit culturel, hors nature.

Le fil conducteur de ce travail est de remonter l'évolution préhistorique de l'addiction comportementale solaire de l'*Homo sapiens* contemporain. La peau a été retenue comme la pierre d'achoppement de cet ouvrage ; elle symbolise la frontière entre notre environnement et notre intériorité. Cette interface bipolaire représente un rapport singulier et interdépendant

avec l'univers. Cet organe méconnu, sous-estimé, représente le lien central entre notre environnement, dans ce cas particulier « le soleil », et notre cerveau, haut lieu de nos ambitions comportementales, réfléchies ou excessives. La finalité serait de réintroduire l'homme dans son milieu matriciel en suggérant un nouveau rapport au monde, et de le guider dans le sens d'une dynamique comportementale responsable. Pour cela, quatre scientifiques se sont retrouvés afin de vous faire partager ce voyage darwinien interdisciplinaire original dans notre *PASSÉ*.

Premier temps L'homme et son étoile

L'astrophysicien « voit le passé », dirait Hubert Reeves^{1*}, il visionne notre univers originel. Jean-Marc Bonnet-Bidaud évolue au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à Saclay. Il abordera le Soleil dans sa triple composante temporelle : hier, aujourd'hui et demain. Comment est née notre galaxie ? Quelle est la place du rayonnement solaire dans l'évolution chimique de l'atmosphère pour aboutir à la synthèse des molécules, de leur interconnexion et de leur organisation en êtres vivants ? Portons-nous en notre sein la mémoire de l'univers ? Sommes-nous des poussières d'étoiles depuis le big bang ? Avons-nous la même carte d'identité chimique depuis les premiers temps de

* L'appareil de notes est situé en fin d'ouvrage.

notre univers ? Peut-on imaginer dans nos comportements, nos maux, une interdépendance cosmologique globale, séparée de tout lien biochimique ? Notre couche d'ozone stratosphérique, véritable bouclier naturel antisolaire, s'est-elle réparée ? A-t-elle retrouvé une stabilité ? Est-elle altérée par la persistance des activités humaines dévastatrices ? Ou bien subit-elle des dégâts cycliques avec autoréparation ? Quel est l'avenir du Soleil ?

Deuxième temps

Évolution humaine et rayonnement solaire

L'anthropologue « reconstruit le passé », il retrace l'évolution des espèces. Le Dr Alain Froment, secrétaire général de l'École d'anthropologie et directeur des collections d'anthropobiologie du Muséum national d'histoire naturelle nous propose un voyage retour sur nos premiers pas. Comment l'homme a-t-il coexisté au tout début avec le soleil ? Le soleil a-t-il contribué au choix des migrations géographiques, puis à la sédentarité et à l'organisation des activités humaines ? L'homme a-t-il été dès le départ un adepte du soleil ? A-t-il contribué à notre évolution et à notre survie ? Quels ont été ses liens intimes avec le soleil au moment de ses modifications morphologiques ? La bipédie nous a-t-elle soumis à une exposition solaire plus intense et donc plus risquée dans le temps ? Comment la diminution de la pilosité thermo- et photoprotectrice s'est-elle installée et quel a été son rôle ? L'addiction est-elle intrinsèquement inscrite

dans notre génome depuis les origines de l'*Homo sapiens* ? Pour l'anecdote, Alain a été initialement notre chaînon manquant pour démarrer cette aventure, un comble pour un anthropologue !

Troisième temps L'interface peau et soleil

Le dermatologue « panse le passé », exprimant les symptômes physiques inhérents à nos comportements sanitaires. Le Dr Patrick Moureaux, dermatologue à Vannes, est très investi dans des programmes de prévention des cancers cutanés. Il travaille au sein du Réseau Mélanome Ouest. La peau est le plus vaste organe de notre corps, cependant elle est encore sujette à une définition minimaliste. Ce constat a été l'élément déclencheur pour l'insérer au cœur d'un débat interdisciplinaire. C'est une véritable barrière fonctionnelle complexe, vitale, permettant une connexion entre notre intériorité physiologique et psychologique et notre environnement naturel et sociomédiatique. Peut-on établir une carte d'identité solaire qui serait un véritable passeport, nous sécurisant dans nos activités ludiques ensoleillées ? Peut-on introduire la notion de comportements solaires multiples ? Quel est l'impact du soleil sur notre santé, effets positifs et délétères ? La peau est-elle une cible de la notion de plaisir, comment, pourquoi, et quels risques ? Quelles stratégies préventives devons-nous privilégier pour conserver notre capital solaire ?

Quatrième temps Le comportement solaire addictif

L'addictologue « autopsie le passé », il explique et traite les excès de consommation de toxiques illicites ou légalisés et les troubles comportementaux addictifs : l'exposition solaire, la cyberdépendance, le jeu, le sport, le travail. Le Dr Aymeric Petit, psychiatre et addictologue à l'hôpital Bichat à Paris, abordera les trois étapes chronologiques qui conduisent à l'addiction, qu'elle soit chimique ou comportementale. Le même scénario se reproduit : tout d'abord l'usage, l'abus et enfin l'évolution vers la dépendance. Nous devenons addictifs au soleil après avoir ressenti, intégré et mémorisé dans les suites d'une exposition solaire ritualisée l'effet déstressant, apaisant, euphorisant, dopant. « Docteur, le soleil ça me donne le moral » ; ensuite : « Docteur, le soleil me fait du bien » ; puis plus tard : « Docteur, le soleil je ne peux pas m'en passer, c'est ma *drogue*. » Emprunter le chemin de l'addiction relève d'un parcours plurifactoriel associant des éléments personnels, familiaux, sociomédiatiques, voire professionnels. Cette conduite ne peut être réfrénée, malgré une prise de conscience des dangers que cela implique. Nous pouvons aujourd'hui appréhender les addictions sous leur angle biochimique, notamment par la voie des neuromédiateurs sécrétés à la fois dans les cellules épidermiques et le cerveau avec des connexions surprenantes. L'idée de vous faire partager ce voyage anachronique, inversé

PROLOGUE

dans une thématique singulière, est née d'une rencontre très fructueuse avec le Dr William Lowenstein, addictologue de renom, directeur à Boulogne-Billancourt de la clinique Montevideo et de l'institut Baron-Maurice-de-Rothschild pour la recherche et le traitement des addictions, lors d'une conférence sur les addictions contemporaines chez les adolescents, organisée par mon épouse au sein du lycée Saint-Paul à Vannes. Je lui transmets mes sincères et chaleureux remerciements.

Dr Patrick Moureaux

L'homme et son étoile

Jean-Marc Bonnet-Bidaud

Le 11 août 1999 est resté dans les mémoires comme un événement exceptionnel, une éclipse totale du Soleil visible en France, en plein milieu de l'été. Ceux qui ont eu la chance d'éviter les nuages, comme dans la région du Havre et d'Étretat, ont alors vécu une expérience unique. À 12 h 19 très exactement, le disque solaire a été totalement masqué par la Lune pendant plus de deux minutes. L'obscurité totale, brutalement installée, crée un des plus profonds malaises que l'être humain puisse affronter. À ce moment précis, il est possible de réaliser que toute la lumière qui nous parvient du ciel n'est pas produite dans l'ensemble de l'atmosphère qui nous environne comme nous en avons l'impression mais provient uniquement d'un tout petit point de l'espace, tout juste gros comme une pièce d'un centime d'euro tenue à bout de bras, là où se trouve exactement le Soleil. L'absence brutale du Soleil en plein jour nous fait réaliser que cette boule de gaz située à plus de 150 millions de kilomètres de la Terre est la source de la totalité de l'énergie déposée sur la Terre. Non pas seulement

celle d'aujourd'hui mais également celle d'hier qui a permis à l'oxygène d'émerger, au charbon et au pétrole de se former, aux plantes de se développer et finalement à la vie d'apparaître. Sans le Soleil, la Terre n'est qu'un caillou mort et stérile. Cet état de dépendance totale a bien sûr été réalisé par nos plus anciens ancêtres et, malgré toute notre science, nous continuons de partager avec eux cette sourde angoisse et cette inquiétude si perceptible lorsque l'éclipse fait disparaître notre étoile.

Rien de plus naturel donc que, dans toutes les plus anciennes civilisations, le Soleil ait eu la place d'une divinité centrale, comme ce fut le cas notamment dans l'Égypte ancienne ou en Mésoamérique, dans les cultures dites précolombiennes (selon le terme fortement européen-centré) et dans bien d'autres régions du monde. Le Soleil a bien sûr été identifié très tôt comme le moteur des saisons et son mouvement sur la sphère céleste a été scruté avec d'innombrables précautions et a servi à confectionner les calendriers les plus complexes, ceux qui permettaient avant l'invention des horloges mécaniques la maîtrise de l'écoulement du temps. Jusqu'au début du XIX^e siècle, en France même, le temps civil dans chaque ville était encore le temps mesuré par le Soleil. L'étoile de la Terre a été aussi très tôt l'objet d'études scientifiques comme ce fut le cas en Chine ancienne où des astronomes ont établi les catalogues les plus complets d'éclipses et découvert les premiers, au II^e siècle avant notre ère, les taches sombres qui apparaissent périodiquement sur la surface solaire.

Par opposition, les civilisations les plus modernes,

notamment celle des pays riches de la planète, entretiennent aujourd'hui un rapport presque « schizophrénique » au Soleil. D'un côté, toute la perception naturelle du Soleil y est presque supprimée car une grande partie de la vie citadine est désormais dominée par l'éclairage artificiel. Même en pleine journée, des quantités impressionnantes de bureaux, de banques, d'ateliers fonctionnent en absence totale de lumière naturelle, gommant ainsi totalement l'alternance normale du jour et de la nuit et la perception spontanée de la gradation de la lumière. La lumière artificielle est devenue la règle, de jour comme de nuit. Au grand désespoir des astronomes et des amoureux du ciel, la nuit est totalement effacée par la débauche des éclairages, non seulement à l'intérieur des villes mais également dans le moindre des petits villages qui pensent indispensable d'éclairer rues et monuments du crépuscule à l'aube. Cet état de fait crée aujourd'hui une situation de nuisance réelle qui commence à être reconnue. Les astronomes ont été les premiers à souligner l'importance du problème. Dans des zones de plus en plus vastes du territoire, il devient totalement impossible de regarder le ciel de la nuit et ses étoiles. Graduellement, ce patrimoine universel, garant sans aucun doute d'un équilibre naturel et psychologique indispensable pour l'homme, tend à disparaître du quotidien de l'homme moderne. Plus directement, ces substitutions artificielles à l'alternance solaire naturelle sont la source de gaspillage d'énergie et de perturbations notables des écosystèmes. Ce constat a abouti à la création d'une charte de protection de l'environnement nocturne et un label vient

d'être mis en service pour lutter contre la pollution lumineuse¹ : à l'entrée des villages un panneau va désormais indiquer la qualité des éclairages et le respect de la nuit par... un nombre d'étoiles !

Notre rapport direct au Soleil et à ses rythmes est donc très largement perturbé dans la vie moderne et pourtant, dans le même temps, la lumière solaire ne nous est jamais apparue aussi précieuse. La quête effrénée des lieux ensoleillés et le désir d'exposition absolue au rayonnement solaire, qui confine à l'adoration sectaire du dieu Soleil, sont là pour nous prouver que notre corps et notre mental ne se résolvent pas à abandonner cette filiation cosmique essentielle.

Quelle est exactement notre relation au Soleil ? Notre dépendance est-elle seulement psychologique ou vitale ? Quel rôle exact a joué le Soleil dans l'émergence de la vie ? Quelle relation entretient-il avec la planète Terre depuis l'origine ? L'être vivant a-t-il conservé une conscience archaïque de toute cette succession d'événements qui lui ont donné naissance ? Car notre apparition a bien été l'aboutissement d'un très long processus sous l'influence dominatrice de notre étoile, à l'issue d'un grand récit.

Le Soleil d'hier : la naissance du Soleil

L'homme est avant tout le fils des étoiles, fait de poussières d'étoiles car il est constitué d'éléments qui se sont formés au cœur même des astres. Mais il est apparu en bout de ligne, infime détail dans un univers

qui a sa propre histoire. La grande origine est toujours noyée dans l'inconnu le plus total. Même si elle est souvent baptisée « big bang », l'origine de l'univers n'est certainement pas encore à notre portée, contrairement à certaines affirmations catégoriques². De fait, si tous les scientifiques s'accordent sur l'expansion de l'univers, la reconstitution des événements qui lui ont donné naissance est beaucoup trop incomplète pour confirmer une « origine », c'est-à-dire un début. Aujourd'hui, le début proposé par le big bang est même une aberration pour la physique car il correspondrait à un moment où les grandeurs physiques atteindraient des valeurs infinies, un état baptisé de « singularité » que la science physique ne peut envisager car elle est synonyme de l'inapplicabilité de ses lois. Pour cette raison, et jusqu'à ce que nous ayons testé plus avant nos hypothèses sur le big bang, l'origine de l'univers est encore hors du domaine de la science. Le terme « big bang », qui de façon cocasse a été introduit par raillerie en mars 1949 par l'astrophysicien anglais Fred Hoyle qui en contestait la validité, ne nous sert en réalité qu'à désigner le début de l'expansion et l'évolution qui s'en est suivie.

Du même coup, l'âge même de l'univers est une notion incertaine car l'expansion actuelle pourrait n'être qu'une dernière étape dans une évolution plus complexe, possiblement cyclique. Dans les hypothèses du big bang, la durée de la phase d'expansion actuelle est aujourd'hui estimée à environ 13,7 milliards d'années, durée d'existence supposée de l'ensemble de son contenu matériel.

Au sein de ce vaste univers, notre galaxie, la Voie lactée, est un grand disque d'étoiles, de gaz et de poussières d'un diamètre de plus de cent mille années-lumière* qui regroupent environ 200 milliards d'astres parmi lesquels notre Soleil. Cette galaxie fait elle-même partie d'un inventaire de plusieurs centaines de milliards de galaxies qui emplissent l'univers. Elle a aujourd'hui une forme en spirale avec de vastes bras d'étoiles et de gaz, s'enroulant autour de son centre. Elle s'est formée par l'action de la gravité qui, à partir d'un gaz primordial diffus et homogène, a concentré la matière d'un vaste volume sphérique en un disque plat en rotation.

La formation de la Voie lactée s'est réalisée au début même de l'univers et notre galaxie a un âge estimé, très proche de celui de l'univers du big bang. Cet âge est déterminé par celui des astres identifiés comme les plus vieilles étoiles. Un débat existe encore sur l'âge précis de la Voie lactée car, à de multiples reprises, certaines étoiles ont paru montrer un âge supérieur à 15 milliards d'années, en contradiction avec l'âge de l'univers du big bang. Le conflit apparent a jusqu'ici été résolu par un réexamen de la durée de vie de ces premières étoiles.

Au sein de cette galaxie, le Soleil n'a pas fait partie de cette première génération d'étoiles. Il s'est formé beaucoup plus tardivement il y a seulement 4,5 milliards d'années³. Notre étoile est située dans une

* L'année-lumière est l'unité de distance communément utilisée par les astronomes qui correspond à la distance parcourue par la lumière en un an à la vitesse de 300 000 km/s soit environ dix mille milliards de kilomètres.

région périphérique du disque galactique, à environ 27 000 années-lumière de son centre, au sein d'un des bras spiraux. Donc non seulement la Terre n'est pas au centre du monde, mais le Soleil lui-même n'est pas au centre de notre galaxie et cette galaxie n'est évidemment pas au centre de l'univers ! La formation du Soleil, et celle d'un groupe d'étoiles qui l'entoure, a sans doute été déclenchée par la pression de la lumière des étoiles proches les plus massives, voire par l'explosion de l'une d'entre elles, ce qui a déclenché l'effondrement d'un nuage de gaz. Ce nuage de gaz s'est alors fragmenté pour donner naissance à un groupe d'étoiles. Si nous ignorons encore assez largement le détail de cette première phase de la naissance des étoiles, nous pouvons retracer avec une grande précision les différentes étapes qui s'en suivent.

L'évolution d'une étoile est un des problèmes les mieux résolus de l'astrophysique moderne. Il s'agit en effet de l'équilibre d'une sphère de gaz sous l'action conjuguée de la gravité et de la pression de la radiation lumineuse, une équation déjà partiellement résolue dès les débuts de la science thermodynamique au XIX^e siècle mais qui aura dû attendre la découverte des théories de la relativité et de la mécanique quantique au début du XX^e siècle pour trouver sa solution finale, notamment à partir des travaux initiaux de l'Anglais Eddington. À cette époque, il est devenu clair que la source d'énergie du Soleil n'était pas la seule gravité qui le faisait se contracter mais bien les réactions atomiques qui se déroulaient en son centre. Ces réactions nucléaires ont été tellement bien

décodées en laboratoire, qu'aujourd'hui, dans ses grandes lignes, le scénario complet de la vie d'une étoile comme le Soleil peut être désormais retracé avec grande précision, tout au long d'une durée de vie estimée à 12,4 milliards d'années.

Dans un premier temps, avant même que l'étoile ne s'allume, le fragment initial de gaz, composé essentiellement d'hydrogène, s'est d'abord lentement concentré sous la seule action de la gravité, pendant environ 50 millions d'années. La simple contraction de la boule de gaz qui va devenir le Soleil amène une élévation de température et le futur Soleil rayonne alors brièvement, vingt fois plus qu'actuellement. Cette contraction inéluctable va être brutalement arrêtée par un événement majeur au cœur même du Soleil. La contraction amène en effet la température centrale à dépasser 10 millions de degrés, une température suffisante pour déclencher la fusion des atomes d'hydrogène en hélium. Le Soleil devient alors une puissante machine thermonucléaire. L'énergie de fusion rayonnée en son centre est de même nature que celle des bombes atomiques les plus puissantes dites de type H (pour hydrogène) mais, alors que ces bombes ne convertissent qu'au plus quelques kilogrammes en énergie pure, le Soleil transforme chaque seconde environ 700 millions de tonnes d'hydrogène en hélium, dégageant une énergie de $3,86.10^{20}$ mégawatts, équivalente à celle produite par un milliard de milliards de centrales nucléaires. Il est devenu une bombe H contrôlée car seule sa partie centrale, sur environ un tiers de son rayon total, est suffisamment chaude pour entretenir les réactions de fusion, alors

que ses couches les plus externes sont inertes et exercent par leur poids un effet de confinement. Un équilibre est atteint lorsque la forte pression de radiation qui tendrait à faire exploser le Soleil est contrebalancée exactement par le poids de ces couches. Cet état d'équilibre, qui est général à l'ensemble des étoiles, peut perdurer des milliards d'années et constitue une phase de leur évolution que les astronomes désignent sous le nom de « séquence principale ». Cette vallée de stabilité est essentielle notamment pour préserver des conditions physiques identiques sur des intervalles suffisamment longs, éléments indispensables pour des processus lents comme l'émergence de la vie sur des planètes.

Pour le Soleil, cette phase calme a débuté il y a 4,5 milliards d'années. À cette époque le Soleil était environ 30 % moins lumineux qu'aujourd'hui. Elle va durer encore 6,4 milliards d'années au bout desquelles sa luminosité aura alors été multipliée par 2. Elle va s'interrompre lorsque tout l'hydrogène central aura été converti en hélium⁴. L'épuisement du combustible central conduit alors à de profondes transformations qui vont modifier radicalement l'aspect de notre étoile. La combustion de l'hydrogène en hélium va en effet se poursuivre dans les couches plus extérieures, entraînant un gonflement démesuré de l'astre et une perte d'une partie de sa matière dans l'espace interstellaire. Notre étoile sera propulsée vers un état d'astre géant rougeoyant où sa luminosité sera multipliée par plus de 2 000 et son rayon par plus de 160. La surface de ce soleil brûlant aura alors dépassé l'orbite de Vénus, elle ne sera plus qu'à 40 millions

de kilomètres de la Terre et le disque solaire, vu de la Terre, occupera alors la moitié du ciel. On estime aujourd'hui qu'une planète comme la Terre sera alors totalement vaporisée à sa surface mais subsistera comme planète. Cette phase de géante rouge ne durera au total que 600 millions d'années. Après une dernière période très instable, elle s'achèvera lorsque le Soleil, totalement privé d'énergie, s'effondrera sur lui-même en un astre très dense d'à peine quelques milliers de kilomètres de rayon, une naine blanche. Dans très exactement 7,9 milliards d'années, le Soleil sera devenu cet astre minuscule, d'abord très chaud car porté à une température de plus de 100 000 °C, et qui va ensuite lentement se refroidir pendant des dizaines de milliards d'années, émettant de moins en moins de lumière pour se transformer progressivement en naine noire.

Hors de cette issue finale suffisamment lointaine, l'état actuel du Soleil est l'objet de toutes les études car c'est avant tout la seule étoile que nous ayons réellement sous les yeux. Dans le vide immense de l'espace, la plus proche des autres étoiles est à près de 40 000 milliards de kilomètres alors que le Soleil est trois cent mille fois plus proche, à seulement 150 millions de kilomètres !

Le Soleil est une étoile moyenne mais plutôt grosse ; seulement 10 % des étoiles sont plus massives. Sa masse est presque mille fois celle de l'ensemble des planètes et son rayon est proche de 700 000 kilomètres, plus de deux fois la distance Terre-Lune. Sans qu'aucun instrument ait jamais pu pénétrer l'intérieur du Soleil, nous avons de la

structure interne du Soleil et de son fonctionnement des notions assez précises. Alors que sa surface n'a qu'une température relativement modeste de $5\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$ – une température facilement accessible en laboratoire –, sa température centrale atteint 15,5 millions de degrés. Ses couches successives agissent donc comme un radiateur diffusant lentement la chaleur du centre vers l'extérieur.

La totalité de son énergie est produite au centre, dans à peine 3 % de son volume total. Le résultat de la fusion de l'hydrogène en hélium produit initialement un rayonnement de très haute énergie sous forme de rayons gamma, la forme la plus puissante de lumière, et également un flot de particules neutres, les neutrinos, lointains cousins de l'électron, qui ont la particularité d'interagir si faiblement avec la matière qu'ils sont pratiquement insaisissables. Sitôt produits, ils parviennent à s'extraire du Soleil à la vitesse de la lumière comme si celui-ci était transparent. Ils emportent avec eux une partie de l'énergie de la fusion thermonucléaire et sont en si grand nombre qu'à la distance de la Terre, on en reçoit encore chaque seconde près de 100 millions sur chaque centimètre carré de notre peau ! Mais ces messagers évanescents nous traversent comme ils ont traversé le Soleil, sans laisser aucune trace.

La chaleur du Soleil provient du reste de l'émission principalement des rayons gamma produits par la fusion. À l'inverse des neutrinos, ce rayonnement aussi puissant soit-il ne sort qu'à grand-peine du Soleil. Il subit de nombreuses collisions avec la matière, abandonnant chaque fois une partie de son

énergie, celle-là même qui sert à maintenir la température interne dans une vaste zone dite « radiative » qui s'étend du centre jusqu'aux trois quarts environ de son rayon total. Sans cette énergie stockée à l'intérieur de ce vaste volume, le Soleil s'effondrerait sur lui-même. On estime qu'une particule de lumière met en moyenne plusieurs centaines de milliers d'années pour traverser cette zone. À la sortie de cette zone radiative relativement homogène, soit à environ 540 000 kilomètres du centre, la température est encore de 1,5 million de degrés. Les dernières couches du Soleil sont considérablement plus turbulentes. Elles sont animées de tourbillons ascendants et descendants qui brassent la matière du Soleil dans des mouvements de convection analogues à ceux de l'eau bouillante d'une casserole. Littéralement, près de sa surface, le Soleil bouillonne fortement comme une énorme machinerie thermique. De gigantesques bulles de gaz chaud de plusieurs milliers de kilomètres de dimension s'élèvent vers la surface avant de se refroidir et de retomber pour immédiatement amorcer un nouveau cycle.

C'est cette partie dite « convective » qui détermine beaucoup des caractéristiques extérieures du Soleil. Tout d'abord, ces mouvements transportent efficacement la chaleur vers l'extérieur de sorte que, dans cette dernière zone, la température dégringole brutalement de 1,5 million de degrés à seulement 5 500 °C en surface. Ils redistribuent également le mouvement de rotation interne de telle sorte que le Soleil ne tourne pas comme un corps solide mais de façon différente à l'équateur en 26 jours que vers les pôles en

30 jours. Enfin, en déplaçant les charges électriques, ils sont aussi la source d'un fort champ magnétique de surface qui est responsable des taches sombres qui apparaissent périodiquement avec un cycle de 11 ans et aussi des violentes éruptions solaires qui projettent dans l'espace interplanétaire le « vent solaire », un flux de particules rapides qui balayent le système solaire. À première vue, si le Soleil paraît une étoile calme il renferme en réalité une puissante machinerie thermique qui est la source d'instabilités inquiétantes pour le cortège de planètes qui l'entoure.

Présenté ainsi, il semble que le Soleil nous ait déjà livré tous ses secrets, or il n'en est rien car plusieurs énigmes n'ont pas encore été résolues. La première concerne les neutrinos. Ils sont, comme on l'a vu, les messagers les plus instantanés de ce qui se passe au cœur même du Soleil. Malgré leur caractère insaisissable, il est toutefois possible d'augmenter les chances de les capter sur Terre avec des détecteurs placés sous des montagnes ou au fond des mers. Les premières mesures, réalisées en 1968 par l'Étatsunien Raymond Davis dans une profonde mine d'or des États-Unis, ont révélé une surprise, un très net déficit de neutrinos solaires⁵. Deux tiers manquaient à l'appel, ce qui semblait remettre en cause l'évaluation de la source d'énergie du Soleil. Depuis, d'autres mesures ont été effectuées, notamment en Italie en 1999, dans la région des Apennins sous le tunnel du Gran Sasso, réduisant l'écart mais sans le faire disparaître⁶. Aujourd'hui, les physiciens ont de forts soupçons non pas sur le Soleil mais sur les neutrinos eux-mêmes. La différence proviendrait de la variété

des neutrinos car ceux-ci peuvent exister sous trois formes différentes. Les neutrinos du Soleil sont bien émis mais ils peuvent se transmuter en une forme différente sur le trajet entre le Soleil et la Terre, créant un déficit non pas réel mais seulement apparent.

La deuxième énigme concerne la génération du champ magnétique du Soleil et l'origine exacte de son cycle de 11 ans. Jusqu'ici, les calculs détaillés de la structure du Soleil ont été souvent réalisés au prix de fortes simplifications en négligeant les effets de sa rotation et de ses mouvements internes. Pour la première fois, des calculs beaucoup plus complexes ont pu être réalisés ces dernières années, pour fournir une véritable image en trois dimensions du Soleil, grâce aux plus puissants des ordinateurs comme le Tera100 mis en service fin 2010 en France et qui réalise le record de plus d'un million de milliards d'opérations par seconde ! Grâce à ces méga-calculateurs, la topographie exacte du champ magnétique interne a pu être calculée et apparaît beaucoup plus complexe que prévu avec une structure fortement torsadée dont les conséquences commencent seulement à être étudiées.

Enfin, la dernière énigme concerne la couronne solaire, cette large auréole qui constitue le prolongement de l'atmosphère du Soleil parfaitement visible lors des éclipses. Un gaz ténu y est porté à des températures de plus d'un million de degrés par un processus qui n'a toujours pas été élucidé. La dernière étude, publiée en janvier 2011 dans la revue *Science*, suggère que le chauffage de cette couronne pourrait finalement être réalisé par des « spicules », des jets denses de matière issus de la surface du Soleil⁷.

Le Soleil d'aujourd'hui

Lorsque l'on observe le Soleil à l'œil nu, bien évidemment à l'aide d'instruments ou de verres protecteurs spéciaux, il ne révèle rien de la complexité réelle de ses rayonnements. En dehors de l'apparition périodique des fameuses taches solaires, rien ne semble troubler la surface de l'étoile. Pourtant, les satellites d'observation actuellement en orbite nous dévoilent jour après jour toute la variabilité de ses émissions dans une gamme de lumière beaucoup plus vaste que celle que peut percevoir l'œil humain. Actuellement, deux missions majeures, l'une européenne baptisée SOHO (pour Solar and Heliospheric Observatory) en orbite depuis 1995 et l'autre étasunienne baptisée SDO (pour Solar Dynamics Observatory) lancée depuis février 2010, nous donnent en direct l'état du Soleil minute par minute dans une gamme de longueurs d'onde couvrant non seulement la lumière visible mais également les rayons X et l'ultraviolet⁸. De plus, pour ne rien manquer, deux autres sondes jumelles, baptisées STEREO, ont été placées de part et d'autre du Soleil de façon à en photographier chacune un hémisphère opposé en permanence. Elles fournissent leurs premières images depuis février 2011⁹. Toutes ces images sont mises à disposition sur le réseau Internet de sorte que, sans bouger de son siège, chacun d'entre nous peut suivre en direct, à chaque instant, le moindre événement qui se passe sur l'ensemble de la surface solaire, face

cachée comprise ! À l'image calme du Soleil en lumière visible se superpose dorénavant l'image d'un Soleil violent, source d'explosions et d'éruptions majeures qui ont un impact direct sur la Terre.

Lorsque le Soleil est calme, la majorité du rayonnement est émise dans une gamme de longueurs d'onde centrée sur la lumière « visible ». En général la lumière solaire nous paraît blanche car elle est la superposition d'un grand nombre de couleurs. Le phénomène de l'arc-en-ciel, la diffusion de cette lumière blanche sur de fines gouttelettes d'eau, nous révèle en réalité toute la magnifique palette de couleurs qu'elle contient, allant du violet au rouge en passant par le bleu, le vert et le jaune. Chaque couleur correspond en fait à une bande de longueur d'onde particulière de la lumière. Plus de 50 % de la lumière solaire est émise entre 400 et 800 nanomètres (ou milliardièmes de mètre), ce qui correspond à la totalité de la bande de l'arc-en-ciel du violet au rouge. Dans une bande un peu plus large, 99 % se situe entre 300 et 1 000 nanomètres, ce qui inclut une partie de l'ultraviolet et de l'infrarouge invisibles. Le Soleil émet donc principalement de la lumière visible avec une touche d'ultraviolet et de l'infrarouge. La notion de lumière « visible » est bien évidemment liée à la perception humaine. L'œil humain ne peut percevoir que des rayonnements situés entre 400 et 700 nanomètres et il est totalement aveugle à toutes les autres radiations. Cette coïncidence apparente avec le domaine principal de la lumière émise par le Soleil n'est évidemment pas fortuite. Elle résulte de l'évolution au

cours de laquelle l'œil humain s'est apparemment totalement adapté à son étoile. Si la planète Terre avait été proche d'une étoile source de rayons X ou d'ondes radio, l'œil se serait sans aucun doute transformé pour percevoir cet autre type de lumière. Il reste étonnant que l'être humain ne puisse percevoir également l'infrarouge qui est la lumière émise par son propre corps et par de nombreux organismes vivants du fait de leur température. Cette faculté existe pourtant chez des animaux comme certains serpents et araignées mais, dans le cas de l'homme, l'évolution a donc très clairement privilégié la lumière de l'étoile qui éclaire la Terre.

L'énergie totale rayonnée par le Soleil est remarquablement stable. À tel point que pendant longtemps on a utilisé le terme de « constante solaire » pour désigner la quantité d'énergie dispensée par le Soleil au sommet de l'atmosphère terrestre. Cette quantité n'a été mesurée avec précision qu'avec l'avènement des premiers satellites. Et contrairement aux premières impressions, elle s'est révélée finalement légèrement variable... avec le cycle magnétique de 11 ans des taches solaires ! Sur trois cycles solaires complets, mesurés désormais entre 1975 et 2007, elle fluctue faiblement mais systématiquement, en moyenne de seulement 0,1 %¹⁰. De façon paradoxale, le Soleil est légèrement plus lumineux lorsque le nombre de ses taches est au maximum, car en réalité ces taches s'accompagnent toujours de la présence de zones brillantes qui les entourent et qui font plus que contrebalancer l'assombrissement dû aux taches. Mais cette

variation en apparence faible n'est qu'une moyenne sur plusieurs années, elle cache en réalité des fluctuations beaucoup plus importantes qui peuvent exister d'un jour à l'autre.

Car cette apparente stabilité du Soleil calme est trompeuse. À de nombreuses reprises et sur des intervalles de temps plus ou moins longs, le Soleil se constelle d'éruptions. À sa lumière visible stable se superpose alors une grande variabilité, notamment dans l'émission d'ultraviolets et de rayons X lorsque le Soleil est actif. Les images que nous livrent en direct les sondes SOHO et SDO dans ces longueurs d'onde sont spectaculaires car elles montrent un disque solaire en permanence constellé de zones brillantes et sombres, en constant changement.

L'activité du Soleil n'est pas une découverte récente. Dès le début des observations visuelles du Soleil lors des éclipses puis, au début du ^{xx}e siècle grâce au coronographe, un dispositif qui permet de créer des éclipses artificielles en masquant précisément le disque solaire brillant, il a été noté ces gigantesques arches de matière qui s'échappent du Soleil, en se déployant dans l'espace sur des dizaines de milliers de kilomètres. Ces structures baptisées « protubérances » ont fait l'objet d'un film mémorable intitulé *Flammes du Soleil* que l'on doit à l'astronome français Bernard Lyot, l'inventeur du coronographe¹¹. Les séquences, réalisées à partir des années 1930 à l'observatoire du pic du Midi, avec une infinie patience pour arriver à capter ces phénomènes capricieux, montrent l'apparition et la disparition de ces grandes « arches solaires » qui peuvent durer plusieurs heures.

Ce document filmé unique, avec le commentaire inspiré de l'astronome Paul Couderc, laisse bouche bée et n'a pas été égalé avant les tout derniers satellites qui enregistrent aujourd'hui en continuité ce genre de phénomènes.

La raison de ces éruptions est avant tout magnétique. Les forts mouvements de bouillonnement des couches externes du Soleil génèrent en effet des champs magnétiques locaux très intenses qui dépassent de plusieurs milliers de fois le champ moyen du Soleil. Les taches sombres ne sont d'ailleurs que la traduction de ces zones à très fort champ magnétique. Elles viennent en couple comme les deux pôles d'un aimant. Entre deux taches peut alors se déployer une arche magnétique dans laquelle le champ emprisonne une grande quantité de matière issue du Soleil. Lorsque la pression de cette matière devient trop grande, elle parvient à rompre l'arche magnétique, la matière libérée est alors expulsée du Soleil à grande vitesse. Comme un ballon empli de gaz qui explose, ces éruptions solaires peuvent être remarquablement puissantes, certaines atteignent en luminosité jusqu'à un dixième de la luminosité solaire totale, c'est-à-dire que très temporairement le Soleil devient 10 % plus lumineux. Ce sont alors des millions et jusqu'à 10 milliards de tonnes de matière par seconde pour les éjections les plus puissantes qui sont injectées dans l'espace à des vitesses élevées et peuvent venir balayer la Terre.

Ces tempêtes solaires se traduisent tout à la fois par une augmentation brutale du rayonnement ultraviolet et des rayons X et même gamma émis par le

Soleil et par l'injection de particules rapides, en majorité des protons (noyaux d'hydrogène) et des électrons. L'intensité et la fréquence de ces orages sont en étroite corrélation avec l'activité magnétique générale du Soleil qui se renforce périodiquement dans chaque hémisphère selon un cycle de 11 ans*.

Ces violentes éruptions ont un impact significatif dans tout le système solaire et en particulier sur la Terre. Le temps de propagation varie selon qu'il s'agit des rayons X et UV qui voyagent à la vitesse de la lumière et arrivent en 8 minutes ou des protons et électrons qui selon leur énergie et leur vitesse peuvent venir percuter la Terre quelques heures après avoir quitté le Soleil, voire plusieurs jours après.

L'activité solaire a été longtemps sous-estimée car elle n'est pas perceptible par la lumière naturelle visible. Aujourd'hui, on réalise qu'elle a des conséquences très importantes sur le fonctionnement de la Terre dans des domaines aussi variés que la structure de l'atmosphère, la stabilité des orbites de satellites, le fonctionnement des réseaux de communication et d'électricité et enfin sur le climat, un domaine qui fait aujourd'hui l'objet d'un débat passionné. La noria de satellites qui scrute actuellement le Soleil a bien sûr pour but de fournir une véritable « météo » solaire, une prévision du vent et des tempêtes solaires, tout comme sur Terre nous cherchons à prévoir pluie et

* Le cycle total est en réalité un double cycle de 22 ans car il comporte un cycle d'augmentation et de diminution du champ et du nombre de taches en 11 ans, suivi d'un renversement de la polarité lorsque les pôles Nord et Sud s'inversent, auquel succède un nouveau cycle sur 11 ans avec cette polarité inversée.

orages générés dans l'atmosphère. Les liaisons entre Terre et Soleil sont beaucoup plus importantes qu'on ne l'avait imaginé jusqu'ici. Nous sommes totalement baignés dans l'influence solaire et la météo globale de la Terre doit prendre en compte cette composante extraterrestre.

Avant d'aborder le détail de l'influence directe du Soleil sur les planètes et notamment la Terre, il est utile de revenir sur la formation même du système solaire et sur la position du cortège de planètes et de petits corps qui circulent autour de notre étoile car nos idées sur la genèse de ce système solaire viennent de subir une vraie révolution.

Jusqu'en 1995, la formation du système solaire paraissait un problème résolu. Le cortège des planètes, astéroïdes et comètes s'était formé à partir du même nuage de gaz dont était né le Soleil et au même moment. Alors que le futur Soleil se condensait au centre, la rotation générale entraînait l'aplatissement du nuage initial en un disque de matière au sein duquel par collisions de petits blocs, les planétésimaux, s'agrégeaient progressivement pour constituer les planètes plus grosses. Pour expliquer la répartition très particulière du système solaire dans lequel les planètes les plus proches du Soleil (Mercure, Vénus, Terre, Mars) sont petites et rocheuses et les plus lointaines (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) sont grosses et gazeuses, il était invoqué l'effet d'évaporation créé par le Soleil. Seules les planètes lointaines auraient pu conserver leur gaz tandis que les plus proches auraient été érodées par la chaleur

solaire. La dernière planète, Pluton (encore au rang de planète à cette époque), était considérée comme un cas à part, le résultat probable d'une capture car bien que rocheuse et surtout très petite (pour cette raison, elle a été depuis déchuée de son rang de planète principale en 2006)¹², elle est située sur la plus lointaine des orbites.

Ce scénario qui paraissait satisfaisant à tout le monde a été brutalement ébranlé en octobre 1995 par la découverte astronomique sans doute la plus marquante depuis 1610, date à laquelle Galilée a découvert les petits satellites tournant autour de Jupiter, révélant déjà une certaine pluralité des mondes. Grâce à une méthode astucieuse, deux astronomes suisses, Michel Mayor et Didier Queloz, utilisant un télescope français relativement modeste de l'observatoire de Haute-Provence, apportaient pour la première fois la preuve de l'existence d'une planète autour d'une autre étoile que le Soleil¹³. Depuis cette découverte, près de 500 planètes « extrasolaires », appelées aussi « exoplanètes », ont été détectées autour d'étoiles souvent très similaires à notre Soleil et la mission spatiale Kepler s'apprête à publier un catalogue de plus de 1 000 planètes supplémentaires. Pour la première fois, notre système solaire peut être comparé à d'autres et les surprises ont été importantes. Dans un grand nombre de cas, des planètes de la taille de Jupiter ont été découvertes très proches de l'étoile principale, en contradiction complète avec le modèle général de formation des planètes. Ces résultats amènent à repenser fondamentalement le

scénario. Dans certaines conditions, les planètes ne se formeraient pas tranquillement sur une orbite stable à une distance fixe de leur étoile, mais elle subirait une migration importante capable de les rapprocher. En particulier, les planètes géantes comme Jupiter, formées à l'intérieur du disque qui entoure l'étoile lors de sa formation, seraient particulièrement susceptibles de friction à l'intérieur de ce disque, ce qui les ferait tomber vers l'étoile centrale. La belle et immuable horlogerie céleste imaginée par Laplace au sujet des planètes pourrait donc être très chaotique. Est-ce un cas général ? Ce phénomène s'est-il produit dans le système solaire ? Notre système solaire est-il au contraire un cas particulier de stabilité ? C'est à toutes ces questions que s'efforcent de répondre aujourd'hui les astronomes après cette apparente remise en cause de leur ancien modèle.

