

Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions

Introduction:

Du gel au début de printemps, aux vents chauds qui brûlent les vignes au cours de l'été: en 2019, la région du Languedoc-Roussillon a fait face à des aléas climatiques pour le moins atypiques. Conséquences? Une grande hétérogénéité dans la maturité des raisins et des vigneron·ne·s qui s'interrogent, impuissant·e·s, devant un pied de vigne présentant des baies encore vertes et des baies déjà mûres. Les côtes méditerranéennes sont aussi victimes des aléas climatiques, sécheresse et canicule impactent la récolte: plus l'année est chaude, plus la date des vendanges est précoce. Or, cette tendance est observée depuis plusieurs dizaines d'années dans certains vignobles.

Ainsi, la Terre se réchauffe et, en 2016, des températures moyennes supérieures de $1,1\,^\circ\mathrm{C}$ par rapport à la période préindustrielle ont été relevées. La phase industrielle a en effet correspondu à une activité encore jamais observée : la combustion massive d'énergies fossiles, le rejet dans l'atmosphère et l'hydrosphère de nombreux gaz et produits. Selon ce constat, il devient évident que les activités humaines agissent sur la composition chimique de l'atmosphère, et semblent parfaitement corrélées à l'augmentation de la température observée ; mais également à l'augmentation du niveau des mers, des précipitations et de l'acidification des océans. Nous sommes entrés dans une nouvelle ère géologique : l'Anthropocène (du grec anthropos qui signifie « être humain »).

Pour bien comprendre, il faut expliquer l'effet de serre, phénomène naturel mais déréglé par les émissions humaines de gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle. Ce bouleversement accentue le réchauffement climatique, il est donc nécessaire, voire urgent, de changer quelques-unes de nos habitudes et de nos activités pour stopper ces dérèglements.

Les activités humaines et leurs conséquences sur l'atmosphère

Le GIEC part du constat suivant : les activités anthropiques influencent le climat, et il est nécessaire de s'appuyer sur ce constat pour envisager les climats futurs.



GIEC:

Le GIEC est le « Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat » dont la mission est d'évaluer, en toute objectivité, les évolutions climatiques consécutives des activités anthropiques.

Le travail de ces scientifiques permet d'aboutir à des modèles, des scénarios, des hypothèses qui orientent les décisions publiques. Mais voyons plutôt sur quelle situation actuelle se fondent leurs travaux.

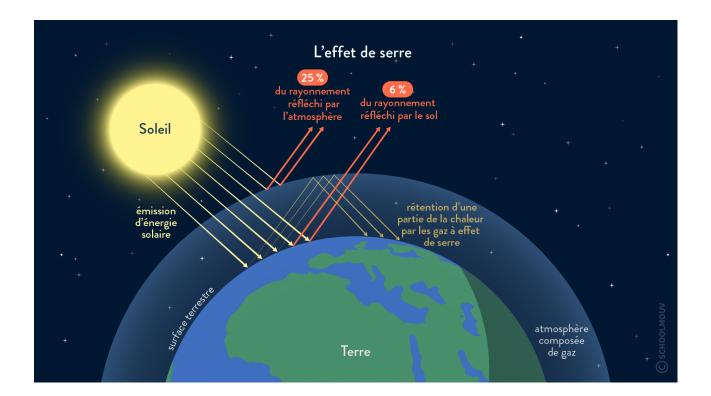


L'effet de serre, un phénomène naturel



L'effet de serre est, de base, un phénomène d'origine naturelle ; mais, depuis la révolution industrielle, il est bouleversé par les activités humaines.

La planète Terre reçoit de l'énergie grâce au Soleil. Elle absorbe une partie de l'énergie des rayons solaires, et réémet le reste au-delà de l'atmosphère. Or, l'atmosphère est composée de gaz dont certains retiennent une part de cette énergie solaire sous forme d'infrarouges, ce qui les réchauffe : c'est l'effet de serre.



