Techniques de l'Ingénieur

Réf. : **SE4240**

Date de publication :
10 novembre 2015

Conséquences économiques du changement climatique

Cet article est issu de : **Environnement - Sécurité | Sécurité et gestion des risques**

par **Sylvie FAUCHEUX**

Résumé Cet article traite des conséquences économiques du changement climatique qui servent de base à la conférence sur le climat de Paris (COP 21). Après un rappel du cadre, de l'historique et des enjeux du processus international de décisions sur le climat, les coûts de son changement sont exposés. Il s'agit à la fois des coûts des impacts et des coûts des politiques d'adaptation. Les coûts et les bénéfices des politiques d'atténuation sont ensuite analysés, et des recommandations en faveur d'une décarbonisation de l'économie sont proposées.

Abstract This article discusses the economic consequences of climate change, among the considerations that underpin negotiations at the Paris Climate Conference (COP 21) in December 2015. After briefly retracing the framework, history and key issues of the international climate discussions, an overview is given of the costs associated with climate change. There are, on the one hand the costs of the environmental impacts of climate change and, on the other hand the costs of adaptation measures. This is followed by analysis of the benefits and costs associated with mitigation policies and, by suggestions in favour of "decarboning" the economy.

Pour toute question :
Service Relation clientèle - Techniques de l'Ingénieur
Pleyad 1 - 39, bd Ornano
93200 Saint-Denis

Par mail :
infos.clients@teching.com
Par téléphone :
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **03/02/2016**
Pour le compte : **7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153**

© Techniques de l'Ingénieur | tous droits réservés

Conséquences économiques du changement climatique

par **Sylvie FAUCHEUX**
Professeur en sciences économiques, CNAM-LIRSA, Paris, France

1.	**Coûts économiques du changement climatique**	SE 4 240	- 2
1.1	Impacts globaux du changement climatique	—	2
	1.1.1 Sur les systèmes climatiques	—	4
	1.1.2 Sur les grands systèmes écologiques	—	4
	1.1.3 Sur les systèmes socio-économiques	—	4
1.2	Conséquences économiques des impacts et des mesures d'adaptation	—	5
	1.2.1 Coût global de l'inaction : le risque d'une récession économique mondiale d'une ampleur inégalée	—	5
	1.2.2 Question de l'adaptation et de son financement	—	5
	1.2.3 Inégalité géographique des vulnérabilités et des conséquences économiques	—	6
2.	**Conséquences économiques des politiques de lutte contre les changements climatiques**	—	7
2.1	Politiques d'atténuation	—	7
	2.1.1 Vers des engagements et politiques volontaires, décentralisés et disparates	—	7
	2.1.2 Coût des politiques d'atténuation	—	8
	2.1.3 Lancinante question du financement des politiques de lutte contre le changement climatique	—	9
2.2	Lutte contre le changement climatique en tant qu'opportunité économique mondiale	—	9
	2.2.1 Enjeu des éco-innovations en termes de compétitivité	—	9
	2.2.2 Rôle crucial des « *smart cities* »	—	10
	2.2.3 Décarbonisation de l'économie et compétitivité internationale : les clés de la réussite	—	10
3.	**Conclusion**	—	10
4.	**Glossaire**	—	11
Pour en savoir plus		Doc. SE 4 240	

À la suite de la première conférence mondiale sur l'environnement et le développement en 1992 à Rio, la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC) a été soumise à l'ensemble des pays de la planète. Ratifiée par 196 d'entre eux, elle constitue le principal référent institutionnel à l'échelle mondiale sur lequel sont élaborées les politiques et mesures en faveur du climat. Le suivi du respect des engagements au titre de la convention, l'organisation des politiques scientifiques, institutionnelles, financières ainsi que la construction du processus décisionnel sont conçus au sein de la conférence des parties (COP). La COP rassemble la totalité des pays signataires appelés « les parties » à la convention. Elle se réunit chaque année afin de prendre des décisions, à l'unanimité ou par consensus, pour respecter les objectifs de lutte contre le changement climatique (CC) et se tient sur la base d'une rotation géographique dans un des pays des cinq groupes régionaux de l'Organisation des Nations unies : Asie-Pacifique, Europe de l'Est, Europe de l'Ouest, Amérique latine-Caraïbes et Afrique.

La COP sollicite l'expertise scientifique du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évaluation du climat (GIEC et IPCC en anglais) instauré en 1988 par les Nations unies et l'Organisation météorologique mondiale. Les rapports

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

récurrents du GIEC ont rythmé les étapes des politiques climatiques. Le premier, publié en 1990, a pesé sur l'adoption de la convention cadre des Nations unies en 1992. Le deuxième, paru en 1996, a conduit au protocole de Kyoto, signé en 1997. En 2000, le troisième a proposé la notion d'adaptation qui a été au cœur des négociations ultérieures. Le quatrième, datant de 2007, a introduit la limitation à 2 °C de la hausse de température à ne pas franchir, ce qui a été discuté à Copenhague en 2009, puis à Cancún en 2010. Il est permis de penser que le cinquième rapport de 2014 (produit par plus de 800 scientifiques) permettra d'aboutir à des décisions ambitieuses, scellées au sein de ce que d'aucuns qualifient déjà d'« accord de Paris ».

Le protocole de Kyoto a défini pour la première fois des engagements chiffrés de réduction des émissions. 188 pays signataires de la convention cadre des Nations unies l'ont signé. Beaucoup moins l'ont ratifié, à commencer par les États unis qui sont sortis du dispositif de Kyoto lors de la COP 6 à Bonn, en 2001. Il est néanmoins entré en vigueur le 16 février 2005. Le succès d'un tel système requiert une coordination de l'action collective internationale, non seulement pour contrôler les engagements pris, comme le protocole l'impose depuis 2008, mais également pour la négociation sur l'après 2012, date à laquelle il devait expirer à la faveur d'un nouvel accord dont l'entrée en vigueur était prévue pour 2020. Or, les COP successives ne sont pas parvenues à trouver un nouveau protocole, notamment lors de la conférence de Copenhague en 2009 sur laquelle beaucoup d'espoirs étaient fondés.

Si la première période d'engagement du protocole de Kyoto, qui s'est achevée en 2012, a bien connu une baisse des rejets de certains pays développés, elle a vu aussi l'explosion de ceux issus des pays émergents, la Chine en tête.

Or, le dernier rapport du GIEC (sorti en 2014) affirme, avec une certitude (de 95 %) plus grande que les évaluations précédentes, que les facteurs anthropiques (déforestations, rejets de méthane, et surtout émissions de CO_2 liées à l'usage des combustibles fossiles) sont la cause prédominante du réchauffement observé depuis le milieu du XIX^{e} siècle. L'influence de l'homme sur le système climatique est donc indéniable avec des conséquences observées sur tous les continents et, si on ne le maîtrise pas, des incidences graves, généralisées et irréversibles pour les sociétés humaines et les écosystèmes.

Les défis sont donc sans précédent pour cette COP 21. Elle doit parvenir à un accord international permettant de contenir le réchauffement global en deçà de 2 °C et s'appliquant, cette fois, à tous les pays. En d'autres termes, il est indispensable de trouver le mode d'insertion des pays en développement (PED), dont la Chine, qui ne sont pas contraints aujourd'hui dans le protocole de Kyoto et de faire revenir les États-Unis dans le dispositif multilatéral (sachant que ces deux pays pèsent pour plus de 42 % dans les émissions mondiales de CO_2).

De nombreux obstacles demeurent et ont tous pour origine des questions économiques. Cet article traite des conséquences économiques du CC. Dans une première section sont discutés les coûts des impacts du CC et les coûts d'adaptation. La seconde section aborde les coûts des politiques d'atténuation, de leurs financements et des opportunités de relance économique qu'elles offrent.

1. Coûts économiques du changement climatique

1.1 Impacts globaux du changement climatique

Dans le cadre de la COP 21, la communauté internationale s'est fixée comme objectif d'agir pour limiter le réchauffement planétaire à + 2°C par rapport à l'ère industrielle ; faute de quoi, ce sont + 4 à + 5 °C d'ici à l'an 2100 auxquels il faudra s'attendre avec des dommages irréversibles.

« 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. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations de gaz à effet de serre ont augmenté » [1].

Les plus pauvres en seront les principales victimes [2]. L'augmentation de la température moyenne (à titre d'exemple 1 °C pour la France d'ici à 2050) ne sera pas l'effet le plus prégnant. Sans prétendre à l'exhaustivité, quelques impacts majeurs sont soulignés dans ce qui suit (figure **1**).

