

# Changement climatique : Changer le système, pas le climat !

**Pierre Ozer**

Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège

Observatoire Hugo, <http://labos.ulg.ac.be/hugo/>

Email : [pozer@ulg.ac.be](mailto:pozer@ulg.ac.be)

## **2015, année la plus chaude (à nouveau)<sup>1</sup>**

2015, année de tous les records climatiques directs et indirects ! L'information est confirmée depuis le 20 janvier 2016 : l'année 2015 a été la plus chaude jamais enregistrée à la surface du globe depuis le début des enregistrements planétaires (datant de 1880). Ainsi, selon les relevés conjoints de l'Agence océanique et atmosphérique américaine (NOAA) et de l'Agence spatiale américaine (NASA), les températures enregistrées globalement en 2015 ont excédé de 0,90°C la moyenne du 20<sup>e</sup> siècle et surpassé de 0,16°C le précédent record, atteint en ... 2014 (NOAA, 2016). L'année 2015 se classe ainsi largement en tête des années les plus chaudes, devant, dans l'ordre, 2014, 2010, 2005 et 2007 ; un joli tir groupé centré sur la dernière décennie (Fig. 1) qui ne fait que confirmer le constat premier du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : « *le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires* » (IPCC, 2013). Il faut imaginer l'ampleur de ce record : neuf des douze mois de 2015 ont chacun établi un record mensuel de températures, seuls les mois de janvier, février et avril faisant exception. Si ce record mondial de températures de l'année 2015 s'explique par un épisode El Niño particulièrement intense comparable à celui de 1997-1998 (l'année 1998 avait été un record de température absolu à cette époque), il faut surtout retenir que cet événement conjoncturel vient s'ajouter à la tendance lourde du réchauffement de la planète, structurel cette fois, dû aux émissions de gaz à effet serre d'origine anthropique.

Les conséquences de ces modifications climatiques au long cours sont multiples et sont de plus en plus exacerbées.

Ainsi, il est très probable (probabilité > 90%) que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été, globalement, moins fréquents depuis 1950 et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a, au contraire, augmenté. Il est quasiment certain (probabilité > 99%) que ces tendances vont s'amplifier dans les décennies à venir et se renforcer d'ici 2100. Par conséquent, les températures de plus en plus élevées ont engendré une augmentation probable (probabilité > 66%) de la fréquence et de la durée des vagues de chaleur sur la plus grande partie des terres émergées. Il est très probable que cette tendance s'accroisse durant le 21<sup>e</sup> siècle (IPCC, 2013).

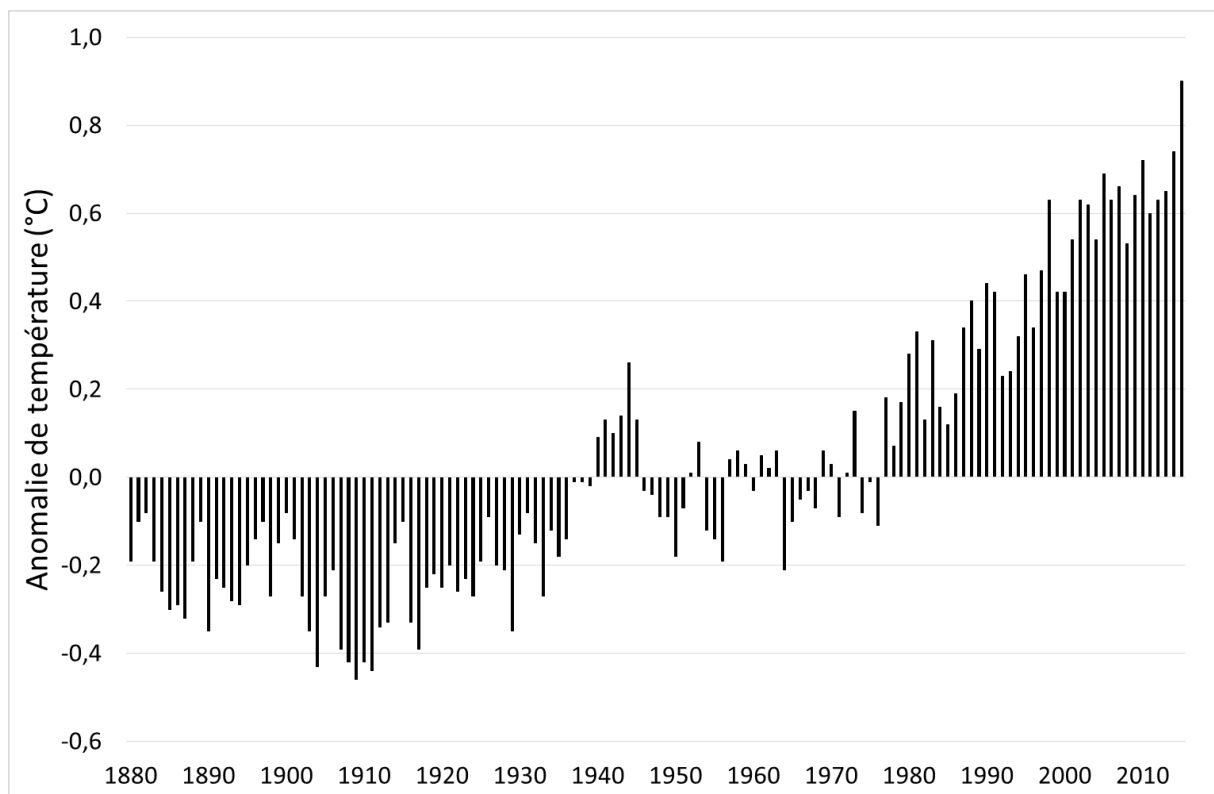
En ce qui concerne les aléas pluviométriques, la fréquence et l'intensité des précipitations extrêmes, l'intensité et la durée des périodes de sécheresse, l'activité des

---

<sup>1</sup> Il est à noter que, depuis l'écriture de cette note, il appert que l'année 2016 est devenue à son tour la plus chaude jamais enregistrée au niveau global, battant donc le record absolu de 2015.

cyclones tropicaux intenses, de même que l'incidence et la magnitude des élévations extrêmes du niveau des mers ont probablement augmenté dans la plupart des régions au cours des dernières décennies. Il est vraisemblable que toutes ces tendances se durcissent d'ici 2100 (IPCC, 2013).

