

Du même auteur

Crime climatique stop !  
L'appel de la société civile  
(Collectif)  
*Seuil, « Anthropocène », 2015*

Des droits pour la Nature  
(Collectif)  
*Les Éditions Utopia, 2016*

Homo natura  
En harmonie avec le vivant  
*Buchet-Chastel, « Dans le vif », 2017*

*Valérie Cabanes*

# Un nouveau droit pour la Terre

Pour en finir avec l'écocide

PRÉFACE DE DOMINIQUE BOURG

POSTFACE INÉDITE

*Éditions du Seuil*

## La planète a atteint ses limites

En 2009, une équipe de 26 chercheurs dirigée par Johan Rockström du Stockholm Resilience Centre et Will Steffen, l'ancien directeur du Programme international géosphère-biosphère (IPGB), ont proposé une compréhension systémique des fonctionnements biophysiques de la biosphère<sup>195</sup>. Ils ont déterminé des « *planetary boundaries* », c'est-à-dire des seuils au-delà desquels l'équilibre du système Terre serait suffisamment déstabilisé pour ne plus offrir un espace sécurisé à l'activité humaine. Leurs travaux sont aujourd'hui reconnus par les Nations unies et offrent un socle scientifique qui permet à l'humanité de prendre conscience des limites de la planète.

Cette équipe a déterminé neuf processus et systèmes régulant la stabilité et la résilience du système Terre – c'est-à-dire les interactions entre les sols, l'océan, l'atmosphère et la vie – qui fournissent ensemble les conditions de vie dont nos sociétés dépendent. Il s'agit de la diversité biologique, du climat, du pH des océans, des forêts, des apports d'azote et de phosphore aux sols et aux océans, de la quantité d'eau potable et du cycle hydrologique global, de la couche d'ozone stratosphérique et de la composition de l'atmosphère, du bon état général de la chaîne alimentaire. Pour chacun des neuf paramètres, il existe une limite à ne pas dépasser

pour ne pas dérégler la stabilité du système terrestre et ainsi menacer toute possibilité d'une vie humaine digne et pacifique.

Mais un certain nombre de ces seuils ont déjà été atteints par l'action des sociétés modernes humaines, et ce suffisamment pour mener le système Terre vers un nouvel état pour lequel nous ne sommes pas préparés.

Rockström et Steffen partent du principe que la période de stabilité qu'a connue notre écosystème depuis 10 000 ans et qui est à l'origine du développement humain est mise en danger depuis l'avènement de la révolution industrielle avec, entre autres, l'utilisation massive des énergies fossiles et la progression de l'agriculture industrielle. Potentiellement irréversibles, les conséquences de ce modèle de développement, aux impacts exponentiels depuis 1945, pourraient selon eux mettre un terme à la stabilité de l'écosystème planétaire, pourtant censée durer encore plusieurs dizaines de milliers d'années si elle n'avait pas été ébranlée par l'irruption du capitalisme industriel et fossile.

En janvier 2015, une nouvelle évaluation a été faite par la même équipe, cette fois réunie autour de Will Steffen et les seuils ont été légèrement révisés<sup>196</sup>. L'étude propose de plus une dixième limite à prendre en considération en lien avec la dissémination dans l'environnement d'entités nouvelles comme les molécules de synthèse, les nanoparticules et dont l'impact à long terme est inconnu.

De façon générale, Rockström et Steffen affirment que toutes ces limites planétaires sont liées les unes aux autres, ce qui signifie que la transgression d'une seule d'entre elles peut augmenter le risque de se rapprocher d'autres limites, nous conduisant ainsi vers un « point de basculement » caractérisé au final par un processus d'extinction irréversible des espèces et une

précarisation massive de la vie humaine sur Terre<sup>197</sup>. En changeant notamment de manière significative le climat ou la biodiversité, nous menaçons les conditions d'existence des générations à venir mais aussi des plus vulnérables dès à présent.

Comme notre résistance au changement est forte et que le constat des pollutions industrielles semble ne pas suffire à réveiller les consciences, il est urgent de prendre la mesure des conséquences de tout dépassement de ces limites, et de se convaincre que ces limites doivent être reconnues comme nos limites à toutes et tous, citoyens actuels et futurs de la Terre.