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

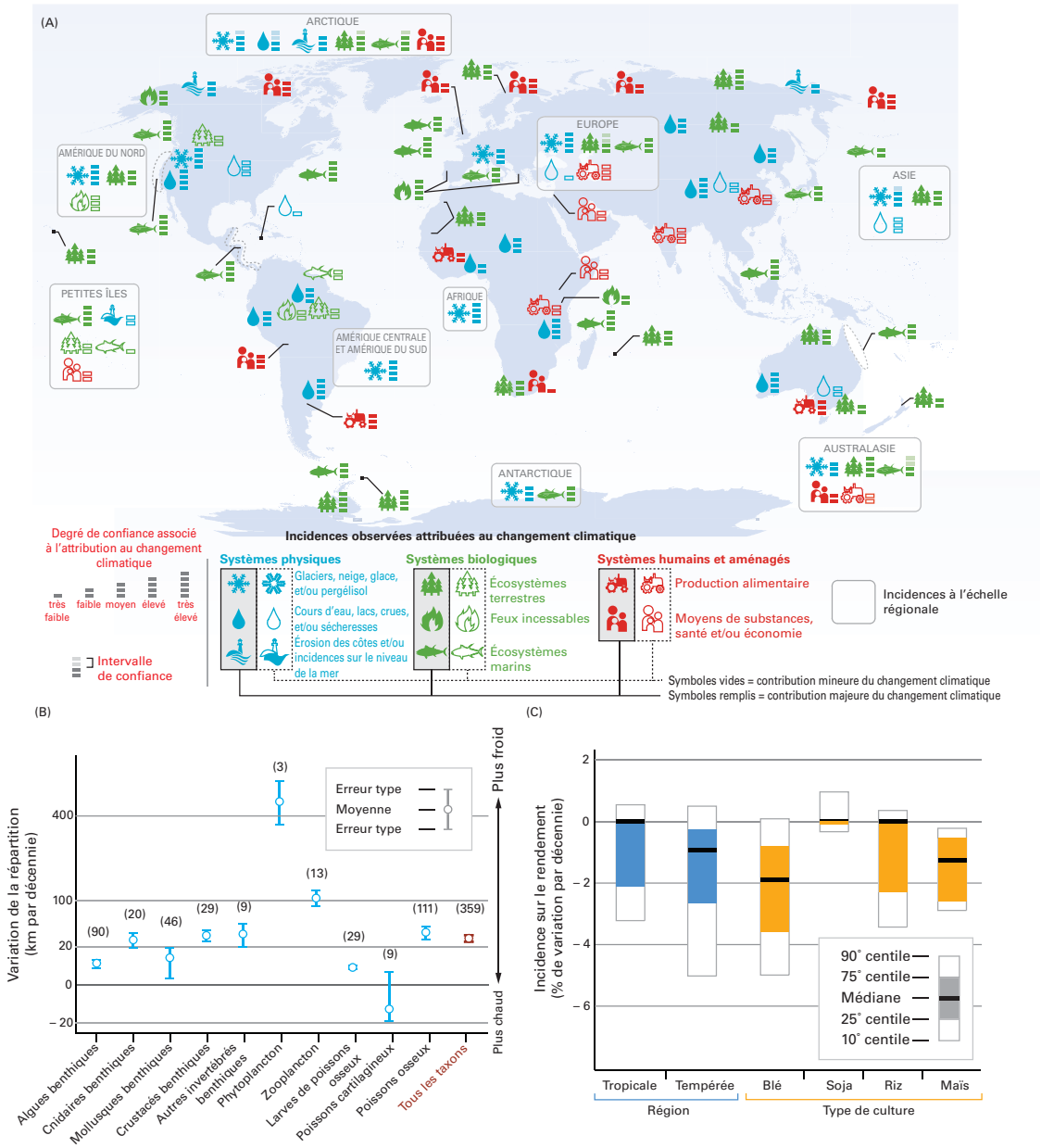

Figure. RID.2 | Répercussions à grande échelle dans un monde en pleine évolution. A) Tendances mondiales des incidences attribuables au changement climatique observées au cours des dernières décennies, fondées sur les résultats des études réalisées depuis la publication du quatrième Rapport d'évaluation. Les incidences sont indiquées à diverses échelles géographiques. Les symboles indiquent le type d'incidence, la contribution relative du changement climatique (majeure ou mineure) aux incidences observées, et le degré de confiance correspondant. Voir le tableau supplémentaire RID.A1 pour une description des incidences. B) Taux moyens de variation de la répartition (km par décennie) des groupes taxonomiques marins, fondés sur les observations recueillies de 1900 à 2010. Les changements positifs de la répartition correspondant au réchauffement (migration vers des eaux auparavant plus froides, généralement en direction des pôles). Le nombre de résultats analysés est indiqué entre parenthèses pour chaque catégorie. C) Résumé des incidences estimées des changements climatiques observés de 1960 à 2013 sur les rendements de quatre cultures importantes des régimes tempérées et tropicales, le nombre de points de données analysés est indiqué entre parenthèses pour chaque catégorie. [Figure 7-2, 18-3 et MB-2]

Figure 1 – Cartes des principaux impacts du CC dans les grandes régions du monde (source : Rapport de l'IPCC, 2014 : Summary for Policy Makers WGII [1])

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

1.1.1 Sur les systèmes climatiques

Selon les analyses publiées en 2014 et 2015 par l'Organisation météorologique mondiale [3], la première décennie du XXIe siècle a été la plus chaude depuis la mise en place des systèmes modernes de relevés, vers 1850. Cette même décennie se situe aussi au deuxième rang des plus arrosées depuis 1901.

Durant cette période, la température moyenne de la surface de la planète a augmenté de 0,47 °C. Un accroissement de 1 degré génère 7 % de plus de vapeur d'eau dans l'atmosphère. L'évaporation étant le moteur de la circulation des flux dans l'atmosphère, il faut donc s'attendre à une accélération des phénomènes météorologiques. Dans la mesure où les scénarios retenus par la communauté scientifique privilégient au moins une hausse de 2 °C de la température moyenne à la surface de la Terre d'ici à 2050, un effet d'amplification sur le climat va en résulter avec des conséquences multiples et difficiles à cerner. S'en suivront des modifications, aux échelles régionale et planétaire, de la température, des précipitations et d'autres variables du climat, ce qui pourrait se traduire par des changements mondiaux dans l'humidité du sol, par une élévation du niveau moyen de la mer et par la perspective d'épisodes graves de fortes chaleurs, d'inondations et de sécheresses.

La vitesse moyenne du réchauffement sera supérieure à celle des variations climatiques naturelles que l'Homme a pu connaître, avec une élévation de température jamais atteinte depuis plus de deux millions d'années. Ce dérèglement climatique étalé sur une centaine d'années sera comparable aux variations de températures qui nous séparent d'un âge glaciaire (5 à 6 °C) et donc d'une ampleur inégalée depuis au moins 10 000 ans [4].

Le rapport du GIEC datant de 2007 insistait déjà sur le fait que la fréquence, l'intensité et la durée des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, sécheresses, cyclones, etc.) seront accentuées. Le rapport de 2014 [1] réitère et les chercheurs de l'Organisation météorologique mondiale, réunis lors de leur conférence mondiale à Montréal en août 2014, ont dressé le bilan des phénomènes exceptionnels constatés en 2013. Depuis trente ans, le nombre de catastrophes naturelles dans le monde a été multiplié par 5.

Certains de ces chercheurs pensent déjà aux conséquences, par exemple, pour les vols aériens qui seront beaucoup plus perturbés par des turbulences ou même pour les transports maritimes qui devront affronter des vagues énormes. Le réchauffement global pourrait aussi, sur le long terme, affaiblir le *Gulf Stream*, courant chaud qui adoucit en partie le climat de l'Europe occidentale, entraînant pour le coup un refroidissement important sur l'Europe du Nord et la côte Est des États-Unis de – 5 °C.

1.1.2 Sur les grands systèmes écologiques

Le dernier rapport du GIEC [1] souligne une forte variation de l'acidification des océans, provoquant des problèmes de calcification chez certains organismes. L'avenir des coraux, des mollusques et de nombreux planctons est également menacé.

Une perte considérable en biodiversité, à la fois marine et terrestre, est à redouter en raison du grand nombre d'espèces qui ne seront pas capables de se déplacer suffisamment rapidement pour trouver des climats plus adaptés. D'ores et déjà, le vivant souffre du CC si l'on en juge par les mouvements de milliers d'espèces enregistrés sur tous les continents. Modification des cycles de vie, accroissement du risque d'extinction de certaines espèces vulnérables, déplacement des aires de répartition et réorganisation des interactions entre les espèces (fragmentation, compétition) en sont les principales conséquences. Les biologistes considèrent qu'un réchauffement de 1 °C provoque en moyenne un déplacement vers le Nord de 180 km (et de 150 m en altitude) des aires de répartition des espèces. La qualité de l'eau douce pourrait être altérée, bien que cela puisse être compensé par des débits plus importants dans certaines régions. On projette que le nombre de personnes habitant dans des bassins hydrographiques déficitaires en eau augmentera de façon significative, passant de 1,4 à 1,6 milliards en 1995 à 4,3 à 6,9 milliards en 2050.

Les glaciers de montagne continuent leur régression et devraient avoir disparu d'ici 50 à 100 ans, ce qui provoquera des pénuries d'eau pour des millions de personnes qui en sont tributaires. Ce sera probablement le cas en Asie dans la région Hindu Kouch-Himalaya, où les glaciers reculent à grande vitesse, menaçant l'alimentation en eau de fleuves majeurs comme le Gange et le Yangtze.

Le pergélisol des régions polaires, subpolaires et montagneuses devrait continuer à fondre, avec des glissements de terrain qui affecteront les infrastructures, les cours d'eau et les écosystèmes des zones humides.

L'élévation du niveau des océans pourrait atteindre près d'un mètre et bien davantage pour certains chercheurs qui parlent d'une hausse de six mètres [5]. Il se crée un phénomène thermique capable d'entretenir la montée du niveau des océans pendant plusieurs centaines d'années. Les trois principales conséquences sont l'accentuation de l'érosion des littoraux (exemple : 100 km^2 de marécages disparaissent chaque année dans le delta du Mississippi), l'augmentation de la vulnérabilité aux tempêtes générant des inondations et la salinisation des littoraux alors impropres aux cultures.

Un réchauffement supplémentaire de 4 à 7 °C est attendu en Arctique dans les cent prochaines années avec des répercussions planétaires : inondations des zones côtières, hausse du niveau des océans, modification des trajets de migration, ralentissement des échanges océaniques.

Le CC favorise enfin la destruction de la couche d'ozone. En effet, les GES refroidissent les couches supérieures de l'atmosphère (la stratosphère), ce qui attise l'action destructrice de l'ozone des molécules de chlore des CFC. Ainsi, les populations qui vivent aujourd'hui en Arctique recevront dans le long terme une dose d'UV 30 % supérieure à celle actuelle.

