

Les journées de l'Education Relative à l'Environnement

GUIDE PEDAGOGIQUE

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



Illustration Olivier Thévin
CG34/MDE 2007

Janvier 2008

Document provisoire

Sommaire général

Les journées de l'Education relative à l'environnement p. 1

Introduction P. 2

Volet 1 *Qu'est ce que le changement climatique ?* p. 3

Volet 2 *Le changement climatique, source d'activités* p.44

- **Première partie** p.46

Le changement climatique au sein des programmes scolaires

- **Deuxième partie** p.68

Le changement climatique, source d'activités

- **Troisième partie** p. 135

Le changement climatique, ressources

- **Quatrième partie**

Le changement climatique, Annexes p. 146

Ont collaboré à la conception de ce guide :

▪ **Volet 1 : Qu'est ce que le changement climatique ?**

Christine COUDURIER, Alterre Bourgogne

Aurélie BERBEY, Alterre Bourgogne

Philippe DEVIS, Alterre Bourgogne

Comité de relecture :

Régis DICK, Alterre Bourgogne

Pascale REPELLIN, Alterre Bourgogne,

Hélène TOUSSAINT, Alterre Bourgogne

Yves RICHARD, laboratoire de climatologie, Université de Bourgogne

Denis THEVENIN, Météo France DIJON

▪ **Volet 2 : le changement climatique, source d'activités pédagogiques**

Nathalie DAMY – Alterre Bourgogne

Delphine MIROY – Cercle Laïque Dijonnais / ADEME Bourgogne

Comité de relecture :

Jean-Charles ALLAIN – IUFM de Bourgogne

Claude CENSIER – Rectorat de l'Académie de Dijon

Marie DELAHAYE – Rectorat de l'académie de Dijon

Martine SFEIR – ADEME Bourgogne

Les journées de l'Education Relative à l'Environnement

Le changement climatique

Comme chaque année, le **SFFERE** (Système de Formation de Formateurs à l'Éducation Relative à l'Environnement) organise les journées de l'Éducation Relative à l'Environnement. Ces journées de l'ERE sont l'occasion de vous informer, vous questionner, agir avec vos collègues, vos élèves, vos stagiaires, pour acquérir un comportement plus responsable vis-à-vis de l'environnement.

Cette année, le thème des journées de l'ERE est le **changement climatique**. Elles se tiendront du **25 mars au 4 avril 2008**. Elles seront l'occasion de valoriser, auprès d'un large public, les actions que vous avez entreprises, ou que vous allez mettre en œuvre, avec vos élèves, sur le changement climatique au sein de votre établissement, que vous travailliez depuis plusieurs mois sur ce thème ou que votre projet soit encore en construction !

Le guide pédagogique « Le changement climatique » est là pour vous aider dans le montage de votre projet ou de vos actions.

Si le temps qu'il fait ne changeait jamais, la plupart des gens n'auraient rien à se dire...

UN ENJEU PEDAGOGIQUE MAJEUR

Depuis le Néolithique, période à partir de laquelle les hommes ont commencé à cultiver la terre, à pratiquer l'élevage et à se sédentariser, le climat de la Terre est resté remarquablement stable.

Le changement climatique, marqué par le réchauffement de la température planétaire que nous observons depuis le XX^e siècle, va s'amplifier encore dans les prochaines décennies. L'humanité est responsable de ce changement qui, par son ampleur et sa vitesse, pose des problèmes jamais rencontrés depuis 10 000 ans.

Les conséquences de ce changement climatique seront concomitantes avec différents grands enjeux auxquels l'humanité sera confrontée au XXI^e siècle : l'épuisement des ressources énergétiques fossiles (à l'horizon de quelques décennies pour le pétrole et le gaz, de quelques siècles pour le charbon) ; une population mondiale qui devrait atteindre les 9 milliards d'habitants et la nécessité de réduire des inégalités inacceptables d'un point de vue humain, qui constituent en même temps un facteur majeur de tensions et de conflits.

Nous sommes donc confrontés à la double nécessité de diminuer les émissions de gaz à effet de serre pour tenter de réduire, autant que possible, l'ampleur et la vitesse du changement climatique et de nous adapter à des conditions de vie que ces changements génèrent.

Cette double nécessité exige des transformations importantes de nos modes de vie, de nos systèmes de production, de notre économie, qui ne pourront se faire sans une modification profonde de notre rapport au Monde.

Le problème posé par le changement climatique nous met face à notre façon d'envisager le Monde et constitue de ce fait un enjeu pédagogique majeur.

VOLET 1

Qu'est ce que le changement climatique ?



SOMMAIRE DU VOLET 1

1	LA MACHINE CLIMATIQUE	5
1.1	LES CLIMATS DE LA TERRE ONT TOUJOURS CHANGE.....	5
1.2	MAIS NOUS SOMMES AUJOURD'HUI FACE A DES EVOLUTIONS DONT LE RYTHME ET L'AMPLEUR SONT SANS PRECEDENT.....	5
1.2.1	<i>On observe depuis le XIXe siècle une augmentation importante des températures.....</i>	5
1.2.2	<i>L'augmentation de la température et l'augmentation des teneurs en CO₂ de l'atmosphère sont corrélées</i>	6
2	L'EFFET DE SERRE	8
2.1	UN PHENOMENE NATUREL.....	8
2.2	...INDISPENSABLE A LA VIE	8
3	NOTRE RESPONSABILITE	10
3.1	LES EMISSIONS MONDIALES DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	11
3.2	LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE EN FRANCE.....	12
3.3	LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE EN BOURGOGNE.....	13
4	LES ENJEUX.....	15
4.1	LES HYPOTHESES DU GIEC AL'HORIZON 2100.....	15
4.2	DES CONSEQUENCES MAJEURES A L'ECHELLE PLANETAIRE	15
4.2.1	<i>Modification des conditions climatiques.....</i>	15
4.2.2	<i>Fonte des glaces et enneigement.....</i>	16
4.2.3	<i>Une élévation du niveau des mers.....</i>	16
4.2.4	<i>Des conséquences sur la biodiversité.....</i>	17
4.3	DES CONSEQUENCES SURL'HOMME, LES SYSTEMES AGRICOLES ET FORESTIERS, LA SANTE ET L'ECONOMIE.....	17
4.3	<i>Des premiers symptômes sont déjà observables chez nous</i>	19
5	AGIR.....	21
5.1	LES ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX.....	21
5.1.1	<i>Les dates clés :</i>	21
5.1.2	<i>Le protocole de Kyoto</i>	22
5.1.3	<i>Les engagements des pays dans le cadre du protocole de KYOTO.....</i>	23
5.2	REDUIRE LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	23
5.2.1	<i>Réduire les émissions de gaz à effet de serre en Bourgogne.....</i>	24
5.3	S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	25
5.3.1	<i>Dans l'urbanisme :.....</i>	25
5.3.2	<i>Dans l'habitat :</i>	26
5.3.3	<i>Dans la sylviculture :</i>	27
5.3.4	<i>Dans l'agriculture :.....</i>	27
5.3.5	<i>En matière de santé :.....</i>	28
6	CONCLUSION : DE L'INTERET D'AGIR TOUS	30
	FICHE 1 : CLIMAT ET METEOROLOGIE	31
	FICHE 2 : LE CYCLE DU CARBONE	32
	FICHE 3 : AGRICULTURE ET GAZ A EFFET DE SERRE.....	34
	FICHE 4 : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ECONOMIE MONDIALE.....	35
	BIBLIOGRAPHIE	37

1 LA MACHINE CLIMATIQUE

1.1 Les climats de la Terre ont toujours changé¹...

Le **climat** correspond à l'état moyen des conditions météorologiques (précipitations, températures, ensoleillement, vents...) sur une longue période dans un lieu donné. Ces conditions météorologiques dépendent de divers facteurs qui interagissent et varient largement à la surface de la Terre, générant une mosaïque de climats différents.

Les principaux facteurs qui régissent le climat sont :

- l'activité solaire, qui fournit plus ou moins d'énergie à la Terre, en fonction de l'activité solaire et de la distance Terre/Soleil ;
- L'inclinaison de l'axe des pôles par rapport aux rayons du Soleil et la forme sphérique de la Terre, qui conditionnent la répartition de l'énergie solaire à la surface du globe – ainsi, les pôles reçoivent moins d'énergie solaire que les zones équatoriales ;
- l'orbite elliptique que la Terre décrit autour du Soleil, qui conditionne également la quantité d'énergie solaire reçue ;
- la composition de l'atmosphère, qui joue sur l'aptitude du système à utiliser l'énergie solaire ;
- la taille et la position des continents et des océans à la surface de la terre, qui affectent la redistribution de l'énergie des basses latitudes vers les hautes latitudes via les courants océaniques et les vents.

A ces facteurs s'ajoutent des facteurs géographiques, tels que l'altitude, le relief, la nature du substrat qui sont à l'origine de microclimats dans « les climats »... Ils interviennent en permanence mais selon des échelles de temps très variables.

Ces facteurs, qui forment le système climatique, sont à l'origine d'une circulation de l'air et des océans, et génèrent des processus d'évaporation et de précipitations.

A l'échelle des grandes ères géologiques (primaire, secondaire tertiaire et quaternaire), le facteur qui prévaut est la tectonique qui détermine la taille et la position des océans et des continents.

Au sein du quaternaire, période qui correspond à celle de l'humanité, les facteurs climatiques subissent des variations importantes, entraînant du même coup une variation de la quantité d'énergie reçue par la Terre. Le climat de la Terre est ainsi soumis à des alternances plus ou moins régulières de périodes chaudes et de périodes glaciaires.

A l'intérieur de ces grands cycles, qui se déroulent sur plusieurs milliers d'années, le climat connaît une certaine stabilité, comme le montre l'analyse des glaces de Vostok dans l'Antarctique pour les 420 000 dernières années. Pour cette période, la température moyenne n'a pas dépassé celle que nous connaissons actuellement de plus de 1 à 2°C.

Bien sûr, des variations non négligeables ont pu se produire, comme par exemple en Europe, lors du petit âge glaciaire, de 1400 à 1850.

D'après les scientifiques, la prochaine période de glaciations ne débutera pas avant au moins 10 000 ou 20 000 ans.

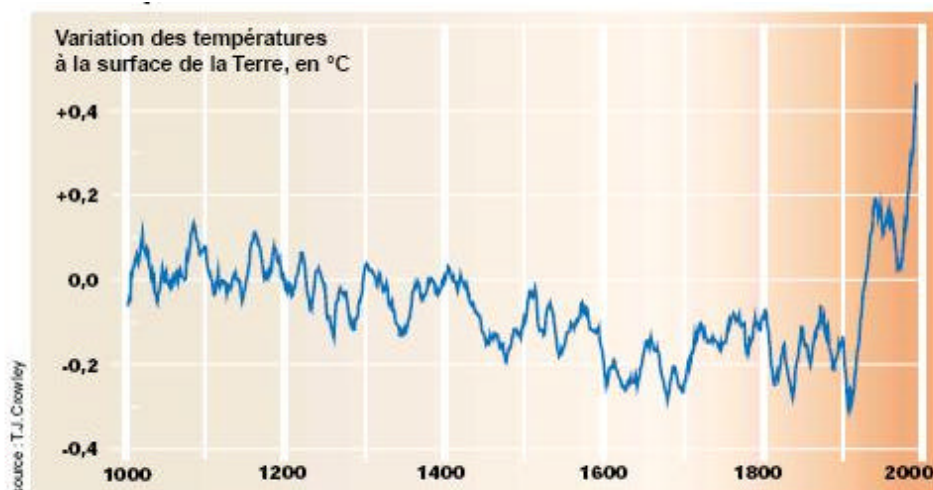
1.2 Mais nous sommes aujourd'hui face à des évolutions dont le rythme et l'ampleur sont sans précédent

1.2.1 On observe depuis le XIXe siècle une augmentation importante des températures

¹ Pour aller plus loin, voir Fiche 1 « climat et météorologie »

Si par le passé, la Terre a pu connaître des « ruptures » climatiques importantes, comme celle qui a marqué le passage du Crétacé au Tertiaire il y a 65 millions d'années, depuis le néolithique, c'est-à-dire une dizaine de milliers d'années, le climat n'a connu que des fluctuations minimales.

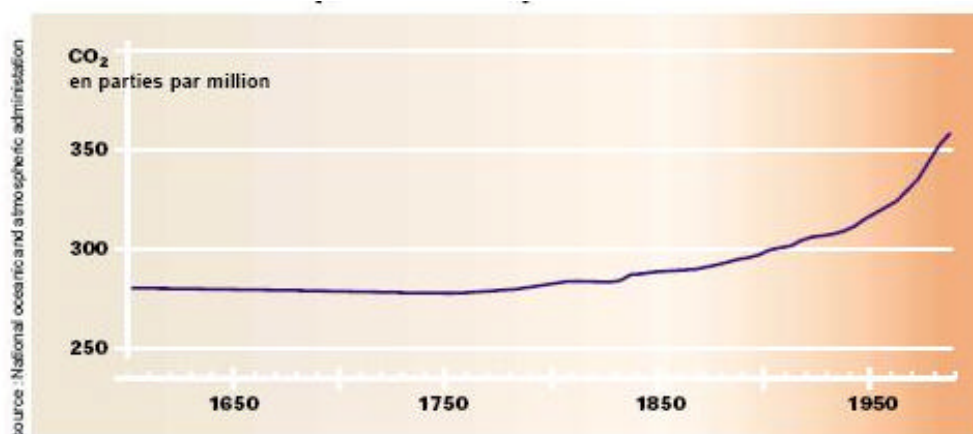
Toutefois, le XX^e siècle connaît une augmentation sans précédent de la température moyenne du globe, de près de 0,74°C en 100 ans seulement. Ainsi, la décennie 90 a été la plus chaude des 150 dernières années dans l'hémisphère nord et l'année 2005 a battu le précédent record de 1998 (année la plus chaude mesurée depuis 1861 avec une anomalie de +0,61°C par rapport à la moyenne). Ce réchauffement est le plus important, depuis 1 000 ans, dans l'hémisphère nord.