Du fait de l'absorption des rayons par la Terre et son atmosphère, et donc grâce à l'effet de serre, la température terrestre se maintient à une moyenne de $15\,^\circ\mathrm{C}$, soit une température adaptée à l'épanouissement de ses écosystèmes.



À titre de comparaison, la Lune, située quasiment à la même distance au Soleil mais ne possédant pas d'atmosphère, a une température moyenne de $-20\,^{\circ}\mathrm{C}$.



Par conséquent, l'effet de serre est un phénomène très sensible aux variations de la composition de l'atmosphère.

Cette composition est modifiée par une augmentation de gaz à effet de serre (GES), comme le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), ou encore le protoxyde d'azote (N_2O). Ce surplus va **accentuer l'effet de serre** : l'atmosphère conserve alors davantage d'énergie solaire et, logiquement, entraîne un réchauffement à l'origine de perturbations climatiques.



Il faut savoir qu'aujourd'hui la température terrestre a augmenté de $0,8\,^\circ\mathrm{C}$ depuis la fin du XIX $^\mathrm{e}$ siècle, et que les températures extrêmes qu'on relevait avant sur $1\,\%$ de la surface du globe, couvrent aujourd'hui $10\,\%$ de celle-ci. Si la concentration de CO_2 augmente encore d'ici à 2100, la température moyenne de la Terre s'élèvera de $1,5\,^\circ\mathrm{C}$ à $4,5\,^\circ\mathrm{C}$ supplémentaires (scénario envisagé par le GIEC).



Les GES et leurs propriétés radiatives contribuent directement à l'effet de serre additionnel. Fin 2019, les émissions de GES sont en augmentation de $2,2\,\%$ par an.

Ces émissions de gaz sont dues aux activités de production d'énergie, de transport, d'industrie, d'agriculture et de déforestation (par la diminution de la photosynthèse qui absorbe le CO_2 tel un puits de carbone).



... influencé par les activités humaines

Les activités anthropiques ont modifié les concentrations en GES dans l'atmosphère.

La scène médiatique pointe souvent du doigt le ${\rm CO_2}$, issu de la combustion des énergies fossiles, car il représente $75\,\%$ des émissions humaines de GES. Mais il faut aussi tenir compte du méthane (${\rm CH_4}$) provenant plutôt des activités agricoles et du protoxyde d'azote (${\rm N_2O}$), émis par certains engrais ou par des procédés chimiques, ainsi que les gaz fluorés des climatiseurs.

Voyons plus en détail.



L'agriculture

Bien qu'émis en quantité moindre, le CH_4 est vingt-huit fois plus réchauffant que le CO_2 . Il provient des flatulences des bovins (fermentation entérique), des déjections animales et des rizières notamment. C'est pourquoi le monde agricole est particulièrement

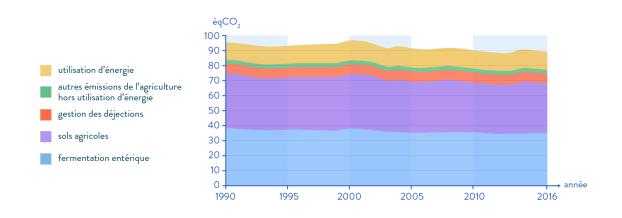
concerné par les émissions de GES, et en premier lieu, par celles de CH_4 . Or, la récente augmentation de production animale et végétale dans des pays tels que la Chine et l'Inde accentue encore cet effet : les émissions de CH_4 ont augmenté de $14\,\%$ entre 2001 et 2011.

D'autre part, l'utilisation massive d'engrais et la gestion des déjections laissent s'évaporer du protoxyde d'azote (N_2O) dans l'atmosphère : ce dernier, non négligeable, constitue $13\,\%$ des émissions agricoles.



Pour lire le graphique ci-dessous, il faut savoir que la mesure en équivalent CO_2 fait référence à une masse de dioxyde de carbone qui aurait le même potentiel de réchauffement climatique qu'une quantité donnée d'un autre gaz à effet de serre.