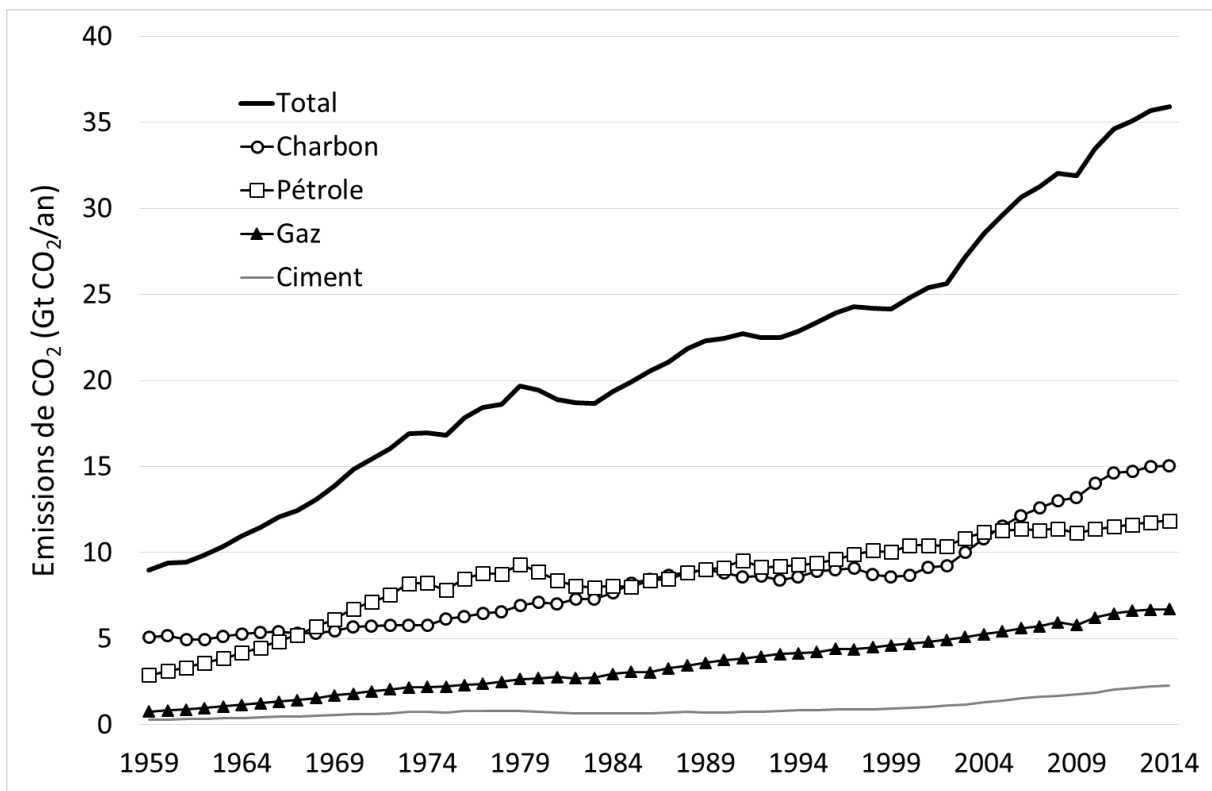
Par ailleurs, il est maintenant certain que le niveau global des océans augmente de plus en plus vite, à une vitesse jamais observée au cours des deux derniers millénaires. Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,7 mm/an entre 1901 et 2010 (IPCC, 2013). Mais ce processus s'accélère comme en témoignent les tendances récentes : + 2,0 mm/an entre 1971 et 2014 et + 3,2 mm/an entre 1993 et 2014 (Blunden et Arndt, 2015). La fonte des glaciers et des calottes glaciaires ainsi que la dilatation thermique des eaux des océans expliquent plus de 75% de l'augmentation du niveau de la mer. Or, la fonte des glaces est généralisée et s'est accélérée au cours des dernières décennies (Gardner *et al.*, 2013) et la moitié de la chaleur absorbée par les océans depuis le début de l'ère industrielle l'a été au cours des deux dernières décennies (Gleckler *et al.*, 2016). Dès lors, le GIEC estime que, dans le cas d'un scénario *business as usual* (à savoir si les émissions de GES restent inchangées et nous mèneraient à un réchauffement global de l'ordre de + 3,7 °C en 2100), l'élévation moyenne du niveau des océans devrait être comprise entre + 45 et + 82 cm vers la fin du 21<sup>e</sup> siècle (2081-2100) par rapport à la période 1986-2005. Dans le cas où des efforts conséquents en matière de réduction de GES devaient être pris (à savoir si l'Accord de Paris devait être respecté), une augmentation moyenne des températures de 1,8 °C engendrerait une élévation moyenne du niveau de la mer comprise entre + 32 et + 63 cm vers 2081-2100 (IPCC, 2013).



**Figure 1 :** Anomalie globale des températures (1880-2015) par rapport à la période 1951-1980 (d'après les données de la NASA, 2016).

## Toujours plus d'émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre<sup>2</sup> connaissent une croissance continue (Le Quéré *et al.*, 2015 ; Tian *et al.*, 2015). Or, « le forçage radiatif total est positif et a conduit à une absorption nette d'énergie par le système climatique. La plus grande contribution à ce forçage radiatif provient de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> depuis 1750 » (IPCC, 2013). Premier coupable, donc, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dont les émissions sont dues à la combustion des énergies fossiles (90% en 2014) et au changement d'affectation des sols (déforestation principalement, 10% en 2014) (Le Quéré *et al.*, 2015). La figure 2 présente, par type d'énergie fossile, l'évolution globale des émissions de CO<sub>2</sub> de 1959 à 2014.



**Figure 2** : Émissions globales de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des énergies fossiles et à la production de ciment, par type de combustible, de 1959 à 2014 (d'après les données de Boden *et al.*, 2015).

Si différentes crises globales (chocs pétroliers, crises financières, etc.) ont ralenti momentanément la croissance des émissions de CO<sub>2</sub>, ces dernières ont été multipliées par quatre sur la période considérée. Notons que sur la même période, la population humaine mondiale est passée de 3 à 7,2 milliards de personnes ; les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> par individu sont donc passées de 3 à 5 tonnes entre 1959 et 2014. Ceci est à garder à l'esprit si l'on considère que la population mondiale devrait, selon toute vraisemblance, dépasser les 9,5 milliards de personnes en 2050 ; avec une croissance démographique portée essentiellement

<sup>2</sup> Dans l'ordre d'importance par rapport au forçage radiatif : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), hydrocarbures halogénés (CFCs et HCFCs), protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O).

par les pays en développement (plus de 50% en Afrique) où le potentiel d'augmentation d'émissions de CO<sub>2</sub> par habitant dans les années à venir est le plus élevé. Par ailleurs, il appert que, depuis 2005, le charbon est la première source d'émissions de CO<sub>2</sub> devant le pétrole, le gaz et la production de ciment. Ceci traduit l'importance croissante et rapide du poids des pays émergents, Chine en tête, dans la production de biens de consommation basée, depuis les années 2000, sur le recours massif au charbon disponible territorialement. Ainsi, la Chine a brûlé plus de la moitié du charbon utilisé mondialement en 2014 (BP, 2015). En outre, les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ont continué à croître de manière significative ces dernières décennies sur tous les continents et de manière plus prononcée dans les régions tropicales et en Asie (Tian *et al.*, 2015). L'augmentation la plus rapide de CH<sub>4</sub> a été observée au niveau des zones humides suite à l'augmentation des températures et est due à l'accroissement de la production de riz dont la hausse continue des superficies cultivées<sup>3</sup> est nécessaire pour l'alimentation d'une population sans cesse croissante (FAO, 2016). L'augmentation soutenue de N<sub>2</sub>O est étroitement liée à l'utilisation croissante d'engrais azotés pour satisfaire l'accroissement nécessaire des rendements agricoles (Tian *et al.*, 2015).

### Qui est responsable des émissions de CO<sub>2</sub> ?

Depuis la révolution industrielle, l'Europe et l'Amérique du Nord représentent l'essentiel des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (en moyenne 75 % de 1959 à 1989). En 1990, les pays historiquement industrialisés (Annexe B du Protocole de Kyoto<sup>4</sup>) représentaient encore 66 % des émissions globales de CO<sub>2</sub>. Ces dernières années ont été marquées par un basculement rapide dans la distribution géographique de l'origine de ces émissions (Fig. 3).

