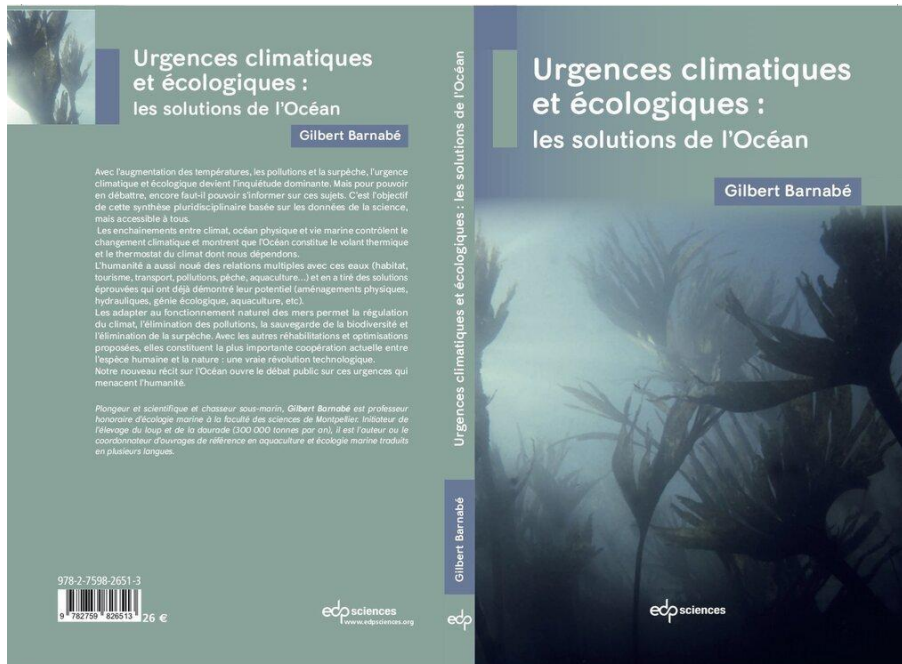


Urgences écologiques et climatiques : les solutions de l'océan



Le Constat :

Les pollutions, la surpêche en mer, les plastiques dans les océans, l'augmentation des températures engendrée par celle du CO₂ dans l'atmosphère et bien d'autres calamités constituent les « Urgences écologiques et climatiques » décrétées par l'ONU et les gouvernements.

On sait que les capacités de production et d'épuration des eaux sont énormes : en présence de nutriments, les êtres vivants microscopiques des eaux salées ou douces, ces bactéries et microalgues sont capables d'auto-organisation et de production rapide. Elles absorbent le CO₂ et les nutriments pour produire le plancton végétal, base des chaînes alimentaires. Tous les milieux aquatiques s'organisent ainsi en systèmes de production : c'est le cas des étangs de pisciculture ou des stations d'épuration par lagunage, mais aussi des zones de remontée d'eaux profondes océaniques, qui constituent les meilleures zones de pêche du monde (de 20 % à 50 % de la production des pêches sur 1,7 % des océans).

Nous avons réalisé une synthèse pluridisciplinaire de ces données récentes dans l'ouvrage « Urgences climatiques et écologiques, les solutions de l'Océan » (Barnabé, 2022) pour en exposer les multiples aspects. Elles montrent que l'Océan constitue la solution commune à toutes ces calamités, tandis que la végétation des continents et autres solutions n'y suffisent pas.

Nous en exposons quelques fragments démonstratifs ci-dessous :

Les solutions de l'Océan :



La 1^e solution concerne le fer, qui manque dans 30 % des océans (120 millions de km²), alors que 1 mg/m³ suffirait. Une vingtaine d'expériences réalisées entre 1993 et 2015 ont montré que l'enrichissement en fer a engendré d'énormes proliférations de plancton végétal et des chaînes alimentaires initiées, jusqu'aux poissons, tout en fixant le CO₂ atmosphérique et en diminuant l'acidification des océans.

Malgré ces succès, les recherches de Kim *et al.* (2019) ont démontré que la faible teneur en fer (Fe) qui limite la croissance du phytoplancton dans les régions à haute teneur en nutriments et faible chlorophylle (HNLC) était engendrée par des composés soufrés, dispersés sur les océans par les volcans. Ils précisent qu'un enrichissement en fer de l'Océan ne peut devenir possible que loin de toute source de sulfures volcaniques. Or toutes les expériences de fertilisation en fer réalisées depuis 1993 ont été menées dans des régions HNLC ou les cendres volcaniques riches en composés de soufre ont fixé le fer ! Selon ces auteurs, les teneurs en fer disponible restaient insuffisantes malgré les bons résultats enregistrés ! Ils proposent la fabrication d'un amalgame riche en fer à l'aide d'argiles naturelles enrichies, pour optimiser la disponibilité du fer pour le phytoplancton. Tous les résultats des expérimentations antérieures sont donc à reprendre !