Émission des GES issus de l'activité agricole en France



C) SCHOOLMOUV

Source : AEE, 2018

La combustion du pétrole et du gaz



Un combustible fossile met des millions d'années à se reformer : il ne se régénère donc pas à l'échelle humaine.

SchoolMouv.fr

Le gaz de schiste, le charbon et le pétrole font partie des combustibles fossiles. Ils sont responsables d'émissions de méthane (CH_4) dont la contribution à l'effet de serre est (par unité de masse) :

- $\circ~$ soixante fois plus importante que celle du CO_2 au moment de son émission ;
- $\circ\;$ vingt-et-une fois plus importante que celle du CO_2 cent ans après son émission.

D'autre part, lorsqu'un combustible fossile brûle, il oxyde en partie l'azote dont il est composé et libère du N_2O . Au total, ce sont $700\,000$ tonnes de N_2O qui sont émises par an par combustion.



La production d'électricité et de chaleur est le premier secteur d'activité producteur d'émissions de ${\rm CO_2}$ (41 %). Notons toutefois que, en 2010, ${\rm 22\,\%}$ de ces émissions étaient également dues au transport de marchandises et de personnes à travers le monde.

Le charbon est de très loin la plus problématique des énergies utilisées par l'humain : 1 à 2 millions de morts provoquées chaque année dans le monde, dont la moitié environ due à la pollution atmosphérique par les centrales thermiques avec chaudière (dites « à flamme »). De plus, les déchets solides de leur exploitation et de leur utilisation se comptent en centaines de millions de tonnes chaque année.

La déforestation

Si les récents incendies (2019-2020) sont une catastrophe, ils ne sont que peu de chose en comparaison des $80\,\%$ de couverture forestière mondiale abattue et/ou dégradée par l'humain au cours des trente dernières années. Les raisons ? L'expansion agricole et ses plantations de palmiers à huile, le développement de cultures pour nourrir les animaux d'élevage, l'exploitation minière de métaux et minerais précieux. De nombreux agriculteur·rice·s, pauvres et itinérant·e·s, participent aussi à la déforestation en défrichant et brûlant la forêt pour ensemencer de petites parcelles de terre.

Les forêts sont source de nourriture, de combustibles, de vêtements, de médications pour de nombreuses populations. Ainsi, l'exploitation de la forêt fournit aussi de l'énergie et notamment du bois servant à l'alimentation de cheminées individuelles, de chaufferies collectives, et indispensable à l'industrie et l'agriculture.

→ Mais selon cette définition, la forêt est alors considérée comme une simple ressource énergétique, sans considération pour sa valeur écologique et sans véritable réflexion sur sa gestion.

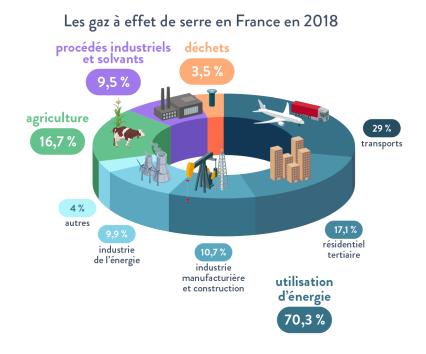
Pourtant, les forêts représentent un équilibre pour la biodiversité et ont un rôle prépondérant dans la fixation du ${\rm CO}_2$.



 $40\,\%$ du carbone terrestre est stocké dans la végétation et les sols forestiers, véritables puits de carbone.



Ainsi, la déforestation (suppression permanente des forêts intactes) est responsable d'une grande partie des émissions de ${
m CO_2}$ (3, 3 milliards de tonnes).



© SCHOOLMOUV

Source : AEE, 2018



... qui sont à l'origine de rejet de gaz superflus dans l'atmosphère



L'intensification de l'effet de serre, due aux émissions humaines des GES est la principale cause du réchauffement climatique observé depuis plus de cinquante ans.