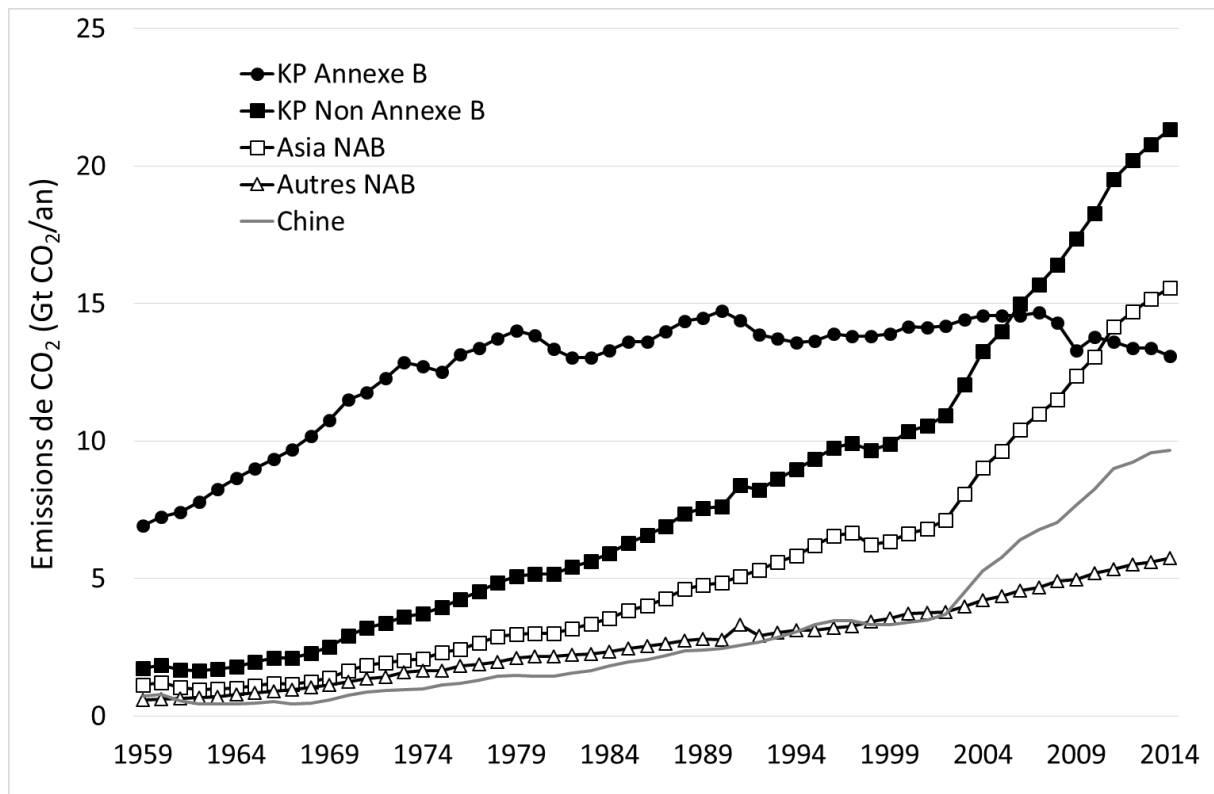
En effet, en 2006, les émissions de CO<sub>2</sub> des pays en développement et émergents (Non Annexe B du Protocole de Kyoto) ont pour la première fois dépassé celles des pays dits développés. La même année, la Chine est devenue le premier émetteur mondial de CO<sub>2</sub>, détrônant de la sorte le leadership historique des Etats-Unis. Cependant, il ne faut pas oublier que la Chine mène un continent qui, lui aussi, connaît une augmentation très importante des émissions de CO<sub>2</sub>, avec une croissance annuelle moyenne de 5 % entre 1990 et 2014 (Japon exclu). Ainsi, depuis 2011, les émissions de CO<sub>2</sub> des pays en développement et émergents d'Asie sont supérieures aux émissions totales des pays industrialisés ; leur poids global passant de 21,7 % à 45,3 %. Durant la période 1990-2014, les pays de l'Annexe B ont connu une légère diminution de leurs émissions (-0,5 % par an) et leur poids relatif n'est plus que de 38 % du total global.

Quant au reste du monde, à savoir l'Afrique, l'Amérique latine et le Moyen Orient, ses émissions ont augmenté annuellement de 3,1 % au cours des 25 dernières années et sa proportion des émissions de CO<sub>2</sub> est passée de 12,4 % à 16,7 % du total global. Notons encore que, en 2014, la Chine représente 28,1 % des émissions globales de CO<sub>2</sub> avec une croissance moyenne annuelle supérieure à 6 % depuis 1990. A ce rythme, il n'est pas impossible que la Chine, seule, dépasse les émissions totales des pays de l'Annexe B avant 2030.

---

<sup>3</sup> Les superficies mondiales dédiées à la riziculture sont passées de 115 à 165 millions d'hectares entre 1961 et 2013 et, ce, malgré une augmentation globale de 140% des rendements (FAO, 2016).

<sup>4</sup> La liste des pays inclus dans l'Annexe B du Protocole de Kyoto est accessible ici : [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/3145.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php)



**Figure 3 :** Emissions régionales de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des énergies fossiles et à la production de ciment de 1959 à 2014 (d'après les données de Boden *et al.*, 2015). KP Annexe B (Pays de l'Annexe B du Protocole de Kyoto), KP Non Annexe B (Pays hors de l'Annexe B du Protocole de Kyoto), Asia NAB (Pays d'Asie hors de l'Annexe B), Autres NAB (Pays non asiatiques hors de l'Annexe B)

Il est néanmoins nécessaire de souligner deux biais potentiels dans les données présentées à la figure 3. Le premier résulte du fait que les émissions de CO<sub>2</sub> sont 'absolues' par groupe de pays. Or, pour ne parler que de la différence entre les pays Annexe B et hors Annexe B, si les premiers semblent moins émetteurs depuis 2006, il est important de garder à l'esprit que les pays historiquement industrialisés ne représentent de 1,2 milliard d'individus, soit moins de 17 % de l'humanité en 2014. Ramenées par habitant en 2014, un ressortissant d'un pays de l'Annexe B est –en moyenne– responsable de 10,8 tonnes de CO<sub>2</sub> contre 3,5 tonnes de CO<sub>2</sub> pour un habitant du Sud, soit trois fois plus. Fort heureusement, l'écart se réduit progressivement. En effet, en 1961 et en 1990, un individu de l'Annexe B émettait respectivement 12 et 8 fois plus qu'un individu hors Annexe B. Ceci étant dit, les différences dans ces sous-groupes restent très importantes. Par exemple, un Américain (17,2 tonnes de CO<sub>2</sub>) émet près de trois fois plus qu'un Européen (6,7 tonnes de CO<sub>2</sub>). Ailleurs, un Chinois (6,8 tonnes de CO<sub>2</sub>) émet six fois plus qu'un Africain (1,1 tonne de CO<sub>2</sub>).

Le deuxième biais provient de la mesure des émissions de CO<sub>2</sub> par pays. Dans un monde globalisé, le transfert de carbone entre les pays et régions, que ce soit physiquement ou incorporés dans la production, représente une fraction non négligeable des émissions mondiales de carbone. Or, les données présentées ci-avant sont comptabilisées de manière territoriale. Ainsi, les émissions de CO<sub>2</sub> incorporées dans les biens et services qui sont produits dans un pays mais consommés dans d'autres sont importantes car ni l'énergie