La découverte de ces nouvelles planètes relance aussi une question très ancienne : autour d'une étoile, dans quelles régions la vie a-t-elle le plus de chances d'apparaître ? Parmi ces nouveaux mondes découverts, lesquels sont les plus similaires à la Terre ? Pour l'instant, nos instruments ont encore beaucoup de mal à détecter les plus petites planètes comme la Terre. Sur près de 500 planètes déjà identifiées, seules quatre ont été trouvées avec des caractéristiques proches. La première, baptisée CoRoT-7b – car découverte initialement avec le satellite français CoRoT en février 2009 –, a une masse estimée à cinq fois celle de la Terre pour un rayon 80 % plus grand et est donc très probablement rocheuse. Elle pourrait donc être une « super-Terre » mais malheureusement

elle est en orbite autour de son étoile à une distance si proche que sa température doit avoisiner les 2 000 °C en surface ôtant toute chance à la vie¹⁴.

Deux autres candidates Terre ont été révélées en janvier et février 2011 par les scientifiques de la mission Kepler, satellite entièrement consacré à la recherche de ces planètes lointaines autour d'autres étoiles. La planète Kepler-10b, avec une masse environ cinq fois celle de la Terre, est une super-Terre rocheuse tournant autour d'une étoile comme le Soleil mais si proche de son étoile que sa température dépasse 1 000 °C. Kepler-11b fait elle partie d'un système très prometteur, un véritable système solaire *bis* avec six planètes tournant autour de leur étoile. Sa masse est quatre fois celle de la Terre et son rayon seulement deux fois plus grand mais elle est à nouveau beaucoup trop proche de l'étoile pour constituer une planète habitable¹⁵.

Enfin, la dernière super-Terre fait l'objet d'une polémique. Initialement annoncée avec un grand renfort de publicité, fin septembre 2010, par une équipe américaine, la planète Gliese 581g orbite avec quatre autres planètes autour de l'étoile Gliese 581 et a une masse égale à trois fois la Terre. Elle est située à une distance de son étoile qui lui permet d'avoir une température de surface de - 12 °C si, comme la Terre, elle possède une atmosphère. Ce climat pas trop extrême serait alors en principe compatible avec la vie. Malheureusement, l'existence de cette planète a été mise en cause quelques semaines plus tard par une autre équipe qui n'en a pas trouvé de trace. Il faut attendre désormais un ou deux ans pour que des

observations complémentaires puissent lever le doute¹⁶.

Vu le grand nombre de planètes déjà découvertes, il semble bien que, tôt ou tard, une autre Terre soit trouvée dans l'univers, c'est-à-dire une planète avec des conditions de composition et de température similaires à notre planète bleue. La découverte est désormais imminente. Mais cette « altera Terra » pourra-t-elle abriter la vie ? Quelle planète autour de quelle étoile est-elle capable de laisser émerger la vie ? Cette quête, qui est aujourd'hui devenue totalement d'actualité, est très étroitement associée à la notion de zone d'habitabilité, c'est-à-dire d'une région autour d'une étoile où la quantité d'énergie déposée est juste suffisante pour maintenir une température stable préservant notamment l'eau sous sa forme liquide.

Dans notre système solaire, cette zone est assez étroite, elle s'étend approximativement de l'orbite de Vénus jusqu'à une orbite située entre Mars et Jupiter. La Terre est bien au centre de cette zone habitable mais les deux autres planètes Vénus et Mars le sont également. Et pourtant la vie ne s'y est pas développée de la même façon. La question de l'eau liquide ne dépend pas uniquement de la distance au Soleil mais aussi de l'évolution de la planète. Le cas de Vénus est particulièrement troublant. C'est une véritable sœur jumelle de la Terre. Elle a le même rayon et une masse seulement 20 % plus faible et pourtant elle a évolué très différemment. Aujourd'hui il règne à sa surface une température de 460 °C et son atmosphère est tellement épaisse que le rayonnement

solaire n'atteint pratiquement pas le sol. Constituée très majoritairement de gaz carbonique avec un peu d'azote, d'oxyde de soufre et même d'acide sulfurique, cette atmosphère corrosive produit un puissant effet de serre : elle laisse entrer la chaleur sans la laisser ressortir. À cause de la température élevée, l'eau liquide ne peut plus y subsister, ôtant une chance d'y trouver une vie proche de celle de la Terre bien que, dans le passé, avant l'apparition de cette atmosphère, Vénus ait sans doute eu comme la Terre de véritables océans.

Sur Mars, l'évolution a aussi été différente principalement car la planète est beaucoup plus petite et dix fois moins massive que la Terre. Plus petite, elle a été incapable de retenir une atmosphère importante et s'est refroidie beaucoup plus vite. L'eau a bien existé sur Mars dans le passé mais certainement pas sous la forme des célèbres canaux martiens que des observateurs ont cru apercevoir à sa surface à la fin du XIX^e siècle. Récemment, l'analyse des roches de Mars par les sondes-robots Spirit et Opportunity déposées à la surface et par le satellite européen Mars Express en orbite a montré que l'eau pourrait subsister à l'état de traces à la surface et peut-être aussi être stockée dans les sols. Elle a de façon probable coulé à la surface de Mars dans le passé lointain, il y a plusieurs milliards d'années, modifiant le relief et creusant des vallées mais aujourd'hui elle n'est plus visible¹⁷. La Terre serait donc la seule planète sur laquelle l'eau liquide a pu subsister suffisamment longtemps.

La chance de trouver une forme de vie dans notre

système solaire n'est pourtant pas totalement à écarter car la zone d'habitabilité où est préservée l'eau liquide sous une température clémente n'est pas une condition strictement indispensable pour certaines formes de vie. La découverte récente d'organismes vivants sur Terre dans des conditions extrêmes de température de pression ou de composition chimique est venue totalement relancer nos conceptions sur les environnements propres à la préservation de la vie. Ces organismes baptisés « extrêmophiles » sont extrêmement divers, certains ont été découverts au fond des océans près de sources chaudes. Ce sont en général des organismes simples comme le micro-organisme *Pyrolobus fumarii*, capable de se développer à des températures de plus de 100 °C. D'autres comme *Deinococcus radiodurans* peuvent résister à des doses massives d'irradiation. La dernière en date, la bactérie GFAJ-1, découverte par l'équipe de Felisa Wolfe-Simon en Californie en décembre 2010, semble capable de se développer en remplaçant le phosphore par l'arsenic, un poison puissant pour l'homme¹⁸. Ces nouvelles pistes de vie encouragent aujourd'hui les astronomes à lancer de nouvelles recherches en direction non seulement des planètes mais aussi de leurs satellites où des milieux les plus divers peuvent exister. C'est le cas de Titan, la plus grande lune de Saturne sur laquelle des lacs d'hydrocarbure ont été découverts par la sonde européenne Huyghens qui s'est posée sur son sol en janvier 2005¹⁹. Un autre objectif de choix est Europe, un des satellites de Jupiter, qui est fortement soupçonné de

cacher sous sa croûte solide un océan liquide de près de 90 kilomètres d'épaisseur. Cette lune de Jupiter est une des cibles d'une exploration spatiale future, le programme LAPLACE prévu pour 2020, qui se propose d'y satelliser des instruments capables de sonder le sol²⁰.

Sur Terre, l'élément essentiel qui a permis l'émergence et la persistance de la vie est son atmosphère stable qui remplit tout à la fois la fonction de filtre pour stopper les rayonnements nocifs du Soleil, d'isolant pour maintenir une température suffisante et de nutriment pour alimenter le cycle de l'oxygène et du carbone nécessaire aux organismes vivants. L'atmosphère terrestre est à l'échelle de la planète l'équivalent de la peau pour l'organisme humain, une mince couche protectrice qui sert de barrière régulatrice.

Il est extraordinaire de réaliser que la quasi-totalité de la biosphère dans le système solaire évolue dans cette fine couche gazeuse à la surface d'une petite planète. Ramenée à la dimension de la Terre, l'atmosphère est en effet une infime pellicule de gaz qui, avec une épaisseur de seulement 10 kilomètres, occupe un volume très faible. Si la Terre avait la dimension d'un ballon de football, l'atmosphère serait une couche imperceptible de l'épaisseur d'une feuille de papier. À l'exception des organismes marins et des micro-organismes existant dans les roches, c'est pourtant ce milieu gazeux qui s'est finalement trouvé le plus favorable au maintien de la vie sur Terre.

Cette situation n'a pas toujours été aussi propice. L'âge de la Terre est aujourd'hui estimé à 4,54 milliards d'années, à partir notamment du taux de radioactivité de ses roches et des météorites mais l'histoire de son atmosphère n'est pas connue avec précision au-delà d'un milliard d'années en arrière. On estime néanmoins que cette atmosphère a connu trois stades différents. Juste après sa formation, la Terre qui n'était pas encore solidifiée avait une première atmosphère composée d'hydrogène et d'hélium, les matériaux principaux de la nébuleuse protosolaire. Mais ces deux gaz étant très légers, la chaleur de la Terre et du Soleil a suffi pour les dissiper. Il y a environ 3,8 milliards d'années, la Terre a sans doute subi un immense bombardement par des astéroïdes et des comètes qui ont apporté une grande quantité d'eau. La croûte terrestre étant formée, une intense activité volcanique a aussi rejeté en surface un important volume de gaz carbonique (CO_2), de vapeur d'eau (H_2O) et d'ammoniac (NH_3) qui a formé une seconde atmosphère épaisse où coexistaient énormément de gaz carbonique et d'azote. Celle-ci a maintenu par effet de serre une température beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui pour la Terre. C'est à cette époque qu'apparaissent les premières bactéries. Il y a environ 2 milliards d'années, la vapeur d'eau s'est condensée pour former les océans et a dissous une partie du gaz carbonique, diminuant fortement l'effet de serre. Lorsque les premières algues sont apparues, ces organismes ont également amorcé le cycle de la photosynthèse qui convertit efficacement le gaz carbonique en oxygène. L'apparition de l'oxygène a été le tremplin principal

de la vie évoluée. Progressivement, le carbone a été stocké dans les couches sédimentaires sous forme de charbon et de pétrole et l'oxygène libéré dans l'atmosphère aboutissant à la troisième atmosphère actuelle composée à 78,1 % d'azote, 20,9 % d'oxygène, 0,9 % d'argon et seulement 0,035 % de gaz carbonique et de vapeur d'eau.

Apparemment, sur plusieurs milliards d'années, la vie, d'abord sous une forme rudimentaire d'organismes monocellulaires puis sous une forme multicellulaire plus évoluée et enfin d'organismes complexes, s'est donc accommodée et a accompagné ces changements radicaux. Il reste néanmoins une question sans réponse. D'où provient la première trace de vie sur Terre ? Deux points de vue s'opposent encore. Pour les uns, les matériaux de base étant directement disponibles il a suffi d'un concours de circonstances peut-être sous la forme d'une concentration d'énergie dans une soupe primordiale sous l'action, par exemple, d'éclairs pour que se soudent les premières molécules complexes de la vie. C'est le sens des expériences célèbres d'Urey-Miller, deux scientifiques américains qui, en 1953, ont réussi à synthétiser ainsi plusieurs acides aminés, constituants élémentaires des protéines de la vie, ce qui tendait à prouver que ces conditions pouvaient avoir été facilement remplies sur Terre²¹.

Pour d'autres au contraire, la complexité croissante des molécules découvertes dans l'espace intersidéral, notamment sous forme d'alcools et de sucres, plaide pour une provenance cosmique. Contrairement à ce que l'on a longtemps pensé ces molécules complexes

ne sont pas détruites dans l'espace. La vie ne serait alors pas apparue sur Terre mais aurait pu être déposée notamment lors de l'apport des comètes et météorites qui ont bombardé la Terre dès le début de sa formation²². Cette hypothèse est envisagée de plus en plus sérieusement depuis la découverte en 1996 de possible traces de vie très précoces sur Terre, il y a plus de 3,8 milliards d'années²³. Il semble en effet difficile d'imaginer que cette vie ait pu se construire si rapidement sur Terre, dans une période encore aussi troublée pour notre planète. Cette théorie dite de la panspermie situe alors l'origine ailleurs dans l'univers, dans des lieux peut-être plus favorables à l'origine de la vie.

Jusqu'à ce que d'autres formes de vie soient enfin trouvées ailleurs que sur la Terre, le débat ne pourra être clos. Nous avons d'ailleurs encore beaucoup à apprendre de la vie sur Terre. Il y a tout juste quelques mois, une découverte fortuite de fossiles au Gabon faisait reculer l'apparition des premiers organismes multicellulaires à plus de 2 milliards d'années dans le passé alors qu'on imaginait jusqu'ici qu'ils étaient apparus il y a seulement 500 millions d'années²⁴.

Quelle que soit son origine, la vie n'a pas été plongée dans un environnement calme, elle a été soumise au contraire à de profonds changements et à des variations climatiques en grande partie dictées par son étoile, le Soleil.

Le Soleil est la source principale d'énergie de la Terre et détermine donc totalement son évolution et

son climat. Si on éteignait le Soleil, la Terre ne disposerait plus que d'une très faible source d'énergie, celle de la radioactivité de ses roches, cinq mille fois plus faible que celle que nous fournit le Soleil. Pourtant, à plus de 150 millions de kilomètres, la planète Terre n'intercepte que deux milliardièmes seulement de toute l'énergie rayonnée par le Soleil. Mais cela suffit pour porter sa température à -18°C en l'absence d'atmosphère. Théoriquement, la Terre devrait donc être totalement gelée. Mais, grâce à la couche d'air de son atmosphère actuelle qui lui sert d'isolant et au célèbre effet de serre, elle peut augmenter sa température de plus de 30°C , et atteindre une moyenne plus vivable d'environ $+15^{\circ}\text{C}$.

Le phénomène de régulation de l'atmosphère est capital et complexe car il combine l'absorption de la lumière solaire à la fois par l'air et par la surface terrestre mais aussi sa réflexion et la réémission de cette lumière sous forme d'infrarouges. En fait le Soleil chauffe l'atmosphère et la surface terrestre mais une partie repart dans l'espace par réflexion. Environ un tiers de l'énergie (30 %) est immédiatement perdu dans l'espace par la réflexion, principalement par les nuages (22 %) et par le sol terrestre (8 %). C'est cette réflexion partielle – dite aussi albédo – qui rend d'ailleurs notre planète visible depuis l'espace comme un magnifique globe brillant bleu et blanc. La majeure partie du rayonnement solaire (70 %) est néanmoins captée et sert bien à réchauffer la Terre : une large fraction (50 %) chauffe directement le sol terrestre et le reste (20 %) l'atmosphère.

Tous ces échanges complexes sont à la base des fameux modèles climatiques utilisés pour tenter de reproduire l'évolution des températures sur la Terre. En fait, le problème est tellement compliqué qu'il faut convenir que nous n'avons pas encore d'outil pour retracer les variations de température avec suffisamment de précision. Tout ce que nous savons, c'est que, par le passé, la Terre a traversé des périodes répétées de glaciation intense, elle a été gelée totalement à de nombreuses reprises mais a aussi subi de très forts réchauffements. Dans les dernières dizaines de millions d'années, sa température moyenne a varié de -12°C à $+10^{\circ}\text{C}$ par rapport à la situation actuelle, ce qui relativise les quelques fractions de degrés de l'actuel réchauffement climatique. La dernière période la plus chaude s'est située après la disparition des dinosaures, il y a environ 50 millions d'années, durant « l'optimum de l'Éocène », intervalle tropical pendant lequel la température moyenne du globe était d'environ 21°C , soit 6°C de plus qu'actuellement, ce qui a pourtant bien participé à l'explosion de la vie animale. Le réchauffement de la Terre n'est donc pas systématiquement synonyme de catastrophes. À l'inverse, les refroidissements récents les plus extrêmes se sont produits dans une période comprise entre $-500\,000$ et $-200\,000$ ans, avec une température moyenne du globe pouvant descendre facilement jusqu'à 5°C .

Les températures ne sont mesurées systématiquement que depuis seulement une centaine d'années, soit très peu de temps au regard de ces évolutions, mais heureusement pour nous, nous avons sous nos

pieds de véritables archives climatiques. La bibliothèque qui les contient est tout simplement la glace qui s'est accumulée aux pôles durant des centaines de milliers d'années. Elle a emprisonné avec elle de minuscules bulles d'air qui contiennent des échantillons de l'atmosphère passée de la Terre. L'analyse de l'oxygène et de l'hydrogène qu'elle contient est une mesure indirecte de la température qui régnait à l'époque. Les plus grands forages de glace ont été entrepris à partir des années 1970 à la station soviétique Vostok en Antarctique, là où notamment a été enregistrée la plus basse des températures contemporaines - 89,2 °C en juillet 1983 ! Grâce à un sondage qui a atteint une profondeur de plus de 3 600 mètres, il a ainsi été possible de remonter 400 000 ans en arrière. Depuis, le relais a été pris par la station européenne Concordia, à 560 kilomètres de Vostok. Les précipitations de neige y étant approximativement deux fois plus faibles, la même épaisseur de glace a permis de remonter 740 000 ans en arrière²⁵. L'analyse des sédiments des fonds marins permet également de reconstituer la température dans un passé encore plus lointain, jusqu'à 500 millions d'années en arrière, mais avec une moins grande précision.

Ces archives montrent d'étonnantes fluctuations périodiques de température. Environ tous les 100 000 ans, la Terre se réchauffe nettement pendant 20 000 à 30 000 ans puis se refroidit à nouveau. Le dernier âge glaciaire, baptisé glaciation de Würm, a débuté il y a environ 115 000 ans avec un maximum de froid il y a 18 000 ans, moment où la température moyenne

était plus faible de -12 à -10 °C par rapport à celle d'aujourd'hui. L'homme moderne était déjà largement installé et il est impressionnant de penser que les hommes de cette époque, qui heureusement avaient découvert le feu depuis longtemps, ont eu à affronter ces conditions terribles. La température moyenne de la Terre était à peine au-dessus de zéro et une grande partie de la Terre était emprisonnée par les glaces qui recouvraient tout le nord de l'Europe. Les terres habitables étaient très réduites et pourtant l'homme s'est adapté. Cette dernière glaciation s'est terminée il y a tout juste 12 000 ans. Nous sommes donc depuis peu dans une période « chaude » qui est plutôt une phase rare dans l'histoire récente de la Terre. Celle-ci a contribué de façon évidente au développement des civilisations humaines en libérant de grandes régions des glaces, ce qui a autorisé notamment le passage du nomadisme au sédentarisme et à l'agriculture.

L'existence de ces périodes glaciaires répétées a été suspectée dès la fin du XIX^e siècle par les traces qu'elles ont laissées sur le relief des glaciers mais on les a longtemps pensées aléatoires. Leur explication a donné lieu à un débat au moins aussi passionné que les discussions actuelles sur le réchauffement climatique et a mis plus de 50 ans à s'imposer. Leur origine a été découverte par un physicien serbe, Milutin Milankovitch, qui publia en 1920 une hypothèse audacieuse, celle de l'origine astronomique du climat²⁶. En mettant en rapport les différents éléments de l'orbite de la Terre autour du Soleil, il réalisa en effet que l'insolation, c'est-à-dire la

quantité d'énergie solaire reçue sur Terre, variait périodiquement sur des temps très longs à cause des petites variations de son orbite. En effet, la Terre ne décrit pas autour du Soleil un cercle parfait mais une ellipse dont l'aplatissement varie périodiquement environ tous les 100 000 ans, en raison de l'action des autres planètes. Son axe de rotation n'est pas fixe non plus mais varie périodiquement tous les 41 000 ans. Enfin, cet axe de rotation subit une précession qui lui fait décrire un cercle dans l'espace tous les 26 000 ans comme l'axe d'une toupie. En combinant toutes ces variations astronomiques, on constate que l'énergie reçue du Soleil en un point du globe varie tous les 23 000, 41 000 et 100 000 ans, des grands cycles qui correspondent bien aux variations climatiques terrestres enregistrées dans les archives de glace. Pourtant, malgré cette évidence, Milankovitch a dû faire face pendant des dizaines d'années aux géophysiciens qui ne voulaient croire pour ces variations climatiques qu'à des mécanismes purement terrestres comme le volcanisme ou la dérive des continents. Sa théorie ne s'imposa définitivement qu'en 1976 avec l'analyse détaillée des sédiments marins et fut largement confirmée depuis grâce aux carottes glaciaires qui ont révélé clairement les quatre derniers grands cycles de glaciation séparés par 100 000 ans.

Les cycles de Milankovitch sont bien gravés dans les archives climatiques de la Terre et le Soleil est donc la principale cause de son histoire climatique. Pourtant, l'effet astronomique sur l'insolation est relativement faible et certains cycles secondaires

prédits par la théorie apparaissent plus ou moins bien, ce qui laisse penser que si la cause sous-jacente principale est le Soleil, son effet est probablement amplifié par d'autres facteurs secondaires comme le volcanisme par exemple.

Cette situation est sans doute très comparable pour les changements climatiques plus récents qui sont l'enjeu de la discussion actuelle autour du réchauffement climatique. Contrairement à ce qui se dit souvent, il n'y a pas un total consensus au sein des spécialistes. De nombreux scientifiques ont signalé que dans les évaluations du réchauffement climatique, le Soleil avait été étrangement oublié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui a publié sa dernière analyse en novembre 2007²⁷. Le GIEC attribue le réchauffement climatique à l'augmentation du gaz carbonique dans l'atmosphère sans tenir compte d'une influence possible du Soleil. La raison principale invoquée par l'étude intergouvernementale est le fait que l'inso-lation solaire varie peu avec l'activité visible de surface du Soleil, marquée par les fameuses taches solaires et leur cycle de 11 ans, et aurait donc un effet négligeable. Pourtant un certain nombre de faits ont attiré l'attention des astronomes depuis assez longtemps. C'est le cas en particulier du petit âge glaciaire, une période particulièrement froide en Europe dans la deuxième partie du XVII^e siècle qui a vu des hivers très rudes et de fortes avancées des glaciers alpins. L'épisode le plus froid, qui a duré de 1650 à 1710, sous le règne de Louis XIV, a coïncidé avec un Soleil particulièrement calme et une absence quasi

totale de taches solaires. Cette période de calme solaire presque absolu est désignée sous le nom de « minimum de Maunder », d'après le nom de l'astronome anglais qui a découvert l'existence de cette anomalie en 1894²⁸. On a pensé parfois que le froid pouvait n'avoir affecté que la France ou une partie de l'Europe et n'avoir été qu'un refroidissement partiel et local. Mais une étude publiée en 2005 dans la revue *Nature* par le Suédois Anders Moberg a conclu que le refroidissement a bien été général et qu'il a au moins affecté tout l'hémisphère nord avec des températures moyennes inférieures de $-0,7$ à -1 °C par rapport aux valeurs de référence des années 1961-1990²⁹.

S'agit-il seulement d'une coïncidence ? Ou le Soleil est-il vraiment l'acteur principal de cette dernière petite crise de froid qu'a subie la Terre ? Pour l'instant, il n'existe pas d'explications totalement satisfaisantes mais des pistes intéressantes ont été explorées. Plusieurs groupes ont fait valoir que lorsque le Soleil était trop calme il devenait incapable de s'opposer à la pénétration de particules cosmiques qui circulent à la vitesse de la lumière à travers la Galaxie. La Terre n'est alors plus protégée et une pluie de particules de très hautes énergies vient tambouriner sur la haute atmosphère. Selon certains scientifiques, comme l'astrophysicien danois Henrik Svensmark, ces particules en déposant leur énergie dans l'atmosphère provoquent la condensation de gouttelettes d'eau, ce qui contribue à créer des nuages et augmente la couverture nuageuse sur Terre³⁰. Comme les nuages réfléchissent la lumière solaire et la renvoient vers l'espace, la Terre est alors moins

chauffée par le Soleil et se refroidit. Un Soleil calme peut donc refroidir la Terre exactement comme dans le cas de l'épisode du minimum de Maunder qui correspond au petit âge glaciaire. Et inversement, lorsque le Soleil est beaucoup plus actif comme c'est le cas depuis au moins une cinquantaine d'années, les nuages sont moins nombreux et le Soleil réchauffe plus efficacement la Terre et contribue ainsi au réchauffement climatique observé.

L'hypothèse des particules cosmiques paraît aujourd'hui suffisamment sérieuse pour avoir justifié une expérience originale baptisée CLOUD, en fin de construction auprès des grands accélérateurs de particules du centre européen CERN (Laboratoire européen pour la physique des particules) à Genève³¹. Dans une grande chambre de 4 mètres de diamètre, des aérosols vont être exposés à des particules de haute énergie provenant des accélérateurs pour simuler l'effet des particules cosmiques sur l'atmosphère. L'effet induit par le Soleil sera donc reproduit en laboratoire pour vérifier les mécanismes qui en résultent. Les premiers résultats sont attendus dans les mois qui viennent.

Il est assez probable que le Soleil joue un certain rôle qui n'a pour l'instant pas été totalement évalué dans toute la mécanique du réchauffement climatique et le GIEC devra sans doute en partie revoir sa copie. Cela a entraîné un débat enflammé entre les « non-Soleil » qui veulent exclure toute influence du Soleil et les « tout-Soleil » qui auraient la tentation de lui attribuer la totalité du réchauffement observé. En

France, la polémique qui a opposé à ce sujet deux scientifiques de renom, Jean Jouzel, vice-président du GIEC, et le géophysicien Vincent Courtillot, a été souvent reprise de façon très partisane par la presse, ce qui a obscurci le véritable débat. Comme souvent, la solution est sans doute médiane. Une partie des changements de température sont probablement liés à cette surprenante phase très active du Soleil depuis plusieurs dizaines d'années mais les gaz à effet de serre dont l'origine est l'activité humaine jouent aussi leur propre rôle. Reste donc à déterminer les proportions exactes et sans doute à revoir les prévisions trop catégoriques des rapports actuels.

Dans le grand récit, nous sommes presque arrivés au bout du voyage. À partir du creuset de lumière et de matière qui s'est fabriqué au tout début de l'univers, une petite fraction s'est retrouvée dans une étoile, le Soleil, et une planète, la Terre. La lumière a bouillonné dans les entrailles de cette étoile pendant des centaines de milliers d'années avant d'être recrachée depuis sa surface frémissante. Elle voyage ensuite sur 150 millions de kilomètres en seulement 8 minutes pour finalement rencontrer la Terre. Ses variations, ainsi que celles des particules expulsées par le Soleil, ont imposé leur loi déterminant les profondes transformations climatiques qu'a subies notre planète. Dans la période récente, le réchauffement qui a débuté il y a 12 000 ans a favorisé le développement de la race humaine dont le nombre est passé de quelques millions à désormais près de 7 milliards d'individus.

Comme la Terre a subi le Soleil, l'homme a aussi subi la lumière de l'astre du jour durant toute son évolution. Le dernier maillon du lien entre le Soleil et l'homme est le plus important, c'est cette fine couche protectrice de l'atmosphère qui à elle seule a permis la protection de la vie. Pour atteindre le vacancier qui au bord d'une plage prend son bain de soleil, la lumière du Soleil doit encore passer à travers cette pellicule d'air qui isole la Terre.

Ce subtil tamis laisse filtrer ce qui est essentiel et bloque ce qui est mortel. Car au-delà de la mince bande de l'arc-en-ciel visible s'étend tout un monde de lumières invisibles qui sont des mondes assassins. Ce monde imperceptible s'est révélé par des recherches comme celles de William Herschel qui en 1800, à l'aide d'un simple prisme et de thermomètres, démontra qu'en deçà du rouge de l'arc-en-ciel existe un rayonnement capable de chauffer le thermomètre, l'infrarouge. En 1810, William Ritter, par une expérience similaire, découvre qu'au-delà du violet un rayonnement est capable de noircir le papier d'argent, l'ultraviolet. D'autres rayonnements sont beaucoup plus étranges et agressifs. En 1895, Wilhelm Röntgen découvre que des décharges électriques dans les tubes à vide produisent des rayons inconnus, baptisés « rayons X », qui sont capables de traverser le verre. En 1896, Henri Becquerel découvre la radioactivité naturelle : cette fois-ci, c'est de l'intérieur de noyaux d'uranium que sortent des rayonnements inconnus qui impressionnent les plaques photographiques et parviennent à traverser le plomb, un rayonnement que le physicien français Paul Villard baptisera « rayons

gamma ». Toutes ces manifestations ne sont que les différentes formes d'un phénomène unique, la lumière selon son énergie.

Dans toute cette faune de lumière l'homme est presque totalement aveugle. Sur l'ensemble de toutes les fréquences lumineuses, il ne peut percevoir qu'une demi-décade sur plus de trente, soit moins de 2 % de l'ensemble des lumières du monde. L'univers lumineux qui nous entoure nous est donc presque totalement invisible. C'est ce qui nous rend particulièrement vulnérables, par exemple à l'exposition aux ultraviolets nocifs ou aux rayonnements dits ionisants de plus haute énergie comme les rayons gamma. En l'absence de toute perception, nous n'avons pas de sens qui permettent de nous alerter sur les dangers encourus. Et pourtant, en cas d'irradiation, par exemple lors d'accidents nucléaires, ces rayonnements ionisants sont très rapidement mortels. La radioactivité était initialement élevée sur la Terre, elle a lentement décru au gré de la désintégration naturelle des éléments radioactifs terrestres. Il est possible qu'elle ait tout d'abord empêché l'apparition précoce de la vie. Lorsqu'elle a progressivement diminué, la vie s'est finalement implantée. Il paraît donc totalement insensé que certaines technologies modernes, comme celle des centrales nucléaires, à seule fin de produire de l'électricité, fabriquent à nouveau et réintroduisent aujourd'hui dans l'environnement des substances radioactives mortelles que la nature a mis des millions d'années à faire disparaître. Le récent accident nucléaire de Fukushima est une nouvelle dramatique

illustration des dangers que font courir ces matières radioactives.

Il a été très vite réalisé en laboratoire que les rayons X et gamma, et à une moindre mesure les ultraviolets, étaient très dangereux pour tous les organismes vivants et Marie Curie a payé de sa vie la découverte des propriétés radioactives du radium. L'énergie de cette lumière particulière est suffisante pour traverser l'épiderme chez l'homme et déposer son énergie au cœur même des cellules, conduisant notamment à une rupture des longues molécules organiques comme l'ADN. Lorsqu'elles ne sont pas réparées spontanément par l'organisme, ces ruptures entraînent cancers et modifications génétiques. Mais les conditions de production de ces rayonnements sont très particulières. Ceux-ci requièrent soit une forte radioactivité de la matière, soit des températures extrêmement élevées de plusieurs millions ou milliards de degrés. Pendant longtemps, on a pensé que l'univers était incapable de produire ce genre de rayonnements puisque la surface des étoiles avait des températures de quelques milliers de degrés seulement. Mais l'aventure spatiale qui débute en 1957 par le premier Spoutnik va produire un véritable coup de tonnerre dans un ciel que l'on croyait serein. Les satellites, premiers objets humains portés au-delà de l'atmosphère, vont enregistrer venant de l'espace un déluge de rayons X et gamma. Car cette lumière mortelle est produite en abondance dans l'univers par certains astres particuliers très denses mais aussi par des étoiles aussi banales que le Soleil lorsque se déclenchent des éruptions à leur surface.

C'est bien l'atmosphère qui nous sauve la vie. Vu son épaisseur suffisante, elle est totalement opaque aux rayonnements les plus nocifs, rayons X et gamma qui sont totalement bloqués dans la haute atmosphère lorsqu'ils entrent en collision avec les atomes. Sans elle, nous serions transpercés sur Terre par cette lumière létale.

L'atmosphère arrête 100 % de ces rayonnements les plus néfastes. Elle ne redevient partiellement transparente qu'à partir d'une longueur d'onde d'environ 300 nanomètres qui définit souvent la frontière de l'ultraviolet. Plus généralement, on décompose ces rayonnements ultraviolets en trois classes par ordre d'énergie croissante (et de longueur d'onde décroissante), selon une convention utilisée pour évaluer les rayonnements solaires. Les UV-A (320-400 nm) les moins puissants passent sans encombre en atmosphère claire et atteignent le sol en grande majorité. Les UV-B (280-320 nm) d'énergie intermédiaire sont considérablement réduits par leur interaction avec les molécules d'ozone (O_3) et d'oxygène (O_2) de l'atmosphère mais une faible fraction atteint le sol. Les UV-C (100-280 nm), les plus nocifs, sont totalement arrêtés par l'atmosphère à une altitude d'environ 35 à 40 kilomètres par le même ozone.

S'ils peuvent entraîner des altérations de la peau et des yeux, les UV-A sont généralement considérés comme des rayonnements peu dangereux pour la vie. Une étude française récente vient néanmoins de mettre en évidence les mécanismes physicochimiques de lésions de l'ADN induits par ces UV-A³². En

revanche, les UV-B représentent la marge des rayonnements absolument dangereux pour la vie et qui passe pourtant au travers du cocon atmosphérique protecteur. Ils ont un statut paradoxal. D'un côté, leur énergie est suffisante pour causer des brûlures graves et des dégâts notables à l'ADN. De l'autre, cette même énergie est mise à contribution pour la production de la vitamine D, une vitamine essentielle pour l'assimilation du calcium et du phosphore. Cette action bénéfique du Soleil a bien été notée par les Grecs qui désignent encore aujourd'hui les bains de soleil sous le terme *ηλιοθεραπεία*, « héliothérapie », bien conscients que cette exposition au soleil était un soin et une aide essentielle à la vie.

La régulation des UV-B à la surface du globe par l'atmosphère est essentielle pour que la vie puisse bénéficier de leur effet positif sans être exposée à des risques trop grands. À ce titre donc, l'ozone, la principale molécule filtrant ces UV-B, a une importance capitale. Cette variante de l'oxygène existe en faible proportion dans l'atmosphère, formant dans sa partie haute, la stratosphère, une couche entre 15 et 40 kilomètres. Elle n'est qu'un composant très mineur car, ramenée à la pression atmosphérique du sol, la couche d'ozone dans sa totalité n'aurait qu'une épaisseur de 3 millimètres seulement ! La couche d'ozone est devenue brutalement célèbre en 1985 lorsque l'équipe du Britannique J. Farman a révélé l'existence d'un « trou d'ozone » au-dessus de l'Antarctique³³. En réalité, le terme est un peu excessif car il ne s'agit que d'une diminution d'environ 50 % de la concentration d'ozone. Depuis l'ozone a été mis

sous surveillance. Il existe bien une faible diminution générale d'ozone mais l'effet principal est un effet saisonnier : le trou se forme lors du printemps dans l'hémisphère Sud (en octobre) puis redisparaît. Il semble que le rôle principal soit joué par des nuages de cristaux de glace de haute altitude, les nuages polaires stratosphériques, qui se forment à cette période de l'année en raison du froid intense qui s'établit au cours de la longue nuit polaire sans soleil. Le cycle de l'ozone est complexe car il est à la fois détruit et reformé par les ultraviolets lorsque ceux-ci cassent la molécule d'oxygène. Dans ce cycle, des éléments secondaires comme des molécules chlorées ou azotées servent de catalyseur. Du fait de la circulation atmosphérique aux pôles, les nuages polaires concentreraient ces éléments catalyseurs et accéléreraient ainsi la destruction de l'ozone. Pour cette raison, des composés chlorés, les chlorofluorocarbones ou CFC, produits industriels intervenant en particulier dans des réfrigérants et aérosols, ont été rendus responsables et sévèrement limités mais rien ne prouve qu'ils soient les seuls responsables. La variabilité des ultraviolets et des particules émis par le Soleil pourrait aussi jouer un rôle.

Le trou d'ozone saisonnier est un véritable danger pour les populations de l'hémisphère Sud. À son maximum lors des années records de 2000 et 2006, il couvrait une vaste zone centrée sur le pôle Sud, supérieure en superficie à l'Amérique du Nord. Le sud du Chili et de l'Argentine est particulièrement exposé. Dans ces régions, l'indice UV est devenu l'élément essentiel de la météo et pas vraiment pour

les bains de soleil. Des villes comme Punta Arenas, à l'extrême sud du continent, ont dû faire l'objet de préventions particulières. L'indice UV est mesuré en permanence pour avertir les populations des périodes critiques durant lesquelles l'exposition au soleil est un véritable et immédiat danger.

L'atmosphère de notre planète est donc vitale pour la préservation de la vie évoluée. Elle constitue un écran total, une peau protectrice, elle-même surmontée d'un crucial vernis régulateur, la couche d'ozone, qui agit comme un véritable filtre solaire, diffusant une partie des UV tout en protégeant les yeux et la peau des êtres humains des UV les plus nocifs. L'équilibre dynamique de cette atmosphère fournit sans aucun doute un effet régulateur qui permet d'atténuer les trop fortes variations solaires mais il faut accepter que l'homme vive dans un univers en perpétuel changement et qu'il doive s'adapter en permanence. La peau humaine peut d'ailleurs s'adapter spontanément à des variations rapides d'exposition aux ultraviolets du Soleil par le mécanisme du bronzage.

Cette faculté a peut-être favorisé l'émergence de l'*Homo sapiens* par rapport à son cousin l'*Homo neanderthalensis* aujourd'hui disparu. L'*Homo sapiens* existe sans doute depuis 200 000 ans mais il n'est apparu sous sa forme d'homme moderne qu'il y a environ 50 000 ans. Depuis environ 350 000 ans dominait à la surface de la Terre une autre espèce humaine, l'homme de Neandertal, jusqu'à une période aux environs de 40 000 ans où il a soudainement disparu. Les raisons de sa disparition restaient assez

mystérieuses. Or des travaux très récents viennent de montrer que Neandertal pourrait avoir été victime de la couche d'ozone. Deux chercheurs français, Jean-Pierre Valet et Hélène Valladas, ont en effet remarqué que l'époque de la disparition du Neandertal coïncidait avec une période où le champ magnétique de la Terre avait considérablement décru³⁴. Or ce champ magnétique protège la Terre des particules cosmiques. Si ce champ décroît, l'atmosphère est brutalement bombardée par un grand nombre de particules qui détruisent la couche d'ozone. Pendant une période de plusieurs milliers d'années, entre 40 000 et 35 000 ans, le champ terrestre a été dix fois plus faible que le champ actuel et le vernis d'ozone a été ainsi considérablement écaillé par les particules cosmiques. Le trou d'ozone a alors affecté de très larges zones descendant en Europe jusqu'au sud de l'Espagne, les zones d'habitat du Neandertal. Particulièrement exposé aux UV-B en raison de sa peau claire, le Neandertal aurait succombé à cette exposition. L'homme moderne aurait lui survécu grâce à sa peau plus tannée qui l'aurait mieux protégé et aussi possiblement par son habitat sur des territoires plus vastes et des zones plus méridionales mieux protégées.

