Le forçage externe de la biodiversité : l'exemple de l'impact d'El-Nino sur les écosystèmes marins et continentaux

Introduction : El-Nino (appelé ENSO, pour El-Nino Southern Oscillation, par les scientifiques) est un phénomène climatique pseudo périodique (il a une récurrence d'environ 5 ans) lié au couplage entre la circulation atmosphérique équatoriale et la circulation océanique du Pacifique. Ce phénomène est la première source de variabilité du climat à l'échelle de l'année. Cette variabilité est particulièrement importante dans les régions tropicales, et en particulier dans (et autour de) l'océan Pacifique où l'occurrence du phénomène va profondément influencer le régime des précipitations de ces régions, augmentant fortement la pluviométrie (au Pérou par exemple) ou, au contraire, en conduisant à des sécheresses importantes (Bornéo).
El-Nino apparaît donc comme une composante majeure du forçage climatique de la biodiversité dans certaines régions. C'est pourquoi nous proposons d'analyser l'impact de ce forçage sur la biodiversité marine et continentale de certaines régions du globe. Notre étude sera surtout centrée sur le phénomène El-Nino de l'année 1997-1998 car il a été d'une intensité particulièrement élevée et a eu des conséquences particulièrement marquées.

I.Un phénomène climatique annuel

1.L'apport des relevés de température océanique

Certaines années, des anomalies de température sont enregistrées dans l'océan Pacifique. La carte ci dessous montre la répartition de ces anomalies. Nous pouvons ainsi noter un réchauffement sur le bord est du bassin qui s'étale vers l'est. Ces variations sont caractéristiques du phénomène ENSO, phénomène couplé océan/atmosphère ayant une périodicité de 5 à 7ans.

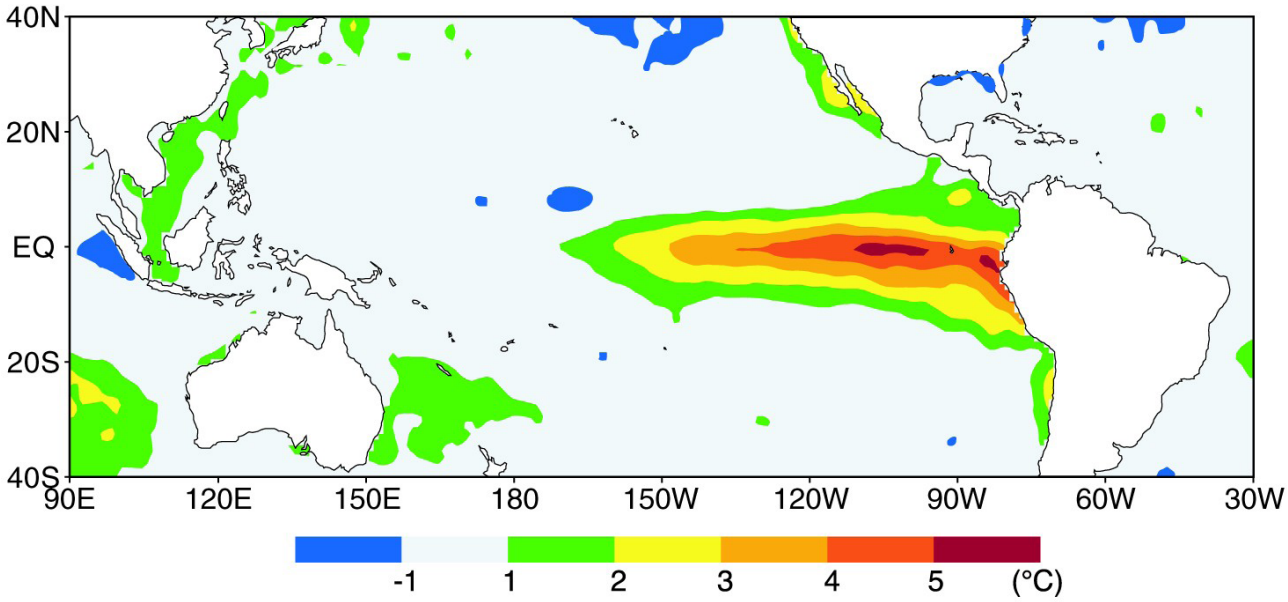

Illustration 1: Anomalies des températures océaniques pendant les années El Niño [12]