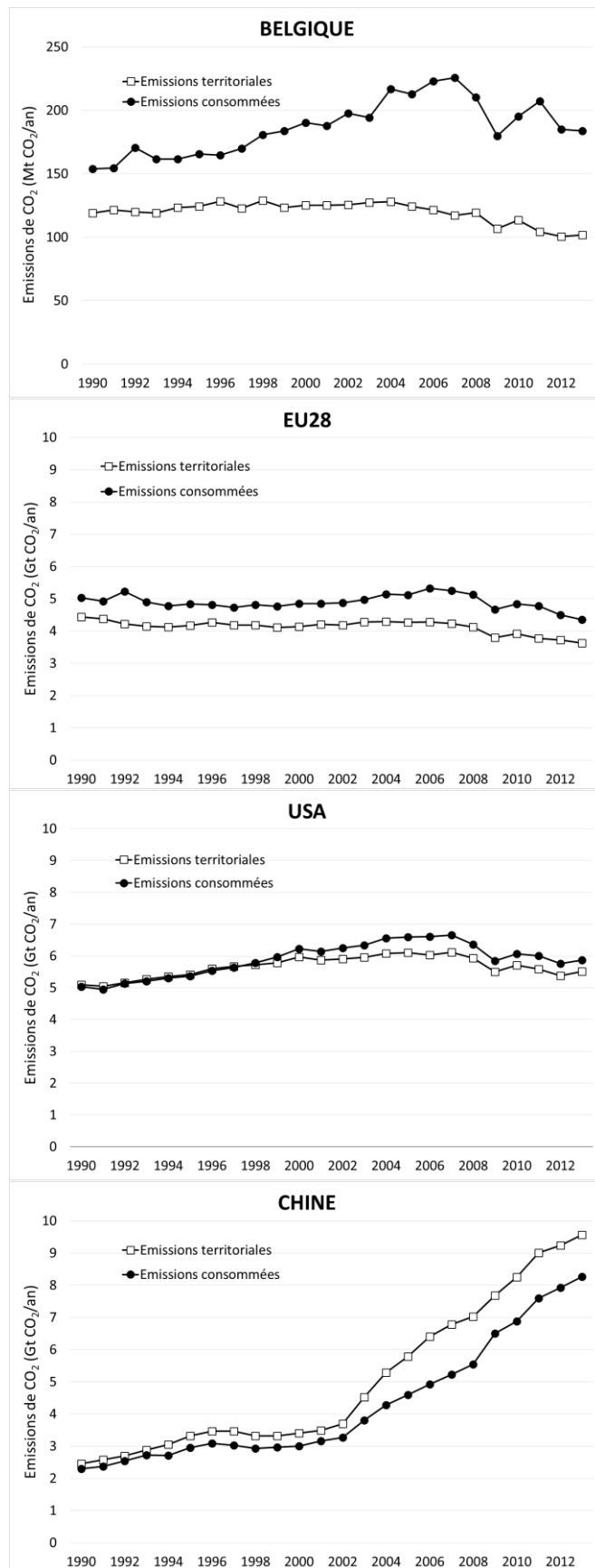
nécessaire à leur production, ni le transport international de ces marchandises (parfois et de plus en plus souvent par voie aérienne) ne sont intégrés dans les émissions territoriales. Pourtant, Ozer et Perrin (2007a) ont rapidement fait le calcul : des produits ‘non food’ vendus dans les hypermarchés belges à la veille des fêtes de fin d’année, rien n’est produit en Belgique alors que plus de 80 % sont « Made in China », le reste provenant –à parts égales– d’Asie du Sud Est et du reste de l’Europe. Il en va de même pour les denrées alimentaires dont la production est délocalisée et dont le transport, souvent par avion car la durée de vie des produits est limitée, est potentiellement fortement émetteur de carbone dans l’atmosphère. Par exemple, sur base d’un folder promotionnel pour un hypermarché en Belgique, et en se référant aux seules promotions vantées dans ledit prospectus, Ozer et Perrin (2007b) ont préparé un repas avec entrée exotique, plats du bout du monde, vins lointains et dessert des Tropiques. Au final, il appert que la distance totale parcourue par les ingrédients frais d’un repas peut aisément dépasser 200.000 km pour des émissions supérieures à 5 kg de CO<sub>2</sub> par convive uniquement dans le transport de ces aliments. Pour remettre cette valeur en perspective, il faut imaginer que si tous les Belges avaient mangé le même repas, les émissions de carbone (ici, uniquement pour le transport des denrées alimentaires) auraient été équivalentes à 18 jours d’émissions totales de CO<sub>2</sub> dans un pays comme le Niger. En 2013, cette étude a été reproduite sur base de la même méthodologie et les émissions de CO<sub>2</sub> s’élevaient alors à près de 9 kg par personne, soit bien plus encore (Ozer, 2013). La figure 4 montre les différences –parfois très importantes– qui existent entre les émissions territoriales et les émissions consommées réelles qui intègrent les flux de marchandises.

Ainsi, en ce qui concerne la Belgique, on notera que si la réduction des émissions territoriales de CO<sub>2</sub> entre 1990 et 2013 a été relativement importante (-14,3 %), les émissions réelles intégrant les flux de marchandises ont été diamétralement opposées, s’inscrivant dans une hausse de +19,2 % (Fig. 4). Donc, la Belgique importait 22,8 % de ses émissions en 1990 contre 44,5% en 2013.

Pour ce qui est des pays de l’UE28, la tendance est similaire quoique moins contrastée puisque la réduction des émissions territoriales de CO<sub>2</sub> entre 1990 et 2013 a été de -18,2 % alors que les émissions réelles n’ont été diminuées que de -13,5 % (Fig. 4), les importations de biens et de services représentant 16,6 % en 2013 par rapport aux 11,8 % en 1990. Mais faut-il rappeler qu’une bonne partie de l’Europe subit une crise financière et économique d’envergure depuis 2008 et que, dès lors, une grande part de sa population est plus regardante à ses dépenses ?

Aux Etats-Unis, la situation est différente. Exportateurs de CO<sub>2</sub> en 1990 (-1,4 %), les USA sont –à l’image de l’Europe– devenus importateurs dès 1999 pour finalement importer plus de +6,0 % en 2013 (Fig. 4). Ainsi, l’augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> est de +8,1 % du point de vue territorial et de +16,7 % en intégrant les flux de marchandises entre 1990 et 2013.

Finalement, la Chine, considérée comme l’industrie du monde, a drastiquement augmenté ses émissions territoriales de CO<sub>2</sub> entre 1990 et 2013 (+289 %) (Fig. 4), mais une part croissante a été due aux exportations (de 6,9 % à 15,7 %, respectivement), en grande partie vers l’UE28 et les USA. En d’autres termes, les pays développés ont délocalisé une bonne part de leur production vers les pays émergents, dont la Chine (Peters *et al.*, 2012).



**Figure 4 :** Emissions territoriales et consommées (intégrant les flux de biens et services) de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des énergies fossiles et à la production de ciment de 1959 à 2013 (d'après les données de Boden *et al.*, 2015).

Chemin faisant, c'est non seulement les émissions de CO<sub>2</sub> que les pays de l'Annexe B délocalisent, mais également les droits sociaux, la qualité de l'air, l'utilisation de l'eau et l'exploitation des sols (Wiedmann, 2016).

Il est estimé que les réductions drastiques d'émissions territoriales de CO<sub>2</sub> à venir (par exemple, -40 % dans l'UE28 d'ici 2030 par rapport à 1990) ne vont qu'amplifier la délocalisation de certaines entreprises vers d'autres régions du globe tout en augmentant l'interdépendance envers certains pays tiers (Scott et Barrett, 2015). Délocaliser sa production de biens et de services va entraîner tout un cortège d'externalités positives et négatives. En ce qui concerne les émissions de GES, elles s'avèrent être positives pour les pays importateurs qui voient leur pollution baisser, parfois drastiquement. Mais ces tendances sont perfides, très certainement conjoncturelles et cachent bien souvent une évolution lourde et structurelle qui va à l'opposé des réductions globales de GES.