Pour quantifier cet effet de serre, on mesure la différence entre l'énergie reçue et celle réémise par la Terre ; c'est ce qu'on appelle le **bilan radiatif**. Quand l'équilibre est rompu entre énergie reçue et énergie rendue, on parle de **forçage radiatif**.



Bilan radiatif:

On appelle bilan radiatif le rapport entre les flux entrants et les flux sortants. Pour que le bilan soit équilibré, il faut que la puissance entrante (en $\rm W/m^2$) soit équivalente à la puissance sortante.



Ainsi l'augmentation non naturelle des GES dans l'atmosphère est venue perturber l'équilibre radiatif de la Terre. En un siècle et demi, nous sommes

passé d'un état d'équilibre radiatif à un forçage radiatif positif : l'atmosphère de notre planète est de plus en plus étanche et conserve trop d'énergie, faisant augmenter la température globale.

À long terme, les générations futures seront confrontées à des conséquences de plus en plus graves du changement climatique comme l'élévation des températures, la montée du niveau de la mer et la perturbation des écosystèmes marins et terrestres.

- 2 Les conséquences du réchauffement climatique
- a. Fonte des glaces et élévation des océans

Mike Horn, célèbre explorateur, affirme qu'au Pôle Nord, il y a quinze ans, la glace avait une épaisseur de $2,5\,\mathrm{m\`etres}$. Aujourd'hui son épaisseur est de $5\,\mathrm{centim\`etres}$.

Si l'on sait que la fonte des glaciers de montagnes et des calottes polaires conjuguée à l'expansion thermique de l'eau fait monter le niveau des océans, l'évolution est plus rapide qu'attendue.



Les calottes du Groenland et de l'Antarctique ont perdu plus de $400\,\mathrm{milliards}$ de tonnes de masse par an dans les dix ans qui ont précédé 2015, ce qui correspond à une hausse du niveau de la mer de près de $1,2\,\mathrm{millimètre}$ chaque année.

Notons par ailleurs que les glaciers ont eux aussi perdu près de $280\,\mathrm{milliards}$ de tonnes de glace annuellement, augmentant le niveau de la mer de $0,77\,\mathrm{millim\`e}$ tre chaque année.

ightarrow Au cours des cent dernières années, $35\,\%$ de la hausse du niveau de la mer dans le monde est due à la fonte des glaciers.



En 2019, l'Islande a symboliquement commémoré la disparition de son premier glacier en inaugurant une plaque à la mémoire de l'Okjökull,

SchoolMouv.fr SchoolMouv : Cours en ligne pour le collège et le lycée 9 sur 18

cherchant ainsi à alerter contre les conséquences du réchauffement climatique.

En outre, les glaciers alimentent les cours d'eau desquels dépendent non seulement les activités humaines (production d'énergie, agriculture etc.), mais aussi les êtres humains eux-mêmes.

Notez également que l'apport d'eau douce fait baisser la salinité des eaux et perturbent les circulations océaniques dont dépendent les courants, euxmêmes à l'origine de variations climatiques.



Ainsi, la fonte des glaces à trois conséquences importantes :

- la disparition de sources d'eau potable ;
- la montée des océans, susceptible de bouleverser la géographie mondiale;
- o la baisse de la salinité des océans (apport d'eau douce).

Les variations du niveau de la mer ont toujours existé, et elles ont parfois été très rapides : $130\,\mathrm{m\`etres}$ supplémentaires entre la dernière période glaciaire (il y a $21\,000\,\mathrm{ans}$) et le début de la période interglaciaire actuelle : soit presque un mètre par siècle. Cette évolution s'est ensuite ralentie il y a $6\,000\,\mathrm{ans}$, puis s'est stabilisée autour de $5\,\mathrm{centim\`etres}$ par siècle en moyenne au cours des derniers millénaires.

