



# LE CLIMAT CHANGE

LA NATURE & L'AGRICULTURE AUSSI!



Membre fondateur de



# SOMMAIRE

2 | EFFET DE SERRE... COMMENT ÇA MARCHE ?

4 | CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>... QUELLE RELATION  
AVEC L'AGRICULTURE ET LA SYLVICULTURE ?

10 | QUELS IMPACTS  
SUR LES MILIEUX NATURELS ET CULTIVÉS ?

18 | AGIR SUR L'EFFET DE SERRE  
ET S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

24 | LE DISPOSITIF DE RECHERCHE DE L'INRA

À la mémoire de Valérie Toureau, Ingénieure de recherche Inra, rédactrice du premier livret « Le climat change, la nature et l'agriculture aussi ! » en 2007.

# LE CLIMAT CHANGE LA NATURE & L'AGRICULTURE AUSSI !

## >QUELS IMPACTS ? QUELLES ADAPTATIONS ?

Du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 à celui de Rio+20, la prise de conscience mondiale des risques environnementaux encourus par la planète n'a cessé de croître.

La mise en évidence du réchauffement climatique récent, avec ses effets de plus en plus perceptibles depuis une vingtaine d'années, et le consensus autour de l'implication des activités humaines dans ce processus (5<sup>e</sup> rapport d'évaluation du GIEC - 2014), ont permis d'aboutir à des engagements internationaux, formalisant la nécessité d'agir à l'échelle mondiale. Désormais, une grande majorité de pays a ratifié la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et s'est engagée à agir, mais des solutions restent à trouver et à mettre en œuvre lors de la COP21 qui se tiendra à Paris en décembre 2015. Le changement climatique est désormais une composante majeure du développement durable à l'échelle mondiale. Les recherches de l'Inra s'inscrivent dans cette perspective globale :

- une meilleure compréhension des phénomènes qui interviennent dans le renforcement de l'effet de serre ;
- une réduction de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère :
  - en élaborant des pratiques agricoles émettant moins de gaz à effet de serre
  - en s'appuyant sur les capacités de stockage du carbone des forêts et des sols
  - en exploitant le potentiel de la biomasse végétale, pour la substituer aux ressources fossiles, notamment dans le domaine énergétique ;
- une meilleure évaluation des impacts du changement climatique sur les milieux naturels, l'agriculture et la sylviculture ;
- des recherches pour adapter l'agriculture et la sylviculture à l'évolution du climat.

# COMMENT ÇA MARCHE ?

## QU'EST-CE QUE L'EFFET DE SERRE ?

### L'effet de serre : un phénomène naturel...

L'enveloppe ou l'atmosphère de la Terre joue le même rôle que les parois d'une serre. En l'absence de nuages, elle laisse passer la plus grande partie des rayons du soleil mais retient la chaleur de la Terre en interceptant le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre.

Une grande part de ce rayonnement infrarouge thermique est interceptée par les gaz absorbants (vapeur d'eau et CO<sub>2</sub>, essentiellement) présents naturellement dans l'atmosphère, diminuant ainsi sa perte vers l'espace. L'énergie ainsi « piégée » par l'effet de serre naturel provoque une élévation de la température en surface. Sans cet effet de serre, la Terre aurait une température moyenne de -18° au lieu de 15°. L'effet de serre est donc essentiel pour le maintien et le développement de la vie.

### ... amplifié par les activités humaines

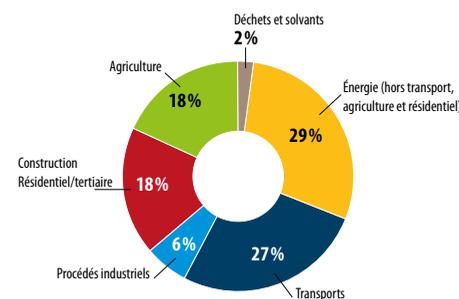
Depuis l'ère industrielle, ce phénomène naturel est amplifié par les activités humaines émettrices de gaz qui absorbent les rayonnements dans l'infrarouge thermique. La modification de l'atmosphère qui en résulte conduit à un effet de serre « additionnel », qui se traduit par un réchauffement global, et au-delà, par une modification du système climatique de la planète.

Environ 50 % du rayonnement solaire traverse l'atmosphère jusqu'à la surface terrestre. Une grande partie de cette énergie est absorbée par le sol. Celui-ci émet un rayonnement infrarouge (de grande longueur d'onde), dit thermique parce qu'il est en fonction de la température de la surface émettrice.

## POUR LA FRANCE, EN 2012

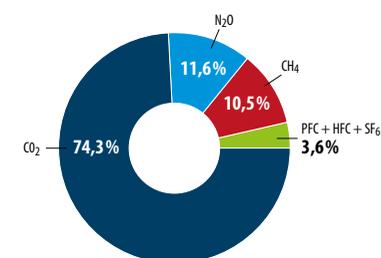
[SOURCE : CITEPA 2014]

### Les activités humaines participant aux émissions de gaz à effet de serre



### Les gaz contribuant au renforcement de l'effet de serre

Tous les gaz qui absorbent les rayonnements dans l'infrarouge thermique sont des gaz à effet de serre.



#### FORÊT-BOIS : UN PUIT DE CARBONE

Puits de carbone et substitution ..... 92,7 Mt CO<sub>2</sub>  
soit ..... -17,6%

CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone

N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote

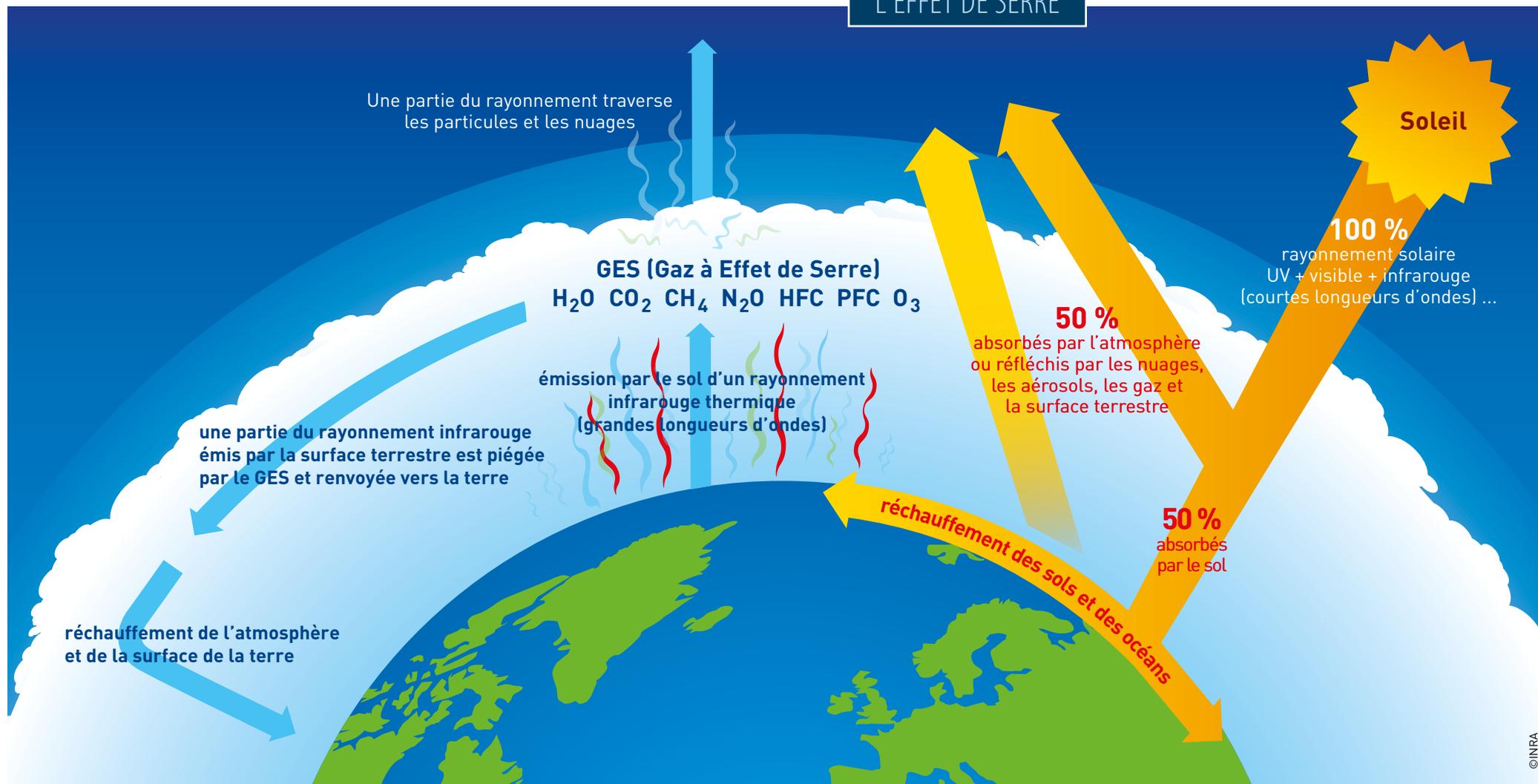
CH<sub>4</sub> : méthane

PFC : perfluorocarbones

HFC : hydrofluorocarbones

SF<sub>6</sub> : hexafluorure de soufre

## L'EFFET DE SERRE



CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>... QUELLE RELATION AVEC

# L'AGRICULTURE ET LA SYLVICULTURE ?

## CO<sub>2</sub>, LE DIOXYDE DE CARBONE

Principal gaz à effet de serre à l'état naturel, avec la vapeur d'eau. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 100 ans.