2.Le phénomène El-Nino : fonctionnement

PL'océan est constitué d'une couche de surface chaude (29-30°C) et d'une couche profonde plus froide. La frontière entre ces eaux chaudes, relativement pauvre en nutriments (les nutriments sont nécessaires à l'activité biologique) et ces eaux froides beaucoup plus riches, est appelé la

thermocline. Dans des conditions normales, les alizés portent les eaux chaudes de l'Est vers l'Ouest élevant ainsi le niveau de la mer de 40 cm environ au niveau des cotes asiatiques et formant la «warm pool». Par conséquent, la thermocline remonte à l'Est, permettant la remontée d'eaux froides vers la surface (phénomène appelé "upwelling") [1].

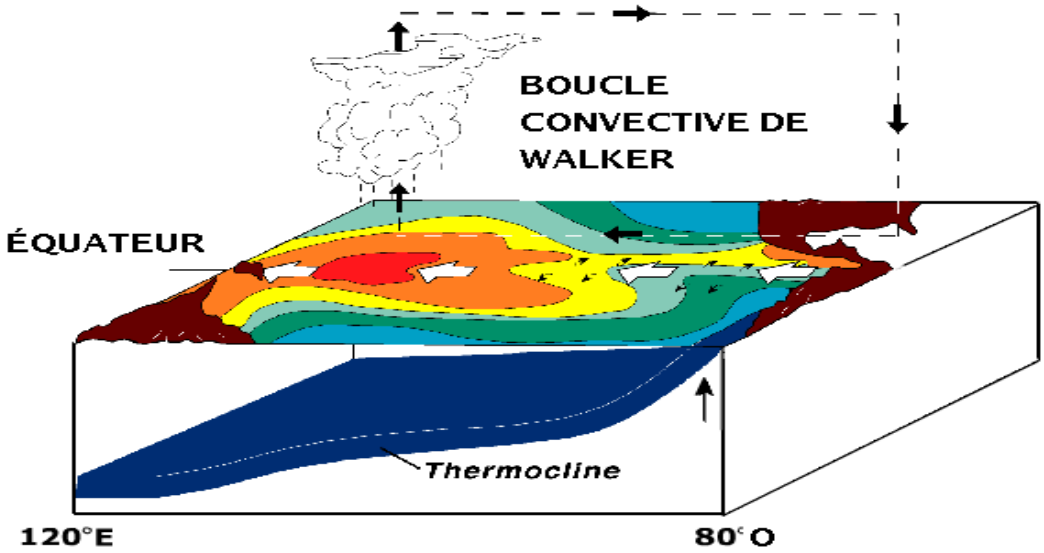

Illustration 2: Circulation océanique et atmosphérique en période normale [12]

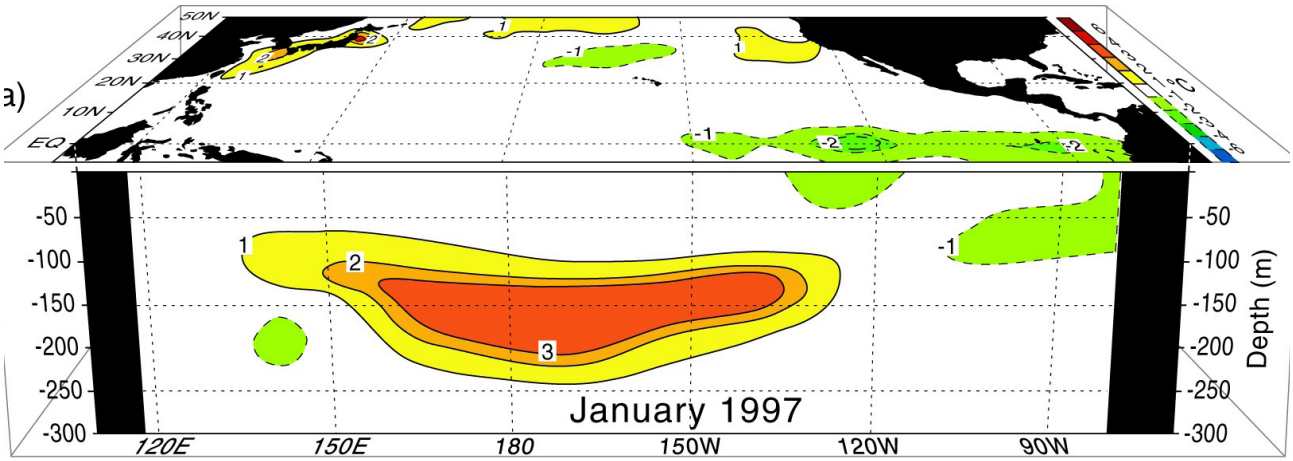

Illustration 3: Répartition des températures océanique en periode « normale » [12]