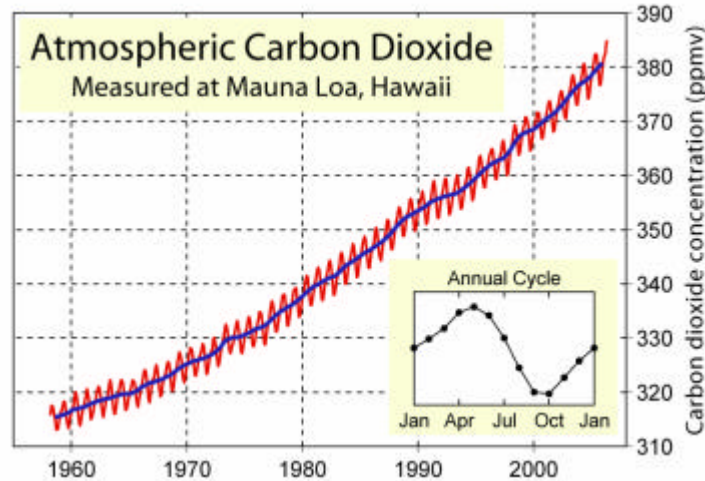
1.2.2 L'augmentation de la température et l'augmentation des teneurs en CO₂ de l'atmosphère sont corrélées

Parallèlement à cette augmentation de la température, les scientifiques ont mis en évidence une augmentation importante des teneurs de l'atmosphère en dioxyde de carbone.

De 1600 à 1960



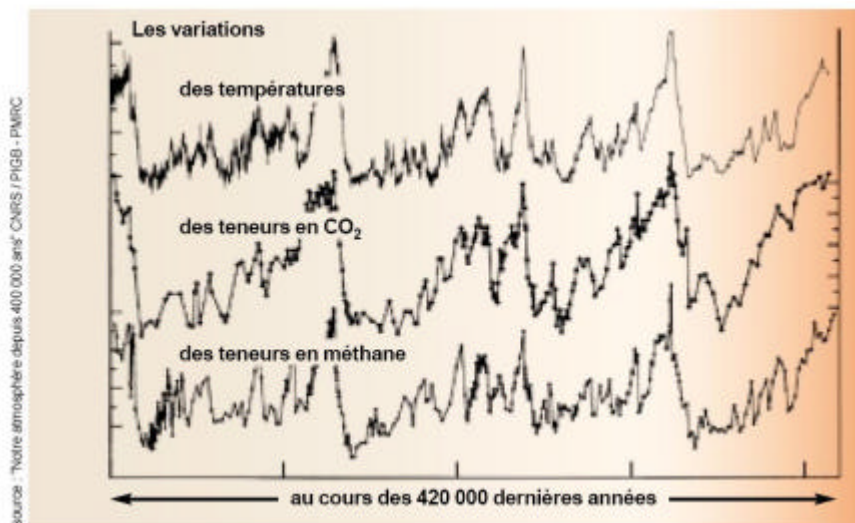
De 1960 à nos jours



Source : <http://www.globalwarmingart.com>

L'analyse de l'air emprisonné dans les glaces de Vostok, en Antarctique, a permis de reconstituer les variations de la température et des concentrations en dioxyde de carbone et méthane au cours des 420 derniers millénaires. Les concentrations de ces deux gaz sont fortement corrélées à la température.

Corrélation entre teneur de l'atmosphère en CO₂, CH₄ et températures



Sur ce graphique, une graduation correspond à une variation de 2 °C pour les températures, 20 parties par million pour le CO₂, 100 parties par billion pour le méthane.

Les teneurs en dioxyde de carbone ont augmenté d'un tiers depuis 1750, celles du méthane ont été multipliées par 2,5. La teneur actuelle en dioxyde de carbone n'a jamais été atteinte depuis 420 000 ans, et probablement pas durant les vingt millions d'années passées.

2 L'EFFET DE SERRE

2.1 Un phénomène naturel...

L'effet de serre est un phénomène naturel lié à l'existence d'une atmosphère autour de notre planète. Cette atmosphère piège sous forme de chaleur une part des rayonnements réfléchis par la Terre.



La planète est exposée aux rayonnements solaires (1). L'atmosphère réfléchit (2), absorbe (3) ou laisse passer (4+5) ces rayonnements. La surface terrestre réfléchit à son tour une part du rayonnement qui a traversé l'atmosphère (4) ; elle absorbe le reste (5). L'énergie ainsi absorbée par la Terre est réémise sous forme de chaleur (6+7). Une part de ces rayonnements thermiques est renvoyée vers l'espace (8), une autre est bloquée par des gaz dits « à effet de serre » présents dans l'atmosphère (9). Ces rayonnements thermiques vont réchauffer l'atmosphère terrestre : c'est ce que l'on appelle l'effet de serre.

2.2 ...indispensable à la vie

L'effet de serre est plus ou moins important selon la composition de l'atmosphère. Sur Mars, dont l'atmosphère est pratiquement dépourvue de gaz à effet de serre, la température est de -55°C . A l'inverse, sur Vénus, où l'atmosphère est presque entièrement composée de gaz à effet de serre, la température est de $+458^{\circ}\text{C}$.

Sur Terre, grâce à l'effet de serre naturel, la température moyenne est d'environ $+15^{\circ}\text{C}$, alors qu'elle serait de -18°C sans cet effet de serre. Il n'y aurait pas d'eau sous forme liquide et la vie sous la forme que nous connaissons serait impossible.

La présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre à l'état naturel résulte de phénomènes biologiques et géologiques complexes. L'atmosphère primitive de la planète était principalement constituée de dioxyde de carbone et d'azote. Ce n'est que progressivement qu'elle est devenue le mélange d'azote (78 %), d'oxygène (21 %) et de gaz rares qui a permis à la vie de sortir des océans et de se développer sur les continents : l'évolution de la composition de l'atmosphère a à la fois permis et accompagné l'apparition de la vie.

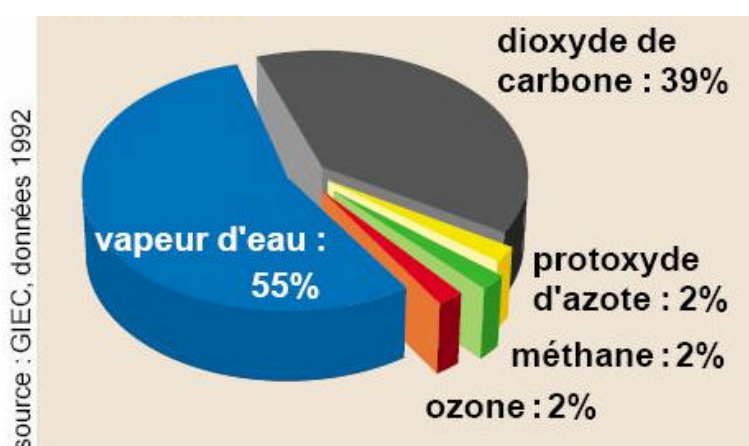
Les propriétés de l'atmosphère, et en particulier sa capacité à piéger les rayonnements, résultent d'un équilibre dynamique et dépendent d'un ensemble de gaz qui représentent au total moins de 1 % de l'atmosphère. Des variations de la composition de

l'atmosphère qui peuvent paraître infimes ont ainsi des conséquences très importantes, et les mécanismes de régulation en jeu sont sensibles à des fluctuations qui peuvent de prime abord sembler mineures.

Naturellement, les principaux gaz à effet de serre sont, par ordre décroissant d'importance : la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), l'ozone (O_3).

Tous ces gaz à effet de serre n'ont pas le même potentiel de réchauffement : ils renvoient vers le sol une part plus ou moins importante du rayonnement thermique. Ils n'ont pas non plus la même durée de vie dans l'atmosphère. Ces deux paramètres permettent de définir le pouvoir de réchauffement global de chacun des gaz. Celui-ci se mesure par comparaison avec celui du CO_2 .

Chacun de ces gaz contribue à l'effet de serre de la façon suivante :



Pour être comparées et agrégées, les émissions des différents gaz sont ainsi pondérées par leur pouvoir de réchauffement global et converties en une unité commune : la tonne-équivalent- CO_2 (teq- CO_2)².

Par exemple, l'émission d'un kilo de CH_4 équivaut à 21 kg-équivalent- CO_2 ; cela signifie que 1 kilo de CH_4 dans l'atmosphère augmente autant l'effet de serre que 21 kg de CO_2 .

² Tonne équivalent carbone ou tonne équivalent CO_2 :

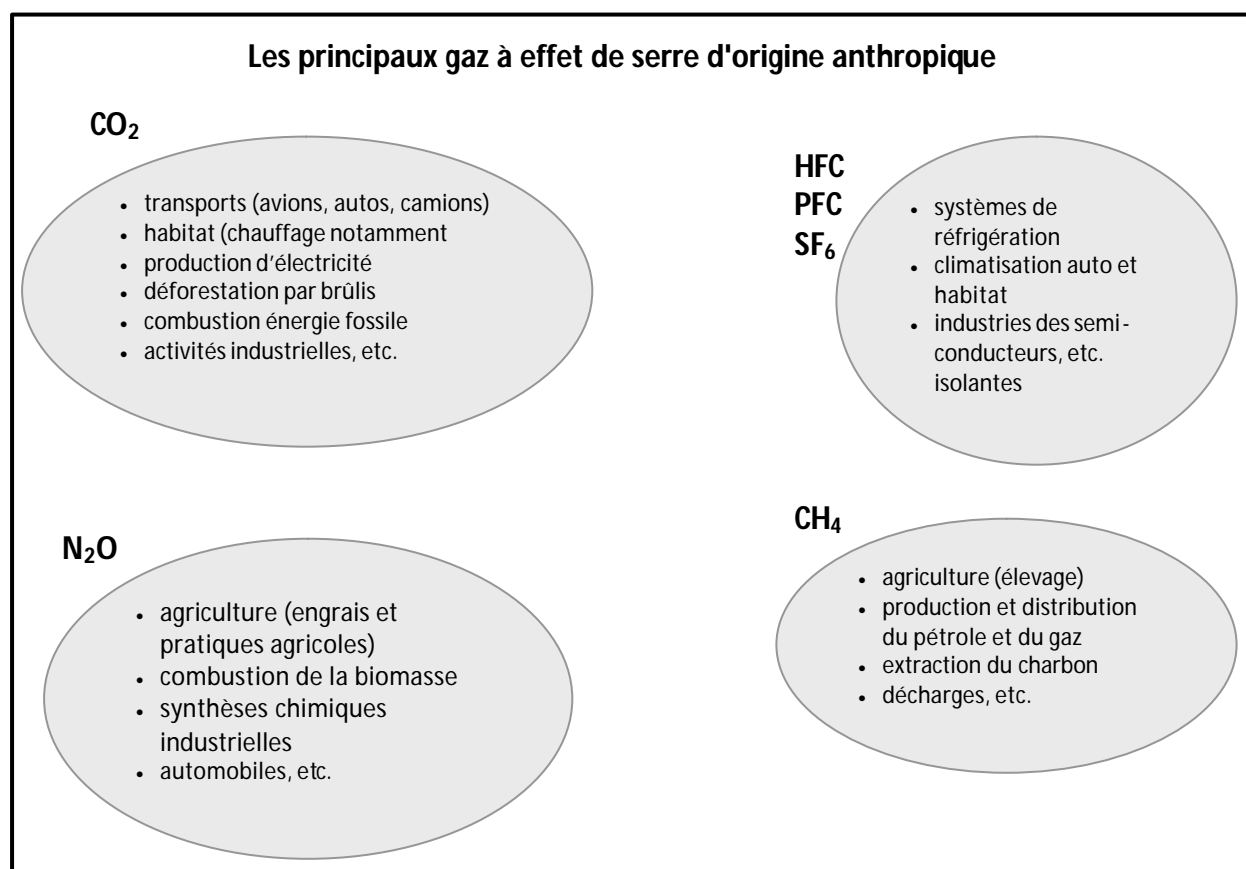
Les données scientifiques relatives aux émissions de CO_2 sont parfois exprimées en équivalent carbone ou en équivalent CO_2 . Il faut savoir qu'il existe un facteur de 3,67 entre les deux mesures, c'est à dire qu'une tonne de carbone = 3,67 tonnes équivalent CO_2 (correspondant au rapport entre le poids moléculaire du CO_2 , qui est de 44, sur le poids moléculaire du carbone (qui est de 12).

3 NOTRE RESPONSABILITE

Par ses activités, l'Homme libère dans l'atmosphère un certain nombre de gaz à effet de serre, qui viennent s'ajouter aux gaz à effet de serre présents naturellement, créant ainsi un effet de serre dit « additionnel ».

Cette émission des gaz à effet de serre, est liée pour une grande part à la combustion des énergies fossiles ; elle correspond ainsi à un déstockage, sur une période très courte, du carbone accumulé par processus géologique durant des millions d'années. Le pétrole, le gaz et le charbon résultent de la décomposition en très grandes quantités de planctons marins (pour le pétrole et le gaz naturel) et de végétaux terrestres (pour le charbon, dans les marécages qui occupaient des superficies considérables) à l'époque du carbonifère (il y a 300 à 350 millions d'années). Ce déstockage massif de carbone vient perturber un cycle naturel du carbone à l'équilibre fragile.³

On distingue les gaz présents naturellement dans l'atmosphère, mais que l'homme émet du fait de ses activités (CO₂, CH₄, N₂O...) des gaz fluorés, non présents naturellement dans l'atmosphère, qui sont des produits de l'activité chimique humaine (HFC, PFC, SF₆...), et qui sont les plus nocifs.



Source : DVD Le Changement climatique du Réseau Action Climat France (données 2007)

³ Pour aller plus loin, voir Fiche 2 « le cycle du carbone »

Historique de la connaissance de l'effet de serre

1827	Première description de l'effet de serre	J.-B. Fourier décrit le phénomène du réchauffement climatique par effet de serre.
1895	Analyse de l'effet de serre	Le chimiste suédois S. Arrhénius suggère que les émissions de CO ₂ , en renforçant l'effet de serre, pourraient entraîner une hausse de la température moyenne de la Terre.
1938		Un scientifique britannique, G. S. Callendar, lie le réchauffement en Europe du Nord depuis 1880 à la hausse de 10 % de la concentration de CO ₂ observée depuis cette date.
1954		Le biologiste américain Hudchinson suggère que la déforestation se traduira par un renforcement de la concentration de CO ₂ .
1957	Mesures systématiques du CO ₂	Le scientifique américain Gilbert Plass relance le débat sur la responsabilité de l'Homme dans le changement climatique. Les mesures systématiques de CO ₂ démarrent à Hawaï et en Alaska.
1967	Prévisions de réchauffement	Les scientifiques Syukuro Manabe et Richard Wetherald prédisent un doublement de la concentration de CO ₂ d'ici au début du XXI ^e siècle et une élévation de la température moyenne de l'ordre de 2,5 °C.
1976	CFC et méthane	Les CFC, le méthane et l'oxyde nitreux sont identifiés comme des gaz à effet de serre. L'effet de refroidissement des aérosols est jugé négligeable au plan mondial par rapport à l'effet de serre.
1979	Première conférence mondiale sur le climat	Organisée à Genève par l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Lancement d'un programme mondial de recherche, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'International Council of Scientific Unions (ICSU).