L'homme moderne aurait donc déjà sauvé sa peau grâce à sa peau ! Comme toute forme de vie sur Terre, l'être humain s'est adapté à son étoile vue à travers le filtre de l'atmosphère de sa planète. Son œil s'est adapté à la seule lumière du Soleil, tamisée par cette mince couche d'air, et sa peau s'est accommodée du rayonnement ultraviolet filtré par la fine couche

d'ozone. La vie a utilisé toutes ces propriétés pour se développer au mieux. La lumière solaire, infrarouge comprise, contribue à maintenir la température corporelle et les ultraviolets sont mis à contribution pour synthétiser une vitamine essentielle. Par le mécanisme subtil du bronzage, cette peau permet même une autorégulation de l'exposition. Rien d'étonnant donc à ce que nous ressentions le besoin du Soleil. C'est en quelque sorte un besoin naturel essentiel, un signal ancestral codé dans notre organisme qui nous rappelle que notre corps a besoin du rayonnement solaire, tout comme la soif et la faim nous signalent le besoin de boire et de manger. Il y a donc un bon et naturel usage du Soleil et les excès comportementaux apparaissent alors comme un profond dérèglement de cette nécessité vitale.

Ce qui reste surprenant au vu de l'histoire récente du Soleil et du climat, c'est l'incroyable capacité d'adaptation de l'homme. On imagine trop souvent son évolution relativement récente dans un environnement relativement stable. Ainsi parle-t-on de sa migration à l'échelle du globe de telles régions actuellement chaudes vers telles autres plus tempérées. En réalité, ces références climatiques sont totalement illusoires au vu des changements de température mesurés par les archives de glace. La température du globe a tellement varié de façon répétitive sur quelques dizaines de milliers d'années que la physionomie de l'ensemble de la planète a été chaque fois bouleversée. Lors des dernières glaciations dont les pics se sont situés entre - 130 000 et - 17 000, on peut imaginer que le stockage de l'eau dans les glaces

a amené à assécher l'atmosphère, augmentant l'exposition aux ultraviolets. À l'inverse, le réchauffement aux environs de - 120 000 correspondait sans doute à un surcroît d'humidité filtrant plus efficacement la lumière solaire. Chaque fois, les données climatiques régionales ont profondément évolué et, dans cette évolution dynamique, l'homme a dû sans doute réajuster continuellement son métabolisme, ses habitudes alimentaires et jusqu'à la couleur de sa peau.

Aujourd'hui, à la surface de la Terre actuelle, l'exposition de la peau au rayonnement solaire varie principalement en fonction de l'altitude et des lieux, saisons et heures. Le facteur dominant d'atténuation est l'épaisseur d'atmosphère traversée, ce que les astronomes appellent la masse d'air. Bien évidemment, cette atténuation diminue avec l'altitude - c'est pour cette raison que les observatoires sont situés au sommet des montagnes. À une altitude de 2 000 mètres, la masse d'atmosphère est réduite de 20 % et elle est diminuée de moitié à 5 600 mètres. Cette moindre absorption augmente la quantité d'UV reçue mais également l'exposition aux particules cosmiques, ce qui nécessite de se protéger yeux et peau particulièrement efficacement à haute altitude.

À même altitude, la différence vient ensuite de la latitude du lieu qui détermine la hauteur maximale du Soleil sur l'horizon. Dans une bande autour de l'équateur située entre - 23° et + 23° de latitude, soit entre les deux tropiques du Cancer et du Capricorne, le Soleil passe au moins une fois au zénith, c'est-à-dire à la verticale exacte du lieu, moment où l'exposition est par définition maximale. Bien que souvent

tempérée autour de l'équateur par la couverture nuageuse, toute cette bande voit donc ainsi augmenter notablement les risques d'exposition. À une même date, l'exposition au soleil varie très notablement entre les régions tempérées (45°) et tropicales (23°) car la différence d'absorption atteint 40 % en hiver, allant évidemment jusqu'à 100 % pour la nuit polaire.

Enfin, pour un même lieu, les différences sont liées aux saisons et au moment de la journée. Dans les régions tempérées (45°), la différence d'exposition entre l'été et l'hiver est de 55 % alors qu'elle n'est que de 13 % pour les régions tropicales, ce qui y explique la sensation atténuée des saisons. En dernier lieu, l'exposition au soleil varie au cours de la journée. L'exposition maximale intervient lorsque le Soleil est au plus haut, c'est-à-dire au midi « vrai », une notion souvent devenue très floue en raison des décalages horaires. En France, le midi vrai est en réalité vers 2 heures de l'après-midi en été, du moins à Paris qui est proche du méridien de référence de Greenwich. Mais, en raison des différences de longitude, midi en France n'est pas midi partout au même moment. Lorsqu'il est midi « vrai » à Paris, il est en réalité 12 h 22 à Strasbourg et 11 h 32 à Brest, soit près d'une heure d'écart bien que ces trois villes utilisent la même heure légale. Ce sont ces heures solaires « vraies » qui étaient autrefois indiquées au fronton des horloges avant l'invention du télégraphe et du chemin de fer qui a nécessité l'uniformisation des heures.

Le dernier paramètre de l'exposition est bien connu des vacanciers, c'est l'état de l'atmosphère et son

contenu en nuages. Les nuages suppriment tous les bienfaits du soleil même si parfois une atmosphère humide peut laisser filtrer des ultraviolets.

Le Soleil de demain

Le Soleil occupe donc une place déterminante dans l'évolution de la Terre, des organismes vivants et en particulier de l'espèce humaine. Qu'en sera-t-il demain ? En raison de la surpopulation sur Terre, il est de plus en plus souvent évoqué la possibilité que le futur de l'homme soit dans l'espace, notamment par la colonisation d'autres corps du système solaire comme la planète Mars. Mais est-ce vraiment possible ? Bien que cela soit rarement dit, les limites de ces explorations ne sont pas pour l'homme d'ordre technologique en raison des distances ou psychologique en raison de l'isolement mais bien physique en raison de l'incapacité de sa peau à lui offrir une protection suffisante aux radiations.

L'espace est mortel pour l'homme, le lieu de tous les dangers. Le 4 août 1972, une fantastique explosion solaire, comme il s'en produit une tous les 10 ans environ, a inondé l'espace durant 16 heures, d'un flot intense de particules issues du Soleil à des vitesses très élevées qui ont balayé tout l'espace interplanétaire. Ces particules, comme autant de microscopiques et imperceptibles balles de fusil, peuvent pénétrer des épaisseurs de plusieurs dizaines de centimètres de blindage métallique. Par chance, cette déflagration a eu lieu entre les deux dernières visites

d'hommes sur la Lune, les missions Apollo 16 en avril 1972 et Apollo 17 en décembre 1972. Si elle était intervenue pendant une sortie des astronautes sur la Lune, ceux-ci auraient été probablement mortellement irradiés.

Dès que l'homme s'aventure dans l'espace suffisamment loin de la Terre, il risque donc sa vie. En plus de l'atmosphère et de la couche d'ozone, il existe pourtant autour de la planète une troisième protection contre les particules mortelles du cosmos, celle de la magnétosphère. Celle-ci est délimitée par les lignes du champ magnétique de la Terre qui, du pôle Nord au pôle Sud, dessine une figure en aile de papillon, s'étendant au niveau de l'équateur jusqu'à 60 000 kilomètres dans la direction du Soleil et près de 600 000 kilomètres à l'opposé. Sur cette vaste structure magnétique, les particules cosmiques électriquement chargées viennent littéralement rebondir. Elles ne peuvent pénétrer que vers les pôles Nord et Sud où elles produisent les magnifiques aurores boréale et australe. À elles seules, la magnétosphère et l'atmosphère terrestres divisent par plus de 40 000 la dose de radiation que nous devrions recevoir à cause des rayonnements et particules cosmiques !

Mais, dès qu'un vaisseau spatial sort de cette bulle magnétique, il est soudain exposé à l'ensemble des dangers invisibles, non seulement les rayonnements ionisants (rayons X et gamma) mais les particules cosmiques rapides (électrons et noyaux d'hydrogène, d'hélium et d'éléments lourds). Les cosmonautes ont d'ailleurs été les premiers à noter les effets directs : les yeux fermés, ils perçoivent des éclairs lumineux

qui sont produits lorsque l'une de ces particules traverse leur globe oculaire !

Pour limiter ces irradiations, il faut se protéger derrière un blindage métallique. Une épaisseur d'au moins 30 centimètres d'un métal léger comme l'aluminium est nécessaire pour diviser par deux la dose reçue mais cela augmente de plusieurs centaines de tonnes la masse d'une station orbitale. Pour les voyages vers Mars, il faut imaginer réserver aux cosmonautes un espace de survie, en utilisant probablement les réservoirs de combustible comme écrans passifs. Mais une fois arrivés sur place, le problème persiste car Mars n'a qu'une atmosphère ténue, cinquante fois moins efficace comme écran que sur la Terre. Dans l'incapacité d'apporter sur place des quantités importantes et lourdes de matériaux de blindage, il ne reste qu'une solution : s'enterrer dans le sol martien sous au moins 10 mètres de profondeur pour réduire la dose à celle reçue sur Terre³⁵. Pas vraiment un point de vue de rêve pour admirer le cosmos !

Sauf à imaginer une longue succession d'adaptations génétiques, l'homme actuel n'est donc pas adapté à l'espace. Quels que soient ses rêves d'exploration, par sa peau et ses yeux, il reste physiquement et intimement lié à sa planète mère et condamné à y rester.

Dernier venu dans l'histoire du cosmos, sa partition se joue sur une note très fugitive, à peine perceptible dans le grand concert cosmique. Sa présence anecdotique est rendue aveuglante si l'on imagine résumer toute l'histoire de l'univers sur une seule année dans

laquelle le big bang intervient alors le 1^{er} janvier à 0 heure et le présent le 31 décembre à 24 heures. Dans ce grand calendrier cosmique, si la Galaxie se forme avant la fin du mois de janvier, le Soleil n'apparaît qu'au début septembre en même temps que la Terre. Les premières traces de vie sont là seulement le 22 septembre, l'oxygène emplit l'atmosphère à partir de fin octobre et les organismes multicellulaires font leur apparition le 8 novembre. La vie développée apparaît sous la forme des vertébrés dans le dernier mois, le 18 décembre ; les dinosaures émergent le 25 décembre et disparaissent le 30 décembre à 17 heures. Le plus ancien ancêtre de l'homme ne se manifeste que le dernier jour, le 31 décembre à 20 h 15, l'homme de Neandertal à 23 h 45 et l'homme moderne arrive enfin à 23 h 58 dans les deux dernières minutes. Et toute son histoire civilisée depuis 5 000 ans tient en totalité dans les 10 dernières secondes de cette grande année cosmique ! L'homme n'est donc qu'un ultime maillon minuscule de la grande histoire. Quel sera son futur et combien de temps lui reste-t-il à vivre ? S'il est aussi résistant que son dernier cousin Neandertal, alors il disparaîtra dans quelques dizaines de milliers d'années, soit à peine quelques minutes de plus dans la nouvelle année de notre calendrier cosmique. Mais, vu la complexité de son organisme et les dangers de sa propre technologie, l'homme moderne paraît particulièrement fragile et il est probable qu'il ne dure pas aussi longtemps.

Nous avons aujourd'hui une notion beaucoup plus précise et réaliste de notre position et de celle de notre

planète. Pendant longtemps on a imaginé notre Terre comme totalement close sur elle-même. Les anciens Grecs l'avaient même enchâssée dans des sphères cristallines rigides et immobiles. Aujourd'hui, on commence à prendre conscience que ce majestueux vaisseau cosmique est en mouvement perpétuel. Il ne croise pas inaltéré dans l'espace mais respire avec l'ensemble du cosmos. Plongé dans le vaste univers, il y est en osmose, soumis aux incessantes variations et aussi aux cataclysmes les plus inattendus. Des dangers permanents menacent l'intégrité de la Terre comme les astéroïdes, ces petits corps aux trajectoires imprévisibles qui peuvent à tout moment percuter la Terre et causer un cataclysme global comme celui qui fut sans doute à l'origine de la disparition des dinosaures. De puissantes explosions d'étoiles qui irradient le cosmos d'un flot de rayonnement gamma, des variations du champ magnétique terrestre ou des éruptions solaires modifient aussi en permanence les conditions sur Terre, la soumettant à d'intenses radiations. Malgré toutes les protections, la vie sur la planète reste donc très exposée. Et pourtant, continuellement, des espèces vivantes ont été créées, ont muté, évolué et totalement disparu. Pendant longtemps, on s'est interrogé sur le moteur de cette évolution. Hasard ou nécessité, la cause réelle de ces mutations reste encore obscure mais il est possible que ces transformations soient justement la conséquence de cette interaction permanente de la Terre avec le cosmos. C'est donc bien alors l'univers tout entier qui dirigerait l'évolution de la Terre.

Évolution humaine et rayonnement solaire

Alain Froment

L'espèce humaine est née au grand soleil d'Afrique, lequel est pour nous non seulement un besoin vital, mais surtout le moteur de notre évolution, de notre histoire migratoire et de la construction de notre diversité biologique. Une grande partie de cette histoire s'est écrite au niveau de la peau, ce tissu complexe qui nous protège des agressions extérieures, mais joue aussi un rôle fondamental dans la régulation si délicate de notre température. Avec environ 3 kilos, c'est le plus gros et surtout le plus visible de nos organes ; sa tonalité, issue de notre relation au soleil, est le caractère le plus immédiatement apparent de notre identité et, à ce titre, engendre encore des préjugés raciaux considérables. Pour cette raison, l'étude de la couleur de peau est, tout comme la craniométrie, assez mal considérée par les sciences sociales et l'opinion courante, en raison d'une confusion avec le racisme dit scientifique. C'est pourtant à une science bien légitime, l'anthropologie biologique, qu'il

appartient de traiter de l'évolution de l'espèce humaine, qui comme toute autre, fait partie du règne animal.

Diversité biologique et évolution humaine

L'anthropobiologie a pour objet l'histoire naturelle du genre humain, et notamment l'étude de la diversité des hommes, dans le temps et dans l'espace. La cause de cette diversité réside dans des réponses à des pressions du milieu, qu'il s'agisse du climat, des choix alimentaires, ou de l'effet des maladies ; mais des événements génétiques aléatoires et neutres du point de vue adaptatif, c'est-à-dire ni avantageux ni nuisibles, jouent aussi un rôle. On peut ainsi étudier la genèse des peuplements et l'histoire des migrations, la microévolution et l'adaptabilité de l'espèce humaine, dans une perspective écologique, ainsi que la coévolution de l'Homme* et des maladies. Puisque son propos est de décrire puis d'expliquer la diversité de l'espèce humaine, l'anthropologie a commencé par faire le catalogue des variations morphologiques de l'humanité actuelle et passée. Son champ s'est structuré au XIX^e siècle sous l'impulsion des anatomistes, notamment le célèbre Paul Broca, mais il a des racines bien antérieures.

Ainsi, dans les tombes pharaoniques, telle celle de Séthi I^{er} (1280 av. J.-C.), les Égyptiens et les trois

* Par convention on écrit souvent Homme avec une majuscule quand il s'agit du genre humain dans son ensemble, et non du sexe masculin.

groupes humains qui les bordent au sud (Nubiens), à l'est (Sémites) et à l'ouest (Berbères) sont bien identifiables, tant par leur couleur de peau que par leur coiffure et leur vêtement. Les premiers grands voyageurs, depuis Hérodote jusqu'au philosophe François Bernier (1620-1688), auteur d'un article fondateur¹, décrivent l'humanité en termes de couleur de peau. Lorsque le célèbre naturaliste Carl von Linné (1707-1778) entreprend son œuvre monumentale de classification des êtres vivants, le *Système de la nature*, il inscrit en 1735 les humains dans le règne animal, en forgeant le terme d'*Homo sapiens*, et décrit leur diversité sur une base géographique. À côté de créatures encore mal définies ou d'exemples issus d'anomalies congénitales spectaculaires, regroupés sous le terme d'*Homo monstruosus*, il divise les *Homo sapiens* en cinq sous-espèces : *ferus* (les « hommes sauvages » à l'identité imprécise), *europaeus*, *asiaticus*, *afer* (africain), et *americanus* ; seuls manquent les Australiens, peu connus avant les récits de James Cook, qui ne débarque à Botany Bay qu'en 1770. En 1775, Blumenbach (1752-1840), élève de Linné, dans sa thèse de médecine qui deviendra classique, distingue par ordre de ressemblance le Caucasien « blanc », l'Américain « rouge », le Mongol « jaune », le Malais (Malayo-polynésien, on parle aujourd'hui d'Austronésien) « brun » et l'Éthiopien « noir ». Là encore, à chaque zone continentale est attribuée une couleur de peau, ce qui, avec le style qu'on lui connaît, fera dire à Buffon : « L'homme, blanc en Europe, noir en Afrique, jaune en Asie et

rouge en Amérique n'est que le même homme teint de la couleur du climat. »

Cette question de la couleur de peau, longtemps enlisée dans les inventaires de la raciologie, est en fait un caractère évolutif majeur qui a dans l'histoire de l'Homme davantage changé que beaucoup d'organes internes, cerveau mis à part. On parlera ici sans problème des Blancs et des Noirs, définis par une pigmentation plus ou moins intense, mais sans en faire pour autant des catégories raciales déterminées. En effet, il ne fait pas de doute que d'une région du monde à l'autre des différences physiques génétiquement transmises existent, et puissent être facilement identifiables, et que la couleur de peau, parmi d'autres caractères dont certains sont squelettiques, en fasse partie. Cependant, la notion de race repose sur une *discontinuité* de types prédéfinis, permettant de les catégoriser comme des entités séparées. La biométrie comme la génétique montrent qu'il n'y a en fait aucune discontinuité dans ces variations, mais qu'au contraire on observe des gradients progressifs (ou *clines*, mot anglais d'origine française que l'on retrouve dans « déclin ») s'opposant à la création de catégories fermées. Voilà pourquoi, non pas pour des raisons morales, mais sur une base concrète et objective, l'anthropologie biologique récuse la notion de race. Du reste, les auteurs anciens n'étaient pas vraiment dupes de leur classification, car entre les « grand' races » qu'ils avaient décrites et qui correspondaient grossièrement à chaque continent, ils avaient créé quantité de « races intermédiaires » ou

« *borderline* » pour rendre compte des transitions observées entre les groupes.

Sans lumière du soleil, il n'y aurait pas de vie sur Terre. La physiologie des animaux vivant dans les grands fonds ou les cavernes obscures ne résulte que d'adaptations ultérieures dérivées d'ancêtres vivant au jour. Nous « mangeons » véritablement de la lumière, mais indirectement, en consommant des plantes qui, elles, grâce à la photosynthèse, utilisent de façon directe l'énergie solaire pour la convertir en matière organique. C'est du reste cette propriété qui différencie les animaux des végétaux. Cela n'empêche pas certains illuminés de croire au respirianisme, le fait de ne se nourrir que de lumière ou « prana »². Cette douteuse doctrine a été illustrée par un documentaire du réalisateur autrichien Peter Straubinger intitulé *Lumière*, centré sur le personnage du yogi indien Prahlad Jani, âgé de 84 ans, qui affirme ne plus rien consommer depuis l'âge de 10 ans ; observé pour les besoins du film pendant 15 jours, il n'aurait ni mangé, ni bu, ni uriné, ni déféqué. Il n'y a cependant pas d'études objectives sur ce phénomène, empreint d'une grande part mystique, puisqu'on constate par ailleurs qu'un jeûne total, même motivé par des convictions politiques fortes, comme dans le cas des grèves de la faim, aboutit à la mort en quelques semaines. On sait seulement qu'un peu d'oxygène, de l'ordre de 1 ml/mn, soit 0,4 % de nos besoins journaliers, peut être absorbé à travers la peau, une propriété ancienne héritée de nos ancêtres

poissons, qui ne suffit à oxygéner directement que les cellules de l'épiderme³.

Ce passage du poisson aux mammifères constitue une grande épopée de la vie, comme l'a très bien raconté le paléontologue Neil Shubin à propos du « poisson qui est en nous »⁴. Il est par exemple amusant de constater que c'est le même gène qui provoque la variante *golden* chez le poisson-zèbre, courant dans nos aquariums, et une couleur de peau claire chez l'Homme⁵. Les principales étapes de cette aventure sont la conquête du milieu terrestre, l'apparition des animaux à sang chaud puis l'augmentation des besoins énergétiques, notamment pour nourrir un cerveau de plus en plus gourmand au cours de l'homini-
sation. Depuis l'apparition des poissons, le corps des vertébrés était couvert d'écailles protectrices, et ces écailles se révéleront utiles aux premiers tétrapodes (animaux à quatre pattes) qui commencent à se traîner sur la terre il y a environ 365 millions d'années. Elles sont faites de kératine, une protéine fibreuse et rigide grâce au soufre qu'elle contient, insoluble dans l'eau, qui se déclinera au décours de l'évolution en cheveux, poils, laine, ongles, griffes, becs, cornes, sabots, carapaces, plumes, bref l'ensemble des phanères (étymologiquement « ce que l'on montre »). Lorsqu'on l'observe à la loupe, on peut constater qu'il reste dans la structure polygonale de notre peau quelques traces de cette origine écail-
leuse, et bien que, contrairement aux plumes, on manque de preuves fossiles, on pense que l'apparition des poils remonte au temps des dinosaures. La peau comporte aussi trois systèmes de glandes : sébacées

(le sébum sert à lustrer les poils et les cheveux) ; apocrines (confinées chez les grands primates, humains compris, aux zones génitales et axillaires, et sécrétant des phéromones) et eccrines, les glandes sudoripares, qui sont 2 à 4 millions réparties sur tout le corps. Débouchant sur la peau, à la différence des autres, par un pore indépendant du poil, elles existent à des degrés divers chez tous les mammifères, depuis au moins 65 millions d'années, mais elles ont connu, avec la perte du pelage, un développement unique à notre espèce car, associées au réseau vasculaire sous-cutané qui peut se dilater ou se contracter, elles jouent un rôle majeur dans la régulation de la température du corps, en sécrétant la sueur, un liquide inodore et acide très volatil car fait à 99 % d'eau, dont l'évaporation rafraîchit la peau nue.

Les découvertes de fossiles, en Éthiopie et au Kenya notamment, nous apprennent que nous les Hommes modernes, *Homo sapiens*, sommes une espèce relativement récente, environ 200 000 ans, et d'origine africaine. Mais cet *Homo sapiens* a été précédé par une longue évolution, en Afrique, et dans tout l'Ancien Monde. Darwin, en 1871, avait bien vu que puisque les animaux les plus proches de nous sont les gorilles et les chimpanzés, notre ancêtre commun doit être africain. Les découvertes de la paléontologie humaine, après s'être un moment attardées en Indonésie avec le pithécanthrope de Java, puis en Chine avec le sinanthrope de Pékin, ont confirmé l'intuition de Darwin avec en 1924 la découverte du premier australopithèque en Afrique du Sud. Des australopithèques ont depuis été trouvés

dans toute l'Afrique australe et orientale, et même au Tchad, dans des terrains vieux de 5 à 2 millions d'années. C'est du reste aussi du Tchad que provient ce que l'on considère actuellement comme l'homme le plus proche de la divergence entre le rameau humain et celui des (autres) grands singes, *Sahelanthropus tchadensis*, dit Toumaï, vieux de 7 millions d'années. Le berceau de notre espèce se situe donc du côté des grands primates arboricoles de la forêt équatoriale africaine. Ce milieu, quoique chaud, n'atteint pas des températures extrêmes ; il résulte de notre histoire évolutive que notre température de neutralité thermique ou TNT, celle pour laquelle, nus, nous ne ressentons ni sensation de chaleur ni sensation de froid, est de l'ordre de 26 °C dans l'air. C'est la raison pour laquelle nous avons tendance à rechercher ce confort, même si nos inventions ultérieures (le vêtement, le feu, les habitations) nous ont permis de nous affranchir de cette contrainte biologique, et de conquérir des territoires de plus en plus éloignés des zones tropicales.

La couleur de peau des mammifères, sous leur pelage, est en général claire mais pas toujours ; par exemple le macaque rhésus a une peau blanche mais le macaque à queue de cochon a la peau pigmentée. Le chimpanzé peut avoir une face claire à la naissance, laquelle a tendance à foncer avec l'âge, alors que la peau du gorille est sombre. Bien que nous ayons autant de poils que nos cousins primates, leur régression en duvet corporel, à l'exception du scalp où nos cheveux font preuve d'une vigueur inédite

dans le règne animal, a conféré à la pigmentation un rôle majeur dans la thermorégulation. Comme on n'a trouvé aucun reste d'hominidé fossilisé avec ses téguments, le raisonnement qui reconstitue cette transformation doit s'appuyer sur l'anatomie comparée et les lois de la physiologie, car en biologie les questions évolutives ne doivent pas être abordées isolément, mais en les situant dans l'ensemble du fonctionnement de l'organisme. Pour comprendre notre relation au soleil, il faut considérer que les premiers *Homo*, en conquérant un milieu plus ouvert et plus chaud que leur milieu d'origine, ont développé plusieurs adaptations corrélées entre elles : la bipédie, l'expansion du cerveau, la régression des poils, la sudation, un accroissement du format corporel, des changements de proportions, l'épaississement de la couche adipeuse dermique, l'augmentation de sa vascularisation, des modifications faciales et capillaires, et bien sûr la diversification de la pigmentation cutanée.

Dès le début de la paléontologie humaine, on s'est demandé ce qui était apparu en premier, un gros cerveau ou la bipédie : était-ce la marche sur deux pattes qui avait permis la croissance du cerveau, ou bien un singe dont le cerveau s'était exagérément développé avait-il fini par se redresser ? On sait à présent que nos tout premiers ancêtres ont d'abord manifesté des indices de bipédie, déjà perceptible chez *Sahelanthropus tchadensis*, à 7 millions d'années, ainsi que chez *Orrorin tugenensis* découvert en 2000 au Kenya, et vieux de plus de 6 millions d'années.

Lorsque la forêt s'éclaircit, il faut se déplacer davantage pour trouver des ressources comestibles, et la marche pataude du chimpanzé, semi-redressée mais où le membre antérieur s'appuie sur les phalanges, n'est pas adaptée à cette exigence de mobilité. Il y a environ 3,2 millions d'années, l'enfant australopithèque d'Éthiopie surnommée Selam se révèle assez humaine sous la ceinture, avec son pied d'apparence bipède, et assez chimpanzé (main, clavicule) au-dessus. Or la savane est un milieu très ensoleillé, où l'organisme doit faire face à des températures qui dépassent celles du corps ; chez l'homme la température interne de 37 °C ne tolère qu'une très faible variation, même s'il fait + 45 °C dehors. Les mammifères qui vivent dans cet écosystème économisent leurs déplacements pour ne pas générer de chaleur interne excessive, qui ferait monter dangereusement leur température centrale. Ils peuvent courir très vite, pour attaquer une proie s'ils sont carnivores, ou fuir s'ils sont herbivores, mais ne peuvent pas maintenir plus de quelques minutes des pointes de vitesse élevée. D'autres solutions pour supporter la chaleur consistent à accroître sa masse corporelle (éléphant), à vivre dans l'eau (hippopotame) ou à augmenter sa surface d'échange (girafe). Pour les premiers ancêtres de l'Homme, une opportunité se présentait sous forme d'un créneau écologique vacant : la capacité de courir pendant les heures chaudes de la journée pour traquer le gibier sans trop risquer le coup de chaleur. Certains ont du reste fait l'hypothèse qu'être bipède permettait de minimiser la surface du corps exposée en plein midi, l'heure où sommeillent le

gibier et les grands fauves, mais ce n'est pas la plus plausible de la quinzaine d'explications proposées pour le passage à la bipédie.

Il existe en zoologie une observation, la règle d'Allen, formulée en 1877, qui dit que les membres et parties protubérantes des animaux homéothermes sont d'autant plus allongés que la température ambiante est chaude. La valeur relative de la surface du corps, rapportée au volume ou à la masse, augmente dans les climats chauds. C'est un système agissant comme un radiateur, qui permet de dissiper la chaleur endogène, en accroissant la surface de peau, rafraîchie par la sueur ; celle-ci, à la façon du linge mouillé qui entoure la gourde du voyageur pour garder la boisson fraîche, pompe de la chaleur en s'évaporant ; dans notre espèce, le volume de sudation par 24 heures est remarquable, il peut atteindre 7 % du poids du corps. Plus la surface est grande par rapport à la masse corporelle, plus la dissipation est efficace. Au cours de cette phase évolutive, nos ancêtres sont donc passés de la silhouette trapue de leurs cousins primates à une structure beaucoup plus déliée, avec des membres allongés et une haute stature, telle que le montre l'adolescent *Homo ergaster* fossile de Nariokotomé, daté de 1,7 million d'années au Kenya, qui, à 12 ans (d'après son âge dentaire), mesurait déjà 1,60 mètre et aurait donc pu atteindre 10 à 20 centimètres de plus une fois sa croissance achevée⁶. Les longues jambes se trouvent aussi adaptées à la course, tandis que le pied, grâce à la longueur du talon, transforme le tendon d'Achille en un puissant ressort.

Parallèlement, l'orifice nasal, qui est très enfoncé chez les gorilles et les chimpanzés, mais aussi chez les australopithèques, évolue vers un appareil respiratoire externe de plus en plus saillant, pour augmenter la surface de contact entre l'air inspiré et les muqueuses nasales. En effet, si l'atmosphère de la forêt est très humide, à la limite de la saturation, il n'en va pas de même de l'air très sec de la savane, qui serait très irritant pour les bronches et les poumons s'il n'était pas d'abord humidifié dans les fosses nasales. Finalement, au terme de cette longue évolution marquée par des changements morphologiques importants et propres à l'Homme seul, nos ancêtres du genre *Homo* sont devenus des primates plus grands de taille, marcheurs, vivant en milieu ouvert, nus sous le soleil, et donc amenés à développer une adaptation supplémentaire face au rayonnement ultraviolet : la couleur de la peau, gouvernée par un pigment bien particulier, la mélanine.

La mélanine, pigment essentiel

Pigment très ancien et répandu dans tout le règne animal, à l'origine, par exemple, de la couleur de l'encre des seiches, la mélanine est une molécule extraordinaire. Elle a des propriétés antioxydantes, mais aussi supraconductrices et électroluminescentes, saluées par le Prix Nobel de chimie en 2000 ; c'est aussi la structure moléculaire la plus performante pour absorber les sons, ce qui explique peut-être sa présence dans l'oreille interne. On en trouve dans des

formes rudimentaires d'organismes, champignons et bactéries, avec déjà un rôle protecteur contre les ultraviolets mais aussi une implication dans la virulence infectieuse – ainsi chez les invertébrés la mélanine détruit les pathogènes en les encapsulant. Chez les champignons dits radiotrophiques, elle agit comme un système de photosynthèse qui transforme les rayons solaires en énergie nutritive. Dans la peau humaine, elle est fabriquée dans des cellules spécialisées, les mélanocytes, sous deux formes, eumélanine, foncée, et phéomélanine, jaunâtre, qui se concentrent surtout au niveau des lèvres, des mamelons et du gland pénien. Ces deux mélanines colorent les vertébrés terrestres depuis l'époque des dinosaures, et leurs variations obéissent, sur le plan biogéographique, à la règle de Gloger, énoncée en 1833, qui note que la couleur des plumes ou du pelage est d'autant plus sombre que le milieu est plus humide ; les écosystèmes humides étant plus riches en microbes, la mélanine foncée aurait un rôle protecteur. En outre, pour des raisons de camouflage, le ramage est plus riche en mélanine jaune dans les milieux plus secs. La pathologie dermatologique s'exprime différemment selon la couleur⁷, et on peut se demander si une peau sombre protège mieux des infections cutanées à bactéries et champignons. La couche cornée des personnes à peau foncée ou très bronzée est plus épaisse et renforce la protection mécanique. De plus, les mélanocytes ont une fonction immunitaire et font barrière aux microbes dans l'épiderme⁸, et comme, au nom du principe de biodiversité, il y a moins de pathogènes dans les climats

froids que dans les zones tropicales, véritables incubateurs à microbes, la perte de mélanine n'était sous ce rapport pas trop gênante, après la sortie d'Afrique. Des observations anciennes ont montré qu'il y avait une relation entre couleur des cheveux et susceptibilité à certaines infections, comme la poliomyélite, mais on ne dispose pas de beaucoup de documentation sur cette question.

Il existe aussi une neuromélanine dans le cerveau, qui donne sa couleur notamment au corps strié et à la *substantia nigra*, et dont la fonction est mal connue. Ce pigment est peu visible dans le cerveau des sujets jeunes et s'accumule avec l'âge, et on pense qu'il agit comme capteur pour des ions métalliques toxiques pour la cellule ; ainsi dans la maladie de Parkinson, la neuromélanine est raréfiée et le taux de fer cérébral augmenté, et puisque cette maladie est plus fréquente chez les Blancs que chez les Noirs, un rôle protecteur de l'eumélanine est suspecté. Il y a en effet une origine biochimique commune entre mélanine et dopamine, un neurotransmetteur important, à partir de la tyrosine. De même, il se pourrait que la relation structurale entre mélanine et nicotine puisse expliquer la plus grande dépendance des sujets à peau foncée au tabac, et le lien entre mélanome et tabagisme. La question de la présence de mélanine ailleurs dans l'organisme a mobilisé l'attention des naturalistes de l'Antiquité, qui se sont doctement demandé si la couleur du sperme des Noirs était noire, ignorant le proverbe tutsi du Rwanda qui observe avec sagesse

que le lait de la vache noire n'est pas noir. Pour autant, la présence de mélanine dans des organes profonds comme le péritoine, ou dans l'épiderme d'animaux nocturnes, suggère que son rôle est loin de se limiter à un filtre à ultraviolets.

Le mélanocyte, dont l'origine embryologique se rapproche de celle du neurone, est localisé dans la couche basale de l'épiderme, et il fabrique la mélanine. Celle-ci va se polymériser sous forme de grains, au sein des mélanosomes, des corpuscules très structurés, qui diffusent dans les cellules épithéliales puis se délitent sous forme de poussière de mélanine, ce qui donne une couleur homogène à la peau. Le nombre de mélanocytes varie selon les endroits du corps, plus dense au niveau du scrotum par exemple, mais reste le même chez les sujets foncés comme clairs. Chaque mélanocyte transfère ses mélanosomes à une quarantaine de cellules de la couche basale, qui elles-mêmes ne les reçoivent pas passivement, mais jouent un rôle régulateur sur le mélanocyte, faisant de la coloration de la peau un processus étonnamment complexe. La différence d'intensité du pigment est due à la façon dont les mélanosomes, contenant soit de l'eumélanine, soit de la phéomélanine, sont empaquetés, ils sont de plus grande taille et restent dispersés dans le cytoplasme des kératinocytes dans la peau foncée, et plus petits, groupés et encapsulés dans la peau claire. Formant une coiffe au-dessus du noyau des cellules de la couche basale de l'épiderme, ils les protègent des effets délétères des ultraviolets. Au

final, c'est donc l'aspect, l'agrégation, et la composition des mélanosomes qui donnent aux peaux africaines, asiatiques et européennes leur tonalité.

La stimulation solaire provoque le bronzage, c'est-à-dire la production de mélanine supplémentaire, dite facultative, par augmentation de la taille et du nombre d'eumélanosomes ; ce mécanisme de photoadaptation est une acclimatation qui existe chez les primates supérieurs mais se limite évidemment chez eux à la pigmentation faciale. Chez l'Homme il s'étend au corps entier, ce qui a donné l'idée à des artistes de décorer la peau sans tatouage permanent, à travers des pochoirs comportant des motifs complexes qui impriment leur image quand on s'expose au soleil. Le caractère labile et réversible du bronzage permet à l'Européen d'atténuer l'impact des rayons solaires en été, mais aussi de pâlir en hiver et donc de mieux absorber les UV raréfiés à cette période. Le bronzage apparaît immédiatement après une exposition aux UV-A mais s'efface dans les heures qui suivent car il n'implique pas de multiplication des mélanosomes, laquelle nécessite 2 à 3 jours de latence. Ce délai entre le coup de soleil, causé, lui, par les UV-B, et la mélanisation durable fait de celle-ci un mécanisme de défense retardé, dont la latence peut entraîner des lésions sérieuses.

La couleur de peau a d'abord été décrite par rapport à des échelles chromatiques, comme celles utilisées pour les papiers peints, telles les briques colorées de von Luschan, qui comportaient 36 nuances.

Mais la réflectométrie d'absorption, appliquée dès 1926, plus précise et moins subjective, s'est progressivement substituée aux gammes de couleurs. Le principe est d'utiliser une cellule photoélectrique qui enregistre la quantité de lumière renvoyée par la peau exposée à un rayonnement lumineux : plus une peau est foncée, plus sa réflectance est basse. Mais la couleur de la peau dépend non seulement de la mélanine, mais aussi de l'hémoglobine, protéine chargée de fer qui a pour fonction le transport d'oxygène dans le globule rouge, et accessoirement d'autres pigments comme le carotène. La rougeur de la peau est liée au degré de vasodilatation des capillaires sous-cutanés, que l'on voit d'autant mieux par transparence que la couleur de la peau est plus claire, prenant alors une teinte rosée.

Les dermatologues distinguent six catégories de peau selon leur capacité de réaction au soleil, mais ce système utile en médecine n'a que peu d'intérêt en anthropologie, car il confond dans sa classe VI, la plus foncée, la plupart des peaux colorées, qui sont pourtant de tonalités variables tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Afrique. En effet, comme l'avait bien vu Darwin, la couleur de peau est un caractère continu et non discontinu, donc difficile à diviser en entités séparées : avec quatre populations mondiales allant d'une très foncée (les Saras du Tchad) à une très claire (les Belges), on peut couvrir la gamme complète des nuances de peau, ce qui s'explique par la variabilité intra-populationnelle, qui engendre des chevauchements entre les groupes⁹. Pour autant, 88 % de la variation de la pigmentation se voit *entre*

populations, contre seulement 9 % entre les individus d'une population¹⁰, ce qui signe une forte sélection naturelle locale, et explique pourquoi les premières classifications raciales ont tant eu recours à ce critère, malgré le peu d'intérêt d'utiliser un caractère certes génétique mais tellement façonné par l'environnement.

La couleur noire absorbe la chaleur solaire, c'est pourquoi on recommandait aux coloniaux de s'habiller de blanc sous les tropiques ; la température mesurée sous deux robes de bédouins placés dans le désert par 38 °C a révélé 41 °C pour la robe claire et 47 °C pour la robe sombre. De même, la peau noire, qui ne réfléchit que 20 % de la lumière, contre 60 % pour la peau blanche, absorbe l'énergie et se réchauffe particulièrement bien. Des expériences faites en 1947 sur des soldats américains ont estimé que la quantité de chaleur reçue par la peau en milieu désertique chaud était de 140 calories/heure, et que les Noirs devaient supporter 40 calories de plus que les Blancs, ce qui constitue un sérieux facteur de stress supplémentaire ; finalement, si les sujets sont nus au soleil, ce sont les Blancs bronzés qui ont les meilleures performances. Il n'est dès lors pas surprenant que la couleur de peau des Khoisans, chasseurs-cueilleurs du Kalahari, soit brune et non pas noire, ce qui pose le problème de la couleur précise des premiers Hommes : probablement pas trop foncée ; en effet, dans la mesure où le chasseur-cueilleur est contraint à des déplacements incessants, sa couleur optimale doit être un compromis entre la protection contre les brûlures solaires et la limitation

du stress thermique. La forme du cheveu, qu'on peut répartir en huit catégories¹¹, a elle aussi pu évoluer en fonction de l'insolation : des cheveux crépus sont adaptés à un contexte africain, dans la mesure où ils emprisonnent une couche d'air isolante qui empêche un trop grand échauffement de la boîte crânienne. Les cheveux lisses seraient apparus après la sortie d'Afrique, pour laisser passer davantage de soleil à travers la peau du crâne.