1.1.3 Sur les systèmes socio-économiques

Le dernier rapport du GIEC [1] prévoit, y compris pour le continent nord-américain, un risque très élevé de mortalité lié aux vagues de chaleur dans la période 2050-2100, pour des scénarios avec un accroissement de la température de 4 °C d'ici à la fin du siècle (correspondant à la poursuite des tendances actuelles). Rappelons, par exemple, que la sécheresse de 2003 a provoqué 19 000 morts en France en 20 jours, soit 60 % au-dessus de la moyenne surtout chez les personnes de plus de 75 ans (rapport annuel 2003 de l'Institut de veille sanitaire). Mais plus largement, les conséquences sur la santé humaine seront largement négatives. Ces incidences pourront être directes (comme l'exposition à de nouveaux stress thermiques et à de nouveaux types de phénomènes extrêmes) ou indirectes (accroissement de la présence de certains pollens, moisissures ou polluants atmosphériques, malnutrition, risque accru de maladies transmises par vecteurs ou dues à la contamination de l'eau, surcharge du système de soins de santé). On assiste d'ailleurs à l'extension géographique de plusieurs maladies majeures comme la malaria (1 milliard de personnes infectées), la dengue, la leishmaniose.

Les infrastructures et les bâtiments sont toujours très touchés dans ces situations, et plus des épisodes de ce type se succéderont, plus ils seront fragilisés. En 2003, plus de 8 000 communes en France s'étaient déclarées en état de catastrophe naturelle en raison du nombre de sinistres des bâtiments constatés quelques semaines après l'épisode de canicule [6].

Pour l'agriculture, les impacts négatifs seront plus nombreux que les bénéfices. Les principales cultures céréalières mondiales (blé, riz et maïs) connaîtront des baisses de production dans les régions tropicales et tempérées si la température moyenne augmente de plus de 2 °C. Cependant, certaines localités pourront bénéficier d'un climat plus chaud profitable à leur agriculture.

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

Il est probable que des centaines de millions de personnes vivant dans des deltas, sur des îles et sur les littoraux devront se déplacer. Notons qu'à l'instar de New York (19 millions d'habitants), 16 des 20 mégapoles mondiales sont situées en bord de mer où l'élévation du niveau des eaux pourrait atteindre près d'un mètre ! Les inondations inquiètent aussi près de 400 millions de citadins. Si les villes d'Asie sont les plus exposées au danger, Paris n'y échappe pas. Les constructions et les centres urbains doivent s'adapter à la multiplication des catastrophes naturelles, ce qui n'est manifestement pas encore le cas, comme en témoignent l'inondation de La Nouvelle Orléans en août 2005 et la tempête Xynthia qui a dévasté une partie du littoral français en mars 2010.

Le secteur des assurances devrait revoir à la hausse le coût de son accessibilité car les dépenses engendrées pourraient atteindre 300 milliards de dollars par an d'ici à 50 ans. À titre d'illustration, les coûts entraînés par le cyclone Mitch (1998) ont menacé de faillite le secteur des assurances aux États-Unis. Katrina en août 2005 aurait coûté environ 135 milliards de dollars. En France, on estime par exemple à plus de 500 millions d'euros uniquement les coûts sanitaires de la canicule de 2003. De même, la destruction des logements dus aux impacts du CC, pour la seule région Languedoc-Roussillon, a coûté plusieurs milliards d'euros à l'échelle du siècle [6].

Les crises géopolitiques ne sont pas non plus à négliger. Les scientifiques prédisent que d'ici à 2050, le nombre de conflits intergroupes dans les points les plus « chauds » pourrait augmenter de plus de 50 % si les générations futures ne parviennent pas à s'adapter aux variations de température. Déjà, les réfugiés écologiques, environnementaux et climatiques, dits aussi éco-réfugiés, représentent, selon toute vraisemblance, des dizaines de millions de personnes.

Pour faire court, tous les secteurs socio-économiques subiraient les conséquences de stress supplémentaires imposés à l'infrastructure physique et sociale, allant d'une modification des pratiques de construction à une adaptation des systèmes de soins de santé et à des changements des modes de vie et de subsistance.

Les conséquences sur les différents systèmes (climatiques, écologiques, socio-économiques) affectés par le CC, se caractérisant par une forte inertie, seront irréversibles ou persisteront durant des millénaires. Même si le CC a des répercussions locales très disparates suivant la géographie de la région affectée (section 1.2.2), il s'agit bien d'un problème planétaire réclamant des réponses au niveau international. C'est pourquoi l'importance des « mesures d'adaptation et d'atténuation anticipatoires » est tant soulignée par le GIEC et fait l'objet de débats au sein des COP qui se succèdent. En effet, la stabilisation, voire la réduction des émissions à un niveau peu élevé, ne permettra plus de prévenir le CC en cours. Si le réchauffement de la planète doit être limité à un maximum de 2 °C au-dessus des valeurs préindustrielles, les émissions mondiales devraient atteindre leur plus haut niveau entre 2015 et 2020, puis décroître rapidement. Pour stabiliser le climat, une société décarbonée mondiale doit être établie bien avant la fin de ce siècle. Plus particulièrement, les émissions annuelles moyennes par habitant devront diminuer à un niveau bien en dessous d'une tonne métrique de CO_2 vers 2050. Ce qui représente une baisse de 80 à 95 % par rapport aux émissions par habitant des pays développés en l'an 2000.

1.2 Conséquences économiques des impacts et des mesures d'adaptation

1.2.1 Coût global de l'inaction : le risque d'une récession économique mondiale d'une ampleur inégalée

L'estimation des pertes économiques engendrées par des catastrophes climatiques est complexe et peut correspondre à différents types de coûts. Les coûts directs sont liés aux impacts physiques des catastrophes (destruction ou dommages causés à des bâtiments, à des infrastructures, etc). Entre 1980 et 2010, les coûts directs annuels des événements climatiques extrêmes s'élèvent de quelques milliards à 200 milliards de dollars en 2005 (année de l'ouragan Katrina) [1]. Les coûts indirects représentent ceux liés aux pertes en vies humaines, en accroissement de la morbidité, en destruction de patrimoine culturel et naturel, etc. Or, ces pertes sont difficiles à mesurer.

Les économistes recourent à une analyse coût/bénéfice pour comparer l'action par rapport à l'inaction en matière de politiques climatiques [1]. Les coûts des dommages sont calculés en termes de coût social du carbone et actualisés dans le temps. Le coût social donne une valeur chiffrée à des coûts aujourd'hui ignorés par nos systèmes économiques. C'est ce que l'analyse économique qualifie d'internalisation des effets externes. Par exemple, le coût des sécheresses, des cyclones et des inondations (des externalités) n'est par pris en compte dans la valeur monétaire attribuée à la consommation de combustibles fossiles, mais il est inclus (internalisé) dans le coût social. Étant données les énormes incertitudes liées à l'évaluation chiffrée des dégâts non marchands, l'évaluation du coût social du carbone s'avère complexe et peu fiable. Il n'empêche que donner un prix au carbone permettrait d'avancer dans la bonne voie.

La littérature, issue des très nombreux modèles macroéconomiques spécialisés, offre des projections très variables, partielles et probablement sous-estimées. Seul à ce jour, le rapport de 700 pages, réalisé en 2006 par l'économiste Nicholas Stern (ancien vice-président de la Banque mondiale), s'est attelé à une évaluation globale de l'ensemble des impacts du CC à l'échelle mondiale [7]. Ses conclusions sont sans appel puisqu'il estime que celui-ci pourrait coûter à l'économie mondiale jusqu'à 5 500 milliards d'euros (5,5 trillions). À titre de comparaison, les dépenses de l'État français, la même année, c'est-à-dire en 2006, avoisinaient les 390 milliards d'euros, soit 18 fois moins. Cela représenterait entre 5 et 20 % du PIB mondial, voire plus si des mesures radicales ne sont pas prises dans les quinze prochaines années. Tous les pays seraient affectés, en particulier les plus pauvres, même si leur responsabilité dans le CC demeure marginale.

Si le rapport Stern a connu un véritable succès auprès des décideurs publics et privés et a été salué par des prix Nobels d'économie, tels que Joseph Stiglitz ou Amartya Sen, d'autres ont remis en question ses résultats (Richard Tol 2006 ; Richard Nordhaus 2007) en le considérant comme pas suffisamment rigoureux, notamment dans le choix des taux d'actualisation, tout en reconnaissant que lutter contre le CC aujourd'hui coûtera moins cher qu'affronter plus tard ses effets irréversibles.

Pourtant, ce rapport a le mérite de donner des ordres de grandeurs qui peuvent, même selon certains, sous-estimer le véritable coût des impacts du CC. Les sommes consacrées à réparer les dégâts du CC doivent être considérées comme des pertes pures et simples qu'il faudra soustraire des dépenses productives. Bref, il en résultera, si rien n'est fait, un processus de récession généralisée qui déstabilisera les équilibres économiques et géopolitiques du monde.

Au total, les coûts de l'inaction face au changement climatique, quoique difficile à chiffrer, peuvent être considérables non seulement à long terme, mais aussi à court terme (voir, par exemple, les analyses du *Risky Business Project* [10]). Au regard de la consolidation progressive des savoirs scientifiques, il y a urgence à agir car plus on attendra et plus les coûts seront élevés.