**Source : extrait de l'intervention de Philippe Devis, OREB
Conférence dans les relais sur les gaz à effet de serre – 2002**

3.1 Les émissions mondiales de gaz à effet de serre

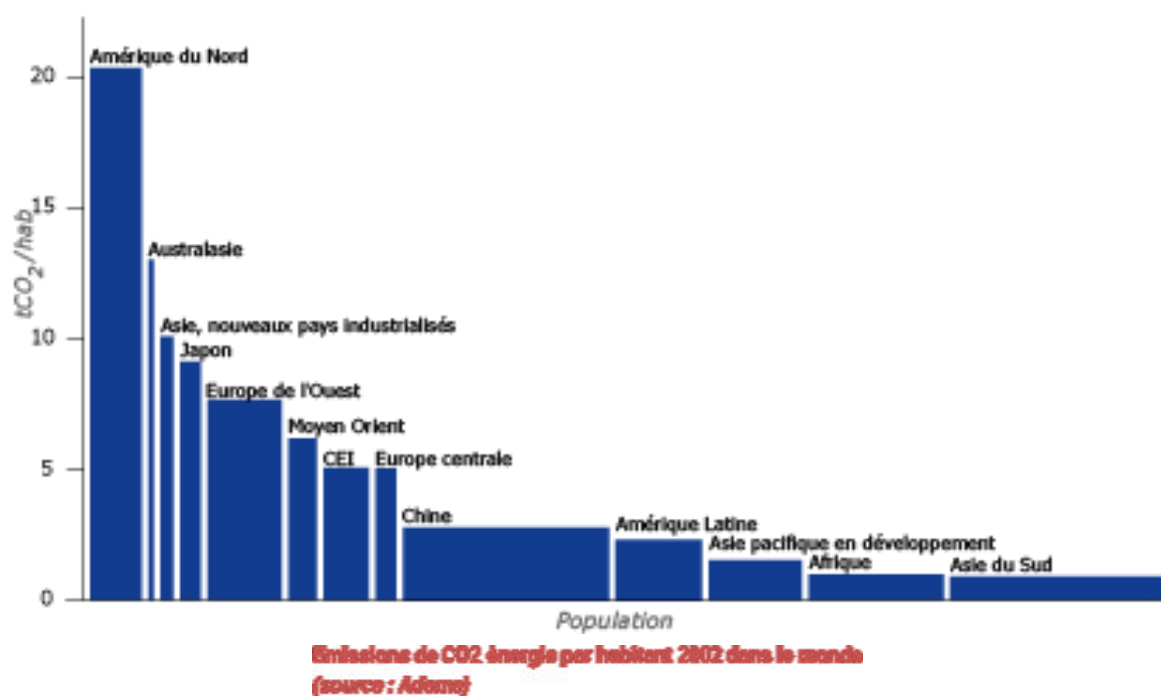
Les pays industrialisés sont les principaux responsables des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Ils sont notamment à l'origine des 4/5^e du dioxyde de carbone (CO₂) d'origine humaine accumulés dans l'atmosphère depuis le début de la révolution industrielle.

Ces émissions, issues pour l'essentiel de la combustion des énergies fossiles pour les transports, la production d'électricité, l'industrie et l'habitat ont contribué pour plus de la moitié à l'accroissement de l'effet de serre depuis un siècle.

Les niveaux d'émissions diffèrent grandement d'un pays à l'autre. On peut, de façon un peu grossière, considérer trois grands ensembles :

- Un groupe de pays dont les consommations d'énergies, et particulièrement d'énergies fossiles, sont très élevées : les Etats-Unis, le Canada, l'Australie.
- Un ensemble de pays dits développés et dont les consommations d'énergies sont élevées, mais néanmoins significativement moindres (en gros, la moitié) que dans les pays du premier groupe ; on y retrouve notamment le Japon et la plupart des pays européens.
- Les autres pays dont les niveaux d'émissions par habitant restent aujourd'hui très inférieurs à ceux des deux premiers groupes, même si les évolutions que connaissent certains d'entre eux suscitent des inquiétudes (Chine...).

Emissions mondiales de gaz à effet de serre



Les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines devraient augmenter encore au cours des prochaines décennies, en raison notamment de l'urbanisation croissante, du fort accroissement démographique mondial et de la croissance des émissions de gaz à effet de serre dans les pays en voie de développement comme l'Inde, la Chine et le Brésil.

3.2 Les émissions de gaz à effet de serre en France

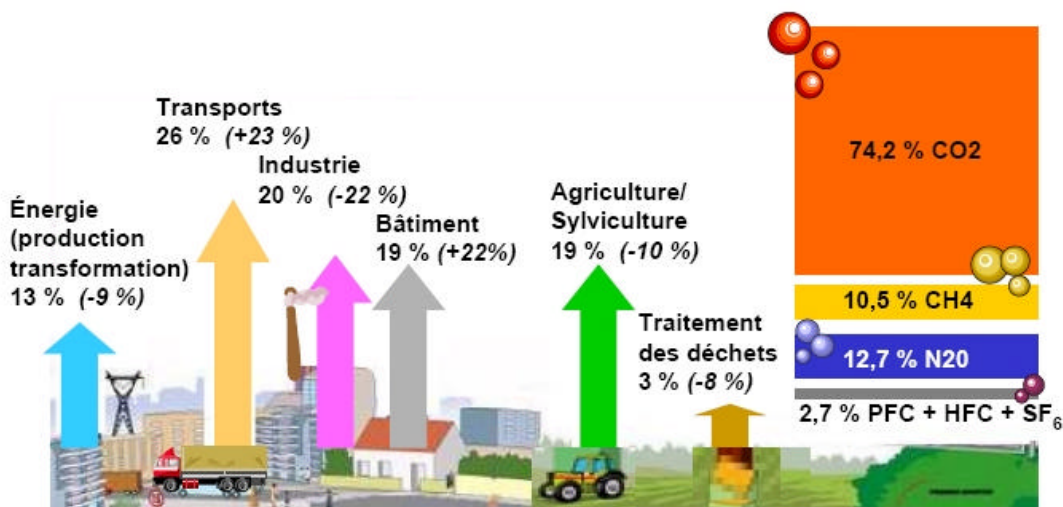
En France, comme au niveau mondial, la très grande majorité des émissions de gaz à effet de serre provient principalement de l'utilisation de combustibles fossiles que nous utilisons tous les jours (pétrole, gaz, charbon).

Les secteurs les plus émetteurs de gaz à effet de serre sont par ordre décroissant : le transport, l'industrie manufacturière, l'agriculture/sylviculture, le bâtiment puis l'industrie de l'énergie. Sur ces six secteurs, quatre voient leur contribution diminuer par rapport à 1990 : l'industrie manufacturière, l'industrie de l'énergie, l'agriculture et les déchets. En revanche deux secteurs, dont le poids en terme d'émission pèse de façon importante, ont considérablement augmenté leurs émissions depuis 1990 : le secteur des transports et des bâtiments.

Ces émissions de gaz à effet de serre se répartissent de la façon suivante :

- Transport : 26 % ; entre 1990 et 2006, augmentation de 23 % depuis 1990.
- Industrie manufacturière : 20 % ; diminution de 22 % depuis 1990.
- Agriculture / sylviculture : 19 % ; diminution de 10 % depuis 1990.
- Bâtiment : 19 % ; augmentation de 22 % depuis 1990.
- Production d'énergie : 13 % ; diminution de 9 % depuis 1990.
- Traitement des déchets : 3 % ; diminution de 8 % depuis 1990.

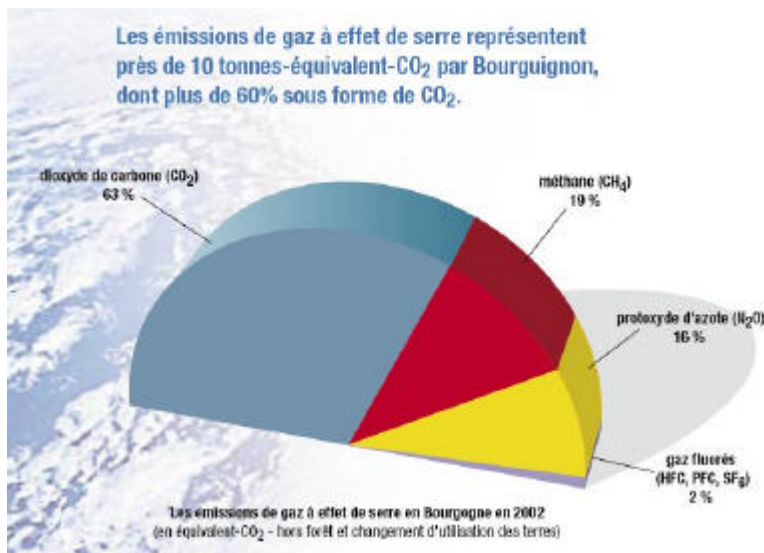
Les activités humaines à l'origine des émissions de CO₂ par activité en France



Émissions de gaz à effet de serre en France (y compris DOM/COM) en 2004, par secteur (entre parenthèses, l'évolution depuis 1990 ; source : CITEPA/Inventaire SECTEN/Format PNLC, février 2006)

3.3 Les émissions de gaz à effet de serre en Bourgogne

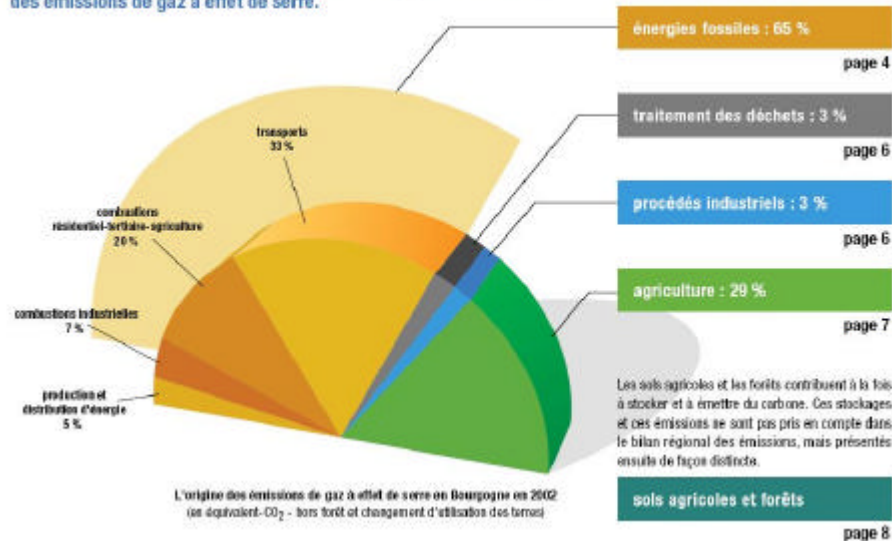
En Bourgogne, les émissions de gaz à effet de serre représentent près de 10 tonnes-équivalent CO₂ par Bourguignon et par an (conformément à la moyenne nationale), 63 % sous forme de dioxyde de carbone (CO₂) ; 19 % sous forme de méthane (CH₄) ; 16% sous forme de N₂O et 2 % sous forme de gaz fluorés.



Source : Repères n° 36 (p. 2) – décembre 2004

Les émissions de gaz à effet de serre considérées par secteur d'activité se répartissent de la façon suivante : les transports : 33% ; l'agriculture: 29% ; le résidentiel tertiaire: 20%, le secteur industriel : 10%, le traitement des déchets de 3%. La Bourgogne se distingue du niveau national, pour lequel ce sont les transports qui pèsent plus lourds, puis vient l'industrie, ensuite l'agriculture.

Les combustions d'énergies fossiles sont à l'origine des deux tiers des émissions de gaz à effet de serre.



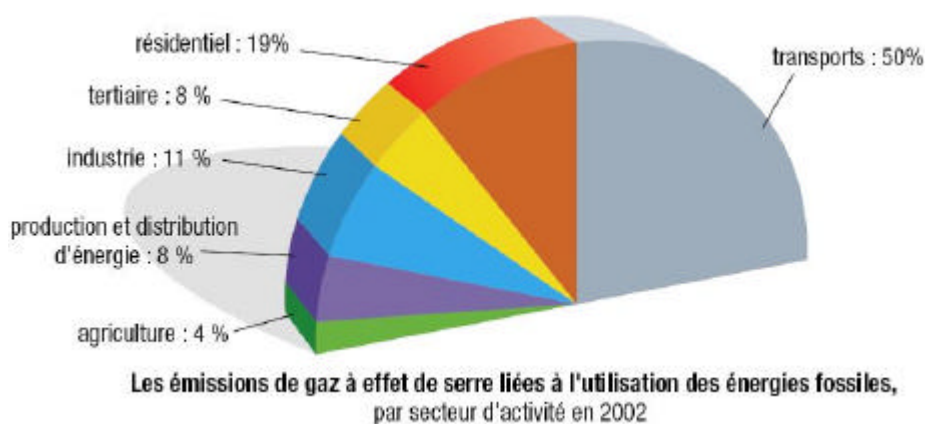
Source : Repères n° 36 (p. 3) – décembre 2004

65 % des émissions de gaz à effet de serre découlent de l'utilisation des énergies fossiles. Leur combustion libère essentiellement du CO₂, mais également, dans une moindre mesure, du CH₄ et du N₂O.

Si l'on s'intéresse spécifiquement à ces émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation des énergies fossiles, 50 % sont dues aux transports ; 19 % au secteur résidentiel ; 8 % au secteur tertiaire ; 11 % à l'industrie ; 8 % à la production et distribution d'énergie et enfin 4 % à l'agriculture.

Les transports sont responsables des 2/3 de l'augmentation récente (depuis 1990) des émissions de CO₂ imputables à l'utilisation des énergies fossiles, du fait de la multiplication des échanges et l'accroissement de la mobilité qui ont arqué ces dernières décennies. Le secteur des transports continuera vraisemblablement à connaître les augmentations de consommations d'énergies les plus importantes dans les prochaines décennies. Le scénario tendanciel, établi à l'horizon 2030 par la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières, estime par exemple que les émissions liées aux transports augmenteront de 35 % entre 2000 et 2030 si l'on s'en tient à l'application des politiques et mesures décidées jusqu'à la fin 2003.

Les émissions de CO₂ de l'habitat et du secteur tertiaire sont également en augmentation de +23 % entre 1990 et 2002. Les consommations de chauffage constituent la principale origine de ces émissions. Si les avancées techniques et réglementaires ont permis de réduire les consommations unitaires, notamment dans les bâtiments neufs, cette évolution a cependant été plus que compensée par l'augmentation des surfaces chauffées, mais également par les comportements des usagers, qui ont tendance à rechercher un plus grand confort.



Source : Repères n° 36 (p. 4) – décembre 2004

4 LES ENJEUX

On a tendance, lorsqu'on parle de changement climatique, à ne penser qu'à l'augmentation des températures, alors que cette élévation entraîne une modification des circulations atmosphériques (vents) et des précipitations, et donc des climats dans leur ensemble. Le réchauffement atmosphérique accentue l'évaporation des océans, ce qui entraîne aussi, en moyenne planétaire, une augmentation de la pluviométrie.