Pourtant, durant le XX^e siècle, le niveau des mers s'est élevé de $20\,\mathrm{centim\`etres}$ environ. Et si la fonte des glaciers en est une cause, la température de la mer en est une autre. Car, plus celle-ci est élevée, plus l'eau se dilate. Or, le réchauffement de l'eau découle directement de celui des températures atmosphériques.



Augmentation du volume et de la fréquence des précipitations



Les précipitations sont un facteur pris en compte dans la définition du

SchoolMouv.fr SchoolMouv : Cours en ligne pour le collège et le lycée 10 sur 18

climat.

Le régime de celles-ci ne montre pas de tendance <u>globale</u> d'évolution au cours du XX^e siècle. Pourtant, on relèvera des changements <u>locaux</u> et saisonniers.



Depuis 1960, une diminution importante des précipitations hivernales a été observée dans la partie sud de la France; tandis que, dans le nord, elle est en augmentation.

Au niveau mondial (global), le changement climatique se traduit par une modification non uniforme des précipitations terrestres. En effet, les zones subtropicales (des hautes latitudes) tendent à s'assécher alors qu'une augmentation des précipitations est observée au niveau des faibles et moyennes latitudes.



Les quantités de pluie et de neige annuellement déposées devront, en toute logique, **croître** puisque la tension de la vapeur de l'eau, donc l'évaporation, est une fonction croissante de la température.

Des variations dans l'importance et la distribution des précipitations devraient être considérables.

On estime que, dans un contexte d'augmentation importante des précipitations à l'échelle globale, certaines régions (à l'échelle locale donc) vont connaître un accroissement de l'aridité sur des surfaces étendues.



Une baisse de $10\,\%$ des précipitations est par exemple prévue dans la Corn Belt états-unienne. D'ici 2050, on y observerait une diminution des rendements de $20\,\%$ pour le maïs à cause d'étés plus chauds et plus secs.

c. Acidification des océans

L'acidification des eaux est devenue en quelques années l'un des problèmes majeurs auxquels nos océans font face. Malheureusement, il n'est pas visible à l'œil nu, et ses effets ne peuvent être perçus aussi facilement que la hausse des températures ou du niveau de la mer. Car l'augmentation du CO_2 atmosphérique n'a pas pour seule conséquence l'accentuation de l'effet de serre. Il se dissout dans nos océans, entraînant des réactions chimiques qui réduisent le pH de l'eau de mer.



Ainsi, parler d'acidification des océans c'est faire référence à la diminution du pH (l'eau devient donc acide) à cause de l'absorption excessive de ${
m CO}_2$.

Au cours des deux derniers siècles, ce pH est passé de 8,2 à 8, et les scientifiques estiment qu'avant 2100 cette valeur diminuera encore probablement de 0,3. La baisse est plus importante qu'il n'y paraît puisque d'une augmentation de 0,1 point de pH résulte une hausse de $30\,\%$ de l'acidité océanique.

Bien évidemment, les effets se font avant tout ressentir sur la vie marine et notamment sur les animaux à coquilles qu'un environnement acide affaiblit. Il est en effet plus difficile pour eux dans ces conditions de former leur coquille et/ou leur exosquelette dont la dissolution se trouve, de surcroît, accélérée. Ce déséquilibre impacte leur survie et toute la chaîne alimentaire qui en découle.

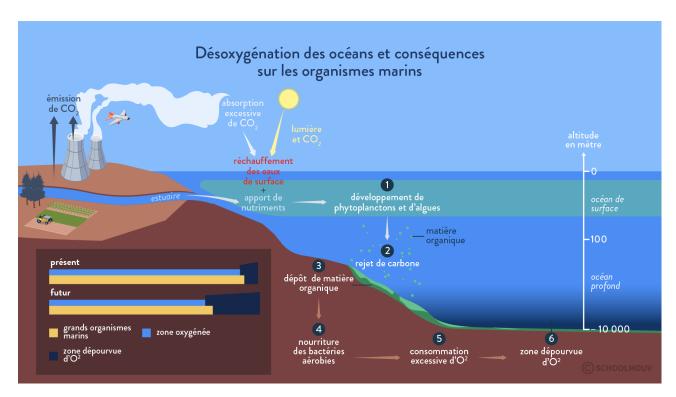


La rapidité du changement de composition chimique des océans a empêché une adaptation des espèces à leur environnement.

