

Projet Atmosphère Canada

A stylized black and white graphic of a globe showing the Americas, with a semi-circle of sun rays above it. The globe is positioned between the words 'Atmosphère' and 'Canada' in the main title.

MODULE

5

**El Niño : couplage
atmosphère-océan**

Manuel du maître



Canadian Meteorological
and Oceanographic
Society

La Société Canadienne
de Météorologie et
d'Océanographie



Environnement
Canada

Environment
Canada

Canada

Projet Atmosphère Canada

Né d'une initiative et de la collaboration entre Environnement Canada et la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie (SCMO), le « Projet Atmosphère Canada (PAC) » s'adresse aux enseignants du niveau primaire et secondaire partout au Canada. Ce projet est conçu pour stimuler l'intérêt des jeunes en regard de la météorologie ainsi que pour favoriser et encourager l'enseignement des sciences de l'atmosphère et de celles qui s'y rattachent, au niveau primaire et secondaire, au Canada.

Toute matière adaptée ou reproduite du « Project ATMOSPHERE teacher's guides », est présentée avec l'autorisation de la « American Meteorological Society (AMS) »

Remerciements

Le Service météorologique du Canada, avec la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie, expriment leur gratitude à l'« American Meteorological Society » pour le soutien et l'aide reçus dans la préparation de cet ouvrage.

Un projet tel que le PAC ne se réalise pas du jour au lendemain. Depuis la transcription électronique à partir des exemplaires de l'AMS en passant par la révision, rédaction, examen critique, traduction, conception graphique et enfin par la mise en page définitive, il aura fallu des jours, des semaines, voir même des mois d'un effort soutenu pour en arriver au produit final. Je voudrais souligner la contribution importante apportée tant par le personnel d'Environnement Canada que par les membre de la SCMO d'un bout à l'autre du pays, ainsi que par le milieu scientifique global qui a autorisé l'utilisation de ses travaux dans le PAC, « manuels du maître ».

Au nom d'Environnement Canada et de la Société canadienne de Météorologie et d'Océanographie :
Eldon J. Oja
Chef de projet - Projet Atmosphère Canada

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche informatique ou transmise, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit (électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre), sans l'assentiment écrit préalable de l'éditeur. L'autorisation est donnée, par les présentes, de reproduire, sans la modifier, la matière contenue dans cette publication, à des fins pédagogiques non commerciales, à condition que la source de la matière soit indiquée. Cette autorisation ne s'applique pas aux transmissions par voie électronique.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Publié par Environnement Canada
Number de cat. : En56-172/2001F-IN
ISBN 0-662-86593-6

Table des matières

Introduction	2
Notions élémentaires	3
Activité	7
Annexes	12

MODULE 5

El Niño : couplage atmosphère-océan

Introduction	Notions élémentaires	Activité	Annexes
Page 2	Page 3	Page 7	Page 12

INTRODUCTION

El Niño : Le système atmosphère-océan

Le terme *El Niño* décrivait à l'origine le faible réchauffement des masses d'eau océaniques qui s'observait sur le littoral du Pérou et de l'Équateur vers la période de Noël et qui s'accompagnait d'une diminution des prises de poissons. De nos jours, le phénomène El Niño désigne une perturbation à grande échelle de l'océan et de l'atmosphère dans les régions tropicales de l'océan Pacifique. Un épisode d'El Niño persistant peut être accompagné de changements profonds dans les courants atmosphériques et océaniques à l'échelle planétaire et de phénomènes météorologiques extrêmes qui entraînent des perturbations majeures sur les plans écologiques, sociaux et économiques dans le monde entier.

En temps normal, les alizés qui soufflent vers l'ouest poussent les eaux de surface vers l'ouest, en direction opposée du littoral ouest de l'Amérique du Sud. Dans les régions tropicales de l'ouest de l'océan Pacifique, ces masses d'eaux chaudes déplacées provoquent une baisse de la pression atmosphérique et des pluies abondantes. Dans les régions tropicales de l'est de l'océan Pacifique, les eaux chaudes sont remplacées par des eaux plus froides venues du fond, phénomène connu sous le nom de *remontée* ou *résurgence des eaux profondes* (courant ascendant). La température relativement froide des eaux de surface favorise la formation de zones de haute pression atmosphérique et une diminution des précipitations. Également, la remontée des eaux profondes expose les eaux riches en substances nutritives venues des fonds marins à la lumière solaire, ce qui stimule la croissance du phytoplancton et avantage la pêche.