Les climats conditionnent la vie de l'ensemble des êtres vivants : le changement climatique a et va avoir des répercussions profondes sur les écosystèmes, les espèces, leur évolution et, bien sûr, sur les activités humaines. Ces répercussions ne se manifestent pas de manière uniforme sur l'ensemble de la planète et les différentes régions du Monde ne sont et ne seront pas concernées de la même façon.

4.1 Les hypothèses du GIEC à l'horizon 2100

Créé en 1988, à l'initiative de l'ONU, le GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat) rassemble plusieurs milliers d'experts de 189 pays adhérents. Ils ont pour mission d'évaluer et de synthétiser l'état des connaissances sur les changements climatiques. Le GIEC établit tous les cinq ans environ un rapport qui fait la synthèse des recherches scientifiques sur les changements climatiques et leurs conséquences.

Il construit aussi des scénarios possibles pour la planète d'ici à la fin du XXI^e siècle, à partir de différentes hypothèses démographiques, géopolitiques, socio-économiques et technologiques.

Ces différentes hypothèses permettent de simuler différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, qui sont ensuite pris en compte dans les modèles climatiques (ceux là même qui servent à faire les prévisions météorologiques que nous connaissons et utilisons tous, mais en les faisant tourner sur plus de 100 ans et non plus sur 15 jours).

Bien sûr, les scénarios obtenus diffèrent grandement selon le développement humain considéré : un scénario « tout fossile » se base sur la poursuite de la combustion massive des énergies fossiles ; un autre scénario considère davantage la mise en place au niveau mondial de solutions plus viables.

Le dernier rapport du GIEC a été rendu public en 2007. Selon le scénario considéré, il prévoit une augmentation des températures moyennes dans des fourchettes comprises entre + 1,1°C et + 6,4° C, avec une fourchette des meilleures estimations comprise entre 1,8°C et 4°C.

Le rapport du GIEC détaille aussi ce que peuvent être les conséquences à attendre de ces augmentations des températures. Ces conséquences ne se manifesteront pas partout de la même façon.

Il existe encore une grande part d'incertitude dans ces simulations, tout d'abord parce qu'elles dépendent des choix de société (quel scénario, parmi les dizaines testés par les climatologues du GIEC, l'humanité choisira t'elle ?) et d'autre part, du fait de la complexité des phénomènes en jeu, et des conséquences ou rétroactions encore non connues qu'aura la hausse des températures sur certains mécanismes, comme par exemple le cycle du carbone. Ces incertitudes portent notamment sur la capacité photosynthétique des végétaux et la capacité d'absorption du CO₂ par les océans. En clair, ces deux réservoirs, considérés actuellement comme des puits de carbone pourraient se transformer en sources à l'avenir.

4.2 Des conséquences majeures à l'échelle planétaire

4.2.1 Modification des conditions climatiques

Une hausse des températures

Même si de nombreuses incertitudes demeurent sur l'amplitude des changements à venir, Il faut s'attendre à un réchauffement global évalué à l'horizon 2100, entre 1,1 et 6,4°C.

Cette augmentation de la température ne sera pas partout la même. Elle sera plus marquée sur les continents que sur les océans, qui peuvent échanger avec l'océan profond et se refroidir par évaporation ; et également plus marquée aux moyennes et hautes latitudes que sous les tropiques.

Une modification du cycle de l'eau et du régime des précipitations

Le climat étant une machine thermique dont l'activité dépend de la quantité d'énergie qui la fait fonctionner, les conséquences du réchauffement climatique ne se limiteront pas à l'augmentation des températures. Elles s'accompagneront aussi d'une modification des mouvements atmosphériques et des précipitations.

Au niveau global, les principales conséquences déjà observées du changement climatique sur le cycle de l'eau consistent en une modification de la répartition des précipitations au niveau local comme au niveau mondial : les précipitations continentales dans l'hémisphère nord ont augmenté 5 à 10 %, tandis que les pluies ont diminué de 3 % sur une partie de la Méditerranée et sur l'Afrique du Nord et occidentale.

En France, la pluviométrie a aussi évolué au XX^e siècle : les hivers sont généralement plus pluvieux (entre 5 et 35 % de précipitations en plus).

Des événements climatiques extrêmes plus fréquents

Si rien n'est prouvé à l'heure actuelle, les modifications climatiques pourraient entraîner un plus grand risque d'inondations en automne et en hiver et de sécheresses en été qui accentueront les risques d'incendie. L'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre pourrait aussi modifier la fréquence, l'intensité et la durée des phénomènes extrêmes, comme les tempêtes, les canicules, les orages violents, les tornades...

4.2.2 Fonte des glaces et enneigement

Il est déjà possible de noter une réduction de la couverture neigeuse (d'environ 10 % depuis la fin des années 1960) et le recul des glaciers de montagne. Selon les prévisions du GIEC, la régression généralisée des glaciers, dans l'hémisphère nord, devrait se poursuivre.

La calotte glaciaire est également affectée (environ 100km³ fondent déjà chaque année), tandis que les incertitudes restent élevées en ce qui concerne l'Antarctique.

Parce que la glace fond lentement à partir du printemps, elle offre un approvisionnement régulier aux systèmes de drainage en aval. Dans certaines régions, la fonte précoce des neiges et des glaces augmente significativement le risque d'inondations en début d'année et réduit l'écoulement d'eau dès la fin du printemps et durant l'été. Cette restriction de l'apport en eau à la saison chaude pourrait venir s'ajouter à une humidité moindre en été, contribuant au bouleversement du cycle de l'eau.

4.2.3 Une élévation du niveau des mers

Le niveau des mers s'est déjà élevé en moyenne de 12 à 22 cm durant le XX^e siècle, à l'échelle mondiale. La principale cause en est le phénomène de dilatation thermique des océans : plus l'eau est chaude, plus elle occupe de volume.

Le niveau moyen des mers à l'échelle mondiale devrait s'élever de 18 à 59 cm en 2100, avec des différences régionales notables. Les îles et les régions côtières de basse altitude comme les atolls du Pacifique ou le Bangladesh seront confrontées à un risque croissant d'inondations, voire directement menacées de submersion.

4.2.4 Des conséquences sur la biodiversité

Même si les impacts écologiques du changement climatique sont encore mal connus, il est établi que le réchauffement de la planète affectera profondément la biodiversité.

Une étude parue dans la revue scientifique *Nature* en 2004 affirme que le changement climatique pourrait provoquer la disparition de plus d'un million d'espèces d'ici 2050, et que 15 à 37 % des espèces terrestres seraient menacées d'extinction.

Le changement climatique dû aux activités humaines étant très rapide, certaines espèces n'auront pas le temps d'évoluer et de s'adapter à des conditions de vie qui évoluent si rapidement. D'autres se déplaceront vers des latitudes plus élevées ou en altitude pour trouver des conditions de vie plus favorables. A l'inverse, certaines espèces pourraient bénéficier d'une amélioration ou d'une extension de leur habitat.

Le dérèglement climatique aura aussi des répercussions sur le calendrier de reproduction des espèces. On observe déjà des floraisons plus précoces chez certaines plantes et l'avancée des dates de migration chez les oiseaux. Cela crée des situations difficiles pour certains animaux qui ne trouvent plus de nourriture appropriée pour leurs petits nés en avance.

4.3 Des conséquences sur l'Homme, les systèmes agricoles et forestiers, la santé et l'économie

Le changement climatique affectera les activités humaines dans leur ensemble, et ce de façon inéquitable.

Les effets de l'évolution du climat se feront ressentir plus fortement dans les pays en développement et chez les catégories sociales les plus pauvres, dont les capacités d'adaptation sont moindres, conduisant à accroître les inégalités en matière de santé, d'accès à une alimentation adéquate, à l'eau...

Au niveau mondial, les conséquences du changement climatique seront importantes en termes de coût économique. Si l'on devait chiffrer ces coûts, ils seraient estimés à des pertes d'environ 5 % du PIB mondial chaque année, et pourraient même aller jusqu'à 20 %.

Des répercussions économiques déjà perceptibles⁴

Une illustration est donnée à travers le cas du blé en 2007.

Les soubresauts climatiques deviennent à la fois plus fréquents et touchent des régions plus grandes. La récolte de blé en 2007 sera pour la première fois depuis 30 ans inférieure de près de 10 millions de tonnes à la consommation mondiale réduisant ainsi les stocks déjà faibles à seulement 2,5 mois de consommation.

Principale explication : les caprices de la météo. En France (5^e exportateur), la récolte a été décevante pour la troisième année consécutive. Les pluies abondantes ces derniers mois dans le nord de l'Europe, ajoutées aux sécheresses historiques en Australie et en Ukraine, ont fait chuter la production mondiale ; en Australie, la récolte de céréales est passée de 25 millions de tonnes à 10 millions. L'Ukraine a mis en place des quotas pour limiter ses exportations qui ne devraient pas dépasser 2,5 millions de tonnes cette année, après un pic de 6,5 millions de tonnes en 2005. L'essor rapide de la production de biocarburants, qui diminue la surface cultivée consacrée à l'alimentation, commence aussi à se faire sentir, notamment en Allemagne et aux Etats-Unis. Le bilan économique des agro carburants discutable et les conséquences alimentaires n'en font probablement pas une solution.

Côté demande, l'augmentation vient des pays émergents comme la Chine et l'Inde, mais surtout du bassin méditerranéen (Egypte, Maroc...).

Le déséquilibre entre l'offre et la demande est tel que les prix flambent. Le rendu Rouen, la référence du prix du blé en France, a bondi de 86 % depuis un an atteignant 229 € à la mi-août 2007. La tension sur les prix risque de se propager aux autres filières consommant des céréales (viande, lait, volailles...). L'impact sur les pays industrialisés devrait néanmoins être faible, la matière

⁴ Pour aller plus loin, voir fiche 4 « changement climatique et économie mondiale »

première ne représentant qu'un faible pourcentage du coût total, mais qu'en sera-t-il pour les pays où l'essentiel du budget est consacré à l'alimentation ?

Des anomalies climatiques pourtant mineures à l'échelle mondiale, conjuguées à d'autres paramètres, montrent bien la fragilité de l'équilibre alimentaire, alors qu'à la fin du siècle, 9 milliards d'êtres humains seront à nourrir.

Des répercussions géopolitiques :

- **Migrations (cf. le rapport de l'ONU sur les migrations)**

Le changement climatique entraînera la baisse des précipitations dans les zones arides et semi-arides, comme les régions subtropicales de l'Afrique et de l'Asie, avec pour conséquence la réduction de leurs productions agricoles. A cela s'ajouteront l'érosion des sols par les vents et la baisse de la ressource en eau, qui contribueront à rendre des régions déjà peu hospitalières difficilement vivables et accroîtront la pression d'une émigration beaucoup plus forte.

L'élévation du niveau des océans entraînera aussi des migrations forcées à partir des zones côtières où vivent des centaines de millions d'habitants.

- **Accroissement des tensions conflictuelles**

En modifiant les climats, et par conséquent la disponibilité des ressources en eau, le changement climatique se traduit par des déséquilibres qui risquent de provoquer ou d'accroître des situations conflictuelles, comme par exemple au Moyen Orient :

400 000 euros pour faire revivre les vingt-six puits de la bande de Gaza.

Aggravée par les tensions au sein de l'État palestinien, différents projets visent à remédier à cette situation.

Le retrait des Israéliens de la bande de Gaza, fin 2005, a eu des effets pervers. Les plans de vingt-six puits auparavant gérés par les colons sont partis dans leurs bagages. Résultat : quinze mois plus tard, neuf puits seulement sont encore en service. Les autres, faute de maintenance, sont victimes de pannes électriques ou de pompes défectueuses. La ressource en eau est donc tombée de 5 à 2 millions de mètres cubes par an. Or, la consommation en eau des 1,3 million d'habitants de la bande de Gaza représente dix fois plus (20-25 millions de mètres cubes par an). Les Palestiniens se reportent sur de l'eau puisée à de faibles profondeurs, distribuée via des bornes-fontaines dans les villages. Alors que les puits à grand débit permettent d'aller chercher une eau saine à plus de 300 mètres de profondeur, cette eau polluée contient plus de 100 milligrammes de nitrates par litre, soit quatre fois plus que la norme de l'Organisation mondiale de la santé.

Former des ingénieurs palestiniens

Les tensions qui existent au sein du nouvel État palestinien ne simplifient pas la situation, car les puits sont contrôlés par le ministère de l'Agriculture, ce dernier absorbant la grande majorité des ressources. Or ce ministère dépend du premier ministre, Ismaël Haniyeh, membre du gouvernement islamiste du Hamas, alors que l'Autorité palestinienne de l'eau est placée sous l'autorité du président Mahmoud Abbas, représentant le Fatah, ancien bras armé de l'Organisation de libération de la Palestine.

Un espoir existe néanmoins : Israël a promis qu'il remettrait les plans des puits aux Palestiniens dès lors que ces derniers auront la formation adéquate pour les gérer. Un négociateur européen en charge de l'eau dans le groupe de travail sur le conflit au Proche-Orient, Walter Matizzi, suit de près cette question.

Encore faut-il avoir les moyens de former les Palestiniens. Aussi, Bertrand Charrier, vice-président de l'ONG Green Cross International, qui a eu vent de cette situation au Forum de l'eau de Mexico voici un an, at-il jugé urgent de trouver des financements pour y remédier. Et de mettre sur pied un projet, en partenariat avec l'Autorité palestinienne de l'eau et l'Union des eaux des municipalités côtières de Gaza. «Ce projet a vocation non seulement à former des ingénieurs, mais également à renforcer les capacités administratives des acteurs locaux concernés (conseils de villages, opérateurs...) et à mieux anticiper et gérer les ressources », explique Abel Tamimi, directeur de l'ONG Palestinian Hydrology Group, chargée de sa mise en oeuvre au niveau local.

D'un budget de 400 000 euros, ce projet est financé par l'Agence française de développement (AFD), la communauté du Grand Lyon et l'agence de l'eau Méditerranée-Corse. Un autre projet mené avec le Centre Peres pour la paix vise d'ailleurs à une

réflexion plus globale sur la définition des besoins en eau et des ressources de la région, afin de servir de socle aux futures négociations sur le sujet entre Israël et la Palestine.

Article de Caroline de Malet du 22 mars 2007

Dans le même esprit, la surconsommation passée et actuelle des énergies fossiles est une des causes fondamentales de l'inquiétude qui pèse sur l'ordre mondial futur. La sécurité de l'approvisionnement en hydrocarbure est la cause de nombreux conflits armés passés et récents. Elle fait craindre en partie l'apparition de tensions entre les états de la planète qui ont tous besoin de ces énergies épuisables.