### D'où vient le CO<sub>2</sub> ?

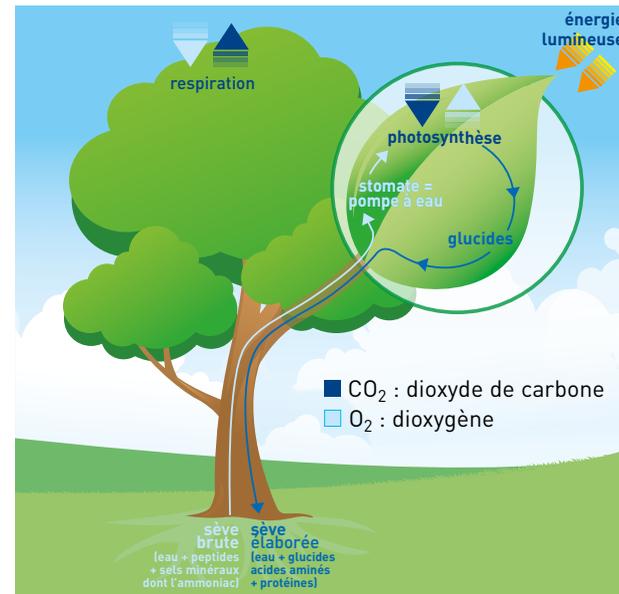
Ses sources naturelles sont très nombreuses : éruptions volcaniques, respiration des organismes vivants, décomposition de la matière organique.

Sous l'action de l'homme, le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmente régulièrement : + 30 % au cours des deux derniers siècles. En France, au cours des 20 dernières années, 70 % à 90 % des émissions de dioxyde de carbone proviendraient de l'utilisation des combustibles d'origine fossile.

L'agriculture et la sylviculture contribueraient à hauteur de 3 % (hors puits de carbone) aux émissions de dioxyde de carbone. [SOURCE CITEPA, 2012]

#### LES CARACTÉRISTIQUES DU CO<sub>2</sub> :

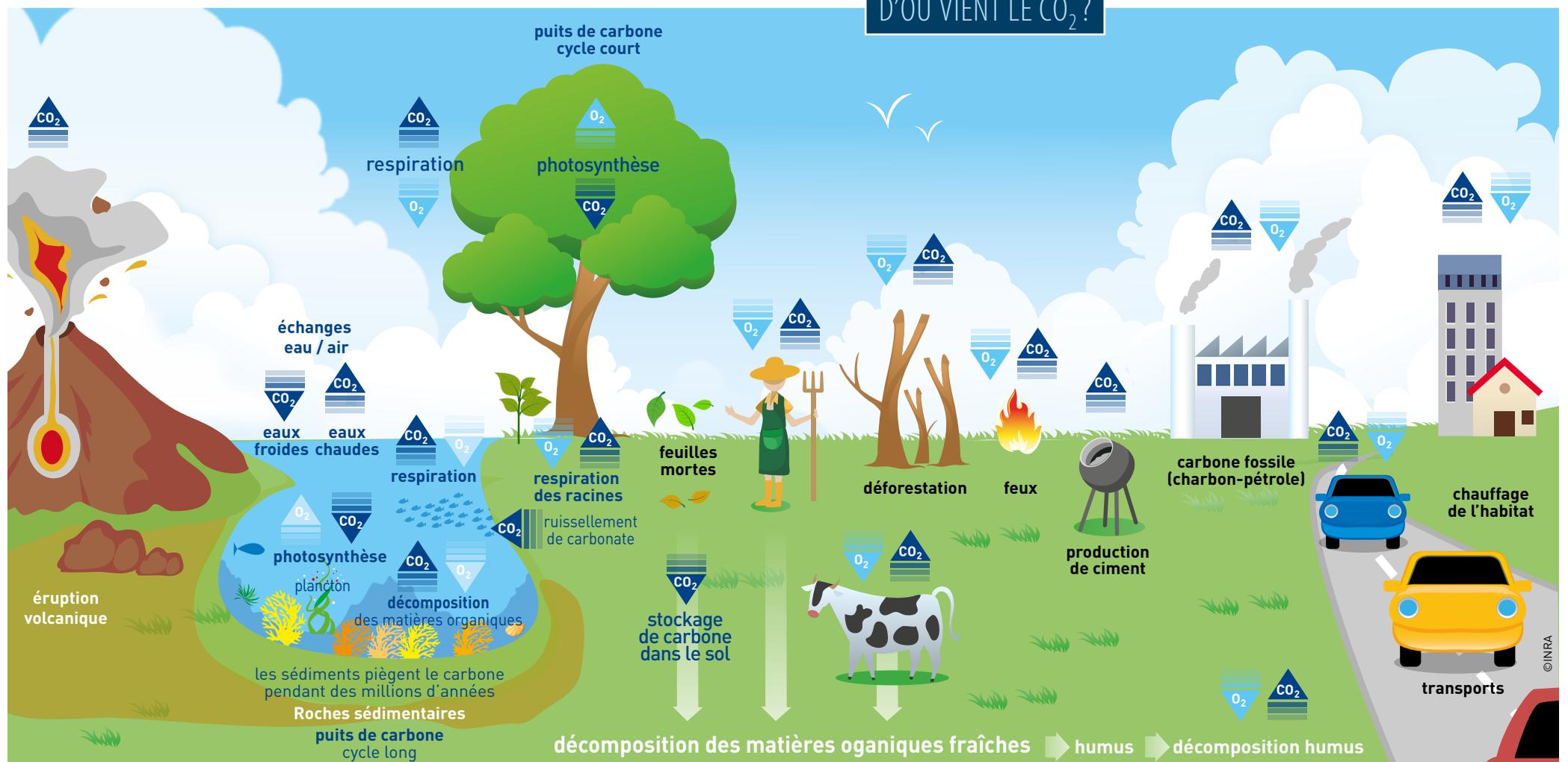
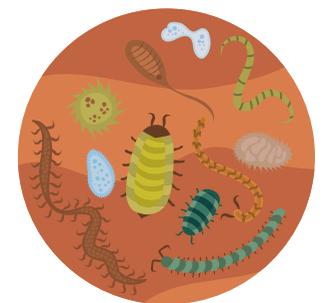
- gaz incolore, inerte et non toxique à l'état de trace
- produit quand du carbone ou des composés carboniques sont brûlés dans un excès d'oxygène.



composés carbonés organiques (sucres, cellulose...) pour subvenir à leurs besoins énergétiques ; une partie de ce CO<sub>2</sub> absorbé est rejetée dans l'atmosphère par le mécanisme de respiration. Lorsque la plante meurt, les microorganismes du sol décomposent la matière organique végétale et libèrent une partie du carbone de la plante dans l'atmosphère, sous forme de CO<sub>2</sub>. L'autre partie du carbone est stockée dans le sol.

## LE CYCLE DU CARBONE

Élément essentiel à la vie, le carbone est présent sous forme organique et minérale dans tous les milieux. La plus grande partie du carbone se trouve dans les roches carbonatées et les océans. De grandes réserves sont également présentes dans les sols, la végétation et l'atmosphère. Le carbone subit en permanence des transferts entre ces différents milieux. Ainsi, par la photosynthèse, les plantes absorbent le CO<sub>2</sub> atmosphérique et le transforment en



## N<sub>2</sub>O, LE PROTOXYDE D'AZOTE

Puissant gaz à effet de serre qui subsiste longtemps dans l'atmosphère : environ 120 ans.  
Son potentiel de réchauffement est 298 fois celui du CO<sub>2</sub> à l'horizon d'un siècle.

### D'où vient le N<sub>2</sub>O ?

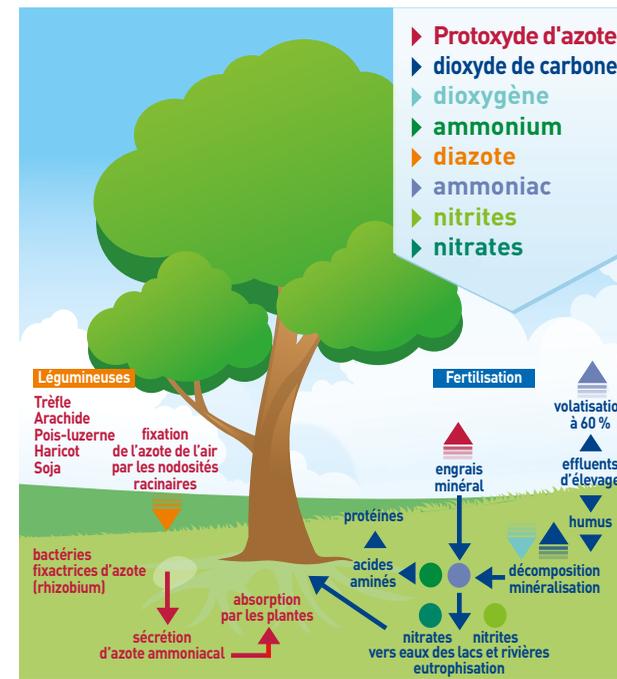
Le sol et les océans sont les principales sources naturelles de ce gaz mais il est également produit par la combustion de matières organiques et de combustibles fossiles, l'industrie... Sa production dans les sols est fortement augmentée par la fertilisation azotée.