Le premier signe avant-coureur de l'arrivée d'un épisode d'El Niño est un affaiblissement des alizés. En temps normal, c'est la différence de pression entre les masses d'air situées au-dessus des régions de l'est de l'océan Pacifique (pression atmosphérique relativement élevée) et celles situées au-dessus des régions de l'ouest Pacifique (pression atmosphérique relativement faible) qui sert de moteur aux alizés. Quand le phénomène El Niño se manifeste, la pression atmosphérique au-dessus des régions tropicales de l'est de l'océan Pacifique tombe tandis qu'elle augmente

dans les régions de l'ouest, le plus fort gradient de pression se trouvant au-dessus du centre de l'océan Pacifique. À mesure que le gradient de pression au-dessus des régions tropicales de l'océan Pacifique diminue, les alizés mollissent, et la direction de ces vents peut même s'inverser. Ce mouvement de balancier des pressions atmosphériques entre les régions tropicales de l'ouest et du centre de l'océan Pacifique est connu sous le nom d'Oscillation australe. L'ensemble du phénomène El Niño-Oscillation australe est connu sous l'acronyme international de « ENSO ».

Durant le phénomène El Niño, les modifications des courants atmosphériques au-dessus des régions tropicales de l'océan Pacifique sont accompagnés de changements dans les courants marins et de la température de la surface de la mer (TSM). Les masses d'eaux de surface chaudes poussées en temps normal vers l'ouest par les alizés se déplacent alors vers l'est. En même temps, des changements surviennent dans le thermocline, la zone de transition entre les eaux de surface relativement chaudes et les eaux profondes, plus froides. Dans les régions de l'est de l'océan Pacifique, le thermocline descend, ce qui réduit considérablement ou bloque complètement la remontée des eaux froides profondes le long du littoral ouest de l'Amérique du Sud. Les changements touchant la circulation des alizés affectent les conditions météorologiques qui règnent sur les régions tropicales. Ces changements affectent à leur tour les vents à l'échelle planétaire, y compris les courants jets, qui poussent des tempêtes et des masses d'air sous les latitudes plus élevées et amènent des conditions météorologiques extrêmes dans de nombreuses régions du globe situées en dehors des tropiques.

Les épisodes d'El Niño, qui durent en moyenne de douze à dix-huit mois, surviennent environ tous les deux à sept ans. En 42 ans, le phénomène El Niño s'est manifesté dix fois, entre autre en 1997-1998, alors qu'il a atteint sa plus grande ampleur au XX^e siècle.

Parfois, mais pas toujours, un épisode d'El Niño alterne avec un phénomène appelé La Niña, caractérisé par des alizés forts et une remontée des eaux marquée dans les régions tropicales de l'est de l'océan Pacifique. Durant La Niña, les changements de température de la surface de l'eau et les phénomènes météorologiques extrêmes enregistrés sont essentiellement l'inverse de ceux observés durant El Niño.

El Niño, Oscillation australe, ENSO et La Niña

1. El Niño est à l'origine le nom donné par les pêcheurs péruviens à une période de réchauffement des eaux et de mauvaises pêches qui coïncidait souvent avec le temps de Noël.
2. De nos jours, El Niño désigne une perturbation profonde de l'état normal du système océan-atmosphère dans les régions tropicales de l'océan Pacifique porteuse de conséquences importantes, dont celles touchant les conditions météorologiques et le climat sous les tropiques et dans d'autres régions du globe.
3. Le phénomène El Niño persiste habituellement pendant douze à dix-huit mois et revient environ tous les deux à sept ans. Parmi les dix réapparitions d'El Niño enregistrées au cours des 42 dernières années, on retiendra les épisodes extrêmes survenus en 1982-83 et 1997-98.
4. L'Oscillation australe est une variation alternante de la pression atmosphérique entre les régions tropicales du centre et de l'ouest du Pacifique. Le phénomène El Niño est accompagné de modifications de la pression atmosphérique qui influent sur la force des alizés et sur les courants marins de surface. Les scientifiques désignent habituellement le phénomène El Niño et l'Oscillation australe par le signe anglais « ENSO ».
5. L'installation de conditions océan-atmosphère essentiellement opposées à celles qui caractérisent El Niño s'appelle La Niña. Les épisodes de La Niña alternent souvent, mais pas toujours, avec ceux d'El Niño.

