

# Le développement agricole à l'aune du changement climatique



© IRD/B. Francou

Champ de quinoa sur le salar de Uyuni (Bolivie).

Adaptée aux milieux arides et aux sols pauvres, voire salins, la quinoa est aussi très résistante au froid, au gel et au vent. Les scientifiques l'étudient pour tester sa résistance aux aléas climatiques.

**A**près en avoir été exclue, l'agriculture se fait progressivement une place dans les négociations sur les politiques climatiques. Le 5<sup>e</sup> rapport du Giec a évalué entre 20 et 60 % le potentiel de réduction des émissions de GES par le « secteur des terres » (agriculture, forêt et sols) d'ici 2030. Le défi posé au secteur est gigantesque. L'agriculture doit réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Elle doit aussi s'adapter au changement climatique, tout en répondant aux impératifs de sécurité alimentaire. Or, selon la FAO, la production agricole devrait au moins doubler d'ici 2050 pour faire face à la croissance démographique.

Quels modèles agricoles sont attendus pour faire face à ces enjeux ? L'agriculture « climato-intelligente » est le nom donné au projet d'une agriculture capable de répondre à ces trois objectifs d'atténuation, d'adaptation et de productivité. Défendue par les partisans d'une intégration du secteur agricole dans les politiques du climat, cette notion recouvre des visions différentes du développement agricole. Entre les partisans d'une agriculture centrée sur l'innovation technologique et les défenseurs d'une petite agriculture familiale ou paysanne habituée à la variabilité climatique, les voies explorées d'adaptation de l'agriculture au changement climatique sont multiples.

Une certitude, la crise écologique à laquelle font face nombre d'agricultures dans le monde – érosion et baisse de la fertilité des sols, difficultés de gestion de l'eau, érosion

Au Cameroun,  
la culture du cacao  
relève encore pour l'essentiel  
de l'agriculture familiale,  
assurant une source  
importante de revenus  
aux populations rurales.



© IRD/S. Carrière

des ressources phytogénétiques, disparition des insectes pollinisateurs – et sociale, avec une perte croissante d'emplois, a disqualifié le modèle unique de la révolution verte. La valorisation de la diversité des pratiques des petits producteurs comme autant de réponses locales à la variabilité du climat est également un enjeu pour les agricultures du Sud, où la production agricole est très largement le fait de petites exploitations de moins de 2 ha. De nombreuses études de l'IRD montrent la capacité des agricultures paysannes à répondre, entres autres, aux caprices du climat.

Outre les impacts climatiques et les crises écologiques ressenties dans de nombreuses régions du monde, il faut rappeler que le secteur agricole est aussi déstabilisé par les logiques économiques internationales, en particulier l'intérêt des marchés financiers pour les produits agricoles et l'accaparement de terres agricoles. Dans ce contexte de changement climatique et d'accroissement démographique, la raréfaction prévue des réserves foncières et de l'eau, l'accroissement de la demande alimentaire et, plus récemment, une hausse importante des prix des produits alimentaires, ont lancé certains États, ainsi que des multinationales et des investisseurs internationaux dans une course à la terre. Au total, 56 millions d'hectares de terres auraient été loués ou vendus en 2009 selon la Banque mondiale, la première cible étant l'Afrique subsaharienne.

## La séquestration du carbone atmosphérique dans les sols cultivés

L'agriculture seule contribue à près de 12 % des émissions globales de GES. Avec la déforestation, dont la mise en valeur de terres pour l'agriculture est l'une des principales causes, les secteurs agricoles et forestiers sont responsables de près du quart des émissions

globales. De plus, le secteur agricole est responsable de la majorité des émissions de méthane et d'oxyde d'azote, liées à l'élevage et à l'utilisation de produits fertilisants. Mais la baisse de ces émissions ne représente pas un objectif prioritaire en zone inter-tropicale, puisque l'agriculture paysanne ou familiale reste dominée par les cultures et a peu recours à ces produits. Cet aspect semble néanmoins exclure l'industrialisation de la petite agriculture au Sud, sous peine d'une explosion des émissions. Ainsi, la principale mesure d'atténuation qui concerne le Sud vise la séquestration du carbone dans les sols, afin de ralentir l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