**LES CARACTÉRISTIQUES DU N<sub>2</sub>O :**

- gaz incolore et ininflammable
- stable dans les basses couches de l'atmosphère
- décomposé dans les couches plus élevées (stratosphère) par des réactions chimiques impliquant la lumière du soleil.

L'agriculture est responsable de 86,6 % des émissions françaises de N<sub>2</sub>O provenant essentiellement de la transformation des produits azotés (engrais, fumier, lisier, résidus de récolte) sur les terres agricoles.

[SOURCE CITEPA, 2012]



la matière végétale et libèrent les substances azotées qui sont de nouveau disponibles pour d'autres végétaux. Sur les terres cultivées, les récoltes exportent une grande partie de l'azote contenue dans les plantes. Pour assurer cette capacité d'exportation, l'agriculteur fournit un complément d'azote par l'apport d'engrais minéraux ou de matières organiques, mais une partie s'échappe dans l'atmosphère sous forme de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Plus les quantités ajoutées sont fortes, plus les pertes sont élevées.

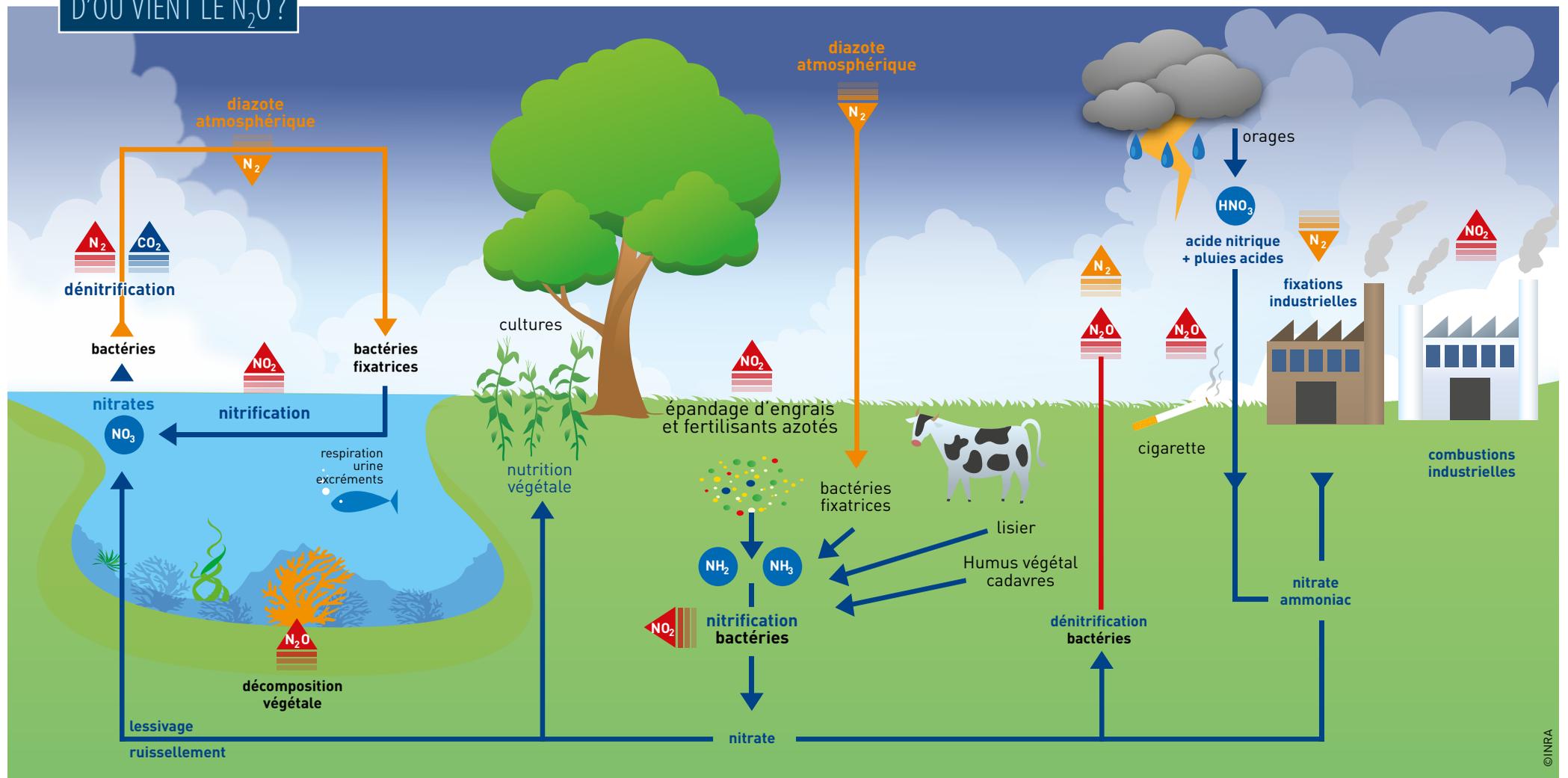
## LE CYCLE GLOBAL DE L'AZOTE DANS LE MILIEU AGRICOLE

Les écosystèmes terrestres comportent trois principaux réservoirs d'azote qui sont le sol, les plantes et l'atmosphère (qui est le plus grand des réservoirs contenant une forme stable, le diazote).

Les végétaux ont besoin d'azote pour se développer.

Certains fixent l'azote atmosphérique, via une symbiose racinaire avec des bactéries, les autres l'absorbent dans le sol, principalement sous forme de nitrate. Lorsque la plante meurt, les microorganismes du sol décomposent

### D'OÙ VIENT LE N<sub>2</sub>O ?



## CH<sub>4</sub>, LE MÉTHANE

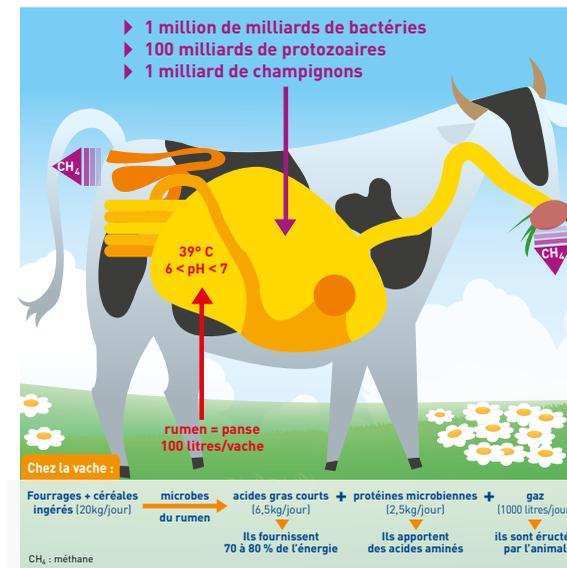
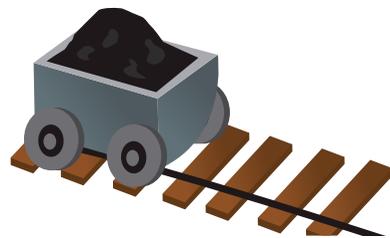
Gaz contribuant fortement à l'effet de serre. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 12 ans. Son potentiel de réchauffement est 25 fois celui du CO<sub>2</sub> à l'horizon d'un siècle.

### D'où vient le CH<sub>4</sub> ?

Les émissions de méthane proviennent des décharges, de l'exploitation des mines de charbon et du gaz naturel... mais surtout des activités d'élevage. L'agriculture est responsable de 68 % des émissions françaises de CH<sub>4</sub>. [SOURCE CITEPA, 2012]

**LES CARACTÉRISTIQUES DU CH<sub>4</sub> :**

- gaz incolore inodore et non-toxique
- constituant essentiel du gaz naturel
- produit de la dégradation des matières organiques en l'absence d'oxygène.