1.2.2 Question de l'adaptation et de son financement

Tandis que les politiques d'atténuation s'attaquent aux causes du CC, les mesures d'adaptation sont destinées à aider les populations à en surmonter les conséquences.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

Les sociétés s'adaptent en modifiant les pratiques agricoles, en comblant les plages érodées, en élevant des digues ou en construisant des maisons sur pilotis, en créant des systèmes d'alerte météorologiques précoces, en récupérant l'eau de pluie, en développant de nouvelles normes de construction, en modifiant les plates-formes pétrolières, etc. À titre d'illustration, les ingénieurs ont pris en compte les prévisions d'élévation du niveau de la mer dans la conception d'éléments d'infrastructure comme le Pont de la Confédération au Canada et dans la gestion de zones littorales aux États-Unis ou aux Pays-Bas. L'adoption par les Inuits du territoire du Nunavut au Canada, de modifications dans leurs stratégies de subsistance en réponse à la fonte du *permafrost* et le recours croissant à la production de neige artificielle par le secteur du ski en Europe, en Australie et en Amérique du Nord en sont d'autres exemples.

Alors que l'atténuation constituait le cœur de la négociation climatique internationale, la question de l'adaptation a réellement émergé en 2010, à la demande des PED, à Cancún. Dans ce sillage, un programme de travail sur les pertes et les dommages liés au CC, ainsi que sur la création d'un mécanisme financier dédié a été mis en place. Cette question a continué à s'amplifier et constituera une pierre d'achoppement bien au-delà des prochaines négociations à Paris fin 2015. Des voix se font en effet entendre du côté de PED, comme en Afrique du Sud, en faveur d'un mécanisme autonome doté de financements dédiés pour des actions d'adaptation et des compensations en faveur de ceux qui subissent déjà les dommages. D'autres encore font remarquer que bien que l'article 4 de la CNUCC prévoit une aide aux pays qui subissent déjà les effets du CC et que des fonds spéciaux aient été créés, aucun de ces derniers ne s'est avéré efficace. Un exemple éloquent est celui de l'île de la Dominique, ravagée par la tempête Ericka en août 2015. Cette île avait emprunté auprès des banques régionales de développement pour financer des infrastructures (ponts, hôtels) avant la tempête et doit rembourser aujourd'hui alors que tout est détruit.

Des détracteurs de cette revendication considèrent, quant à eux, qu'« un tel mécanisme financier comporterait le risque de freiner une action domestique efficace de réduction de l'exposition et la vulnérabilité de ces pays aux risques climatiques » [11].

1.2.3 Inégalité géographique des vulnérabilités et des conséquences économiques

Les PED, et surtout les pays les moins avancés (PMA) sont très vulnérables aux conséquences du CC, et ce sont eux qui ont le plus besoin de capacités pour s'y adapter (figure **1**). Les petits États insulaires en développement sont confrontés à des risques accrus d'élévation des niveaux des mers, d'érosion des littoraux et de phénomènes météorologiques extrêmes qui ont un fort impact négatif sur des secteurs économiques cruciaux tels que le tourisme ou la pêche.

Pour que les PED puissent s'adapter au CC, la plupart des estimations situent entre 50 et 100 milliards de dollars par an le montant des fonds dont ils ont besoin.

En ce sens, l'Afrique de l'Ouest apparaît comme l'une des régions les plus exposées avec en même temps de faibles potentiels d'émissions de GES. Ses perspectives d'adaptation sont en effet contraintes par le manque de ressources économiques et techniques, tandis que sa vulnérabilité est accentuée par une forte dépendance vis-à-vis des cultures pluviales et par l'augmentation de la fréquence des crues et de l'intensité des sécheresses amplifiant la désertification dans les zones sahéliennes.

La situation est également alarmante dans les régions pauvres d'Asie. Certains travaux, déjà anciens mais toujours d'actualité [12], estimaient que pour une hausse de température de 2 à 3,50 °C, accompagnée d'une augmentation de précipitations de 7 à 35 %, la réduction de revenu net total de certaines productions agricoles pourrait atteindre jusqu'à 35 % avec de lourdes répercussions sur l'emploi et la sécurité alimentaire.

Or, les pays les plus vulnérables sont aussi ceux qui sont les moins responsables des émissions à l'origine du CC (figure **2**), même si dans le futur ce sont leurs émissions qui devraient connaître la croissance la plus importante.

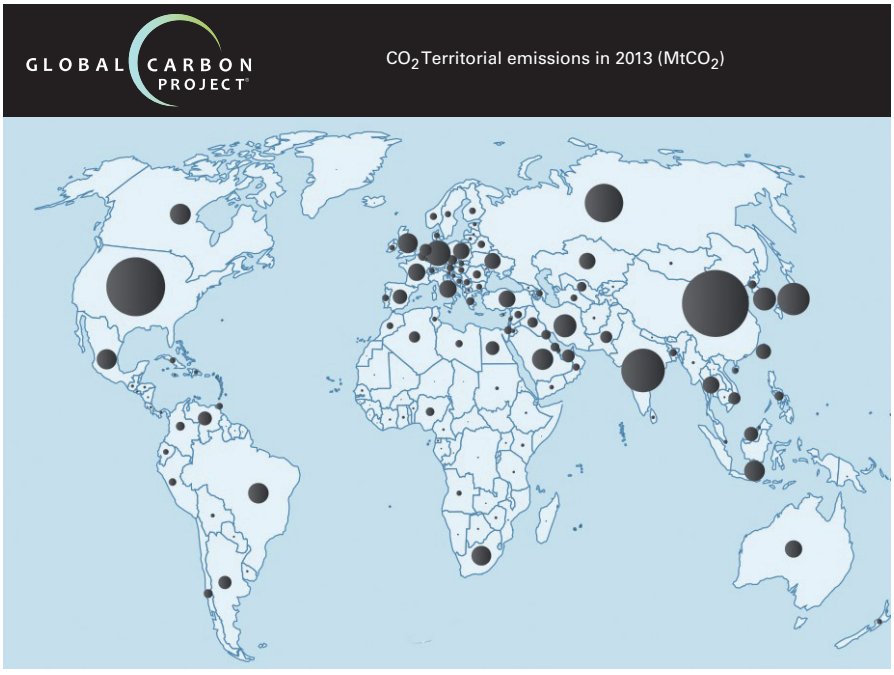

Figure 2 – Carte des émissions de CO_2 par grandes régions du monde (source : Global Carbon Project [13] http://www.globalcarbonproject.org/)

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

À ce sujet, il convient de distinguer entre les PMA qui présentent des profils faibles en émissions et qui manquent de moyens financiers, scientifiques et institutionnels pour faire face aux effets du CC et les pays émergents à forte croissance d'émissions comme la Chine ou l'Inde. Ce sont donc surtout les populations les plus pauvres qui seront les principales victimes des futurs événements climatiques extrêmes. L'absence de systèmes d'assurance dans la plupart de ces pays les rend encore plus démunis face aux risques climatiques [14].

Ce qui précède milite en faveur d'une action rapide où les pays émergents doivent se mobiliser avec les pays développés dans le but de préserver le « bien public mondial » (en écho de Garett Hardin [15]) qu'est le climat. Cela signifie qu'il faut avant tout déployer des politiques d'atténuation.

2. Conséquences économiques des politiques de lutte contre les changements climatiques

2.1 Politiques d'atténuation

2.1.1 Vers des engagements et politiques volontaires, décentralisés et disparates

Notre bien commun, avec le climat, est l'atmosphère, et chaque pays est guidé par son intérêt à accroître ses rejets de GES et notamment de CO_2, ce qui risque de conduire, comme la première section l'a explicité, à une impasse à la fois écologique et socio-économique. Le protocole de Kyoto visait l'instauration d'une gouvernance climatique mondiale (impliquant l'unanimité des décisions prises par l'ensemble des pays) et un marché de CO_2 entre États pour les pays développés et en cours de transition afin de leur permettre d'échanger des quotas et de remplir leurs objectifs. Le résultat n'a cependant pas été à la hauteur de l'enjeu. Peu de transactions ont eu lieu sur ce marché qui ne s'est jamais vraiment mis en place. La gouvernance mondiale a, quant à elle, effectivement émergé, mais elle n'a pas réussi à stabiliser les émissions mondiales de GES.

C'est pourquoi l'idée de recréer un nouveau protocole de Kyoto dans lequel serait imposée, cette fois à tous les pays, une obligation de réduction de leurs émissions de GES à l'horizon 2030 a été progressivement considérée comme une erreur. La préparation de la COP 21 a bien intégré qu'un nouvel accord « *top down* » ne serait accepté, ni par les États-Unis dont le Sénat n'autoriserait pas (encore une fois) la ratification, ni par les pays émergents et encore moins par les PMA qui refusent de voir les pays occidentaux entraver leur perspective de développement.

La solution adoptée réside dans une approche « *bottom-up* » fondée sur les engagements volontaires des différents pays (*Intended Nationally Determined Contributions* – NDC), à charge pour la CCNUCC de sommer le total des réductions ainsi promises, de constater probablement son insuffisance et de demander aux pays « récalcitrants » d'améliorer leurs efforts, et ainsi de suite (encadré **1**).

Si l'on en croit une étude menée cette année par des chercheurs du *Climate Action Tracker* [17], regroupant quatre centres européens de recherche sur le climat, les différents projets nationaux de réduction des émissions de GES ne suffisent pas, en l'état, à contenir le réchauffement climatique sous le seuil des 2 °C d'ici à la fin du siècle. Les déclarations d'intention sont, pour le moment, assez anarchiques, chaque pays choisissant son année de référence et son année d'objectif. Les engagements de sept pays (ou groupes de pays) (Australie, Canada, Corée du Sud, Japon, Nouvelle-Zélande, Singapour et Russie) sont considérés « inadéquats ». Six autres sont jugés « moyens » (Chine, États-Unis, Mexique, Norvège, Suisse et Union européenne).