Conditions moyennes qui prévalent à long terme dans les régions tropicales de l'océan Pacifique

1. En temps normal, les alizés forts poussent les masses d'eau de surface vers l'ouest et en s'éloignant du littoral ouest de l'Amérique du Sud.
2. Dans les régions tropicales de l'est du Pacifique, les eaux plus froides surgies des profondeurs remplacent les eaux de surface chaudes chassées de cette région et poussées vers l'ouest. Ce phénomène s'appelle remontée ou résurgence des eaux profondes.
3. La remontée des eaux profondes expose les eaux riches en substances nutritives venues des fonds marins à la lumière solaire, ce qui stimule la productivité biologique. La plupart des zones de pêche commerciale sont situées dans des régions avantagées par la remontée des eaux.
4. Dans les régions tropicales de l'est de l'océan Pacifique, le déplacement, en s'éloignant des côtes, de grandes masses d'eau de surface chaudes entraîne une baisse locale du niveau de la mer, une remontée du thermocline (la zone de transition entre les eaux de surface relativement chaudes et les eaux profondes, plus froides) et une chute de la température de la surface de l'océan. Les eaux de surface plus froides expliquent la pression atmosphérique relativement élevée et le temps généralement beau. Les faibles précipitations sur les terres adjacentes provoquent une désertification.
5. L'accumulation des eaux de surface chaudes poussées par les vents dans les régions tropicales de l'ouest du Pacifique provoque une élévation du niveau de l'eau, une

descente du thermocline et des températures des eaux de surface de la mer plus élevées que dans les régions tropicales du centre et de l'est du Pacifique. Les eaux de surface chaudes produisent des zones de pression atmosphérique relativement basses et déclenchent une convection atmosphérique à l'origine de fortes pluies.

Conditions d'El Niño dans les régions tropicales de l'océan Pacifique

1. Durant un épisode d'El Niño, les alizés soufflent avec moins de force sur les régions tropicales de l'océan Pacifique et peuvent même changer de direction, surtout dans l'ouest.
2. Dans les régions tropicales de l'ouest de l'océan Pacifique, l'affaiblissement ou l'inversion des alizés pousse les masses d'eau de surface chaudes des régions tropicales de l'ouest de l'océan Pacifique à dériver vers l'est suivant l'équateur, en direction du littoral de l'Amérique du Sud.
3. Dans les régions tropicales de l'ouest du Pacifique, le déplacement vers l'est des eaux de surface chaudes s'accompagne d'une chute du niveau de la mer et d'une remontée du thermocline. Des eaux de surface légèrement plus froides entraînent une pression atmosphérique plus élevée qu'à la normale, une convection atmosphérique plus faible et une réduction des précipitations.
4. L'arrivée de masses d'eaux de surface chaudes sur le littoral de l'Amérique du Sud réduit considérablement ou bloque complètement la remontée des eaux profondes, riches en substances nutritives, ce qui entraîne une chute abrupte de la productivité biologique.
5. Dans les régions tropicales de l'est de l'océan Pacifique, l'accumulation des eaux de surface chaudes provoque une élévation

localisée du niveau de la mer, une descente du thermocline et une élévation des températures des eaux de surface. Les eaux de surface chaudes produisent des zones de pression atmosphérique relativement faibles et augmentent la convection atmosphérique, ce qui apporte des pluies plus fortes qu'en temps normal.

6. L'augmentation de la pression atmosphérique au-dessus des régions tropicales de l'ouest du Pacifique et la chute concomitante de la pression atmosphérique au-dessus des régions tropicales du centre de l'océan Pacifique (qui affaiblissent les alizés) font partie du mouvement de balancier de la pression atmosphérique connu sous le nom d'Oscillation australe.