## LE MÉTHANE D'ORIGINE AGRICOLE

### L'émission de CH<sub>4</sub> provenant des animaux

Une grande partie du CH<sub>4</sub> provenant des exploitations agricoles est produite par les ruminants (vaches, moutons...). Leur système digestif comporte un rumen qui permet la digestion microbienne des fourrages et conduit à la production de méthane, ensuite érucé par l'animal. Ces émissions de méthane varient selon le type d'animal et son alimentation. Le méthane provient également du fumier et des lisiers composés d'excréments ani-

maux. Comme toute matière organique, ces produits sont décomposés par les microorganismes :

- lorsque le fumier est entassé, la décomposition se déroule dans un milieu pauvre en oxygène produisant ainsi une grande quantité de méthane,
- lorsque le fumier est épandu sur le sol, la décomposition s'effectue au contact de l'air et la plus grande partie du carbone de la matière organique est décomposée en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

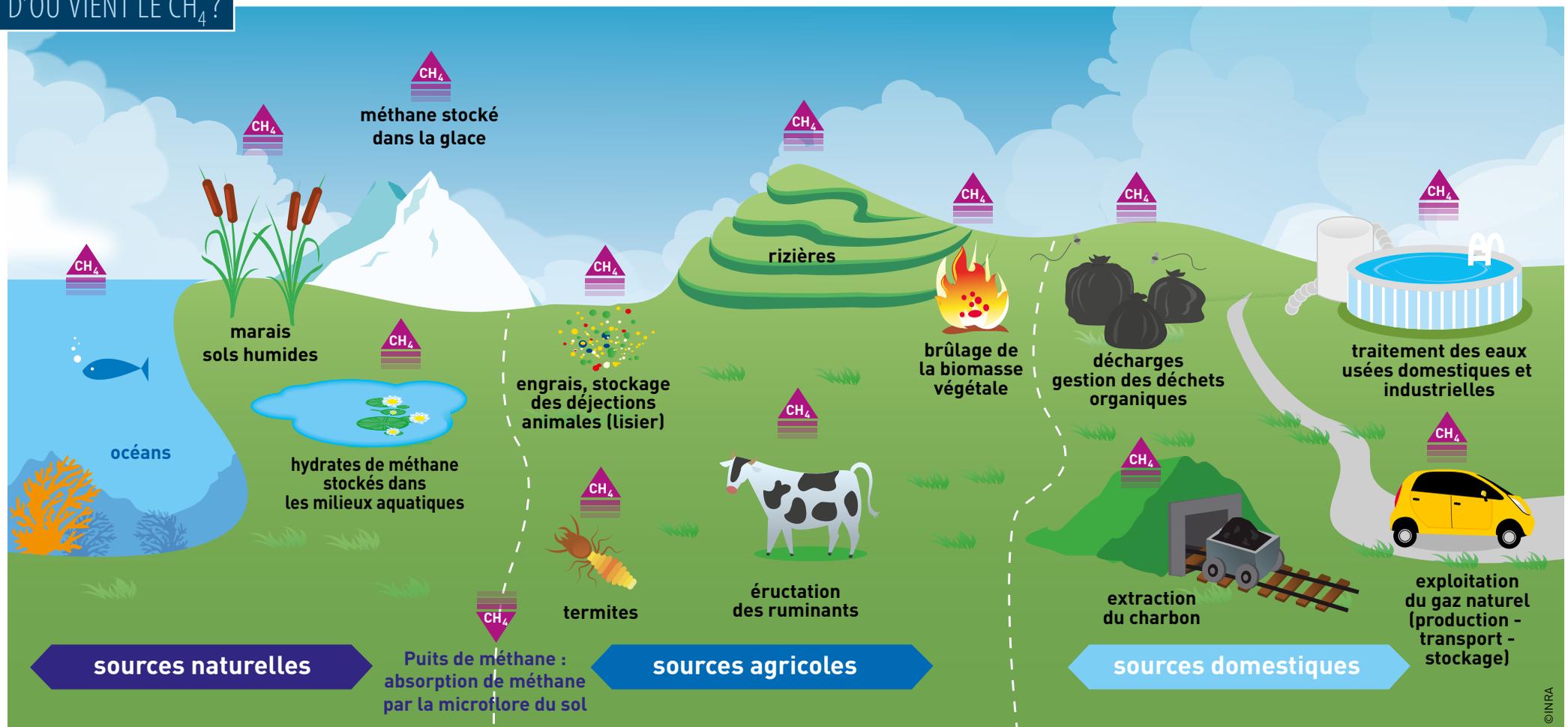
### L'émission et l'absorption de CH<sub>4</sub> par les sols

Les sols contiennent des microorganismes qui peuvent :

- soit dégager du CH<sub>4</sub>,
- soit en consommer et le transformer en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Ces deux transformations dépendent en grande partie de la teneur en eau du sol. Lorsque les matières organiques se décomposent dans les sols submergés ou détrempés, l'eau limite la circulation d'oxygène, ce qui provoque la libération de grandes quantités de méthane. Les rizières et les zones humides émettent des quantités importantes de méthane au niveau mondial. Globalement en France, les sols absorbent plus de méthane qu'ils n'en émettent.

## D'OÙ VIENT LE CH<sub>4</sub> ?



# MILIEUX NATURELS ET CULTIVÉS ?



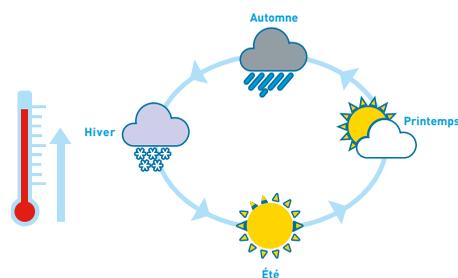
## LES TENDANCES GLOBALES

### La modification du climat

La température moyenne de la surface de la Terre a augmenté de 0,8°C entre 1860 et 2000. Chacune des trois dernières décennies a été la plus chaude que l'on connaisse depuis que l'on dispose de données climatologiques fiables. L'année 2014 a été la plus chaude jamais enregistrée au plan mondial.

Des facteurs naturels, liés aux variations de l'énergie solaire, aux éruptions volcaniques..., interviennent dans la modification du climat. Cependant, la communauté scientifique internationale a conclu : « Il est extrêmement probable que les activités humaines sont la principale cause du réchauffement depuis le milieu du 20<sup>e</sup> siècle ».

[GIEC, 2013]



### Les évolutions observées

Plusieurs tendances ont déjà été observées sur les milieux naturels et cultivés, parmi lesquelles :

- l'augmentation de la croissance de certains végétaux,
- la précocité de la floraison et des divers stades phénologiques chez certaines espèces, ainsi qu'une avancée du calendrier des pratiques pour les cultures annuelles,
- l'extension géographique de pathogènes et ravageurs des cultures et des forêts,
- l'évolution des écosystèmes aquatiques, consécutive au réchauffement des cours d'eau et de la surface des lacs.

### Les tendances estimées pour le futur

L'augmentation du CO<sub>2</sub> va avoir des effets sur le fonctionnement de tous les végétaux en agissant sur l'activité de photosynthèse. Un doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> peut augmenter de 20 à 30 % la production photosynthétique pour les cultures comme le blé, plante d'origine tempérée, et pour les forêts, mais a peu d'effet pour les cultures d'origine tropicale comme le maïs ou le sorgho. Il va également améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau par son action sur la résistance stomatique. Si l'on combine ces effets, que l'on peut considérer comme « positifs » du point de vue de la production de biomasse, avec celui de l'augmentation des températures et de la modification de la durée de la période de croissance pour les végétaux pérennes, on obtient, pour les prairies et les forêts, un bilan de tendance assez nettement positif (si tant est que les ressources en éléments minéraux, et en premier lieu l'azote, permettent de soutenir cette croissance accrue).

Par contre, pour les cultures annuelles, le bilan combiné des différentes tendances est plus contrasté avec un raccourcissement de leur cycle et donc une durée moins longue du fonctionnement photosynthétique.

Dans les deux cas, cette tendance potentielle peut être affectée par des températures excessives en été, car les risques de canicules estivales vont fortement augmenter. Elle peut surtout être modulée par les conditions d'alimentation en eau résultant des tendances sur la pluviométrie.

La perspective de sécheresses plus fréquentes et plus intenses en période estivale, en particulier dans le sud, peut alors faire basculer la tendance sur la production de « nettement positive » à « significativement négative ».

#### LES TENDANCES GLOBALES

Au-delà de ce réchauffement attesté, des tendances globales ont été observées concernant une évolution du climat :

- l'élévation du niveau de la mer due en grande partie à l'expansion thermique de la masse d'eau,
- le retrait de la grande majorité des glaciers et une fonte partielle de la calotte glaciaire arctique,
- une modification, plus contrastée, des régimes pluviométriques avec des risques accrus de sécheresses, par exemple dans le bassin méditerranéen,
- une modification de la distribution géographique des espèces végétales et animales.

## QUELQUES EXEMPLES

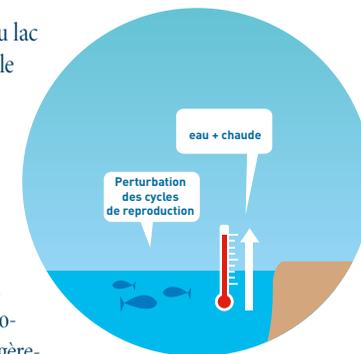
### LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES

#### Évolutions observées

Les recherches menées lors des 50 dernières années par l'Inra autour du Lac Léman, ont permis de mesurer dans cette région une augmentation de la température de l'air et une diminution des jours de gel.

##### • Une augmentation de la température de l'eau

Un accroissement de l'ordre de 1° C de la température au fond du lac Léman a pu être observé depuis 40 ans. L'inertie du lac Léman est telle que des hivers froids ne permettent pas le retour à la situation thermique des années 60. La température annuelle moyenne de l'eau de surface a subi un accroissement de température du même ordre.



##### • Une perturbation des successions saisonnières

Le démarrage printanier de la pousse du phytoplancton et du zooplancton qui s'en nourrit est avancé de 3 à 4 semaines. Les poissons à reproduction hivernale comme le corégone, au contraire, ont une reproduction retardée. Bien que la durée d'incubation de leurs œufs soit légèrement raccourcie, l'éclosion des larves se produit à la même date. Les larves de ces poissons trouvent ainsi des conditions de nourriture meilleures qu'auparavant. La dynamique de cette espèce est ainsi favorisée pour l'instant. Les espèces d'eau plus chaude, comme le gardon, ont une reproduction plus précoce aujourd'hui.