A titre d'exemple, la Wallonie a vu ses émissions territoriales de GES chuter de -34,2 % entre 1990 et 2012. Elle va donc bien au-delà de son engagement de réduction de -7,5 % (sur la même période) dans le cadre du Protocole de Kyoto. Mais cette baisse est principalement liée aux fermetures des industries (-55 %) dans les secteurs de la sidérurgie et du verre (délocalisées dans les pays émergents). Car sur la même période, le secteur des transports a augmenté de près de 30 %, notamment à cause de la poursuite de l'étalement de l'habitat (de 1985 à 2013, 5 ha ont été artificialisés par jour en Wallonie) qui rend la mobilité individuelle obligatoire (DGO3, 2015). Cette évolution structurelle vers la répartition diffuse de l'habitat ne tend pas vers un quelconque objectif de développement territorial durable et soutient *de facto* la croissance du parc automobile (+17 % entre 2000 et 2011) et des distances parcourues pour le déplacement de personnes (+39 % de 1990 à 2011) (DGO3, 2015). Par ailleurs, cela ne converge pas non plus vers le principe d'utilisation rationnelle des territoires et des ressources puisque la grande majorité des terrains ainsi artificialisés se fait au détriment des terrains agricoles, ce qui dès maintenant –et à plus forte raison dans le futur– rend plus complexe la mise en place de stratégies et de politiques d'adaptation aux causes et conséquences du réchauffement climatique comme, par exemple, la relocalisation de l'activité agricole biologique en circuit court, notamment maraîchère, engendrant (beaucoup) moins de transports. Ainsi, si on exclut l'industrie et les cokeries, la Wallonie n'aurait pas respecté son engagement envers le Protocole de Kyoto. Si, à cela, on ajoute le transport aérien international qui connaît une croissance extraordinaire ces dernières années (+242 % pour le fret aérien et multiplication par 30 du nombre de passagers aériens entre 1998 et 2013) mais qui n'est pas comptabilisé dans les émissions nationales (car les transports aérien et maritime internationaux sont 'externalisés' dans la catégorie 'bunkers'), on se rend bien vite compte que la réduction des émissions de GES n'est juste qu'une règle comptable et non un objectif intégré et affirmé. Dans ce cas, le seul effondrement territorial de l'industrie lourde donne des latitudes à l'inaction multisectorielle.

Par contre, pour les pays producteurs, c'est tout autre chose. Leurs émissions explosent d'une part car les pays émergents concentrent le résultat des délocalisations occidentales et, d'autre part, car leur mix énergétique s'appuie majoritairement sur des énergies fossiles dont, en première ligne, le charbon qui est le plus émetteur en CO<sub>2</sub>. La Chine est l'exemple le plus affirmé de cette situation. En 2004, 38,6 % du charbon utilisé dans le monde était brûlé en Chine. En 2014, c'est plus de la moitié du charbon mondial qui est utilisé en Chine (BP, 2015). Un tel recours au charbon pèse lourdement dans le mix énergétique

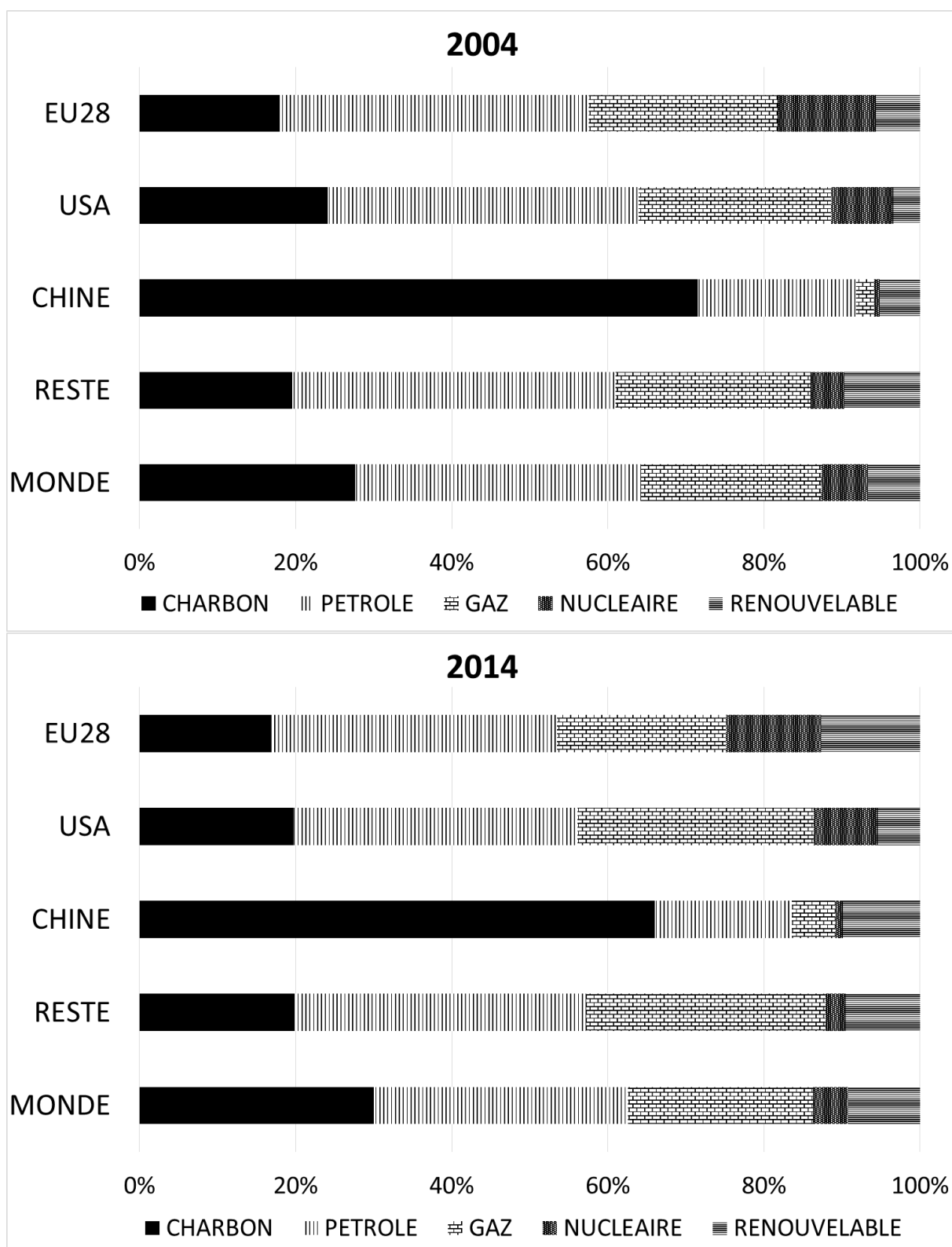


chinois (Fig. 5). En 2004, il représentait 72 % du total énergétique. Cette proportion se réduit progressivement puisqu'il ne représente plus que 66 % en 2014, ce qui reste néanmoins extraordinairement élevé. Pendant de trop nombreuses années, les pays développés ont donc été complices de l'élévation extrêmement rapide des GES en délocalisant une bonne partie de leur production dans les pays émergents sans accompagner ces derniers dans des programmes de développement d'énergies non carbonées. Cependant, la Chine opère un tournant important ces dernières années en amplifiant ses politiques de déploiement des énergies renouvelables. En une décennie, la Chine a triplé sa production d'énergie hydraulique et a multiplié par soixante sa production électrique solaire et éolienne. Loin derrière les Etats-Unis et l'UE28 en 2004, la Chine deviendra fort probablement le leader mondial en termes d'énergies renouvelables en 2016. En 2014, les énergies renouvelables représentaient 10 % du mix énergétique chinois, contre 5 % dix ans plus tôt. Actuellement, seule l'UE28 fait mieux avec 12,6 % de renouvelables dans son mix énergétique. Ceci étant dit, à l'analyse de la figure 5, il semble difficile de voir des modifications flagrantes dans le mix énergétique global sur une décennie. On assiste donc ici à une relative inertie de la transition énergétique.

### **Les changements climatiques, une part de l'effondrement**

Dans l'évaluation des conséquences des changements climatiques à venir, il est inutile d'être alarmiste. Il nous faut raison garder et nous ressourcer dans ce que les récentes catastrophes peuvent nous enseigner. Le premier constat, universel, est de prendre conscience des modifications passées et à venir et de remettre le tout dans la capacité de nos sociétés à pouvoir s'y adapter. Ainsi, une société peut-elle apprivoiser et absorber des modifications structurelles dans les domaines de la disponibilité des ressources en eau, de l'érosion de la biodiversité, de l'élévation des niveaux marins, des nouvelles problématiques de santé publique, et de la souveraineté alimentaire ? Tout sera une question d'adaptation. Mais pour s'adapter, tout devient une question de célérité du changement. Si le changement est plus rapide que la capacité de nos sociétés à pouvoir s'y adapter, et surtout si ces changements influent simultanément sur plusieurs domaines, la crise sera structurelle et insoutenable. Or, nos sociétés sont conduites par l'inertie, qu'elle soit technologique (nos voitures, depuis la génération de mes grands-parents jusqu'à celle de ma fille, fonctionnent au moteur à explosion), politique (le temps de mettre en œuvre une résolution et qu'elle porte ses fruits), consumériste (comment changer les habitudes de consommation alors que celles-ci sont formatées par le système dominant tel que les lobbies et la publicité), etc. Dès lors, il est nécessaire de tenir compte de ces limitations et freins pour prétendre pouvoir s'adapter aux effets du changement climatique.