La plupart des gens à peau foncée vivent dans la zone intertropicale ; il existe donc une corrélation géographique assez bonne entre mélanine et intensité de l'insolation, comme le confirme l'importante base de données constituée par Nina Jablonski et George Chaplin¹². Ces auteurs ont insisté sur le fait de ne pas considérer la latitude brute, mais le bombardement réel d'UV, mesuré par un satellite de la NASA, car à latitude égale deux facteurs jouent beaucoup, l'altitude qui augmente l'irradiation et la nébulosité qui la diminue. La corrélation entre UV et couleur de peau est prédictive à 77 % dans l'hémisphère Nord et à 70 % dans l'hémisphère Sud. Dans la zone équatoriale de l'Afrique, où la couverture forestière est dense, les gens ont le teint plus clair qu'en savane, ce qui est particulièrement net chez les Pygmées et, d'une façon générale, la variabilité de la couleur est plus élevée sur ce continent que sur tout autre.

Mais il y a des exceptions notables à cette corrélation, pointées par Jablonski et Chaplin eux-mêmes : le teint est beaucoup plus foncé que prévu chez les

Inuits, on en verra la raison plus bas, et à l'inverse trois populations d'Asie centrale éloignées de la mer sont plus claires que ne le prévoit la théorie. Par ailleurs, cinq des douze populations « trop » foncées sont les Bantous d'Afrique du Sud qui n'ont pas encore pâli en climat frais, leur arrivée depuis la zone équatoriale ne datant que de moins de deux millénaires ; et trois des six populations trop pâles habitent les Philippines, le Vietnam et le Cambodge, comme si elles n'avaient pas eu le temps de complètement s'adapter à un environnement très ensoleillé. Les Tasmaniens, qui vivent dans un climat tempéré et pluvieux, étaient encore foncés après 35 000 ans de présence sur leur île. Le peuplement de l'Amérique où l'arrivée des humains n'est pas antérieure à 35 000 ans, ou même 15 000 ans selon la majorité des auteurs, fournit une échelle de temps pour mesurer l'adaptation à un nouvel environnement : on constate qu'entre les tropiques, au Yucatán par exemple, la coloration des populations est plus foncée que dans les zones septentrionale et australe ; ces populations amérindiennes ne sont cependant pas devenues totalement noires, car elles n'ont pas récupéré les gènes perdus depuis la sortie d'Afrique, et contre-sélectionnés par leur séjour en Asie froide et par le passage dans le détroit de Béring ; elles ont gardé un potentiel adaptatif notable, mais insuffisant pour leur faire retrouver la couleur africaine d'origine.

La mélanine est un écran solaire interne, dont le rôle est d'abord de protéger des coups de soleil, et secondairement des cancers de la peau ; on sait à

présent que ses propriétés ont des implications bien plus importantes que cela. La peau est, de tous nos organes, celui qui se cancérisse le plus, et dès 1907 Dubreuilh décrivait chez les vignerons du Bordelais les cancers liés au soleil. Ce problème médical ne sera pas développé puisqu'il est traité au chapitre suivant, on ne considérera donc ici que les aspects anthropologiques, c'est-à-dire la question de savoir si ces cancers sont une force de sélection naturelle. Le vieillissement se voit aisément sur la peau : rides, taches brunes et cheveux blancs sont des signaux qui indiquent qu'un membre du groupe est un ancien, une information utile lorsqu'elle concerne un partenaire sexuel potentiel. Le soleil accentue ce vieillissement en approfondissant les rides, et de façon plus marquée sur peau claire que sur peau foncée ; en effet, il y a 50 % de radicaux libres en moins dans les peaux foncées en raison de l'action neutralisante de la mélanine. Dans *Le Vieil Homme et la mer*, Hemingway décrit très bien ce tableau sur le visage du vieux pêcheur, marqué de lésions précancéreuses.

Avec l'effet cumulatif de l'irradiation solaire, mais aussi d'autres facteurs tels que le tabagisme, des tumeurs malignes cutanées peuvent apparaître : elles sont cependant de nature et de pronostic bien différents selon le tissu d'origine. Les cancers épithéliaux sont, chez les Blancs, clairement liés à l'exposition solaire et à un dommage direct du matériel génétique, l'ADN cellulaire, par les UV-B, ce qui donne à la photoprotection par crème solaire un intérêt préventif. Chez les Noirs, ils proviennent de la dégénérescence

d'ulcérations chroniques et ne sont pas liés au soleil (sauf chez les albinos évidemment). L'évolution est locale et lente, ils se détectent donc bien, et métastasent rarement ; aussi leur gravité et leur force sélective sont-elles faibles. À l'inverse, les mélanomes, tumeurs malignes des mélanocytes, sont d'évolution rapide et souvent mortelle, avec des métastases fréquentes, et un âge moyen plus précoce. La région du monde où ce cancer est le plus fréquent est l'Australie, région très ensoleillée, chez les descendants de colons anglais, dont le risque relatif, à cause de leur peau claire, est quatre fois plus élevé que chez ceux restés en Angleterre, car les aborigènes, étant de peau foncée (au sud de l'île) à très foncée (au nord) et vivant là depuis 50 000 ans, ne courent évidemment pas ce risque. Le mélanome sur peau noire n'est pas rare, mais il survient surtout sur la plante des pieds, la paume des mains et les zones péri-unguéales, et n'est pas lié, là non plus, à la photoexposition.

Mais la mélanine a un rôle protecteur plus subtil. Les UV-A, qui atteignent les couches profondes de la peau, peuvent détruire par une action directe un certain nombre de vitamines : comme la vitamine A et la vitamine B9, aussi appelée folate ; d'où l'hypothèse¹³ concernant l'intérêt d'un écran de mélanine pour pallier ce phénomène de photolyse de folate, car celui-ci est indispensable à la synthèse et à la réparation de l'ADN : on comprend son importance cruciale dans les divisions cellulaires rapides, notamment

pour le développement fœtal, et ce dès le premier mois de grossesse, la fabrication des spermatozoïdes, que l'homme produit à raison de plusieurs centaines par seconde, et la production du sang. C'est pour cela qu'anémie et carence en acide folique ont longtemps été synonymes. Le folate étant essentiel à la maturation du tissu nerveux, un déficit peut conduire à des malformations allant jusqu'à l'anencéphalie, et on signale des cas chez des enfants dont la mère avait, en début de grossesse, fréquenté des cabines d'UV. La déficience en folate a aussi été associée au risque de dépression nerveuse ; considérant le très gros cerveau qui caractérise notre évolution, cette dépendance à la vitamine B9 est donc particulièrement cruciale. Les apports alimentaires, dont les légumineuses et les foies d'animaux constituent des sources importantes, expliquent les différences ethniques constatées ; aux États-Unis, les Hispaniques et les Noirs sont plus désavantagés que les Blancs : on estime que 20 % des femmes noires sont en déficit, ce qui n'est pas sans conséquences pour leurs enfants. Chez les femmes enceintes, un apport double par rapport aux besoins journaliers, estimés à 400 µg, a fait baisser le nombre des fausses couches, des éclampsies, des neuroblastomes et des cardiopathies congénitales sévères, et a divisé par quatre le nombre de malformations neurologiques. Cependant, il s'agit là de pathologies très marginales du point de vue de la sélection, et les qualités véritablement intéressantes en termes adaptatifs, comme une plus grande fertilité (masculine, on l'a vu à propos de la spermatogenèse, mais aussi féminine car l'acide folique agit sur

l'ovocyte et sur l'implantation placentaire), ne semblent pas évidentes dans les pays du Nord par rapport aux pays du Sud. La supplémentation a aussi un effet bénéfique sur les maladies cardiovasculaires et sur les cancers, mais les avantages en sont discutés car à forte dose il existe un effet cancérogène du folate¹⁴. Le fer ayant un rôle promoteur de la croissance des bactéries et du parasite du paludisme, une relative carence en fer a un avantage pour lutter contre les infections, et la supplémentation en folate des jeunes enfants et des femmes enceintes peut finalement avoir des conséquences réellement néfastes, c'est pourquoi elle n'est pas pratiquée dans l'Union européenne.

L'hormone du soleil

Il semble que si la mélanine agit comme un filtre contre les UV et pour la protection du folate, ses autres propriétés sont plutôt liées à une molécule très importante, dont la source peut être exogène, dans l'alimentation, ou endogène, générée par lesdits UV au niveau de l'épiderme : la vitamine D surnommée depuis longtemps « vitamine du soleil ». Celle-ci a pris une importance croissante en médecine à partir des travaux d'Adolf Windaus, de l'université de Göttingen, Prix Nobel de chimie 1928, qui ont montré que la vitamine D d'une part était synthétisée sous l'action des UV, d'autre part était le remède du rachitisme. Mais cet aspect est maintenant largement surclassé par les nombreux autres effets de cette molécule sur la santé.

La vitamine D est soluble, donc stockable, dans les graisses. On en trouve dans de nombreux produits animaux tels que les poissons gras, la viande, les œufs. Sa production se fait chez tous les vertébrés au niveau cutané, par photoconversion, dans les couches profondes de l'épiderme, d'un dérivé du cholestérol, sous l'influence des UV-B. Après passage dans le foie et les reins, la forme active de la vitamine D a pour fonction première de réguler l'absorption intestinale de calcium et la minéralisation osseuse. En toute rigueur, il ne s'agit donc pas d'une vitamine, terme dont la définition correspond à ce que l'on ne peut produire soi-même, mais plutôt d'une véritable pro-hormone, dotée de nombreuses fonctions, qu'il conviendrait d'appeler l'hormone D. L'ancienneté de la vitamine D est considérable, estimée à 750 millions d'années, car on la retrouve dans le plancton chez une microalgue calcaire nommée *Emiliania huxleyi*. Avec la conquête du milieu terrestre il y a 365 millions d'années est apparue la nécessité d'une ossification solide, le squelette cartilagineux des poissons primitifs étant insuffisant pour supporter le poids du corps. Il est intéressant de noter que le rat-taupe (*Heterocephalus glaber*), dépourvu de poils et vivant sous terre, sans aucun contact avec les rayons solaires, est le seul mammifère qui échappe à ce processus ; il est résistant à la sénescence, notamment du point de vue vasculaire, ce qui lui confère la plus longue espérance de vie de tous les rongeurs, une respectable durée de plus de 28 ans.

On comprend intuitivement le mécanisme de sélection qui aurait frappé les femmes les plus

foncées arrivant dans les contrées septentrionales peu ensoleillées : des déformations osseuses, affectant le bassin, créant des dystocies et donc une surmortalité des porteurs de gènes de peau noire, laissant émerger au fil des générations les descendants de femmes de plus en plus claires. Il a été postulé par symétrie que la peau noire avait été sélectionnée en Afrique pour protéger contre l'excès de vitamine D et l'hypercalcémie, mais c'est une éventualité physiologiquement impossible car au niveau cutané la vitamine peut se dégrader aussi vite qu'elle se forme : au bout d'une vingtaine de minutes pour une peau blanche, les précurseurs de la vitamine atteignent un équilibre ; aussi la quantité totale produite par la peau en exposition solaire maximale ne dépasse pas 250 µg soit 10 000 UI/j. On en conclura que les victimes de l'« addiction solaire » ne courent donc aucun risque de surdosage à cet égard. Dans des circonstances normales, la synthèse endogène de vitamine D représente 90 % des apports, et l'alimentation seulement 10 %. Le rachitisme a été décrit pour la première fois en Angleterre en 1650 par Francis Glisson qui signalait que la maladie était apparue seulement une trentaine d'années plus tôt dans les régions du Dorset et du Somerset. Pendant l'Antiquité et le Moyen Âge les cas sont rares, affectant moins de 1 % des squelettes examinés par les anthropologues¹⁵. Les observations médicales de la fin du XIX^e siècle attestent de l'explosion du rachitisme dans les villes industrielles avec la pollution au charbon et les taudis, après quoi, vers 1950, il disparaît dans nos contrées avec la généralisation de l'usage de l'huile de foie de morue. On peut

donc en conclure que le déficit en vitamine D ne décimait pas les populations européennes du passé, il a simplement connu une accélération au point culminant de la Révolution industrielle. Par contre chez les enfants noirs américains cette maladie reste préoccupante, d'autant que les sodas contiennent de l'acide phosphorique qui inhibe la croissance osseuse. Du reste, le rachitisme se voit aussi dans les pays ensoleillés, pour peu que le régime soit carencé en calcium et en phosphore. En fait, chez les Blancs, une quinzaine de minutes d'exposition directe à un soleil suffisamment vif des parties usuellement découvertes deux à trois fois par semaine suffisent à couvrir les besoins en vitamine D. Il n'en va pas de même pour les populations des pays chauds récemment immigrées, comme les Indo-Pakistanaïes chez qui, a fortiori chez les femmes enceintes, la supplémentation est une application directe des études anthropobiologiques sur l'adaptation environnementale.

Il est conseillé, notamment chez les personnes âgées, de doser la vitamine D circulante. Comment en interpréter le résultat ? Le seuil de concentration sérique étant de l'ordre de 30 ng/ml (certains laboratoires donnent ce résultat non en nanogrammes mais en concentration molaire, soit 75 nmol/l), une carence, avec des valeurs sanguines inférieures à 10 ng/ml, aboutit à une calcification insuffisante de la trame conjonctive des os, qui les rend faibles et malléables pendant la croissance (rachitisme) et fragiles et cassants à l'âge adulte (ostéomalacie). Dès 1865, Armand Trousseau recommande l'exposition

au soleil et l'huile de foie de morue, dont l'effet était connu depuis 1824, pour soigner les enfants rachitiques. En raison de l'activité de la vitamine D sur le remodelage osseux, il serait logique de l'employer en traitement de l'ostéoporose, dont la cause est liée soit au vieillissement cutané qui diminuerait la synthèse de vitamine, soit au fait que les vieillards sortent moins au grand air. Mais les résultats n'ont pas été convaincants ; une supplémentation convenable (au moins 400 UI) chez les personnes âgées d'Europe du Nord a tout du moins montré son intérêt dans la prévention des fractures, ainsi que dans l'amélioration des performances musculaires, qui contribue à éviter les chutes¹⁶. En France la supplémentation peut se faire sous forme de solution, à raison de 1 à 5 gouttes par jour chez le nourrisson allaité ou ne recevant pas de lait enrichi en vitamine D et chez l'enfant jusqu'à 5 ans, 1 à 2 gouttes chez la femme enceinte ou allaitante, et les personnes âgées, en hiver, sachant qu'une goutte de Stérogyl correspond à 400 UI de vitamine D2 ou à 10 µg de vitamine D cristallisée. Dans l'Union européenne les allocations journalières recommandées sont de 5 µg, soit 200 UI, mais beaucoup de spécialistes pensent que c'est très insuffisant ; en Australie c'est le même taux, mais il monte à 10 µg après 50 ans et 15 µg après 70 ans ; aux États-Unis elles sont de 800 UI après 70 ans, 600 UI pendant la grossesse et l'allaitement. On conseille de monter à 1 000 UI pendant les mois d'hiver, soit l'équivalent de 10 verres de lait ; et comme personne n'en boit autant, le lait, la margarine et les céréales

sont souvent enrichis en vitamine. Le lait est évidemment une excellente source de calcium, mais la vitamine D reste indispensable pour l'absorber au niveau intestinal. Or il se trouve que la grande majorité des Africains et Noirs américains, des Amérindiens et des Asiatiques est génétiquement intolérante au lactose, et ne bénéficie donc pas de cette supplémentation. Les poissons gras contiennent 300 à 500 UI pour 100 g (et l'huile de foie de morue 1 000 UI par cuillerée à soupe), alors que le foie de bœuf cuit ne contient que 15 UI. Ces considérations alimentent le débat sur les ressources exploitées par les hommes fossiles en Europe : les Neandertaliens sont presque exclusivement des mangeurs de viande, alors que les Hommes de Cro-Magnon ont une alimentation plus variée, et ont laissé dans l'art paléolithique de nombreuses représentations de poisson ; pour autant il n'y a chez les Néandertaliens, contrairement à ce qu'ont pu dire les premiers anthropologues sur la base de la courbure de leur fémur, aucun signe de rachitisme. Les Inuits du Canada et du Groenland et les Yupiks de Sibérie et d'Alaska, très vêtus et habitant des contrées très froides, sont restés assez foncés de peau, ayant contourné le manque d'ensoleillement en intégrant à leur régime alimentaire des sources directes de vitamine (viscères de poissons et de mammifères marins consommés crus) : c'est l'*Inuit paradox*. Mais avec leur transition alimentaire vers un régime de type occidental, ils développent maintenant, outre une obésité inquiétante, de graves carences en vitamine D. Il y a aussi des groupes d'Amérindiens comme les Athapascans, qui

vivent très au nord du Canada, également assez foncés de peau, qui ne se nourrissent que d'animaux terrestres et non marins, ce qui semble suffire à leurs besoins.

Des études de laboratoire menées sur des souris carencées en vitamine D ont établi que de très nombreuses pathologies pouvaient être induites par cette déprivation. Les statistiques épidémiologiques tant rétrospectives que prospectives sont malgré les controverses assez convaincantes : les personnes carencées ont davantage de cancers de la prostate, du sein, du poumon et du côlon ; inversement, une augmentation de 1 500 UI de vitamine D par jour, soit l'équivalent de moins de 30 minutes au soleil pour un sujet à peau claire, était associée à une réduction de 17 % de l'incidence totale des cancers et de 29 % de la mortalité totale par cancer, un chiffre qui monte à 43 % et 45 % respectivement pour la diminution de l'incidence et de la mortalité par cancer digestif¹⁷. Ces études mettent en balance les 85 000 décès par cancer potentiellement évitables grâce à cette pratique, et les 7 000 morts annuelles par mélanome constatées aux États-Unis, et dont le risque pour une exposition solaire modérée est sujet à débat. Dès 1940, le Dr Teller de la Johns Hopkins School of Hygiene écrivait dans la *Science News Letter* : « L'exposition au soleil durant l'enfance et l'adolescence, bien qu'elle puisse provoquer des cancers de la peau et des lèvres, aide à prévenir la mort par cancer... L'apparition de cancers cutanés aisément curables protège contre le développement de cancers dans des organes beaucoup moins accessibles. » Malgré tous

ces travaux, la troisième National Health and Nutrition Examination Survey, qui a suivi 16 000 participants, ne confirme ce lien entre mortalité par cancer et vitamine D sérique que pour le côlon, pas pour les autres cancers¹⁸. Selon certaines estimations, jusqu'à 87 % des Noirs américains seraient carencés en vitamine D, surtout évidemment ceux qui vivent dans les États du Nord ; or il y a plus de cancers généraux dans ce sous-groupe que chez ceux qui vivent dans les États du Sud plus ensoleillés ; on estime qu'au total environ 20 000 morts seraient dues, dans cette population, à ce déficit vitaminique. Une vaste étude longitudinale d'hommes âgés suédois menée à Upsalla a montré que l'incidence et la mortalité par cancer présentaient une forme en U, avec un risque augmenté tant chez les porteurs de vitaminiémie très basse que très haute ; par contre la surmortalité cardiovasculaire n'était associée qu'aux valeurs basses de vitamine D¹⁹.

Concernant le risque spécifique de mélanome, deux enquêtes, l'une à la clinique universitaire de la Sarre, l'autre parmi le personnel de la Navy à San Diego²⁰, ont montré que les sujets atteints s'étaient moins exposés au soleil et avaient des taux de vitamine D inférieurs au groupe témoin ; plus encore, ceux qui avaient les valeurs de vitaminiémie les plus basses avaient des formes de mélanome plus graves. On pourrait considérer avec le Leiden Skin Cancer Study que le risque solaire de mélanome est lié à des brûlures dans l'enfance, mais pas à une exposition

modérée au long de la vie, qui a plutôt un effet protecteur²¹. Paradoxalement, l'hypothèse selon laquelle l'exposition solaire comporte en elle un effet antimélanome par l'intermédiaire de l'activation de la vitamine D, bien qu'iconoclaste, est argumentée²². En Australie ce cancer est certes plus fréquent qu'en Scandinavie, en raison du nombre exceptionnel de roux génétiquement vulnérables chez les descendants de colons d'origine britannique, mais en Europe sa prévalence augmente du sud au nord, c'est-à-dire en fonction inverse de l'insolation ; il y en a quatre fois plus au Danemark et en Suède qu'en Grèce, car les Grecs ont davantage de mélanine que les Scandinaves. Un autre argument vient de la plus faible incidence des cancers, y compris des mélanomes, dans les zones d'altitude, pourtant bombardées d'ultra-violets²³ ; enfin la topographie des mélanomes concerne souvent les parties du corps non directement exposées au soleil, comme le dos ou la plante des pieds.

La vitamine D stimule l'immunité innée et réduit l'incidence des maladies auto-immunes, telles que le diabète juvénile, ou une inflammation intestinale redoutable, la maladie de Crohn, et elle a donc un intérêt pour endiguer les infections. En ce qui concerne la tuberculose, son rôle passe par l'intermédiaire d'une petite protéine, la cathélicidine, qui possède des propriétés microbicides contre les formes intracellulaires du bacille²⁴. C'est pourquoi les Noirs américains seraient plus sensibles à la maladie, puisqu'en raison de leur teint ils produisent moins de cette

protéine. La vieille pratique médicale des bains de soleil, prônée par Hippocrate, symbolisée par le lien filial entre Apollon, dieu du Soleil, et Esculape, dieu de la Médecine, et mise en œuvre dans les sanatoriums, trouve là son explication ; son promoteur, l'Islandais Niels Finsen, avait reçu le prix Nobel de médecine en 1903, année où la première clinique de luminothérapie fut ouverte en Suisse. Pour autant, bien que la cathélicidine ait une action antibactérienne, antivirale et antifongique assez large, y compris contre le virus de la grippe, il n'est pas prouvé que les infections saisonnières hivernales soient systématiquement liées à une baisse du niveau de vitamine D. En effet, pour des raisons multiples et notamment l'impact du froid sur l'appareil respiratoire, il y a une augmentation de la mortalité en hiver, mais l'influence directe du déficit en lumière solaire sur les pathologies organiques existe quoiqu'elle échappe aux statistiques car difficile à isoler. Un débat s'est engagé sur le lien possible entre supplémentation en vitamine D et augmentation du risque allergique et, inversement, entre déficit et sclérose en plaques, une affection qui dans l'hémisphère Nord touche davantage les enfants nés en mai que ceux nés en novembre. Les études épidémiologiques portant sur le mois de naissance peuvent détecter d'autres effets solaires ; ainsi les enfants nés en été sont plus affectés par la myopie, peut-être à cause de l'exposition précoce de l'œil aux rayons lumineux. La base de toutes ces recherches est guidée par la distribution géographique différentielle des maladies entre pays chauds et pays froids, mais la multiplicité des facteurs

en cause rend simpliste l'idée d'une causalité uniquement liée au manque de soleil.

En regardant les chromosomes de leurs globules blancs, une étude menée sur plus de 2 000 jumelles anglaises a mis en évidence une meilleure résistance au vieillissement chez les femmes ayant des niveaux élevés de vitamine, et une synthèse de 18 essais cliniques de supplémentation vitaminée a trouvé une réduction de 7 % de la mortalité totale toutes causes confondues²⁵. Sous nos latitudes, les sujets carencés sont davantage atteints par les accidents cardiovasculaires et le diabète de type 1 ; dans le diabète gras, de type 2, il y a une corrélation inverse entre vitaminiémie et graisse corporelle. En montagne, il y a moins de maladies cardiovasculaires qu'en plaine, et cette différence est, comme pour les cancers, attribuable à la radiation solaire²⁶, ce que confirme la baisse du cholestérol observée chez les jardiniers en été. Pour autant, le bénéfice cardiaque d'une supplémentation alimentaire, donc non endogène, est discuté, dans la mesure où une calcification des parois artérielles pourrait se produire, notamment chez les sujets à peau foncée.

La peau se comporte comme un organe endocrine indépendant notamment au niveau des glandes sébacées, les adolescents souffrant d'acné le savent trop bien. La réaction solaire accompagne les âges de la vie, et souligne les influences hormonales ; le mélanocyte est sensible aux œstrogènes, comme le montrent le masque de grossesse (nommé « mélasma » quand il est foncé, « chloasma » quand il est plus clair) et les

taches cutanées que constatent les femmes commençant leur ménopause ou sous contraceptifs. Dans les fécondations in vitro, les meilleurs taux de réussite se voient chez les femmes qui ont un bon taux de vitamine D, une observation vérifiée expérimentalement sur l'ovaire de souris, ce qui montre que cette vitamine est aussi largement impliquée dans les processus de reproduction et donc de sélection. Il y a en effet des récepteurs à la vitamine D sur de nombreux organes tels que la thyroïde ou les spermatozoïdes, ainsi qu'une corrélation positive entre la testostérone circulante et le taux de vitamine D, qui suivent le même rythme saisonnier.

La couleur de peau de nos ancêtres

Au vu de ce qui précède, il est logique de penser que les premiers hominiens avaient la peau foncée. On a vu que l'Homme de Neanderthal, présent en Europe depuis 400 000 ans, avait pu éclaircir alors que notre ancêtre direct, l'Homme de Cro-Magnon, sorti d'Afrique beaucoup plus récemment, bien qu'il soit portraituré en leucoderme dans les reconstitutions des musées et les films sur la préhistoire, aurait trouvé un avantage à garder sa couleur foncée pour mieux absorber la chaleur du peu de soleil dont il pouvait disposer, comme on l'observe sur les ours polaires ou, à l'inverse, la perdre pour bénéficier de la photosynthèse de vitamine D. De fait, dans un roman du paléontologue Björn Kurtén²⁷, les Néandertaliens sont dépeints comme blancs, comme il sied à des

habitants des contrées froides, et les Cro-Magnon comme noirs puisque venus des pays chauds. Il y a une relation significative entre les marqueurs d'ancestralité africaine et l'intensité de la couleur de peau, et une bonne corrélation entre le taux de vitamine D circulante et le niveau de métissage européen chez les Noirs américains, avec une baisse de 1 ng/ml par tranche de 10 % d'augmentation de l'hérédité africaine²⁸. Lors de la première migration, vieille de presque 2 millions d'années, on ne sait pas si les Hommes, encore primitifs (stade *Homo erectus* débutant), avaient développé des vêtements efficaces ; chose étonnante, on n'a pas la preuve que lors des premières vagues d'émigration, ils aient même été en mesure de maîtriser le feu. On constate qu'ils suivent avant tout les régions tropicales, jusqu'à l'Indonésie, mais le site de Dmanisi, en Géorgie, daté de 1,8 million d'années, atteste d'une présence humaine déjà organisée à des latitudes bien plus septentrionales. La deuxième migration hors d'Afrique concerne les Hommes modernes, semblables à nous, et a lieu vers 110 000 ans avant notre ère, une période où la technologie est beaucoup plus évoluée. En Asie, où leur présence est attestée en Chine dès cette époque, contre seulement 40 000 ans en Europe orientale, ils vont être confrontés à de rudes périodes glaciaires, avec des températures maximales ne dépassant pas 5 à 10 °C en été. Le froid culmine il y a 18 000 ans ; à cette période la calotte polaire est très épaisse, et piège d'énormes quantités d'eau de mer qui abaissent le niveau marin de 120 mètres par rapport au niveau actuel ; dans ce contexte une grande

partie de l'Europe du Nord est inhabitable, mais certains plateaux marins continentaux sont à sec et autorisent des expansions humaines dans des zones qui deviendront des îles à la fonte des glaces, tel le paléo-continent de Sahul, qui a fait pont entre la Mélanésie et l'Indonésie.

Un pelage dense, perdu depuis longtemps, n'est pas revenu quand les Hommes modernes ont colonisé des terres australes comme la Tasmanie et la Terre de Feu, où les natifs pouvaient dormir nus par grand froid, grâce notamment à des adaptations physiologiques vasculaires, des shunts artério-veineux qui dans les membres augmentent le flux de sang chaud venu du cœur vers les veines sans s'attarder trop longtemps dans les capillaires périphériques où il se refroidit rapidement. Des observations faites sur les tirailleurs sénégalais en 1914-1918 et sur les soldats noirs américains pendant la guerre de Corée ont montré que la peau africaine était moins résistante aux gelures ; la peau des Européens est elle-même plus sensible au froid que celle des Inuits et des Amérindiens, faisant de la gelure une véritable pression de sélection. L'invention de l'habillement, sous forme d'abord de peaux d'animaux, a certainement été une façon de retrouver la fourrure perdue, et un préalable à la conquête des régions à climat hostile, ce qui a rendu de fait la couleur de peau moins déterminante pour s'adapter au climat. Cette composante bioculturelle qui induit des interactions permanentes entre les contraintes de la physiologie et l'invention d'outils divers jouant le rôle de médiateurs, ou de prothèses, entre le milieu et nous, est un exemple typique de ce

qui distingue l'évolution de l'Homme de celle des autres animaux ; du même coup, le vêtement a fait encore plus obstacle que la mélanine à la synthèse de vitamine. Une peau foncée peut ne produire qu'un sixième de la dose de vitamine D que fabrique une peau claire, d'où la carence dans les régions peu ensoleillées, mais aussi dans les régions ensoleillées où les habits sont très couvrants, comme chez les femmes d'Arabie Saoudite.

Mais comment dater cette apparition des vêtements ? Une piste inattendue est offerte par la génétique des poux. Il y en a trois sortes chez l'Homme : pou du cheveu, pou du corps et morpion pubien. La comparaison de leur ADN avec celui du pou de chimpanzé a montré que poux et morpions ont divergé il y a longtemps, environ 11 millions d'années, et que pou humain et pou de chimpanzé se sont séparés il y a 5,5 millions d'années, un résultat qui n'est guère éloigné des données paléontologiques. Chez nous, pou du corps et pou de tête se ressemblent au point de n'avoir pas de différences génétiques, même si leur écologie et leur capacité à transmettre les germes pathogènes est dissemblable. Bien que l'on ne connaisse pas la raison réelle de la perte du pelage, il est vrai qu'une peau nue peut être avantageuse en hébergeant moins de parasites. Depuis qu'il ne peut plus s'accrocher aux poils, le pou du corps est obligé de se cacher dans les vêtements, d'où l'idée de s'en servir pour dater l'apparition de l'habillement. Quoi qu'il en soit, cette idée d'utiliser les différents commensaux ou pathogènes, externes et internes, que

nous hébergeons, pour éclairer notre histoire évolutive, est l'une des plus fécondes de ces dernières années en anthropologie.

Au total, selon l'hypothèse la plus en vogue, la couleur de peau est un compromis entre deux pressions de sélection : la nécessité de protection contre les UV et d'épargne du folate, d'une part, dans le sens de la mélanisation, et la synthèse de vitamine D d'autre part, dans le sens de la démélanisation ; à l'intersection des deux se rencontrent les populations qui ont la plus grande aptitude au bronzage. On a vu que le rachitisme et l'ostéomalacie étaient rares avant l'ère industrielle, et qu'ils ne sauraient constituer une force sélective suffisante ; de plus, la capacité de stockage hépatique de la vitamine est forte, et il suffit d'une exposition normale de la peau en été pour s'assurer un apport annuel correct ; là où une peau claire, à une latitude de 50° nord, requiert quelques minutes d'exposition, une peau foncée aurait besoin d'environ une à trois heures trois fois par semaine, ce qui pour un chasseur paléolithique est plus que faisable ; de plus, un mécanisme d'économie vitaminique existe puisque les Noirs américains, bien que relativement carencés en vitamine D, ont une densité minérale osseuse plus forte, et des fractures moins fréquentes que les Blancs. C'est ce qui pourrait expliquer pourquoi le niveau de vitamine D ne dépend pas que de la latitude : chez les personnes de peau foncée, ce niveau peut aussi être modulé par les comportements, les activités, l'habillement, le régime alimentaire, etc., ce qui rendrait compte du fait qu'en Écosse les petits

Jamaïcains sont indemnes de rachitisme alors que les Indiens sont touchés.

Trois des gènes les plus importants pour la couleur de peau montrent chez l'Européen une sélection récente, inférieure ou égale à 12 000 ans, c'est-à-dire à la période de retrait glaciaire, ce qui suggère que l'éclaircissement de la peau en Europe ne serait alors apparu qu'à cette époque, soit 30 000 ans après l'entrée des Hommes modernes en Europe. Avec le mode de vie néolithique apparu au Moyen-Orient il y a 10 000 ans et diffusé en Europe en quelques millénaires, la domination de céréales, riches en phytates (des composés qui empêchent l'absorption de calcium), l'abandon de la consommation de gibier, l'augmentation de la densité démographique génératrice de maladies infectieuses nécessitant un renforcement immunitaire, on comprend que des apports endogènes en vitamine D accrus auraient été bienvenus et donc sélectionnés au profit d'une meilleure survie des gens à la peau claire. La théorie de Jablonski et Chaplin serait alors vérifiée, mais sur une période de temps contractée sur les quelques derniers milliers d'années, et pour des raisons de changement du mode de production économique²⁹.

Contrairement à une opinion courante en effet, l'évolution biologique n'est nullement arrêtée dans notre espèce, elle s'est même accélérée pour faire face aux changements induits par nous-mêmes ; certaines adaptations génétiques, au paludisme par exemple, sont récentes, donc les pressions sur la couleur de peau peuvent l'être également. L'exemple de la persistance de la lactase intestinale est là pour

le prouver. La lactase est une enzyme intestinale qui permet de transformer le lactose, non assimilable, en deux sucres simples ; tous les nourrissons en fabriquent, ce qui leur permet de digérer le lait maternel mais sa synthèse est ensuite réprimée. La persistance de la lactase chez l'adulte est donc la rétention d'un caractère juvénile, mutation dont l'origine est tout aussi récente, et qui a permis l'élevage des animaux pour leur lait, au Néolithique, par un mécanisme de coévolution entre sélection du génome humain et mode de vie. Le régime dit « paléolithique » en vogue dans certains milieux, riche en protéines, en partie pratiqué de nos jours par les Inuits, convient bien aux pays froids, et c'est l'appauvrissement de ce régime, notamment en produits animaux, amorcé depuis l'adoption des céréales au Néolithique, qui contribue à expliquer le rachitisme dans l'Europe de la Révolution industrielle. Cette théorie expliquerait la répartition des blonds autour de la Baltique sur une profondeur d'un millier de kilomètres, une zone qui, à cause du microclimat induit par le Gulf Stream, permet de cultiver des céréales au-dessus de 55° de latitude nord, là où le régime est donc le plus déficitaire en vitamine D et où le teint très clair serait donc fortement sélectionné. Des études sur les squelettes basées sur les isotopes stables de l'azote et du carbone ont montré qu'avant l'expansion agricole, il y a 6 000 ans, les Danois avaient un régime très riche en poissons. Cette zone était inhabitable aux temps glaciaires, ce qui a laissé seulement quelques milliers d'années aux habitants de ces contrées pour devenir très blancs, alors qu'en Asie sous les mêmes latitudes

ce phénomène ne s'est pas opéré. Les bouleversements alimentaires induits par la néolithisation, puis par la mondialisation des plantes cultivées, surtout depuis la découverte de l'Amérique, nous permettent aussi de modifier légèrement notre coloration cutanée. Ainsi les fruits et légumes qui contiennent de la vitamine A et du lycopène, comme les carottes, l'huile de palme (qui colore en orange la paume des mains des consommateurs en Afrique), les abricots et la tomate, sont antioxydants et photoprotecteurs. À l'inverse, certaines molécules sont photosensibilisantes et photocancérigènes, ce qui signifie qu'elles peuvent entraîner des problèmes si on s'expose au soleil. C'est le cas du psoralène, produit par certaines plantes comme moyen de défense contre les insectes ou les parasites, et qui est beaucoup plus concentré dans les céleris produits par l'agriculture biologique que dans ceux cultivés industriellement et traités aux pesticides.

Le bronzage pouvant résulter d'un comportement compulsif, il faut rechercher les pressions sociales qui peuvent le déterminer. Il existe une riche mythologie autour du teint clair, comme le montrent les spécialistes de l'histoire culturelle³⁰. Au XIX^e siècle, la pâleur morbide, ou chlorose, en fait une anémie ferriprive, est la maladie romantique par excellence. Pendant tout le début de l'époque moderne, avoir la peau bronzée est un signe d'appartenance aux classes inférieures, qui travaillent au grand air. Dans les années 1920 toutefois, Coco Chanel, de retour d'une croisière sur un yacht, lance la mode du bronzage ;

dans le même temps, l'arrivée à Paris de Joséphine Baker, qui devient une véritable icône des temps nouveaux, rend la peau caramel socialement acceptable et même désirable. Le Front populaire et les congés payés incarnent cette frénésie estivale, au point que l'accession des classes populaires au soleil personifie une véritable « quête du bonheur »³¹. Le naturisme, qui émerge à cette époque, en est une illustration plus philosophique, qui exalte la bonne santé au plein air comme le défend dans sa thèse de médecine de 1925, publiée sous le titre *L'Homme et la Lumière*, le Dr Fougerat de David de Lastours, aussi auteur de *Morale et Nudité*, avec l'idée que le soleil est le pire ennemi des microbes et les ultraviolets le meilleur agent stérilisateur. Ce rêve hygiéniste ne se démocratisera véritablement que dans les années 1970, au terme des Trente Glorieuses et de l'inflexion de 1968. Il s'accompagne de l'abandon du chapeau ou de la casquette, frappant lorsqu'on compare des photographies anciennes et actuelles des passants sur les boulevards ; de même, sous les tropiques, le casque colonial, maintenant totalement suranné, était considéré comme obligatoire en toutes circonstances, y compris dans les maisons si la toiture avait des trous, nous dit le Dr Schweitzer, par crainte du fameux « coup de bambou ».

Le retour de la mode de la peau claire en Europe est récent et procède de deux mouvements : c'est d'une part une réaction aux efforts du corps médical qui, depuis les années 1980, met en garde contre les risques des UV, et d'autre part, à titre d'hypothèse,

un indice de repli identitaire, attesté depuis peu par d'autres signes tels que le retour au mariage à l'église, pour une communauté blanche qui se sent menacée dans son intégrité. En tout état de cause, les messages médicaux sur le risque solaire sont captés par les gens les plus éduqués et les mieux informés : ceux-là mêmes qui il y a peu allaient bronzer aux antipodes restent maintenant soigneusement à l'abri des cancers de la peau, alors que la masse des gens moins instruits, mais dont le pouvoir d'achat est suffisant pour fréquenter les destinations touristiques de masse vers l'Afrique du Nord ou Saint-Domingue, ont un facteur de risque plus grand, un peu à la manière de l'obésité qui autrefois était un signe de réussite financière et à présent un signe d'échec. On sait à quel point la couleur de peau est au carrefour du biologique et du social. Chaque peuple a sa propre échelle de dénominations pour désigner les nuances de peau ; au Cameroun, on dit d'une femme naturellement claire qu'elle est « brune », et chez les Ibos voisins, ces femmes sont considérées comme plus belles mais moins fortes. On comprend que dans les sociétés créoles où la clarté du teint était proportionnelle à l'éloignement de la condition servile, une hiérarchie subtile fondée sur la couleur ait pu régir les rapports sociaux. En Europe en effet, la noirceur est signe de ténèbres, de forces du mal, tandis que la blancheur est pureté, idéal de vertu. Aussi, dans les sociétés dominées par les Blancs, un tel système s'est imposé ; les esclaves claires étaient mieux traitées, et jusqu'à présent sont supposées mieux incarner l'intelligence, la confiance, l'attractivité ou la chasteté. Aux

États-Unis, à niveau d'éducation égal, les Noirs au teint clair gagnent nettement plus que ceux au teint foncé. En Afrique, les femmes pratiquent l'éclaircissement (*xeesal* en wolof) à base de corticoïdes, d'hydroquinone ou de dérivés mercuriels ; cette pratique toucherait 52 % des Dakaroises, et varie de 25 % à Bamako, à 35 % à Pretoria, et jusqu'à un très inquiétant 77 % chez les Nigérianes de Lagos. Plus des deux tiers des utilisatrices vont souffrir d'effets secondaires, qui peuvent aller jusqu'à une insuffisance rénale fatale. Il en va de même en Extrême-Orient, du moins dans les pays où le modèle occidental est imité (Japon, Philippines, Hong Kong, Malaisie), et où 40 % des femmes recourent à des crèmes éclaircissantes, un marché annuel d'environ 15 milliards d'euros. Dans les cultures latines, la peau brune est associée à la virilité, et la naissance d'un enfant albinos peut être vécue comme un drame par le père. À l'inverse, les garçons tahitiens pouvaient vivre reclus dans une case toute leur vie à partir de l'adolescence, pour ne pas compromettre la clarté d'un teint considéré comme sexuellement très attractif.