Dans les cours d'eau, les chercheurs ont déjà observé des évolutions chez le Saumon atlantique, comme une espérance de vie plus courte, un renouvellement plus rapide des populations ou encore l'augmentation du nombre des mâles précoces conduisant à une stratégie de reproduction excluant la phase marine.

#### Tendances estimées

##### • Des risques de modification de la biodiversité

Le corégone voit sa dynamique favorisée pour l'instant, mais si le réchauffement se poursuit la température hivernale du lac Léman ne lui sera plus favorable. La première espèce qui disparaîtra sera l'omble chevalier. Cette espèce a en effet un besoin impératif d'une eau de température inférieure à 7° C pour que les femelles puissent produire leurs œufs.

## QUELQUES EXEMPLES

### LES CULTURES ANNUELLES

#### Évolutions observées

Au sujet des cultures annuelles, les observations directes d'évolution en lien évident avec le réchauffement concernent les cycles culturaux, qu'il s'agisse des dates de semis, des choix de précocité des variétés ou des dates de récolte. Par exemple, une avancée de 3 à 4 semaines des semis de maïs sur les 30 dernières années a été observée sur 4 domaines expérimentaux de l'Inra. Parallèlement, des variétés à cycle plus long sont utilisées. De même, les moissons du blé ont avancé de l'ordre de 20 jours en moyenne depuis les années 80, quelle que soit la région considérée. Le raccourcissement du cycle concerne, en particulier, la période de remplissage des grains, ce qui peut provoquer des baisses de rendement, d'autant plus importantes en conditions de déficit hydrique (cas des années 2003, 2005 et 2006). Le phénomène est amplifié sur les céréales par les dégâts d'échaudage, défaut de remplissage des grains lié à des températures trop élevées.

Même s'il n'est pas avéré que le caractère récurrent des sécheresses récentes soit en lien univoque avec le changement climatique, elles sont néanmoins en accord avec les projections climatiques futures ; elles ont provoqué des modifications dans les assolements, les agriculteurs ayant eu tendance à limiter les superficies de maïs irrigué, en particulier dans le sud et le sud-ouest, pour des questions d'économie d'eau.

Grandes cultures  
Rendement + aléatoire  
bouleversement des cycles

Travail agricole  
+ précoce  
+ économe en intrants



#### Tendances estimées

L'impact de l'augmentation des températures et du CO<sub>2</sub>, ainsi que de la modification des autres paramètres climatiques, est évalué à l'aide de modèles de simulation de culture, alimentés par les scénarios issus des modèles climatiques, eux-mêmes forcés par différentes hypothèses d'émissions de gaz à effet de serre.

#### • Un raccourcissement des cycles de culture

La phénologie des cultures, c'est-à-dire la chronologie des étapes biologiques des plantes (tallage, épiaison, floraison, maturité), dépend de la température du végétal ou de l'air qui l'entoure. Une augmentation globale de la température se traduira par une chronologie accélérée. Toutefois, l'amplitude de cette accélération n'est pas proportionnelle à l'augmentation de température à cause des besoins en froid (ou vernalisation) pour les plantes d'hiver comme le blé ou le frein photopériodique qui ralentit la phénologie en conditions de durée du jour sub-optimales. De plus, des choix appropriés de variétés ou des programmes d'amélioration ciblés sur ces aspects phénologiques peuvent équilibrer cette accélération, en prenant soin de mettre la plante dans des conditions thermiques favorables au remplissage de ses grains.

#### • Des modifications du rendement

Lorsqu'ils tiennent compte de l'effet positif qu'aura l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> et de l'augmentation de l'efficacité de l'eau qui en résulterait (liée à la régulation stomatique), les modèles de simulation de culture montrent que, malgré le raccourcissement du cycle, le rendement potentiel des cultures ne serait pas forcément en diminution, à condition que leur alimentation hydrique et/ou minérale ne soit pas modifiée.

Mais une variabilité accrue du climat (canicules, sécheresses, précipitations intenses) pourrait faire chuter les rendements certaines années, et de manière de plus en plus fréquente après 2050.

## LES CULTURES PÉRENNES ARBRES FRUITIERS ET VIGNE

#### Évolutions observées

Une analyse de données acquises sur les 20 à 30 dernières années (rassemblées dans la base de données Phenoclim) a permis de constater :

#### • Une avancée des dates de floraison

Une floraison plus précoce des arbres fruitiers quels que soient les espèces et les sites (y compris des espèces à feuilles persistantes comme l'olivier).

#### • Une avancée des dates de vendange et une augmentation du degré alcoolique

La floraison est également plus précoce pour la vigne, mais l'avancée s'accroît au cours du cycle pour atteindre 2 semaines à la maturité (jusqu'à 3 semaines en 2003), ce que révèle également l'analyse historique des dates de vendange.

Les conditions plus chaudes pendant la maturation du raisin, conduisent à une augmentation régulière du degré alcoolique et à une modification potentielle de qualité à la vendange à cause, entre autres, d'un déséquilibre entre alcool et acides. Des écarts notables de typicité peuvent aussi se superposer pour des conditions extrêmes comme la canicule de l'été 2003.

Les avancées de la floraison apparaissent assez proches et cohérentes pour l'ensemble des espèces fruitières et des régions.

Le phénomène n'a pas été graduel : une étude statistique sur quelques longues séries a permis de mettre en évidence une rupture autour des années 89-90.

À titre d'exemple, on peut estimer pour l'abricotier que l'avancée moyenne de la floraison se situe entre 10 et 20 jours sur les 20 dernières années dans le sud-est de la France.

L'ÉPOQUE DE FLORAIISON joue un rôle important sur la régularité de la production car les conditions climatiques, durant ce stade, influent directement ou indirectement sur les composantes majeures de l'élaboration du rendement en fruits (sensibilité au gel, concordance de floraison, pollinisation).

#### Tendances estimées

#### • Un risque accru de chute de bourgeons

Il est possible d'évaluer l'évolution de la probabilité des risques de dégâts par le gel printanier. En effet, si la moyenne des températures augmente, il en va de même pour leur variabilité ; ce qui ne permet pas de conclure à une diminution du risque purement climatique. De plus, l'avancée des floraisons provoque une augmentation du risque biologique exposant au gel plus précocement les organes de fructification sensibles.

Parallèlement, des études montrent que des chutes physiologiques de bourgeons sont induites par des conditions hivernales douces.

#### • Des conséquences possibles sur la qualité des productions : des recherches sont en cours

Pour la vigne, des études montrent qu'il sera difficile d'échapper aux températures élevées pendant la maturation ce dont il sera nécessaire de tenir compte pour l'élaboration du produit final. Le changement de cépage ou le recours à l'irrigation pour abaisser les températures au niveau des grappes pourraient être des solutions à envisager.



## QUELQUES EXEMPLES

### LA PRAIRIE

#### Évolutions observées

La forte variabilité inter-annuelle, qui a marqué le passé récent avec en particulier les fortes baisses (50 % et plus dans certaines régions) consécutives aux épisodes récents de sécheresse, ne permet pas de déterminer une tendance de fond au niveau de la production des prairies, liée au réchauffement. Cependant, certains faits ont pu être constatés.

- **Un avancement dans le calendrier du cycle**

Les observations de terrain, appuyées par les données agroclimatiques, font état d'un avancement dans le calendrier du cycle des prairies, en particulier des coupes ou de la saison de pâturage.



#### Tendances estimées

Les prédictions ont été effectuées avec un modèle de simulation de la prairie et ont été complétées par un travail expérimental sur un dispositif implanté dans le Massif central sur l'effet d'un doublement de CO<sub>2</sub> sur une prairie.

- **Une modification de la constitution des plantes**

Elles accumulent plus de sucres solubles, l'herbe a donc une plus grande valeur énergétique ; mais la teneur des plantes en matières azotées est diminuée, ce qui signifie une moindre disponibilité en protéines, notamment pour les animaux en croissance ou en lactation.

- **Une évolution de la composition botanique de la prairie**

La part relative des graminées a tendance à baisser au profit des légumineuses. Cette évolution tend à rééquilibrer sur le long terme la baisse relative de la teneur en matières azotées des plantes car les légumineuses sont plus riches en matières azotées que les graminées.

- **Une augmentation potentielle de 10 à 20 % de la production annuelle de la prairie, si la disponibilité en eau est suffisante**

Le doublement du CO<sub>2</sub> entraîne une augmentation de la photosynthèse et de la fixation biologique de l'azote (via le développement accru des légumineuses). Toutefois la disponibilité en eau sera réduite par des canicules et sécheresses estivales plus sévères.

- **Un allongement de la saison de pâturage au printemps et à l'automne, mais contrecarré par des risques nettement accrus de sécheresse**

Ces derniers entraînent un trou fourrager estival, une dégradation des prairies et la nécessité de stocks supplémentaires pour l'alimentation des troupeaux.

## LES RAVAGEURS ET LES MALADIES

### Évolutions observées

- **Une extension géographique des aires de répartition de certains ravageurs**

On constate depuis plusieurs années une expansion géographique de la chenille processionnaire du pin qui cause de sévères dégâts aux résineux et des problèmes allergiques pour l'homme.