Le « phénomène El Nino » correspond à un fort affaiblissement des Alizés. Le transport des eaux chaudes vers l'Ouest est ainsi diminué et la "warm pool" est déplacée vers l'Est de l'océan Pacifique.

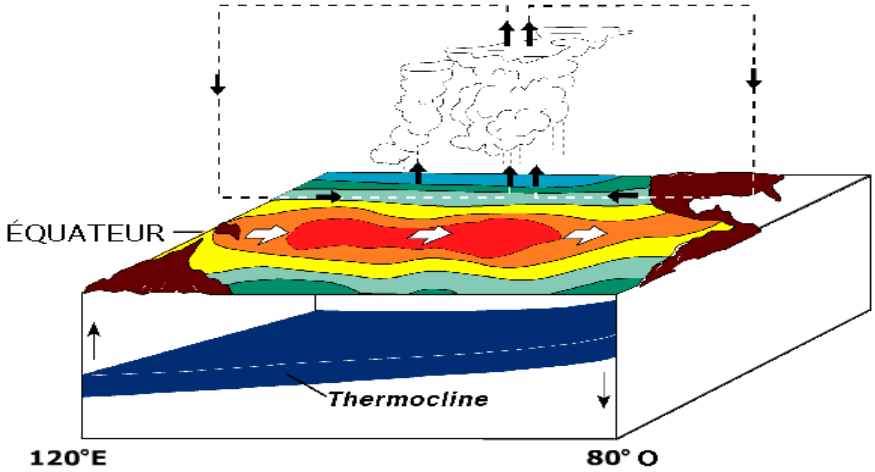

Illustration 4: Circulation océanique et atmosphérique en période El Niño [12]

3- L'amplification du phénomène

Tous les trois à cinq ans, ce phénomène est plus intense et plus long que la normale. Le phénomène de 1997-1998 est un exemple de cette amplification. Il débute en réalité l'été 1995 pendant lequel l'altimètre TOPEX-POSEIDON enregistre une surélévation de la surface de l'océan Pacifique [5 & 6] due à un enfoncement de la thermocline dans la partie ouest de l'océan. La masse d'eau chaude ainsi crée se déplace ensuite progressivement vers le centre du Pacifique durant l'hiver 96-97. A la fin du printemps 1997, le phénomène s'accélère, la surélévation de la surface se propage rapidement vers l'est du bassin. A partir d'Avril, l'anomalie de température de surface devient significative. Entre 97 et 98, les eaux de surfaces ont vu leur température augmenter de 4°c en moyenne (écarts aux moyennes saisonnières les plus importantes que l'on ait observées depuis ces dernières décennies). L'amplification de 1997-1998 a été particulièrement sévère. Cependant, d'autres années ont eu moins de conséquences que celle-ci.

II. Des conséquences sur les écosystèmes marins

1.Conséquence directe : disparition de l'upwelling, source de nutriments très importante

Ces pêcheurs ciblent principalement de petits poissons pélagiques côtiers : sardines, anchois, chinchards, présents en très grande quantité au niveau des côtes du Pérou (zone d'upwelling).

Illustration 5: Pécheurs péruviens

En conditions normales, les eaux de l'upwelling, froides, sont très riches en nutriments (nitrate, phosphate…) et favorisent le développement du plancton marin, base de la chaine alimentaire. C'est pourquoi, les eaux le long des côtes du Chili et du Pérou sont très poissonneuses (en quantité et en diversité).