Conditions globales d'El Niño et de La Niña

1. Les changements touchant les courants océaniques et atmosphériques dans les régions tropicales de l'océan Pacifique agissent sur les conditions météorologiques et climatiques qui règnent sous les tropiques ainsi que dans les régions bien éloignées.
2. La température détermine la vitesse à laquelle les molécules d'eau s'échappent de la surface de l'eau et passent dans l'atmosphère. On sait par exemple que l'eau chaude s'évapore plus rapidement que l'eau froide. Les régions caractérisées par des eaux de surface relativement chaudes réchauffent l'atmosphère et en augmentent le taux d'humidité. Dans cet air chaud et humide, les orages se développent facilement. Les orages violents contribuent à déterminer les courants atmosphériques à l'échelle planétaire en modifiant le cours des courants jets et le transport de l'humidité en haute altitude.
3. Dans bien des régions du globe situées en dehors des tropiques, il n'est pas rare que les changements touchant les courants

atmosphériques à l'échelle planétaire durant les épisodes d'El Niño et de La Niña donnent naissance à des conditions météorologiques extrêmes, dont des sécheresses et des pluies diluviennes.

4. Le phénomène El Niño ne se présente jamais deux fois de la même façon. Par conséquent, certaines régions peuvent ou peuvent ne pas être touchées par des conditions météorologiques extrêmes durant un épisode d'El Niño ou de La Niña.
5. Au Canada, les hivers marqués par El Niño sont habituellement doux et moins humides que la normale. Les provinces atlantiques font exception, de même que le Nunavut dans l'Arctique canadien; là, l'hiver est généralement plus doux mais plus humide qu'à l'habitude. La Niña, par ailleurs, se manifeste au Canada par des températures plus froides en hiver dans l'Ouest, le sud de l'Ontario et du Québec ainsi que dans les provinces de l'Atlantique, tandis qu'ailleurs, le climat est plus sec qu'en temps normal.

Impacts écologiques, sociaux et environnementaux

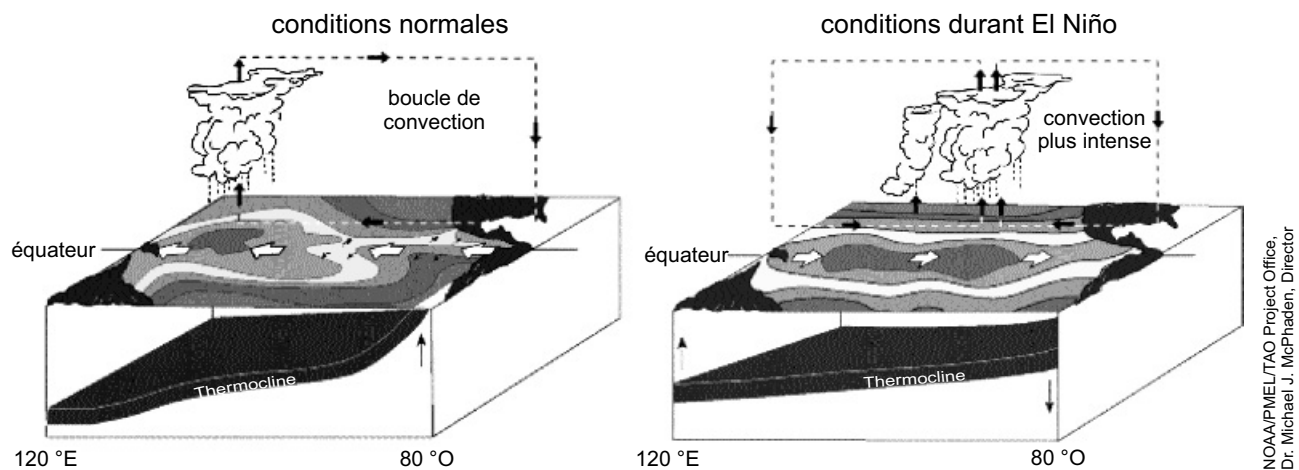
1. Les variations touchant le système océan-atmosphère dans les régions tropicales de l'océan Pacifique exercent de nombreux effets sur l'environnement et l'économie planétaire. Ces effets entraînent également des conséquences sur les plans humain et social. Ce sont les pays en voie de développement des régions tropicales et subtropicales, les plus vulnérables aux catastrophes climatiques, qui sont frappés de plein fouet par les effets d'El Niño et de La Niña.
2. Des précipitations trop peu abondantes ou trop violentes peuvent avoir des effets dévastateurs. Dans certaines régions, la