Encadré 1 – Les grands principes de la convention cadre des Nations unies sur le changement climatique

La convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CNUCC, UNFCC en anglais) se base sur différents principes généraux qui constituent un cadre de référence pour les différents membres :

– développement durable : il incombe aux parties de préserver le système climatique dans l'intérêt des générations futures et sur la base de l'équité ;

– responsabilités communes : les pays membres devraient prendre des responsabilités différenciées, en fonction de leurs capacités respectives, pour lutter contre le CC ;

– principe pollueur-payeur : suivant ce principe, les pays devraient réduire leurs émissions de GES et leur consommation d'énergies fossiles en fonction de leur contribution au CC ;

– Nord-Sud : les pays industrialisés, principaux responsables du CC dans le passé, devraient être à l'avant-garde de la lutte contre le CC et leurs effets néfastes. Il convient de tenir pleinement compte des besoins spécifiques et de la situation spéciale des PED, notamment de ceux qui sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes du CC, auxquels la convention imposerait une charge disproportionnée ou anormale ;

– principe de précaution : l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de mesures de lutte contre le CC.

Source : Burgenmeier [16].

Les pays émergents ou en développement ne veulent généralement pas se fixer de date de référence pour ne pas entraver leur développement. Ils s'engagent sur des baisses à « scénario constant », c'est-à-dire à diminuer leurs émissions à une date fixée au regard du niveau qu'elles auraient atteint (à cette date) s'ils n'avaient pris aucune mesure. Cela signifie que ces pays risquent d'émettre toujours plus de CO_2 dans les prochaines années. D'autres, comme la Chine, pourraient prendre l'option de faire décroître leur intensité carbone, à savoir la quantité de gaz émis par unité de PIB, à une date donnée par rapport à une année de référence (en l'occurrence 2005 et 2030). Si la croissance du pays reste forte, les émissions globales risquent de continuer à s'élever. Ces déclarations serviront de socle aux discussions lors de la COP 21 et seront bien entendu amenées à évoluer.

L'après Kyoto laisse donc à chaque pays la responsabilité de définir ses propres objectifs et d'inventer ses propres instruments, économiques ou non. Cette situation présente des risques, mais elle offre aussi une opportunité d'expérimentation inédite de différents mécanismes économiques et de nouveaux schémas de coopération. De plus, elle rend visible l'engagement climatique de chaque pays. Elle favorise enfin une approche « *multi-stakeholders* » (multi-parties prenantes) de la lutte contre le CC en incluant d'autres acteurs, à d'autres échelles, que les seuls gouvernements. Elle intègre des entreprises, des territoires, des régions, des métropoles, des villes, des ONG et des citoyens qui, dans bien des cas, ont montré sur le terrain leur engagement et leur efficacité.

La CNUCC devra dès lors favoriser les nouvelles initiatives en encourageant les pays à afficher des ambitions suffisantes en matière de réduction de GES, en veillant à leur cohérence et en faisant connaître les plus efficaces. La diffusion d'un signal prix du carbone, nécessaire pour faire évoluer les modèles économiques et faire parvenir à une baisse des émissions de CO_2, sous la forme non seulement de marchés reliés au carbone, mais aussi de tout autre instrument économique adapté, en constituerait la meilleure illustration.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

2.1.2 Coût des politiques d'atténuation

Quels sont les coûts économiques des politiques d'atténuation ? Les gouvernements, ainsi que les universitaires, sont divisés sur cette question. Le rapport Stern [7], mentionné ci-dessus, a conclu que la lutte contre le CC coûterait 1 % du PIB mondial, alors que l'inaction causerait une perte d'environ 20 % du PIB sur le long terme.

Les économistes ont recours à des modèles pour évaluer les impacts économiques des initiatives de réduction des émissions. Cette modélisation économique fait appel à un grand nombre d'hypothèses, notamment sur le taux d'escompte ou d'actualisation, les émissions de référence, les technologies disponibles, le progrès technologique et les émissions en résultant, les objectifs ou niveaux de stabilisation et bien sûr le type d'instruments politiques de mise en œuvre.

Or, ces instruments se classent au moins en cinq catégories :

– l'introduction d'un prix du carbone par le biais de marchés de quotas, de taxes ou d'instruments de type bonus-malus avec des évolutions prévisibles afin d'inciter les investisseurs. L'arrêt des subventions aux énergies fossiles, dont il est fortement question actuellement, fait partie de ce type d'instruments ;

– les incitations à la R&D en faveur des éco-innovations (section 2.2.1) et aux énergies renouvelables pour en faire baisser les prix et à en améliorer l'efficacité ;

– la réglementation et la normalisation technique (efficacité énergétique des bâtiments, des appareils électriques, obligation de recyclage des déchets, etc.) ;

– l'accompagnement à la transition dans les secteurs fortement menacés, comme les mines de charbon, certains secteurs d'activité primaire, le transport routier de fret ;

– la mobilisation de financements dédiés aux investissements de décarbonisation dans les pays développés et dans les pays émergents.

Par conséquent, les résultats de ces modèles économiques ne doivent pas être interprétés à la lettre, mais comme fournissant des ordres de grandeur, des grandes tendances. La plupart d'entre eux abordent le coût inhérent à la réduction des émissions en termes de « pertes de PIB ». Par exemple, d'ici à 2030, les coûts macroéconomiques moyens mondiaux liés à une stabilisation des niveaux de GES à 445-710 ppm se situeraient dans une fourchette allant de moins de 3 % à un gain de 0,6 % du PIB.

Ces modèles économiques fournissent une estimation des coûts plus basse lorsque l'on envisage une augmentation lente des émissions et une accélération des changements technologiques au fur et à mesure de l'augmentation des prix du carbone.

Si les taxes sur le CO_2 ou tout autre instrument de politique de lutte contre le CC produisent des revenus, et que ces derniers servent au soutien des technologies sobres en carbone, les coûts en seront davantage réduits. Certains modèles envisagent même une augmentation du PIB, car ils partent de l'hypothèse que les économies ne fonctionnent pas de façon optimale et que les politiques d'atténuation des changements climatiques peuvent aider à réduire leurs imperfections.

Les politiques d'atténuation sont susceptibles de produire beaucoup d'autres avantages qui ne sont pas toujours pris en compte dans les évaluations de coût : innovations technologiques, réforme fiscale, emploi, meilleure sécurité énergétique ou impact bénéfique sur la santé d'une diminution de la pollution.

Cela étant, des travaux économiques récents considèrent qu'il faudra investir 2 000 milliards de dollars par an dans le monde d'ici à 2035 afin de construire des infrastructures décarbonées et résilientes, nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES [18]. Ce montant ne représente certes que 400 milliards de dollars de plus par an par rapport aux scénarios au fil de l'eau du GIEC en 2014 [1] (encadré **2**), mais il indique qu'un déplacement conséquent de l'investissement vers du bas carbone est nécessaire.

Le Conseil mondial de l'énergie (*World Energy Council* [19] [20]), dans le cadre de ses évaluations récentes des politiques énergétiques et climatiques, estime quant à lui que les politiques d'atténuation impliquent, uniquement pour les infrastructures énergétiques, des investissements cumulés de l'ordre de 1 000 milliards de dollars d'ici à 2040. Il faudrait y ajouter, selon lui, 14 500 milliards de dollars d'investissement pour l'efficacité énergétique. L'ensemble de ces montants correspond à des investissements de l'ordre de 250 dollars par habitants et par an aujourd'hui à plus de 300 dollars en 2040. Cette somme est loin d'être négligeable, même pour des pays développés, et donc insupportable pour les pays émergents et en développement.

Encadré 2 – Les scénarios utilisés par le GIEC (2014)

Dans le cadre du 5e rapport d'évaluation du GIEC, un groupe international d'experts a défini quatre scénarios de référence, qualifiés de profils représentatifs d'évolution des concentrations (RCP, pour *Representative Concentration Pathways*) de GES, d'ozone et de précurseurs des aérosols pour le XXIe siècle et au-delà. Ces scénarios peuvent correspondre à des efforts plus ou moins grands de réduction des émissions de GES au niveau mondial.

Pour chacun de ces quatre « profils représentatifs », les climatologues déduisent les conditions climatiques et les impacts du changement climatique associés. En parallèle, les sociologues et les économistes travaillent sur des scénarios présentant diverses caractéristiques de développements socio-économiques et diverses stratégies d'adaptation et d'atténuation. Cinq familles de scénarios, nommés SSP (pour *Shared Socioeconomic Pathways*), ont ainsi été définies. Une telle approche permet un travail en parallèle et en cohérence des climatologues et des économistes.

Les cinq scénarios SSP sont les suivants :

- le SSP1 (faible défi d'adaptation, faible défi d'atténuation) décrit un monde marqué par une forte coopération internationale, donnant la priorité au DD ;
- le SSP2 (défi d'adaptation moyen, défi d'atténuation moyen) décrit un monde caractérisé par la poursuite des tendances actuelles ;
- le SSP3 (défi d'adaptation élevé, défi d'atténuation élevé) dépeint un monde fragmenté affecté par la compétition entre pays, une croissance lente, des politiques orientées vers la sécurité et la production industrielle et peu soucieuses de l'environnement ;
- le SSP4 (défi d'adaptation élevé, faible défi d'atténuation) est celui d'un monde marqué par des grandes inégalités entre pays et en leur sein. Une minorité y sera responsable de l'essentiel des émissions de GES, ce qui rend les politiques d'atténuation plus faciles à mettre en place tandis que la plus grande partie de la population resterait pauvre et vulnérable au CC ;
- le SSP5 (faible défi d'adaptation, défi d'atténuation élevé) décrit un monde qui se concentre sur un développement traditionnel et rapide des PED, fondé sur une forte consommation d'énergie et des technologies émettrices de carbone ; la hausse du niveau de vie permettrait d'augmenter la capacité d'adaptation, notamment grâce au recul de l'extrême pauvreté.