### Hémorragie de la biodiversité

La première limite dont le seuil est malheureusement franchi est celui de l'érosion de la biodiversité due à l'impact humain sur le fonctionnement des écosystèmes. Cette érosion est suffisamment grave pour provoquer une extinction massive d'espèces sur Terre. La perte de biodiversité est en soi un processus connu. Selon Edward O. Wilson, 98 % des espèces ayant existé sur Terre se sont éteintes depuis que la vie s'y est développée il y a 3,8 milliards d'années environ<sup>198</sup>. Mais chaque fois qu'un épisode d'extinction a eu lieu, même ravageur comme celui survenu durant l'ère géologique du Permien, il y a 245 millions d'années – où 95 % de la vie marine et 70 % des espèces terrestres auraient disparu –, les causes étaient naturelles<sup>199</sup>.

Il nous faut distinguer une forme d'extinction dite « de fond », qui fait que certaines espèces disparaissent graduellement tandis que d'autres prennent leur place quand des écosystèmes se modifient, des épisodes d'extinctions de masse qui, jusqu'à l'apparition de l'homme sur Terre,

se comptaient au nombre de cinq<sup>200</sup>. Qu'elle soit liée à des événements soudains comme le mouvement tectonique des plaques continentales ou la chute d'astéroïdes, la disparition massive d'espèces durant ces cinq périodes se sont toutes produites de façon brutale et ne sont pas le fait d'espèces prédatrices en particulier. En revanche, aujourd'hui, c'est notre propre modèle de développement qui agresse brutalement la vie.

Depuis la présence de l'homme, le taux « normal » d'extinction d'espèces qui doit être d'une espèce perdue par an sur 1 ou 10 millions d'espèces existantes, est passé à un taux 100 à 1 000 fois supérieur selon les espèces et les aires géographiques<sup>201</sup>. Or une perte de 10 espèces par an sur un million est, selon l'équipe de Rockström, un maximum à ne pas dépasser si l'on veut éviter des impacts majeurs pour les sociétés humaines.

En effet, les conséquences de cette hémorragie de notre trame planétaire de vie ne se réduisent pas à une liste d'espèces menacées, dont l'UICN dresse la liste rouge mondiale. Elles entraînent aussi, selon Robert Barbault du Muséum national d'histoire naturelle, « la dégradation des écosystèmes, des fonctions que ces derniers exercent dans le système vivant – la biosphère – et donc des services qu'ils rendent à l'humanité<sup>202</sup> ». En règle générale, il a fallu 10 millions d'années après chaque grande extinction des espèces pour que la biodiversité retrouve son état antérieur. Ce qui signifie « un temps extrêmement long d'attente pour les générations futures<sup>203</sup> » afin qu'elles retrouvent les conditions d'existence que nous avons, nous, connues.

L'état des ressources halieutiques de l'océan illustre cette situation. La FAO estime à 77 % la proportion d'espèces de poissons impactées à différents degrés par la surpêche. 8 % seraient épuisées, 17 % surexploitées et 52 % exploitées à leur maximum. La surpêche

touche différents types d'espèces à différents niveaux de la chaîne alimentaire. Certaines espèces en voie de disparition sont localisées, comme la sardine en Californie, l'anchois au Pérou, la morue à Terre-Neuve ou le hareng en mer du Nord. Mais la surpêche des grandes espèces marines, préférées des consommateurs, comme les thons, mérus, raies, requins, espadons, a conduit à un épuisement généralisé des stocks. En 2014, une équipe internationale a analysé 200 modèles simulant les écosystèmes marins à travers le monde sur une période allant de 1880 à 2007<sup>204</sup>. Ils ont retracé l'évolution des ressources halieutiques dans l'espace et dans le temps, révélant l'effondrement au siècle dernier des populations de grands prédateurs. Elles ont diminué de deux tiers au cours des 100 dernières années, avec une accélération de 54 % pendant les 40 dernières années. Les navires-usines exploitent de plus en plus de zones (ouest de l'Afrique, océan Indien, Pacifique du Sud-Est...), pêchent toujours plus profond, endommageant des écosystèmes en draguant le fond de la mer au chalut. La pêche industrielle a aussi entraîné une augmentation rapide de prises accessoires qui sont rejetées mortes à la mer car non commercialisées, représentant jusqu'à 25 % des prises. Des dauphins, des tortues et des oiseaux marins albatros sont aussi capturés et tués par les filets abandonnés. Même les baleines sont menacées, 2,8 millions de baleines ont été tuées dans le monde entier durant tout le xx<sup>e</sup> siècle<sup>205</sup>. Si certaines espèces ont réussi à se renouveler, d'autres restent proches de l'extinction. 90 % des baleines bleues ont été décimées. Même constat pour les baleines à bosse qui, elles aussi, ont quasiment disparu. Et pourtant la chasse commerciale à la baleine et de certains cétacés n'est toujours pas interdite en Islande, en Norvège, au Japon, en Russie.