Il y a lieu de s'interroger également sur la définition des impacts des changements climatiques. Sont-ils ceux mesurés (avec, par exemple, des pluviomètres) ou ceux perçus par la population ? Dans le deuxième cas, cela devient beaucoup plus complexe à quantifier et à interpréter. Ainsi, dans le Sahel, il appert que la grande majorité des populations rurales a une perception des variations pluviométriques totalement opposée à ce qui est réellement mesuré dans les stations météorologiques (Ozer et Perrin, 2014 ; de Longueville *et al.*, 2016).



**Figure 5** : Mix énergétique de différents pays/régions en 2004 et 2014. Renouvelable inclus l'énergie hydraulique, solaire et éolienne (d'après les données de BP, 2015).

Une telle différence d'appréciation pourrait provenir de l'érosion progressive mais constante de la résilience de ces populations dans un système dont l'immunité diminue graduellement à cause de tendances anthropiques lourdes (Ozer et de Longueville, 2015). Ainsi, de 1961 à 2013, la population du Niger –de même que les superficies cultivées et les besoins en bois de feu– a été multipliée par cinq, alors que le cheptel a triplé. Durant cette période, le sous-investissement dans le secteur agricole s'est traduit par une diminution des rendements ; l'accroissement de la superficie des terres agricoles étant dès lors la seule réponse apportée pour accompagner l'augmentation importante de la population humaine. Or, depuis le début des années 2010, tant les terres agricoles que celles dédiées à l'élevage ne suffisent plus. Les ressources disponibles sont saturées et toute nouvelle parcelle agricole s'installe sur des sols ou dans des climats trop fragiles. De même, les ressources disponibles pour nourrir le cheptel grandissant se contractent, ce qui mène *de facto* au surpâturage, à l'accélération de la dégradation environnementale et à des tensions de plus en plus vives et violentes entre agriculteurs et éleveurs. C'est ce que l'on pourrait appeler des points de basculement (*tipping points*) à partir desquels une série de petits changements ou d'incidents mineurs deviennent assez importants que pour déstabiliser le système entier (Lenton *et al.*, 2008). Dans les faits, cela se traduit par le fait qu'une année pluviométrique 'normale' peut être rapidement perçue comme étant défavorable.

Dès lors, que se passera-t-il dans un avenir proche si une sécheresse similaire à celle subie dans le Sahel en 1984-1985 devait se reproduire ? Une catastrophe de très grande ampleur, ni plus ni moins, qui pourrait déboucher sur un ou plusieurs conflits armés dans une région précarisée déjà minée par différents mouvements terroristes d'idéologie salafiste djihadiste (AQMI, Boko Haram, Mujao, etc.). Car l'effet de ce déficit pluviométrique serait amplifié par la dégradation continue de l'environnement tout en gardant à l'esprit que la population à secourir est autrement plus importante qu'il y a quelques décennies.

Les stress climatiques exceptionnels représentent des chocs qui, souvent, peuvent provoquer l'effondrement d'un système déjà moribond juxtaposant un contexte politique ou ethnique fragilisé, des inégalités grandissantes, une pauvreté généralisée, la faiblesse des institutions, etc. Les récents exemples ne manquent pas. En 2009, Brown et Crawford publiaient leur lumineux papier intitulé « *Rising temperatures, rising tensions* » dans lequel ils soulignaient les menaces importantes engendrées par le changement climatique sur le risque de conflits au Moyen Orient. On connaît maintenant la tragédie qui touche la Syrie depuis 2011 et qui, de toute évidence, a été partiellement déclenchée par la terrible sécheresse (la pire observée depuis le début des enregistrements) qui a touché le pays de 2007 à 2010, causant insécurité alimentaire, réduisant l'accès à l'eau, provoquant une mortalité très importante du cheptel et, au final, poussant près de 20 % de la population rurale syrienne à migrer vers les principales villes du pays (Kelley *et al.*, 2015). Ces rapides et massives migrations internes non prises en charge par le gouvernement en place additionnées à l'afflux de réfugiés irakiens fuyant sécheresse et guerre, ont servi de catalyseur au mécontentement rampant. Ailleurs, en Afrique de l'Est, c'est peut-être une nouvelle tragédie qui se prépare à nouveau. La région connaît, elle aussi, des déficits pluviométriques d'une rare violence depuis 2007 (Ozer et Mahamoud, 2013 ; Philippon *et al.*, 2014). Cette situation tend à s'aggraver inexorablement depuis. Le 30 janvier 2016, lors d'un Sommet de l'Union africaine, le Secrétaire général des Nations unies, Ban Ki-moon, réclamait une assistance humanitaire immédiate pour plus de dix millions d'Ethiopiens confrontés à la pire sécheresse depuis le Live Aid de 1985.

## Les littoraux et les changements climatiques ou l'œuf et la poule

Les régions littorales, notamment dans les zones deltaïques densément peuplées et à faible énergie de relief, sont fortement menacées par l'augmentation du niveau de la mer. Mais l'évolution d'une côte, cette fragile interface entre la terre et la mer, dépend d'une multitude de paramètres. Elle est en effet fonction de la subsidence des sols, de la rupture d'approvisionnement en sédiments par les fleuves à cause des barrages qui stockent les alluvions, de la dégradation de la végétation littorale naturelle (mangrove), des prélèvements de sédiments dans le lit des rivières ou à même la plage pour rencontrer la demande sans cesse croissante du secteur de la construction ou encore, localement, d'aménagements côtiers irréflechis.

Souvent, les causes du retrait des littoraux n'ont pas été anticipées. Le cas de la Sardaigne est exemplatif. Centrée depuis la nuit des temps sur son économie rurale, cette île italienne au cœur de la Méditerranée va connaître trois 'révolutions' successives autour du milieu du 20<sup>e</sup> siècle : l'assainissement des marécages littoraux, la gestion de l'eau et le développement du tourisme. La première a été initiée par le régime fasciste de Mussolini dès les années 1930, avec pour conséquence l'éradication du paludisme en Sardaigne et la bonification des terres à des fins agricoles. Les côtes jusqu'alors délaissées par les Sardes vont progressivement être occupées par l'Homme de l'intérieur des terres. Ensuite, dans l'après-guerre, la Sardaigne va déployer une vaste politique de gestion de l'eau via la construction de dizaines de barrages ; l'objectif étant –dans une région semi-aride– très clair : « *Non una goccia d'acqua al mare se prima non abbia fecondato la terra* » (Pas une goutte d'eau à la mer sans qu'elle ait préalablement fécondé la terre) peut-on lire en lettres d'or au barrage emblématique sur la rivière Flumendosa, symbole de cette maîtrise de l'eau pour développer les secteurs agricole et industriel tout en assurant un approvisionnement continu en eau potable à la population insulaire, surtout pendant la sécheresse estivale, période touristique vitale dans l'économie sarde. Dans les années 1960, sous l'impulsion du richissime Prince Karim Aga Khan, chef spirituel des ismaéliens nizârites, le tourisme balnéaire va se développer à une vitesse insoupçonnée. Les Sardes vont comprendre que leurs littoraux avec les magnifiques vastes plages sauvages valent de l'or et vont délaissier l'intérieur des terres et, par conséquence, les activités agricoles et pastorales pour le tourisme de masse. Or, ces dernières décennies, les littoraux sont en proie à l'érosion, ce qui met à mal l'industrie touristique qui a tout misé sur ses plages pour attirer le vacancier. Est-ce là une conséquence du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer Méditerranée ? Probablement, mais alors de manière presque insignifiante. Les causes principales, dans ce processus, résident dans le fait que les 57 barrages construits durant ces soixante dernières années, l'abandon de nombreuses superficies agricoles, la diminution du cheptel –un temps en surnombre et responsable de surpâturage–, le reboisement des versants abandonnés, ainsi que la lutte contre les incendies de forêt et contre la désertification sont autant de paramètres qui contribuent à la réduction de l'érosion des sols et à la diminution de l'approvisionnement des plages en sédiments. Ainsi, nous avons assisté en Sardaigne à la mise en place de politiques raisonnées de développement, d'adaptation à l'aridité et de préservation de l'environnement qui, progressivement, ont eu des externalités négatives non anticipées sur l'évolution des plages et –donc– d'un pan entier de l'économie insulaire.