Ce ravageur progresse vers le nord de la France et en altitude : repéré à 70 km de Paris en 2003, le premier nid de front se situe désormais à 36 km de Paris. Les recherches ont permis d'établir un lien clair avec le réchauffement climatique.

- **Des apparitions de nouveaux ravageurs ou de nouvelles maladies**

Il est également fréquent de voir apparaître, du fait de l'expansion des transports et des échanges, des maladies ou des ravageurs venant d'autres zones géographiques (on parle alors de maladies émergentes ou de maladies invasives). Le réchauffement climatique peut faciliter leur adaptation, mais il y a encore peu d'évaluations précises de son impact sur ce point. Des études détaillées sont en cours sur les cas les plus typiques :

- une aleurode, *Bemisia*, dans les serres du sud-est

- la fièvre catarrhale ovine, apparue en Corse depuis quelques années et en Belgique et aux Pays-Bas en 2006.

- **une augmentation du nombre et de la diversité au sein de certaines populations d'insectes**

Les études de suivi du carpocapse des pommes ont mis en évidence le passage récent dans le sud-est de deux à trois générations par an, certes facilité par l'arrivée de nouvelles variétés en majorité tardives, mais qui s'explique surtout par l'augmentation du nombre de jours où la température dépasse les 10° C, qui ont augmenté de 25 % par rapport aux années 70.

Quant aux pucerons, les piégeages n'indiquent pas d'augmentation de leur quantité, mais plutôt de leur diversité : le nombre moyens d'espèces capturées est passé de 169 entre 1978 et 1982 à 211 actuellement. Par ailleurs, la date de début des migrations est toujours plus précoce : globalement, on a observé un mois d'avance sur les sites de Rennes et Montpellier depuis 30 ans.

### Tendances estimées

- **Un impact potentiel accru de certains ravageurs et parasites**

Globalement, une plus grande fréquence des événements climatiques extrêmes (sécheresse, pluviosité excessive, tempêtes...) induit un stress supplémentaire sur les arbres forestiers, les rendant potentiellement plus sensibles aux attaques des ravageurs et des parasites. Des risques accrus pour certaines maladies fongiques hivernales des grandes cultures et pour les maladies propagées par des pucerons sont attendus.



- **Un développement favorisé pour certains pathogènes et certains insectes**

En observant des coupes de chênes infectés par l'encre (maladie causée par un microorganisme attaquant les racines de différentes espèces forestières dont le chêne et le châtaignier), des chercheurs de l'Inra ont étudié l'évolution de cette maladie sur les 30 dernières années. Ils ont montré que le froid hivernal limite le développement de la maladie.

Parallèlement, les travaux réalisés sur la processionnaire du pin ont conduit à établir, à partir des observations récentes, une modélisation suffisamment fiable de l'aire d'expansion pour permettre de projeter l'aire d'extension future en fonction des scénarios climatiques.

## QUELQUES EXEMPLES

### LA FORÊT

#### Évolutions observées

- **Un allongement de la période de croissance**

Le réchauffement climatique avance la date de débourrement des bourgeons et retarde la chute des feuilles. Cet effet est déjà observé en Europe, ainsi qu'en Amérique du nord, où la période de croissance des arbres a augmenté d'une quinzaine de jours depuis 1960. Il est encore difficile d'établir avec certitude la part de cette augmentation dans l'accroissement observé de la productivité forestière, qui atteint 40 % par rapport à la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle avec une variabilité régionale. L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> et la présence d'azote dans les pluies sont d'autres facteurs explicatifs encore à l'étude.

- **Un impact des sécheresses qui s'étale dans le temps**

Au-delà de la tendance progressive liée au réchauffement climatique, les forêts sont notablement affectées par les événements extrêmes, tels que la tempête de 1999 et les sécheresses de 2003, puis 2005-2006. Si les dégâts sur les jeunes plantations sont immédiatement visibles, les travaux ayant suivi la sécheresse de 1976 ont montré que ses conséquences ont porté sur une dizaine d'années. C'est donc un programme de suivi de longue durée qui a été mis en place.

- **Des dépérissements ?**

Il semble hautement probable que des dépérissements touchant les peuplements de sapins dans des massifs du sud de la France (Vésubie, Ventoux, Aude) soient les signes annonciateurs des impacts du changement climatique sur certaines espèces forestières.

#### Tendances estimées

L'étude de l'impact du changement climatique sur les forêts tient compte de l'augmentation du CO<sub>2</sub> et des modifications attendues des facteurs climatiques. Des dépérissements massifs ont été signalés pour le sapin, le pin sylvestre ou l'épicéa, suite aux sécheresses de la période 2003-2006.

- **Une stimulation de la croissance des arbres**

L'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> accélère la croissance des arbres. Grâce à des études expérimentales menées dans des serres, des équipes de chercheurs ont chiffré cette augmentation à 40 % pour un doublement de la teneur en CO<sub>2</sub>. Selon les espèces, les conséquences de cette augmentation ne sont pas forcément positives :

- accroissement de la sensibilité des arbres aux contraintes du milieu (déséquilibres nutritionnels)
- dégradation des propriétés technologiques du bois (propriétés mécaniques, composition chimique).

- **Une réduction de la sensibilité des arbres à la sécheresse, variable suivant les espèces**

L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique réduit l'ouverture des stomates, orifices situés à la surface des feuilles par lesquels la plante absorbe le CO<sub>2</sub> et laisse échapper de la vapeur d'eau. Les stomates des arbres réagissent différemment à l'augmentation du CO<sub>2</sub> en fonction de l'espèce considérée.



#### LES SCÉNARIOS CLIMATIQUES ÉTUDIÉS MONTRENT :

- **Un accroissement de la productivité moyenne et de la surface des forêts françaises jusqu'en 2045**

Mis à part les tempêtes de fin 1999 et de 2009, les effets des sécheresses (susceptibles de se répéter sur plusieurs années et donc encore incomplètement connus), la forêt française a vu sa productivité moyenne s'accroître continuellement depuis 40 ans (de l'ordre de 30 à 40 %) et sa surface s'étendre (de l'ordre de 70.000 ha/an). Cette tendance devrait se poursuivre, avec un maximum de production nette entre 2015 et 2045, puis celle-ci diminuera.

- **Des modifications géographiques importantes**

D'ici 2050, le nord serait avantagé, et le sud plus menacé. La vocation de production des forêts les plus exposées à de futures sécheresses, dans le sud et l'ouest, est amenée à être mise en cause, d'autant plus que le changement climatique augmentera les risques d'incendie. La capacité de réserve en eau des sols et les conditions de disponibilité en nutriments conditionneront localement les réponses. Les forêts sur les sols à forte réserve utile en eau supporteront mieux l'évolution climatique.

- **Des menaces sur la biodiversité**

Le dépérissement des massifs les plus exposés pourrait avoir des conséquences sur la biodiversité présente dans ces habitats forestiers ; par ailleurs, certaines ressources génétiques forestières originales, par exemple des « écotypes » de la partie sud ou basse des aires naturelles, pourraient disparaître alors même qu'elles ont un fort intérêt potentiel comme sources de graines.

- **Une réduction des stocks de carbone**

De façon globale, le réchauffement et l'accentuation de la sécheresse estivale conduiront à une réduction des stocks de carbone dans la biomasse et les sols forestiers. L'année 2003 a vu ainsi une réduction de 30 % de la productivité primaire nette pour la végétation de l'Europe, qui a induit un déficit du bilan de carbone s'élevant à 0,5 GtC.



## LIMITER LES ÉMISSIONS DE N<sub>2</sub>O ET DE CH<sub>4</sub>

La réduction des émissions de gaz à effet de serre provenant de l'agriculture passe nécessairement par une meilleure gestion de la fertilisation et des déchets organiques issus des productions agricoles.



### Les besoins en azote des cultures

Plus les quantités d'azote apportées sont élevées par rapport aux besoins réels de la plante, plus les émissions de N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère sont importantes.

Leur réduction implique donc d'évaluer au plus près les besoins des cultures.

Les recherches en cours à l'Inra prennent en compte les spécificités des différents milieux (type de culture et de sol, climat) pour proposer des solutions adaptées aux caractéristiques locales.

#### DANS LE CAS DE L'ÉLEVAGE PORCIN

L'adoption de l'élevage sur litière peut limiter les émissions de gaz à effet de serre. Les déjections animales se mélangent à la litière pour former un fumier dont la décomposition commence dans le bâtiment d'élevage et qui évolue pour former un compost dégageant peu de méthane. Une réduction de la fréquence du brassage de la litière limite également les émissions de N<sub>2</sub>O.



### La gestion des matières organiques d'origine animale et végétale

#### • Réduire les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O

Par exemple, pour réduire les émissions de CH<sub>4</sub>, des recherches conduites à l'Inra sur la décomposition des matières organiques végétales et animales ont abouti à une solution : une aération optimale des composts (humidité des matières, choix des agents structurants favorisant l'aération...).

Par ailleurs, pour lutter contre les émissions de N<sub>2</sub>O dans les fosses de lisier, l'aération séquentielle s'est révélée être un moyen efficace.