Sur les peintures égyptiennes antiques, comme sur la célèbre sculpture de la IV^e dynastie représentant le prince Rahotep coloré en brun, et son épouse Nefret, blanche, exposée au Musée du Caire, les différences de couleur expriment des différences sexuelles à la fois biologiques et sociales : le fait que les hommes soient génétiquement très légèrement plus foncés que les femmes, d'une part, mais aussi les conditions de vie, où les hommes travaillent au grand air alors que

les femmes ont des activités domestiques, d'autre part. Chez les singes, le mâle a en général un pelage plus foncé que la femelle, et dans notre espèce la densité des mélanocytes par millimètre carré est légèrement plus forte chez le sexe masculin. Partant de là, l'évolution de la couleur de peau en Europe aurait pu être influencée par la sélection sexuelle, un concept défini par Darwin comme un choix du conjoint (et donc de la descendance) basé sur l'apparence physique. Ce mode de sélection porte le plus souvent sur des caractères bien tranchés entre les sexes, ou quand il y a un fort déséquilibre numérique entre eux, ce qui induit une compétition pour l'accès aux partenaires, des conditions qui ne s'appliquent guère à la couleur de la peau dans l'espèce humaine. Toujours est-il que dans de nombreuses cultures du monde, y compris celles qui n'ont pas été touchées par l'impérialisme européen, on constate une préférence des hommes envers les femmes plus claires qu'eux³². On peut alors imaginer que si dans une société la norme culturelle, c'est-à-dire l'idéal esthétique, portait sur un teint clair, alors les femmes claires seraient plus courtisées, se marieraient plus vite, y compris après un divorce ou un veuvage, et auraient de ce fait davantage d'enfants. Ces enfants diffuseraient donc, de génération en génération, si la norme esthétique se maintenait, leurs gènes de peau claire, laquelle à terme deviendrait dominante. Ce mécanisme a été proposé pour rendre compte du teint particulièrement clair de certaines populations africaines telles que les Peuls ; mais l'explication la plus plausible est que ces derniers sont en fait porteurs

d'une proportion importante, environ 25 %, de gènes venus du Proche-Orient. La théorie de la sélection sexuelle prédit que le dimorphisme de la couleur devrait s'accroître à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur, mais tel n'est pas le cas. Autrement dit, la sélection sexuelle n'a pas fait la preuve de son pouvoir explicatif en ce qui concerne la couleur de la peau.

Chez les Noirs américains, dans le prolongement du slogan « *black is beautiful* » repris par le Black Consciousness Movement, des suprémacistes noirs ont édifié une théorie mélaniste, c'est-à-dire basée sur les propriétés moléculaires de la mélanine, qui prétend en faire un agent supraconducteur rendant ses possesseurs plus sensibles aux émotions et à la *soul* ; les Blancs, dotés d'un taux insuffisant de mélanine, voire considérés comme albinos, ne peuvent qu'être barbares et violents, et seul le Noir est un humain accompli³³. Ces considérations qui renvoient à un complot blanc, lequel nie le caractère nègre de l'Égypte, ou distribue de la cocaïne aux Noirs, traduisent le ressentiment d'une communauté travaillée par les frustrations, et dont l'avenir éducatif est compromis par la pseudo-science afrocentriste. Leonard Jeffries, un des ténors de ce mouvement, divise ainsi l'humanité en peuples de la glace (les Blancs, au nord, métissés de Neandertal), et peuples du soleil (les Noirs). C'est dire combien cette relation au soleil reste prégnante et recyclable dans les rapports sociaux.

Pour conclure

On a vu que l'Homme est un animal tropical qui, dans son exil en Europe, a dû s'adapter à la rarefaction des rayons ultraviolets nécessaires à la bonne marche de son métabolisme, et qui en conserve une véritable « faim » de lumière, au point que l'exposition solaire devient une véritable prescription³⁴. La méfiance médicale actuelle vis-à-vis de cette bonne étoile est assez paradoxale, car c'était jusqu'à récemment le manque d'exposition au soleil, plutôt que son excès, qui était stigmatisé. En fait, l'idée qu'il puisse être dangereux semble étrange, d'un point de vue darwinien. On pourrait risquer un parallèle avec le sel, le sucre ou le gras, des nutriments qui, en raison de notre histoire évolutive alimentaire, sont bénéfiques à petite dose, mais nuisibles lorsqu'ils deviennent trop disponibles ; il faut alors trouver le bon équilibre, en chaque lieu et pour chaque sujet avec ses particularités génétiques et comportementales. Mais on ne dispose pas d'un signal précis qui nous dirait que le rayonnement acceptable est dépassé, de sorte que quand le coup de soleil survient, les dégâts sont déjà faits. Le discours peut donc être mal audible lorsqu'on dit d'un côté que le soleil cause le cancer de la peau et que de l'autre la vitamine D induite par le soleil est anticancéreuse. Face à l'augmentation du nombre de mélanomes, la question des bénéfices du soleil en termes d'amélioration de l'état immunitaire se doit d'être examinée. C'est pourquoi le risque réel lié à l'exposition solaire est âprement discuté, et doit

être évalué en fonction de l'origine génétique de chacun davantage qu'en fonction d'un simple phototype. Cette relation, qui conduit à considérer des prédispositions familiales³⁵, n'est pas surprenante compte tenu de la forte sélection génétique portant sur la couleur de peau. De ce point de vue, l'avis de l'anthropologue invite à tempérer le discours médical, dans une perspective biologique d'adaptation au milieu, qui fait le socle d'une nouvelle approche, très féconde, la médecine darwinienne³⁶.

En fin de compte, on constate que la relation entre l'Homme et le soleil permet d'aborder une richesse énorme de questions anthropologiques, notamment parce qu'elle illustre un phénomène de sélection naturelle où la variable environnementale majeure est facile à contrôler. La génétique montre qu'il existe une adaptation pour utiliser la lumière et une adaptation pour s'en protéger ; d'où un compromis (on parle en biologie de *trade-off*) ajusté différemment selon les régions géographiques et les contraintes de sélection locale qui leur sont associées. Si le soleil est si nécessaire à nos fonctions vitales, il est paradoxal, d'un point de vue évolutif, qu'il puisse générer des cancers mortels, mais la solution à ce paradoxe réside dans plusieurs éléments, notamment leur faible valeur sélective, parce qu'ils surviennent tard dans la vie, mais aussi parce que jusqu'à une date récente la faible espérance de vie ne donnait pas le temps aux adultes d'en souffrir, et surtout parce que les populations humaines ne se transplantaient pas en masse dans des écosystèmes où leurs ancêtres n'avaient pas vécu. En Europe, malgré notre peau claire, mais avec un mode

de vie de moins en moins exposé au grand air, nous pouvons développer des carences. Plus généralement, nous pouvons être victimes de notre couleur de peau là où existe un décalage entre une adaptation climatique millénaire et des migrations récentes (Blancs dans les régions ensoleillées, Noirs dans les latitudes hautes). La médecine, toujours normative, a eu tendance à définir des standards dits universels, mais en fait basés historiquement sur l'observation des seuls Européens, sans tenir compte de la diversité biologique de l'espèce humaine. Un exemple est fourni par le nombre modéré de globules blancs des Africains, qui passerait en Europe pour une leucopénie pathologique. Le rapport au soleil est une excellente illustration de cet effort que doit faire le praticien pour intégrer la variabilité génétique, et la présence de populations immigrantes dans nos contrées invite à réviser les normes et les prescriptions. Car finalement, ce tour d'horizon nous amène à constater que l'influence du soleil est beaucoup plus considérable qu'il n'y paraît directement ; le besoin de soleil est certainement inscrit dans notre génome depuis les origines de l'Homme. Le soleil, qui conditionne la couleur de la peau, se trouve être le plus puissant facteur de diversité visible, et donc le plus grand fauteur de discrimination sociale. Sociologiquement, il s'ensuit que la couleur de peau est un des pires problèmes qui empoisonnent les rapports humains. Pourtant, expliquer les raisons de cette variation de couleur et réaliser qu'il y a quelques dizaines de milliers d'années nous étions tous noirs et africains permet de dédramatiser considérablement ces préjugés. Nos

performances physiques (grâce à la sudation) mais aussi nos proportions corporelles, notre graisse, la forme de notre nez, nos maladies chroniques, nos infections sont aussi toutes dérivées de l'influence solaire.

Et dans l'avenir, que sera la couleur de la peau ? Les différents types humains résultent de l'expansion mondiale de notre espèce, par le biais d'un double phénomène, l'adaptation aux conditions écologiques régionales, et l'éloignement des autres groupes, entraînant une limitation de la circulation des gènes et la survenue de mutations locales. Avec le développement des moyens de transport, surtout depuis la Renaissance, ce flux de gènes a repris, en prélude à un métissage généralisé. Pour autant, cette mondialisation des gènes n'entraînera pas une uniformisation de l'humanité, bien au contraire ; il ne faut pas voir le métissage comme le mélange de deux peintures, noire et blanche, qui donnerait une teinte intermédiaire homogène, car les gènes de pigmentation sont des entités qui se combinent mais ne fusionnent pas, elles ressortent simplement dans des combinaisons multiples, comme des billes multicolores dans un sac, dont l'assemblage est différent à chaque tirage. C'est ce qui explique la riche palette de teintes des peuples métissés tels que les Brésiliens ; ces mélanges augmentent la diversité au lieu de la diminuer, et créent des combinaisons inédites telles que peau foncée et cheveux blonds, ou yeux verts et cheveux crépus. Une des conséquences de ce brassage est en tout cas

une meilleure tolérance au soleil. Celle-ci sera la bienvenue si les menaces qui pèsent sur le climat se réalisent, que ce soit le réchauffement global, qui augmentera l'insolation, ou l'élargissement du trou de la couche d'ozone, un bouclier qui arrête pour le moment les UV-C, particulièrement dangereux surtout pour les peaux claires. Ces contraintes physiques pourraient se muer en agents de sélection directionnelle qui, à terme, nous feraient retrouver notre phénotype ancestral foncé !

À l'inverse, parmi les crises qui menacent l'avenir, une privation durable de l'ensoleillement, de type « hiver nucléaire », à la suite d'une guerre atomique ou du fait de l'impact d'une grosse météorite ou d'éruptions volcaniques de grande ampleur, soulevant dans l'atmosphère des quantités de poussière énormes masquant la lumière, est toujours possible, car le phénomène a déjà été à l'origine de plusieurs quasi-extinctions majeures de la vie sur la Terre ; la dernière, à la fin de l'ère secondaire, il y a 65 millions d'années, a provoqué à la fois la disparition des dinosaures et l'émergence des mammifères, un événement déterminant pour notre propre apparition. La lumière solaire est donc une force de sélection considérable dont l'éclipse prolongée peut entièrement remodeler la configuration des espèces vivantes. Ce parcours anthropologique a montré que, pour des raisons évolutives, nous avons véritablement le soleil dans la peau. Le citoyen, urbanisé et salarié, bien éloigné du monde paysan, a du mal à résister à l'attraction solaire ; cet héliotropisme est manifeste lorsque l'on considère la Sun Belt, qui traverse les États-Unis de

la Caroline du Sud à la Californie ; elle représente 17 % du territoire mais regroupe 50 % de la population. En France, la Côte d'Azur constitue depuis longtemps un pôle d'attraction pour les personnes âgées les plus fortunées, même si leur vulnérabilité à la canicule peut les mettre en danger. Ce tropisme s'observe aussi chez les actifs, avec l'émergence de métropoles régionales telles que Toulouse, Montpellier et Marseille. Mentalement, on est de meilleure humeur quand le soleil brille (en Allemagne, on dit que le soleil « rit »), et la dépression hivernale est une pathologie répandue qui conduit à prescrire une photothérapie aux sujets supportant mal la privation de soleil. Si notre dépendance au soleil est inscrite dans nos origines, alors la transplantation de l'espèce humaine sur d'autres planètes où le rapport à l'astre sera différent nécessitera des adaptations psychologiques, et peut-être, sur le long terme, sera le moteur d'une nouvelle évolution organique faisant de nous des *Homo futurus*.

L'interface peau et soleil

Patrick Moureaux

La peau est plurielle

« L'indépendance, c'est un trait de caractère, c'est aussi une façon de voyager à son rythme, selon vos désirs ; construisez "votre" voyage. »

Gilles Lipovetsky,
L'Ère du vide.

Essais sur l'individualisme contemporain

Dans ses expressions

La peau est à l'image d'une étoffe précieuse, à la fois robuste et fragile, drapant notre corps et notre moi. Elle tisse les frontières du temple de notre intériorité, ourlée d'une foultitude de boutonnières ouvertes sur notre berceau originel.

La peau est le plus vaste organe de notre corps. Elle représente 1/6 environ du poids de notre organisme et atteint une superficie moyenne de 2 mètres carrés. Ce n'est pas une enveloppe de parure, passive, mais une structure complexe, fonctionnelle et vitale.

Cet organe a longtemps été considéré comme insignifiant en raison de son caractère superficiel, mais aujourd'hui il bénéficie de l'aura d'une recherche combinée anatomique et physiologique très active lui configurant un rôle essentiel dans l'homéostasie de notre fonctionnement et de notre survie passée, présente et future. La dermatologie moderne s'est affranchie de son empirisme ancestral, colorée au profit d'une pratique polyvalente dominée par une recherche scientifique d'excellence rivalisant sans en rougir avec les autres spécialités dites médicalement nobles. Aujourd'hui, dans notre rôle de praticien, nous pilotons moult interventions dans des domaines variés et intrinsèquement liés, notamment : la médecine interne, la dermatologie pédiatrique et gériatrique, la chirurgie en ambulatoire des tumeurs cutanées, la cancérologie, les maladies allergiques de la peau, la dermatologie correctrice et esthétique. La dermatologie pose un regard global sur le patient, sensible à la double composante exprimée : organique et psychologique. La peau se révèle être le baromètre de notre intériorité.

C'est une véritable barrière fonctionnelle bipolaire, permettant une connexion permanente entre notre patrimoine physiologique intérieur et psychologique, et notre environnement naturel et sociomédicatif.

Un tel rôle explique cette dynamique interdisciplinaire pour tenter d'expliquer la genèse d'un comportement addictif : solaire dans le cas particulier de notre propos. Nous vous proposons un voyage anthropologique inversé, sur le grand récit de la peau addictive.

Les expressions de la peau sont multiples et directement liées à sa complexité structurale et à ses connexions musculaires intimes, notamment au niveau du visage où bon nombre de muscles viennent s'imbriquer dans l'épiderme en surface.

Notre regard sera conditionné par nos origines géographiques, notre culture, les influences médiatiques circonstanciées, éphémères, changeantes et délé-tères. Nous observons « sous influence », et ce, dans notre quotidien le plus banal, et nous ne soupçonnons pas les répercussions imprimées sur notre comportement.

Ainsi, pays, continents, cultures, médias, comportements individuels vont interférer sur la lecture épidermique ; tout est possible selon la loi pandémique de l'esthétisme contagieux.

Poussons la porte d'une galerie d'art où serait exposée cette foulitude de portraits épidermiques.

Peau cosmologique, tellurique, universelle.

Peau embryonnaire, peau naissante, peau de bébé, peau mature, peau vieillie, peau issue du génie génétique, peau chronobiologique.

Peau vierge, peau maculée, tachée, peau tatouée, trouée, percée.

Peau transcendante, incandescente, décadente.

Peau lumineuse, peau terne, tabagique, morte, mortelle.

Peau rouge, réactive, émotionnelle, érythémateuse, brûlée, desquamative, fripée, peau addictive.

Peau capitonnée, comblée, botoxée, décharnée.

Peau pâle, exposée, hâlée, bronzée, autobronzée, fanée, peau élastosique, héliodermique.

Peau maquillée, fardée, masquée, cachée, voilée, peau soumise.

Peau noire, asiatique, caucasienne ou blanche, peau métissée.

Peau blessée, cicatrisée, accidentée, balafmée, opérée, greffée, synthétisée, maltraitée, écorchée.

Peau touchée, caressée, aimée, réconfortée, apaisée, rassurée.

Peau parfumée, acide, sucrée, peau épicée.

Peau nature, matinale, dévoilée.

Peau photographiée, relookée, falsifiée, trompeuse, corrigée, médiatique.

Peau facebookée, googlelisée, smartphonée, pixelisée.

Peau de star, people, quotidienne, aimée, refusée, belle, laide, peau influencée.

Peau cosmologique, tellurique, universelle.

Peau « codée et codante », ces deux qualificatifs sont empruntés à Michel Serres dans *Le Temps des crises*¹. La peau reçoit, émet, stocke de l'information, se connecte.

À travers ces différentes peintures, la peau est le reflet instantané de notre essence même, de nos origines, de notre affect, de notre bonheur, de nos tourments, de nos influences et de nos comportements.

L'épiderme est un spectacle permanent, vivant mais éphémère. La peau serait l'actrice éternelle, la mise en scène serait réalisée par un public exigeant,

c'est-à-dire nous-mêmes, expliquant ainsi les variantes comportementales solaires. Nous sommes captifs de ce *format* esthétique, qui n'exprime qu'une facette parcellaire du cadre global intégrant une foultitude de paramètres : âge, morphotype, statut social, activités ludiques et sportives. Nous évoluons dans une dynamique *discriminatoire*. Le regard collectif valide ces différentes composantes, les influence, les pérennise et les diffuse en favorisant ces attitudes excessives et soumises : « Tu es tellement plus pétillante quand tu es bronzée ! » L'escalade chromatographique à haut risque est amorcée.

Dans ses origines

La peau est plurielle dans ses origines. Elle naît d'une cellule commune au départ de l'embryogenèse, l'ectoblaste, en même temps que la cellule nerveuse – en quelque sorte, ce sont de fausses jumelles mais avec un intime lien de parenté. Certains scientifiques évoquent la coexistence interactive de deux cerveaux : l'un dit « central », représenté par notre encéphale, et le second dit « périphérique », assimilé à l'épiderme. Une telle synchronisation définit le champ d'expression symptomatologique neurocutané, initié par les expositions solaires répétées, dérivant dans certaines conditions socio-environnementales favorables vers l'addiction.

Nous sommes dotés naturellement d'une banque cellulaire au montant moyen de 2 000 milliards de cellules épidermiques, au sein de laquelle un petit coffre-fort protégerait nos rares cellules souches, détentrices

de notre assurance-survie. Nous assistons à un renouvellement permanent des cellules épidermiques, également dénommées « kératinocytes », représentant 90 % du pool cellulaire épidermique, et se reproduisant selon un cycle standardisé tous les 15-20 jours, de la partie profonde en opérant une ascension progressive vers la surface, où les cellules vieilles sont auto-éliminées en se desquamant. L'épiderme est renouvelé en totalité en un délai moyen de 6 semaines. Cette couche superficielle, visible, revêt une structure lamellaire faite de plusieurs couches superposées où les cellules communiquent dans un langage chimique complexe et évolutif. La peau est biochimiquement connectée. L'épiderme repose sur la deuxième couche appelée derme, d'architecture fibrillaire, où les fibres de collagène et élastiques s'entrecroisent, et impriment notre plasticité, notre fermeté cutanée, au contact, et au toucher. Enfin le tout est tendrement soutenu par l'hypoderme, troisième couche capitonnée ou graisseuse. La peau est en quelque sorte une véritable friandise, un équivalent de millefeuille, imposant des consommations modérées de soleil.

Le renouvellement cyclique permanent de notre épiderme pourrait contribuer à l'extinction définitive de nos réserves cellulaires. Il n'en est rien. La peau est dotée de cellules souches multipotentes qui ont la capacité, en laboratoire, sous l'influence de signaux complexes, de se transformer en cellules spécialisées. Cette découverte offre un vaste champ d'action expérimental et thérapeutique dans le futur en mettant en culture sur des milieux spécialisés des cellules

épidermiques multipotentes prélevées lors d'une simple biopsie de la peau. Désormais ce nouveau pool de cellules souches non issu de tissus d'origine embryonnaire ouvre la voie à un nouvel univers d'investigation en symbiose totale avec nos fondamentaux éthiques.

Dans ses fonctions

La peau est plurielle dans ses fonctions qui sont essentiellement organisées pour assurer notre protection : mécanique, thermique, immunologique ou défense anti-infectieuse, photoprotectrice, anti-UV, et neurosensorielle. Seules ces deux dernières fonctions vont faire l'objet d'un exposé détaillé, elles configurent la structure de l'addiction solaire.

- La protection solaire

Notre peau a la capacité de tolérer une exposition solaire sans manifester de dégâts tissulaires immédiatement ou dans le temps. Cette potentialité définit la notion de « capital solaire ».

Cette propriété est fonction de la couleur de notre peau, déterminant ainsi notre phototype génétiquement programmé à la naissance ; plus il est clair, plus les risques solaires sont multipliés.

Le général en chef de cette stratégie dissuasive est le mélanocyte, cellule étoilée (5 % du pool des cellules épidermiques), il détermine notre pigmentation constitutive, et la diversité chromatographique cutanée humaine de par le monde, depuis nos origines. Cette armada présente une densité variable selon la localisation ; en moyenne 1 000 éléments par millimètre

carré pour le corps et jusqu'à 2 000 pour le visage, disposés sur une base ondulante au fin fond de l'épiderme, s'immisçant entre les kératinocytes. Chaque mélanocyte pilote une quarantaine de kératinocytes, leur délivrant de façon tentaculaire le pigment protecteur tout au long de leur migration vers la surface et de leur mise à découvert.

Une foultitude de granules, les mélanosomes contenant le précieux nectar protecteur qu'est la mélanine, colonisent le cytoplasme des mélanocytes. La synthèse de la mélanine est réalisée sous l'impulsion du rayonnement ultraviolet lors des expositions solaires. Ce pigment est constitué de deux variétés chimiques différentes dans leur couleur et leur fonction. D'une part les eumélanines, pigments brun-noir très photoprotecteurs, et d'autre part les phéomélanines, de teinte jaune orangé, caractérisant les épidermes roux ; ils sont peu ou pas protecteurs.

La différence de couleur de la peau humaine ne relève pas d'une différence du nombre des mélanocytes, celui-ci étant identique dans toutes les populations du globe. Seuls les mélanosomes impriment les variantes de couleur en fonction de leur taille, de la densité du contenu, de la capacité à ne pas se faire détruire lors de leur transfert à l'épiderme. Plus ils sont volumineux, denses en contenu et isolés, plus la peau sera foncée.

La couleur de la peau résulte d'un phénomène anthropo-ethnologique évolutif et géographique, en aucun cas elle ne doit et ne pourra être discriminatoire. Deux chercheurs de l'université de Pennsylvanie, Nina

Jablonski², anthropologue, et son mari, le géographe George Chaplin, démontrent toute la complexité antérieure et actuelle de la multiplicité de la palette de couleurs de nos téguments, complexité inhérente à notre évolution, nos migrations et notre nouvelle identité contemporaine de zappeurs géographiques.

Les ultraviolets invisibles à l'œil humain transpercent notre peau à des niveaux différents : seulement 7 % arrivent sur la Terre. Le rayonnement solaire est complexe, les autres composantes sont dominées par les infrarouges, 54 %, responsables de la sensation de chaleur sur la peau, et 39 % de rayons visibles conceptualisant ainsi la lumière. Les UV-A (320-400 nm) représentent 98 % des UV, ils traversent le verre mais sont arrêtés par le derme moyen ; l'énergie est décroissante. Les UV-B (290-320 nm), soit 2 % des UV, sont stoppés par le verre et l'épiderme ; ils sont très énergétiques. Leur passage déclenche un chambardement biologique réactionnel complexe et paradoxal, à la fois protecteur et dévastateur.

L'organe noble à protéger de l'impact solaire est le noyau cellulaire, renfermant la perle unique qu'est notre ADN, marqueur de notre identité. La mélanine vient coiffer comme un casque le pôle supérieur de ce noyau, évitant tout contact, toute rayure, fissure, fracture de ce bijou, afin de ne pas altérer l'expression de notre parure cutanée dans le temps. Cette synthèse de mélanine nous fournit l'équivalent d'un filtre solaire absorbant, et incommensurablement *bio* dans sa définition la plus naturelle et sans rivale pharmacologique. La répétition des expositions solaires naïves

ou volontaires stimulera ou non le bronzage (pigmentation facultative) en fonction de notre dotation génétique et contribuera lentement et insidieusement à l'accélération du photovieillissement. L'absence de précaution, les excès modifieront à tout jamais le renouvellement cutané et ce de façon indélébile, favorisant ainsi la survenue de cancers cutanés, après avoir créé une mutation cellulaire à l'origine d'un renouvellement épidermique devenu anarchique. La bonne connaissance de votre « carte d'identité solaire »³ sera le garant d'une gestion responsable et durable de votre patrimoine cutané. « La jouissance et le tragique avancent main dans la main⁴ », dirait Michel Mafesoli, sociologue étudiant le caractère protéiniforme du comportement collectif humain.

- Expression neurosensorielle

Nous avons aujourd'hui une bonne connaissance de l'innervation cutanée et des récepteurs à la sensibilité de la peau et de ses annexes : poils, glandes sébacées et sudoripares. L'imagerie médicale, notamment l'IRM ou la résonance magnétique imagée, nous visualise le fin chevelu hirsute des fibres nerveuses terminales venant s'immiscer entre les cellules épidermiques les plus superficielles, témoignant ainsi de notre réactivité, ô combien singulière, face à un événement quel qu'il soit. Il n'est pas rare d'entendre dans une conversation cette phrase très imagée : « J'ai les nerfs à fleur de peau. » Ce tandem anatomique impactera à la fois la maladie et le psychologique. Un réseau de capteurs neurosensoriels tapisse l'épiderme et le derme de la peau, nous avertissant de façon

spécifique de la sensation perçue, chaleur, froid, douleur, et de la parade protectrice adaptée qui le plus souvent se limite au retrait. Les neurosciences, les sciences cognitives, l'éthologie permettent une approche chimique de la prédisposition génétique ou acquise de nos choix comportementaux. Les rayons infrarouges du soleil expriment de façon instantanée une perception de chaleur immédiatement codée en sensation de bien-être, mémorisée dans le centre du plaisir cérébral et reproductible. Cette répétition comportementale dionysiaque⁵ induira une dépendance solaire parfois fatale. La lumière visible contribue chez les individus météo-sensibles à réactiver le moral dans le sens positif, avec reprise de confiance en soi. Ensuite, la survenue du caractère hâlé de la peau consolidera une image esthétique remarquée et identifiée dans l'entourage, pérennisant ainsi cette dynamique rassurante.

La carte d'identité solaire

L'édition et la connaissance de votre propre carte d'identité solaire vous permettront l'accès à un passeport sanitaire vous ouvrant les frontières hédoniques, en organisant un voyage solaire responsable. Les éléments indispensables à la confection de cette carte sont les suivants : l'âge, le phototype, les antécédents cancérologiques cutanés familiaux et personnels, la profession, le nombre de grains de beauté, le comportement solaire – autant de paramètres qui vous identifieront en tant que candidat à risque ou non.

L'âge : plus on est jeune plus il faut préserver son capital solaire et éviter de façon impérative tout coup de soleil dans la petite enfance, car l'augmentation du risque cancérologique est aujourd'hui médicalement reconnu et ce dans un délai imprévisible. Le soleil est dans ce cas particulier une bombe à retardement biologique. Plus nous avançons dans le temps, plus notre chronobiologie exprime quelques « bugs » cellulaires et physiologiques déterminant ainsi la survenue d'un photovieillissement cutané, qui fomentent la survenue des cancers cutanés dont la fréquence et la multiplication croissent avec l'âge.

Le phototype : il représente notre capacité à supporter une exposition solaire sans dégâts cutanés immédiats ni à long terme. Il est génétiquement programmé et transmissible. Il est le fruit d'une évolution préhistorique, directement lié et déterminé par le climat et la géographie comme le précise le géographe californien George Chaplin. La couleur de votre peau, de vos cheveux et de vos yeux définiront votre type de peau : claire ou mate. Plus votre phototype sera clair, moins vous serez biologiquement protégé, il vous faudra alors adopter un comportement solaire responsable et ciblé. Plus votre phototype sera foncé, meilleur sera votre devenir cutané ultérieur. Nous définissons sur le plan dermatologique 6 phototypes qui se répartissent selon les latitudes géographiques : les plus clairs se retrouvent dans les populations du Nord et les plus foncés dans le Sud. Pour exemple, nous retiendrons le type II pour l'Europe du Nord, le type V au niveau du pourtour

méditerranéen ; en ce qui nous concerne, en France, nous combinons les types III et IV. Cette classification est réductrice, car selon les anthropologues, notamment Nina Jablonski⁶, il n'y a pas de couleur brute, mais un spectre varié et dégradé avec subtilité des différentes couleurs de la peau. Un sondage réalisé auprès de jeunes Brésiliens, afin de définir leur couleur cutanée, a permis de recueillir 134 nuances de teintes, corroborant ainsi notre diversité cutanée, et qui n'en demeure pas moins une identité unique, s'inscrivant dans l'unité humaine. Nous sommes auto-organisés par 25 000 gènes et seulement 50 gèrent la notion de couleur de la peau. Nous sommes donc génétiquement similaires, la couleur de la peau est un marqueur d'identité, les différences sont superficielles, et il serait illusoire d'en effectuer un classement hiérarchisé.

Les antécédents : la notion d'antécédents familiaux et personnels de cancers cutanés impose une plus grande vigilance solaire. L'origine génétique est aujourd'hui reconnue dans environ 10 % de la survenue des mélanomes, impliquant ainsi un dépistage familial de ce type de cancer cutané.

La profession : notamment si celle-ci est extérieure, on exigera des recommandations solaires adaptées, tout en sachant que tout professionnel de l'extérieur reçoit 80 % d'ultraviolets supplémentaires. Un couvreur ne peut en aucun cas calquer son attitude solaire sur celle d'un comptable.

Les grains de beauté : leur nombre interfère dans le risque accru de survenue des mélanomes. Un nombre

supérieur à 50 éléments fait courir un risque qui croît de façon exponentielle au nombre démultiplié de grains de beauté présents sur votre peau. Une telle situation imposera là encore des mesures préventives ciblées.

Les comportements solaires que nous allons décrire résulteront de la connaissance des différents critères retenus pour établir votre carte d'identité solaire personnelle. Cette « unité-diversité biologique humaine », dirait Edgar Morin⁷, exprime toute notre complexité physiologique qui déterminera nos choix comportementaux sanitaires, et, dans le cas présent, notre vécu individuel solaire et éphémère.

Les comportements solaires

Ce n'est pas une fois de plus l'ébauche d'une nouvelle interdiction. Nous ne sommes pas des intégristes anti-tout dans votre consommation sanitaire. Il ne s'agit pas de se cloîtrer, mais d'adopter une attitude guidée par le bon sens élémentaire et salvateur.

Le soleil procure une sensation de bien-être à tout moment et pour tout individu. Notre patrimoine génétique et notre type de peau ou phototype ne nous permettent pas le même comportement solaire. Une consommation solaire inadaptée, prolongée, répétée, additionnée, pénalisera votre capital solaire, initiant un photovieillissement ou héliodermie prématurée, et accentuera le risque de cancer cutané. Moutl paramètres interfèrent pour déterminer les différents comportements solaires. Leur définition permettra de se

reconnaître et de reconsidérer sa consommation et par conséquent de se resituer sur un volet préventif afin de minimiser les risques médicaux. Leur classification sera hiérarchisée en fonction du risque sanitaire croissant, en sachant qu'ils se combinent les uns aux autres et précarisent lentement et insidieusement notre santé.

L'exposition solaire naïve représente une attitude largement répandue. Lorsque j'incrimine le soleil comme élément causal des symptômes cutanés exprimés par les patientes, leur réponse est quasi standardisée : « Docteur, je ne m'expose jamais au soleil et je fais encore moins la rôtissoire ou la galette sur les plages. » La majorité des patients sous-estiment leur consommation solaire dans des situations quotidiennes et banales. Ce sont les activités répétées comme le jardinage (éliminer les mauvaises herbes au moment du savoureux petit café de la pause déjeuner, tondre sa pelouse à 14 heures, torse nu), faire une balade à bicyclette, randonner, faire son marché à midi. Ou bien se sentir faussement protégé par un plafond nuageux lors d'une promenade à vélo ou à pied, expliquant les coups de soleil intenses au retour en fin de journée sur les zones non couvertes par les vêtements protecteurs. Je vous confie une anecdote, lors d'une matinée de consultation, je fus interpellé par un grand nombre de coups de soleil sur le visage et le décolleté de mes patients, une véritable épidémie expliquée par leur présence à un meeting aérien sous un ciel nuageux, traître car non protecteur. Elle

touche tous les âges : jeux extérieurs pour les enfants, cours de récréation pour les professionnels de l'éducation en surveillance, voyages scolaires qui génèrent les plus succulents coups de soleil d'une vie enfantine mais aussi les plus risqués et répétés pour l'avenir sanitaire du malheureux touché, marche pour les adultes. Il est impératif de connaître la notion de réverbération déclenchée par les surfaces réfléchissantes majorant ainsi la dose d'ultraviolets reçus ; 80 % pour la neige, 20 % pour la mer et 10 % pour le sable. Surtout, elle est minimisée. Il y a une impression de ne pas s'exposer : « Docteur, pourtant je ne m'expose pas, je ne vais jamais à la plage, je reste dans mon jardin. » Cette exposition est cumulée dans le temps, elle est permanente et ampute notre capital solaire. C'est une exposition dont l'impact est négligé.

L'exposition solaire professionnelle touche l'ensemble des professionnels de l'extérieur qui reçoivent une majoration de 80 % en plus de rayons solaires par rapport à un travailleur à l'intérieur. Les professionnels de la terre représentés par les « paysans », dirait Michel Serres, les maraîchers, ceux qui vendent sur les marchés, les paysagistes, les agents des espaces verts en milieu urbain, doivent retrouver le bon sens vestimentaire protecteur de leurs aînés. Aujourd'hui, il est de coutume d'apercevoir nos jeunes agriculteurs en tenue légère, torse nu à travers les vitres non protectrices de leurs monstres ouvrant les entrailles de la terre, surexposés depuis l'atomisation

des petites parcelles bocagères et protectrices. Nos anciens paysans bretons savaient ô combien que le soleil imprimait lentement et insidieusement les mêmes sillons sur leur visage que ceux qu'ils imposaient à la terre. Ils étaient vêtus d'une toile noire épaisse recouvrant tout le corps et d'un chapeau à large bord, costume de travail adapté au biotope breton. Les tâches étaient organisées et imposées par la pendule solaire : au lever du jour et en fin de journée ; c'était bon pour la terre et bon pour l'homme. Le comportement professionnel de l'époque était imprégné de bon sens, à la Paul Valéry⁸, et ce sans pédagogie préventive éducative ; il se transmettait durablement par mimétisme générationnel. Nos excès productionnistes en agriculture moderne ont inéluctablement influencé cette déviance comportementale solaire pour cette population professionnelle qui, dans un passé encore proche, vivait en osmose et respect fusionnel avec la « terre patrie⁹ ». Cette atomisation professionnelle organisée est, selon Michel Serres, un des événements anthropologiques les plus marquants depuis le Néolithique. Un renouveau comportemental semble se profiler depuis peu ; sous l'impulsion féminine. Oui, les femmes investissent le monde agricole et lui imposent une vigilance sanitaire, salutaire pour les hommes et leur avenir en matière de santé.

Les professionnels de la mer héritent du même sort : pour les pêcheurs, les ostréiculteurs, pour ceux qui travaillent sur les chantiers navals, se surajoute le phénomène de réverbération de l'eau, calme ou en mouvement.

Il en va de même pour les professionnels du bâtiment : maçons, couvreurs, charpentiers, etc. Osez imaginer un couvreur à 14 heures, œuvrant au sommet d'un toit, subissant la réflexion des rayons solaires sur les ardoises et les infrarouges du fait de sa hauteur, situation majeure et pourvoyeuse de cancers cutanés précoces dans cette population. Le machisme, imprégnant encore lourdement ces deux dernières professions, semble se diluer depuis l'arrivée des femmes sur les chantiers, qui orchestrent la stratégie photoprotectrice.

Nous pouvons ajouter les métiers liés aux travaux publics et aux transports routiers. Il est un fait à ne pas méconnaître, c'est la non-photoprotection des pare-brise contre les ultraviolets, accentuant ainsi le phénomène de photovieillessement du côté exposé lors de la conduite, travail épidémiologique médicalement démontré par nos collègues dermatologues nord-américains chez les routiers américains. La réduction du temps de travail en France depuis 10 ans a eu pour corollaire de maximiser le travail pendant la pause déjeuner, au zénith solaire, augmentant ainsi la surexposition solaire pour les professionnels de l'extérieur et pénalisant la qualité sanitaire de ces travailleurs.

N'oublions pas les professionnels du sport, de tous les sports d'extérieur quels qu'ils soient. Le capital solaire est dévalué au fil du temps professionnel écoulé en raison d'expositions longues, répétées et durables.

L'exposition ludique concerne l'ensemble des activités de loisirs extérieurs : le sport amateur (vélo, tennis, course à pied, bateau, etc.), le bricolage (la rénovation d'une maison), le jardinage (activité reliant l'homme à son milieu originel, la terre), les voyages exotiques (de plus en plus il y a une évasion vers les pays exotiques, les pays chauds en hiver). *L'Homo sapiens* est un animal en quête incessante de chaleur, cela majore le temps solaire estival dans sa propre région. J'aimerais dissoudre un a priori climatique largement répandu, diffusé oralement et surtout médiatiquement, concernant l'absence de soleil dans une région comme la Bretagne. Quelle tristesse que d'entendre les premières nouvelles radiodiffusées : « la dégradation » ou bien « la dépression » arrive par l'ouest, tel est ce martellement neuronal répété, assimilé, admis, transmis, donnant une définition météorologique fausse et dangereuse. Le constat est simpliste : la Bretagne est une terre pluvieuse, par excellence médiatique, l'investissement photoprotecteur n'est donc pas nécessaire. Les touristes et autochtones s'ébattent de toutes leurs aises durant les créneaux horaires les plus chauds et les plus risqués, notamment entre midi et 16 heures, alors que dans les régions du sud de la France, ou sous les cocotiers, la tendance est de se mettre à l'ombre et au frais. La lecture des cartes de Météo France concernant le nombre d'heures de soleil par an est pertinente ; en Bretagne sud ce nombre moyen est de 2 250 heures par an, dans le sud de la France il est de 2 700 et au nord de 1 600. La réalité chiffrée est très significative,

expliquant notre surconsommation solaire dans ce type de région par sous-estimation de la densité du rayonnement solaire. Nous vivons le soleil à crédit et nous payons l'addition après consommation et elle est d'autant plus lourde que nous avons été dans l'excès. La peau est à l'image d'une calculatrice, qui enregistrerait tout, et éditerait à retardement la note postsolaire fatale. Ce sont des expositions ponctuelles mais répétées.