Par ailleurs, les captures de poissons faites par les oiseaux marins pour nourrir leurs petits deviennent insuffisantes là où le déclin des ressources en poissons atteint un tiers d'entre elles, ce qui entraîne le déclin des oiseaux eux-mêmes<sup>206</sup>. De façon générale, la structure des écosystèmes marins va totalement changer d'échelle en modifiant les types d'espèces dans et hors de l'eau et leur répartition. À l'avenir, les poissons seront de plus en plus petits et bien plus vulnérables aux changements environnementaux et climatiques. Il devient donc manifeste que nos descendants ne connaîtront plus l'océan comme nous l'avons connu avant des millénaires.

### Changement climatique

La seconde limite définie par l'équipe de Rockström concerne le dérèglement climatique en cours. La communauté scientifique internationale admet que, pour limiter l'ampleur du réchauffement climatique mondial à 2 °C d'ici 2100 (par rapport à la fin du xx<sup>e</sup> siècle), la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> ne devrait pas dépasser une limite comprise entre 350 et 450 ppm (parties par million). Les auteurs du rapport sur les limites planétaires considèrent que cette fourchette doit être respectée au plus serré, que la ligne rouge est plutôt de 350 ppm, alors que nous en sommes déjà à 400 ppm. « Il y a une marge d'incertitude importante », affirme le climatologue Will Steffen, premier auteur de l'étude. « Cela signifie qu'au-dessus de 350 ppm il y a une augmentation du risque d'effets dommageables dans certaines régions, comme ce que l'on peut par exemple observer avec les canicules et les sécheresses en Australie. Et au-dessus de 450 ppm, nous pensons avec un

bon niveau de confiance que les impacts toucheront l'ensemble du globe<sup>207</sup>. »

De plus, une sécheresse peut réduire le fonctionnement des sites de production électrique d'origine nucléaire ou hydraulique dépendant de l'eau, voire devenir une menace si le débit de la rivière est trop faible. C'est le cas des réacteurs nucléaires qui, même arrêtés, doivent être refroidis en continu au risque qu'ils s'emballent et provoquent la fusion du cœur<sup>208</sup>. D'autre part, une centrale rejette de l'eau chaude dans les rivières et les fleuves près desquels elle fonctionne. Afin de protéger les écosystèmes, en France, les centrales ne peuvent faire monter la température de l'eau à plus de 28 °C, ce qui est une température rapidement atteinte en période de sécheresse, et elles ne doivent pas rejeter d'effluents radioactifs si le débit d'eau ne permet pas leur dilution. Lors de l'épisode de sécheresse en 2011, toutes ces règles ont été contournées. Force est de constater que le changement climatique rend la menace nucléaire encore plus prégnante<sup>209</sup>.

Le changement climatique provoque aussi une augmentation des températures des eaux océaniques, ce qui provoque un blanchiment corallien menant à la mort de coraux qui ont parfois plus de cinq cents ans. La moitié de la Grande Barrière de corail serait déjà morte en trois décennies<sup>210</sup>. Or les coraux sont des animaux qui, par leur structure en carbonate de calcium, forment des récifs abritant un écosystème très riche : poissons, anguilles, crabes, oursins et plus d'un millier d'autres espèces. Près de 400 millions de personnes dépendent pour leur subsistance de ces habitats et la Grande Barrière de corail constitue la plus grande structure biologique au monde.

Le réchauffement de l'océan encourage aussi son évaporation, et notre atmosphère plus chaude retient

plus facilement la vapeur d'eau. C'est pourquoi nous connaissons aussi des épisodes de pluie intenses parfois charriée par des vents violents. Les ouragans en Atlantique Nord deviennent plus puissants et nombre d'entre eux devraient passer en catégories 4 ou 5 d'ici la fin du siècle. Le GIEC a constaté dans son rapport 2013 sur les changements climatiques une augmentation graduelle des précipitations et de la vitesse du vent au passage des cyclones tropicaux qui touchent l'Atlantique Nord depuis les années 1970. Même constat pour les cyclones qui se forment dans l'océan Indien et le Pacifique Sud ou les typhons qui touchent le Pacifique Nord-Ouest<sup>211</sup>.

Le réchauffement climatique a enfin un impact sur la fonte des neiges et de la banquise. Une fonte du manteau neigeux en montagne ou en plaine trop précoce et brutale prive des terres agricoles de l'eau nécessaire au moment propice. C'est une des raisons qui explique la dureté de la sécheresse que connaît la Californie depuis quelques années, à l'origine d'incendies gigantesques mais aussi de tensions farouches entre urbains et agriculteurs qui commencent à s'affronter pour l'accès à l'eau. La fonte de la banquise, pour sa part, s'accélère à une vitesse inattendue, voire hors de contrôle. Il est probable qu'en 2040 l'Arctique connaisse son premier été sans glace. Il se réchauffe deux fois plus vite que la moyenne planétaire et, en fondant, il isole le Groenland dont les eaux de fonte contribuent à élever le niveau des océans.