### Le bilan de gaz à effet de serre de parcelles et d'exploitations agricoles

Au-delà de solutions techniques ponctuelles, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des émissions intervenant de façon directe ou indirecte dans les systèmes de production agricoles pour proposer une gestion intégrée. L'Inra y travaille en mesurant le bilan de gaz à effet de serre de parcelles de cultures annuelles et de prairies, ainsi qu'en modélisant ce bilan aux échelles de la parcelle et de l'exploitation agricole.



- Utiliser le CH<sub>4</sub> comme biogaz pour produire de l'énergie  
Parallèlement, l'Inra a également développé ses recherches dans les technologies de méthanisation.

Un procédé, actuellement valorisé, consiste à récupérer le méthane issu des déjections du bétail ou des déchets ménagers pour produire une énergie renouvelable (chaleur et électricité) tout en évitant la libération de quantités considérables de méthane dans l'atmosphère.

## RÉDUIRE L'AUGMENTATION DU CO<sub>2</sub> ATMOSPHÉRIQUE

L'agriculture et la sylviculture ont un rôle important à jouer dans la réduction des gaz à effets de serre et notamment du CO<sub>2</sub>.

### Stocker du carbone

Favoriser le phénomène naturel de stockage du carbone par les forêts et les sols est une des principales options qui permettrait de limiter l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique.



#### • Le stockage du carbone par la forêt

Une gestion adaptée de la forêt pourrait permettre d'accroître son rôle de régulation des émissions de CO<sub>2</sub>.

À partir des données de l'Inventaire Forestier National, les chercheurs de l'Inra ont calculé que le stockage de carbone dans les forêts françaises s'élevait en 2012 à environ 67 Mt CO<sub>2</sub> auquel il faut ajouter 26 Mt CO<sub>2</sub> pour le stockage et la substitution de carbone dans la filière bois. C'est donc 17 % des émissions françaises qui seraient compensées par la filière forêt bois.

#### LES PRINCIPALES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE :

- mettre en œuvre une sylviculture efficace sur les accrus forestiers,
- raisonner au mieux le choix d'espèces adaptées aux nouvelles conditions climatiques et privilégier les essences produisant plus de biomasse (bois, feuilles),
- accroître l'utilisation des produits forestiers (source d'énergie pour limiter l'usage des énergies fossiles, matériaux dans la construction...),
- préserver la fertilité des sols forestiers.

#### • Le stockage du carbone dans le sol

Les changements dans l'usage des sols et dans les pratiques de production pourraient contribuer à accroître le stockage du carbone dans les sols. L'analyse d'essais de longue durée et la mise au point de modèles s'appuyant sur ces données ont permis à l'Inra de caractériser les capacités de stockage de carbone des différents types de sols agricoles et leurs dynamiques dans le temps. Il existe de nombreux sols déficitaires en carbone. À la différence des grandes cultures, les prairies permanentes constituent actuellement, en moyenne un puits de carbone qui compense en partie les émissions de gaz à effet de serre liées au pâturage.

Le déstockage du carbone étant plus rapide que son stockage, les changements d'usages et de pratiques devraient être pensés de façon durable, au minimum sur une vingtaine d'années.

Le stockage du carbone n'est qu'une mesure temporaire, qui permettra de limiter l'accroissement du CO<sub>2</sub> dans le proche avenir et de retarder ses conséquences sur le climat. Toutefois, il doit être pris en compte dans l'évaluation du bilan de gaz à effet de serre, car il est susceptible de contrebalancer les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O des sols agricoles.

#### LES PRINCIPALES OPTIONS À L'ÉTUDE :

- **l'usage des sols** : boiser des terres cultivées, convertir en prairies permanentes des terres labourées, allonger la durée des prairies temporaires, implanter des haies, enherber les inter-rangs dans les vignes et les vergers, développer l'agroforesterie,
- **les pratiques de productions agricoles** : proscrire la jachère nue, pratiquer l'engrais vert entre les cultures, privilégier les enfouissements de résidus de culture apportant plus de carbone au sol (céréales) et le non-labour ou le semis sous couverture végétale...



Une part très majoritaire des émissions de CO<sub>2</sub> générées par les activités humaines provient de la combustion du carbone d'origine fossile.

### Utiliser le carbone renouvelable à la place du carbone fossile

Potentiellement, le carbone et les molécules d'origine végétale peuvent être utilisés en substitution au pétrole dans la majorité des technologies chimiques. Ils ont l'avantage d'être renouvelables, initialement biodégradables et leur production ne contribue pas ou peu aux émissions de gaz à effet de serre.

Dans le contexte actuel où la lutte contre le réchauffement climatique devient une priorité et où les ressources pétrolières encore disponibles ne représentent que quelques décennies de consommation à l'échelle mondiale, la biomasse végétale possède un potentiel intéressant dont l'exploitation ouvre de nombreuses perspectives.

Les recherches actuelles de l'Inra misent sur la valorisation de la plante toute entière permettant d'utiliser les ressources lignocellulosiques pour limiter les besoins en terres, améliorer les rendements énergétiques, diversifier les produits, limiter la production de sous-produits et bénéficier de coûts moins élevés.

#### DES BIOCARBURANTS À PARTIR DE LA BIOMASSE

Pour couvrir nos besoins nationaux en carburant, la production des biocarburants actuels (bioéthanol et biodiesel) nécessiterait de mobiliser au-delà de la surface agricole française ! Les chercheurs travaillent donc sur une « 2<sup>e</sup> génération » de biocarburants en valorisant la plante entière (biomasse lignocellulosique) et non pas seulement son fruit ou sa graine.

L'utilisation des différents constituants de la plante entière est une des conditions nécessaires pour créer une agro-industrie durable, ayant la capacité de rivaliser avec la pétrochimie. La richesse moléculaire de la plante s'accompagne d'une complexité d'organisation qu'il faut rompre pour rendre ces molécules disponibles et pouvoir les utiliser dans différentes voies. Leurs développements industriels restent encore limités et sont liés à la conception de nouveaux outils enzymatiques.

L'Inra travaille à la conception de nouvelles générations d'outils au service de la chimie verte pour proposer des produits de qualité, avec une forte valeur ajoutée en terme environnemental : des biolubrifiants biodégradables et non toxiques,

#### À LA RECHERCHE DE CULTURES DÉDIÉES, **alliant très forte productivité à l'hectare, faible consommation en eau, en engrais et en pesticides.**

Les recherches portent actuellement sur diverses plantes, dont le *miscanthus* qui présente de sérieux atouts : cette plante pérenne, sobre en eau et en azote, ayant peu d'ennemis naturels, peut produire 20 à 30 tonnes de matière sèche à l'hectare.

des tensioactifs aux pouvoirs émulsifiants, détergents... étendus, des agrosolvants inoffensifs et performants...

## ADAPTER L'AGRICULTURE ET LA SYLVICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Différents niveaux sont à prendre en compte pour adapter l'agriculture et la sylviculture aux évolutions du climat et à leurs impacts directs et indirects.

### L'adaptation des pratiques de production au réchauffement climatique

Le renforcement du réchauffement climatique impliquera des modifications dans les pratiques agricoles.

La sylviculture devra, de son côté, nécessairement accompagner les changements par des substitutions d'essence, des changements des régimes d'éclaircie et de coupe, ainsi qu'une gestion adaptée des sous-étages et des sols.

#### PAR EXEMPLE :

- le choix d'un matériel génétique approprié avec la sélection de variétés plus tardives, plus résistantes à la chaleur...
- la mise au point de nouvelles pratiques avec l'ajustement du calendrier des cultures et des techniques culturales (fertilisation, irrigation),
- la prise en compte du développement ou de l'émergence de maladies et de ravageurs,
- la mise en application de pratiques agricoles limitant les émissions de gaz à effet de serre notamment pour les engrais.

### L'organisation des systèmes agricoles et forestiers face à un possible déplacement des zones de production

Le réchauffement récent n'a pas provoqué de déplacement géographique observable des systèmes de production, car il reste encore dans la gamme de la variabilité interannuelle. Mais, pour le futur, sachant qu'un réchauffement de 1° C équivaut à un déplacement vers le nord de l'ordre de 180 km et en altitude de l'ordre de 150 m, l'hypothèse d'une modification profonde des paysages est à envisager.

On peut donc légitimement envisager, avec un réchauffement accru, une remontée de certaines productions et, pourquoi pas, l'introduction de cultures nouvelles dans le sud.

#### TEMPS D'ADAPTATION ENVISAGEABLE :

- pour les prairies, l'élevage et les cultures pérennes : de 10 à 20 ans
- pour les forêts : 50 années (délai d'entrée en production)

#### SI CELA SE CONCRÉTISE :

- comment pourra-t-on assurer la continuité de la production de produits liés à une zone d'origine ou à un terroir ?
- quelles seront les répercussions économiques pour les régions ?



- le **chêne vert** pourrait alors s'étendre vers une grande moitié sud de la France
- le **hêtre** serait en forte régression, ainsi que le sapin.

Au niveau des forêts, des travaux récents ont permis d'esquisser la répartition géographique potentielle des principales formations forestières à la fin du siècle.