### Stockage du carbone et fertilité des sols

Le maintien du carbone stocké est lié à la quantité de matière organique dans le sol. Or, les agronomes le savent bien, les matières organiques des sols assurent le bon fonctionnement et la durabilité des agro-écosystèmes, puisqu'elles permettent le stockage des éléments nutritifs dont les plantes ont besoin et qu'elles stimulent l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol. Les matières organiques ont également un rôle central dans la structuration du sol et participent à sa stabilité vis-à-vis des actions extérieures (pluie, tassement, etc.). Elles contribuent ainsi à la perméabilité des sols, à leur aération et à leur capacité de rétention

© IRD/O. Barrière



Travaux agricoles dans le Haut-Atlas Marocain. Dans le village d'Agremugzen, mise en eau du champ pour la culture de pommes de terre entre des parcelles d'orge.

en eau. La séquestration du carbone va donc de pair avec le maintien de la fertilité et de l'humidité des sols agricoles. Les pratiques agricoles qui permettent de stocker du carbone sont ainsi souvent celles qui sont reconnues et mises en place pour une gestion durable des terres, favorable à la protection des milieux et à la productivité des sols.

De nombreuses techniques sont connues depuis très longtemps, en particulier certaines techniques traditionnelles, qui améliorent les taux de matière organique (apports de compost ou de paille, jachères et bandes enherbées qui fixent le sol et permettent l'infiltration d'eau et la rétention des sédiments). Dans les régions sèches, l'enjeu est d'améliorer la gestion de l'eau tout en évitant les pertes de matière organique, grâce notamment à des techniques mécaniques comme le zai. Cette technique traditionnelle, rencontrée dans une partie du Sahel (Mali, Niger et Burkina Faso), est une forme particulière de culture en poquet qui permet de concentrer l'eau et la fumure dans des micro-bassins. D'autres techniques agronomiques, recommandées depuis plusieurs décennies dans le cadre de la gestion conservatoire des eaux et des sols, favorisent également le stockage du carbone : les techniques de couverture du sol, l'agroforesterie, etc. Les techniques de lutte contre la désertification contribuent aussi à la séquestration du carbone dans les sols.

### **Évaluer les quantités de carbone fixées dans les sols**

Si la capacité de séquestration apportée par ces différentes techniques fait consensus, les quantités de carbone effectivement séquestrées font toujours débat. Un pan de la recherche agronomique sur les sols consiste ainsi à mesurer la quantité de carbone des sols en fonction des modes de gestion. Les chercheurs évaluent le taux de carbone dans les sols en fonction des pratiques de travail de la terre, de la nature des plantes cultivées et de la composition du sol. Cette quantification est nécessaire pour confirmer le rôle que pourra jouer l'agriculture dans les stratégies d'atténuation des émissions. Un autre axe de travail concerne la mise au point de techniques de mesure plus faciles à conduire et moins chères, une nécessité en particulier pour les pays du Sud (encadré 50).

En mars 2015 à Montpellier, à l'occasion de la conférence scientifique internationale sur l'agriculture climato-intelligente, le ministre français en charge de l'Agriculture, Stéphane Le Foll, a appelé à lancer un grand programme de recherche intitulé « 4 pour mille ». Cette valeur, prise comme un symbole, montre qu'une variation très faible des stocks de carbone des sols (de l'ordre de 0,4 %) peut avoir des conséquences sur le bilan global du CO<sub>2</sub>. Les mesures effectuées sur le terrain par les différentes équipes de recherche de l'IRD dans des contextes méditerranéens subtropicaux et tropicaux montrent des variations de stockage compatibles avec cet objectif de 4 %.

Encadré 50

### De nouvelles techniques pour mesurer la teneur en carbone d'un sol

L'IRD est reconnu comme un des leaders mondiaux en matière d'application des techniques dites de « spectrométrie proche infrarouge », plus rapides et moins coûteuses que les techniques classiques de mesure du carbone dans les sols.

Il existe deux types de techniques classiques de mesure des teneurs en carbone des sols, toutes les deux destructives.

Les méthodes par oxydation reposent sur le dosage direct du carbone organique, après oxydation de la matière organique par du bichromate de potassium.

Mais les bichromates étant polluants et très allergisants, ces méthodes sont abandonnées au profit de méthodes par combustion. Celles-ci déterminent de manière précise le carbone total du sol (organique et inorganique), mais elles coûtent cher (environ 15 € par échantillon).

Depuis une dizaine d'années, de nouvelles méthodes de mesure moins coûteuses se développent.

