

végétales et des races animales – et de produire des plantes résistantes à la sécheresse ou à un excès d'eau –, il sera beaucoup plus difficile de le faire sans réduire le potentiel de production durant les années favorables. Un effort considérable de recherche doit donc être engagé, notamment pour sélectionner les meilleurs phénotypes dans des environnements modifiés pour correspondre aux conditions climatiques du futur. Plusieurs cycles de sélection seront nécessaires, chacun nécessitant une dizaine d'années environ, ce qui souligne l'urgence des efforts à entreprendre.

La question de la santé végétale, animale et humaine se posera également puisque les risques liés à des maladies vectorielles tendront à augmenter. Comme l'usage des pesticides et des antibiotiques en agriculture doit être réduit, la maîtrise de la santé animale et végétale deviendra plus exigeante. Les stratégies de surveillance épidémiologique et de gestion des risques sanitaires devront être renforcées en conséquence.

Les pistes d'adaptation seront plus restreintes pour les forêts, qui sont particulièrement sensibles aux aléas climatiques (sécheresses, tempêtes et incendies). Cette vulnérabilité menace non seulement la production de bois, de fibres et de bioénergie, mais elle risque également d'affaiblir le puits de carbone que représente la forêt au niveau mondial. Il sera nécessaire d'accroître la biodiversité des forêts, de guider l'évolution génétique au sein des espèces forestières, de favoriser le renouvellement des arbres par des rotations accélérées et de limiter l'ampleur des incendies par des aménagements.

Certains territoires seront particulièrement touchés : en zone littorale, en raison de la salinisation et de l'inondation d'une partie des sols et de l'érosion accélérée des côtes ; en zone de montagne, du fait d'un dépérissement accru des forêts ; dans les plaines inondables, où les dommages aux parcelles, aux bâtiments et aux infrastructures se

multiplieront. Mais des opportunités pourraient se développer pour l'agriculture aux latitudes élevées. Ainsi, les pays nordiques pourraient cultiver du maïs, même si les rendements seront vraisemblablement irréguliers du fait des risques de gelées. La vigne devrait pouvoir s'étendre au Royaume-Uni, au Danemark et remonter en Europe centrale. Toutefois, le potentiel des sols et la disponibilité en eau limiteront dans certains cas la remontée en latitude des zones de cultures.

### Et si la température augmentait de 4 °C ?

Dans l'hypothèse d'un réchauffement global atteignant 4 °C à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, les extrêmes climatiques se renforceraient notablement. En Europe, les canicules et les sécheresses estivales toucheraient surtout la moitié Sud du continent, tandis que les épisodes de précipitations intenses se généraliseraient principalement à l'automne et en hiver (voir la figure page ci-contre). Les

risques du changement climatique dans un tel scénario seront amplifiés par les rétroactions entre les ressources en eau et en sols, la végétation et le climat à l'échelle régionale. Des sécheresses et des canicules fréquentes réduisent la productivité des écosystèmes et des cultures, ce qui limite l'apport de matière organique au sol et le taux de couverture par la végétation. Il en résulte une dégradation des sols, qui réduit leur capacité à retenir l'eau, renforçant ainsi les risques de sécheresses.

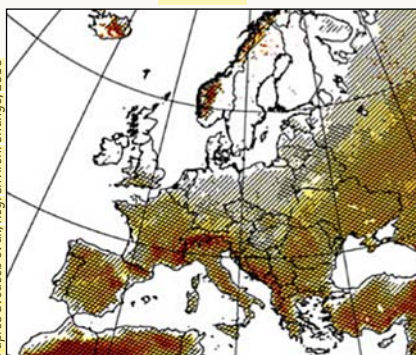
De plus, la sécheresse et la canicule entraînent d'importantes pertes de carbone des écosystèmes : on estime à quelque 0,5 milliard de tonnes la perte de carbone durant l'été 2003 en Europe. Une récurrence accrue de ces extrêmes pourrait transformer en savane des forêts aussi importantes que l'Amazonie. Le pourtour méditerranéen, qui sera particulièrement touché par les canicules et les sécheresses, serait également menacé par une dégradation marquée des sols et de la végétation.

### Recherches pour l'adaptation au changement climatique

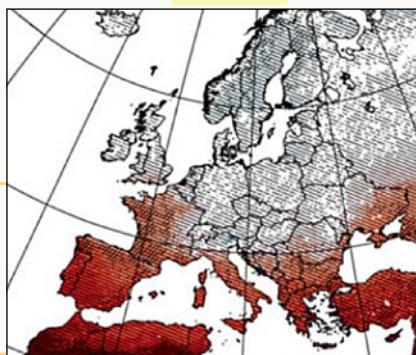
Sur la décennie 2010-2020, l'INRA développe un programme prioritaire sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et de la forêt. Ce programme a trois objectifs : gérer les risques et les opportunités à moyen terme associés à la variabilité et aux extrêmes du climat ; prévoir et modéliser les impacts régionaux du changement climatique ; développer des options d'adaptation pour le long terme. Ces options concernent aussi bien la biodiversité sauvage et cultivée (ressources génétiques), la santé des écosystèmes, des plantes et des animaux d'élevage, la génétique végétale et animale, la capacité d'adaptation des systèmes de production, des territoires et des filières. Les technologies développées devront être compatibles avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la conservation des stocks de carbone des sols et des forêts. Les coûts et les bénéfices des mesures d'adaptation seront analysés en termes de compétitivité économique, de biodiversité, de ressources en eau et en sols, de satisfaction des besoins alimentaires, et de qualité et sécurité sanitaire des produits. Le programme aborde aussi les besoins de formation, les modes d'organisation collective et les politiques publiques.



