

Lionel Vilain<sup>1</sup>, Thuriane Mahé<sup>2</sup>,  
Fabienne Portet<sup>3</sup>

## Changement climatique

### Définition de la variable

Le climat décrit les conditions de l'atmosphère au-dessus d'un lieu particulier à moyen et long termes. Ses variations naturelles sont liées aux fluctuations de courants océaniques, aux éruptions volcaniques, au rayonnement solaire, etc., d'où des périodes de glaciation dans le passé et le petit âge glaciaire (du XVI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle). Toutefois, une augmentation des températures atmosphériques et océaniques à l'échelle planétaire a été observée depuis 25 ans. Chargé de faire un état des lieux des connaissances scientifiques, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) constate que les activités humaines ont provoqué une hausse de la concentration atmosphérique en GES et particules qui menace de modifier le climat vers un réchauffement global.

### Acteurs concernés par la variable

- Les divers secteurs émetteurs de GES (industrie, transport, agriculture, logement, etc.);
- Les secteurs qui contribuent à capturer et stocker le carbone tels que la forêt, l'agriculture;
- La communauté scientifique et le GIEC (état des lieux et liens avec la sphère politique).

### Indicateurs pertinents de la variable

- Les températures (moyennes et extrêmes);
- Les précipitations (annuelles, moyennes et extrêmes);
- La fréquence d'événement extrêmes (tempêtes, sécheresse, etc.).

### Rétrospective de la variable

*Tendance lourde (TL) 1 : concentration atmosphérique en gaz à effet de serre (GES) à la hausse*

La **concentration actuelle de CO<sub>2</sub>** (un des principaux GES) dans l'atmosphère à 380 ppm (parties par million) n'a pas cessé d'augmenter depuis la révolution industrielle. Elle dépasse de près de

30% celle mesurée depuis au moins 650 000 ans à l'aide de carottes de glace. Cette dernière n'avait jamais excédé 280 à 300 ppm. Les **concentrations d'autres GES tels que le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)** se sont fortement accrues en parallèle, moins fortement toutefois.

Selon le GIEC, il est très probable que les tendances émergentes concernant la température et les précipitations liées à la hausse de concentrations en GES soient d'origine anthropique. Divers secteurs sont émetteurs nets de GES : les industries lourdes, les industries de l'énergie, du transport, les foyers à cause de leurs modes de vie (logement, transport, etc.). Les pays de l'Union européenne (responsables de 13% des émissions mondiales en 2005) comptent parmi les plus émetteurs de GES. Le secteur agricole, faiblement émetteur, a un bilan d'émissions discuté à cause de son autre rôle de puits de carbone.

### *TL2 : Augmentation de la température atmosphérique*

La vitesse et l'ampleur du réchauffement atmosphérique semblent ne pas avoir de précédent. La température moyenne à la surface de la terre a augmenté de 0,6 à 0,7°C de 1900 à 2000 et les températures de surface de l'hémisphère Nord sont plus chaudes qu'elles ne l'ont jamais été depuis au moins 1 000 ans. Les trois dernières décennies ont vu une augmentation moyenne de 0,6°C, ce qui montre une inquiétante accélération du processus (0,2°C par décennie), les années 1995-2006 étant les plus chaudes depuis 1850. L'augmentation de la température touche l'ensemble du globe de façon hétérogène. L'hémisphère Nord connaît les plus fortes hausses, en particulier dans certaines régions polaires telles que l'Alaska, et pour l'Europe l'augmentation de température serait plus importante que la moyenne mondiale (+0,1°C par décennie en France depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle puis accélération à +0,6°C par décennie de 1976 à 2003).