L'Antarctique n'est pas en meilleure posture, même si son fonctionnement n'est pas encore totalement compris. En fait, l'Antarctique donne parfois l'impression de s'étendre grâce à des chutes de neige plus abondantes en lien avec la hausse globale des précipitations, mais cette couverture neigeuse ne doit pas masquer une réalité qui est la fonte rapide de ses grands glaciers de son côté

occidental. Deux d'entre eux, le glacier de l'île du Pin et celui de Twaites dans l'Antarctique Ouest, pourraient à eux seuls en fondant contribuer à élever d'un mètre le niveau des mers de la planète<sup>212</sup>.

Ces considérations ne sont pas prises en compte dans les projections du GIEC du fait de notre incapacité à estimer l'échéance. Mais cette montée des eaux se cumulerait alors avec celle déjà planifiée de 40 centimètres à 1 mètre d'ici 2100 dans un scénario pour l'instant irréaliste de + 2 °C maximum, et ce sans compter que le réchauffement pourrait s'emballer après le dégazage des réserves naturelles de CO<sub>2</sub>, mais surtout de méthane, qui, rappelons-le, est un gaz à effet de serre 23 fois plus actif que le CO<sub>2</sub> sur une période de cent ans et 80 fois sur une période de douze ans<sup>213</sup>. Le dégel du pergélisol suite à la fonte des glaces qui le recouvrait a déjà débuté en Sibérie, comme en Alaska, où le permafrost se réchauffe sur des dizaines de mètres de profondeur. Il s'étend progressivement à d'autres régions. Même en mer de Sibérie, le permafrost se réchauffe suite au dégel de la marge de son plateau continental et des émissions de méthane apparaissent, visibles à l'œil nu, sous formes de bulles qui remontent à la surface<sup>214</sup>. Dans le Grand Nord, la température monte plus rapidement que sur l'ensemble de la Terre et une hausse de 3 °C de température moyenne globale correspond à + 6 °C en Sibérie. Une telle température sera suffisante pour dégeler tout le permafrost sibérien avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. D'ores et déjà, les températures en Arctique en période estivale ont grimpé au niveau de celles connues il y a 44 000 ans<sup>215</sup>. Un emballement de ce type aurait de très graves effets, comme la montée du niveau de la mer de plusieurs mètres, l'arrêt de la circulation océanique qui pourrait amener des hivers jusqu'à dix degrés plus

froids en Europe, et le déchaînement de tempêtes bien plus fortes que les tempêtes actuelles<sup>216</sup>.

Les travaux du Centre international de recherche arctique dirigé par Natalia Shakova<sup>217</sup> et un article de mars 2016 de James Hansen et un groupe de chercheurs incluant Valérie Masson-Delmotte<sup>218</sup> confirment pourtant la possibilité d'un tel scénario au train actuel des émissions. Leur mise en garde s'appuie sur l'étude de l'époque interglaciaire de l'Eémien, il y a 125 000 ans, où les températures étaient supérieures de moins de 1 degré par rapport à notre époque et où les glaciers ont fondu brusquement, surélevant le niveau de la mer de 5 à 9 mètres et déclenchant des tempêtes gigantesques. Ils concluent en expliquant que se fixer une augmentation de 2 °C des températures par rapport à l'ère préindustrielle nous ferait courir un danger planétaire : 1,5 °C est un objectif plus sûr. D'autant plus que les boucles de rétroactions possibles en lien avec une accélération des émissions de méthane, ainsi que les conséquences induites par les eaux froides superficielles dues à la fonte des pôles et du Groenland ne sont, elles non plus, pas prises en compte à ce jour dans les différents scénarios du GIEC.

La plus grande prudence doit donc guider les choix industriels. Encourager les nations à ne pas aller au-delà d'un réchauffement de 1,5 °C fut une des meilleures décisions que la Conférence de Paris sur le climat en décembre 2015 put prendre. Des centaines de millions de victimes climatiques sont attendues pour notre siècle. C'est plusieurs fois le nombre des victimes des guerres et génocides du xx<sup>e</sup> siècle ! Cela doit nous engager à prendre les limites climatiques au sérieux du point de vue des droits humains.