En outre, l'absorption du ${
m CO_2}$ en excès contribue au réchauffement des eaux de surface, qui entraîne la désoxygénation des océans. Celle-ci est encore aggravée par le déversement d'eaux riches en nutriments (issues

des activités humaines), c'est ce qu'on appelle l'**eutrophisation**. Le phénomène est simple.

- 1 Les eaux riches favorise la multiplication et le développement de phytoplanctons et d'algues vertes en surface.
- 2 En mourant, ces végétaux marins rejettent du carbone sous forme de matière organique.
- 3 Elle se dépose au fond des océans où vivent des bactéries.
- 4 Ces bactéries se nourrissent de l'abondance de matière organique et prolifèrent.
- Mais, étant aérobies, elles sont consommatrices d'oxygène, et en menacent grandement les réserves par leur prolifération excessive.
 - → Progressivement, apparaissent des zones dépourvues d'oxygène dans lesquelles les espèces animales ne peuvent plus prospérer.





Aux Antilles, en plus d'affecter les organismes marins, la prolifération d'algues sargasses fait du tort aux



locaux et au tourisme. Cette algue brune peut se révéler toxique, par son émission d'ammoniac et d'hydrogène sulfuré.

Les changements observés depuis le début du XXI^e siècle ne feront que s'accentuer dans le futur au moins jusqu'en 2030. Ils dépendront de la réduction des GES possible.

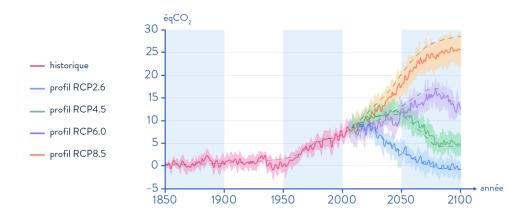
- 3 Quel futur pour le climat ?
- a. Scénarios et projections climatiques

Le cinquième rapport du GIEC est paru en 2014 et fait état de travaux effectués en 2013. Le GIEC présente quatre scénarios possibles nommés RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 et RCP8.5. Ces scénarios se basent sur plusieurs paramètres différents : continuité ou non de l'augmentation démographique, continuité ou non du développement économique, etc.



RCP = Representative concentration pathways. Les chiffres associés représentent le forçage radiatif supposé, par exemple $8,5\,\mathrm{W/m^2}$ pour RCP8.5.

Projection des émissions liées aux énergies fossiles proposée pour quatre profils d'évolution des GES

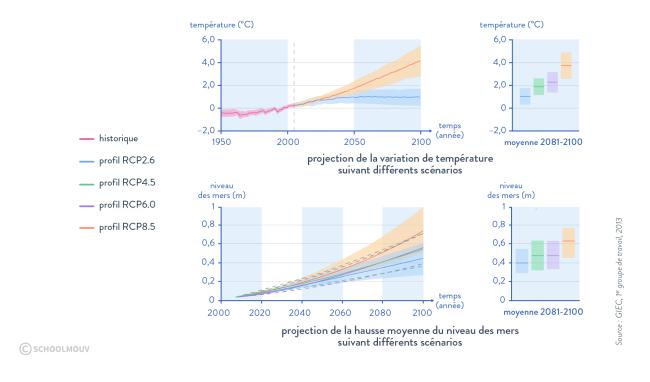


© SCHOOLMOUV

Source : GIEC, 1^{er} groupe de travail, 2013

→ Le pire scénario étant ici le RCP8.5 en orange.