sécheresse, surtout lorsqu'elle s'accompagne de températures élevées, provoque l'étiollement et la mort des récoltes, compromet l'approvisionnement en eau potable et accroît le risque d'incendies de forêt. Dans d'autres régions, des pluies exceptionnellement violentes déclenchent des crues brutales qui noient les récoltes, emportent les véhicules, détruisent les habitations et autres édifices et entravent la prestation des services publics.

3. Les conditions météorologiques extrêmes associées à El Niño et à La Niña entraînent des conséquences pour la santé publique, car elles créent des conditions qui favorisent la propagation de maladies telles que la malaria, la dengue, l'encéphalite, le choléra et la peste. De plus, la fumée des incendies de forêt qui font rage dans les régions frappées par la sécheresse peut occasionner des troubles respiratoires chez les personnes qui habitent jusqu'à 1 500 kilomètres du sinistre.
4. Si on pouvait émettre un avertissement météorologique prévenant de l'arrivée d'un épisode d'El Niño ou de La Niña et des phénomènes extrêmes qui l'accompagnent, on pourrait sauver des vies et des milliards de dollars en biens matériels et en récoltes, car les personnes visées disposeraient de suffisamment de temps pour se préparer au pire et élaborer des stratégies de réaction adéquates.
5. Le site Web suivant fournit de plus amples détails sur les conséquences d'El Niño sur les conditions météorologiques et sur les précipitations au Canada : http://www.msc-smc.ec.gc.ca/elnino/index_f.cfm
Pareillement, on peut se renseigner sur les effets de La Niña sur le site : http://www.msc-smc.ec.gc.ca/lanina/index_f.cfm

État de la recherche sur El Niño et La Niña

1. Les scientifiques étudient activement le système océan-atmosphère des régions tropicales du Pacifique afin de trouver réponse à de nombreuses questions, dont : Quel est le moteur d'El Niño et de La Niña ?; Pourquoi les impacts d'El Niño ou de La Niña varient-ils d'un épisode à l'autre ?; Quand est-ce que les scientifiques seront en mesure de prédire avec certitude la durée et l'impact d'El Niño ou de La Niña ?
2. L'observation des conditions qui règnent dans les régions tropicales de l'océan Pacifique est essentielle à l'étude et à la prédiction des variations climatiques à court terme telles que celles qui accompagnent El Niño. On utilise une grande variété de détecteurs pour recueillir des données sur les conditions atmosphériques et océaniques de cette région vaste et éloignée de l'océan.
3. On utilise des sondes thermométriques et des altimètres emportés par satellite pour suivre les déplacements des eaux de surface chaudes dans les régions tropicales du Pacifique. On recueille aussi d'autres données grâce à un réseau de bouées qui mesurent directement la température, les courants et les vents équatoriaux.
4. La prédiction du début et de la durée des phénomènes qui accompagnent El Niño et La Niña est essentielle aux gestionnaires de l'eau, de l'énergie et des transports ainsi qu'aux producteurs agricoles qui souhaitent prendre des mesures en vue de réduire ou d'éviter les dommages potentiels.
5. On estime que les progrès dans la prédiction d'El Niño et de La Niña permettront d'améliorer considérablement les conditions économiques, notamment dans les secteurs de l'agriculture, des pêcheries, de la foresterie et de l'énergie et qu'ils auront également des répercussions sociales avantageuses.



NOAA/PMEL/TAO Project Office
Dr. Michael J. McPhaden, Director

Vue tridimensionnelle des courants atmosphériques et océaniques présents au-dessus des régions tropicales du Pacifique en temps normal et durant El Niño.