Ce réchauffement est concomitant à la montée du niveau des mers depuis 150 ans et à la diminution de l'étendue des neiges et des glaces. Depuis 1978, la surface annuelle moyenne de la banquise arctique a diminué de 2,7% tous les dix ans, avec des diminutions plus fortes en été. Les glaciers et la couverture neigeuse en montagne en moyenne ont également

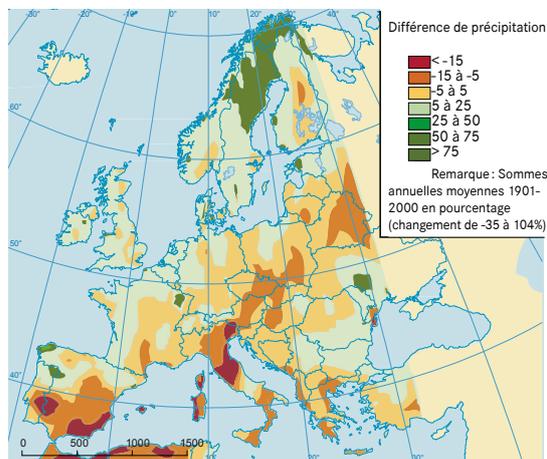
1. Conseiller technique, France Nature Environnement

2. Chargée de mission Technologies, innovations, énergie, Centre d'études et de prospective, MAAP

3. Chargée de mission Agriculture Énergie 2030, Centre d'études et de prospective, MAAP

diminué de volume dans les deux hémisphères. Tous ces constats seraient des effets du changement climatique.

**Figure 1 - Évolution de la pluviométrie annuelle moyenne (1990-1998) Région méditerranéenne**



Source : Agence européenne pour l'environnement (AEE), Rapport technique N°7/2005 - Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques en Europe, basé sur le travail de Mr Hulme (1999) et des grilles de données historiques sur les précipitations mensuelles dans les zones terrestres globales de 1990 à 1998 ([http://repors.eea-europa.eu/technical\\_report\\_2005\\_1207\\_144937/en](http://repors.eea-europa.eu/technical_report_2005_1207_144937/en))

### TL 3 : Modification du taux de précipitation

De 1900 à 2005, le taux de précipitations (pluie, grésil et neige) a fortement évolué avec une tendance de renforcement d'assèchement des zones sèches et d'humidification des zones humides. Ainsi, les précipitations totales ont considérablement augmenté dans certaines parties d'Amérique, du nord de l'Europe et d'Asie centrale et ont diminué au Sahel, en Méditerranée et dans le sud de l'Europe, dans le sud de l'Afrique et dans certaines régions du sud de l'Asie (cf. figure 1 pour l'Europe).

### TL 4 : Des événements climatiques extrêmes probablement plus fréquents

Depuis les 50 dernières années, la fréquence ou l'intensité de certains événements extrêmes a changé<sup>4</sup>. Les températures sont de plus en plus extrêmes. La variabilité et les fluctuations thermiques posent de nouveaux problèmes. De plus, les journées et les nuits froides, ainsi que les périodes de gel, sont devenues moins fréquentes dans la plupart des pays, à l'inverse

4. D'après la synthèse du quatrième rapport du GIEC (2007), disponible sur le site : <http://www.ipcc.ch/>.

5. Sur des données de l'INRA pour trois régions (Angers, Bergerac et Nîmes) et plusieurs espèces cultivées (poiriers, pruniers, pommiers, cerisiers) .

des journées et des nuits chaudes dont la fréquence a augmenté. Les vagues de chaleur seraient devenues plus fréquentes dans les zones continentales.

Les zones touchées par la sécheresse depuis les années 1970 se sont probablement étendues. Les inondations dans le nord de l'Europe et les sécheresses dans le sud sont plus fréquentes. Il est probable que les cas de fortes précipitations (ou la proportion des précipitations totales correspondant à de fortes précipitations avec les orages par exemple) aient augmenté dans la plupart des régions. L'activité cyclonique est d'ailleurs plus forte dans l'Atlantique Nord depuis 1970.

### Tendance émergente : Des conséquences sur les systèmes biologiques

Le changement climatique affecte les systèmes naturels et particulièrement l'agriculture, puisque les activités agricoles sont directement tributaires des conditions climatiques et que les productions agricoles dépendent indirectement de la disponibilité des ressources en eau, de l'évolution et de la répartition des organismes nuisibles et des maladies, et de l'évolution des sols. Certaines conséquences sont déjà observables pour les systèmes naturels en France, en lien direct avec la hausse des températures.