Si l'exemple de la Sardaigne est très didactique, retenons néanmoins que la densité de population y est faible et par ailleurs en constante diminution. Or, dans les pays émergents, les

processus de changement sont beaucoup plus rapides. Les mégalo-poles, villes de plus de 10 millions d'habitants (soit l'équivalent de la population de la Belgique), sont passées de dix en 1990 à vingt-huit en 2014, dont seize en Asie (DESA, 2015). Le développement de ces mégalo-poles s'observe principalement le long des océans, là où l'activité industrielle est maximale avec un accès direct à la mer pour le transport des marchandises dont l'exportation des biens de consommation dans le monde entier, majoritairement vers les pays développés. Or, un développement démographique et économique aussi rapide a des conséquences environnementales extraordinaires sur ces villes. A commencer par l'érosion des littoraux à une vitesse souvent imprévisible car tous les ingrédients envisageables y sont réunis, notamment suite à la construction de barrages hydroélectriques pour pouvoir s'assurer une indépendance énergétique mais également –à l'avenir– pour pouvoir remplir ses objectifs de réduction d'émissions de GES comme décidé à la COP21. Alors que le niveau des mers s'élève, en moyenne, de 3 mm par an ces dernières décennies, la subsidence mesurée dans les deltas est souvent bien plus significative. Dans les grandes villes asiatiques, ces vitesses d'enfoncement sont souvent très importantes : 90 mm par an dans le delta du Yangtze (Chine) durant les années 1980 ; plus de 50 mm par an entre 2007 et 2011 dans le delta du Fleuve Rouge (Vietnam) ; ou encore entre 42 et 72 mm par an dans les six plus importantes villes côtière indonésiennes (Gemenne *et al.*, 2016).

Au Vietnam, le delta du Mékong, le troisième plus grand du monde en termes de superficie, très densément peuplé, considéré comme le plus important grenier à riz de l'Asie du Sud-Est et d'une richesse insoupçonnée en biodiversité à l'échelle mondiale, est également de plus en plus touché par les activités humaines et exposé à la subsidence et à l'érosion côtière. Au cours des cinquante dernières années, 371 barrages, dont six très importants, ont été construits en amont du delta et près de cent autres, dont onze de grande envergure, sont désormais planifiés à l'horizon 2020 (Winemiller *et al.*, 2016). Anthony *et al.* (2015) ont mesuré l'évolution des littoraux entre 2003 et 2012 sur les 600 km de rivages qui constituent le delta. L'érosion (>50 % du trait de côte) domine les récentes fluctuations du rivage, s'accélère significativement, et est due à la diminution significative des alluvions amenées à l'embouchure à cause de la rétention des sédiments par les barrages, à l'extraction à grande échelle de sable commercialisé dans les lits fluviaux et à même le delta, et à la subsidence due à l'extraction de l'eau souterraine pour satisfaire les besoins en eau d'une population sans cesse croissante. En effet, la ville de Ho Chi Minh s'enfonce actuellement de 40 mm par an, et le reste du delta enregistre une subsidence annuelle de 15 à 30 mm. Si les pompages continuent au rythme actuel, la subsidence pourrait atteindre 88 cm d'ici 2050 à laquelle il faudra ajouter l'augmentation du niveau des océans, soit une augmentation relative du niveau de la mer supérieure à un mètre (Erban *et al.*, 2014). L'érosion des côtes est déjà responsable du déplacement de populations dans le delta du Mékong. Il est hautement probable que le delta se rétractera encore plus vite puisque la population à Ho Chi Minh devrait encore augmenter (de 2 à 7,1 puis 10,2 millions d'habitants en 1970, 2014 et 2030, respectivement) – et avec elle, la subsidence– et que l'érosion littorale sera exacerbée par les effets de la construction future des barrages hydroélectriques (Anthony *et al.*, 2015 ; DESA, 2015).

Notons que, en ne tenant compte que de la seule variation du niveau de la mer, les impacts sociaux et économiques seront extrêmement conséquents. Chaque centimètre compte et l'ampleur de l'élévation des océans dépendra de la rapidité et de l'envergure des mesures de mitigation des émissions de GES. Sur base de différents scénarios, Hinkel *et al.* (2014) ont estimé que, sans adaptation, entre 0,2 à 4,6 % de la population mondiale devrait être inondée

chaque année dans les zones côtières en 2100 en fonction de l'élévation moyenne globale du niveau de la mer (soit entre 25 et 123 cm). Les pertes économiques annuelles prévues varieraient alors entre 0,3 et 9,3 % du produit intérieur brut (PIB) mondial. Des pertes et préjudices de cette ampleur sont très peu susceptibles d'être tolérés par la société et il est donc hautement probable que les mesures d'adaptation (aménagement côtiers comme des digues) seront alors généralisées. Mais le coût annuel global d'investissement et d'entretien pour la protection des côtes sera important, variant entre 12 et 71 milliards de dollars selon le scénario envisagé. Quoique très onéreux, le prix à payer sera néanmoins beaucoup plus faible que le coût global des dommages évités.

Dès lors, deux questions se posent. La première, scientifique, concerne le coût global en intégrant les perturbations à l'échelle des bassins versants (impact des barrages) et localement (notamment la subsidence). Jusqu'à présent, il est impossible de répondre à cette question (Hinkel *et al.*, 2014) par manque de données en suffisance. La deuxième, éthique, est de savoir qui pourra réellement mettre en place des politiques d'adaptation aussi coûteuses. Pour certaines sociétés, il est hautement probable que la lutte contre les effets de l'élévation des mers sera tout simplement inabordable. C'est là toute la question de la justice climatique qui est soulevée et qui peut être résumée par la comparaison suivante : « Depuis 2008, et jusque 2050, les Pays-Bas allouent une somme d'un milliard d'euros annuellement pour consolider et surélever les digues protectrices. Il en coûte donc aux Pays-Bas 0,2 % de son PIB annuel pour entretenir les infrastructures existantes. Par contre, cette même somme représente 2,4 % du PIB annuel du Bangladesh pour protéger 22000 km<sup>2</sup> de son territoire dont l'altitude ne dépasse pas 1,5 mètre et où vivent 17 millions de personnes ; alors même que les infrastructures de défense sont absentes. Et la situation est bien pire encore en Mauritanie, pays par ailleurs dramatiquement frappé par la désertification, où la capitale Nouakchott concentre 40 % de la population nationale dont près de la moitié vit sous le niveau de la mer simplement protégée par un cordon dunaire dont l'épaisseur se contracte chaque année. Là, un milliard d'euros équivaut à 57 % du PIB national... » (Ozer, 2010).