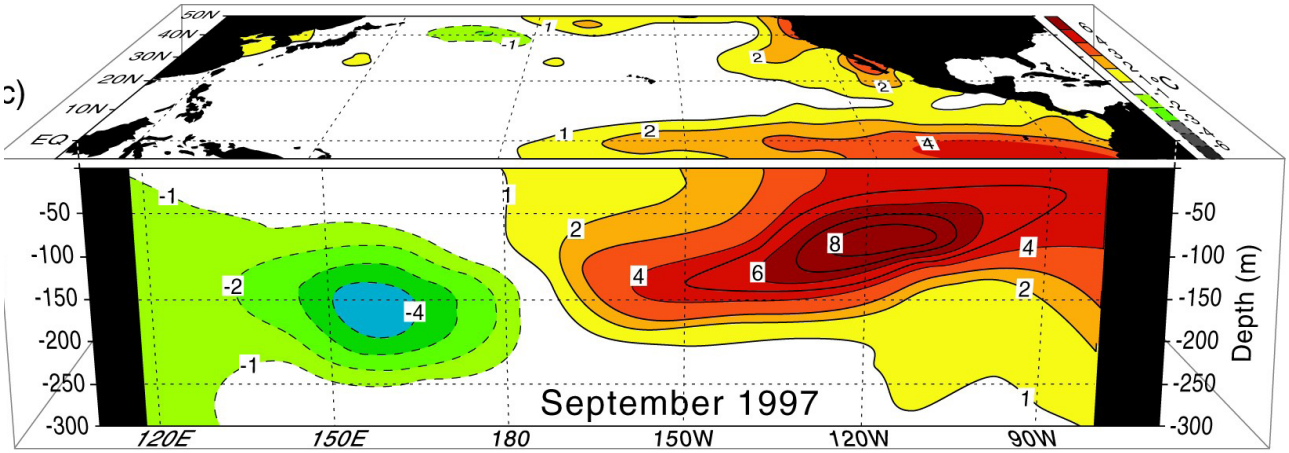

Illustration 6: Variations des températures océanique pendant le phénomène El Niño

Lorsque les Alizés faiblissent, le déplacement de la warmpool sur la zone habituelle d'upwelling entraine une forte augmentation de la température. Ce phénomène empêche la remontée des eaux froides et bloque de ce fait, l'apport des nutriments à la surface. L'absence de remontées d'eaux riches en nutriments sur plusieurs mois entraine une forte diminution des quantités de plancton bouleversant ainsi la chaine alimentaire jusqu'aux poissons pélagiques qui conditionnent la pêche dans cette région. L'écosystème est fortement perturbé : diminution des stocks de nourriture, mort ou migration des espèces non adaptées aux températures chaudes. C'est le cas par exemple de l'anchois qui ne peut vivre dans les eaux chaudes. En période El Niño, les anchois se concentrent dans des poches d'eaux froides. Ils sont alors facilement repérés par les pêcheurs. Ainsi, l'exploitation de cette espèce par l'Homme est facilitée par le phénomène El Niño, ce qui contribue à la diminution quantitative de l'espèce.

2 Un phénomène amplifié aux conséquences mondiales

La carte ci-dessous montre les variations de température à l'échelle mondiale pendant les années 1997-1998. On peut noter ainsi l'ampleur mondiale du phénomène. Les températures augmentent dans tous les océans ce qui implique des conséquences sur la biodiversité marine globale.

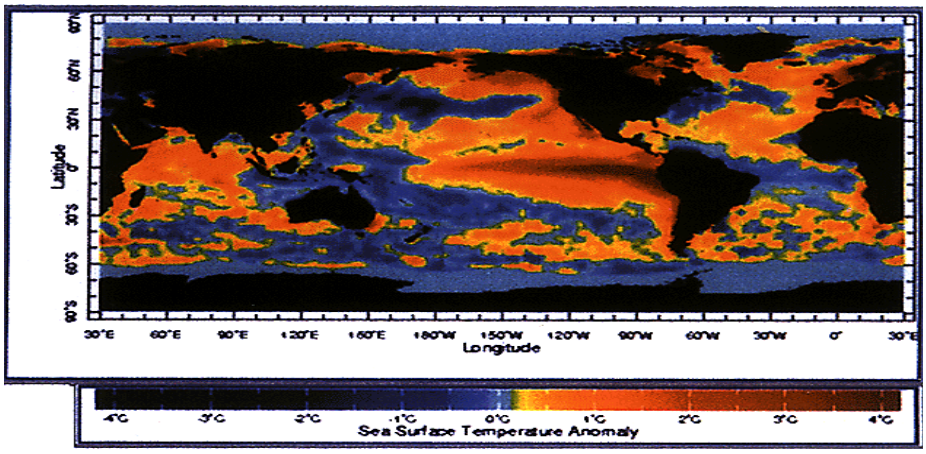

Illustration 7: Anomalies de température (en °C) en août 1997 [2]

[2]Dans l'océan Indien, on note une augmentation de 2°C presque sur la totalité du bassin et notamment dans le canal du Mozambique. Des conséquences sur les écosystèmes marins sont ainsi inévitables. A Mayotte, une île volcanique située dans le canal du Mozambique (cf figure-ci dessous), les répercutions du phénomène ont été très importantes.