Parmi elles, la spectroscopie proche infrarouge, dite Spir (environ 1 € par échantillon).

Ces nouvelles méthodes permettent de travailler directement sur des échantillons de sol sans préparation préalable (broyage, tamisage), mais elles nécessitent un calibrage réalisé à partir de bases de données de référence (« pédothèque »).

L'IRD est en pointe en matière d'application des techniques de spectrométrie infrarouge. Des travaux dans les sols des régions sèches montrent qu'il est possible de calibrer de manière satisfaisante les spectres dans le proche infrarouge pour déterminer les teneurs en carbone et en azote des sols.

De plus, des travaux récents montrent que la technologie Spir permet une discrimination correcte entre carbone organique et carbone inorganique dans les sols, laquelle reste fastidieuse avec les méthodes conventionnelles. Enfin, les études portent actuellement sur des mesures *in situ* qui permettraient de s'affranchir de l'incertitude liée à l'échantillonnage.

Observation du résultat d'un test chimique de présence de fer dans l'horizon superficiel d'un sol (Afrique du Sud).

La couleur rouge est révélatrice de conditions anoxiques favorables au stockage de carbone organique et à la dénitrification des eaux.



© IRD/V. Chaplot

Encadré 51

### L'évolution du carbone dans les sols sous « agriculture de conservation »

Travail superficiel du sol sur une culture de riz pluvial au Laos.



© IRD/V. Chaplot

Dans le cadre du projet international Rime-Pampa porté par l'IRD, l'unité Eco&Sols s'est intéressée à l'évolution du stock de carbone dans les sols sous agriculture de conservation. Ce modèle, valorisé dans les programmes de développement agricole, repose sur trois principes : travail minimal du sol, pluricultures et couverture permanente du sol. L'apport d'une couverture végétale (vivante ou morte) est théoriquement à même d'augmenter les entrées annuelles de matière organique, et donc le carbone organique dans les sols.

En s'appuyant à la fois sur les méthodes classiques et celles basées sur la spectroscopie proche infrarouge, les chercheurs ont quantifié l'évolution du stock de carbone dans les sols. Des échantillonnages de sol en Tunisie, au Cameroun, au Laos, au Vietnam, au Brésil et à Madagascar ont montré une capacité de séquestration de quelques centaines de kilogrammes de carbone par hectare. Ces taux sont donc faibles par rapport aux milliards de tonnes libérés par les activités humaines. Toutefois, ce potentiel de séquestration de l'agriculture de conservation peut devenir significatif à l'échelle régionale et globale.

## Les atouts de la biodiversité face aux incertitudes climatiques

Comment adapter les cultures et les formes d'élevage au changement climatique ? Face à la difficulté d'établir une prévision fine des évolutions du climat, en particulier dans la zone intertropicale, c'est la capacité d'adaptation des systèmes agricoles qui doit être renforcée, plus que la recherche de solutions *a priori*. Dans ce contexte, la diversité des plantes cultivées devient un atout, dans la mesure où elle offre une variété importante de caractères génétiques qui pourront être mobilisés en fonction des conditions climatiques. Des recherches de l'IRD ont montré en particulier comment la diversité génétique au sein des variétés de mil a permis leur adaptation à la sécheresse (encadré 52). Ces travaux montrent aussi l'intérêt d'une sélection *in situ*, valorisant des variétés locales.

Encadré 52

### L'adaptation du mil à la variation du climat

Suite aux différentes vagues de sécheresse au Sahel au cours des années 1970, 1980 et 1990, des chercheurs de l'unité Diade et leurs partenaires ont cherché à comprendre comment les variétés cultivées de mil se sont adaptées.

Leurs résultats montrent que la diversité génétique au sein des variétés a permis une adaptation à la baisse de la pluviométrie.

Marché de mil dans la région de Niamey (Niger).

Quelles ont été les conséquences des grandes vagues de sécheresse qui ont sévi au Sahel entre 1970 et 1990 sur les cultures de céréales ?

Dans le contexte du changement climatique, cette question a interpellé les biologistes de l'IRD.

Ils ont cherché à comprendre comment les variétés de mil, une des céréales les plus cultivées dans les zones sèches de la région, se sont adaptées à ces changements pluviométriques.

Grâce à deux échantillonnages des semences de mil cultivées au Niger en 1976 puis en 2003, les chercheurs ont pu comparer les génomes. Leurs résultats sont riches d'enseignement.