## Conclusion

Le réchauffement planétaire est un enjeu global. Son origine est clairement liée à l'augmentation constante des émissions de GES dues aux activités humaines. Historiquement premiers responsables de ces émissions, les pays industrialisés ont été dépassés en 2011 par les pays en développement et émergents du continent asiatique. Cependant, un ressortissant d'un pays du Nord reste actuellement globalement responsable de trois fois plus d'émissions de CO<sub>2</sub> qu'un habitant du Sud. En outre, une bonne part de la diminution des émissions de GES des pays du Nord est imputable aux délocalisations des industries polluantes dans les pays émergents. La rapidité effrayante du développement de certains pays, notamment asiatiques, ne se fait pas toujours de façon harmonieuse. Là, plus qu'ailleurs, les populations migrent et se concentrent le long des littoraux. Ce qui, dans un contexte de changement climatique, accentue la vulnérabilité de ces sociétés à l'élévation du niveau de la mer et aux extrêmes climatiques (cyclones tropicaux, pluies torrentielles, inondations, vagues de chaleur, etc.). La question essentielle reste de savoir si nos sociétés auront les capacités d'adaptation requises pour faire face aux stress climatiques et environnementaux à venir, et jusqu'à quelle magnitude de changement. Il est malheureusement probable que tous n'y arriveront pas.

Actuellement, tous les indicateurs démographiques, énergétiques et environnementaux sont dans le rouge : les températures ne cessent d'augmenter, de même que les émissions de GES alors que les zones forestières et les richesses de la biosphère ne font que se contracter ; le tout dans un contexte démographique qui devrait s'enrichir de deux milliards d'êtres supplémentaires d'ici 2050. Finalement, notons que les besoins énergétiques globaux sont toujours couverts à hauteur de 86 % par les énergies fossiles. L'Accord de Paris signé à la COP21 en décembre 2015 ouvre de nouvelles perspectives pour l'évolution du climat et ses pertes et préjudices envisageables pour nos sociétés. Reste à voir si, quand et comment il sera mis en œuvre. Tout reste donc possible, le meilleur comme le pire.

## Références

- Anthony, E.J., Brunier, G., Besset, M., Goichot, M., Dussouillez, P., Nguyen, V.L., 2015. Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific reports*, 5, doi:10.1038/srep14745
- Blunden, J., Arndt, D.S., 2015. State of the Climate in 2014. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96 (7), S1-S267.
- Boden, T.A., Marland, G., Andres, R.J., 2015. *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2015. Published online December 2015, retrieved on January 20, 2016 from <http://cdiac.ornl.gov/GCP/>
- BP, 2015. *BP Statistical Review of World Energy 2015*. BP, London, UK. Published online June 2015, retrieved on January 20, 2016 from <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Brown, O., Crawford, A., 2009. *Rising Temperatures, Rising Tensions. Climate change and the risk of violent conflict in the Middle East*. International Institute for Sustainable Development (IISD), Manitoba, Canada, 42 p.
- De Longueville, F., Hountondji, Y.C., Kindo, I., Gemenne, F., Ozer, P., 2016. Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950–2013). *International Journal of Climatology*, in press, doi:10.1002/joc.4640
- DESA, 2015. *World Urbanization Prospects - The 2014 Revision*. Department of Economic and Social Affairs (DESA), Population Division. United Nations, New York, USA, 517 p.
- DGO3, 2015. Les indicateurs clés de l'environnement wallon 2014 (ICEW 2014). Direction de l'Etat Environnemental, SPW - DGO3 - DEMNA – DEE, 207 p.
- Erban, L.E., Gorelick, S.M., Zebker, H.A., 2014. Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, 9, 084010.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2016. *FAOSTAT*. FAO Statistics Division, retrieved on January 20, 2016 from <http://faostat.fao.org/>
- Gardner, A.S., Moholdt, G., Cogley, J.G., *et al.*, 2013. A reconciled estimate of glacier contributions to sea level rise: 2003 to 2009. *Science*, 340, 852-857.
- Gemenne, F., Blocher, J., de Longueville, F., Perrin, N., Vigil, S., Zickgraf, C., Ozer, P., 2016. How climate extremes are affecting the movement of populations in the Asia Pacific region. *In: Global*

- implications of development, disasters and climate change: Responses to displacement from Asia Pacific [Price, S., Singer, J. (eds.)]. Routledge, Oxon, UK, 21-40.
- Gleckler, P.J., Durack, P.J., Stouffer, R.J., Johnson, G.C., Forest, C.E., 2016. Industrial-era global ocean heat uptake doubles in recent decades. *Nature Climate Change*, published online 18 January 2016, doi:10.1038/nclimate2915
- Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A.T., *et al.*, 2014. Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 3292-3297.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.
- Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., Kushnir, Y., 2015. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 3241-3246.
- Le Quéré, C., Moriarty, R., Andrew, R.M., *et al.*, 2015. Global carbon budget 2015. *Earth System Science Data*, 7, 349-396.
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.J., 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 1786-1793.
- NASA, 2016. *Global Annual Mean Surface Air Temperature Change*. Published online January 2016, retrieved on January 20, 2016 from [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/fig.A2.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt)
- NOAA, 2016. *State of the Climate: Global Analysis for Annual 2015*. Published online January 2016, retrieved on January 20, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>
- Ozer, P., 2010. L'impact de la crise climatique dans les pays en développement. *In: Refonder les politiques de développement. Les relations Nord-Sud dans un monde multipolaire* [Zacharie, A. (ed.)]. La Mulette, Le Bord de l'Eau, Paris, France, 113-124.
- Ozer, P., 2013. Le coût CO<sub>2</sub> du réveillon de Noël : au Carrefour des choix. *Marianne Edition Belge*, 14 décembre 2013, 44-45.
- Ozer, P., de Longueville, F., 2015. *Climate change perception and migration: questioning the immunity of the system. The case of Niger*. Paper presented at the "Human Migration and the Environment: Futures, Politics, Invention" Conference, Durham University, UK, 28th June – 1st July, 2015.
- Ozer, P., Mahamoud, A., 2013. Recent extreme precipitation and temperature changes in Djibouti City (1966–2011). *Journal of Climatology*, 2013, Article ID 928501, 8 p. doi:10.1155/2013/928501
- Ozer, P., Perrin, D., 2007a. Les Chinois croient au Père Noël. *Le Soir*, 13 décembre 2007, 20.
- Ozer, P., Perrin, D., 2007b. Noël en famille ou 15 litres de pétrole. *La Libre Belgique*, 30 janvier 2007, 20.
- Ozer, P., Perrin, D., 2014. Eau et changement climatique. Tendances et perceptions en Afrique de l'Ouest. *In : Eau, milieux et aménagement : une recherche au service des territoires* [Ballouche, A., Taïbi, A.N. (eds.)]. Presses universitaires d'Angers, Angers, France, 227-245.



- Peters, G.P., Davis, S.J., Andrew, R., 2012. A synthesis of carbon in international trade. *Biogeosciences*, 9, 3247–3276.
- Philippon, N., Camberlin, P., Moron, V., Gitau, W., Ozer, P., 2014. Évolution récente des précipitations de mars-mai en Afrique de l'Est: configurations spatiales et évolution sub-saisonnière. *In* : Actes du 27e Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie [Camberlin, P., Richard, Y. (eds.)]. Université de Bourgogne, Dijon, France, 687-692.
- Scott, K., Barrett, J., 2015. An integration of net imported emissions into climate change targets. *Environmental Science and Policy*, 52, 150-157.
- Tian, H., Chen, G., Lu, C., *et al.*, 2015. Global methane and nitrous oxide emissions from terrestrial ecosystems due to multiple environmental changes. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1, 1-20.
- Wiedmann, T., 2016. Impacts embodied in global trade flows. *In*: Taking stock of industrial ecology [Clift, R., Druckman, A. (eds.)]. Springer International Publishing, 159-180.
- Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., *et al.*, 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351, 128-129.