Il ne s'agit là que de tendances s'appuyant sur l'extrapolation des enveloppes bioclimatiques actuelles de ces formations, et par ailleurs la grande inconnue réside dans la capacité de migration et d'adaptation des espèces sur une période aussi courte par rapport aux milliers d'années qui leur ont permis de s'adapter dans leur histoire évolutive. Dans certains cas, il pourrait être envisager de recourir à des démarches de migration assistée par l'homme.

Même si les essences forestières possèdent certaines capacités adaptatives qu'il sera important de valoriser, dans beaucoup de régions cela sera insuffisant pour maintenir la forêt dans son état actuel.

L'adaptation des forêts au changement climatique passera par de nouvelles pratiques d'anticipation et d'accompagnement, avec un ajustement en continu des pratiques. Cette sylviculture adaptative devra faire évoluer les forêts en tenant compte des contraintes écologiques et socio-économiques.



# LE DISPOSITIF DE RECHERCHE DE L'INRA

## AGENDA 2015

**16-18 mars** > « Third Global Science Conference on Climate Smart Agriculture » (CSA 2015, <http://csa2015.cirad.fr>). Cette conférence fera le point des recherches internationales sur l'agriculture « intelligente face au climat », qui cherche à combiner adaptation au changement climatique, réduction des gaz à effet de serre et sécurité alimentaire. 500 participants sont attendus au Corum à Montpellier pour cette conférence co-organisée par le Cirad, l'Inra, l'Ird et Agropolis International, avec le soutien du CGIAR, des universités de Wageningen et de Davis et de la FAO. Le comité d'organisation est présidé par Patrick Caron (Cirad) et le conseil scientifique international par J-F Soussana (Inra).

**3-5 juin** > Conférence franco-chinoise sur l'agro-écologie et le changement climatique. Cet événement est organisé par l'Ambassade de France à Pékin, avec le soutien de l'Inra et de partenaires chinois dont la CAAS, la CAS et l'université agricole chinoise.

**7-10 juillet** > Conférence scientifique internationale « Our Common Future under Climate Change » (OCFCC, <http://commonfuture-paris2015.org>). Cette conférence sera le principal événement scientifique en amont de la COP21 à Paris fin 2015. Elle est co-organisée par les institutions scientifiques françaises avec le soutien de l'ICSU et du programme international Future Earth. Elle se déroulera à l'Unesco et à l'Université Pierre et Marie Curie. Le secrétariat est dirigé par Claire Weill (Inra). L'Inra est associé au bureau du comité d'organisation qui est présidé par Hervé Le Treut (IPSL), au haut comité présidé par Jean Jouzel et au conseil scientifique international présidé par Chris Field (Stanford, USA). Plus de 1 500 scientifiques sont attendus pour cet événement qui sera focalisé sur les solutions à trouver pour assurer la transition climatique dans l'ensemble des secteurs et pour l'ensemble des pays.

## GRANDS PROGRAMMES DE RECHERCHE

**GRA** > Créée en 2009, la « Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases » (GRA) comprend 40 pays ([www.gra.org](http://www.gra.org)). Cette Alliance mondiale de recherche a pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole tout en favorisant le stockage de carbone dans les sols et la résilience des systèmes agricoles au changement climatique. L'Inra participe à quatre des cinq groupes de travail. Le groupe sur les cycles du carbone et de l'azote est présidé par la France (J-F Soussana, Inra) ; il évalue le potentiel de la modélisation pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre et guider les stratégies d'atténuation. [www.globalresearchalliance.org](http://www.globalresearchalliance.org)

**AgMIP** > Ce programme international de recherche rassemble des scientifiques d'une cinquantaine de pays. Il est consacré à la modélisation des impacts du changement climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire et promeut une démarche d'amélioration et d'inter-comparaison des modèles agronomiques et économiques dans ce domaine. L'Inra co-dirige plusieurs programmes (concernant le blé, le maïs et les prairies). J-F Soussana (Inra) co-préside le comité de pilotage du programme AgMIP dont l'équipe de direction est principalement composée de scientifiques de la Nasa, de l'USDA et de l'université de Floride (Cynthia Rosenzweig, Jerry Hatfield et Jim Jones).

**FACCE – JPI** > L'initiative de programmation conjointe de la recherche sur l'agriculture, le changement climatique et la sécurité alimentaire rassemble 21 états membres et associés de l'Union européenne représentés par des ministères, des agences de recherche et des organismes. Elle a défini un agenda stratégique de recherche avec un premier programme 2014-2015 de mise en œuvre. Cette programmation conjointe a lancé une série d'appels à propositions de recherche en mobilisant une série d'instruments complémentaires (Eranets, Knowledge Hub, ateliers de prospective scientifique) permettant de traiter des principaux enjeux dans ce domaine et mobilisant en 2013 environ 50 M€ apportés par les états et par

la Commission européenne. La France est représentée par l'ANR (Maurice Héral) et par l'Inra (François Houllier). Le conseil scientifique international est présidé par J-F Soussana (Inra).

[www.faccejpi.com](http://www.faccejpi.com)

**KIC Climat** > L'Inra est membre de la KIC Climat, la principale communauté d'innovation publique-privée sur le changement climatique en Europe (plus de 200 partenaires académiques et économiques à travers 12 pays européens). L'Inra contribue principalement au pilier innovation de la KIC et co-coordonne une plateforme sur la bioéconomie, tout en participant activement à la plateforme sur l'eau et les sols. Un portefeuille de 15 projets avec une vingtaine de partenaires privés (Veolia, Astrium, Philips, Bayer, Suez Environnement, CIMV...) a été développé. Sur l'enjeu de l'agriculture intelligente face au climat, quatre services aux entreprises (technologies, impacts climatiques, réglementation, co-construction entre acteurs des filières) sont développés avec une priorité à l'élevage (lait, viande) et aux cultures pérennes (vigne, arbres fruitiers) dans un projet phare, coordonné avec WUR, Wageningen aux Pays-Bas. J-F Soussana représente l'Inra à la KIC Climat.

[www.climate-kic.org](http://www.climate-kic.org)

## EXPERTISE NATIONALE ET INTERNATIONALE

**Nationale** > À la demande des ministères en charge de l'agriculture et de l'écologie et de l'Ademe, l'Inra a réalisé une étude portant sur 10 mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française sans modifier significativement sa production. Cette étude a montré un potentiel important d'atténuation des émissions, dont les deux tiers environ pourraient intervenir avec un coût faible, voire avec un bénéfice net en termes de marge brute. Avec la méthodologie utilisée par l'inventaire national français des émissions de gaz à effet de serre, seule une partie de ces mesures serait reflétée par la comptabilité nationale. [institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture](http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture)

**Internationale** > Le cinquième rapport du Giec (Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat) a été publié en 2013 et 2014. Le groupe II, consacré aux impacts du changement climatique, à l'adaptation et à la vulnérabilité, comprend un chapitre régional qui

fournit une synthèse pour l'Europe. J-F Soussana (Inra) a coordonné la rédaction concernant l'agriculture, la forêt et la pêche, en lien avec les ressources en sol et en eau, pour ce chapitre.

[www.ipcc-wg2.gov/AR5/report/full-report/](http://www.ipcc-wg2.gov/AR5/report/full-report/)

## INSTRUMENTS INTERNES

**Méta-Programme** > Le méta-programme Adaptation de l'Agriculture et de la Forêt au Changement Climatique (ACCAF), dirigé par Thierry Caquet, a été lancé en 2011. Il constitue l'un des 8 méta-programmes de l'Inra. Rassemblant des compétences scientifiques pluri-disciplinaires, il mobilise des financements annuels en coûts complets de l'ordre de 5 M€. ACCAF a développé un portefeuille de 25 projets de recherche et d'actions internationales (AgMIP notamment) concernant les cultures annuelles et pérennes, l'élevage, la forêt, la biodiversité ainsi que les ressources en eau et en sol. Le programme vise à évaluer et gérer les risques et les opportunités, à scénariser les impacts régionaux, à comprendre les impacts sur la biodiversité et sur la santé animale et végétale, à améliorer génétiquement les espèces et à renforcer la capacité d'adaptation des systèmes de production agricoles et forestiers, des filières et des territoires tout en identifiant les coûts et bénéfices, ainsi que le potentiel de nouvelles technologies et modes d'organisation collectifs. En 2015, le méta-programme lance un projet inter-instituts visant à créer une modélisation intégrée des interactions climat-ressources en eau-agriculture et forêt afin de scénariser les adaptations régionales de ces secteurs.

[www.accaf.inra.fr](http://www.accaf.inra.fr)

## PRODUCTIONS REPÈRES

L'Inra a publié un cahier spécial dans la revue « Pour la Science » consacré à l'adaptation au changement climatique. L'Inra a publié en 2014 près de 200 articles scientifiques référencés par WOS dans le domaine du changement climatique avec un nombre significatif d'articles dans des revues d'impact exceptionnel (Nature Climate Change, PNAS, Global Change Biology...).

En 2014, l'Inra a présenté les résultats de ses recherches dans le changement climatique dans plus de 50 manifestations publiques et professionnelles et a été audité par des commissions de l'Assemblée nationale, du Sénat et du Conseil économique, social et environnemental.



147 rue de l'Université  
75338 Paris - Cedex 07  
France

Tél. : +33(0)1 42 75 90 00  
Fax : +33(0)1 42 75 90 00  
[inra.fr](http://inra.fr)