Le lagon de Mayotte est le plus vaste de l'ouest de l'Océan indien et l'un des plus grands au monde associé à une île volcanique. Les récifs coralliens sont une richesse exceptionnelle en termes de biodiversité. On considère qu'ils abritent 25% des espèces marines de la planète alors qu'ils ne recouvrent que 1% de la surface des fonds marins. Ceux de Mayotte, d'une superficie de 150 km² fournissent de nombreux habitats qui abritent des communautés spécifiques. Le lagon est particulièrement sensible aux variations climatiques. [4]

Le phénomène El Niño est l'un des facteurs climatiques majeur qui participent à l'évolution des fonds. L'élévation de la température des eaux de surface liées au passage de l'El Niño de 1998 a eu des conséquences très importantes sur les récifs Mahorais. Le phénomène a provoqué le blanchissement des coraux (il tue le polype du corail tout en laissant le squelette intact) et une mortalité importante notamment au niveau des populations des barrières récifales (80% de dépérissement). Depuis, la reconstruction de ce patrimoine se fait petit à petit [3].

Illustration 8: Localisation de Mayotte

Illustration 9: Photographie des fonds marins de Mayotte

Depuis cet épisode, un Observatoire des récifs coralliens (ORC) a été mis en place afin de suivre l'évolution des peuplements coralliens et de la faune associée sur le long terme. Des suivis de la température, du benthos et des poissons sont ainsi effectués chaque année pour évaluer la vitalité des récifs. Les bilans de ces suivis témoignent de la reconstruction des récifs mahorais.

III. L'impact d'ENSO sur la biodiversité continentale

Les impacts d'ENSO sur la biodiversité continentale sont principalement dus à la modification de la circulation atmosphérique (couplée à la circulation océanique). L'amplification d'ENSO entraîne des modifications importantes dans les régimes de précipitations des zones continentales qui bordent le Pacifique à l'Est et à l'Ouest. Nous proposons d'étudier l'impact de ces variations climatiques dans quelques régions particulières.

1. Les conséquences en Amérique du Sud et Centrale : des alternances entre sécheresses et précipitations intenses

a) L'exemple du Costa Rica : impact sur les réserves de biodiversité

Le Costa Rica est le pays d'Amérique centrale et Caraïbes qui possède le plus de réserves naturelles (25 % de la surface du pays est occupée par des réserves et des parcs nationaux) [7]. C'est pourquoi l'impact d'ENSO sur la biodiversité continentale est mieux documenté dans ce pays que dans les autres pays de la région. Mais cette documentation n'est pas complète : en effet, le Costa Rica a créé ces réserves naturelles, en partie, pour préserver la biodiversité visible par les touristes. Le gouvernement finance donc des études portant sur l'évolution de la biodiversité des espèces emblématiques du pays comme les tortues et certains amphibiens et oiseaux endémiques.

Illustration 10: Une espèce de crapaud doré [8]

Par exemple une équipe de chercheurs d'Amérique latine et des États-Unis a récemment montré que l'extinction du crapaud doré de Monteverde dans les années 80 est liée à El Nino. L'espèce a totalement disparu après une sécheresse exceptionnelle survenue après l'épisode très intense d'El Nino de 1986-1987. En fait, les crapauds ne sont pas tués directement par la sécheresse mais par un champignon pathogène (Batrachochytrium dendrobatidis). En période de sécheresse les crapauds se regroupent dans les points d'eau qui subsistent et se transmettent donc plus facilement le champignon pathogène. De plus, la reconstruction du climat local (et en particulier de l'humidité) sur le dernier siècle grâce à l'étude de la croissance des arbres a montré que dans cette région les périodes de sécheresses sont corrélées au phénomène ENSO. Les scientifiques proposent donc le scénario suivant pour la disparition du crapaud doré : le réchauffement climatique aurait favorisé la prolifération du champignon pathogène (modification des conditions de température et d'humidité), cela aurait affaibli la population de crapaud doré, qui aurait reçu une sorte de « coup de grâce » au moment de la sécheresse de 1987 car le champignon a intoxiqué tous les représentants de l'espèce rassemblés sur une petite surface [8].