### Acidification de l'océan

L'océan ne fait pas qu'absorber le surplus de chaleur, il absorbe aussi le surplus de CO<sub>2</sub>, ce qui provoque son acidification progressive. En deux siècles, l'océan a absorbé plus du quart du CO<sub>2</sub> d'origine anthropique<sup>219</sup>. Selon le rapport de 2014 présenté lors de la Convention sur la diversité biologique (CDB) à Pyeongchang (Corée) sur les effets de l'acidification des océans sur la biologie marine, il est estimé que « de façon quasiment inévitable, d'ici cinquante à cent ans, les émissions de dioxyde de carbone vont encore augmenter l'acidité des océans à des niveaux qui auront des impacts massifs, le plus souvent négatifs, sur les organismes marins et les écosystèmes, ainsi que sur les biens et les services qu'ils fournissent<sup>220</sup> ». Cette absorption du CO<sub>2</sub> s'opère à une vitesse 100 fois plus rapide que ce qui s'est produit naturellement au cours des 300 derniers millions d'années. Une autre cause de l'acidification actuelle des océans est due aux rejets de soufre et d'azote anthropiques dans l'environnement lié à la circulation motorisée et au chauffage, source d'acide nitrique et d'ammoniac contaminant les pluies et les eaux de surfaces marines.

Il y a une limite à ne pas atteindre concernant cette acidification selon l'équipe de Rockström et nous en sommes très proches. Son seuil se calcule en fonction du niveau de saturation de l'aragonite dans l'eau de mer de surface qui ne doit pas être inférieure à 2,75. Cela suppose que la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère reste inférieure à 430 ppm. Le niveau actuel est de 2,90, quand il était de 3,44 à l'époque préindustrielle.

L'aragonite est un minéral primaire de la famille des carbonates qui est un des composés des coquillages ou des exosquelettes, nécessaires au développement des

mollusques et de certains planctons. Une importante partie de la biomasse marine est constituée d'organismes synthétiseurs de calcaire, calcaire qui se présente sous deux formes : la calcite, calcaire des coraux et des coccolithophoridés, et l'aragonite, calcaire des ptéropodes. Les coraux déjà fortement affaiblis par la pollution et la hausse des températures ne pourraient survivre à un changement de milieu trop acide. Les coccolithophoridés pour leur part sont un phytoplancton recouvert de petites plaques de carbonates de calcium qui est à la base de la chaîne alimentaire. Leur attaque acide menacerait toute la biodiversité marine. L'acidité de l'eau a aussi une action dissolvante sur l'aragonite, et empêche ainsi le développement des ptéropodes du milieu marin ou les pousse à migrer vers des eaux plus chaudes pour lesquelles ils ne sont pas adaptés. Une étude de la NOAA a démontré que 50 % d'entre eux ont montré des coquilles dissoutes au large des côtes de Washington, de l'Oregon et de la Californie. Les jeunes huîtres n'y survivent plus depuis 2005. Toute la chaîne alimentaire de l'écosystème océanique se trouve donc modifiée, menaçant jusqu'aux oiseaux, aux poissons et aux baleines.

Le taux d'acidité augmente de 5 % par décennie depuis quarante ans. Quand on sait que les produits de la pêche nourrissent environ 820 millions de personnes chaque année, on ne peut qu'imaginer les conséquences désastreuses d'une poursuite de cette acidification<sup>221</sup>.

Des phénomènes d'acidification ont déjà eu lieu par le passé, tel celui que connut l'ère du Paléocène Éocène, il y a 56 millions d'années, mais c'est celui du Permien Triasique, il y a 252 millions d'années, qui a retenu l'attention d'une équipe de l'université d'Édimbourg<sup>222</sup>. Un phénomène semblable d'acidification de l'océan s'était produit à cause d'une intense activité volcanique

sur la planète qui avait rejeté dans l'atmosphère d'énormes quantités de CO<sub>2</sub> et de méthane, or plus de deux tiers des espèces terrestres avaient alors été rayées du globe, ainsi que 90 % des espèces animales marines. Un véritable scénario catastrophe.

### **Disparition des forêts, pollution des sols et de l'eau**

La modification de l'usage des sols est devenue un autre problème majeur. Nous ne devons pas dépasser un maximum de 15 % de la surface de terres libres de glaces convertie en terres agricoles si nous voulons participer à la régulation du climat. Actuellement, le couvert forestier est insuffisant : 75 % du couvert forestier devrait être conservé dans les zones auparavant forestières. Le taux moyen actuel est d'environ 60 %. Ce qui signifie qu'il faut reforester massivement et le plus rapidement possible. Selon James Hansen, c'est d'ailleurs la meilleure façon de baisser les émissions nettes de CO<sub>2</sub>, car les arbres absorbent du CO<sub>2</sub> en phase de croissance. Pour cela, il faudra aussi remettre en question nos méthodes de production agricole qui nécessitent de raser des forêts et d'utiliser des énergies fossiles. Un hectare de sol labouré émet 1 tonne de CO<sub>2</sub> tandis qu'un hectare de forêt absorbe 4 tonnes de CO<sub>2</sub>. On voit tout l'intérêt de méthodes agricoles biologiques stockant le carbone dans le sol et de l'agroforesterie.