L'exposition volontaire est un choix personnalisé, déterminé, réfléchi, elle est le plus souvent spontanée lors d'une pause de temps libre relativement courte : « J'ai un moment, je vais prendre le soleil avant de reprendre le bureau. » L'exposition est parfois préméditée et organisée dans un contexte ciblé, notamment sur une plage ou sur sa terrasse et de préférence entre 12 heures et 16 heures, avec la ferme intention de prendre des « couleurs » sans influence revendiquée. Nous évoluons dans le ponctuel, le limité, et pas obligatoirement dans le reproductible, nous sommes loin de la spirale consumériste avec dépendance. Cette attitude fait partie intégrante du calendrier des habitudes saisonnières de l'individu, elle est initiée par l'apparition des premiers rayons solaires ; c'est l'équivalent d'une coutume, d'un rite faisant appel à un rythme biologique peut-être préprogrammé dans notre génome, témoignant de notre composante animale pérenne, et bien différente d'une dépendance comportementale.

La reptilisation estivale de l'Homo sapiens des temps postmodernes... Nous assistons de façon cérémoniale à la migration humaine estivale sur les plages hexagonales ou exotiques, mais avec un choix prépondérant pour les régions ensoleillées. L'homme est un animal de la chaleur. Chaque individu se projette dans l'immanence du bonheur physique et ludique à la recherche du plaisir en temps réel. Cette grand-messe solaire célèbre l'eucharistie du temps festif intercepté à la réalité quotidienne vampirisante et fossilisante. C'est l'antidote au catastrophisme ambiant, perfusé en continu dans nos esprits par nos chers médias. Le bord de mer et le soleil répondent à cette demande de thérapie collective, permettant de transcender le douloureux et le quotidien pressant, incitant à l'ivresse immanente de la « chair ». Le temps est suspendu, et la réalité pléthorique, virtuellement atomisée, nous sommes en apesanteur salvatrice. En se déshabillant de sa carapace socioculturelle permanente et pesante, en s'exhibant à demi nu sur le sable chaud, l'humain renoue avec ses origines animales. Ce rassemblement programmé dans cette posture le rassure sur sa condition d'espèce et le déculpabilise de tout excès comportemental. La tolérance est reine pour cette fois, toutes les différences, physiques, épidermiques, colorées ou non, vestimentaires sont acceptées sans contrepartie, c'est un temps « convivial » et absolu. Ce rite ludique naïf, programmé, répété, imité, devenu entité sociologique contemporaine, se substitue à la communication religieuse du passé et dépassée. Il s'identifie au groupe protecteur, et valide

ainsi son attitude mimétique, mais risquée en raison d'une précoce « consommation » annoncée, dirait Michel Maffesoli¹⁰.

Ce mouvement est-il réfléchi ? Est-il généré par le jeu des influences socioculturelles ? Est-il conçu sous l'impulsion de notre inconscient ou bien soumis à la loi des neurosciences, exprimée par nos neurones miroirs ?

Ce biotope « bacchanal » est à portée de main, le plaisir est immédiat, les différents éléments le constituant sont assimilés à un spa géant, un massage collectif, un sauna de masse et une gigantesque cabine de bronzage naturel, c'est un oui instantané à la vie, et l'expression d'une parenthèse anesthésiante. Nous retrouvons une sensation amniotique originelle et rassurante au contact de l'eau, le sable nous enveloppe et nous donne un sens minéral, donc naturel, et les rayons solaires nous réchauffent et illuminent notre intériorité. Nous ressentons un état de non-existence, de légèreté, de fuite médiatico-culturelle, de décalage spatiotemporel, de protection naturelle, d'évasion, d'exotisme. L'effet thérapeutique communautaire dépasse le risque sanitaire singulier. Tel est le sens postmoderne exprimé par nos excès comportementaux, leur réalité déferlante mérite une compréhension médicale, afin de façonner un discours interactif adapté avec le grand public non encore parvenu au statut de « patient » et de tout mettre en œuvre pour qu'il n'y accède en aucun cas.

L'exposition addictive : nous sommes dans une société du paraître où il est impératif d'exprimer un

visage jeune et pétillant permanent. Le bronzage donne cette illusion. L'image médiatique imposée suscite un mimétisme comportemental. Notre représentation narcissique est sous influence, induisant ainsi une dépendance à l'origine d'une consommation solaire croissante, naturelle ou artificielle en cabine UV. Notre image esthétique est sublimée à l'origine du syndrome du double miroir à la fois pour soi-même et pour les autres. La sensation de bien-être que procure l'effet de chaleur solaire accentue ce besoin et conduit l'individu dans une spirale de consommation ou d'exposition non maîtrisable, semblable à une addiction comportementale. Le scénario est toujours le même, que l'addiction soit chimique ou comportementale ; nous assistons à la mise en place de la triade suivante : usage, abus et dépendance très bien décrite par le Dr William Lowenstein de la clinique Montevideo¹¹.

L'addiction relève d'une origine plurifactorielle, c'est-à-dire que plusieurs éléments interviennent pour entrer dans l'addiction solaire : génétique, famille, sociologie et environnement.

Il existe probablement un mimétisme comportemental familial : l'organisation des vacances familiales au soleil, sous les cocotiers, à la mer l'été, une maman bronzée en continu seront des éléments déterminants pour orienter vers une consommation solaire excessive chez l'adolescent ou plus précisément chez l'adolescente, à l'instar du tabagisme. Le bronzage artificiel en cabine, très addictogène, est en plein essor et offre une véritable manne économique. Le

marché est tentaculaire, le nombre répertorié, mais très certainement minoré, des appareils UV en France serait de 15 000 machines. Aux États-Unis, une enquête portant sur 421 étudiants a montré que plus de la moitié avaient déjà opté pour ce type de bronzage artificiel, que 30 % étaient dépendants, et que 78 % auraient tenté un sevrage sans succès.

La sensation de plaisir éprouvée dès les premières expositions de la petite enfance induite par le soleil sera également un élément non négligeable pour récidiver, et ritualiser son quotidien estival, voire annuel, en fonction de son bien-être : effet apaisant, dopant, euphorisant et cosmétique. Nous ne sommes plus dans l'envie mais dans le besoin, et en route vers la dépendance : « Docteur, je n'ai pas de défaut mais le soleil, c'est ma drogue » ; ou bien : « Le soleil, je ne peux pas m'en passer. » Ce sont des expositions aiguës et répétées.

Au terme de ces différentes attitudes, il est essentiel de retenir que ces comportements solaires sont plus ou moins intriqués, combinés, s'additionnant au fil du temps et majorant tout risque pour sa propre santé.

Oui, nous nous devons en tant que médecins praticiens de comprendre les motivations individuelles et globales, incitant à vivre ces moments, à les reproduire, pour mieux engager un discours préventif ciblé et non culpabilisateur. Notre propos sera de valider et d'organiser ce bien-être solaire, en instillant une pédagogie préventive, anticipatrice et adaptée.

Quel est l'impact du soleil sur notre vie et notre survie ?

Votre voyage spatiotemporel avance, à l'image d'un vaisseau vous engageant sur la voie de la compréhension médicale des effets solaires complexes sur votre peau, guidé par le souci de préserver votre patrimoine santé.

Les « effets bénéfiques » solaires répercutés sur notre organisme via notre épiderme sont très variés, et reliés par l'instinct de survie. La complexité de la composition du rayonnement solaire, que ce soient la lumière visible, les infrarouges ou les ultraviolets, aura un impact global et massif sur notre peau, sans cibler les effets.

Notre organisme est chronobiologiquement programmé dans le temps, et nous sommes dotés d'une horloge biologique au quotidien appelée « rythme circadien », lequel est orchestré par une hormone : la mélatonine. Sa sécrétion est photodépendante, elle régule notre humeur. Son déficit exprimera un trouble dépressif saisonnier, un sommeil dérégulé, une fatigue. Ces perturbations seront corrigées par la luminothérapie, c'est-à-dire l'émission et la diffusion d'une lumière blanche, sans ultraviolets et sans infrarouges, à l'aide de sources d'une intensité de plus de 2 500 lux, posées dans différentes pièces de la maison ou de l'appartement. L'efficacité des séances impose une durée moyenne située entre 30 et 45 minutes par jour.

Les infrarouges représentent 54 % de l'énergie solaire, ils nous enveloppent de leur chaleur sédative, anti-inflammatoire et antialgique, nous conférant ainsi un bien-être physique tant attendu lors de l'arrivée des « beaux jours ». Cependant, ils peuvent générer des effets indésirables. Le « coup de chaleur » sera la conséquence immédiate d'une exposition solaire aberrante. Les IR pénètrent dans la peau jusque dans le derme pour 65 %, les effets cumulés demeurent insuffisamment étudiés, mais ils semblent être impliqués dans la survenue du photovieillissement et de la genèse des cancers cutanés.

Les ultraviolets, largement étudiés, s'avèrent être le plus petit pool du rayonnement solaire, soit 7 % de l'émission solaire, mais aux effets ô combien paradoxaux.

Ils ont initié la synthèse de la mélanine au cours de notre évolution, dans un but doublement protecteur : génétique et cutané¹². Au tout départ, la peau pigmentée, voire foncée ou noire, a permis de protéger les dérivés des folates photodétruits dans le sang, afin de préserver le matériel génétique indispensable à la survie de l'espèce. Un déficit en folates ou en vitamine B9, que l'on retrouve dans les légumes et céréales, peut induire des malformations neurologiques axiales pendant une grossesse, notamment le spina bifida. La mélanine a été le fruit d'un véritable enjeu évolutif anthropologique, qui a permis à l'*Homo sapiens* de se pérenniser.

Les UV contribuent à la solidité de nos os, en synthétisant de la vitamine D sous l'impulsion des UV-B, dans nos kératinocytes. La vitamine D est

indispensable à l'absorption du calcium et du phosphore contenus dans notre alimentation, afin d'optimiser la fabrication et le renouvellement permanent d'un squelette osseux résistant, et ce depuis les temps préhistoriques les plus reculés, probablement induits par l'apparition de la bipédie.

Oui, une courte exposition solaire de 15 minutes par jour, trois fois par semaine en été, sur des zones anatomiquement choisies, et naturellement photoexposées, visage, mains et bras, suffit à maintenir un taux sanguin de vitamine D biologiquement efficace sur l'ostéogénèse, ainsi que l'interférence sur d'autres cibles, par exemple sur le système immunologique, qui est en quelque sorte notre système d'autodéfense anti-infectieuse.

Les UV-B vont initier lors des premières expositions solaires dosées le bronzage, qui est une réponse protectrice, chronologique et biologique strictement normale et naturelle. Cette étape sera accessible ou non en fonction de votre patrimoine génétique initial. Une peau claire ne vous permettra pas de bronzer, à la différence d'une peau mate. En aucun cas il ne faudra forcer votre épiderme à bronzer, car une attitude contraire, inadaptée, sera lourde de conséquences, à court terme et dans le temps. Ce bronzage progressif, adapté, est l'expression même de la pertinence de la qualité et de l'efficacité de ce véritable écran solaire incommensurablement biologique qu'est la mélanine, dont nous sommes tous dotés mais qui est distribuée de façon génétiquement inégale. Nous sommes dotés de l'équivalent d'un écran solaire naturel

avec une différence exprimée au niveau du coefficient de photoprotection : faible, moyen, ou puissant.

Certaines dermatoses, notamment le psoriasis, l'eczéma, les lymphomes cutanés, peuvent bénéficier des effets anti-inflammatoires, immunomodulateurs et antiallergiques des UV, dans le cadre de la photothérapie médicale en milieu spécialisé, après décision thérapeutique, réfléchie et surveillée.

Les effets délétères sont directement déclenchés par une consommation excessive et inadaptée du soleil naturel ou artificiel. Vous vous souvenez, nous avons démontré que les UV pénétraient la peau à des niveaux différents, jusque dans le derme qui héberge notre collagène et notre tissu élastique, source du maintien de notre plasticité cutanée.

La première sanction ne tardera pas : ce sera le coup de soleil. Sa survenue interviendra à l'image d'un copier-coller de la définition des différents comportements solaires précédemment étudiés. Nous pouvons retenir deux situations : le coup de soleil naïf survenant dans un contexte météorologique où l'impact solaire a été minimisé, il sera alors limité, et le coup de soleil volontaire, provoqué afin d'initier et d'accélérer le bronzage, dans ce cas, il sera étendu. Le coup de soleil s'exprime sous la forme de rougeurs localisées ou diffuses à l'origine d'un inconfort plus ou moins durable : brûlures, douleurs, décollement, desquamation, modifications pigmentaires indélébiles, sensations de démangeaisons persistantes ou récurrentes.

Il déclenche un véritable séisme cellulaire, l'équivalent d'un stress oxydatif brutal, intense, à l'origine de la libération de radicaux libres toxiques aboutissant à une sidération cellulaire, voire à une mort cellulaire ou apoptose. L'énergie produite par les ultraviolets génère des modifications comportementales de la cellule épidermique qui est perturbée dans sa duplication via son ADN, dans son renouvellement avec mise en mémoire de cette agression, transformation, mutation et apparition d'une reproduction anarchique dans un délai imprévisible. Cette mutation se fait en sous-marin, lentement, insidieusement, avec production d'un cancer cutané à retardement. Nous payons l'addition après consommation. Il faut tout mettre en œuvre pour le prévenir et le bon sens sera d'adopter un comportement idéal assimilé et reproductible, à savoir s'exposer de façon progressive, couvert (la protection vestimentaire est essentielle), et combiner dans un deuxième temps une protection chimique.

À moyen terme apparaissent les prémices d'un vieillissement cutané prématuré et photodéclenché par une consommation solaire cumulée et démultipliée. Votre épiderme va exprimer très tôt les signes d'héliodermie : taches pigmentaires solaires photodistribuées, amincissement cutané, peau fragilisée par sa finesse à l'image du papier à cigarettes, vaisseaux visibles, perte de l'élasticité, relâchement cutané, peau flétrie, rides, perte de l'éclat lumineux. À ce stade nous affichons singulièrement notre comportement solaire choisi dans notre vécu. Cet acquis est

malheureusement évolutif, indélébile, et ne trouvera réparation qu'en s'engageant dans une course effrénée dans la sphère de la dermatologie correctrice et esthétique. Ce photovieillissement se combine à d'autres facteurs intimement liés, génétiques, endocriniens, toxiques, notamment le tabac, aujourd'hui largement reconnu comme agent catalyseur de notre involution épidermique.

Au stade ultime, la torpille solaire explose à retardement, et c'est le cancer de la peau. La cellule mutante sera issue soit des kératinocytes à l'origine des tumeurs rouges ou carcinomes, soit des mélanocytes se transformant en mélanomes ou tumeurs noires. L'incidence des cancers cutanés sera directement liée au type de pigmentation des populations et des zones géographiques habitées. Cette prévalence est estimée en moyenne à un taux de 40 à 60 cas pour 100 000 habitants dans la population blanche en Australie, pour un taux de 3,5 dans la population noire africaine, témoignant ainsi du rôle protecteur majeur de la mélanine¹³.

Il existe 2 types de carcinomes. Le *carcinome baso-cellulaire*, le plus fréquent : environ 70 cas pour 100 000 habitants par an en France (42 000 nouveaux cas). Il résulte d'expositions intermittentes, répétées, durant les activités extérieures de loisirs. De bon pronostic, son traitement est avant tout chirurgical. Il touche les zones photoexposées, certaines zones sont parfois redoutables sur les conséquences esthétiques postopératoires, notamment dans les régions péri-orificielles : paupières, nez, oreilles, lèvres. Notre arsenal

thérapeutique s'étoffe dans le traitement des formes superficielles et multiples : la photothérapie dynamique topique, l'immuno-modulation locale, la cryo-chirurgie. Le *carcinome épidermoïde*, moins fréquent – 20 cas pour 100 000 habitants par an –, résulte, lui, des expositions chroniques professionnelles, survient essentiellement sur les zones photoexposées, parfois de façon brutale, peut toucher les ganglions, et impose son ablation chirurgicale, et une surveillance médicale régulière ; ce cancer est moins sympathique que le précédent.

Le cancer cutané à haut risque est représenté par le *mélanome* avec une incidence annuelle plus élevée en France ; soit 12,1 cas pour 100 000 habitants chez les femmes et 10 cas pour 100 000 chez les hommes, soit en moyenne 8 600 nouveaux cas par an, avec une mortalité douloureusement sévère : 1 700 patients décèdent¹⁴. Ce cancer cutané est rare chez le sujet à peau noire, son incidence est plus élevée chez l'homme, en moyenne, 1,48 cas pour 100 000 habitants, contre 0,78 chez la femme en Martinique, se localisant de préférence au niveau des extrémités, notamment plantaires. En Australie et en Nouvelle-Zélande, la fréquence est dramatiquement élevée, les taux se situent entre 40 et 60, corroborant ainsi la non-adaptation du phototype clair des premiers colons britanniques, en 1788, à la latitude géographique imposée. Son diagnostic doit être précoce et détecté avant tout grain de beauté se modifiant, environ 20 % des cas, avant l'apparition récente et spontanée d'une tache noire évolutive, soit 80 % des cas.

Nous nous sommes dotés d'un outil pédagogique sous la houlette et la présidence du Pr Brigitte Dreno au sein du service de dermatologie du CHU de Nantes en créant le Réseau Mélanome Ouest (www.reseau-melanome-ouest.com). Ce réseau est singulier par sa composition plurielle, créant un véritable lien hôpital-ville, intégrant des dermatologues et généralistes et autres professionnels de santé, notamment infirmières et infirmiers, ainsi que des associations de malades : l'AMESA (Association mélanome sans angoisse) et la Ligue contre le cancer.

Ses missions sont également multiples : éducation à la santé en organisant des manifestations de pédagogie préventive pour le grand public, émissions de télévision (« Santé Magazine », « Télématin »), réalisation d'enquêtes épidémiologiques dans le domaine du mélanome afin d'évaluer les actions de prévention primaire et secondaire et en réalisant des suivis de cohortes...

Le Réseau organise des formations médicales continues pour les médecins et, depuis peu, pour les paramédicaux, notamment les kinésithérapeutes. Nous avons également mis à la disposition des médecins et dermatologues un e-learning en ligne sur le site Réseau Mélanome permettant de valider leurs connaissances tant au niveau de la prévention primaire et secondaire qu'au niveau du dépistage précoce des mélanomes.

Enfin sa dernière mission est la mise au point thérapeutique sur le site en apportant des informations actualisées et validées, avec mise à disposition auprès des internautes des protocoles thérapeutiques les plus

récents, et également mise à la disposition du corps médical d'outils permettant de coordonner la prise en charge du patient au sein du réseau ville-hôpital avec tous les partenaires concernés.

Nous avons déjà abordé la triste réalité des cabines de bronzage artificiel, tout en sachant que l'Organisation mondiale de la santé a classé les UV comme un carcinogène de classe 1 pour l'homme, c'est-à-dire un risque avéré et validé. Le soleil est à la peau ce que le tabac est aux poumons. Les différentes études épidémiologiques démontrent que la pratique des solariums potentialise le risque de voir apparaître un cancer cutané et ce d'autant plus que cette pratique est précoce, notamment si elle débute avant l'âge de 30 ans, et assidue ; 1 % des consommateurs affiche au compteur plus de 100 séances par an, corroborant le statut d'« addictif comportemental ». Aucune étude n'a mis en évidence le caractère préparateur de la peau aux premières expositions solaires par le biais de cette pratique. Il n'y a pas de bons ou de mauvais UV. Il en va de même pour définir les drogues dites douces ou dures. Cette confusion organisée, tolérée et pérennisée médiatiquement dédouane les pouvoirs publics dans leur gestion des comportements sanitaires à haut risque. Le devenir du consommateur demeure imprévisible : sera-t-il aspiré dans la spirale de la dépendance en fonction du contexte socioéconomique dans lequel il évolue ? Le traitement est chirurgical, combiné à une chimiothérapie dans les formes invasives. Une fois le diagnostic établi et le protocole

de soins réalisé, il faudra inviter les membres familiaux directs à se faire dépister, et à se photoprotéger.

Les UV photo- aggravent certaines maladies auto-immunes comme le lupus, des maladies génétiques, notamment les porphyries, déclenchent des photoallergies, soit après l'application de topiques locaux (crèmes, parfums, huiles essentielles, plantes), soit après la prise de médicaments comme les antibiotiques, les diurétiques, les anti-inflammatoires, les neuroleptiques, etc. Il est important de connaître ce risque, en fonction de sa maladie, de la nature de son traitement et de ses projets de voyage.

Une immunosuppression est déclenchée par les UV, il est banal de voir apparaître un bouton de fièvre après les sports d'hiver, ou bien durant l'été après une longue exposition sur une plage.

Au terme de cette synthèse, il vous faut retenir la notion d'ambivalence solaire, les effets biologiques seront à la fois positifs et négatifs, immédiats et retardés. Vous endosserez le rôle d'un funambule condamné à équilibrer ses choix sur son fil, pour survivre. Désormais, votre rapport avec le soleil s'imprégnera de la même démarche relationnelle et intimiste. Vous pouvez vous faire plaisir, sans vous flétrir et surtout sans périr.

Quelles stratégies préventives durables proposer ?

La survie de l'*Homo sapiens* contemporain est intrinsèquement dominée par l'activité solaire terrestre,

déterminante pour certaines réactions biologiques humaines et animales et pour le maintien de la photosynthèse indispensable à notre vie.

La réduction des effets délétères sur notre santé n'impose en aucun cas la mise en place d'une « interdiction comportementale supplémentaire ». Nous devons, bien au contraire, oser innover un comportement solaire responsable, qui sera le garant d'une protection solaire durable choisie en toute connaissance. Deux notions fondamentales coordonneront cette pierre d'achoppement protectrice : le bon sens et la mise en place d'une nouvelle charte sanitaire que j'intitule : « L'écologie médicale comportementale ».

Le bon sens doit prévaloir, comme l'écologie médicale comportementale. Le soleil oui, mais ? Nous ne sommes pas des dermatologues intégristes antisoleil, nous ne vous imposons pas de vous cloîtrer, mais nous vous invitons à redéfinir votre rapport avec le soleil bien au-delà d'une définition ludique, dans une approche plutôt environnementale et médicale. La santé ne concerne pas seulement la maladie, mais aussi tout un comportement de l'attention à soi au quotidien. À vous de formuler le bon choix, devenez votre propre chef d'orchestre et composez votre mélodie solaire personnelle. Les premiers rayons solaires sont déjà là, votre séjour solaire approche, vous devrez vous munir de votre carte d'identité solaire, du « Guide du routard solaire » qui vous proposera toute une série d'attitudes, de gestes simples, validés, automatiques, reproductibles, mémorisés, transmis, capitaux. Fort de votre connaissance, vous allez mettre en œuvre ces recommandations

dans vos différentes activités extérieures les plus variées : gestes quotidiens naïfs, opérations professionnelles, variantes ludiques et touristiques.

Un code solaire de bonne conduite guidera votre attitude : ne pas exposer les enfants avant 3 ans, s'exposer progressivement avec des durées courtes si vous avez un phototype clair, éviter les coups de soleil, pas d'exposition prolongée au-delà de 1 heure par jour, éviter 12 heures-16 heures, se méfier des situations météorologiques à haut risque : ciel nuageux, vent, sols réfléchissants (neige, eau, sable), altitude. Il faut avant tout privilégier la protection physique vestimentaire, et appliquer des écrans solaires sur les zones photoexposées restantes. Porter un chapeau ; la casquette saharienne est parfaite pour recouvrir les oreilles et la nuque, qui sont deux zones anatomiques très sollicitées. Le tee-shirt s'impose, les fibres à mailles serrées sont plus protectrices, de même que les tissus sombres et secs. Les lunettes solaires photoprotectrices référencées protégeront les yeux et retarderont l'apparition de cataracte photodéclenchée. Les écrans solaires utilisés en topiques vont réduire les risques sanitaires, mais en aucun cas ils ne vous permettent d'augmenter vos heures d'exposition, ne sombrez pas dans cette escalade perverse, ils n'ont pas valeur d'assurance absolue. Le risque demeure, même avec un écran total. Les différentes études épidémiologiques médicales ne permettent pas dans l'état actuel des données scientifiques d'affirmer que les écrans solaires génèrent des cancers cutanés, mais ne démontrent pas non plus qu'ils les empêchent, la vigilance doit être de rigueur. L'Agence française

de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps) a simplifié la classification des écrans solaires en 4 groupes : la très haute protection regroupant les indices de protection solaire (SFP : *Sun protection Factor*) 50 + pour les enfants et phototypes clairs II et III, les antécédents de cancers cutanés, les maladies photodéclenchées ou aggravées ; la haute protection avec des indices 30-40-50 pour les types III et IV ; la moyenne protection avec un indice 20 pour les types IV et V ; la faible protection avec un indice 10 est sans intérêt. Il faut privilégier une émulsion fluide, un spray si vous avez une peau grasse et une crème si vous avez une peau sèche, et répéter toutes les 2 heures les applications et après chaque baignade. L'idéal serait de limiter la surface d'application sur les zones cutanées non protégées par les vêtements, de réduire le temps d'exposition, d'investir dans les produits pharmacologiquement biodégradables, non toxiques, validés par l'Afssaps et l'Académie de médecine, afin de minimiser toute contamination chimique et interaction biologique, notamment l'effet œstrogénique de certains filtres. L'écran solaire ne doit intervenir qu'en dernière ligne stratégique de votre photoprotection, qui sera d'autant plus pertinente que vous adopterez une éviction modulable et ciblée. Nous devons prôner un investissement responsable dans le choix et l'utilisation d'un écran solaire synthétique, afin de vous protéger tout en préservant votre santé et le biotope.

L'écologie médicale comportementale

« La terre nous en apprend plus
long sur nous que tous les livres.
Parce qu'elle nous résiste. L'homme
se découvre quand il se mesure avec
l'obstacle. »

Antoine de Saint-Exupéry,
Terre des hommes

La notion d'écologie est une thématique largement diffusée. Il ne faut en aucun cas la galvauder, la diluer par une utilisation inappropriée, mais bien au contraire la démultiplier de façon universelle pour impacter positivement nos actes.

Nous retrouvons dès la fin du XIX^e siècle l'utilisation du terme « écologie » par un zoologiste allemand Ernst August Haeckel qui lui donnait une définition dynamique selon Jean-Marie Pelt¹⁵ : « L'écologie est la relation, amicale ou antagoniste, qui existe entre les êtres vivants et leur milieu de vie. » Plus récemment, en 1987, une réflexion de plus d'un siècle aboutissait à l'élaboration du rapport du Premier ministre norvégien, Mme Gro Harlem Brundtland, commandé par l'ONU afin de « répondre aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs¹⁶ ». Ce concept devient multidimensionnel, il se définit comme le garant du patrimoine naturel modifié restant et le transmetteur d'une nouvelle dynamique relationnelle interactive non dominante avec la nature et notre culture postmoderne. La théorie darwinienne, largement reconnue dans l'interprétation de l'évolution

des espèces, est probablement à l'origine de notre anthropocentrisme dévastateur. Cette hégémonie humaine a érigé un unilatéralisme délétère dans les rapports de l'homme avec son milieu originel et naturel. Il a concocté une OPA inamicale sur l'entreprise TERRE à son profit et en soumettant l'ensemble de la classe vivante animale et végétale à ses besoins addictifs. L'homme est un animal pressé, jouissant pleinement des ressources naturelles dans l'immédiateté, en ne formulant aucune prospective, même si l'abîme se profile à l'horizon terrien. Sa survie est essentiellement liée à un rapport de dépendance avec la nature mère, la coupure de ce cordon ombilical risque de le précipiter à tout jamais. Tout au long de sa chronologie évolutive, l'homme a façonné son biotope dans une plastique raisonnée, en symbiose, afin de survivre. Sous l'influence des différentes cultures, il l'aménageait tout en ménageant son milieu naturel. La notion de gestion adaptée, limitée, prévalait. L'économie verte était déjà opérationnelle ; le respect de la nature était l'intime ciment relationnel entre les êtres vivants. Aujourd'hui, l'*Homo sapiens* des temps postmodernes s'est totalement déconnecté de son milieu naturel, plus il devient connectif, plus il s'éloigne de sa « terre patrie », dirait Edgar Morin.

L'heure a sonné, il est désormais impératif de guérir notre pathologie consumériste et notre autisme collectif, un autre chemin thérapeutique doit s'ouvrir¹⁷.

Nous sommes la seule et atypique espèce animale à sombrer dans ce comportement de l'excès absolu. Notre système de soins fonctionne selon une politique

essentiellement curatrice, saupoudrée d'une infime pellicule préventive inopérante. Les maladies contemporaines sont engendrées par des causes que nous sécrétons nous-mêmes, elles sont : environnementodépendantes dans 30 % des cas selon le Pr Belpomme, président de l'ARTAC (Association de recherche thérapeutique anticancéreuse) ; consommateurs (suralimentation synthétique, tabac, alcool, drogues, activités ludiques, excès de vitesse, le toujours plus) et génétiques. L'intérêt porté par les sciences humaines, les neurosciences, la médecine pour mieux interpréter les addictions contribuera à redéfinir les rapports de l'homme avec son propre corps et avec le monde naturel vivant originel.

La santé ne concerne pas seulement la gouvernance thérapeutique standardisée, mais surtout la mise en place d'une stratégie anticipatrice à la maladie en initiant un respect « symbiotique » entre milieu naturel, artificiel et organique¹⁸.

Michel Foucault, lors du discours au Collège de France en 1982, en exprimant le concept du « *souci de soi* » dans « L'herméneutique du sujet », nous invitait sur le chemin de la maîtrise de soi. Joël de Rosnay abonde dans ce sens en évoquant la notion de « bionomie »¹⁹, qui correspondrait à une véritable gestion de son corps, imposant ainsi un véritable apprentissage.

Chacun d'entre nous doit devenir un acteur potentiel, responsable, informé, anticipateur, afin de tout mettre en œuvre pour éviter et limiter la survenue de toute maladie.

La prévention est un véritable enjeu de santé publique. Elle doit relever d'une pédagogie collective associant les professionnels de santé, l'école en général, les patients, les médias et les institutionnels.

Cette prévention doit s'intégrer dans un projet pluriel et généraliste où sont traités les problèmes sanitaires majeurs nous concernant dans notre quotidien : prévention des cancers cutanés ; réduction des comportements addictifs : exposition solaire, tabagisme, alcool, drogues ; réduction de la consommation des neuroleptiques ; meilleure gestion alimentaire.

C'est une combinaison engagée des différents acteurs qui sera l'assurance de la réussite et de la pertinence de cet enjeu.

À l'heure où sa propre image plastique est particulièrement sous influence, nous pourrions utiliser *la cible peau*²⁰ comme une véritable pierre d'achoppement des campagnes préventives.

La prévention de la survenue des cancers cutanés serait optimisée en axant le discours sur les risques de voir apparaître de façon anticipée les stigmates du photovieillissement cutané qui lui-même installe les conditions cellulaires favorables à la genèse des cancers cutanés.

Il est impératif d'éviter l'entrée dans l'addiction ou de faciliter la sortie de toute addiction associée, en particulier tabagique chez la femme, en insistant spécifiquement sur les effets collatéraux cutanés, notamment l'accélération du vieillissement de la

peau. Cette cible impactée par les effets nocifs et lisibles du tabac devrait aujourd'hui être retenue et diffusée dans les campagnes préventives féminines antitabac. L'altération de son image esthétique est plus accrocheuse et pertinente en résultat et en initiative de sevrage combiné ou de modification comportementale.

Concernant les stratégies préventives chez les adolescents, il faut également retenir les mêmes arguments mais ici, dans cette tranche de vie, nous intervenons précocement avant que les dégâts tissulaires ne s'expriment. Le sevrage est alors plus aisé. Une étude récente publiée dans une revue dermatologique américaine, *Archives of Dermatology*, montrait que sur 421 étudiants 25 % se disaient dépendants du bronzage et que 47 % avaient déjà consommé des expositions en solarium dès 17 ans. Un concept comportemental naissait, les tanorexiques, associant UV, tabac et minceur.

Dans ma pratique quotidienne, je propose au patient d'adopter une attitude globale dans le cadre de sa protection solaire, cette situation contribuant à mettre en œuvre cette politique combinée : décider de se responsabiliser en matière de santé et intégrer une réelle connaissance de son milieu naturel. Ainsi il optimisera la préservation de son capital santé. Nous sommes dotés d'un véritable parasol antisolaire, représenté par la couche d'ozone stratosphérique. Notre protection sera d'autant plus efficace que nous adopterons une conduite orientée dans le sens de sa

préservation en consommant différemment, en favorisant les produits issus de l'agriculture paysanne et en réduisant ceux de l'agriculture intensive industrielle, source d'augmentation de l'effet de serre, qui minimise, par voie de conséquence, une moindre photoprotection solaire naturelle et ainsi une augmentation de la fréquence des cancers cutanés.

Au cabinet, nous avons réalisé un travail sur un échantillon de 50 femmes, dans le cadre d'un DIU (diplôme inter-universitaire) de tabacologie intitulé « Sevrage tabagique à fleur de peau ». Nous avons particulièrement démontré la pertinence de la cible peau sur la prise de conscience de l'impact cutané négatif du tabac chez les femmes adultes, souvent mixé à une consommation solaire excessive. L'obtention des premiers résultats se situe en moyenne entre 8 et 12 mois, délai nécessaire pour amorcer le décrochage de la double consommation. Nous pouvons imaginer le même scénario pour d'autres interventions, par exemple au niveau des comportements alimentaires, notre démarche pourra, par le biais de la sphère esthétique, contribuer à réduire l'obésité chez les adolescents et chez l'adulte.

Il nous faut valider ces propositions en mettant en place des travaux épidémiologiques, établir des questionnaires qui pourront être diffusés et traités dans les salles d'attente et sur le Web, établir des plaquettes, des spots d'information sous l'égide des sociétés savantes médicales afin de démontrer nos actions, notre participation, notre rôle et notre pertinence dans ces démarches préventives.

Nous pourrions réaliser et éditer de véritables programmes pédagogiques scolaires de la santé humaine en hiérarchisant chronologiquement et en adaptant les thèmes au niveau de la scolarité de l'enfant, de l'adolescent et de l'étudiant. Ces programmes seraient ciblés, standardisés, diffusés et enseignés en binôme dans le cadre des sciences de la vie et de la terre, en primaire, au collège, au lycée et maintenus ensuite dans l'enseignement supérieur, notamment lors des deux premières années qui sont à haut risque sanitaire. Cet enseignement interdisciplinaire associerait l'expertise pédagogique du corps professoral en tandem avec l'expérience médicale du praticien. Pour la première fois le médecin opérerait dans la non-survenue de la maladie. Il deviendrait un économiste de notre patrimoine santé, méritant un intérêt ô combien durable. Nous sommes comblés, il n'y a pas plus « pharmacie bio » que cette biodiversité naturelle initiale, insuffisamment explorée, mais malheureusement pillée et dilapidée par nos propres soins. J'ai oralement exposé ces propositions le jeudi 28 juillet 2011 à Carnac, lors d'une visite de la secrétaire d'État à la Santé, Mme Nora Berra, qui avait pour mission d'échanger sur les addictions et la prévention solaires, moment unique et privilégié. Le « souci de soi » résulte d'une dynamique existentielle, convoquant notre responsabilité envers notre corps, notre santé, nos enfants, notre biotope.

Nous devons écrire cette nouvelle partition ensemble et la jouer collectivement. S'enrichir en savoir, « connais-toi toi-même », disait Socrate, c'est

gagner en santé. Les jeunes représentent une population clef dans la mise en place des campagnes préventives. L'efficacité préventive croît et perdure de façon proportionnelle à la précocité de la diffusion des messages. Les chiffres demeurent toujours éloquentes et méritent interrogation : 54 % des jeunes de 20 à 25 ans fument, alors que la proportion des fumeurs de 25 à 75 ans est de 29 %, statistiques fournies par les mutuelles Prevadies.

L'*Homo sapiens* contemporain se reconnaît à sa toute particulière météo-sensibilité, il suffit d'apprécier l'audimat des chaînes météorologiques (4,5 millions de téléspectateurs au journal de 20 heures pour France 2, et 7 millions pour TF1 en 2008, soit 31 % de la part de l'audience). Ne pourrions-nous pas créer un court flash médical préventif d'une durée moyenne de 2 minutes et dont le thème serait quotidiennement renouvelé, précédant la météo ? Une telle initiative impacterait les messages pédagogiques sur une frange massive de la population, tous âges confondus. Cet engagement au sein de la santé publique dans la prévention sera un atout majeur pour une meilleure reconnaissance de notre spécialité médicale, où nous ne serons plus comparés seulement à des réparateurs, des techniciens de surface mais à une entité médicale à part entière prenant la demande du patient dans sa globalité préventive et sa complexité curatrice.

La peau revêt désormais une place essentielle, multidimensionnelle dans le paysage politique de la prévention en matière de santé publique. Osons innover un comportement médical responsable, préventif et

durable et interdisciplinaire, piloté par tous, car nous évoluons sur le même vaisseau Terre. Gagner en prévention, c'est vaincre la maladie, c'est améliorer notre qualité de vie au quotidien, c'est devenir son propre chef d'orchestre en matière de santé, c'est ne pas subir les choix politiques de l'économie comptable dans ce domaine.

Une stratégie adaptée est proposée pour la prise en charge thérapeutique de l'addiction solaire comportementale. La compréhension des motivations individuelles consuméristes orientera vers le choix des techniques psychologiques²¹, pour valider un sevrage pertinent. Le chapitre suivant traité par le Dr Aymeric Petit vous propulsera dans la poursuite de ce voyage interdisciplinaire contemporain et passé, qui, nous le souhaitons, vous apportera l'éclairage pertinent pour singulariser désormais votre futur rapport avec le soleil.

Le comportement solaire addictif

Aymeric Petit

À l'origine, le verbe « bronzer » faisait référence à l'action d'appliquer une couche de bronze. Par extension, le bronzage correspond au teint hâlé obtenu suite à une exposition au soleil. Depuis la deuxième partie du ^{xx}e siècle, il fait partie intégrante des critères de beauté. Mais cela n'a pas toujours été le cas. En effet au ^{xix}e siècle, le teint pâle accentué ou rectifié avec un maquillage de poudre de riz était considéré comme à la mode parmi les classes sociales supérieures en opposition à la classe laborieuse constituée d'agriculteurs, de cultivateurs et d'ouvriers qui exerçaient leur activité en plein air et avaient donc un teint hâlé. La peau blanche, au même titre qu'une silhouette généreuse, constituait ainsi un signe de richesse. À partir des années 1920-1930, dans les pays développés, la tendance s'inverse en raison de nombreux facteurs, notamment les congés payés. La mode, à travers l'influence du cinéma et de la presse, passe de la femme à la peau laiteuse aristocratique à une femme libre, qui affiche sa peau brunie par le soleil. Le teint hâlé devient un signe de richesse et de

succès propres à ceux pouvant s'offrir des loisirs et des vacances (sports d'hiver, nautisme, randonnée, voyages dans les pays méridionaux).