Source : Rapport MEDDE, « Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC » [21].

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

2.1.3 Lancinante question du financement des politiques de lutte contre le changement climatique

Les appels à réserver des fonds gouvernementaux pour des politiques d'atténuation ne sont pas accueillis favorablement par tous, surtout à un moment où les finances publiques, y compris pour les pays développés, sont exsangues.

Il est donc devenu indispensable pour les États de mieux orienter l'argent public, et à cet égard, une réforme d'ensemble des systèmes fiscaux en faveur d'une fiscalité écologique semblent s'imposer, ce qui relève d'une négociation du « contrat social » propre à chaque pays. Mais cela prendra du temps à se généraliser. À cet égard, la Suède constitue l'exemple le plus abouti en la matière et l'on peut regretter qu'en France, la refonte du système fiscal en faveur d'une fiscalité écologique (se substituant en partie à la fiscalité actuelle pénalisante pour l'emploi) n'ait finalement pas été intégrée à la loi de transition énergétique du 17 août 2015 [22].

Résoudre l'équation du financement du CC implique non seulement d'augmenter les flux financiers vers les investissements sobres en carbone, mais également de réduire les investissements dans les activités intenses en carbone. Étant donnée l'ampleur du défi, la dépense publique des pays développés et en développement ne sera pas suffisante pour atteindre les objectifs. C'est pourquoi la diversification et l'élargissement des incitations à l'adresse des investisseurs privés sont devenus au fil du temps une priorité.

Rappelons que le principal mécanisme ayant permis de mobiliser le financement privé pour la réduction des émissions de GES était issu de l'article 12 du protocole de Kyoto, à travers les mécanismes dits de projets. Parmi ces derniers, le mécanisme pour un développement propre (MDP) permet à un PED ou à un pays en transition, n'ayant pas pris d'engagement de réduction d'émissions de GES dans le cadre du protocole de Kyoto, de faire financer sur son territoire des projets bas carbone. L'originalité du MDP réside dans son effet de levier. Ce mécanisme génère des crédits carbone à hauteur des émissions réduites ou évitées. Ces crédits carbone permettent aux pays développés de s'acquitter d'une partie de leurs obligations dans le cadre du protocole de Kyoto. Entre 2003, où les premiers projets ont été déployés dans le cadre du MDP et 2014, ce mécanisme a contribué à réduire les émissions de l'ordre de 1,5 M GT de CO_2 équivalent et à mobiliser sur des investissements décarbonés environ 300 à 400 milliards de dollars, soit 30 à 40 milliards de dollars par an. Le MDP constitue, à ce titre, un exemple majeur de mobilisation au service d'une politique publique de flux de financements essentiellement privés, puisque la demande finale est principalement provenue d'entreprises occidentales.

Aujourd'hui, il s'agit de lever davantage de financements privés. C'est ainsi que le rapport, produit en 2010 par les experts de l'*Ad hoc Group on Finance* des Nations unies [23], propose divers outils innovants ayant pour point commun de maximiser l'effet de levier de l'argent public : passage de dons à des prêts, de prêts à l'investissement, capitalisation de fonds (qui lèvent de la dette), utilisation d'outils de gestion des risques, etc. [18].

Il existe des capitaux disponibles à condition d'instaurer des conditions favorables [24]. Ce n'est pas en raison d'un déficit d'épargne que les investissements d'atténuation sont bloqués. Ils le sont comme les autres investissements productifs, à cause d'une intermédiation financière qui favorise les actifs liquides au détriment des investissements de long terme. Ajouté à un mode de management des entreprises privilégiant la valeur immédiate de la firme, ce comportement tend à orienter l'épargne vers des placements spéculatifs tels que l'immobilier. Nombre de pays émergents, dont la Chine, connaissent une telle situation. Si la transition vers la décarbonisation rompait ce cercle vicieux et accélérait la transformation de l'épargne en investissement productif, alors elle aurait un effet positif sur la croissance. L'appel lancé dans le dernier rapport du FMI en 2014 pour une relance des investissements dans les infrastructures montre que la transition vers une économie décarbonée peut en constituer une composante essentielle. Un tel choix est complexe, dans la mesure où cela nécessite le ralentissement de l'exploitation du charbon disponible et des ressources d'hydrocarbures.

De plus en plus de voix s'élèvent pour indiquer que les politiques monétaires non conventionnelles renferment un potentiel devant être mobilisé. Le Conseil mondial de l'énergie [19] [20] le suggère dans sa position sur la politique énergétique et climatique européenne : il s'agit d'utiliser des marges de manœuvre aujourd'hui limitées par une politique monétaire trop contraignante. Les nombreuses pistes évoquées vont toutes dans le sens de favoriser, par un assouplissement des règles monétaires de financement à faible coût, des investissements nécessaires à la décarbonisation de l'économie.

Il est en fait possible de renverser la problématique et de faire de cette transition offerte par les politiques de lutte contre le CC, un point d'appui pour renouer, au niveau international, avec une nouvelle trajectoire de croissance... soutenable cette fois !

2.2 Lutte contre le changement climatique en tant qu'opportunité économique mondiale

2.2.1 Enjeu des éco-innovations en termes de compétitivité

Derrière la lutte contre le CC se pose la question des solutions. Celles-ci passent par l'éco-innovation pour réduire ou éviter l'impact des activités humaines sur le climat. Trois grandes catégories d'éco-innovations peuvent être distinguées.

Les éco-innovations intégrées

Il s'agit d'incorporer les impératifs « bas carbone » dès la conception des produits et des procédés plutôt que de les ajouter en bout de chaîne. De telles éco-innovations visent à limiter les *inputs* énergétiques, à favoriser l'utilisation de matières premières moins polluantes, la production de biens réutilisables et/ou recyclables (exemple : utilisation de biomatériaux), à adopter de nouvelles méthodes de conception (éco-conception). Elles concernent tant des solutions techniques, matérielles et de design que des changements organisationnels. C'est notamment le principe de l'économie circulaire impliquant que les déchets soient recyclés dans la conception ou l'utilisation du produit final.

Les éco-innovations radicales

Contrairement aux éco-innovations incrémentales traitant la pollution après coup (les filtres à particules par exemple), les éco-innovations radicales sont porteuses de ruptures susceptibles de changer les modes de production, de consommation et de style de vie. Elles nécessitent une recherche fondamentale plus importante, ne peuvent être valorisées qu'à moyen ou long terme, comportent une part d'incertitude. Elles induisent en retour des retombées accrues en termes de compétitivité, étant généralement à l'origine de nouveaux produits, services ou métiers. La chimie verte, les « *smart grid* » (réseaux énergétiques intelligents), les véhicules électriques en constituent des illustrations.

La substitution de services aux produits

Cette forme d'éco-innovation, plus connue sous le vocable d'économie de la fonctionnalité, consiste à remplacer la vente d'un produit par la vente d'un usage. La valeur d'un produit pour le consommateur réside dans la fonction, en réponse à un besoin, et non dans la possession du produit en question. Les systèmes d'autopartage en font partie, tout comme les services d'efficacité énergétique proposés par les grands groupes énergétiques à leurs clients. Il s'agit en effet de vendre moins de kwh, mais davantage de solutions d'économie d'énergie.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

Toutes ces catégories d'éco-innovations peuvent se conjuguer. L'écomobilité en fournit un exemple avec, à la fois l'utilisation croissante de biomatériaux dans la conception des véhicules (éco-innovation intégrée), des véhicules électriques et intelligents (éco-innovations de rupture) et l'amélioration de la performance de l'autopartage ou plus généralement des services à la mobilité (remplacement d'un produit par un service). Ce constat peut s'étendre aux réseaux électriques intelligents (*smart grids*) ou encore aux bâtiments intelligents.

Les éco-innovations sont désormais au cœur des questions de compétitivité. Elles sont devenues dès le début des années 2000 des domaines d'excellence appréhendés par l'espace européen de la recherche (voir notamment le 6e PCRD). Le Conseil européen a reconnu en 2004 que les éco-innovations contribuent positivement aux objectifs de la stratégie de Lisbonne visant à accroître la compétitivité européenne. Aux États-Unis, les « *Critical Technologies* », initiative de la Rand Corporation, ont intégré, dès 1998, les éco-innovations. Est considérée comme critique toute technologie essentielle au développement de long terme de la sécurité nationale ou de la propriété économique [25]. La plupart des exercices de prospective menés dans tous les pays occidentaux à cette époque confirmaient qu'après 2010, on assisterait à une explosion des éco-innovations [26].

2.2.2 Rôle crucial des « *smart cities* »

Nombre de futures éco-innovations sont liées aux avancées et applications des technologies de l'information et de la communication dans tous les secteurs dont la principale intégration passe par la ville du futur qui sera intelligente (*smart city*) [27]. Les secteurs les plus concernés par ces ruptures (dites intelligentes) sont ceux ayant le plus d'impact en termes d'émissions de CO_2 avec de forts enjeux sociétaux : transport, énergie et habitat [28]. Rappelons que la moitié de la population mondiale vit actuellement dans les villes qui occupent seulement 2 % de la surface de la terre. D'ici à 2050, la proportion pourrait atteindre 75 %. Or, entre 1990 et 2010 les émissions de CO_2 ont augmenté de 45 % principalement à cause de la croissance urbaine et les villes génèrent plus des trois quarts de ces émissions. C'est pourquoi les *smart cities* sont susceptibles de réduire de 15 % les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2020. Il n'est donc pas étonnant que se multiplient, partout dans le monde, y compris dans un grand nombre de grandes villes françaises, des congrès, rencontres, expositions consacrées à la *smart city*. Mais les *smart cities* ne sauraient se réduire à de la technologie numérique. Pour être durable, une ville intelligente doit placer l'humain, *via* les services et les usages, au cœur de ses préoccupations et d'abord répondre aux besoins de ses citoyens en les rendant acteurs. Or, le numérique accroît aussi les possibilités des systèmes participatifs. C'est bien dans une telle vision de la *smart city* que les éco-innovations, qui en sont le socle, sont aussi responsables [29].