Les méthodes agro-industrielles ont eu d'autres impacts sur l'écosystème Terre. La première concerne la quantité d'eau douce disponible pour chacun d'entre nous et qui devient critique selon les chercheurs du Resilience Center. Comme la population humaine ne cesse de croître, et que la demande en eau est en

pleine progression, notamment pour l'irrigation, l'eau douce disponible se raréfie. L'eau douce est en quantité invariable sur Terre et sa quantité disponible dépend du cycle naturel de l'eau (évaporation, précipitations, ruissellement, infiltration). Pour que les réserves d'eau douce soient suffisantes, il nous faut en consommer globalement moins de 4 000 kilomètres cubes par an. Ce qui équivaut à 5 700 mètres cubes par habitant et par an, sachant que les disparités d'accès et de consommation dans le monde sont énormes. Il est consommé par exemple 250 litres par jour et par habitant en Amérique du Nord, 150 litres en France et moins de 10 litres en Afrique subsaharienne. La disponibilité de l'eau douce par habitant et par an devrait chuter à moins de 5 100 mètres cubes en 2025, ce qui va accroître les conflits autour de la ressource « eau », conflits en gestation dans de nombreux pays avec comme facteur aggravant la multiplication d'épisodes de sécheresse.

Enfin, nos pratiques agricoles industrialisées ont un impact sur les cycles naturels de l'azote et du phosphore sur Terre. L'équipe de Rockström nous alerte. La consommation mondiale d'éléments fertilisants s'est élevée à 179,4 milliards de kilos en 2007 pour 61,6 % d'azote, 23,1 % de phosphates et 15,3 % de potasses. En 2009, nous avons dépassé le taux d'azote qui peut être supporté par les sols et, en 2015, nous avons dépassé celui du phosphore, chacun comptant pour une moitié de limite planétaire.

Le cycle de l'azote est un cycle naturel vieux d'un milliard d'années. Il transforme les formes d'azote non biologiques utiles trouvées dans l'atmosphère en plusieurs formes d'azote biologiquement utiles à la photosynthèse et nécessaires aux organismes pour créer des protéines, de l'ADN et de l'ARN (acide désoxyribonucléique et ribonucléique). L'azote ( $N_2$ ) présent dans

l'atmosphère est assimilé par des bactéries qui le transforment en ammoniac, lequel permet à son tour, par l'intermédiaire d'autres bactéries, la production de nitrites puis de nitrates, assimilables par les plantes. Mais avec la synthèse industrielle de l'ammoniac et l'usage massif des engrais chimiques (+ 800 % entre 1960 et 2000)<sup>223</sup>, la fixation d'azote atmosphérique est désormais deux fois plus importante que le cycle naturel. Ainsi, le cycle biochimique de l'azote a été totalement bouleversé. Comme 80 % de la biomasse vivante réside dans le sol et que les engrais en excès favorisent la minéralisation des matières organiques, la terre s'appauvrit en humus et nécessite des apports supplémentaires en engrais, faisant entrer l'agriculteur dans un cercle vicieux dangereux pour notre santé. Les nitrates sont en effet ingérés quand nous consommons des fruits et des légumes qui ont été fertilisés en excès, or les nitrites issus de leur dégradation par nos métabolismes sont classés « probablement cancérigènes » par le CIRC<sup>224</sup>.

60 % de l'azote contenu dans les engrais ne s'incorpore jamais aux plantes ; il est alors entraîné par les pluies pour ensuite contaminer les cours d'eau qui s'acidifient et s'eutrophisent. Les nitrates pénètrent les nappes phréatiques et se retrouvent ensuite dans l'eau que nous buvons, présentant un danger d'intoxication aiguë pour le nourrisson dont le sang peut s'oxyder et s'empoisonner au contact des nitrites issus des nitrates ingérés. Avant les années 1950, la teneur en nitrates par litre d'eau n'excédait jamais 1 mg. De nos jours, elle en contient parfois plus de 50 mg par litre, limite fixée par l'OMS pour considérer une eau comme potable. Les eaux contaminées finissent par rejoindre l'océan et provoquent là aussi son eutrophisation, en particulier sur les côtes. Les algues vertes sur nos plages en témoignent.