D'abord, la diversité et les types de variétés de mil cultivées ont peu changé en une trentaine d'années.

L'adaptation n'est donc pas liée à l'adoption par les agriculteurs de nouvelles variétés de culture. En revanche, au sein d'une même variété, les plantes cultivées en 2003 ont des dates de floraison plus précoces que celles de 1976.

La diversité de certains gènes des semences de 1976 a permis cette évolution. Au sein d'une même espèce, une grande variété de plantes peut ainsi répondre à de nouvelles conditions climatiques.

Cette adaptation est le fruit d'une coévolution entre les variétés, l'environnement et la pression sélective maintenue par les paysans sur leur stock de semences.

En effet, au Niger, par exemple, les semences sont sélectionnées et replantées d'une année sur l'autre par les agriculteurs.

En période de sécheresse, les plantes à floraison rapide sont moins affectées par le retard des pluies.

La sélection *in situ* par les agriculteurs permet ainsi de privilégier les plantes les plus résistantes à la sécheresse qui seront à nouveau semées l'année suivante.

En comparant le nombre d'allèles dans le génome des variétés à 27 ans d'intervalle, les biologistes ont aussi constaté qu'il était resté constant. Cette sélection permet le maintien de la diversité génétique et n'entame donc pas les capacités d'adaptation à de nouvelles conditions dans le futur.



© IRD/M.-N. Favier

### Le système agricole traditionnel du rio Negro, une source d'agrobiodiversité

Souvent décriée, l'agriculture traditionnelle sur brûlis a pourtant des atouts. Elle est en particulier garante d'une grande richesse de plantes cultivées. La reconnaissance du système agricole amérindien du rio Negro comme patrimoine immatériel brésilien ouvre des pistes pour valoriser les ressources biologiques et les savoirs remarquables liés aux agricultures traditionnelles.

Tubercules de manioc mis à rouir sur le rio Negro à Santa Isabel (Brésil).

© IRD/L. Emperaire



Dans le nord-ouest de l'Amazonie brésilienne, des chercheurs de l'IRD et de diverses institutions brésiennes ont montré, dans le cadre du projet Pacta, la grande diversité des plantes cultivées au sein du système agricole traditionnel du rio Negro. Plus d'une centaine de variétés de manioc amer et environ deux cents autres espèces ou variétés ont été relevées. Un riche patrimoine alimentaire fondé essentiellement sur le manioc (bières, galettes, condiments, semoules torréfiées, etc.) va de pair avec cette agrobiodiversité.

L'existence de cette large palette de ressources phytogénétiques relève de critères agro-écologiques (stratégie de résistance aux maladies et aux prédateurs, étalement des récoltes, adaptation à de multiples niches écologiques entre autres), mais également de modèles culturels, et non seulement culturels, de gestion des plantes. Dans le rio Negro, avoir de nombreuses variétés de manioc est

un élément de fierté ; il y a un intérêt et une curiosité constante pour l'expérimentation de nouvelles variétés. Boutures de manioc, de bananiers, ou graines pour d'autres plantes circulent continuellement entre agriculteurs. La conservation de la diversité des plantes cultivées se joue ainsi à l'échelle collective sur un rayon de plusieurs centaines de kilomètres. Les boutures et semences se donnent, s'échangent ou se transmettent selon des modalités qui dépendent du type de plante. Les fruitiers circulent principalement entre les hommes, les maniocs et autres plantes associées davantage entre femmes.

Quant à l'impact environnemental du brûlis, il se limite le plus souvent à l'ouverture annuelle de moins d'un demi-hectare, et la cicatrice de ces abattis laisse place en une douzaine d'années à la reconstitution d'un couvert forestier.

Ce système agricole traditionnel a été reconnu, en 2010, comme patrimoine immatériel de la nation. C'est la première fois dans le contexte brésilien qu'une telle inscription fait explicitement référence à la notion de système et porte sur un bien de nature à la fois biologique et culturel. Cette reconnaissance officielle ouvre des pistes pour valoriser sur les plans économique et culturel les ressources biologiques et les savoirs remarquables liés aux agricultures traditionnelles. Sans omettre cependant que ces agricultures singulières ne se limitent pas au seul domaine des faits techniques et qu'elles révèlent aussi d'autres conceptions du monde et de la société.