Tous les secteurs économiques, y compris ceux des services, sont interpellés progressivement par la transition engagée vers ces *smarts cities* : les systèmes énergétiques, les modes de production et de construction, la mobilité, la conception et la gestion des bâtiments, la distribution énergétique ou encore la gestion des déchets, de l'eau, etc. Ce qui est en jeu, c'est non seulement la création de nouvelles activités, mais aussi la transformation de tous les métiers. Les défis, en termes d'emplois actuels et encore davantage pour les emplois du futur, sont colossaux. Le marché des *smart cities* favorise déjà aujourd'hui une forte demande de ressources humaines. À titre d'exemple, aux États-Unis, 280 000 emplois ont été créés et 140 000 emplois préservés depuis deux ans uniquement pour répondre aux besoins des systèmes énergétiques intelligents (*smart grids*). L'OIT en 2012 table sur plus de 60 millions d'emplois au niveau international [30], et l'UE en 2014 parle de 20 millions nouveaux emplois pour l'Europe d'ici 2030 [31]. Toutefois, dans le même temps et surtout durant la phase de transition de ce que certains auteurs comme Rifkin [32] n'hésitent pas à qualifier de « troisième révolution industrielle », des millions d'emplois pourraient être détruits s'il n'y a pas d'anticipation ni d'adaptation des compétences.

Par ce biais, le rôle des grandes métropoles devient crucial dans la réussite de la lutte contre le CC et cela permet de mieux comprendre comment les collectivités territoriales sont devenues des acteurs clés pour la réussite de la COP 21.

2.2.3 Décarbonisation de l'économie et compétitivité internationale : les clés de la réussite

Les entreprises ont compris que la décarbonisation de l'économie est inéluctable. Mais en fonction des politiques adoptées au niveau international, elles peuvent voir leur compétitivité entravée ou, au contraire, tirer profit de la transition énergétique. Leur implication croissante dans la préparation des accords internationaux prouve leurs attentes et l'importance de ces enjeux. Elles veulent peser dans la négociation du prochain accord sur la lutte contre le CC, comme en témoigne le *Business and Climate Summit* dont elles ont pris l'initiative à Paris en mai 2015.

Cette prise de conscience est encore inégale selon les pays et selon les secteurs. Sur la question de la décarbonisation, les entreprises vont de la dénégation et du *lobbying* négatif (*Global Climate Coalition*) à une stratégie proactive (*World Business Council of Sustainable Development*). Toutefois, la première attitude régresse. La décarbonisation est désormais perçue par nombre d'entreprises comme une source majeure d'innovation et d'activité.

Ainsi, en France, des entreprises telles que Schneider Electric, Lafarge, Solvay ou la SNCF ont choisi d'anticiper en innovant, et cela avec succès. Schneider Electric devient l'un des leaders en matière de systèmes intelligents intégrés aux *smart cities*. Lafarge propose des bétons moins émetteurs en CO_2. Solvay recourt à la chimie verte pour remplacer des matériaux d'origine fossile. La SNCF est actuellement en reconversion pour réduire ses émissions et celles de ses grands clients [33].

Des solutions sont donc disponibles et dans tous les secteurs. Mais pour aller plus loin, il importe que le contexte soit propice aux bonnes décisions en matière d'investissement, de prix et de circuits de financement. De plus, si la décarbonisation est source d'opportunités, elle peut provoquer des coûts, et cela dans un contexte où les questions de concurrence et de compétitivité industrielle restent centrales. Les entreprises sont donc demandeuses d'un effort de coordination internationale afin d'éviter des situations de paralysie ou le déplacement d'émissions de GES en raison du *dumping* environnemental de certains pays [34]. Il incombe donc aux États, comme aux industriels, de créer les conditions d'un investissement massif en faveur du déploiement des solutions décarbonées au niveau mondial. Ces dernières peuvent constituer, notamment pour la France, un moteur d'innovations et la positionner sur une trajectoire de croissance verte. Les politiques climatiques américaine, allemande ou chinoise vont déjà dans cette direction.

3. Conclusion

Au total, les bénéfices d'une action forte et rapide sur le CC dépassent considérablement les coûts sous certaines conditions et la COP 21 peut en fournir les clés. La polarisation des débats sur le financement des politiques d'atténuation, et même d'adaptation, risque de nous détourner de l'opportunité des synergies d'un jeu coopératif entre politiques climatiques et croissance économique. C'est vers cette recherche que s'orientait pourtant la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (1992) en liant climat et développement durable. Le véritable défi de la COP 21 est de renouer avec cet objectif.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

4. Glossaire

Adaptation ; *adaptation*

Accommodation des systèmes naturels ou des systèmes humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages.

Atténuation ; *mitigation*

Intervention anthropique pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre.

Gaz à effet de serre (GES) ; *greenhouse gases* (GHG)

Constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent le rayonnement infrarouge. Les gaz à effet de serre concernés par les négociations sur le climat sont cités dans l'Annexe A du protocole de Kyoto : le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O), les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrocarbures perfluorés (HFC), l'hexafluorure de soufre et le gaz carbonique (CO_2). En quantité et du fait de sa longue durée de vie dans l'atmosphère, le gaz carbonique (CO_2) est le principal gaz à effet de serre.

GIEC ; *IPCC*

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat : créé en 1988 par deux institutions des Nations unies, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), cet organisme intergouvernemental est ouvert à tous les pays membres de ces deux organisations. Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'information scientifique, technique et socio-économique disponible en rapport avec la question du changement climatique.

Global Climate Coalition

Association d'entreprises, présente surtout aux États-Unis et en perte de vitesse, s'opposant aux actions de lutte contre le changement climatique.

Puits ; *sink*

Tout processus, toute activité ou tout mécanisme qui absorbe un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre ou d'aérosol dans l'atmosphère.

Ville intelligente ; *smart city*

Ville dotée d'infrastructures (eau, électricité, gaz, transports, services d'urgence, services publics, bâtiments, etc.) communicantes et durables pour améliorer le confort des citoyens, être plus efficaces, tout en se développant dans le respect de l'environnement. Dans cette perspective, la ville est considérée comme possédant son propre métabolisme, né de l'interaction des multiples systèmes qui la constituent (information, énergie, industrie, mobilité, déchets, cycles de l'eau, etc.).

Vulnérabilité ; *vulnerability*

Mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables du changement climatique, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité du système et de sa capacité d'adaptation.

Conseil mondial des entreprises pour le développement durable ; *World Business Council for Sustainable Development*

Association mondiale pilotée par les PDG de quelque 190 entreprises, unis par un engagement commun vis-à-vis du développement durable. Ses membres proviennent de plus de 30 pays et de 20 secteurs d'activité majeurs.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

Conséquences économiques du changement climatique

par **Sylvie FAUCHEUX**
Professeur en sciences économiques, CNAM-LIRSA, Paris, France

Sources bibliographiques

[1] GIEC. – *5e rapport du GIEC, en plusieurs parties 2013-2014.* Rapport de l'IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) https://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

[2] FAUCHEUX (S.) et JOUMNI (H.). – *Économie et politique des changements climatiques.* Repères-La découverte (2005).

[3] Organisation météorologique mondiale (WMO/OMM). – *WWRP polar prediction project implementation plan for the year of polar prediction (YOPP).* WWRP/PPP – n° 3 (2014) http://www.wmo.int/pages/index_fr.html

[4] LE TREUT (H.). – *Nouveau climat sur la Terre : comprendre, prédire, réagir.* Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, Paris (2009).

[5] MEDDE. – *Le climat de la France au XXIe siècle. Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises.* Rapport collectif sous la direction de JOUZEL (J.), vol. 5 (2015).

[6] ONERC. – *Changement climatique. Coûts des impacts et pistes d'adaptation.* Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, La documentation Française, Paris (2009).

[7] STERN (N.). – *Stern review on the economics of climate change.* Academic Publishers (version publiée : janvier 2007).

[8] TOL (R.S.J.). – *The stern review of the economics of climate change : a comment.* Economic and Social Research Institute Hamburg, Vrije and Carnegie Mellon Universities (2006).

[9] NORDHAUS (W.D.). – *A review of the Stern review on the economics of climate change.* Journal of Economic Literature, *45(3)*, p. 686-702 (2007).

[10] Risky Business Project. – *The economic risks of climate change in the United States.* Risky Business/Rhodium (2014) http://riskybusiness.org/ http://riskybusiness.org/uploads/files/RiskyBusiness_Report_WEB_09_08_14.pdf

[11] ROULLEAU (T.). – *Une approche économique du thème pertes et dommages.* Responsabilité et environnement (n° spécial : Quel accord international sur le climat en 2015 ?), n° 77, p. 77-81, janvier 2015.

[12] KUMAR (K.S.) et PARIKH (J.). – *Climate change impacts on Indian agriculture : the Ricardian approach. In* Measuring the impacts of climate change on Indian agriculture, World Bank Technical, paper n° 402, Dinar *et al.* dir., World Bank, Washington (1998).

[13] Global Carbon Project (2013-2015) http://www.globalcarbonproject.org/

[14] PICARD (P.). – *Quelques réflexion du risque climatique. In* Science du changement climatique, Acquis et controverses, Le Treut *et al.*, Claire Weill éditions (2004).

[15] HARDIN (G.). – *The tragedy of the commons.* Science, vol. 162, n° 3859, p. 1243-1248, 13 déc. 1968.