4.3 Des premiers symptômes sont déjà observables chez nous

Les conditions climatiques ont évolué de façon sensible en Bourgogne depuis un peu plus d'un siècle : les températures ont augmenté et le régime des précipitations s'est modifié : il pleut davantage l'hiver et moins l'été. (Données de la station météo de Dijon).

- La température a augmenté de 0,8°C au cours du XX^e siècle :

L'augmentation des températures annuelles moyennes est essentiellement due à l'augmentation des températures minimales saisonnières. Ces minimales sont en hausse à toutes les saisons, notamment en hiver et en été et ont augmenté de plus de 1°C sur ces deux saisons en un siècle.

Les hivers froids sont de moins en moins fréquents ; les séquences de cinq jours consécutifs avec des températures minimales inférieures à 5°C sont moins nombreuses à la fin du siècle qu'au début : leur nombre a chuté de 30 %.

Les températures maximales, en revanche, n'ont pas évolué de manière significative. Mais parmi les vingt années les plus chaudes entre 1883 et 2004, huit sont postérieures à 1990.

Autre caractéristique, l'amplitude quotidienne des températures se réduit. Cela est vrai à toutes les saisons, notamment au printemps et à l'automne : l'écart de température a diminué de plus de 1°C en un siècle.

- Les précipitations ont diminué en été et augmenté en hiver :

Sur l'ensemble de l'année, les précipitations ont augmenté de 10 % depuis 1877. Cette évolution annuelle ne doit pas masquer les disparités saisonnières : il pleut davantage l'hiver, mais moins l'été. L'augmentation des précipitations hivernales s'accompagne en outre d'une augmentation du nombre de jours de pluie. On compte 8 jours de pluie de plus en 2000 qu'en 1875, ce qui représente une augmentation de 10 % environ.

Le climat détermine pour une large part les conditions d'existence des êtres vivants. Un certain nombre d'évolutions, déjà observables dans notre région, constituent des indices très probables des changements en cours.

- La productivité moyenne des forêts bourguignonnes a augmenté de 1,8 % par an entre 1980 et 1990.

L'augmentation des teneurs en CO₂ de l'atmosphère contribue à augmenter la productivité forestière. Directement, elle stimule la photosynthèse et par conséquent la production de bois.

Le réchauffement du climat est aussi un facteur de croissance des forêts en influant sur la durée des saisons de végétation. En Europe de l'Ouest, elle a augmenté de plus d'une dizaine de jours au cours des trente dernières années.

D'autres facteurs peuvent aussi contribuer à l'augmentation de la productivité forestière, comme l'impact des reboisements effectués au cours de la seconde moitié du XX^e siècle : les espèces introduites sont sensiblement plus productives que celles qu'elles ont remplacées. De même, l'âge de certains arbres intervient aussi : les peuplements actuels, majoritairement installés entre 1950 et 1980, sont désormais proches de leur âge de production maximale.

La contribution de ces différents facteurs à l'augmentation de la productivité forestière n'est pas encore clairement évaluée.

- Depuis 1970, la date de floraison de la vigne s'est avancée de 12 jours en Côte d'Or et la date des vendanges de 23 jours.

Alterre Bourgogne

Les journées de l'ERE 2008 – le changement climatique – guide pédagogique

Document provisoire

La température de l'air influence directement le déroulement des différents stades de la vie de la vigne, et la précocité de la floraison et des vendanges constituent un indicateur des conditions climatiques. D'autres facteurs peuvent toutefois intervenir : les techniques culturales, notamment, influence également la date des vendanges.

- **Les oiseaux sont de bons indicateurs des évolutions de l'environnement**, car les facteurs climatiques influencent pour une large part leur répartition géographique. Grâce à leur capacité de déplacement, ils réagissent rapidement à des modifications de leurs milieux. Les dates d'arrivée plus précoces de certaines espèces migratrices, l'expansion vers le Nord et l'Ouest d'espèces méridionales peuvent être considérées comme une conséquence du réchauffement climatique, même si d'autres facteurs peuvent intervenir, comme par exemple la faculté d'adaptation des espèces à de nouvelles conditions ou la gestion des espèces et de leurs habitats par l'Homme.

Ainsi, les dates d'arrivée des premières hirondelles de fenêtre sont de plus en plus précoces : en Saône-et-Loire, elles ont avancé de 6 jours par décennie depuis le début des années 1960. Des conditions météorologiques plus favorables, notamment dans le sud de la France, en sont probablement la cause directe ou indirecte : la précocité des températures plus douces, la disponibilité plus importante des insectes dont elles se nourrissent ou encore des vents de sud plus fréquents sont autant de facteurs qui peuvent favoriser ce retour plus précoce.

Autre exemple, la fauvette mélanocéphale, petit oiseau considéré par les ornithologues comme une espèce indicatrice stricte du climat méditerranéen, est en expansion en Europe. Depuis 2001, la Saône-et-Loire marque la limite nord de sa répartition : un couple se reproduit régulièrement dans la côte mâonnaise, et un second couple a niché en 2002 sur un site voisin. La prolongation des observations permettra de préciser si sa présence est un exemple d'adaptation au froid d'une espèce thermophile, un opportunisme d'une espèce profitant temporairement de conditions météorologiques favorables, ou une conséquence du réchauffement climatique.

- **La chenille processionnaire du pin**, qui s'attaque à de nombreuses essences forestières, provoquant de sévères chutes des feuilles qui ralentissent la croissance des arbres, gagne aussi du terrain. Son aire de distribution s'étend nettement vers le Nord et l'Est alors qu'on ne la rencontrait jusqu'à présent qu'en région méditerranéenne. Cette progression est due en partie aux températures automnales et hivernales plus douces. Il est vraisemblable que cette progression se poursuivra.

5 AGIR

La lutte contre le changement climatique constitue le défi majeur du XXI^e siècle. Cette lutte passe par deux volets : la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements à venir.

Le premier volet est primordial pour modifier l'ampleur des modifications climatiques. Cependant, si les efforts menés en matière de réduction des gaz à effet de serre sont indispensables, ils ne sont pas suffisants. Il faut aussi se préparer à vivre avec le changement climatique afin d'en limiter les conséquences négatives et éventuellement d'en retirer des avantages. Cependant, se poser la question des adaptations ne doit pas conduire à une diminution des efforts pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre.

En terme d'évaluation des coûts au niveau mondial, le rapport Stern estime une perte d'au moins 5 % par an du PIB mondial chaque année, jusqu'à 20 % si rien n'est fait pour atténuer l'ampleur du changement climatique et préparer l'adaptation. En comparaison, les coûts envisagés pour une action immédiate incluant la lutte contre l'émission des gaz à effet de serre seraient de 1 % par an du PIB. Ce qui revient à dire qu'il est moins coûteux de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de commencer à s'adapter que de ne rien faire. En effet, si les coûts pour stabiliser le climat sont importants, ils sont néanmoins gérables et ils sont sans commune mesure avec le coût de l'inaction : « le Monde n'a pas besoin de choisir entre éviter le changement climatique et promouvoir la croissance et le développement. C'est au contraire la maîtrise du changement climatique qui est la stratégie favorable à la croissance à long terme » (Extrait du résumé français du rapport Stern, extrait du site www.sternreview.org.uk)

5.1 Les engagements internationaux

Le changement climatique ne peut être stoppé ou inversé. S'il n'est pas possible de stopper le réchauffement climatique, il est nécessaire d'en limiter, autant que possible, l'ampleur et de le ralentir pour donner aux écosystèmes et aux sociétés humaines davantage de temps pour s'y adapter.

Les conséquences de l'impact des activités humaines sur l'atmosphère sont planétaires. Les mesures pour les limiter dépendent bien sûr de décisions prises à l'échelon national et, plus encore, international. Mais dans les faits, les émissions de gaz à effet de serre ne peuvent être réduites que par une modification des comportements à tous les niveaux : les résultats obtenus dépendront de l'implication de chaque citoyen, de chaque entreprise, de chaque collectivité territoriale.

5.1.1 Les dates clés :

L'étude de l'effet de serre ne date pas d'aujourd'hui et le travail de scientifiques a permis des avancées significatives au niveau politique ainsi qu'une prise de conscience des états de la nécessité d'agir.

La sonnette d'alarme tirée par les scientifiques a conduit l'ensemble des pays de la planète à accepter le principe d'une réaction internationale. Une série de conférences environnementales a eu lieu dans les années 1980, réunissant représentants gouvernementaux et scientifiques.

En 1988, la **rencontre de Toronto** recommandait la réduction de 20 % des émissions mondiales de CO₂ pour 2005. Cette année était créé le GIEC, qui marquait la reconnaissance politique et internationale du changement climatique.

En 1990, le GIEC publiait son premier rapport, qui a ensuite servi de base à l'établissement de la **Convention Cadre des Nations Unies** sur les changements climatiques de 1992.

Cette convention cadre, ratifiée par 188 états, est le fruit d'une longue négociation entre 150 pays signataires. Ce traité international clé est le socle de toute la coopération mondiale sur le climat.

La convention pose deux principes essentiels mais sans contraintes :

- La stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère à « un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse » du climat.

- Le principe des « responsabilités communes mais différenciées » entre pays industrialisés et en développement.

En 1995, le second rapport du GIEC a permis de faire accepter une obligation quantifiée de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En 1997, la communauté internationale adoptait le **protocole de Kyoto**, qui fixe des objectifs de réduction chiffrés pour les pays industrialisés.

Les modalités d'application du protocole ont pu aboutir à la suite de la publication du troisième rapport du GIEC en 2001, qui a débloqué le processus de décision de la communauté internationale.

Les dates clés des négociations sur le climat

1979	Première Conférence mondiale sur le climat (Genève) : la Communauté internationale prend conscience de la réalité de l'effet de serre et des risques posés par les changements climatiques.
1988	Création du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC, IPCC en anglais).
1989	Deuxième Conférence mondiale sur le climat (La Haye) : 80 états demandent l'adoption de mesures juridiquement contraignantes au niveau international pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.
1992	Sommet de la Terre (Rio de Janeiro) : 176 pays signent la Convention-Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ; les pays développés s'engagent à stabiliser leurs émissions à leur niveau de 1990 d'ici 2000.
1994	<u>21 mars</u> : la CCNUCC entre en vigueur : la Conférence des Parties se réunit chaque année à partir de 1995 pour en définir les modalités d'application.
1997	Troisième Conférence des Parties (Kyoto) : les 38 pays les plus industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % sur la période 2008-2012 par rapport à 1990.
2000	Sixième Conférence des Parties (La Haye) : les Parties ne parviennent pas à s'entendre sur les modalités d'application du protocole de Kyoto.
2001	<u>Juillet (Bonn)</u> : reprise des négociations , fixant les modalités de mise en œuvre du protocole. Octobre : 7^e conférence des Parties à Marrakech qui se conclut par les accords présentant la traduction juridique des règles de ratification et de mise en œuvre du protocole de Kyoto.
2005	<u>16 février</u> : entrée en vigueur du protocole de Kyoto , après la ratification de la Russie. <u>22 mars</u> : entrée en vigueur du Protocole de Kyoto en France par le décret n° 2005-295, permettant la mise en œuvre des modalités de fonctionnement au niveau de l'Union européenne. <u>Novembre</u> : conférence des Nations Unies à Montréal : adoption formelle des premières modalités de fonctionnement et début des négociations sur la deuxième période d'engagements du protocole de Kyoto (après 2012).
2006	<u>Avril</u> : 163 états ont ratifié le protocole de Kyoto (mais pas les Etats-Unis et l'Australie).
2007	<u>Décembre</u> : Conférence de Bali : Kyoto + 10 ans » Ratification du protocole de Kyoto par l'Australie

5.1.2 Le protocole de Kyoto

Le protocole de KYOTO a été adopté par consensus entre 158 états en décembre 1997. Il instaure pour 35 pays dits industrialisés (correspondant à l'Annexe I du Protocole) l'obligation de diminuer de 5,2 % leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990, entre 2008 et 2012, qui correspond à la première période d'engagement.

L'objectif global de 5,2 % se décline en objectifs nationaux chiffrés entre les pays industrialisés, dits de l'Annexe I.

Pour respecter leurs engagements, les pays de l'Annexe I doivent mettre en place des programmes nationaux de lutte contre le changement climatique dans les principaux secteurs responsables que sont le bâtiment, les transports, l'agriculture, les activités forestières, l'énergie et les déchets.

En complément, le Protocole prévoit des mécanismes de flexibilité qui doivent aider les états à minimiser le coût de la réduction de gaz à effet de serre qu'ils ont à réaliser. Il s'agit du mécanisme de droits d'émissions pour 2008 : il permet aux états d'échanger des quotas d'émissions de CO₂. Les autres mécanismes permettent à un pays industrialisé de financer un projet dans un pays en voie de développement. Le pays de l'Annexe I qui réduit les émissions d'un pays en voie de développement se voit octroyer en contrepartie des permis d'émissions qu'il pourra utiliser pour respecter son propre engagement.

En considération du fait qu'ils ne sont pas historiquement responsables de l'effet de serre additionnel, les pays en développement n'ont pas d'engagements chiffrés de réduction de leurs émissions. Par ailleurs, cela pourrait nuire à leur développement économique. Ces pays, et en particulier les plus vulnérables aux changements climatiques, pourront au contraire bénéficier de ressources financières leur permettant de s'adapter.

Le protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005, après ratification de la Russie et après 8 ans de négociations. En avril 2006, 163 pays l'avaient ratifié mais toujours pas les Etats-unis, ni l'Australie.

5.1.3 Les engagements des pays dans le cadre du protocole de KYOTO

Pour limiter le changement climatique et limiter les perturbations dangereuses du climat, le protocole de Kyoto préconise la stabilisation des émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans un délai rapide qui permette aux sociétés humaines et aux écosystèmes de s'adapter.

Pour y parvenir, l'objectif est de diviser par deux les émissions mondiales avant la fin du XXI^e siècle.

Le Protocole prend en compte la responsabilité différenciée des Etats dans la contribution à l'effet de serre additionnel et indique que les pays industrialisés doivent réduire prioritairement leurs émissions de GES. Ils doivent diviser leurs émissions par 4 à 10 pour qu'elles convergent vers une moyenne mondiale équitable. Dans le respect du principe de développement durable, l'effort prioritaire des pays industrialisés vise à ne pas pénaliser le développement des pays en développement.

Les engagements de la France dans le cadre du Protocole de Kyoto consistent en une stabilisation des émissions de GES au niveau de 1990, qui correspond en réalité à une baisse de 10 % des émissions actuelles.