La place à donner à la gestion de la diversité biologique dans le développement agricole ne va pourtant pas de soi, la sélection par la recherche agronomique privilégiant depuis un demi-siècle les lignées pures, afin de garantir des caractères stables au cours des générations successives. La reconnaissance de la diversité comme une source d'adaptabilité contribue cependant progressivement à requalifier aux yeux des décideurs certaines pratiques des petits agriculteurs, dont les agrosystèmes sont largement reconnus pour maintenir une grande diversité d'espèces et de variétés cultivées.

L'IRD, à travers de nombreuses études sur les paysanneries du Sud, participe à une meilleure compréhension des processus locaux d'innovation et d'expérimentation à l'origine de la diversité des plantes cultivées. L'exemple des recherches menées dans le bassin du rio Negro, en Amazonie brésilienne, montre bien comment les pratiques et savoirs agricoles produisent et entretiennent une grande biodiversité (encadré 53). Par la diversité des ressources alimentaires qu'ils génèrent, de tels systèmes agricoles constituent également un levier pour garantir la souveraineté alimentaire des populations.

## **Des pratiques qui s'adaptent à la variabilité du climat**

Comme le soulignent les exemples précédents sur l'agrobiodiversité, les stratégies et pratiques agricoles des paysans, loin d'être figées, s'adaptent aux changements climatiques et environnementaux. Les nombreux travaux de l'IRD en Afrique subsaharienne montrent également comment la population rurale, très dépendante de l'agriculture pluviale, a dû composer ces soixante dernières années avec le changement du régime des pluies.

Dans le cadre du projet Escape conduit par l'IRD, les milliers d'enquêtes au Sénégal, au Niger et au Bénin font apparaître que les paysans perçoivent clairement les changements du climat et s'y adaptent. Au Sénégal, par exemple, avec le retour des précipitations depuis une quinzaine d'années, les paysans ont changé de variétés de mil et sont revenus aux variétés cultivées avant le début des grandes sécheresses (1960), devançant ainsi les modèles qui leur auraient suggéré de faire la même chose ! Les stratégies d'adaptation sont néanmoins complexes. Pour la même perception du changement des pluies, les chercheurs observent des trajectoires multiples, qui répondent à différentes contraintes, en particulier à la conjoncture économique.

Dans les Andes, les stratégies pour réduire les risques climatiques sont également nombreuses. Les agriculteurs mélangent différents types de plantes dans un même champ, ils cultivent de nombreuses parcelles pour optimiser l'exposition au soleil et répartir les pertes dues au gel, ou encore ils jouent sur les dates de semis et sur les variétés cultivées pour s'adapter aux changements pluviométriques.

### Avec le retour des pluies, l'agro-écosystème de la zone de Niakhar se diversifie

Dans le cadre du projet Escape conduit par l'IRD, des chercheurs montrent que les paysans du bassin arachidier dans la zone de Niakhar au Sénégal se sont adaptés aux variations climatiques de ces soixante dernières années. Avec le retour des pluies à la fin des années 1990, l'agro-écosystème s'est diversifié, remettant au goût du jour les pratiques qui existaient avant la grande sécheresse.

Les petites agricultures familiales du Sénégal doivent assurer la sécurité alimentaire d'une population en croissance rapide et s'adapter aux nouvelles contraintes du climat, du milieu et du marché (sécheresses, événements extrêmes, baisse de la fertilité des sols et de la biodiversité, manque de terres, déstructuration de la filière arachide) ; le tout alors qu'elles produisent essentiellement « sous pluie » et avec un outillage vieux de plusieurs siècles. Malgré ce contexte difficile, les agriculteurs ont su repousser les limites de leur système agraire et développer des stratégies pour éviter la saturation foncière : intensification des cultures, extension des terres cultivées, adoption de certaines innovations, développement du système migratoire, etc.

Depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, de nouvelles opportunités apparaissent avec, d'une part, la croissance des marchés urbains et, d'autre part, un regain de la pluviosité, qui atteint des niveaux proches d'avant les grandes sécheresses. Dans la zone de Niakhar, l'agro-écosystème suit des trajectoires

agricoles diversifiées mais retrouve aussi des pratiques et des organisations anciennes, en réponse notamment au retour des pluies abondantes. La réintroduction de l'élevage, le développement de l'embouche bovine, le début de la régénération du parc à acacias, la reprise de la culture du mil à cycle long et du maraîchage sont des signes évidents de ces changements.