Un premier exemple est l'avancée de la date de floraison des arbres fruitiers que suggèrent des analyses statistiques<sup>5</sup>. Cette dernière se serait produite sous la forme d'une rupture à la fin des années 1980, date à laquelle le réchauffement s'est accentué pour la France. Ce phénomène ne se circonscrirait pas au territoire national car il a aussi été mis en évidence en Allemagne et au Japon. Un deuxième exemple est illustré par l'évolution des zones de répartition géographiques de certains parasites, comme c'est le cas avec le front d'avancée de la chenille processionnaire du pin qui se déplace vers le nord (rythme moyen de 2,7 km/an depuis 1972) en s'accélégrant notablement depuis dix ans. Cette avancée s'explique par le changement des conditions thermiques qui la contraignaient jusqu'alors à stationner plus au sud pour sa survie.

### Prospective de la variable

#### Incertitude majeure (IM)1 : Quels scénarios climatiques à l'horizon 2030 ?

Des scénarios issus de l'expertise internationale (le GIEC) ont été construits en quatre familles de scénarios (A1, A2, B1 et B2)<sup>6</sup> d'évolution du changement

On peut se référer à la liste des indicateurs de l'ONERC.

6. Les scénarios A sont plus « économiques » et les B davantage ciblés sur la prise

en compte des préoccupations à la fois économiques, environnementales et sociales; par ailleurs, les scénarios 1 sont globaux et les 2 régionaux.

climatique. Ces scénarios (souvent appelés SRES, pour «Rapports spéciaux sur les scénarios d'émissions», publiés par le GIEC en 2000) envisagent différentes voies de développement démographique, économique et technologique ainsi que les émissions de GES qui en découlent. Les projections d'émissions reposant sur différentes hypothèses sont largement utilisées dans le cadre de la prévision des changements climatiques futurs, de la vulnérabilité et des impacts.

Sans niveau de probabilité particulier attribué aux scénarios SRES, l'horizon retenu des simulations et des prévisions est 2100. Pour 2030, la variation du changement climatique est proche de la variabilité de l'erreur des modèles de simulations à cause d'incertitudes sur les mécanismes climatiques et sur le niveau d'émissions de GES à venir. Malgré cela, **tous les scénarios d'émissions du GIEC convergent à 2100 vers une augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>, en ozone, une élévation de la température moyenne (de +1,4°C à +5,8°C) et du niveau de la mer (de +9 à +88 cm). De 2000 à 2025, la température pourrait augmenter de +0,4 à +1,1°C.**

#### *IM2: Conséquences météorologiques du changement climatique*

Selon un des rapports du GIEC (1995), le changement climatique s'accompagnerait d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones), d'une menace de disparition de certains espaces côtiers, comme les deltas, les mangroves, les récifs coralliens, les plages d'Aquitaine.

L'Europe devrait connaître une aggravation des zones de sécheresse, une humidification des zones humides et une perte du caractère tempéré de son climat. Les changements climatiques attendus amplifieraient les disparités régionales en matière de ressources naturelles et de moyens économiques :

- risque croissant d'inondations éclair à l'intérieur des terres, une plus grande fréquence des inondations côtières et une érosion accrue (attribuable aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer) ;
- recul des glaciers, réduction de la couverture neigeuse et du tourisme hivernal et disparition de nombreuses espèces (jusqu'à 60 % d'ici 2080 dans certaines régions, selon les scénarios de fortes émissions) dans les régions montagneuses ;
- situation aggravée dans le sud de l'Europe (températures élevées et sécheresse), la région méditerranéenne étant déjà vulnérable à la variabilité du climat, nuisant à l'approvisionnement en eau, au potentiel hydroélectrique, au tourisme estival et aux rendements agricoles ;

- risques sanitaires multipliés liés aux vagues de chaleur et à la fréquence accrue des incendies.

Pour la France en 2100, les simulations réalisées par les experts de Météo France suggèrent que le changement climatique réduirait le caractère tempéré du climat avec un réchauffement moyen situé entre +1,1 et +6,4°C selon le scénario. Il modifierait également le régime des précipitations : augmentation de 20 % en hiver, diminution de 15 % l'été et pourrait entraîner plusieurs conséquences : la disparition d'un tiers et la moitié de la masse des glaciers alpins au cours des cent prochaines années, une réduction sensible du manteau neigeux dans les Alpes et les Pyrénées, et enfin un affaiblissement du *Gulf Stream*, avec comme conséquence un refroidissement sensible de notre façade océanique (-4°C), ramenant les températures moyennes en France au niveau de celles atteintes lors de la dernière glaciation.