Pour y parvenir, en 2000, le gouvernement a adopté un Programme National de Lutte contre le Changement Climatique (PNLCC) qui prévoit diverses mesures à appliquer sur 10 ans dans différents secteurs d'activités (transport, bâtiment, industrie, agriculture et forêt, énergie...)

Il a été renforcé par l'adoption d'un Plan Climat en 2004, qui prévoit de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050.

En 2005, la France a réduit ses émissions de 1,8 % par rapport au niveau de 1990.

5.2 Réduire les émissions de gaz à effet de serre

Au niveau mondial, la réduction des gaz à effet de serre passera obligatoirement par des mesures telles que la recherche d'une plus grande efficacité énergétique, grâce à l'adoption de technologies propres en matière de chauffage, d'électricité, de transports. Il conviendrait par exemple de réduire de 60 % l'utilisation du carbone pour la production d'électricité d'ici 2050.

Si l'on continue à l'avenir à utiliser les énergies fossiles sans dégâts pour l'atmosphère, car il faut compter sur le fait que le carbone restera une source importante d'énergie à l'avenir, le captage et le stockage du carbone à une large échelle serait nécessaire.

Il conviendra aussi de réduire les émissions non énergétiques de CO₂, c'est-à-dire celle provenant de la déforestation, des procédés agricoles et industriels.

5.2.1 Réduire les émissions de gaz à effet de serre en Bourgogne

→ Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les transports

Les transports sont responsables du tiers des émissions bourguignonnes de gaz à effet de serre. Du fait de la priorité donnée aux transports routiers et de l'accroissement de la mobilité des biens et des personnes, cette part augmentera très vraisemblablement encore dans les prochaines années.

Même si les progrès technologiques en matière de véhicules propres et de carburants offrent des perspectives intéressantes, il n'est pas certain qu'ils suffiront à eux seuls à réduire significativement les consommations de pétrole et les émissions de gaz à effet de serre dues aux transports, notamment en raison de l'augmentation de la circulation et du temps nécessaire à la diffusion des innovations.

Il est ainsi nécessaire d'agir en premier lieu en termes d'aménagement du territoire pour limiter les besoins de déplacement, notamment les déplacements liés à la périurbanisation. La réduction des émissions de gaz à effet de serre dues aux transports passe également par des transferts modaux : diversification de l'offre au profit du rail et des voies d'eau pour les marchandises, au profit de la marche à pied, du vélo et des transports collectifs pour les personnes. Parallèlement, des actions de sensibilisation aux enjeux du report modal, aux enjeux d'une modération volontaire des déplacements (recours au télétravail, aux services en ligne...) ou à une sobriété énergétique dans le cas d'un recours à la route (éco conduite, respect des limitations de vitesses...).

→ Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'agriculture

L'agriculture est à l'origine de près de 30% des émissions bourguignonnes de gaz à effet de serre. Au niveau national, ces émissions devraient rester stables d'ici 2010.

Les pratiques à l'origine de ces émissions, comme l'épandage d'engrais ou la gestion des effluents d'élevage, engendrent également d'autres impacts sur l'environnement. Les nitrates et l'ammoniac contaminent les ressources en eau et altèrent la qualité de l'air.

Leur réduction, par une fertilisation plus raisonnée ou l'aération des fosses à lisiers et à fumiers, par exemple, contribue à lutter contre le changement climatique et participe à la préservation de l'environnement.

Diminuer l'usage des fertilisants minéraux réduit les émissions de gaz associées à leur fabrication ou à leur épandage. La fabrication et l'épandage d'engrais minéraux sont à l'origine de plus de 20 % des émissions agricoles, et de 44 % des émissions de N₂O au niveau national. Réduire l'excédent d'azote utilisé en agriculture, estimé à 1 million de tonnes en France, permettrait de diminuer les émissions annuelles de plus de 7 millions de tonnes-équivalent-CO₂.

La méthanisation des effluents d'élevage permet de réduire de 80 % les émissions de CH₄ liées à leur stockage. Le stockage et l'épandage des effluents d'élevage sont à l'origine de plus d'un quart des émissions régionales de CH₄. Méthaniser ces effluents permet de produire du biogaz utilisable comme carburant, ou valorisable sous forme de chaleur ou d'électricité. La méthanisation des effluents des élevages bourguignons d'une taille suffisante (élevages porcins de plus de 200 truies mères ou 600 porcs, élevages bovins de plus de 150 têtes) permettrait d'éviter près de 2% des émissions régionales de gaz à effet de serre. Cette filière reste cependant encore peu développée en France : moins d'une dizaine d'installations ; elle l'est davantage en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

→ Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs résidentiel et tertiaire

Les secteurs résidentiel et tertiaire sont à l'origine de près de 20% des émissions régionales de gaz à effet de serre et constituent, après les transports, le deuxième secteur consommateur d'énergie, et notamment d'électricité, en Bourgogne. Les centrales nucléaires et hydroélectriques fournissent en France la majeure partie de cette électricité. Cependant, le recours aux centrales thermiques pour faire face à la demande en période hivernale se traduit par des émissions importantes et le chauffage électrique ne constitue pas de ce fait, forcément une alternative pour réduire l'effet de serre.

La réduction des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire passe en premier lieu par les économies d'énergie et l'utilisation d'énergies moins polluantes. Ces objectifs supposent d'intégrer les préoccupations énergétiques lors de la construction ou de la réhabilitation des bâtiments, neufs ou anciens. Les choix qui sont faits en matière d'architecture, d'isolation et de mode de chauffage conditionnent les niveaux de consommation et les coûts de fonctionnement qui en résultent. La remise à niveau de l'isolation des bâtiments résidentiels et tertiaires d'avant 1975, date de mise en œuvre de la première réglementation thermique, permettrait à elle seule d'éviter 4.5% des émissions régionales de gaz à effet de serre. Ces objectifs supposent également de modifier les comportements des usagers en les incitant à maîtriser leurs consommations énergétiques et d'avoir recours aux énergies renouvelables.

→ Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'industrie

L'industrie est à l'origine de 10 % des émissions de gaz à effet de serre en Bourgogne. Ces émissions pourraient diminuer en France de plus de 6 % d'ici 2010.

La maîtrise des consommations d'énergie et l'amélioration des procédés industriels favorisent la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La plupart des actions engagées concernent les branches d'activités les plus énergivores, et notamment les industries cimentières, métallurgiques et verrières ; des accords signés avec les pouvoirs publics les engagent à réduire leurs émissions.

Les PME-PMI sont également concernées par la réduction des émissions, qui constitue aussi un moyen de réduire leurs coûts de production et d'améliorer leur productivité.

5.3 S'adapter aux changements climatiques

S'il est indispensable de réduire les émissions de gaz à effet de serre, il est parallèlement nécessaire de nous préparer aux changements climatiques en cours, car leurs conséquences en seront d'autant mieux supportables qu'elles seront anticipées suffisamment tôt. S'adapter revient donc à se préparer à vivre avec le changement climatique en mettant en place des actions afin, d'une part d'en limiter les conséquences négatives et, d'autre part, d'en exploiter les possibles bénéfices.

Dans de nombreux domaines, les mesures qui permettent de réduire les gaz à effet de serre sont en même temps celles qui permettent de se préparer aux changements climatiques. Ceci est particulièrement vrai pour ce qui concerne nos consommations énergétiques, notamment dans les domaines de l'habitat et de l'urbanisme.

5.3.1 Dans l'urbanisme :

Adapter l'organisation du territoire dans les zones périurbaines comme zone rurale :

L'extension des zones périurbaine impose une réflexion en profondeur en matière d'organisation du territoire et des déplacements. Le modèle pavillonnaire par exemple, consommateur d'espace et d'énergie, pourrait être à revoir à long terme. Par ailleurs, l'extension de zones périurbaines contribue à éloigner leurs habitants des centres-villes et génère une augmentation des déplacements. En zone périurbaine, il pourrait être judicieux de développer des modèles intermédiaires entre pavillons et immeubles, aérés par de parcs et desservis par les transports collectifs.

Une réflexion est aussi à mener sur la distance domicile-travail, car pour les ménages, le véhicule personnel est l'un des principaux postes de consommation d'énergie: les ménages bourguignons consomment en moyenne près d'une tonne de pétrole chaque année pour l'utilisation de la voiture. Plus d'un bourguignon sur deux travaille aujourd'hui à l'extérieur de la

commune ou il réside et les bourguignons parcourent ainsi chaque jour l'équivalent de 300 fois le tour de la Terre pour se rendre à leur travail ! Des solutions multimodales qui facilitent l'accès et l'utilisation des transports en commun en zone rurale sont à développer.

Développer et entretenir les espaces verts en ville :

Les observations réalisées sur plusieurs grandes villes montrent que l'écart peut être de plus de 4 °C entre les températures relevées au centre et celles qui sont relevées en périphérie. Certes, les activités urbaines, la circulation automobile, le chauffage et la climatisation des bâtiments produisent de la chaleur, mais c'est essentiellement la « minéralisation » des villes qui favorise la rétention de la chaleur. Cet écart limite les possibilités de rafraîchissement des habitations, accentuant l'inconfort lors de fortes chaleurs. On parle d'« effet d'îlot de chaleur urbain ».

L'utilisation de matériaux qui ont un albédo⁵ plus élevé et le choix de couleurs plus réfléchissantes permettent de limiter cet effet.

L'entretien et le développement des espaces verts constituent aussi une réponse à cet effet « îlot de chaleur urbain », car ils atténuent la chaleur de façon appréciable : une pelouse a une température inférieure de 8°C à celle d'un sol recouvert d'asphalte noir ; la végétation entretient une humidité qui rafraîchit l'air, et l'ombre des arbres protège du rayonnement solaire. Le développement des toits végétalisés, encore peu répandus en France, permettrait à l'avenir d'augmenter la surface des espaces verts en ville.

Anticiper les risques naturels qui pourraient être amplifiés par le changement climatique :

L'exemple de la rétractation des argiles : L'argile a une consistance qui se modifie en fonction de sa teneur en eau. Plastique et malléable lorsque l'humidité est suffisante, elle devient cassante lorsqu'elle se dessèche. Sous l'effet d'un déficit hydrique, les sols argileux se rétractent, entraînant des mouvements de terrain qui peuvent aller jusqu'à fissurer certaines constructions. En Bourgogne, 300 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle suite à la sécheresse de 2003 pour cette raison. La modification du régime des précipitations, avec des hivers plus humides et des étés plus secs, aura tendance à accentuer ces phénomènes.

Le Bureau de recherches géologique et minière cartographie actuellement ce risque dans les régions les plus touchées : les quatre départements bourguignons sont concernés. Lors d'un projet de construction sur terrains argileux, la prévention de ce risque passe par une étude de sol et des fondations adaptées.

D'une manière générale, l'anticipation du changement climatique dans les plans de préventions des risques naturels permettrait de limiter la vulnérabilité des populations et des biens.

5.3.2 Dans l'habitat :

Un bâtiment que l'on construit aujourd'hui connaîtra au cours du XXI^e siècle des conditions climatiques et un contexte énergétique qui seront très différents de ceux qui ont prévalu jusqu'à maintenant.

La question du confort thermique était avant tout considérée jusqu'à présent sous l'angle de la protection contre le froid durant l'hiver. A l'avenir elle devra aussi prendre en compte la nécessité de la protection contre la chaleur durant l'été. Cet objectif devra être atteint en minimisant la dépense énergétique et de ce point de vue, la climatisation n'apporte pas de réponse satisfaisante.

⁵ Qu'est ce que l'albédo ?

L'albédo caractérise la propriété d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire. Sa valeur varie entre 0 et 1 : l'albédo d'une surface noire et mate est ainsi de 0 tandis que celui de la neige fraîche est de 0,9. Des matériaux comme l'asphalte ou le béton ont un albédo faible: ils absorbent en grande partie la chaleur du soleil.

C'est la conception même d'un bâtiment qui doit permettre d'assurer le confort thermique de ses occupants. Associées à l'utilisation de matériaux performants, la forme architecturale d'une construction, son exposition et son isolation permettent de réduire dans une proportion très importante les besoins énergétiques. Ceux-ci peuvent alors être couverts par des énergies renouvelables.

Les techniques actuellement connues et éprouvées permettent de concevoir dès aujourd'hui des bâtiments dont les niveaux de consommation sont 2 à 5 fois inférieurs à ceux des normes actuelles, voire énergétiquement autonomes, comme cela est par exemple le cas en Allemagne pour les logements répondant au label « Energie Plus ».

Ces préoccupations doivent s'étendre à d'autres préoccupations environnementales, notamment la gestion de l'eau. La récupération des eaux de pluie ou les possibilités de réutilisation pour les sanitaires de l'eau des bains et des douches sont des exemples de réponses techniques dont la mise en œuvre gagne à être envisagée dès la conception d'un bâtiment.

5.3.3 Dans la sylviculture :

Les conditions climatiques déterminent pour une large part les conditions de développement des arbres et, par conséquent, la productivité forestière.

L'augmentation du taux de dioxyde dans l'air stimule la photosynthèse. Parallèlement, l'augmentation des températures allonge la période de végétation. Ces deux facteurs favorisent la croissance des arbres si bien que dans un premier temps, le changement climatique pourrait s'accompagner d'effets positifs.

Cependant, les changements climatiques auront aussi des conséquences défavorables sur la productivité forestière :

- Une éclosion plus précoce des bourgeons expose les arbres au risque des gelées tardives,
- la modification du régime des pluies et la diminution des réserves en eau des sols fragilisent les arbres, ils sont alors davantage susceptibles de sécher et de casser.
- le réchauffement peut favoriser une extension de l'aire de répartition de certains ravageurs. La progression vers le nord de la processionnaire du pin est par exemple directement liée au relèvement des températures minimales hivernales.

Les massifs forestiers devront par ailleurs être en mesure de résister à des événements climatiques violents, comme des tempêtes, ou à des situations de stress provoquées notamment par des périodes de sécheresse.

La sylviculture est une activité qui s'inscrit dans le long terme. Les arbres que l'on plante aujourd'hui devront supporter au cours de leur vie des conditions différentes de celles que l'on connaît actuellement. Une forêt mixte, avec des essences mélangées, résiste mieux aux aléas climatiques. Des éclaircies précoces des peuplements favorisent une densité plus faible, qui réduit leur consommation en eau ; les arbres sont plus vigoureux et résistent davantage au stress hydrique et aux attaques des ravageurs.

5.3.4 Dans l'agriculture :

Davantage que la hausse des températures, c'est la disponibilité de l'eau qui risque de poser problème.

L'évolution combinée du régime annuel des températures et des précipitations se traduira par des sécheresses estivales qui risquent de devenir beaucoup plus marquées.

Les cultures qui sont tributaires d'une irrigation sont évidemment particulièrement vulnérables aux restrictions d'eau. Cela pose la question de l'adéquation des cultures aux conditions régionales, notamment pour ce qui concerne le maïs, le sorgho et le soja.