Ces stratégies indiquent une réactivité, une flexibilité et une capacité de diversification du **système socio-écologique** et productif.

Mais, dans le même temps, les paysans perçoivent aussi la fragilité de ces innovations, soumises aux aléas du climat et du marché. Les agriculteurs sérères se sont, par exemple, engagés prudemment dans la culture du mil à cycle long, sans jamais aller jusqu'à substituer le mil à cycle court à celui à cycle long (plus exigeant en pluies). Les scénarios des climatologues confirment d'ailleurs ces craintes, projetant dans un futur proche des précipitations plus extrêmes (orages violents) et des températures encore plus élevées.

Récolte et stockage  
des épis de mil  
dans la région de Niakhar  
(Sénégal).

© IRD/J.-J. Lemasson



Encadré 55

### L'apiculture marocaine face aux aléas du climat

L'apiculture est particulièrement sensible aux variations climatiques.

Une maigre floraison peut par exemple décimer des colonies entières d'abeilles. Des chercheurs de l'unité Gred et leurs partenaires méditerranéens étudient comment les apiculteurs du Sud marocain composent avec les aléas du climat et la demande croissante de miel.

Avec la complicité de l'abeille saharienne, les apiculteurs du Sud marocain ont toujours composé avec le risque climatique. Cette sous-espèce d'*Apis mellifera* est économe en eau et en miel et résiste aux variations de température. Cependant, lors d'années très sèches où les floraisons sont rares, les colonies peuvent être largement décimées. Ces abeilles reconstituent alors très rapidement leur cheptel, dès que les conditions redeviennent favorables. Et ce, grâce à leur capacité d'essaimage. Face à l'incertitude des floraisons en milieu semi-aride, les apiculteurs travaillent avec cette variabilité extrême des effectifs, qui peut aller jusqu'à une perte de 90 % de leurs essaims. Durant les années difficiles, le stock d'essaims est en partie conservé, à la fois par les apiculteurs qui vont nourrir quelques ruches avec du miel, des figes ou des dates et par des essaims sauvages qui nichent et survivent dans des cavités naturelles.

Depuis une dizaine d'années, ces pratiques traditionnelles sont délaissées par une partie des apiculteurs, pour répondre à une demande grandissante. L'adaptation des apiculteurs au marché, mais aussi à la péjoration climatique, s'est faite principalement de deux manières : par le nourrissage plus ou moins systématique des colonies d'abeilles ou par la généralisation de la transhumance vers des floraisons sûres car irriguées (vergers d'orangers par exemple), mais aussi vers des floraisons spontanées, ponctuelles mais massives (steppes à euphorbes du Sud marocain ou végétations à thym des montagnes). Cependant, ces adaptations restent controversées au sein de la profession. La transhumance a favorisé les hybridations génétiques, réduisant l'avantage écologique de l'abeille saharienne face à des conditions climatiques et écologiques difficiles. Le nourrissage est, quant à lui, critiqué pour ses effets mal connus sur la santé et sur la vivacité des abeilles.

À l'heure actuelle, ce système et le système traditionnel semblent s'exclure l'un l'autre, selon une opposition classique « anciens contre modernes ». Pourtant, leur reconnaissance mutuelle, leurs interactions et leur persistance côte à côte assureraient une plus grande stabilité. L'enjeu est en particulier de réintégrer des qualités d'adaptation environnementale dans la sélection des abeilles, alors que la recherche agronomique privilégie aujourd'hui des critères de productivité et des critères de docilité.

Récolte d'un essaim sauvage d'abeilles dans un arganier à Jbel Ghir (sud du Maroc).

© IRD/G. Michon





© IRD/H. de Foresta

Rizières irriguées  
en terrasses  
et agroforêt à damar  
en arrière-plan.  
Sumatra, Indonésie.

Les capacités adaptatives des pratiques agricoles locales face aux changements climatiques et environnementaux ne sont souvent pas reconnues par les tenants d'une logique productiviste. Des travaux sur l'apiculture au Maroc montrent bien la tension entre des stratégies tournées vers la productivité et celles privilégiant la robustesse face aux incertitudes climatiques (encadré 55).