[16] BURGENMEIER (B.). – *Politiques économiques du développement durable.* De Boeck, Bruxelles (2010).

[17] *Emissions Gap. How close are INDCs to 2 and 1,5 °C pathways ?* Climate Action Tracker, 2 septembre 2015 http://climateactiontracker.org/news/222/Emissions-Gap-How-close-are-INDCs-to-2-and-1.5C-pathways.html

[18] LEGUET (B.) et MOREL (R.). – *Pour impliquer le secteur privé dans les financements climatiques : les mécanismes de projets de Kyoto et les politiques non conventionnelles « Sumo ».* Responsabilité et Environnement (n° spécial : Quel accord international pour le Climat en 2015 ?), n° 77, p. 82-86, janvier 2015.

[19] *World Energy Trilemma : time to get real – The myths and realities of financing energy systems.* World Energy Council, novembre 2014. Executive Summary disponible en français : *Trilemme énergétique mondial. Financement : mythes et réalités.* World Energy Council/Conseil Français de l'Énergie, Paris (2014) http://www.worldenergy.org/

[20] *World energy trilemma : priority actions on climate change and how to balance the trilemma.* World Energy Council, mai 2015 http://www.worldenergy.org/

[21] MEDDE. – *Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC.* Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Paris (2013).

[22] DE PERTHUIS (C.). – *Comité pour la fiscalité écologique, sous la présidence de C. de Perthuis.* Rapport du Président (2013) http://www.comite-fiscalite-ecologique.gouv.fr/

[23] UNFCCC. – *Framework convention on climate change.* Report of the Conference of the Parties on its 16th session, Cancun 2010, Ad Hoc Working Group on Long term Cooperative Action under the Convention, United Nations (2010).

[24] BURGENMEIER (B.). – *Finance verte. Marketing ou révolution ?* Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (2015).

[25] POPPER (S.W.). – *Critical technologies : the view from industry.* Rand Corporation (1998) http://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB1503.html

[26] FAUCHEUX (S.) et HUE (C.). – *Politique environnementale et politique technologique : vers une prospective concertative.* Nature Sciences Société, vol. 6, n° 3, p. 31-44 (2000).

[27] FAUCHEUX (S.), HUE (C.) et NICOLAÏ (I.). – *TIC et Développement durable.* De Boeck, Bruxelles (2010).

[28] FAUCHEUX (S.) et NICOLAÏ (I.). – *IT for Green and Green IT : a proposed typology of eco-innovation.* Ecological Economics, vol. 70, n° 11, p. 2020-2027 (2011).

[29] FAUCHEUX (S.) et NICOLAÏ (I.). – *Business models and the diffusion of eco-innovations in the eco-mobility sector.* Society and Business Review, vol. 10, n° 3, p. 203-222 (2013).

[30] Organisation Internationale du Travail. – *Working towards sustainable development : opportunities for decent work and social inclusion in economy.* International Labour Organisation, 288 p.(2012).

[31] European Union. – *Green employment initiatives. Tapping into the job creation. Potential of the green economy.* Bruxelles 27 2014, COM, sp. 446 final (2014).

[32] RIFKIN (J.). – *The third industrial revolution : how lateral power is transforming energy, the economy and the world.* Palgrave Macmillan, ISBN 978-0-230-11521-7 (2011).

[33] CRIQUI (P.) et TUTENUIT (C.). – *Industrie : décarbonisation de l'économie et compétitivité internationale.* Responsabilité & Environnement (numéro spécial : Quel accord international sur le climat en 2015 ?), n° 77, p. 50-56 janvier 2015.

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

POUR EN SAVOIR PLUS

POUR EN SAVOIR PLUS

Parution : novembre 2015 - Ce document a ete delivre pour le compte de 7200097598 - editions ti // nc AUTEURS // 195.25.183.153

À lire également dans nos bases

DUMERGUES (L.). – *Gaz à effet de serre : enjeux de réduction et méthodes de comptabilisation.* [G 8 300] Environnement (2012).

DAVID (J.) et LE NGOC (B.). – *Problématiques économiques du changement climatique.* [P 4 247] Environnement (À paraître 2015).

LA JEUNESSE (I.). – *Changement climatique et impacts sur l'eau.* [P 4 242] Analyse et caractérisation (2015).

MOLINARI (L.). – *De la comptabilité carbone au management des GES.* [G 8 305] Environnement (2012).

WOLFF (A.). – *Bilan Carbone® – Mise en œuvre.* [G 1 819] Environnement (2015).

Copyright © – Techniques de l'Ingénieur – Tous droits réservés

L'expertise technique et scientifique de référence

Techniques de l'Ingénieur vous apporte une information précise et fiable pour l'étude et la réalisation de vos projets.

Actualisées en permanence, les **ressources documentaires** profitent aujourd'hui à plus de **300 000 utilisateurs** et sont la référence pour tout ingénieur, bureau d'études, direction technique et centre de documentation.

Depuis près de 70 ans, **3 500 experts** contribuent quotidiennement à développer, enrichir et mettre à jour cette documentation professionnelle unique en son genre.

L'intégralité de ces ressources représente plus de **9 000 articles**, répartis dans plus de **430 bases documentaires**, accessibles sur internet, en téléchargement PDF, et sur tablette.

4 BONNES RAISONS DE CHOISIR TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

- Une actualisation permanente du fonds documentaire
- Un comité d'experts scientifiques et techniques reconnus
- Une collection scientifique et technique incontournable sur le marché francophone
- L'espace actualité pour suivre les tendances et innovations de vos secteurs

DES SERVICES ASSOCIÉS À CHAQUE ABONNEMENT

- **Service de questions-réponses** [1][2] **:** interrogez les plus grands spécialistes des domaines couverts par vos bases documentaires. Votre abonnement vous permet en effet de poser des questions techniques ou scientifiques.
- **Les articles Découverte :** un article vous intéresse, mais ne fait pas partie de votre abonnement ? Techniques de l'Ingénieur vous offre la possibilité de l'ajouter.
- **Le Dictionnaire technique multilingue :** 45 000 termes scientifiques et techniques – avec illustrations et légendes – en français, anglais, espagnol, allemand.
- **Les Archives :** vos bases documentaires s'enrichissent et sont mises à jour en ligne en permanence. Les Archives conservent la mémoire de ces évolutions et vous permettent d'accéder aux versions antérieures de vos articles, ainsi qu'à ceux qui traitent des technologies plus anciennes.

Profitez également de l'impression à la demande [1], pour commander une ou plusieurs éditions papier supplémentaires de vos bases documentaires (sur devis).

(1) Disponible pour la France, le Luxembourg, la Belgique, la Suisse et Monaco.
(2) Non disponible pour les établissements scolaires, écoles, universités et autres organismes de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE :

Sagemcom · EDF · Safran · École Polytechnique · Arkema · AgroParisTech · 3M · Siemens · GE · ACS · Dassault Aviation · EADS · L'Oréal · Saint-Gobain · Schneider Electric · Thales · Total

Techniques de l'Ingénieur

Pour disposer d'un panorama complet sur une thématique

DÉCOUVREZ
les offres de packs !

LES + DES OFFRES PACK

- Un large choix de **+ de 60 thématiques** pour des besoins de contenu plus larges
- Des **tarifs préférentiels sur mesure** adaptés à vos besoins

LES UNIVERS DOCUMENTAIRES

- Plus de 430 bases documentaires et plus de 9 000 articles en 14 univers

- Sciences fondamentales
- Environnement - Sécurité
- Énergies
- Technologies de l'information
- Mécanique
- Innovations
- Génie industriel
- Biomédical - Pharma
- Procédés Chimie -Bio - Agro
- Matériaux
- Mesures - Analyses
- Électronique - automatique
- Construction
- Transports

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES OFFRES DE PACKS...

... contactez le service Relation Clientèle
qui se chargera de vous rediriger vers un chargé d'affaires :

Tél : +33 (0)1 53 35 20 20

Email : infos.clients@teching.com
www.techniques-ingenieur.fr

LES AVANTAGES TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

Le droit d'accès, annuel ou pluriannuel, permet une consultation illimitée des ressources documentaires sélectionnées, ainsi que le téléchargement des versions PDF des articles de référence ou fiches pratiques inclus dans ces ressources. Les droits d'accès sont proposés en monoposte ou multiposte.

- ACTUALISATION PERMANENTE

  Mises à jour permanentes, publication de nouveaux articles de références et fiches pratique : un contenu complet sur le sujet qui vous intéresse, des alertes par email.

- DES SERVICES INCLUS

  En plus de l'accès aux ressources documentaires, chaque souscription offre un accès privilégié à un ensemble de services.

- MOBILITÉ

  Votre abonnement étant 100 % web, vous pouvez le consulter à tout moment, sur n'importe quel ordinateur ou sur nos versions iPad et Android.

Techniques de l'Ingénieur

Pour accompagner vos équipes et projets, CHOISISSEZ les offres de formation et conseil

MONTEZ EN COMPETENCE

- Des formations personnalisées, réalisées au sein de votre établissement et à vos dates
- Un accompagnement à la mise en conformité réglementaire
- Des missions d'audit et de recommandations techniques

LES ENGAGEMENTS TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

- Un réseau d'experts reconnus pour vous conseiller
- Une veille scientifique et technique pour mieux décider
- Les dernières obligations HSE pour être en règle
- Les clés en management des hommes et des projets pour gagner en efficacité

Consultez l'intégralité des programmes sur le site de Techniques de l'Ingénieur, espaces FORMATION et CONSEIL

www.techniques-ingenieur.fr

RESSOURCES DOCUMENTAIRES | FORMATION | CONSEIL

Nous contacter : Tél. : +33 (0)1 53 35 20 20 – Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 – E-mail : infos.clients@teching.com