Les engrais participent aussi à l'acidification de l'océan. Certes moins que le CO<sub>2</sub>, mais l'accroissement de la concentration en ammoniacs et nitrates réduit, sur les littoraux, la quantité de CO<sub>2</sub> que l'océan peut dissoudre, limitant ainsi son effet de pompe à carbone.

Le phosphore, lui aussi nécessaire à la croissance des végétaux, atteint des quantités préoccupantes dans nos sols. Il est naturellement concentré dans la partie superficielle du sol, sous forme minérale ou organique. Le phosphore minéral provient de l'altération des roches, tandis que le phosphore organique résulte de la dégradation des végétaux par la faune et la flore du sol. Mais en excès, il empêche le développement des mycorhizes, fertilisant naturel des sols, résultat d'une association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes à l'origine des écosystèmes complexes comme les forêts tropicales.

L'apport de fertilisants phosphatés minéraux ou organiques (fumiers, lisiers) contribue aussi grandement à l'eutrophisation, voire à la mort, des eaux de surface ou des zones marines en aval des estuaires car, l'eau devenant turbide et chargée de bactéries, la vie aquatique et marine se trouve privée de lumière et attaquée par des toxines.

Les fertilisants minéraux, plus spécifiquement, comportent un autre danger. Les phosphates sont extraits en association avec des métaux lourds et toxiques, parfois radioactifs ; ce risque étant variable selon les zones d'extraction des phosphates. Le phosphate tiré des mines du Sénégal, par exemple, contient du cadmium facilement assimilable par les animaux qui vont se nourrir dans les champs ; celui de Tanzanie contient du chrome, du mercure, du plomb et de l'uranium. Le phosphate radioactif pénètre aisément certaines membranes, en particulier celles des œufs d'animaux aquatiques.

Les fertilisants organiques, eux, sont issus de la décomposition de matière organique (organismes morts, excréments, urine, etc.) prélevée des animaux d'élevage (fumiers, lisiers) ou des boues de stations d'épuration de l'eau recyclées pour l'agriculture. Ces fertilisants organiques peuvent contenir des micropolluants organiques, des micro-organismes pathogènes ou des métaux lourds ingérés, en plus d'être une source importante de nitrates.

Si l'on considère l'impact additionnel des pesticides sur la biodiversité de nos sols, nous sommes contraints de constater que nous les assassinons littéralement. D'où la nécessité de réguler les seuils d'azote et de phosphore dans les sols et les eaux par le biais d'une réglementation internationale contraignante. Il nous faudra très clairement remettre en question nos pratiques agricoles en reconsidérant une fois de plus nos pratiques d'élevage industriel. Il nous faudra aussi stopper l'extraction massive de phosphates, ce qui du même coup libérera des territoires et des populations de l'emprise de multinationales comme Potashcorp, la plus grande entreprise d'engrais au monde, au Sahara occidental, au Maroc, en Tunisie, au Sénégal, au Togo, au Bénin, en Tanzanie, en Jordanie, en Chine, en Océanie, etc. Enfin, il faudra réduire l'usage des engrais azotés synthétiques, ce qui permettra par ailleurs de réduire l'empreinte climatique de l'agriculture, puisque leur synthèse industrielle (procédé Haber-Bosch) est dispendieuse en énergies fossiles et qu'ils sont responsables de plus de 3 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

### Rejets écotoxiques

Une autre des limites définies par l'équipe de Rockström est la réduction de l'ozone stratosphérique.

La couche d'ozone reste dans une situation critique : sa concentration ne doit pas descendre sous les 95 % du niveau préindustriel et elle est de 96 % actuellement. Des composants chimiques volatiles chlorés, les chlorofluorocarbures (CFC), produits par l'homme, sont à l'origine de cette réduction. Un atome de chlore issu de la décomposition de ces molécules détruit en moyenne 100 000 molécules d'ozone. Ils ont été interdits en 1987 par le Protocole de Montréal mais leur effet destructeur va se poursuivre pendant plusieurs siècles après leur émission. L'ozone stratosphérique absorbe la quasi-totalité des rayons ultraviolets produits par le Soleil, rayonnements nocifs pour les êtres vivants. La réduction de la couche d'ozone augmente ainsi l'incidence des cancers de la peau et des cataractes. D'ailleurs, sans cet « écran protecteur », la vie n'aurait pas pu se développer hors des océans et il serait bon que nous ne contribuions pas à la faire disparaître. Malheureusement, chaque année au printemps, en Antarctique, la quasi-totalité de l'ozone entre 15 et 20 kilomètres d'altitude disparaît. L'Australie, proche de l'Antarctique enregistre le plus important taux de cancers de la peau au monde selon une étude menée en 2010<sup>225</sup>. La probabilité d'un cancer de la peau pour les Australiens serait treize fois plus élevée que la moyenne des autres pays.