#### *IM 3: Conséquences agronomiques du changement climatique*

Selon le GIEC, **le potentiel de production alimentaire devrait croître momentanément aux latitudes élevées et moyennes pour une hausse globale de température comprise entre 1 et 3°C, mais au-delà de 3°C cette productivité diminuera.** Aux latitudes plus basses, et donc dans la plupart des pays en développement, cette productivité décroîtra, même pour une faible augmentation de la température.

**L'Afrique** est présentée comme le continent qui souffrirait le plus des variations climatiques : réduction des surfaces propres à l'agriculture, de la période de végétation, hausse projetée du niveau de la mer et conséquences sur les populations côtières.

**En Asie**, la situation serait très contrastée selon les régions. La fonte des glaciers provoquerait de nombreuses inondations avec des conséquences sur les régions côtières et la santé. La disponibilité en eau douce serait moindre. Le rendement des cultures pourrait augmenter jusqu'à 20 % dans l'Est et le Sud-Ouest, alors qu'il décroîtrait en Asie centrale et au Sud.

**En Amérique latine**, la forêt tropicale serait progressivement remplacée par la savane en Amazonie orientale (avec un risque majeur de perte de biodiversité). La salinisation et la désertification des surfaces agricoles seraient observées dans les régions sèches, avec une forte diminution de la production. La fonte des glaciers, la hausse des niveaux des mers provoqueraient des risques d'inondations et affecteraient la disponibilité en eau.

**L'Amérique du Nord** connaîtrait une augmentation des rendements des cultures entre 5 % et 20 % selon les régions. Dans les montagnes de l'ouest, la diminu-

tion du manteau neigeux devrait produire des inondations en hiver et des débits réduits en été.

**En Australie et Nouvelle-Zélande**, les problèmes d'approvisionnement en eau s'aggravaient d'ici 2030 et la production agricole devrait décroître (sécheresses, feux dans le Sud/Sud-Est australien et l'est de la Nouvelle-Zélande).

**En Europe**, à l'horizon 2030<sup>7</sup>, les hausses de températures et les variations de précipitations (sécheresses), variables selon les régions, auraient des effets contrastés sur les rendements : hausse au Nord de l'Europe, baisse au sud. Pour le maraîchage, les rendements seraient améliorés dans toutes les régions (avec une hausse plus marquée au Nord qu'au Sud). L'élevage serait moins touché si le mouvement d'intensification se poursuivait.

Les facteurs<sup>8</sup> qui à terme auraient les retombées les plus graves sur l'agriculture sont les phénomènes météorologiques extrêmes et la variabilité saisonnière. Selon le type de culture, la fragilité ne sera pas la même. Les grandes cultures pourraient voir leurs rendements augmenter avec la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique, mais avec des effets négatifs sur le taux de remplissage et la qualité en particulier protéique des grains. La production de légumes, de fruits et les vignes, sensibles à la ressource en eau, pourraient voir leurs besoins augmenter. Le changement de température ou du régime des précipitations pourrait modifier la diffusion des aspects infectieux et de leurs vecteurs.

Selon plusieurs études, les **possibilités d'atténuation** dont le coût net est négatif pourraient **réduire les émissions du secteur agricole** de quelque 6 Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an en 2030, à condition d'analyser et d'éliminer les obstacles à leur mise en œuvre. Les **sols français** contiennent 2% à 3% d'humus/ha soit 80 à 100 tonnes de matière organique (ou environ 40 à 50 tonnes de carbone). Cette teneur résulte d'un équilibre instable entre minéralisation (déstockage du carbone organique) et accumulation des litières et résidus de cultures. Selon les conditions locales, les sols peuvent donc être source ou puits de carbone. Les facteurs physiques qui agissent sur cet équilibre sont liés à la température du sol, à sa teneur en eau et en oxygène qui conditionnent l'activité biologique. Le labour accroît considérablement le taux de minéralisation par apport d'oxygène et de calories. Ainsi, une prairie permanente labourée déstocke une quan-

tité considérable de carbone. Stocker du carbone organique supposerait la fin du labour et du travail du sol avec retour généralisé à la prairie permanente ou la forêt, ce qui, compte tenu des besoins alimentaires croissants, semble impossible.<sup>9</sup>