## Des solutions techniques pour renforcer les capacités d'adaptation

Les projections du changement climatique et de ses impacts suggèrent une mise à rude épreuve de l'agriculture en zone intertropicale si le réchauffement climatique atteint + 2 °C. Inédite par sa rapidité et son ampleur, une telle hausse pourrait-elle dépasser le seuil de réactivité des agriculteurs ? Des recherches agronomiques explorent les solutions pour renforcer les capacités d'adaptation des petites agricultures, comme la recherche de techniques ou de variétés qui améliorent la résistance des systèmes agricoles à la sécheresse.

Des pratiques anciennes sont également revisitées, comme l'agroforesterie. Cet agrosystème est présent depuis les zones tropicales humides jusqu'aux régions semi-arides. Dans un contexte de changement climatique, le principal atout de l'agroforesterie est de permettre une baisse locale de température de plusieurs degrés. L'ombrage des arbres réduit également l'évapotranspiration des cultures. L'association arbres et cultures

## Les champignons au secours des écosystèmes dégradés

Contre la désertification du Sahel, onze pays africains ont lancé en 2005 la « Grande muraille verte », un vaste projet de reboisement entre Dakar et Djibouti. Parmi les recherches mobilisées pour ce projet, les travaux de l'IRD montrent l'importance des micro-organismes symbiotiques dans la réhabilitation des milieux dégradés et dans la résistance des agrosystèmes à la sécheresse.

© Mona Lisa production



Au Sahel, le déboisement entraîne une dégradation des sols, voire une désertification dans certaines zones fortement dégradées.

Pour lutter contre ce phénomène et encourager les activités de reboisement, le projet de la Grande muraille verte a été lancé en 2005 par onze pays du Sahel, dans une bande de 15 km de large sur 7 000 km de long. Un comité de spécialistes des arbres et des milieux arides, dont des scientifiques de l'IRD, a été sollicité pour déterminer les techniques les plus appropriées et choisir les espèces les plus adaptées au contexte sahélien.

Les chercheurs recommandent notamment l'exploitation d'un phénomène naturel, l'association entre une plante et un champignon, appelée symbiose mycorhizienne. Le champignon joue un rôle capital pour la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte, en prélevant et en transportant vers cette dernière des éléments nutritifs très peu mobiles dans le sol, comme le phosphore. S'il est admis que le développement

optimal d'une plante est atteint lorsque le taux d'infection mycorhizienne est élevé, il n'existe actuellement que peu d'études en conditions réelles dans les régions arides et semi-arides.

Les chercheurs ont en particulier montré, lors d'études menées au Sénégal et au Maroc, que l'introduction des champignons grâce à l'utilisation de plantes facilitatrices, ou « nurses », adaptées au milieu est plus efficace que la voie biotechnologique d'une inoculation en masse d'une souche fongique performante.

Cette gestion *in situ* permet le développement d'une communauté mycorhizienne plus riche et plus abondante.

Lorsque la gestion des champignons présents dans les sols est réussie, ces symbioses améliorent la pousse des plantes dans les sols dégradés en milieu aride, notamment grâce à une meilleure utilisation des ressources en eau, et permettent donc une résistance plus importante au stress hydrique.

Vue aérienne d'une pépinière forestière du projet GMV dans la localité de Widou (nord-est du Sénégal).

améliore la séquestration du carbone et présente de nombreux autres intérêts écologiques (contrôle de l'érosion, fertilité et infiltration de l'eau). Dans un contexte d'incertitude, la diversité des ressources issues des cultures mais également des formations forestières (bois ou autres produits forestiers) est aussi une assurance économique.

Au-delà de la recherche agronomique, les pistes d'innovation portent aussi sur le développement d'outils économiques, comme l'accès au crédit et les assurances, ou de systèmes d'information et d'alerte sur le climat.

Bernoux Martial, Vigouroux Yves, Duponnois Robin,  
Empereire Laure, Lalou Richard, Michon Geneviève. (2015).

Le développement agricole à l'aune du changement  
climatique.

In : Reinert M., Janicot Serge (ed.), Aubertin Catherine (ed.),  
Bernoux Martial (ed.), Dounias Edmond (ed.), Guégan Jean-  
François (ed.), Lebel Thierry (ed.), Mazurek Hubert (ed.),  
Sultan Benjamin (ed.), Sokona Y. (pref.), Moatti Jean-Paul  
(pref.).

Changement climatique : quels défis pour le Sud ?

Marseille : IRD, 205-217. ISBN 978-2-7099-2168-8