Du bronzage à la tanorexie

Le bronzage peut, comme d'autres conduites, faire l'objet d'une dérive addictive. Il a été observé que l'excès de bronzage pouvait constituer un syndrome de dépendance défini entre autres par la poursuite d'un comportement en dépit de la connaissance des conséquences négatives. En effet, de nombreux dermatologues rapportent à propos de leurs patients que, malgré un diagnostic de mélanome (cancer de la peau potentiellement mortel), ils présentaient des difficultés pour réduire, contrôler ou arrêter leurs séances de bronzage¹.

L'addiction au bronzage, ou tanorexie, a été décrite pour la première fois dans les années 2000 par le Dr Carolyn J. Heckman, dermatologue à Philadelphie². Le Dr Molly M. Whartan, dermatologue à Tallahassee, en Floride, et son équipe sont les premiers à avoir proposé un cadre théorique à la dépendance au bronzage³. Cependant, la *tanning dependence* n'est pas présente dans les classifications internationales de psychiatrie. Il n'existe pas actuellement de consensus sur la définition de ce concept. Quelles sont les caractéristiques de la dépendance au bronzage ? Quels en sont les mécanismes ? Quels sont les différents traitements possibles ?

Le terme d'addiction trouve son origine dans le

droit romain ancien et reste utilisé dans ce même contexte juridique jusqu'au Moyen Âge en Europe occidentale. L'addiction correspondait à un arrêt du juge donnant « au plaignant le droit de disposer à son profit de la personne même d'un débiteur défaillant » : il s'agissait donc d'une véritable contrainte par le corps.

C'est dans les pays anglo-saxons que le terme d'addiction apparaît initialement en psychiatrie pour désigner les toxicomanes. De son usage initial, son utilisation va progressivement s'étendre à d'autres catégories cliniques, qui pour certaines présentent des similitudes, notamment au niveau comportemental. Entendu dans son sens le plus couramment utilisé, il recouvre les comportements d'utilisation pathologique de substances telles que les drogues ou l'alcool.

En 1990, un psychiatre anglais nommé Ariel Goodman a proposé une définition de l'addiction, faisant office de référence à ce jour : « processus par lequel un comportement, pouvant permettre à la fois une production de plaisir et d'écarter ou d'atténuer une sensation de malaise interne, qui est employé d'une façon caractérisée par l'impossibilité répétée de contrôler ce comportement et sa poursuite en dépit de la connaissance des conséquences négatives⁴ ». Ce concept de pratiques addictives a permis de sortir du piège des appellations stigmatisantes et connotées – alcoolisme, toxicomanie – pour s'appuyer sur des données scientifiques⁵. Tout utilisateur, même chronique d'alcool ou de stupéfiant, ne représente pas un comportement addictif si on ne retrouve pas cette

perte de liberté par rapport au produit. Ce qui signe l'addiction, ce n'est pas le produit en lui-même mais l'utilisation qu'en fait la personne.

Les cliniciens ont remarqué que d'autres comportements rappelaient fortement celui des dépendants face aux produits : les conduites vis-à-vis du sexe, du jeu, du sport, de la nourriture, du shopping, et d'Internet. Ce sont les addictions sans produit ou addictions comportementales. Ils ont repéré les mêmes éléments d'impulsivité, de compulsion, d'envahissement de la pensée, d'impossibilité à contrôler ou arrêter un comportement pathologique face à tous ces objets, malgré leurs conséquences néfastes dans la vie quotidienne.

Tous ces comportements permettent, à l'origine, du plaisir ou de l'apaisement. Le plaisir tout comme la motivation peuvent être forts, sans présenter un caractère pathologique. Nous retiendrons ici, comme définition, la focalisation sur un objet d'intérêt unique, devenu un véritable besoin plus qu'un plaisir, et la poursuite de ce comportement malgré ses conséquences négatives sur la vie sociale, affective, ou sur la santé. Ce comportement devient donc pathologique lorsque les conséquences néfastes l'emportent sur le plaisir obtenu. Nous pouvons citer l'addiction à Internet, au jeu et aux achats.

D'un point de vue clinique, les personnes dépendantes au bronzage rapportent une envie irrésistible ou *craving* de s'exposer au rayonnement UV⁶. Celle-ci est en rapport avec l'effet ressenti lors du contact de la lumière chargée en ultraviolets sur la peau, pouvant rappeler celui induit par la prise d'héroïne en

intraveineuse. Un besoin d'augmenter le nombre et la durée des séances en cabine pour obtenir le même niveau de plaisir (phénomène de tolérance) est décrit.

Une étude a évoqué des échecs répétés face au désir de résister aux envies de bronzer, en parlant de sensation de tension psychique préalable et d'un sentiment de soulagement au décours.

Bronzer devient une priorité absolue dans la vie du sujet, dans laquelle on observe un allongement du temps consacré aux préoccupations liées au bronzage au détriment de la vie socioprofessionnelle.

Le bronzage est poursuivi malgré la connaissance de l'augmentation de problèmes sociaux, psychologiques et physiques induits par cette pratique. Plusieurs conséquences négatives de l'exposition au soleil répétée peuvent être citées (les coups de soleil, le vieillissement prématuré de la peau, et le mélanome). Une majorité de dépendants au bronzage (91 %) déclare pourtant connaître les risques liés à une telle pratique.

L'exposition au soleil en soi n'est pas pathologique. Ce sont l'impossibilité répétée de contrôler ce comportement, le fait de le poursuivre en dépit de la connaissance de ses conséquences négatives qui traduisent l'addiction.

Cette dérive addictive est à l'origine d'un retentissement sur le quotidien de la personne. De nombreuses activités peuvent se trouver réduites ou sont abandonnées au profit du bronzage.

Certaines personnes font leurs courses le matin à l'ouverture des magasins, acceptent des rendez-vous

professionnels ou amicaux uniquement en début de matinée ou en fin d'après-midi afin de pouvoir profiter des plus belles heures d'ensoleillement. La journée se trouve alors complètement interrompue entre midi et 18 heures, empêchant toute activité professionnelle ou sociale. La personne devient esclave du rayonnement UV. De plus, une activité ou un rendez-vous pourra être décalé ou annulé en cas de journée ensoleillée non annoncée.

Pendant le temps de travail, certaines personnes peuvent demander à occuper un bureau orienté sud-ouest afin de pouvoir profiter de l'ensoleillement en travaillant la fenêtre ouverte, ou quittent leur poste sans autorisation afin de se réfugier sur la terrasse de la cafétéria ou le parking de l'entreprise. Elles recherchent le contact avec les UV en s'adaptant à la situation parce qu'elles ne peuvent pas supporter l'idée de « rater » une journée ensoleillée.

Une irritabilité, un sentiment d'anxiété, ou de nervosité, voire des tremblements distaux peuvent apparaître. La pensée est envahie par l'envie de bronzer et les différentes échappatoires possibles pour satisfaire ce désir.

Dans une étude datant de 2005 portant sur 145 plagistes texans participant au Spring Break, le Dr Molly M. Warthan et son équipe se sont inspirés des échelles de dépendance habituellement utilisées dans les troubles addictifs pour évaluer la dépendance au bronzage. Ils les ont modifiées pour les adapter à la problématique de l'addiction au bronzage. Ils ont ainsi élaboré deux grilles d'évaluation (le m CAGE,

et le m DSM IV) permettant de porter le diagnostic de dépendance au bronzage et d'apprécier le degré d'addiction. Ces critères décrivent des symptômes rappelant le *craving*, la sensation de perte de contrôle, ou la poursuite du comportement en dépit de la connaissance des conséquences négatives. Ces grilles d'évaluation n'ont pas encore fait l'objet d'une validation en français.

Êtes-vous addict au soleil ?

Le m CAGE est une échelle adaptée du CAGE, acronyme de Cut down Annoyed Guilty Eye opener, outil à quatre questions utilisé pour dépister les sujets abuseurs ou dépendants à l'alcool⁷. Dans l'échelle CAGE modifiée, ou m CAGE, les personnes s'auto-évaluent en répondant à 4 questions mesurant leur dépendance au bronzage. Un score supérieur ou égal à 2 signe l'addiction au bronzage.

— Est-il difficile pour vous de diminuer votre activité de bronzage ?

— Vous sentez-vous agacé lorsque l'on vous reproche votre activité de bronzage ?

— Vous sentez-vous coupable lorsque vous réalisez ce comportement de façon excessive ?

— Est-ce la première chose à laquelle vous pensez le matin en vous réveillant ?

Dans l'échelle m DSM IV, ou DSM IV modifiée, un ensemble de 7 questions évaluant la tolérance, le

sevrage, et la connaissance des effets négatifs sont posées.

1a – Pensez-vous avoir besoin de passer de plus en plus de temps dans les cabines à UV pour maintenir un bronzage parfait ?

1b – Pensez-vous voir disparaître votre bronzage en passant un temps identique dans les cabines à UV ?

2 – Continuez-vous à utiliser les cabines à UV pour que votre bronzage ne diminue pas ?

3 – Lorsque vous vous rendez dans votre centre de bronzage, passez-vous plus de temps à bronzer que prévu ?

4 – Lorsque vous essayez d'avoir des loisirs ne présentant pas de rapport avec le bronzage, finissez-vous par admettre que vous préféreriez bronzer ?

5a – Combien de jours par semaine bronzez-vous ?

5b – Bronzez-vous toute l'année ?

5c – Avez-vous déjà été absent au travail ou à l'école à cause d'une séance de bronzage ?

6 – Avez-vous déjà manqué un rendez-vous professionnel ou amical parce que vous aviez décidé d'aller bronzer ?

7 – Avez-vous été informé du risque de cancer de la peau lié à l'exposition UV sans que vous ne changiez vos habitudes ? Ce risque vous dissuade-t-il de passer du temps au soleil ou dans les cabines à UV ?

Les personnes sont considérées comme dépendantes au bronzage en cabine lorsque l'on retrouve un score supérieur ou égal à 3.

La concordance de deux tests positifs m CAGE, et m DSM IV permet d'affirmer une dépendance au bronzage en cabine avec un risque d'erreur de 3 sur 100 ($p = 0,03$)⁸. Dans ces deux échelles diagnostiques, nous ne retrouvons ni notion de quantité, ni notion de dose seuil permettant de fixer une limite entre le bronzage normal et le bronzage pathologique. Il n'existe pas de critères biologiques pathognomoniques.

Sur le plan, épidémiologique deux études réalisées à l'échelle nationale en Angleterre et aux États-Unis ont estimé que 10 % des adolescents étaient dépendants au bronzage⁹. Au Texas, il a été montré que sur une cohorte de 145 plagistes 26 % (avec utilisation du m CAGE) à 53 % (avec utilisation du m DSM IV) étaient dépendants en fonction de l'échelle diagnostique utilisée. La prévalence retrouvée dans une enquête menée chez 400 étudiants de Virginie varie entre 13 % et 25 %. Le Dr Sarah Zeller, dermatologue, et son équipe de l'université du Minnesota ont retrouvé que, parmi 1 275 adolescents âgés de 14 à 17 ans, 29 % décrivaient un syndrome de dépendance au bronzage. Certes les cohortes étudiées sont restreintes, mais permettent d'estimer la prévalence du trouble.

La dépendance au bronzage est très majoritairement un phénomène féminin avec un rapport de 5,3 filles pour un garçon. Elle est retrouvée chez la femme jeune âgée de 17 à 30 ans, mais débute dès l'adolescence¹⁰, en moyenne à 14,7 ans, soit moins d'un an avant l'âge moyen de la première ivresse et celui du premier joint. Ce phénomène est retrouvé

parmi les catégories socioprofessionnelles aux revenus les plus bas¹¹.

Différents facteurs de risque

L'influence des pairs constitue un facteur de risque d'apparition d'une dépendance au bronzage à l'adolescence qui constitue une période sensible au développement des comportements de dépendance¹². Ces adolescents cherchent à s'inscrire dans la société, au milieu des pairs, afin de s'affirmer et de pouvoir s'identifier au groupe. C'est le temps de la découverte des relations amoureuses et de la sexualité, on cherche à plaire et à séduire.

Les adolescents dont les parents autorisent cette activité de bronzage en cabine ont 5,6 fois plus de risque de devenir dépendants au bronzage¹³. La présence d'une addiction au bronzage chez les parents constitue un facteur de risque de dépendance au bronzage en cabine chez leurs enfants qui ont un risque multiplié par 3 de devenir dépendants. Les parents transmettent certes des chromosomes et des gènes, mais également des modèles et des images¹⁴. L'exemple des parents construit le futur adulte. L'adolescent répète ce comportement observé dès le plus jeune âge. Il laisse une empreinte dès la petite enfance. Une éducation attentive réduit le poids de ces facteurs environnementaux.

La pratique d'une activité sportive de type anaérobie (fitness, musculation, stretching) ou de type aérobie (jogging) et le fait de s'astreindre à un régime alimentaire suggèrent un lien de causalité. Ces deux dimensions s'inscrivent dans des stratégies de contrôle de l'indice de masse corporelle dans un intervalle allant de 20 à 25. Ces accros au bronzage restent persuadés que leur corps musclé et sculpté contribuera à attirer l'œil des autres. L'activité physique est devenue une véritable obligation, elle ne détend pas, elle contraint et abîme le corps¹⁵. Il ne s'agit pas de pratiquer une partie de tennis entre amis, mais de souffrir dans un effort solitaire, en élevant le niveau de difficulté pour éprouver de nouvelles sensations. Cet entretien permanent du corps devient une nécessité absolue qui ne mène pas au plaisir, mais à l'asservissement du corps et du quotidien par le miroir. L'obésité représente ici un facteur de protection. Dans ce schéma, les personnes obèses (IMC > 30) sont moins à risque de développer une addiction au bronzage en cabine que ceux ayant un IMC normal entre 18 et 25.

Nous retrouvons parmi ces personnes dépendantes au bronzage en cabine certains traits de personnalité prédisposant aux addictions comme la recherche de sensations et de nouveauté. Il s'agit de facteurs psychologiques susceptibles de favoriser l'initiation des pratiques addictives ou l'installation de la dépendance.

La recherche de sensation peut être évaluée par la SSS (Sensation Seeker Scale-Echelle de recherche de

sensation) développée par Zuckerman au début des années 1960¹⁶. La définition de cette dimension est « le besoin de sensations et d'expériences, variées, nouvelles, complexes, associé au goût et à la volonté de prendre des risques physiques et sociaux pour l'intérêt de telles expériences ». Le Dr Carolyn J. Heckman a montré l'importance de cette dimension chez les personnes présentant une dépendance au bronzage.

La présence de coups de soleil l'année précédente, le nombre important d'heures passées à bronzer en cabine chaque semaine, ainsi que le bronzage en cabine par beau temps constituent des facteurs de risque d'apparition de la dépendance au bronzage¹⁷.

Quand la dépendance au bronzage s'associe à d'autres troubles

Il n'existe pas de relation significative entre l'addiction au bronzage en cabine et la présence d'un syndrome dépressif. Une étude a comparé la prévalence du trouble anxieux chez les dépendants au bronzage par rapport à la population générale¹⁸. L'utilisation de l'échelle de Beck a permis de montrer que les dépendants au bronzage en cabine avaient deux fois plus de risque de présenter un trouble anxieux que les non-dépendants.

Il n'existe pas d'études s'interrogeant sur les autres comorbidités psychiatriques (trouble psychotique, troubles de la personnalité, trouble bipolaire).

La codépendance bronzage/alcool est la plus fréquente. Selon une étude américaine, 91,7 % d'une population de 229 étudiants présentaient cette double dépendance. L'importance de la prévalence nous laisse penser qu'il existe un biais de recrutement, cette recherche ciblant de jeunes étudiants chez lesquels l'alcool occupe une place privilégiée dans cette nouvelle vie universitaire. Une autre enquête réalisée dans un campus de Virginie évalue la prévalence autour de 18 %.

L'association entre l'addiction au tabac et au bronzage en cabine UV est également fréquente. Elle apparaît dans 35,8 % ou 16 % des cas selon les études.

La codépendance bronzage en cabine/cannabis est présente dans un tiers des cas¹⁹. Il n'est pas précisé si la dépendance au cannabis a précédé l'addiction au bronzage. Aucune étude nous informant du nombre de joints fumés par jour par ces personnes n'a été retrouvée.

L'expérimentation de substances psychoactives comme la cocaïne ou les amphétamines parmi les dépendants au bronzage en cabine reste anecdotique, variant de 0,4 à 6 %.

Certes, les cohortes étudiées sont restreintes mais permettent de dégager un certain profil de personnes. Il s'agit d'adolescents présentant un trouble anxieux, et une codépendance alcool/tabac. Il n'a pas été démontré que ces adolescents souffraient plus de dépression (saisonnière ou non) que les non-dépendants.

Sur le plan neurobiologique, des travaux soulignent l'importance du système opioïde dans les processus addictifs, à l'origine du renforcement positif. Une étude a développé l'idée qu'un substrat organique est à l'origine de la dépendance au bronzage²⁰. Le rayonnement UV active lors du contact avec la peau au niveau neurobiologique des récepteurs qui libèrent des opioïdes endogènes (nature et quantité non spécifiées). Ces endorphines ont, sur certains centres du cerveau impliqués dans l'automatisation des comportements, un effet de renforcement. Elles sont naturellement produites par l'organisme, et s'apparentent chimiquement à la morphine et autres narcotiques²¹. Leur effet est comparable à celui d'un exercice physique intense et prolongé. Elles entraînent une sensation d'euphorie, améliorent l'humeur, exercent un effet relaxant et anxiolytique, et atténuent la sensation de douleur. Les « drogués » du bronzage augmentent ainsi leur quantité d'opioïdes endogènes au niveau cérébral en augmentant à la fois le nombre, la fréquence et la durée des séances de bronzage. Au plaisir des premières séances succèdent le syndrome de sevrage et l'apparition d'une tolérance obligeant la personne à bronzer plus longtemps²².

Le syndrome de sevrage des opiacés est le plus systématique et spectaculaire de toutes les dépendances connues, dans lequel on retrouve une montée progressive de l'anxiété, de l'irritabilité et de l'envie d'opiacés, ainsi que des douleurs viscérales diffuses.

Une étude américaine menée par le dermatologue Mandeep Kaur²³ a comparé une population de huit

personnes fréquentant régulièrement les cabines UV (au moins deux fois par semaine) à une population constituée de huit bronzers irréguliers (moins d'une séance dans les cabines UV par mois). Ces deux groupes de personnes étaient exposés soit à une lumière chargée en UV, soit à une lumière blanche non chargée en UV. Les résultats de l'enquête ont montré que les bronzers irréguliers ne présentaient pas de préférence pour un type de lumière. En revanche, le groupe des bronzers réguliers affichait une préférence pour le rayonnement chargé en UV.

L'administration d'un antagoniste opioïde, la Naltrexone, déclenchait un authentique syndrome de sevrage physique dose-dépendant incluant une irritabilité, des nausées et des sueurs, et des tremblements distaux chez les clients réguliers. En revanche, l'administration de Naltrexone n'entraînait pas de syndrome de sevrage chez les clients occasionnels. Cette enquête conforte l'hypothèse d'un support physiologique dans l'addiction au bronzage. D'autres études neurobiologiques devront être menées afin de répondre avec précision à la question de l'addiction au bronzage.

Pourquoi cette addiction ?

Aucune étude ne s'est intéressée à la psychopathologie de la dépendance au bronzage. Quelles sont les raisons pour lesquelles certaines personnes ressentent la nécessité de s'exposer au soleil ? Pour diminuer

l'angoisse et le stress ? Se sentir plus belles et séduisantes ? Se sentir différentes ? Se faire remarquer ? Mieux s'accepter ? Se donner davantage confiance ? Plusieurs dimensions relatives au bronzage peuvent être distinguées.

Certains sujets ont recours au bronzage pour se détendre, le soleil est alors utilisé comme une source de plaisir. Mais parfois cela va plus loin. Dans une société de plus en plus élitiste et compétitive, les souffrances sont multiples et le sujet peut être amené à vouloir les soulager en s'exposant au soleil. En effet, de par des endorphines libérées lors de cette pratique, le sujet ressent une sensation de bien-être constituant un moyen temporaire et efficace d'améliorer un état de stress ou d'anxiété. Le bronzage intervient alors dans ce contexte comme un processus d'automédication et revêt une dimension hédoniste.

Par ailleurs, la santé est une préoccupation de plus en plus présente dans notre société. Nous sommes assaillis de « règles hygiéno-diététiques » (ne pas manger trop gras, ne pas manger trop salé, ne pas manger trop sucré, pratiquer une activité physique régulière, manger cinq fruits et légumes par jour...). Dans ce contexte, une peau cuivrée par le soleil apparaît comme le témoin d'un corps sain en bonne santé, tandis qu'une peau blanche exprime l'anémie, la dépression ou la maladie. Le sujet utilise alors le teint hâlé comme la vitrine d'une vie saine et donc une image de bonne santé.

La mode et la publicité véhiculent en permanence des préoccupations esthétiques et pondérales. Il faut

être mince, beau et hâlé, gages d'une séduction entretenue par le sport, la diététique et le bronzage, promettant un épanouissement personnel et social. Cette dynamique, dont fait partie le bronzage, s'inscrit dans une quête du physique idéal nourrie également par le contrôle du poids à travers des régimes alimentaires stricts proches de la conduite anorexique, et la pratique d'une activité sportive intense et répétée. Cette activité sportive (course à pied, fitness, musculation) ne détend pas. Elle est pratiquée dans l'angoisse de grossir, et de ne pas parvenir à maintenir cette belle plastique. Ce teint hâlé rend plus beau et séduisant d'après nos standards actuels de beauté largement diffusés dans les magazines. Cependant, dans certains cas, ces tentatives de séduction ne sont pas tellement destinées en réalité à créer une vie amoureuse plus pleine. Il s'agit de reprendre le pouvoir sur soi par la certitude que les autres seront attirés par nous. Dans « séduction », il y a l'idée de « tirer à l'écart », « détourner », « faire venir vers soi » des personnes qui sinon passeraient à côté de nous sans nous remarquer. Il ne s'agit plus uniquement de séduction pour interagir avec l'autre mais d'autosatisfaction.

Le narcissisme peut se définir comme l'amour porté à l'image de soi-même. Il a été décrit pour la première fois par Freud en 1910 pour rendre compte du choix d'objet (d'amour) chez les homosexuels qui cherchent des gens qui leur ressemblent et qu'ils puissent aimer.

L'entourage des sujets ayant une pratique intensive du bronzage renvoie à ces derniers une image positive

d'eux-mêmes par des remarques telles que « tu as bonne mine », « tu es resplendissant ». L'admiration et l'envie ainsi suscitées renforcent le sujet dans cette pratique. Cette jouissance initiale dans le comportement et cette transformation heureuse laissent place à l'angoisse de ne pas pouvoir maintenir cette image et de perdre ce pouvoir d'attention et de séduction. C'est à ce niveau que se situe le début de la souffrance psychique qui va entraîner la personne vers un comportement pathologique.

Dans ce contexte, la dépendance au bronzage traduit un défaut de l'image et de l'estime de soi. Tout comme l'anorexique se voit obèse dans le miroir, le dépendant au bronzage se voit toujours blanc comme un navet. Cela malgré une peau toujours plus bronzée. Cette image renvoyée par le miroir est insupportable et à l'origine d'une grande souffrance psychique. La dépendance repose sur la volonté, voire l'obsession d'un bronzage parfait. Ces drogués du bronzage multiplient alors les séances de bronzage pour maintenir le niveau de hâle au-dessus d'une certaine intensité afin de restaurer l'image défaillante qu'ils ont d'eux-mêmes.

Mon chef de service, le Pr Michel Lejoyeux, explique que la perte de liberté commence par une perte de conscience. Dans la dépendance au bronzage, le côté burlesque d'un employé surpris la chemise ouverte en pleine séance de bronzage sur son lieu de travail, ou le caractère grotesque d'une personne organisant son emploi du temps au gré des bulletins

météo peuvent être pointés par l'entourage. Ces personnes surprises en pleine séance de bronzage sont alors capables de nier la réalité et de s'efforcer d'oublier ces remarques et reproches. Les remarques sont considérées comme étant exagérées et non fondées. Cette dénégation fait ainsi le lit de la perte de liberté. Ils refusent à la fois de reconnaître le côté grotesque de la situation, mais surtout d'admettre que cette pensée du bronzage est devenue omniprésente dans leur esprit.

Le plaisir est présent dans un premier temps et donne envie de renouveler l'expérience. Les drogués parlent de lune de miel avec leur substance. Ils découvrent un produit qui apaise leurs angoisses et leur mal-être. Les effets des premières séances de bronzage laissent présager un risque de dépendance en cas de plaisir particulièrement fort. On ne devient dépendant que de ce qui nous fait plaisir. Les accros au bronzage multiplient les séances de bronzage, c'est dans cette activité qu'ils éprouvent du plaisir qu'aucune autre ne leur procure. Tous les moyens sont bons pour bronzer. Peu à peu, ils perdent le contrôle et leur liberté. C'est le glissement du plaisir vers la dépendance.

Ces personnes ne deviennent pas dépendantes lors du premier contact avec un rayonnement ultraviolet, tout comme l'alcoolique ne devient pas dépendant après son premier verre. Les premiers contacts avec le soleil datent de l'enfance ou de l'adolescence pendant les vacances au bord de la mer. Ces moments passés en famille ou avec des amis ont été répétés au cours de la vie de la personne, et sont considérés

comme de bons souvenirs que l'on souhaite revivre. Les personnes intègrent peu à peu ce comportement comme une habitude qui sera renouvelée plusieurs fois par an lors des vacances et week-ends en station balnéaire. La personne entre alors dans une dynamique de répétition du comportement qui devient de plus en plus envahissante et obligatoire. Le cerveau est alors programmé pour que le corps répète le comportement appris. Dès la fin de l'été, elle se rue vers les centres de bronzage proches de chez elle car l'organisme et le cerveau ont désormais besoin de leur dose quotidienne d'ultraviolets et donc d'opioïdes pour fonctionner normalement. Ce qui nous procurait plaisir et détente s'est transformé en habitude puis en contrainte. Il s'agit alors de retrouver le plaisir des premières expériences, mais il est déjà trop tard...

Les dermatologues canadiens utilisent actuellement l'échelle de classification de Fitzpatrick pour évaluer le risque de cancer de la peau chez leurs patients²⁴. L'échelle de Fitzpatrick se fonde sur une évaluation visuelle et subjective du teint d'une personne et de sa tolérance au soleil. Elle classe les types de peau de I à VI selon la couleur de la peau et des cheveux et le taux de brûlure lors d'une exposition au soleil. Elle définit six phototypes représentés ci-dessous :

Phototype I. Réaction au soleil : ne bronze pas, attrape systématiquement des coups de soleil. Type : peau très claire, taches de rousseur, cheveux blonds ou roux.

Phototype II. Réaction au soleil : bronze difficilement, attrape souvent des coups de soleil. Type :

peau très claire, cheveux blonds ou châains, des taches de rousseur apparaissent au soleil, yeux clairs.

Phototype III. Réaction au soleil : a parfois des coups de soleil, bronze progressivement. Type : peau claire, cheveux blonds ou châains.

Phototype IV. Réaction au soleil : attrape peu de coups de soleil, bronze bien. Type : peau mate, cheveux châains ou bruns, yeux foncés.

Phototype V. Réaction au soleil : a rarement des coups de soleil, bronze facilement. Type : peau foncée, yeux foncés.

Phototype VI. Réaction au soleil : peau foncée, n'a jamais de coups de soleil. Type : peau noire.

Les phototypes concernés par la dépendance au bronzage sont les phototypes III et IV. Les phototypes I et II ne présentent jamais de dépendance au bronzage. En effet, ces personnes au phénotype nord-européen ont une peau très blanche sensible aux coups de soleil. Où est le plaisir lorsque l'on est brûlé par le soleil à chaque exposition ? Nous avons tous en mémoire la vision de nos voisins anglais rouges comme des écrevisses sur les plages du Midi de la France en plein été. En l'absence de protection (crème solaire, vêtements, parasol), ces personnes sont systématiquement brûlées par le soleil et ne bronzent jamais. L'absence de plaisir les empêche de développer une addiction. Elles sont alors d'une certaine manière génétiquement protégées de cette conduite addictive.

Cette situation rappelle la sensibilité qu'ont certains Asiatiques face à l'alcool. Les alcool-déshydrogénases

et les aldéhyde-déshydrogénases sont des enzymes hépatiques responsables du métabolisme de l'alcool. Certains gènes codant pour ces enzymes existent sous des formes différentes selon les ethnies. Par exemple, près de 50 % des Asiatiques présentent un variant génique qui leur confère une aldéhyde-déshydrogénase inactive, incapable de métaboliser l'acétaldéhyde en acétate. Quand ils boivent de l'alcool, les porteurs de ce variant présentent très rapidement des signes d'intolérance et d'ivresse. Cette prédisposition les incite donc à éviter les excès et les protège des méfaits du produit.

L'appartenance de la tanorexie au spectre des addictions apparaît pertinente. Cependant, d'autres lectures peuvent nous orienter vers d'autres champs nosographiques comme le trouble obsessionnel compulsif, le trouble du contrôle des impulsions, ou une forme d'anorexie mentale.

Les pensées intrusives ou obsessions (recherche d'un lieu pour bronzer, désir constant de bronzer) sont sources d'angoisse. Elles sont à l'origine de gestes reconnus comme irrationnels par la personne, répétés et envahissants. L'appartenance de ce comportement au spectre des troubles obsessionnels compulsifs est parfois évoquée : le caractère compulsif se limite aux actions de bronzage elles-mêmes, et la comorbidité avec les TOC est diversement appréciée. Les troubles obsessionnels compulsifs débutent chez les adolescents et l'adulte jeune, tranche d'âge de l'apparition de l'addiction au bronzage²⁵.

Les troubles du contrôle des impulsions sont

définis par des désordres se caractérisant essentiellement par la difficulté de résister à une impulsion, une pulsion ou une tentation alors que le passage à l'acte est nuisible à l'individu ou à son entourage. Les personnes éprouvent un sentiment d'excitation et de plaisir avant la séance de bronzage en cabine, puis une satisfaction ou une détente au moment de l'accomplissement de l'acte. Le bronzage excessif pourrait alors être considéré comme un équivalent des troubles du contrôle des impulsions.

On retrouve dans l'anorexie mentale une préoccupation excessive concernant un défaut dans l'apparence, ainsi qu'une image déformée du corps à cause de l'interprétation faite de son apparence. Dans l'anorexie mentale, le contrôle des calories constitue un comportement répété dans un objectif de maintien, et de maîtrise qui n'est pas à l'origine de plaisir. Cet aspect constitue une différence avec le modèle addictif dans lequel le comportement est répété car source de plaisir. Le plaisir initial dans le bronzage s'oppose aux conduites de restriction de l'anorexie mentale.

Quelle thérapie ?

Il n'existe pas de recommandations particulières concernant la prise en charge de la dépendance au bronzage²⁶. Dans cette situation de dépendance au bronzage, l'existence d'un trouble anxieux, ou d'un

syndrome dépressif, est associée à une plus forte demande de soins et à la prescription de psychotropes. Aucune étude sur l'apport d'une chimiothérapie dans l'addiction au bronzage n'a été retrouvée dans la littérature. Lorsqu'elles sont présentes, les comorbidités psychiatriques peuvent représenter un motif de consultation chez certaines personnes²⁷.

Il n'existe pas de travaux portant sur l'apport d'une prise en charge psychothérapeutique. Mais comme dans tout trouble addictif, la prise en charge par une thérapie de type cognitivo-comportementale pendant au moins 6 mois semble la plus adaptée.

L'entretien motivationnel, étape essentielle de ce type de thérapie, a pour but, comme son nom l'indique, de travailler avec le patient la motivation au changement, c'est-à-dire la modification du comportement, en l'occurrence le bronzage. Il a été développé dans les années 1980 par les psychologues William Miller et Stephen Rollnick²⁸. Parallèlement à la formulation de ce style psychothérapeutique, deux autres psychologues, James Prochaska et Carlo DiClemente, ont développé le modèle transthéorique de changement, décrivant le parcours motivationnel des sujets souffrant de conduites addictives²⁹.

Ce modèle comprend six stades de changement par lesquels le sujet passe. L'évolution se fait en général de manière cyclique, mais à chaque stade le patient peut retourner au stade précédent. Le thérapeute s'adapte au stade dans lequel le patient se trouve. La première étape est la phase d'indétermination ; le

sujet n'a pas conscience de l'existence d'un problème (il ne perçoit pas les différentes conséquences socio-professionnelles en lien avec son addiction au bronzage). Le thérapeute s'attache à lui faire percevoir les risques et les problèmes liés à la conduite addictive, et à faire apparaître un doute. Au stade intentionnel, le sujet prend conscience des problèmes en lien avec sa conduite addictive (le sujet entrevoit les problèmes causés par son addiction au bronzage et conçoit de diminuer son exposition au soleil sans pour autant que cela se concrétise par des actes réels). Le travail consiste alors essentiellement à explorer l'ambivalence, en aidant le patient à exprimer le panel de raisons en faveur du changement, ainsi que les risques encourus à ne pas changer. Il faut également augmenter la confiance du sujet en sa capacité à changer de comportement. Ensuite vient l'étape de préparation durant laquelle le sujet commence à planifier le changement (il ébauche différentes stratégies qui pourraient être mises en place pour réduire son temps d'exposition au soleil). Il s'agit plutôt de proposer un choix de stratégies de changement et de lever les derniers obstacles. Au stade d'action, le sujet arrête son comportement addictif (et ne s'expose plus au soleil). Le thérapeute accompagne le patient dans le processus de changement de comportement. L'encouragement est ici essentiel. Tout changement effectif, même incomplet, est à valoriser. Puis la phase de consolidation suit, elle consiste dans le maintien de l'abstinence et la prévention de la rechute (le sujet continuant de ne plus s'exposer au soleil). Le thérapeute propose des stratégies de prévention de

la rechute et explore régulièrement l'ambivalence, afin de lever d'éventuels doutes sur l'intérêt du changement effectué. Les situations à risque génératrices d'envies doivent être identifiées (lecture d'un bulletin météo), des stratégies d'autocontrôle visant à empêcher le comportement sont développées (éviter de partir en week-end au bord de la mer), tandis que des récompenses sous forme de comportements alternatifs plaisants seront attribuées. Il s'agit de gérer des situations à risque en développant des stratégies d'adaptation qui nécessitent un changement de mode de vie. Le dernier stade est celui de la rechute qui peut survenir à n'importe quel moment de l'évolution et qui ramène ainsi le sujet à une étape antérieure. Il s'agit de dédramatiser la situation et de pousser le patient à s'engager à nouveau rapidement dans les processus d'intention, de préparation et d'action.

Dans la prise en charge, il s'agit aussi de « corriger » les cognitions erronées liées au bronzage. En effet, l'envie de bronzer peut naître à travers un processus cognitif renvoyant à des croyances anticipatoires positives : « Je vais passer un bon moment, je vais me faire du bien. » Ces croyances anticipatoires soulageantes – « J'aurai moins mal, je serai plus beau » – vont être à l'origine d'envies de bronzer, pour lutter contre le sentiment de stress, d'anxiété, ou le syndrome de sevrage. Le comportement débouche sur un résultat qui va valider les croyances anticipatoires positives ou soulageantes, et entretenir le comportement de bronzage selon le principe de renforcement positif. Cependant, on retrouve un décalage entre

les effets attendus et les effets perçus, à l'origine d'une souffrance psychique qu'il est important d'identifier.

Il s'agit aussi de restituer la souffrance au patient, afin de mettre en évidence l'ambivalence (c'est-à-dire la coexistence de deux sentiments contradictoires) et une prise de décision par rapport au bronzage. Le thérapeute doit savoir faire naître l'ambivalence, en mettant en valeur les avantages que la personne a dans l'immédiateté de la séance de bronzage (euphorie, sensation de bien-être), mais aussi les inconvénients qu'il rencontre à court (coups de soleil) et à long terme (vieillesse de la peau, mélanome). La prise de décision renvoie à la notion de motivation. Les objectifs définis devront être modestes et réévalués périodiquement afin d'amener la personne à des réussites ponctuelles et répétées (ne pas annuler un rendez-vous professionnel pour profiter de l'ensoleillement).

L'utilisation de crèmes autobronzantes constitue un apport dans la prise en charge de la dépendance au bronzage. Elles agissent comme un colorant de la peau et constituent un moyen de paraître bronzé. C'est le bronzage sans UV. Ces crèmes sont devenues de véritables soins de bronzage en hydratant, protégeant la peau, tout en préservant le capital soleil. Grâce à l'oxydation des cellules superficielles de l'épiderme, les crèmes autobronzantes induisent une coloration de la peau durant 4 à 6 jours, disparaissant progressivement avec la desquamation de la peau.

Les douches autobronzantes importées des États-Unis ou Mystic Tan sont présentes dans les salons de bronzage. Elles diffusent une fine brume de lotion autobronzante sous forme de microgouttelettes, et garantissent une coloration la plus uniforme possible. Une firme australienne souhaite développer un implant qui délivrerait une hormone synthétique sous la peau. Il s'agit du Mélanotan, protéine provoquant un bronzage artificiel en reproduisant les effets de la MSH (hormone naturelle qui active les mélanocytes responsables de la pigmentation de la peau)³⁰. Ce projet demeure au stade préliminaire et aucun essai clinique n'a pu être mené.

Ces crèmes ou produits artificiels mimeraient le rôle d'un produit de substitution en maintenant cet aspect bronzé, à l'origine de la sensation de bien-être, mais restent insuffisantes sur l'effet *high* et relaxant du bronzage en cabine.

Le discours actuel véhiculé par les dermatologues a montré ses limites. Parler des risques de vieillissement de la peau ou de mélanome à des adolescents donne aussi peu de résultats que le discours antitabac. La mise en garde des adolescents sur des conséquences qui interviendront dans 40 ans n'a que peu d'effets sur la modification du comportement. Il s'agit d'intervenir dès le début de l'adolescence en identifiant les pratiques à risque, et en appliquant des stratégies de prévention mieux adaptées aux populations les plus jeunes³¹. Les campagnes de publicité utilisent des slogans accrocheurs comme « Le soleil, c'est la vie » ou « Souriez vous êtes bronzés » afin de vanter

les mérites des cabines à UV. Ces messages sont destinés aux populations les plus jeunes très sensibles à toute forme de publicité. Des études ont montré qu'une information de qualité était menée chez ces populations à risque, mais que le comportement persistait malgré la connaissance des effets négatifs comme le vieillissement de la peau ou le risque de mélanome³².

Ces grandes chaînes de salons de bronzage ont gagné le défi de l'hyperconsommation en proposant des tarifs avantageux pour les plus jeunes, des cartes d'abonnement, ou des paiements à crédit. Elles incitent le client à consommer à travers des offres promotionnelles diffusées par e-mail ou SMS. Tout est mis en œuvre pour cibler et inciter les plus jeunes à consommer.

Selon l'OMS, les salons de bronzage sont en grande partie responsables de l'augmentation des cancers cutanés. La réglementation interdit toute allégation faisant état d'effets bénéfiques pour la santé³³, ou l'utilisation des cabines de bronzage par les mineurs³⁴. L'Académie américaine de dermatologie recommande d'interdire l'usage de ces cabines à visée non médicale³⁵.