Comme nous l'avons vu, de ces premières projections sur les émissions de GES vont naturellement découler des scénarios sur la hausse des températures et du niveau de la mer.



(b)

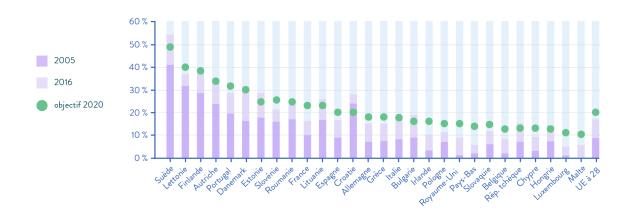
Plans d'action et stratégies d'atténuation

À l'horizon 2030, et depuis 1990, l'objectif de l'Union européenne est de réduire de $40\,\%$ ses émissions de GES. Pour ce faire, on assiste à la mise en place progressive de politiques pour le climat, et notamment de taxation du carbone (à l'échelle européenne et mondiale).

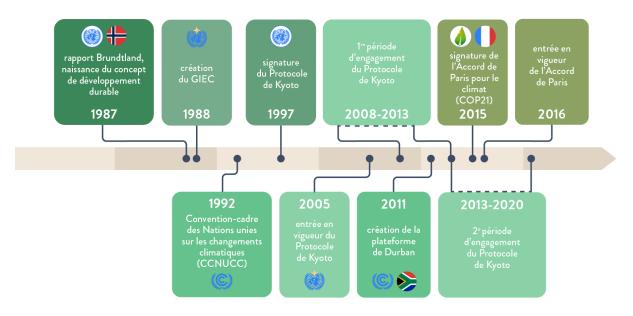
Un Plan climat a été adopté en 2008 par l'Union européenne. Il définissait plus précisément trois objectifs à l'horizon 2020 :

- $\circ~$ une réduction de $20\,\%$ des émissions de GES par rapport à 1990 ;
- \circ une augmentation de $20\,\%$ de la production d'énergies renouvelables ;
- \circ et une augmentation de $20\,\%$ de l'efficience énergétique.

Part des énergies renouvelables des États membres de l'Union européenne



C SCHOOLMOUV Source : d'après Eurostat, 2018



© SCHOOLMOUV

Cinq ans après la création de la Convention-cadre des Nations unies, était signé le Protocole de Kyoto qui prévoyait de réduire les émissions de GES de $5\,\%$ entre 2008 et 2012 par rapport à 1990. Lors de la COP18 une prolongation de ce protocole a été adoptée pour prolonger la période d'engagement de 2013 à 2020.

Lors de la COP21 a été signé l'Accord de Paris pour le climat, le premier engagement à long terme et à caractère **universel**. Il est entré en vigueur en novembre 2016 et ses objectifs se déclinent sur trois piliers :

- l'atténuation (contenir les GES et la hausse des températures) ;
- l'adaptation;
- o et la finance.



Actuellement, les mesures apparaissent insuffisantes pour respecter l'objectif de l'Accord de Paris de limiter le changement climatique à $1,5\,^\circ\mathrm{C}$ - $2\,^\circ\mathrm{C}$. Atteindre cet objectif est encore possible, mais nécessitera donc un renforcement très rapide.

Conclusion:

Les conséquences de l'augmentation de la concentration du ${
m CO}_2$ dans l'atmosphère et des évolutions climatiques liées à l'effet de serre additionnel sont multiples sur de nombreux systèmes naturels (acidification des océans, écosystèmes et biodiversité, ressources en eau...) et sur des secteurs socio-économiques (santé, sécurité alimentaire, agriculture, sylviculture, pêche, énergie, transport, tourisme, urbanisme...). Une part des changements étant inévitable, différentes voies d'adaptation doivent être étudiées : augmentation de la part des renouvelables dans la consommation énergétique, investissement en recherche et développement dans des technologies énergétiques bascarbone... Car grâce à la connaissance de l'impact des activités humaines sur l'environnement, on peut limiter l'évolution climatique.