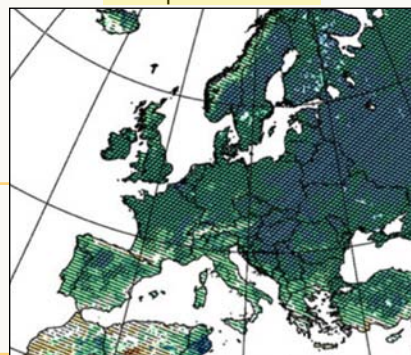
Canicules



Sécheresses



Fortes pluies hivernales



Événements climatiques extrêmes en Europe à la fin du siècle [années 2071-2100 comparées aux années 1971-2000] pour un scénario de fortes émissions de gaz à effet de serre (les zones de forte augmentation sont en rouge pour les canicules et les sécheresses, en bleu pour les pluies).

Dans un scénario à +4 °C, on verrait apparaître des risques systémiques du changement climatique à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle : réduction des ressources en eau souterraines et superficielles exacerbant les concurrences entre l'agriculture et les autres secteurs, forte réduction du potentiel de production des forêts européennes et de la valeur du foncier, baisse des rendements agricoles et réduction de l'ensemble des services des écosystèmes en Europe du Sud. Les conséquences économiques d'un réchauffement de cette ampleur ont été estimées à une perte annuelle moyenne du produit intérieur brut de un pour cent par an pour l'ensemble de l'Europe, alors que la croissance moyenne historique du produit intérieur brut européen a été de deux pour cent par an.

À l'échelle mondiale, la hausse de la demande alimentaire liée à la croissance démographique et à l'accroissement des richesses pourrait dépasser dans ce scénario l'offre alimentaire étant donné les impacts négatifs du changement climatique. Il en résulterait une baisse de la sécurité alimentaire mondiale et une augmentation de la mortalité infantile.

### Vers la transition écologique

Pour éviter ce scénario du pire, il faut trouver des solutions rendant compatibles la production agricole, la réduction des gaz à effet de serre et l'adaptation au changement climatique. L'agriculture intelligente face au climat a été définie comme une agriculture qui augmente durablement la productivité et la résilience (adaptation),

réduit les émissions de gaz à effet de serre (atténuation) et améliore la sécurité alimentaire et le développement. Des systèmes plus résilients peuvent avoir des effets secondaires bénéfiques comme la séquestration du carbone et des réductions de gaz à effet de serre par unité de produit. Une intensification agricole durable permettrait de combler les déficits de rendement et d'augmenter l'efficacité d'utilisation des ressources naturelles par l'agriculture, en particulier dans les pays en développement. Cette stratégie pourrait améliorer la sécurité alimentaire et contribuer à atténuer les changements climatiques en mettant un terme à la déforestation et à l'expansion de l'agriculture sur des écosystèmes sensibles.

Les changements alimentaires et les politiques bioénergétiques peuvent également contribuer. Par exemple, passer d'une consommation de viande d'animaux (bovins, ovins) nourris au grain à celle d'animaux nourris à l'herbe et ne pas utiliser les cultures alimentaires comme source de biocarburants pourrait améliorer la disponibilité mondiale de calories et réduire les impacts environnementaux de l'agriculture. Il s'agit aussi de réduire les pertes après récolte, par l'amélioration du stockage et du transport des aliments dans les pays en

développement. Dans les pays industrialisés, ce sont principalement les gaspillages d'aliments dans la distribution et la consommation qu'il faudra limiter.

À l'échelle d'un pays comme la France, des scénarios illustrent le potentiel d'une transition écologique qui permettrait de réduire d'ici 2050 de 30 à 50 pour cent les émissions de gaz à effet de serre en agriculture (voir l'encadré page 83). L'augmentation de la résilience des systèmes agricoles n'a pas encore été suffisamment explorée dans ces scénarios, même si plusieurs options ont été proposées.

Les efforts de recherche en cours devraient contribuer à combler cette lacune et à dégager les bases d'une transition écologique de l'agriculture, de la forêt et de la gestion de la biodiversité (voir l'encadré page ci-contre). À brève échéance, ces recherches pourraient aussi contribuer à évaluer les potentiels des politiques à mener dans la perspective d'un nouvel accord de l'ensemble des pays, en développement, émergents et industrialisés. Cet accord sera discuté lors de la négociation internationale qui aura lieu à Paris fin 2015 dans le cadre de la XXI<sup>e</sup> conférence des parties à la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique.

### Bibliographie

- J.-F. Soussana [sous la direction de], *S'adapter au changement climatique, Agriculture, écosystèmes et territoires*, Quae, 2013.  
 S. Pellerin et al., *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?*, INRA, 2013.  
 D. Jacob D. et al., *EURO-CORDEX : New high-resolution climate change projections for European impact*, Regional Environmental Change, 2013.  
 J. Ciscar et al., *Physical and economic consequences of climate change in Europe*, PNAS, 2010.