La mission d'information du Sénat sur la canicule de l'été 2003 souligne qu' « il serait souhaitable de développer des cultures susceptibles à la fois de résister aux fortes chaleurs et de croître convenablement malgré une irrigation limitée.

À cet égard, le développement à une vaste échelle de la culture du maïs dans notre pays peut être problématique : fortement consommatrice d'eau, cette espèce supporte très mal les sécheresses prolongées, comme l'ont d'ailleurs souligné les pertes importantes de récoltes subies par cette production l'été 2003 ».

Certaines cultures ne pourront être maintenues en Bourgogne que si la disponibilité des ressources en eau est suffisante. Des retenues artificielles permettent de constituer des réserves, mais l'augmentation artificielle des volumes mobilisables peut susciter le développement des usages et engendrer ainsi de nouvelles pénuries. Les variétés cultivées étaient jusqu'à présent sélectionnées avant tout en fonction des rendements qu'elles permettaient d'obtenir. L'adaptation des cultures passera davantage à l'avenir par la sélection de variétés plus résistantes aux nouvelles conditions météorologiques ; la résistance au stress hydrique, notamment, deviendra ainsi l'un des principaux critères de sélection.

En Bourgogne, la vigne est concernée de façon spécifique par la question de l'adaptation aux changements climatiques

Il y a deux raisons à cela. La première est que le vin est un produit dont la qualité est un critère prédominant. Or, les différents stades de développement de la vigne sont de plus en plus précoces et cette précocité modifie la maturation du raisin, et par conséquent ses propriétés. Cette évolution influence la qualité et la typicité des vins. La deuxième raison est que la vigne est une culture pérenne : le choix des cépages est déterminant, car c'est l'adéquation de ces cépages au terroir qui fait l'identité d'un vin. Le Pinot noir, par exemple, est le cépage utilisé dans le cadre de l'appellation d'origine contrôlée «Côtes de Beaune ». Dans des conditions climatiques différentes, les vins produits à partir de ce cépage ne conserveraient pas leurs caractéristiques actuelles.

5.3.5 En matière de santé :

Les conditions météorologiques influencent notre état de santé. Les accidents cardiovasculaires, par exemple, sont plus nombreux à certains moments : à Marseille, le risque d'infarctus du myocarde est multiplié par trois les jours où souffle un violent Mistral. Les changements climatiques auront par conséquent des répercussions qui peuvent être directes – ce sont notamment celles qui sont dues aux épisodes de froid ou de chaleur – et indirectes – ce sont celles qui sont dues aux agents pathogènes dont les évolutions climatiques favorisent le développement.

Les effets directs du climat sont principalement liés aux épisodes de grands froids ou de fortes chaleurs, même si ce sont les impacts sanitaires dus aux vagues de chaleur qui retiennent le plus l'attention. La canicule de l'été 2003 a provoqué une surmortalité qui a particulièrement touché les personnes les plus âgées. Du 4 au 18 août, 568 décès supplémentaires ont été enregistrés en Bourgogne, c'est-à-dire près de deux fois plus que la moyenne des années précédentes. Cette surmortalité a été de 72 % chez les personnes de plus de 70 ans, et de 144 % chez celles de plus de 85 ans. Le vieillissement est ainsi un facteur qui accentue la vulnérabilité de la population aux aléas climatiques ; en France le nombre de personnes de plus de 85 ans a été multiplié par quatre depuis 1976.

Chaleur et pollution atmosphérique

Les effets de la chaleur sont aggravés par la pollution atmosphérique, elle-même accentuée par les conditions climatiques. «La qualité de l'air et la chaleur agissent de façon synergique sur la mortalité. Leurs effets ne font pas que s'additionner, ils se potentialisent» (J.P. Besancenot, mai 2004).

Indépendamment des épisodes de grands froids ou de fortes chaleurs, les changements climatiques peuvent entraîner une modification du rythme annuel de la mortalité. Celle-ci est actuellement plus élevée l'hiver que l'été. Ce schéma pourrait se modifier, voire s'inverser. Des hivers plus doux entraîneraient une diminution de la mortalité hivernale tandis que des étés plus chauds augmenteraient au contraire la mortalité estivale : les affections respiratoires ainsi que les maladies cardiovasculaires et cérébro-vasculaires sont plus fréquentes lors des fortes chaleurs.

Si les conditions climatiques ont une incidence directe sur la santé humaine, elles conditionnent également le développement de micro-organismes et d'insectes dont certains peuvent être des agents pathogènes ou véhiculer des maladies. Actuellement, ces vecteurs touchent principalement les pays en voie de développement. Sous l'effet d'une modification des températures et du régime des précipitations, leur aire de répartition pourrait s'étendre et atteindre des zones jusqu'à présent préservées. Les changements climatiques pourraient aussi augmenter le niveau de transmission de certaines maladies là où elles sévissent déjà, et favoriser également leur transmission dans d'autres régions : ce pourrait être le cas du paludisme. D'autres maladies sont également concernées ; elles sont moins connues, mais leurs conséquences peuvent être tout aussi importantes. Des propagations très rapides de la dengue ou de la fièvre West Nile ont déjà été observées. Les facteurs qui conditionnent cette propagation restent cependant mal connus et leurs raisons exactes encore difficiles à analyser. Dans l'état actuel des

connaissances, une surveillance épidémiologique et entomologique est nécessaire pour surveiller l'éventuelle expansion de ces vecteurs de maladie et comprendre les raisons de cette propagation.

Modifier nos rythmes de vie peut constituer une réponse dans le futur.

Une étude a été menée en 2003 avec la médecine du travail pour analyser le lien entre les rythmes de travail et l'absentéisme dans certaines administrations du Sud de la France et en région Rhône-Alpes. Elle a montré que les services qui commençaient à travailler à 4 heures du matin pour terminer en fin de matinée ont connu un absentéisme moins important que celui des services qui conservaient un rythme habituel. Les changements climatiques nécessitent des adaptations qui pourraient conduire à modifier le rythme des activités quotidiennes et, par conséquent, les modes de vie : horaires de travail ou d'ouverture des commerces et des services, calendrier des établissements scolaires, etc.

6 Conclusion : de l'intérêt d'agir tous

S'il n'est pas possible d'éviter le changement climatique à venir, il est indispensable de le ralentir et d'en limiter l'ampleur pour atténuer ses conséquences et pouvoir s'y adapter.

Les mesures pour limiter les émissions de gaz à effet de serre dépendent de décisions prises à l'échelon international et national. Les différents engagements du protocole de Kyoto définissent à ces deux niveaux les lignes de conduites que doivent tenir les différents pays signataires pour y parvenir.

Mais concrètement, les émissions de gaz à effet de serre ne peuvent être réduites sans une modification des comportements à tous les niveaux et les résultats obtenus dépendront de l'implication de chaque citoyen, de chaque entreprise, de chaque collectivité territoriale dans ce défi majeur.

Individuellement, chacun peut et doit donc y contribuer à son niveau. En effet, en France, chaque ménage émet 16,4 tonnes de CO2 par an pour répondre à ses besoins, et c'est là que l'action individuelle prend tout son sens.

Cette action passe en priorité par une réduction de notre consommation énergétique, puisque l'usage direct de l'énergie représente 50% des émissions de gaz à effet de serre émise par chaque ménage français.

Pour y parvenir, trois pistes complémentaires doivent être mises en place :

- la sobriété énergétique : éviter le gaspillage énergétique à tous les niveaux et modifier nos comportements individuels dans ce sens :

Privilégier les transports doux (en commun, le vélo, la marche) pour nos déplacements dès que possible ; chauffer son logement à 19°C au lieu de 21°C et mettre un pull ; éteindre les vieilles des appareils électroménagers ; raisonner ses actes d'achats en promouvant des produits locaux ou issus de l'agriculture biologique...

- promouvoir l'efficacité énergétique en favorisant les équipements efficaces énergétiquement :

Acheter les appareils électroménagers efficaces énergétiquement lorsqu'il s'agit de remplacer l'ancien ; dans la maison, éloigner les sources froides des sources chaudes...

- utiliser les énergies renouvelables, dès que possible : bois, solaire thermique ou photovoltaïque...

Pour y parvenir, la participation citoyenne est indispensable et l'addition des gestes individuels constituera une opération gagnante.

FICHE 1 : CLIMAT ET METEOROLOGIE

▪ Climat et météo :

- **Le climat** se définit comme l'état moyen des conditions de température, de précipitation, de vent, d'ensoleillement en un lieu donné.

Cette notion se définit à partir de statistiques sur une longue période (souvent 30 ans).

- **La météorologie** est l'étude « du temps qu'il fait, et du temps qu'il va faire ». C'est en fait la science qui étudie l'état de [l'atmosphère](#) et surtout de la [basse atmosphère](#) terrestre ainsi que les phénomènes qui s'y produisent, mesurables ou observables dans le temps et l'espace.

La notion de météo renvoie à la notion de « temps qu'il fait ou qu'il va faire », sur la journée.

La climatologie n'est pas la météo - Extrait d'un article de Jacques TREINER, physicien à l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris VI. Le Monde, 15 février 2007, p. 21

« [...] Les météorologues sont incapables de prévoir le temps à deux semaines, comment peuvent-ils prétendre prévoir le climat à cent ans ? [...] Demander une prévision du temps qu'il fera à quinze jours, c'est exiger de reproduire des fluctuations, c'est-à-dire de petites variations, à la fois temporelles et spatiales, du temps. C'est techniquement très difficile, et la difficulté augmente exponentiellement avec le temps de prévision. Mais les prévisions à long terme ne sont pas le prolongement de la météorologie, c'est d'une autre physique qu'il s'agit : celle qui, par exemple, permet d'affirmer que, dans l'hémisphère Nord, il fait froid en hiver, et chaud en été, en raison de l'inclinaison du Soleil sur la surface de la Terre. Et pourtant, il se peut très bien qu'une fluctuation de température en hiver soit du même ordre de grandeur que la différence de température moyenne entre l'été et l'hiver. La météorologie s'occupe de données moyennées sur un jour, voire moins, alors que la climatologie considère des moyennes sur plusieurs années. Dans ces moyennes, les fluctuations disparaissent, restent les tendances de fond, plus faciles à prévoir. Les scientifiques ont développé dans tous les domaines des méthodes pour faire surgir une tendance moyenne de données présentant des fluctuations. En ce qui concerne le climat, la différence de température moyenne, en France, entre l'été et l'hiver. Mais on sait relier l'occurrence d'une période glaciaire à des variations des caractéristiques de l'orbite terrestre. De façon tout à fait analogue, on sait relier l'évolution à long terme du climat de la Terre à la concentration en gaz à effets de serre de l'atmosphère [...]. »

▪ La Bourgogne, carrefour climatique :

Une analyse fine des conditions de température et de pluviométrie permet de cerner le climat d'une région. Sur les 31600 km² du territoire de la Bourgogne, les variations climatiques sont importantes.

La Bourgogne, en raison de sa situation géographique subit en effet les 3 grandes tendances climatiques françaises : océanique, continentale, méditerranéenne.

La dominante est un climat océanique altéré avec une certaine douceur et des précipitations marquées sur les reliefs du Morvan, malgré ses modestes sommets (Haut-Folin, 901 m). L'influence continentale sensible partout est marquée sur l'est de la région avec des contrastes thermiques saisonniers et diurnes caractéristiques d'un climat semi-continentale

L'influence méditerranéenne est la plus faible. La dépression du fossé bressan permet une remontée d'air chaud méditerranéen en provenance du sud. Cette méridionalité se retrouve sur les coteaux calcaires de Dijon à Macon et est accentuée par l'effet d'abri créée par le Morvan.

FIGHE 2 : LE CYCLE DU CARBONE

▪ Cycle naturel du carbone

Le cycle naturel du carbone décrit les flux continus de carbone (en milliards de tonnes ou gigatonnes de CO₂ par an – GtCo₂/an), sous ses diverses formes (gazeuse, dissoute, liquide et solide) entre l’atmosphère, la biosphère terrestre et les océans.

Le flux de carbone de l’atmosphère vers la biosphère terrestre est de l’ordre de 220 GtCO₂/an : les végétaux captent le carbone atmosphérique sous la forme de CO₂ par le biais de la photosynthèse.

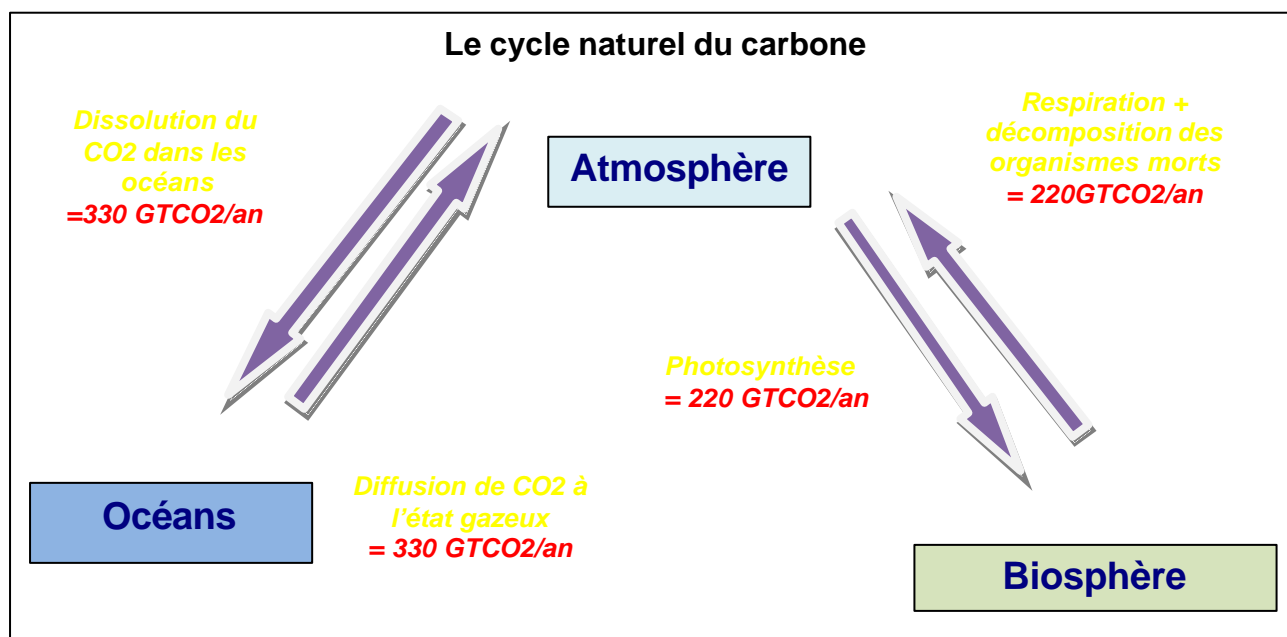
Un flux inverse de carbone se produit entre la biosphère terrestre et l’atmosphère, à peu près du même ordre de grandeur par la respiration des êtres vivants et la décomposition des organismes morts.