b) Modification du régime de précipitation à l'Est du Pacifique

Sur les deux continents américains, le régime climatique est fortement modifié par le phénomène ENSO (voir carte). Ces bouleversements ont lieu à une échelle très locale et se décomposent, en général, en une phase El Nino et une phase La Nina. Par exemple, dans l'exemple du Costa Rica traité précédemment, El Nino a tendance à augmenter les précipitations et les sécheresses fatales au crapauds ont lieu pendant la phase La Nina. Plus au Sud, c'est une phase pluvieuse qui a eu l'impact le plus important, tant sur les populations humaines que sur les écosystèmes. À titre d'exemple ENSO de l'année 1983-1984 a été suivi de précipitations exceptionnelles au Pérou (250 cm en 6 mois). Ces précipitations ont entraîné des inondations et des crues dramatiques pour les populations locales. Dans ce cas l'impact sur la biodiversité peut-être plus ou moins important : il s'agit de modifications ponctuelles (de l'ordre du mois) mais très intenses, cela peut bouleverser certains écosystèmes et en laisser d'autres inchangés. Il est très difficile de faire le bilan en terme de biodiversité spécifique, génétique ou écosystémique de ce forçage pseudo périodique.

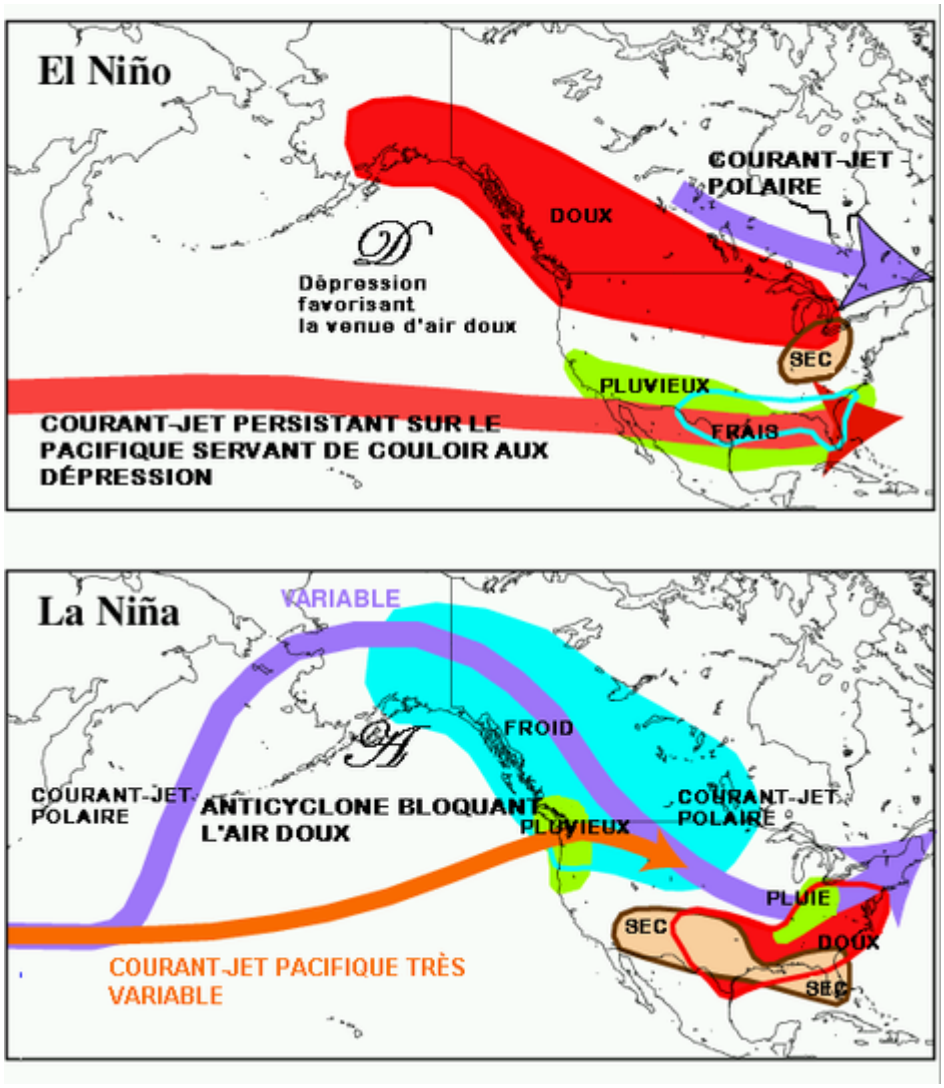

Illustration 11: Anomalies typiques de janvier à mars dans la circulation atmosphérique et le temps durant de forts épisodes d'El Nino et La Nina, d'après Wikipédia

2. Les conséquences sur des régions de bord Ouest du Pacifique