L'enrichissement en fer à l'aide d'aérosols répandus au-dessus de l'océan serait encore plus efficace, car le soleil transforme les aérosols insolubles de fer en fer soluble (Ming, 2021) et le chlore fixe le méthane, autre gaz à effet de serre.

Nous retiendrons pourtant un exemple de ces expériences passées : la tribu Haida basée au Canada avait constaté qu'une éruption volcanique riche en fer, en 2010, s'était traduite par une amélioration des captures de saumons en 2011. En 2012, un navire répandit 120 tonnes de sulfate de fer liquide dans une zone du Pacifique connue pour la présence du saumon. Quelques mois après, des images satellitaires de la NASA montrèrent une forte croissance de phytoplancton, sur 35 000 km², environ 7 départements français. Le plancton a prospéré et fourni une nourriture abondante aux jeunes saumons. En 2013, l'année suivant la fertilisation, les captures de saumons étaient 4,5 fois plus fortes que prévues. Dans le Great Central Lake au Canada une fertilisation similaire est en cours depuis 1971.

Ces engrais peuvent être répandus sous forme liquide ou en aérosols en surface avec des bateaux réformés disponibles en occasion. Selon les calculs, 2 millions de km² des océans y suffiraient ; la Foundation pour la restauration du climat propose 9,4 millions de km² pour absorber 60 milliards de t de CO₂ /an (soit 3 fois le surplus annuel dans l'atmosphère) pour un coût de 300 millions d'euros par an. L'enrichissement en fer constitue la meilleure solution naturelle pour fixer le CO₂, réduire les températures et améliorer les pêches.

La 2^e perspective relève de l'auto-organisation et de l'auto-épuration en eau salée : Odum & Odum (2003), ont démontré qu'en ajoutant des espèces particulières de microalgues ou de bactéries dans des eaux pauvres qui fonctionnaient au ralenti, elles peuvent proliférer, absorbant le gaz carbonique excédentaire et les pollutions, tout en dégageant de l'oxygène et en augmentant la biodiversité. La pisciculture en étangs fertilisés d'eau douce ou salée, les blooms naturels de microalgues (Coccolithes) sur des centaines de km² en mer, la ceinture atlantique de sargasses de 8850 km de long observée par imagerie satellite, les upwellings en mer (Amérique du Sud, Afrique) démontrent le potentiel naturel des océans. L'ensemencement d'autres sites, à l'aide d'espèces choisies suite à une expérimentation préalable permettrait d'exacerber ces potentialités de productions océaniques et de captage du CO₂ atmosphérique pour régler le problème du réchauffement climatique. L'ensemencement n'a jamais fait l'objet d'expériences en mer (contrairement aux fertilisations).

La 3^e solution concerne les grands tourbillons océaniques (140 millions de km² soit 40 % des océans et 260 fois la France) dont ils constituent les déserts : ici tout manque : azote, phosphore, fer etc. Ces gyres peuvent être fertilisés, mais aussi ensemencés en amenant près de la surface les eaux plus profondes, froides et riches, pour engendrer une même prolifération de microalgues fixatrices de CO₂ et génératrices de vie marine, à l'exemple des remontées naturelles ou upwellings (Pérou). Une puissance de 1 kW suffit à déplacer un volume de 6000 à 9000 m³ d'eau/h. De nombreuses expériences positives, surtout chinoises (Lin *et al.* 2019, Pan *et al.* 2015) ont eu lieu en injectant de l'air dans un long tube vertical en mer. Les éoliennes en mer fourniront l'énergie.

La 4^e solution provient cette fois des macroalgues marines, les grandes algues visibles. Elles sont aussi capables de fixer tout le CO₂ superflu de l'atmosphère et d'inverser l'acidification des océans : cultiver 1 % de la surface des océans permettrait aussi de nourrir l'humanité. Les sites de culture sont nombreux en Asie. Le pH de l'eau remonte à 10 autour de ces cultures.