Les océans constituent également un réservoir important de carbone. Les échanges entre atmosphère et océans sont de l’ordre de 330 GtCO₂/an.

Le CO₂ atmosphérique se dissout dans l’eau, ou il est d’ailleurs près de 50 fois plus abondant que dans l’air. Près de la surface des océans, une part de ce CO₂ dissout est utilisée pour la photosynthèse par le phytoplancton et les algues. Les phénomènes respiratoires vont restituer une part de CO₂, qui de l’état dissout peut ensuite repasser dans l’atmosphère à l’état gazeux.

Dans les profondeurs des océans, le CO₂ entre dans des processus chimiques plus complexes : combiné à des ions calcium il va donner du carbonate de calcium, qui sera utilisé par les organismes marins pour fabriquer leurs coquilles. A cette occasion, du CO₂ est libéré. Les coquilles calcaires entrent ensuite dans les processus de sédimentation (et forment ensuite des roches sédimentaires) qui stockent une grande part du carbone sous forme minérale.

Océans et biosphère terrestre jouent donc un rôle prépondérant dans le maintien de l’équilibre du cycle naturel du carbone. En recyclant les émissions de CO₂ émises dans l’atmosphère, ils jouent un rôle de puits de carbone.



- **Activités humaines et cycle du carbone :**

Depuis l'ère industrielle, l'homme rejette des centaines de millions (avant 1945) puis des milliards (depuis 1945) de tonnes de CO₂, d'une part à travers la combustion d'énergies fossiles, qui libère un carbone stocké il y a des millions d'années dans les sous-sols ; et d'autre part, par la déforestation et les pratiques agricoles (labours des sols). Ces pratiques libèrent du carbone en accélérant son processus de rejet naturel.

Entre 2000 et 2006, pour la combustion d'énergie fossile, les émissions moyennes de CO₂ étaient de 26,5 GtCO₂/an. La déforestation a libéré 6 GtCO₂/an. Une part de ce CO₂ a été absorbée par la biosphère terrestre (9,5 GtCO₂/an) et par les océans (8,1 GtCO₂/an), le reste (15GtCO₂/an) s'est accumulé dans l'atmosphère, créant un effet de serre additionnel.

Les océans et la biosphère ont une capacité d'absorption immense mais limitées. Avec l'augmentation de la température, ces puits de carbone peuvent devenir des émetteurs de carbone à leur tour, du fait de la perturbation des échanges de CO₂ entre atmosphère, biosphère terrestre et océans.

- **Des boucles de rétroactions complexes :**

Il est difficile de prévoir l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et l'ampleur des changements climatiques qui sont associés.

La principale difficulté est notamment de prévoir « les conséquences des conséquences » du changement climatique. En effet, le cycle naturel du carbone et la machine climatique résultent de phénomènes complexes en perpétuelles interactions.

Exemple 1 :

En période de glaciation, la baisse de la température entraîne la formation de glace qui augmente l'albédo (albédo : capacité d'un corps, d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire incident) qui réfléchit davantage le rayonnement solaire, entraînant un renforcement du refroidissement. Ce refroidissement abaisse la température de l'océan, ce qui augmente la dissolution du CO₂ atmosphérique dans l'océan, entraînant une diminution du taux de CO₂ atmosphérique, ce qui diminue l'effet de serre (également diminué par la baisse du taux de vapeur d'eau) et renforce encore le refroidissement. D'où les amplifications de la réponse et la grande inertie du système.

Exemple 2 : Réchauffement au pôle nord : l'augmentation de la température entraîne la fonte de la banquise, diminuant l'albédo. La surface ainsi découverte absorbe davantage le rayonnement solaire, la température de l'eau augmente, accélérant la fonte. L'augmentation de la température peut ainsi être considérable passant d'une surface glacée à de l'eau, d'où les très importantes hausses de température prévues (> à 10°C) dans les régions Nord. L'air devient plus chaud, il peut contenir énormément de vapeur d'eau avec pour conséquences des précipitations plus importantes. (Il faut toutefois noter une rétroaction négative avec une augmentation des chutes de neige continentales). L'enchaînement ne s'arrête pas là, l'arrivée d'eau douce en abondance dans l'Arctique pourrait à terme réduire l'effet réchauffant du Gulf Stream sur l'Europe de l'ouest. En effet, l'eau plus chaude et moins salée (du fait de la fonte des glaces et des précipitations) réduirait la puissance du moteur thermo-halin (différentiel de température et de salinité) qui fait plonger les eaux dans le nord de l'atlantique avant de revenir près de nos côtes, après avoir été réchauffées en surface dans l'Atlantique Sud.

FICHE 3 : AGRICULTURE ET GAZ A EFFET DE SERRE

▪ Comment les activités agricoles émettent-elles des gaz à effet de serre ?

Les sols et les milieux aquatiques produisent naturellement du protoxyde d'azote (N₂O), et tout apport extérieur d'azote augmente ces émissions.

Les épandages d'engrais minéraux et d'effluents d'élevage constituent les principaux apports directs d'azote dans les sols. Par ailleurs, la dégradation des résidus de culture libère également de l'azote.

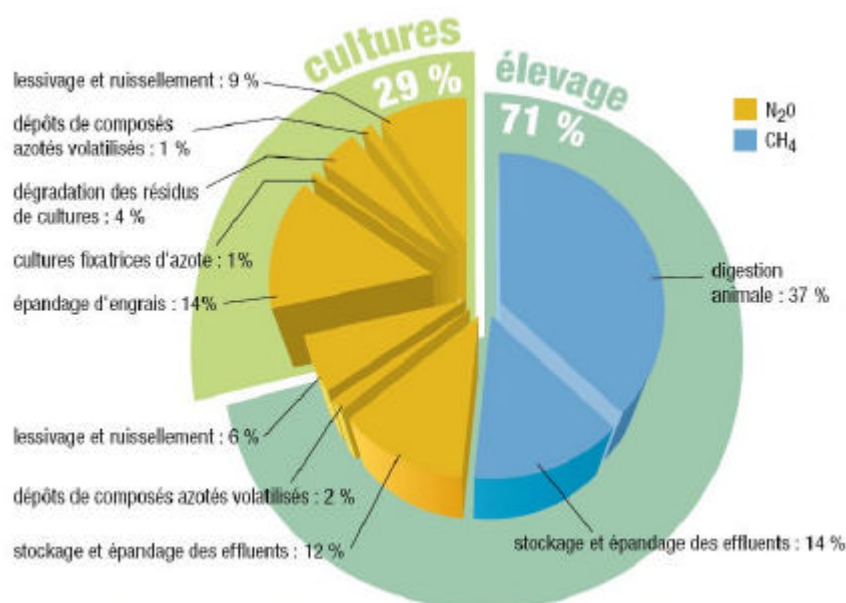
Les émissions de N₂O sont renforcées par deux autres sources d'apport indirect d'azote dans les sols et l'eau : une partie de l'azote contenu dans les engrais rejoint les milieux aquatiques par **lessivage et ruissellement**, une autre partie se volatilise lors des épandages puis **se dépose** ultérieurement dans les sols et l'eau.

La digestion des animaux ruminants (bovins, ovins...) produit du méthane (CH₄) ; elle est à l'origine de plus de la moitié des émissions liées à l'élevage. Les quantités produites varient en fonction des animaux, et de la nature et de la quantité des aliments qu'ils consomment. Chez les bovins, l'abondance de la population microbienne de l'appareil digestif et l'activité qui lui est nécessaire pour digérer les végétaux consommés produisent des quantités importantes de CH₄ : jusqu'à 107 kg par animal et par an. L'élevage bovin en Bourgogne produit 95 % des émissions régionales de CH₄ d'origine digestive.

Les effluents d'élevage produisent du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O), ils représentent près de la moitié des émissions liées à l'élevage.

Les effluents d'élevage se composent principalement de matière organique. Lorsque cette matière se décompose en absence d'oxygène, certaines bactéries produisent du CH₄. Ce phénomène intervient notamment pour les effluents des animaux élevés en milieu clos qui sont stockés en tas ou dans des bassins. C'est le cas pour les troupeaux laitiers, les porcins, les volailles. La décomposition des matières organiques contenues dans les déjections animales en absence d'oxygène produit également de l'azote sous forme de N₂O.

Les émissions agricoles de gaz à effet de serre représentent en Bourgogne plus de 4,5 millions de tonnes-équivalent-CO₂. L'agriculture est à l'origine de 85 % des émissions régionales de protoxyde d'azote (N₂O) et de plus de trois quarts des émissions régionales de méthane (CH₄).



FICHE 4 : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ECONOMIE MONDIALE

Les preuves scientifiques sont maintenant accablantes : le changement climatique constitue une menace planétaire grave et exige une réponse mondiale de toute urgence.

Les preuves sur les conséquences du changement climatique et notamment sur ses coûts économiques sont nombreuses et mènent à une conclusion simple : les avantages que présente une action ferme et précoce l'emportent de loin sur les coûts économiques de l'inaction.

Le changement climatique affectera prochainement les éléments fondamentaux de la vie pour des pans entiers de populations mondiale : l'accès à l'eau, la production de nourriture, la santé ainsi que l'environnement. Des centaines de millions de personnes pourraient souffrir de la faim, de la pénurie d'eau et d'inondations côtières au fur et à mesure que la planète se réchauffe.

Si l'on ne réagit pas, les coûts et les risques globaux du changement climatique seront équivalents à une perte d'au moins 5 % du PIB mondial chaque année, aujourd'hui et pour toujours et si l'on prend en compte un éventail plus vaste de risques et de conséquences, les estimations des dommages pourraient même s'élever à 20 % du PIB ou plus.

Par contre, les coûts de l'action, c'est-à-dire la réduction des émissions de gaz à effet de serre pour éviter les pires conséquences du changement climatique, peuvent se limiter à environ 1 % du PIB mondial chaque année.

L'adaptation au changement climatique – c'est-à-dire l'adoption de mesures destinées à renforcer la faculté de résister et à réduire les coûts au minimum – est essentielle.

S'il n'est plus possible d'éviter le changement climatique qui se fera au cours des deux à trois prochaines décennies, il est encore possible de protéger nos sociétés et nos économies de ses conséquences dans une certaine mesure – en fournissant une meilleure information, une planification optimisée et des cultures et infrastructures plus aptes à résister au climat.

Dans le même temps, il est urgent d'agir pour limiter l'ampleur des changements climatiques car si les coûts nécessaires pour stabiliser le climat sont importants, ils sont gérables, tandis qu'un retard dans l'adoption de mesures pour limiter et s'adapter serait dangereux et bien plus coûteux.

Les risques des pires conséquences du changement climatique pourraient ainsi être considérablement réduits si l'on parvenait à stabiliser les niveaux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère entre 450 et 550 ppm en équivalent CO₂. Le niveau actuel est de 430 ppm en équivalent CO₂ aujourd'hui et il augmente de plus de 2 ppm chaque année. La stabilisation dans cette fourchette exigerait que les émissions se situent au moins à 25 % en deçà des niveaux actuels d'ici 2050 et, qui sait, bien plus encore.

A terme, la stabilisation – à quelque niveau que ce soit – exige que les émissions annuelles soient ramenées à plus de 80 % en deçà des niveaux actuels. Mais une action à long terme inscrite dans la durée peut y parvenir à des coûts qui sont faibles en comparaison avec les risques de l'inaction. Les estimations centrales des coûts annuels nécessaires pour aboutir à une stabilisation entre 500 et 550 ppm en équivalent CO₂ s'élèvent à environ 1 % du PIB mondial, si nous commençons dès à présent à prendre des mesures fermes.

> Pour y parvenir, une action sur le changement climatique est requise de la part de tous les pays et il n'est pas nécessaire qu'elle impose une limite aux aspirations de croissance des pays riches ou pauvres. Le monde n'a pas

besoin de choisir entre éviter le changement climatique et promouvoir la croissance et le développement. En effet, la maîtrise du changement climatique est la stratégie favorable à la croissance à plus long terme.

> Il existe une gamme d'options pour réduire les émissions ; une action gouvernementale ferme et délibérée est requise pour encourager l'adoption de ces options.

Il est possible de réduire les émissions grâce à une plus grande efficacité énergétique, à une modification de la demande et grâce à l'adoption de technologies propres en matière d'électricité, de chauffage et de transport. Il est nécessaire que l'utilisation du carbone dans le secteur de la production électrique de par le monde baisse de 60 % au moins d'ici 2050.

Même avec une forte progression de l'utilisation de l'énergie renouvelable et d'autres sources d'énergie moins carbonées, les combustibles fossiles pourraient toujours constituer plus de la moitié de l'approvisionnement énergétique mondial en 2050. Le charbon continuera à être important dans le mélange énergétique dans le monde entier, y compris dans les économies en rapide expansion.

Le captage et le stockage sur une large échelle du carbone seront donc nécessaires pour permettre de continuer à utiliser les combustibles fossiles sans dégâts pour l'atmosphère.

Des réductions des émissions non énergétiques, à l'instar de celles qui proviennent de la déforestation et des procédés agricoles et industriels, sont également indispensables.

Trois éléments d'actions sont nécessaires pour obtenir une réponse planétaire efficace.

- Le premier est la fixation du prix du carbone, appliquée à travers les taxes, le commerce ou une réglementation.*
- Le second est l'action gouvernementale pour encourager l'innovation et le déploiement de technologies moins carbonées.*
- Le troisième est l'action pour retirer les obstacles à l'efficacité énergétique et pour informer, éduquer et persuader les individus sur ce qu'ils peuvent faire pour réagir face au changement climatique.*

Source : Résumé français du rapport Stern, extrait du site www.sternreview.org.uk

Bibliographie

Repères n° 21 (p. 3) – OREB ; mars 2001

Repères n° 36 (p. 2) – OREB ; Décembre 2004

Repères n° 38 (p. 8) – OREB ; Juin 2005

Repères n° 34 (p. 09) – OREB ; Juin 2004

Repères n° 44 – Alterre Bourgogne, septembre 2007

Le changement climatique – Kit d'information et de sensibilisation – Réseau Action Climat – France
Seconde édition ; 2004- 2007.

Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport au premier ministre et au parlement – ONERC - La documentation française ; juin 2005.

Changement climatique – Comment s'adapter en Rhône-Alpes ? Rhônalpénergie Environnement ; 2007.

Conférence dans les relais sur les gaz à effet de serre – Intervention de Philippe Devis - OREB - 2002

Sites internet

www.manicore.com - Jean-Marc Jancovici,

<http://www.globalwarmingart.com>

www.sternreview.org.uk