### Hypothèse 1

#### *Changement climatique modéré*

Dès 2010, l'adoption de politiques climatiques radicales fait sentir ses effets qui sont mesurables en l'espace de deux décennies, de sorte qu'en 2030 les émissions mondiales de GES reviennent aux niveaux de 1990. Bien que les émissions soient freinées, leur concentration augmente néanmoins durant cette période. Ainsi, le réchauffement climatique se poursuit sans être notablement perceptible en 2030. L'évolution lente du climat se traduit par une augmentation des températures de +0,5°C, avec des variations selon les régions. La France, ne faisant pas partie des zones les plus vulnérables au changement climatique, n'en subit pas de conséquences alarmantes. Les modifications concernant les températures et les précipitations n'ont pas de conséquence significative pour l'agriculture ; l'adaptation de l'agriculture est la démarche prépondérante pour faire face au changement.

### Hypothèse 2

#### *Changement climatique graduel mais fort*

Sans politique de réduction des émissions efficace, le réchauffement climatique se poursuit graduellement et fortement. Les températures moyennes augmentent de +1,1°C en 2030. Le nombre des jours de gel et des nuits froides dans les zones tempérées de l'Europe diminue. La France connaît un assèchement de la zone méditerranéenne. Dans le Nord du pays, un déficit pluviométrique estival devient chronique également.

Au niveau du globe, de nouvelles potentialités agricoles apparaissent dans les latitudes septentrionales (Canada, Europe du Nord, Sibérie, etc.) et méridionales (Argentine, Chili, Nouvelle-Zélande, etc.). Les conséquences agronomiques s'avèrent cependant problématiques car mal anticipées. En France, l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> se révèle bénéfique pour certaines cultures. Les rendements des cultures de maïs augmentent par exemple, avec des conditions de croissance permettant sa culture jusqu'à 600 m d'altitude. Mais les déficits en eau sont mal gérés.

7. [http://www.enpc.fr/fr/formations/ecole\\_virt/trav-eleves/cc/cc0203/agri/rapport2.htm](http://www.enpc.fr/fr/formations/ecole_virt/trav-eleves/cc/cc0203/agri/rapport2.htm)

8. Commission européenne (2009), Document de travail

des services de la commission, accompagnant le Livre Blanc *L'adaptation au changement climatiques: le défi pour l'agriculture et les zones rurales européennes*. Commission

européenne, DG Agriculture et développement rural (2008), *Changement climatique: les défis pour l'agriculture*, Fact Sheet.

*l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France?* Expertise scientifique collective INRA, 2002.

9. *Contribution à la lutte contre*

### **Hypothèse 3**

#### *Extrêmes climatiques plus fréquents*

Cette hypothèse s'appuie sur certaines incertitudes scientifiques. Les événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses, inondations et tempêtes voient leur fréquence fortement augmenter. L'élévation du niveau des mers, qui faisait l'objet de profondes incertitudes, est plus brutal que prévu (disparition de terres arables, mouvements de population).

Par conséquent, les problèmes d'accès à l'eau s'accroissent dans les zones déjà vulnérables, ce qui renforce les conflits dans les zones telles que le Moyen-Orient, Angola/Namibie, l'Afrique du Sud, etc. Ces phénomènes extrêmes climatiques changent considérablement la donne en termes d'impacts sur l'agriculture. La grande variabilité des précipitations perturbe grandement les systèmes biologiques et les effets sont variables selon les régions.

En France, la variabilité climatique se double d'aléas sanitaires avec la prolifération de nouveaux ravageurs. Dans le Sud, en dehors des rares zones irrigables, des régions devenues vraiment sèches ne peuvent plus servir qu'à des garrigues extensives. Alors que les glaciers et manteaux neigeux ont disparu et n'alimentent plus l'été le réseau hydrographique alpin, la façade Atlantique est exposée fortement aux rigueurs de l'hiver.

#### **Variables liées**

Croissance économique, négociation climatique internationale, politique environnementale et climatique, politique énergétique, division internationale du travail en agriculture.