La 5^e possibilité est révolutionnaire : elle concerne l'aquaculture marine qui permet de produire en éclosier des centaines d'espèces par milliards, ce qui transforme les océans en un nouvel et immense espace de production, comme l'agriculture il y a 10 000 ans. Algues, coquillages, oursins, crustacés, poissons sont concernés. Les eaux littorales deviennent des jardins de la mer. Les productions de l'aquaculture progressent et ont déjà dépassé celles, déclinantes, de la pêche. Le repeuplement des océans a aussi commencé, comme le montrent les recaptures de saumons relâchés en mer, et d'autres espèces sont concernées pour relancer une pêche responsable.

La 6^e solution est offerte par les récifs artificiels qui proposent des habitats spécifiques aux algues, aux poissons aux filtreurs-épuration (moules, huîtres, corail, etc.). Leur implantation multiplie des centaines de fois la biomasse vivante présente sur les fonds sableux (2/3 des fonds littoraux mondiaux), protège la biodiversité et la pêche artisanale, empêche le chalutage destructeur d'écosystèmes et qui contribue aussi à la production de CO₂ atmosphérique. L'immersion d'épaves dans les eaux côtières pourrait concerner 200 bateaux de commerce qui vont à la casse chaque trimestre, soit une file de 10 à 40 km de long.

En 7^e proposition, retenons que les espèces filtrantes comme les huîtres, les moules, le corail, etc.) constituent aussi des fonds vivants et filtrants qui produisent et épurent déjà les immenses volumes d'étangs, de baies, de fonds côtiers, en quelques jours (Baie de San Francisco, Ria d'Arosa, Étang de Thau, Baie de Brest etc.).

La 8^e solution est offerte par le tourisme côtier et par la création de zones marines protégées qui contribuent à la conservation de la vie marine, à la biodiversité, à la limitation de la surpêche et qui offrent de nouveaux espaces de loisirs. Ce tourisme côtier représente la 1^{ère} activité économique mondiale, la pêche vient en 7^e place. La valeur de la nature est infinie, mais est évaluée pour des besoins économiques : un hectare de corail est estimé à 500 000 euros ; la Biosphère de 16 000 à 100 000 milliards d'euros (dont 60 % pour les océans).

Une 9^e solution concerne les 100 000 monts sous-marins disséminés dans tous les grands fonds d'océans, qui remontent à faible profondeur. Leurs surfaces cumulées sont aussi vastes que l'Amérique du Sud. Des activités humaines productrices peuvent s'implanter sur ces faibles profondeurs.

Ces solutions d'un prix accessible sont fondées sur la Nature, réversibles et réalisables avec les outils techniques actuels. Les transferts des subventions à la pêche industrielle, soit 35 milliards d'euros par an, et d'autres sources disponibles constituent des possibilités immédiates de financement. Les fonctions climatiques et écologiques des grands espaces océaniques constituent des faits établis, trop récents pour être relayés par les médias, mais qui rendent obsolètes les données déjà connues.

Bibliographie

Barnabé G, (2022). *Urgences climatiques et écologiques : les solutions de l'Océan*. EDP Sciences Éditions, Les Ulis. 408 pp

Bonnet S, Benvides M, Le Moigne F, Camps M, Torremocha A (2022). Diazotrophs are overlooked contributors to carbon and nitrogen export to the deep ocean. *The ISME Journal* ; <https://doi.org/10.1038/s41396-022-01319-3>

Kim T, Hong G, Kim D, Baskaran M (2019). Iron Fertilization with Enhanced Phytoplankton Productivity under Minimal

Sulfur Compounds and Grazing Control Analysis in HNLC Region. *American Journal of Climate Change* , 8, 14-39.

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=90201>

Ming T, de Richter R, Oeste F D, Tulip R, Caillol S (2021). A nature-based negative emissions technology able to remove atmospheric methane and other greenhouse gases. *Atmospheric Pollution Research*, 12(5). <https://doi.org/10.1016/j.apr.....>
(libre accès)

Lin T, Fan W, Xigo C, Yoa Z, Zhang Z, *et al.* (2019). Energy Management and Operational Planning of an Ecological Engineering for Carbon Sequestration in Coastal Mariculture Environments in China. *Sustainability* , 11(11), 3162.

<https://doi.org/10.3390/su11113162>

Odum H T, Odum B (2003). Concepts and methods of ecological engineering. *Ecological Engineering* 20: 339-361.

<https://fdocuments.us/document...> (libre accès).

Pan Y, Fan W, Zhang D, Chen J, Huang HC, *et al.* (2015). Research progress in artificial upwelling and its potential environmental effects. *Science China, Earth Sciences* . 59. 10.1007/s11430-015-5195-2.