a) La modification de la circulation atmosphérique et ses conséquences

Au cours d'El Nino la « warm pool » située à l'Ouest du Pacifique se déplace vers l'Est (voir figures du paragraphe I). Cela modifie beaucoup le régime de précipitation des continents de bord Ouest du Pacifique. On peut voir la « warm pool » comme une sorte de grosse chaudière : elle réchauffe l'atmosphère (qui peut donc contenir plus de vapeur d'eau) et la charge en vapeur d'eau. Quand cet air humide s'élève, il se refroidit et l'eau se condense. Cela assure des précipitations importantes autour de la « warm pool » (en Indonésie par exemple) et contrôle localement l'intensité des précipitations. Quand la « warm pool » se déplace vers le centre du Pacifique, l'air devient plus froid au niveau de l'océan, et donc se charge moins en vapeur d'eau. Il a y donc une baisse des précipitations dans la région.

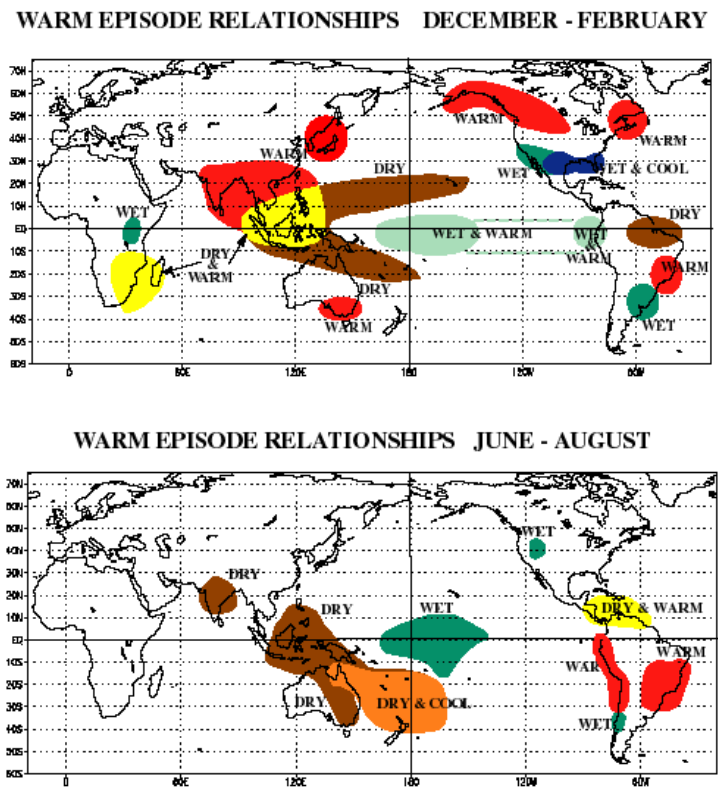

Illustration 12: Modifications de l'hygrométrie en épisode El Nino, d'après Wikipédia

Cela a aussi un impact sur la biodiversité, via l'augmentation du nombre d'incendies. Par exemple, à Bornéo 0,3 million d'ha brûle chaque année en moyenne et 1 million d'ha brûle en moyenne les années El Nino [9]. Un des impacts sur la biodiversité emblématique de l'île est l'atteinte des populations de grands singes. L'organisation Borneo Orangutan Survival estime par exemple qu'environ un millier d'Orangs-outans sont morts (sur les 30 000 à 50 000 que compte l'île) au cours des incendies qui ont suivi l'épisode d'El Nino 1997-1998 [10].