La multiplication des addictions pose la question de l'extension de la notion d'addiction au risque de confondre loisir et dépendance, tout en dénaturant ce concept. Ce chapitre n'a pas pour objectif de créer abusivement une énième dépendance, en cédant à une véritable « addictomanie », mais de montrer que l'excès de bronzage peut mener à une véritable

addiction aux rayons UV. En effet, un faisceau d'éléments comme les similitudes cliniques, les données épidémiologiques, l'évolution fluctuante et progressive des troubles, ainsi que certaines modalités thérapeutiques communes confirment cette hypothèse. L'excès de bronzage peut entraîner une perte de contrôle à l'origine d'une souffrance psychique nécessitant une prise en charge pour laquelle n'existent pas de recommandations particulières. Le bronzage est désormais au centre de la vie, ces personnes ont fait d'un comportement banal au quotidien une drogue qui les domine.

Les cohortes étudiées sont restreintes mais ouvrent une piste de réflexion intéressante. Par ailleurs, cette pratique addictive comporte des aspects conjoncturels liés à notre époque, à notre culture occidentale, à notre mode de vie actuel. Compte tenu de la place importante occupée par les déterminismes environnementaux, le terme de pratique addictive apparaît plus approprié, et nous permet de mieux intégrer la dimension sociale de ce comportement de bronzage.

La nosographie psychiatrique actuelle ne reconnaît pas ce trouble en tant qu'entité clinique, malgré l'effort de certains auteurs à le rattacher à la dépendance. De nombreuses recherches devront être menées, notamment sur la psychopathologie clinique, la psychologie sociale, la neurobiologie, et aussi sur la prise en charge pour améliorer notre compréhension de cette addiction.

Conclusion

« Ce qu'il y a de plus profond en l'Homme, c'est la Peau », écrivait Paul Valéry en 1931 dans *L'Idée fixe*, corroborant ainsi notre grand récit qui s'achève. Notre peau exprime à ciel ouvert le manuscrit éphémère de notre existence, la surface signe la réalité profonde. Ce voyage original, évolutif, vous a placé sur le chemin de notre paradoxe originel et existentiel. Paradoxe qui se singularise par sa double facette ; à la fois incommensurable dans sa composante temporo-spatiale et infinitésimal dans sa sphère cellulaire. Le parcellaire a donné naissance au global.

Pour guider vos pas sur le chemin de la compréhension scientifique, nous avons établi des passerelles afin de métamorphoser vos rapports avec notre nature « mère ». C'est ainsi que la surface nous a expédiés dans les profondeurs de l'univers.

Notre thématique, le soleil, étudié dans cette dynamique pluridisciplinaire, redéfinit notre comportement contemporain, urbanisé, gadgétisé, dé-naturé face à l'abîme annoncé.

Notre désir de simple humain est surtout de ne pas vouloir périr, alors osons innover un double comportement protecteur personnel et collectif.

À titre individuel, il vous incombe d'organiser votre vie ludique solaire selon les paramètres précités qui doivent vous accompagner dans votre quotidien banal ou exotique. La solution n'est pas monacale, une attitude enseignée et équilibrée, responsable sera globalement bénéfique, elle peut s'appliquer aux autres sphères de votre vie sanitaire.

Au niveau collectif, notre soif consumériste nécessite une réévaluation éduquée et orientée de nos besoins afin de ne pas impacter de façon pérenne notre biotope. *L'Homo sapiens* est l'animal du toujours plus. Aujourd'hui, transformons ce plus, il doit expressément être cultivé dans sa définition noble et salvatrice afin que nous poursuivions notre route évolutive, cosmologique et non addictive.

Remerciements

Cet ouvrage pluridisciplinaire est né de rencontres, de hasards et d'une détermination collective.

Avant tout une reconnaissance affective à mes deux lectrices et correctrices intransigeantes : Ghislaine, mon épouse, et Marine, ma fille, élève en classe préparatoire scientifique au lycée Saint-Louis à Paris.

Un très sincère merci à William Lowenstein, médecin addictologue, responsable de l'institut Baron-Maurice-de-Rothschild à Boulogne-Billancourt, qui n'a pu se joindre à la réalisation de ce projet pluriel, mais a été déterminant dans sa concrétisation en me faisant rencontrer le Dr Aymeric Petit.

Notre chaînon manquant au départ de ce travail fut l'anthropologue, aussi paradoxal que cela puisse paraître, et je tiens à saluer le Dr Alain Froment qui a validé ma proposition et nous éclaire par son expertise.

Un amical remerciement à Nicolas Chateauneuf, journaliste sciences et environnement à France 2, qui

LE SOLEIL DANS LA PEAU

a ensoleillé cette initiative dès son origine en me mettant en contact avec Jean-Marc Bonnet-Bidaud.

Un livre n'existe que s'il est édité, celui-ci a vu le jour sous l'impulsion d'un tandem amical : Sonia Elmlinger et Alexandre Labadie, professeur de philosophie à Paris, qui m'ont tracé le chemin vers l'éditeur en la personne de Denis Gombert, qui m'a ouvert les portes de Robert Laffont.

Le talent de notre amie peintre Marielle Paul illumine notre couverture avec sa gouache intitulée *Le Soleil bleu*.

Patrick Moureaux

Références

Prologue

1. Dominique Simonet, Hubert Reeves, Joël de Rosnay, Yves Coppens, *La Plus Belle Histoire du monde*, Seuil, coll. « Points », Paris, 2001.

L'homme et son étoile

1. Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturnes (ANPCEN) (<http://www.anpcen.fr/>).

2. Bonnet-Bidaud, J.-M., Désert, F.-X., Leglu, D. et Reinisch, G. (2009), *Le big bang n'est pas une théorie comme les autres*, La Ville brûle.

3. Pecker, J.-C. (1992), *Sous l'étoile Soleil*, Fayard, Paris.

4. Sackmann, I. *et al.* (1993), « Our sun. III. Present and future », *Astrophysical Journal* 418, p. 457-486.

5. Bahcall, J. (1969), « Neutrinos from the Sun », *Scientific American*, vol. 221, Number 1, July 1969, p. 28-37 ; Davis, R. (1964), « Solar Neutrinos. II. Experimental », *Physical Review Letters* 12, 302.

6. Hampel, W. *et al.* (1999), « GALLEX solar neutrino observations: Results for GALLEX IV », *Physics Letters B*, vol. 447, p. 127-133.
7. De Pontieu B., *et al.* (2011), « The origins of hot plasma in the solar corona », *Science*, vol. 331, p. 55-58.
8. « The very latest SOHO images », the European SOHO satellite (<http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html>) ; « The Sun now », SDO NASA satellite (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).
9. « Studying the Sun in 3D », the STEREO NASA mission (http://www.nasa.gov/mission_pages/stereo/main/index.html).
10. Foukal, P. *et al.* (2006), « Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate », *Nature*, vol. 443, 161-166.
11. Lyot, B. (1953), *Flammes du Soleil*, CERIMES (Centre de ressources et d'information sur les multimédias pour l'enseignement supérieur), durée : onze minutes (<http://www.cerimes.fr/le-catalogue/flammes-du-soleil.html>).
12. Union astronomique internationale (2006), « Pluto and the developing landscape of our solar system » (<http://www.iau.org/public/pluto>).
13. Mayor, M., Queloz, D. (1995), « A Jupiter-mass companion to a solar-type star », *Nature*, vol. 378, p. 355-359.
14. ESO 33/09, *Science Release*, 16 September 2009, « First solid evidence for a rocky exoplanet » ; Queloz, D. *et al.* (2009), « The CoRoT-7 planetary system: two orbiting Super-Earths », *A&A* 506, 1.
15. Reich, E. (2011), « Beyond the stars », *Nature* 507, p. 24-26 ; Lissauer, J. *et al.* (2011), « A closely packed system of low-mass, low-density planets transiting Kepler-11 », *Nature*, vol. 470, p. 53-58.

16. Vogt, S. *et al.* (2009), « The Lick-Carnegie Exoplanet Survey: a 3.1 M[⊕] planet in the habitable zone of the nearby M3V star Gliese 581 », *The Astrophysical Journal*, vol. 723, p. 954-965.

17. Bibring, J.-P. (2009), *Mars : planète bleue ?*, Odile Jacob, Paris.

18. Wolfe-Simon, F. *et al.* (2010), « A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus », *Science Express* 1197258, 2 December 2010.

19. Mitri, G. *et al.* (2007), « Hydrocarbon lakes on Titan », *Icarus*, vol. 186, p. 385-394.

20. Europa Jupiter System Mission (EJSM), « Exploring the emergence of habitable worlds around gas giants », JPL D-67959, Task Order NMO711062, 15 November 2010 (<http://www.lpi.usra.edu/opag/JJSDTNASAREport.pdf>) ; Blanc, M. *et al.* (2009), « LAPLACE: a mission to Europa and the Jupiter system for ESA's cosmic vision programme », *Experimental Astronomy* 23, p. 849-892 (Springer Ed.) (<http://users.ictp.it/~chelaf/LAPLACE.pdf>).

21. Miller, S. (1953), « A production of amino acids under possible primitive earth conditions », *Science*, vol. 117, 3046, p. 528-529 ; Miller, S. et Urey, H. (1959), « Organic compound synthesis on the primitive earth », *Science*, vol. 130, 3370, p. 245-251.

22. Hoyle, F. et Wickramasinghe, C. (1993), *Our Place in the Cosmos: The Unfinished Revolution*, J. M. Dent & Sons, Londres.

23. Mojzsis, S. J. *et al.* (1996), « Evidence for life on earth before 3,800 million years ago », *Nature*, vol. 384, p. 55-59.

24. El Albani, A. *et al.* (2010), « Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago », *Nature*, vol. 466, p. 100-104.

25. EPICA community members (2004), « Eight glacial cycles from an Antarctic ice core », *Nature*, vol. 429, p. 623-628.

26. Milankovitch, M. (1920), *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*, Gauthier-Villars, Paris.

27. Pachauri, R. et Reisinger, A. (2007), « Bilan 2007 des changements climatiques: rapport de synthèse », Rapport du GIEC (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf), (http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml).

28. Eddy, J. (1976), « The Maunder Minimum », *Science*, vol. 192, 4245, p. 1189-1202.

29. Moberg, A. *et al.* (2005), « Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data », *Nature*, vol. 433, p. 613-617.

30. Svensmark, H. (1998), « Influence of cosmic rays on earth's climate », *Phys. Rev. Lett.* 81, p. 5027-5030 ; Svensmark, H. (2007), « Cosmoclimatology: a new theory emerges », *Astronomy & Geophysics*, vol. 48, Issue 1, p. 1.18-1.24.

31. Fastrup, B. (2000), « A study of the link between cosmic rays and clouds with a cloud chamber at the CERN PS », CERN/SPSC 2000-021 SPSC/P317, April 24, 2000 (<http://cloud.web.cern.ch/cloud/>).

32. Banyasz, A., Vaya, I., Changenet-Barret, P., Gustavsson, T., Douki, T. et Markovitsi, D. (2011), « Base pairing enhances fluorescence and favors cyclobutane dimer formation induced upon absorption of UVA radiation by DNA », *Journal of the American Chemical Society*, 18 mars 2011.

33. Farman, J. *et al.* (1985), « Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction », *Nature*, vol. 315, p. 207-210.

RÉFÉRENCES

34. Valet, J.-P. et Valladas, H. (2010), « The Laschamp-Mono lake geomagnetic events and the extinction of Neanderthal: a causal link or a coincidence? » *Quaternary Science Reviews*, vol. 29, Issues 27-28, p. 3887-3893.
35. Bonnet-Bidaud, J.-M., Dzitko, H. (2000), « Radiations cosmiques: danger dans l'Espace », *Ciel et Espace*, n° 361, p. 42-48.

Évolution humaine et rayonnement solaire

1. Bernier, F. (1684), « Nouvelle Division de la Terre par les différentes Espèces ou races d'hommes qui l'habitent, envoyé par un fameux Voyageur à M. l'abbé de la *** », *Journal des sçavans*, 24 avril 1684, p. 133-140.
2. Werner, M. et Stöckli, T. (2008), *Se nourrir de lumière*, Aethera, Triades.
3. Stücker, M., Struk, A., Altmeyer, P., Herde, M., Baumgärtl, H. et Lübbers, D. W. (2002), « The cutaneous uptake of oxygen contributes significantly to the oxygen supply of human dermis and epidermis », *Journal of Physiology* 538: 985-994.
4. Shubin, N. (2009), *Au commencement était le poisson. L'Homme : 3,5 milliards d'années d'évolution*, Robert Laffont, Paris.
5. Lamason, R. L., Mohideen, M. A., Mest, J. R., Wong, A. C., Norton, H. L., Aros, M. C., Jurynek, M. J. et al. (2005), « SLC24A5, a putative cation exchanger, affects pigmentation in zebrafish and humans », *Science* 310: 1782-1786.
6. *Homo ergaster* est une variante africaine d'*Homo erectus*, autrefois appelé pithécantrope, lequel a initialement été découvert en Indonésie mais était issu d'une première migration africaine. Ruff, C. B. (1994), « Morphological adaptation to climate in modern and fossil

hominids », *Yearbook of Physical Anthropology* 37: 65-107. Chaplin, G., Jablonski, N. G. et Cable, N. T. (1994), « Physiology, thermoregulation and bipedalism », *Journal of Human Evolution* 27: 497-510. Wheeler, P. E. (1996), « The environmental context of functional body hair loss in hominids », *Journal of Human Evolution* 30: 367-371.

7. Morand, J. J. et Lightburn, E. (2003), « Particularités des peaux génétiquement pigmentées », *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 96: 394-400. Taylor, S. C. (2002), « Skin of color: biology, structure, function, and implications for dermatologic disease », *Journal of the American Academy of Dermatology* 46: S41-62.

8. Elias, P. M., Menon, G., Wetzal, B. K. et Williams, J. W. (2010), « Barrier requirements as the evolutionary "driver" of epidermal pigmentation in humans », *American Journal of Human Biology* 22: 526-537. MacKintosh, J. A. (2001), « The antimicrobial properties of melanocytes, melanosomes and melanin and the evolution of black skin », *Journal of Theoretical Biology* 211: 101-113.

9. Langaney, A. (1988), *Les Hommes. Passé, présent, conditionnel*, Armand Colin, Paris.

10. Relethford, J. H. (2002), « Apportionment of global human genetic diversity based on craniometrics and skin color », *American Journal of Physical Anthropology* 118: 393-398 ; Relethford, J. H. (2000), « Human skin color diversity is highest in sub-Saharan African populations », *Human Biology* 72: 771-780.

11. La Mettrie, R. de, Saint-Léger, D., Loussouarn, G., Garcel, A. L., Porter, C. et Langaney, A. (2007), « Shape variability and classification of human hair: a worldwide approach », *Human Biology* 79: 265-281.

12. Jablonski, N. G. et Chaplin, G. (2000), « The evolution of human skin coloration », *Journal of Human Evolution* 39: 57-106 ; Jablonski, N. G. (2004), « The

evolution of human skin and skin color », *Annual Review of Anthropology* 33: 585-623 ; Jablonski, N. G. (2006), *Skin, a Natural History*, Berkeley, Univ. California Press ; Jablonski, N. G. et Chaplin, G. (2010), « Human skin pigmentation as an adaptation to UV radiation », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 107: 8962-8968 ; Chaplin, G. (2004), « Geographic distribution of environmental factors influencing human skin coloration », *American Journal of Physical Anthropology* 125: 292-302 ; Chaplin, G. et Jablonski, N. G. (2009), « Vitamin D and the evolution of human depigmentation », *American Journal of Physical Anthropology* 139: 451-461.

13. Branda, R. et Eaton, J. (1978), « Skin color and nutrient photolysis: an evolutionary hypothesis », *Science* 201: 625-626. Cette hypothèse a été largement reprise par Jablonski et Chaplin déjà cités.

14. Bazzano, L. A. (2009), « Folic acid supplementation and cardiovascular disease: the state of the art », *American Journal of the Medical Sciences* 338: 48-49 ; Ulrich, C. M. (2007), « Folate and cancer prevention: a closer look at a complex picture », *The American Journal of Clinical Nutrition* 86: 271-273 ; Ebbing, M., Bønaa, K. H., Nygård, O., Arnesen, E., Ueland, P. M., Nordrehaug, J. E. *et al.* (2009), « Cancer incidence and mortality after treatment with folic acid and vitamin B12 », *Journal of the American Medical Association* 302: 2119-2126.

15. L'étude d'un cimetière du XVIII^e et XIX^e siècle à Birmingham réunissant toutes les classes sociales au début de la période industrielle a montré que seuls 7 sujets, provenant des tombes les plus modestes, sur 291 adultes, étaient atteints d'ostéomalacie (Brickley, M., Mays, S. et Ives, R. [2007], « An investigation of skeletal indicators of vitamin D deficiency in adults: effective markers for interpreting past living conditions and pollution levels in

18th and 19th century Birmingham, England », *American Journal of Physical Anthropology* 132: 67-79).

16. Lips, P. (2001), « Vitamin D deficiency and secondary hyperparathyroidism in the elderly: consequences for bone loss and fractures and therapeutic implications », *Endocrine Reviews* 22: 477-501 ; Bell, T. D., Demay, M. B. et Burnett-Bowie, S. A. M. (2010), « The biology and pathology of vitamin D control in bone », *Journal of Cellular Biochemistry* 111: 7-13.

17. Holick, M. F. (2004), « Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease », *American Journal of Clinical Nutrition* 80: 1678S-1688S ; Lappe, J. M., Travers-Gustafson, D., Davies, K. M., Recker, R. R. et Heaney, R. P. (2007), « Vitamin D and calcium supplementation reduces cancer risk: results of a randomized trial », *American Journal of Clinical Nutrition* 85: 1586-1591 ; Ojha, R. P., Felini, M. J. et Fischbach, L. A. (2007), « Vitamin D for cancer prevention: valid assertion or premature anointment? (with reply by Lappe *et al.*) », *American Journal of Clinical Nutrition* 86: 1804-1806 ; Savage, L. et Widener, A. (2007), « Study finds no connection between vitamin D and overall cancer deaths », *Journal of the National Cancer Institute* 99: 1561 ; Giovannucci, E., Liu, Y., Rimm, E. B., Hollis, B. W., Fuchs, C. S., Stampfer, M. J. et Willett, W. C. (2006), « Prospective study of predictors of Vitamin D status and cancer incidence and mortality in men », *Journal of the National Cancer Institute* 98: 451-459 ; Grant, W. B. (2002), « An estimate of premature cancer mortality in the U.S. due to inadequate doses of solar ultraviolet-B radiation », *Cancer* 94: 1867-1875.

18. Freedman, D. M., Looker, A. C., Chang, S. C. et Graubard, B. I. (2007), « Prospective study of serum vitamin D and cancer mortality in the United States », *Journal of the National Cancer Institute* 99: 1594-1602.

RÉFÉRENCES

19. Michaëlsson, K., Baron, J. A., Snellman, G., Gedeberg, R., Byberg, L., Sundström, J. *et al.* (2010), « Plasma vitamin D and mortality in older men: a community-based prospective cohort study », *American Journal of Clinical Nutrition* 92: 841-848.

20. Nürnberg, B., Schadendorf, D., Gärtner, B. *et al.* (2008), « Progression of malignant melanoma is associated with reduced 25-hydroxyvitamin D serum levels », *Experimental Dermatology* 17: 627 ; Garland, F. C., White, M. R., Garland, C. F., Shaw, E. et Gorham, E. D. (1990), « Occupational sunlight exposure and melanoma in the U.S. Navy », *Archives of Environmental Health* 45: 261-267.

21. Kennedy, C., Bajdik, C. D., Willemze, R., De Gruijl, F. R. et Bouwes Bavinck, J. N. (2003), « The influence of painful sunburns and lifetime sun exposure on the risk of actinic keratoses, seborrheic warts, melanocytic nevi, atypical nevi, and skin cancer », *Journal of Investigative Dermatology* 120: 1087-1093.

22. Mocellin, S. et Nitti, D. (2008), « Vitamin D receptor polymorphisms and the risk of cutaneous melanoma: a systematic review and meta-analysis », *Cancer* 113: 2398-2407 ; Houssin, B. (2010), *Soleil, mensonges et propagande*, Thierry Souccar Éditions, Vergèze.

23. Amsel, J., Waterbor, J. W., Oler, J., Rosenwaike, I. et Marshall, K. (1982), « Relationship of site-specific cancer mortality rates to altitude », *Carcinogenesis* 3: 461-465 ; Hayes, D. P. (2010), « Cancer protection related to solar ultraviolet radiation, altitude and vitamin D », *Medical Hypotheses* 75: 378-382. Dès 1941, une première enquête avait conclu à la moindre incidence des cancers dans les États montagneux des États-Unis : « La présence de cancers cutanés est vraiment l'accompagnement occasionnel d'une relative immunité au cancer attribuable à la radiation solaire » (Apperly, F. L. [1941], « The relation

of solar radiation to cancer mortality in North America », *Cancer Research* 1:191-195).

24. Liu, P. T., Stenger, S., Tang, D. H. et Modlin, R. L. (2007), « Vitamin D-mediated human antimicrobial activity against *Mycobacterium tuberculosis* is dependent on the induction of cathelicidin », *Journal of Immunology* 179: 2060-2063.

25. Richards, J. B., Valdes, A. M., Gardner, J. P., Paximadas, D., Kimura, M., Nessa, A. *et al.* (2007), « Higher serum vitamin D concentrations are associated with longer leukocyte telomere length in women », *American Journal of Clinical Nutrition* 86: 1420-1425 ; Autier, P. et Gandini, S. (2007), « Vitamin D supplementation and total mortality », *Archives of Internal Medicine* 167: 1730-1737.

26. Faeh, D., Gutzwiller, F., Bopp, M. et Swiss National Cohort Study Group (2009), « Lower mortality from coronary heart disease and stroke at higher altitudes in Switzerland », *Circulation* 120: 495-501.

27. Kurtén, B. (1980), *Dance of the Tiger*, Random House, New York.

28. Shriver, M. D., Parra, E. J., Dios, S., Bonilla, C., Norton, H., Jovel, C. *et al.* (2003), « Skin pigmentation, biogeographical ancestry and admixture mapping », *Human Genetics* 112: 387-399 ; Signorello, L. B., Williams, S. M., Zheng, W., Smith, J. R., Long, J., Cai, Q., Hargreaves, M. K., Hollis, B. W. *et al.* (2010), « Blood vitamin D levels in relation to genetic estimation of African ancestry », *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 19: 2325-2331.

29. Khan, R. et Razib Khan, B. S. (2010), « Diet, disease and pigment variation in humans », *Medical Hypotheses* 75: 363-367 ; Robins, A. H. (2009), « The evolution of light skin color: role of vitamin D disputed », *American Journal of Physical Anthropology* 139: 447-450 ; Sweet, F. W. (2002), « The paleo-etiology of human

skin tone », à lire sur : <http://www.backintyme.com/Essay021215.htm>.

30. Randle, H. W. (1997), « Suntanning: differences in perceptions throughout history », *Mayo Clinic Proceedings* 72: 461-466 ; Ory, P. (2008), *L'Invention du bronzage – Essai d'une histoire culturelle*, Éditions Complexe, Paris.

31. Mighall, R. (2008), *Sunshine: One Man's Search for Happiness*, John Murray, London. http://www.timesonline.co.uk/tol/life_and_style/health/article3814579.ece. Il n'est pas inutile de signaler que cette expression de *quête du bonheur* est politiquement importante pour les Anglo-Saxons car elle figure dans le texte de la Constitution américaine, par la volonté de Thomas Jefferson.

32. Van den Berghe, P. L. et Frost, P. (1986), « Skin color preference, sexual dimorphism, and sexual selection: a case of gene-culture co-evolution? », *Ethnic and Racial Studies* 9: 87-113 ; Frost, P. (1987), « Femmes claires, hommes foncés : les racines oubliées du préjugé de couleur », *Anthropologie et Sociétés* 11: 135-149.

33. Barnes, C. (1988), *Melanin: the Chemical Key to Black Greatness*, CB Publishers, Houston, Texas.

34. Mullin, G. E. et Dobs, A. (2007), « Vitamin D and its role in cancer and immunity: a prescription for sunlight », *Nutrition and Clinical Practice* 22: 305-322.

35. Duffy, D. L., Box, N. F., Chen, W., Palmer, J. S., Montgomery, G. W., James, M. R., Hayward, N. K., Martin, N. G. et Sturm, R. A. (2004), « Interactive effects of MC1R and OCA2 on melanoma risk phenotypes », *Human Molecular Genetics* 13: 447-461 ; Duffy, D. L., Iles, M. M., Glass, D., Zhu, G., Barrett, J. H., Höiom, V., Zhao, Z. Z., Sturm, R. A. *et al.* (2010), « IRF 4 variants have age-specific effects on nevus count and predispose to melanoma », *American Journal of Human Genetics* 87: 6-16 ; Nan, H., Kraft, P., Hunter, D. J. et Han, J. (2009),

« Genetic variants in pigmentation genes, pigmentary phenotypes, and risk of skin cancer in Caucasians », *International Journal of Cancer* 125: 909-917 ; Begg, C. B., Hummer, A., Mujumdar, U., Armstrong, B. K., Kricke, A., Marrett, L. D., Millikan, R. C. *et al.* (2004), « Familial aggregation of melanoma risks in a large population-based sample of melanoma cases », *Cancer Causes Control* 15: 957-965 ; Shekar, S. N., Duffy, D. L., Youl, P., Baxter, A. J., Kvaskoff, M., Whitman, D. C., Green, A. C., Hughes, M. C., Hayward, N. K., Coates, M. et Martin, N. G. (2009), « A population-based study of Australian twins with melanoma suggests a strong genetic contribution to liability », *Journal of Investigative Dermatology* 129: 2211-2219.

36. Parra, E. J. (2007), « Human pigmentation variation: evolution, genetic basis, and implications for public health », *Yearbook of Physical Anthropology* 50: 85-105. La médecine darwinienne, qui intègre la pensée évolutive à la médecine classique, se consacre à l'interprétation du « pourquoi » et non du « comment » des maladies ; elle est abordée notamment dans les deux ouvrages suivants : Williams, G. et Nesse, R. M. (1995), *Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine*, Vintage Books, New York ; Trevathan, W. R., Smith, E. O. et McKenna, J. J. (eds) (2008), *Evolutionary Medicine and Health: New Perspectives* (2^e éd.), Oxford University Press, New York.

L'interface peau et soleil

1. Michel Serres, *Le Temps des crises*, Le Pommier, 2009.

2. Nina Jablonski, *Skin: A Natural History*, University of California Press, 2008.

3. www.reseau-melanome-ouest.com.

RÉFÉRENCES

4. Michel Maffesoli, *Iconologies. Nos idol@tries postmodernes*, Albin Michel, Paris, 2008, p. 45.
5. Friedrich Nietzsche, *La Vision dionysiaque du monde*, Allia, Paris, 2004.
6. Nina Jablonski, « The evolution of human skin and skin color », *Annu Rev Anthropol*, 2004: 585-623.
7. Edgar Morin, *La Voie pour l'avenir de l'humanité*, Fayard, Paris, 2011.
8. Paul Valéry, *Regards sur le monde actuel*, Stock, Paris, 1931.
9. Edgar Morin, *La Méthode I et II*, Seuil, coll. « Opus », Paris, 2008.
10. Michel Maffesoli, *La Passion de l'ordinaire. Miettes sociologiques*, CNRS Éditions, Paris, 2011.
11. Dr William Lowenstein, *Ces dépendances qui nous gouvernent. Comment s'en libérer ?*, Le Livre de Poché, Paris, 2007.
12. Société française de dermatologie, *Comprendre la peau*, Masson, Paris, 2005.
13. « Pigmentation et réparation de l'ADN aux agressions par les ultraviolets », *Annales dermatologiques* 2005 ;132: 8S56-56.
14. « Création d'un site e-learning sur le mélanome », *Les Nouvelles dermatologiques*, 2010 ; 29 : 381-385.
15. Jean-Marie Pelt, *Guérir la Terre*, Albin Michel, Paris, 2010.
16. *Géopolitique du développement durable : Rapport Antheios 2005*, PUF, Paris, 2005.
17. Hubert Reeves et Frédéric Lenoir, *Mal de terre*, Seuil, coll. « Sciences ouverte », Paris, 2003.
18. Joël de Rosnay, *L'Homme symbiotique, regards sur le troisième millénaire*, Points, Seuil, Paris, 2000.
19. Joël de Rosnay, *Une vie de plus*, Seuil, 2005.

20. J.-P. Ortonne, « Dermatologie esthétique et correctrice », *Annales de dermatologie*, février 2008 : S153.

21. Frédéric Lenoir, *Petit Traité de vie intérieure*, Plon, Paris, 2010 ; François Cheng, *Cinq Méditations sur la beauté*, Le Livre de poche, Paris, 2010.

Le comportement solaire addictif

1. ACS (2006), *What You Need to Know about Skin Cancer*, American Cancer Society.

2. Heckman, C. J., Egleston, B. L., Wilson, D. B. *et al.* (2008), « A preliminary investigation of the predictors of tanning dependence », *Am J Health Behav* 32 (5): 451-464.

3. Warthan, M., Uchida, T., Wagner, R. (2005), « UV light tanning as a type of substance-related disorder », *Arch Dermatol* 141 (8): 963-966.

4. Goodman, A. (1990), « Addiction: definition and implication », *Br J Addict* 85, 1403-1408.

5. Reynaud, M., Parquet, P., Lagrue, G. (2000), *Les Pratiques addictives : usage, usage nocif et dépendance aux substances psychoactives*, Odile Jacob, Paris.

6. Zeller, S., Lazovich, D., Forster, J. *et al.* (2006), « Do adolescent indoor tanners exhibit dependency? », *J Am Acad Dermatol* 54 (4): 589-596.

7. Mayfield, D., McLeod, G., Hall, P. (1974), « The CAGE questionnaire: validation of a new alcoholism screening instrument », *Am J Psychiatry* 131: 1121-1123.

8. Geller, A., Colditz, G., Oliveria, S. *et al.* (2002), « Use of sunscreen, sunburning rates, and tanning bed use among more than 10 000 US children and adolescents », *Pediatrics* 109: 1009-14.

9. Thomson, C., Woolnough, S., Wickenden, M. *et al.* (2010), « Sunbed use in children aged 11-17 in England:

RÉFÉRENCES

face to face quota sampling surveys in the National Prevalence study and Six Cities Study », *BMJ* 340: 877 ; Kaur, M., Feldman, S. R., Liguori, A. *et al.* (2005), « Indoor Tanning relieves pain », *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 21: 278.

10. Gerrits, M. A. F. M., Wiegant, V. M., Van Ree, J. M. (1999), « Endogenous opioïdes implicated in the dynamics of experimental drug addiction: an in vivo autoradiographic analysis », *Neuroscience* 89: 1219-1227.

11. Geller, A., Colditz, G., Oliveria, S. *et al.* (2002), « Use of sunscreen, sunburning rates, and tanning bed use among more than 10 000 US children and adolescents », *Pediatrics* 109: 1009-1014.

12. Schneider, S., Kramer, H. (2010), « Who uses sunbeds? A systematic literature review of risk groups in developed countries », *J Eur Acad Dermatol Venerol* 24 (6): 639-648 ; Hoerster, K., Mayer, P., Woodruff, S. (2007), « The influence of parents and peers on adolescent indoor tanning behavior: Findings from a multi-city sample », *J Am Acad Dermatol* 57: 990-997 ; Bandi, P., Cokkinides, V., Weinstock, M. *et al.* (2010), « Sunburns, sun protection and indoor tanning behaviors, and attitudes regarding sun protection benefits and tan appeal among parents of U.S. adolescents-1998 compared to 2004 », *Pediatric Dermatology* 27 (1): 9-18.

13. Cokkinides, V., Weinstock, M., O'Connell, M. (2002), « Use of indoor tanning sunlamps by US youth, ages 11-18 years, and by their parent or guardian caregivers: prevalence and correlates », *Pediatrics* 109: 1124-1130.

14. Lejoyeux, M. (2007), *Du plaisir à la dépendance, nouvelles addictions, nouvelles thérapies*, La Martinière, Paris.

15. Petit, A., Richoux, C., Lejoyeux, M. (2011),

« L'excès de bronzage peut-il mener à la dépendance ? », *Alcoologie et Addictologie* 2011 33 (3):259-264.

16. Zuckerman, M. (1944), *Behavioral Expressions on Biosocial Bases on Sensation Seeking*, University Press, New York, Cambridge.

17. Mahler, H. I., Hulik, J. A., Harrelln J. *et al.* (2005), « Effects of UV photographs, photoaging information, and use of sunless tanning lotion on sun protection behaviors », *Arch Dermatol* 141 (3): 373-380.

18. Mosher, C. E., Danoff-Burg, S. (2010), « Addiction to indoor tanning: relation to anxiety, depression, and substance use », *Arch Dermatol* 146 (4): 412-417.

19. Robinson, J. K., Kim, J., Rosenbaum, S. *et al.* (2008), « Indoor tanning knowledge, attitudes, and behavior among young adults from 1988-2007 », *Arch Dermatol* 144 (4): 484-488.

20. Levins, P. C., Carr, D. B., Fisher, J. E. *et al.* (1983), « Plasma beta endorphin and beta lipoprotein response to ultraviolet radiation », *Lancet* 2 (8342): 166.

21. Van Steensel, M. A. (2009), « UV addiction: a form of opiate dependency », *Arch Dermatol* 145 (2): 211.

22. Felman, S. R., Liguori, A., Kucenic, M. *et al.* (2004), « Ultraviolet exposure is a reinforcing stimulus in frequent indoor tanners », *J Am Acad Dermatol* 51 (1): 45-51.

23. Kaur, M., Liguori, A., Fleisher, A. B. *et al.* (2005), « Side effects of naltrexone observed in frequent tanners: could frequent tanners have ultraviolet-induced high opiod levels? », *J Am Acad Dermatol* 52 (5): 916.

24. Fitzpatrick, T. B. (1998), « The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI », *Arch Dermatol* 124(6): 869-871.

25. Nolan, B., Taylor, S., Liguori, A. *et al.* (2009), « Tanning as an addictive behavior: a literature review »,

RÉFÉRENCES

Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine 25: 12-19.

26. American Psychiatric Association (2000), « Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders ». Fourth edition. Washington, DC: American Psychiatric Association.

27. Fu, J. M., Dusza, S. W., Halperm, A. C. (2004), « Sunless tanning », *Journal of the American Academy of Dermatology* 50 (5): 706-714.

28. Miller, W. R., Rollnick, S. (1991), *Motivational Interviewing: Preparing People to Change Addictive Behavior*, Guilford Press, New York.

29. Prochaska, J. O., DiClemente, C. C., Carlo, C. (1982), « Transtheoretical therapy: toward a more integrative model of change », *Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, 19: 276-287.

30. Langan, E. A., Rhodes, L. E. (2010), « Melanotropic peptides: more than just "Barbies drugs" and "sun tan" jabs? », *Br J Dermatol* 163 (3): 451-455.

31. Dissel, M., Rotterdam, S., Altmeyer, P. *et al.* (2009), « Indoor tanning in North Rhine-Westphalia Germany: a self-reported survey », *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine* 25: 94-100.

32. Sjoberg, L., Holm, L., Ullen, H. *et al.* (2004), « Tanning and risk perception in adolescents », *Health Risk Soc* 6: 81-94.

33. Autier, P. (2004), « Perspectives in melanoma prevention: the case of sunbeds », *Eur J Cancer Care* 40: 2367-2376 ; International Agency for Research on Cancer (IARC) (2006), « The association of use sunbeds with cutaneous malignant melanoma and the other skin cancer: a systematic review », *Int J Cancer* 120: 1116-1122.

34. Monfrecola, G., Fabbrocini, G., Posteraro, G. *et al.* (2000), « What do young people think about the dangers

of sunbathing, skin cancer and sunbeds? A Questionnaire survey among Italians », *Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine*, 16: 15-18.

35. Hoerster, K., Mayer, P., Woodruff, S. (2007), « The influence of parents and peers on adolescent indoor tanning behavior: findings from a multi-city sample », *J Am Acad Dermatol* 57: 990-997.

Table

Prologue	9
Premier temps. L'homme et son étoile	11
Deuxième temps. Évolution humaine et rayonnement solaire	12
Troisième temps. L'interface peau et soleil	13
Quatrième temps. Le comportement solaire addictif	14
 L'homme et son étoile	
Jean-Marc Bonnet-Bidaud	17
Le Soleil d'hier : la naissance du Soleil	20
Le Soleil d'aujourd'hui	31
Le Soleil de demain	68
 Évolution humaine et rayonnement solaire	
Alain Froment	73
Diversité biologique et évolution humaine	74
La mélanine, pigment essentiel	84
L'hormone du soleil	96
La couleur de peau de nos ancêtres	107
Pour conclure	120

L'interface peau et soleil

Patrick Moureaux	127
La peau est plurielle	127
<i>Dans ses expressions</i>	127
<i>Dans ses origines</i>	131
<i>Dans ses fonctions</i>	133
La carte d'identité solaire	137
Les comportements solaires	140
Quel est l'impact du soleil sur notre vie et notre survie ?	151
Quelles stratégies préventives durables proposer ?	160
<i>L'écologie médicale comportementale</i>	164

Le comportement solaire addictif

Aymeric Petit	173
Du bronzage à la tanorexie	174
Êtes-vous addict au soleil ?	179
Différents facteurs de risque	182
Quand la dépendance au bronzage s'associe à d'autres troubles	184
Pourquoi cette addiction ?	187
Quelle thérapie ?	195
<i>Conclusion</i>	203
<i>Remerciements</i>	205
<i>Références</i>	207

Cet ouvrage a été imprimé en France par



à Saint-Amand-Montrond (Cher)
en mars 2012

Cet ouvrage a été composé et mis en pages
par ÉTIANNE COMPOSITION
à Montrouge

N° d'édition : 52206/01 – N° d'impression : 113804/1
Dépôt légal : mars 2012

L'homme et le soleil : **un lien amoureux, un lien dangereux**

On le veut, on le recherche, on le craint, on s'en protège... Depuis bien longtemps, l'homme entretient avec le soleil une relation de fascination/répulsion.

Comment se faire plaisir sans mettre sa vie en danger ? Quelle stratégie privilégier pour conserver son capital solaire ? C'est à un voyage interdisciplinaire passionnant que nous invitent ici les auteurs, chacun dans sa spécialité : l'astrophysique, l'anthropologie, la dermatologie et l'addictologie.

L'objectif de ce livre n'est pas de nous inciter à nous cloîtrer, mais de nous faire accéder à une pratique responsable du soleil en permettant à chacun d'évaluer son identité solaire. Car si le soleil procure une sensation de bien-être à tout moment et pour tout individu, notre patrimoine génétique et notre type de peau ne nous autorisent pas tous à nous exposer de la même façon.

Grâce au code solaire décrit ici, et conçu dans une approche environnementale et médicale, toute personne pourra adopter un comportement adapté et donc continuer de profiter durablement des effets du soleil sans prendre de risque.

***Jean-Marc Bonnet-Bidaud** est astrophysicien au Commissariat à l'Énergie atomique et aux Énergies alternatives.*

***Alain Froment** est médecin et anthropologue, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), et directeur des collections d'anthropologie du musée de l'Homme.*

***Patrick Moureaux** est dermatologue à Vannes, membre exécutif du réseau Mélanome Ouest et de la Société française de dermatologie chirurgicale et esthétique (SFDCE).*

***Aymeric Petit** est psychiatre-addictologue, chef de clinique assistant au groupe hospitalier Bichat-Claude Bernard, université Paris-Diderot, Paris-VII.*

COLLECTION « RÉPONSES »

Dirigée par Nathalie Le Breton

19 € (TVA 5,5%) - 19,30 € (TVA 7%)

FRANCE 2012 - III



9 782221 130568

www.laffont.fr