Trois autres limites, toutes liées à la pollution humaine, ont été proposées par l'équipe de Rockström et Steffen mais elles sont non quantifiées à l'heure actuelle.

La première concerne l'accumulation dans la chaîne alimentaire de composés radioactifs, de métaux lourds, de composés organiques synthétiques tels que pesticides, produits et sous-produits chimiques industriels à longue durée de vie. Tous migrent dans les sols et l'eau parfois sur de très longues distances. Ils s'accumulent au long de la chaîne alimentaire car facilement ingérés par les

êtres vivants, y compris l'homme, et provoquent des graves problèmes immunitaires et des malformations génétiques, comme nous l'avons vu dans le chapitre sur les biocides.

La seconde est l'accumulation d'aérosols atmosphériques. On recense entre autres des aérosols soufrés ou carbonés liés à l'activité industrielle, à la combustion de carburants fossiles et aux feux de forêts. Cette concentration dont nous avons recensé tout au long de cet ouvrage les impacts (maladies, cancers, réchauffement climatique, trou d'ozone) n'est toujours pas contrôlée.

Enfin, une dixième limite a été proposée par l'équipe de Stephen en 2015 qui justifie d'être particulièrement vigilant. Elle concernerait la diffusion « d'entités nouvelles », des nano-objets dans l'environnement d'une taille comprise entre 1 et 100 nanomètres, ce qui pourrait avoir des conséquences biologiques et/ou géophysiques nocives. C'est un univers régi par les lois de la physique quantique où, à cette échelle, la matière possède des propriétés différentes du niveau macroscopique connu. Plus de 100 000 substances entrent dans cette catégorie et sont aujourd'hui commercialisées dans le monde, mais leur impact environnemental reste largement méconnu et est probablement très complexe. Toutefois, les premières études menées indiquent que, à masse équivalente, les objets nanométriques présentent une toxicité plus grande et sont à l'origine d'effets inflammatoires plus importants que les objets micro et macroscopiques et de même nature chimique. Et qu'il faut considérer que chaque nano-objet possède un potentiel de toxicité qui lui est propre<sup>226</sup>.

Ces nanoparticules ou nanoaérosols sont pourtant partout. L'industrie pharmaceutique, l'agroalimentaire, la chimie, les télécommunications, l'aéronautique, la

construction, l'industrie textile, le secteur de l'optique les utilisent. Les personnes travaillant dans ces secteurs sont particulièrement exposées, mais au final chacun de nous est concerné du fait de notre usage quotidien de produits qui en contiennent : nourriture, médicaments, vêtements de sport, couettes et oreillers, crèmes solaires, sucreries, biberons, téléphones, emballages, revêtements de surface et produits manufacturés de toutes sortes. Ils sont invisibles, inhalés sans précaution, capables de passer la barrière de la peau et de traverser des membranes pour s'accumuler dans le corps avec des conséquences cancérogènes probables et des effets sur notre ADN. Certains textiles traités au nano-argent peuvent rejeter des particules dans l'eau de lavage et sont suspectés d'avoir un effet écotoxique sur l'environnement<sup>227</sup>.

Nous sommes une fois de plus à l'aube d'une révolution technologique qui n'est absolument pas maîtrisée où chaque ouvrier, chaque citoyen est un cobaye au nom du progrès technologique. À l'heure actuelle, seules des recommandations reposant principalement sur la limitation des expositions professionnelles sont discutées. Là encore les lobbies de l'agroalimentaire et pharmaceutique font pression pour retarder la mise en œuvre de contraintes réglementaires visant à une meilleure traçabilité, au nom du secret industriel dont la protection pourrait être renforcée par la directive européenne en discussion sur le secret des affaires.

William Dab, professeur à la chaire Hygiène et Santé du CNAM, « voit une nouvelle économie s'organiser, avec un Sud qui produit en masse des produits classiques, tandis que les pays du Nord investissent massivement dans ces technologies sophistiquées ». Il analyse aussi qu'« en raison des erreurs du passé liées à un manque d'anticipation (l'amiante tout particulièrement, mais aussi l'hormone de croissance et l'affaire de la vache

folle), on ne peut plus croire béatement que les progrès annoncés seront réels et sans contrepartie en termes de risques. [...] À n'en pas douter, les procédés "nano" représentent un véritable cas d'école pour le principe de précaution<sup>228</sup> ».