b) L'impact de ces incendies sur la biodiversité

Dans certains écosystèmes particuliers (forêts du Minesota aux États-Unis, forêts boréales en Russie), le feu joue un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité car il régule les équilibres entre espèces. Mais dans les forêts tropicales ombrophiles (comme dans celles incendiées à la suite d'épisodes El-Nino en Indonésie) il a des conséquences négatives sur la biodiversité car il perturbe les équilibres des écosystèmes, parfois de façon irréversible. Tout d'abord, dans les forêts ombrophiles l'occurrence d'un feu augmente la probabilité d'un feu suivant : le feu créé des trouées dans la végétation, ce qui contribue à l'assèchement de la végétation et donc au rique d'incendie. Enfin, dans les forêts tropicales touchées par les incendies liés à El Nino, des scientifiques ont observé une transition dans les équilibres des espèces : les graminées dites pyrophytes ont remplacé d'autres végétaux dont les bourgeons et plantules ont été détruits par le feu. À long terme, ces incendies ont des effets sur la perte d'habitats et d'abris de nombreuses espèces (insectes xylophages par exemple), sur la perte d'aliments (la destruction des fruits nuit aux oiseaux et aux petits mammifères) et provoque un stress sur l'ensemble des populations [11].

Conclusion : Depuis le début du XXème siècle, les scientifiques ont une connaissance d'El-Nino. Au début, océanographes, météorologues et climatologues ne pouvaient que constater l'activité anormale des circulations tropicales, mais l'impact majeur qu'a eu le phénomène d'El-Nino 1982-1983 sur les populations et la biodiversité a poussé les scientifiques à mener des campagnes pour mieux comprendre, et donc prévoir, le phénomène El-Nino. C'est ainsi que sont nées de grandes campagnes océanographiques, telles que WOCE, qui ont amélioré notre compréhension globale du couplage océan-atmosphère. Cela a permis le développement de modèles de prévision qui parviennent à prévoir le phénomène ENSO à une échéance de 6 mois. Cependant, notre connaisse d'ENSO est encore très imparfaite, par exemple nous ne savons pas quel sera l'influence du réchauffement climatique sur l'intensité ou la périodicité d'ENSO. Il faut donc continuer à chercher à comprendre le phénomène pour mieux prévoir ses répercussions sur la biodiversité continentale et marine (et donc sur les populations humaines).

Sources :

[1] www.cite-sciences.fr article de Virginie Racape

[2] http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/rechfran/4theme/paleo/gdeimghtml/9fig3p30IV.html

[3] http://www.aires-marines.fr/publications/richesses_mayotte_nature/Parc_Marin_Mayotte_Nature.pdf

[4] http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/CGAAER-10028-bon-etat-des-eaux-Mayotte.pdf

[5] http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/rechfran/4theme/variaclima/elnino97.html

[6] http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/sysfacte/ocean/legosElnino.htm

[7] Irene Suárez for the UNFCCC technical workshop

[8] The Earth Institute California University

[9] RAPPORT DE LA PREMIERE REUNION INTERGOUVERNEMENTALE SUR LES GRANDS SINGES ET SUR LE PROJET POUR LA SURVIE DES GRANDS SINGES (GRASP)

[10] http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/20061107.OBS8471/les-orangs-outans-victimes-des-incendies-en-indonesie.html

[11] http://www.fao.org/docrep/004/y3582f/Y3582F07.htm

[12] Climate Change and Climate Modeling, J. David Neelin, Cambridge University Press 2011

Pourquoi est-il important de protéger la biodiversité ?

D'un point de vue économique, la biodiversité peut être valorisée. Elle est, par exemple, une source de revenus pour les pêcheurs péruviens (la diversité d'espèces assure une productivité constante sur l'année). Elle est également une source de revenus pour l'industrie touristique, elle est attractive, notamment dans le cadre du tourisme vert.

L'impact d'El Nino sur l'environnement a des conséquences sur la répartition et l'abondance quantitative de la biodiversité. Jusqu'à présent, ces conséquences nuisent à l'économie locale (pêche moins abondante au large des côtes péruviennes, disparition d'espèces « emblématiques » dans des réserves naturelles). C'est pourquoi la compréhension du phénomène El Nino, sa prévision et l'anticipation de ses conséquences sont aujourd'hui un enjeu important pour des économies basées sur la valorisation de la biodiversité.