

UN RAPPORT DU PANEL DE MONTPELLIER 2013

L'INTENSIFICATION DURABLE :

UN NOUVEAU PARADIGME
POUR L'AGRICULTURE
AFICAINE

AGRICULTURE
FOR IMPACT
—
GROWING OPPORTUNITIES
FOR AFRICA'S DEVELOPMENT





L'INTENSIFICATION DURABLE : UN NOUVEAU PARADIGME POUR L'AGRICULTURE AFRICAINE

UN RAPPORT DU PANEL DE MONTPELLIER 2013

Le présent rapport a été élaboré par Agriculture for Impact, une initiative qui coordonne le Panel de Montpellier afin d'encourager les donateurs européens à mieux soutenir la progression du développement agricole en Afrique subsaharienne. Ses auteurs, Gordon Conway, Katy Wilson et Elizabeth Wilson, ont reçu les conseils et les contributions de membres du Panel de Montpellier. Le rapport a été conçu par Robb Whiteman et Hoevel & Associates.

NOTRE VISION

DANS UN MONDE OÙ LES RESSOURCES NATURELLES SE FONT RARES ET OÙ PRÈS D'UN AFRICAIN SUR QUATRE SOUFFRE DE FAMINE CHRONIQUE, LE PANEL DE MONTPELLIER PENSE QU'IL EST URGENT DE CHANGER DE PARADIGME POUR LUTTER CONTRE L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE.

L'intensification durable est une approche concrète pour parvenir à produire davantage de nourriture tout en réduisant l'impact sur l'environnement : elle consiste à intensifier la production alimentaire en veillant à préserver et même à améliorer, pour les générations futures, les ressources naturelles dont dépend l'agriculture.

En Afrique subsaharienne (ASS), les problèmes posés par la croissance rapide de la population et de la demande alimentaire ainsi que par la rareté des ressources telles que la terre, l'eau et les sols fertiles sont exacerbés par la stagnation du rendement de certaines cultures et par des taux alarmants de famine et de malnutrition. Nombre de systèmes agricoles africains sont loin d'exploiter leur potentiel de production alors que l'accélération de la croissance économique en Afrique offre désormais des opportunités pour l'agriculture du côté de la demande.

L'intensification de la production peut prendre de nombreuses formes. Le modèle actuel nous a bien servi pendant plus de 100 ans, notamment en soutenant la révolution verte des années 1960 et 1970, qui a permis à la production alimentaire de suivre le rythme de la croissance démographique. Mais le contexte a radicalement changé. Notre crise alimentaire actuelle – hausses récurrentes des prix des denrées alimentaires, un milliard de personnes environ souffrant chroniquement de la faim, nécessité de nourrir une population croissante et plus prospère en dépit des menaces liées au changement climatique – est tout sauf passagère. De plus, l'intensification traditionnelle n'est pas une solution viable si elle se fait aux dépens des ressources environnementales et sociales dont elle est tributaire. Nous avons donc besoin de mesures radicales et de nouveaux paradigmes.

L'un de ces paradigmes est l'intensification durable, qui s'efforce d'utiliser les terres existantes pour accroître les rendements, améliorer la nutrition et augmenter les revenus nets tout en réduisant la dépendance envers les pesticides et les engrais ainsi que l'émission de gaz à effet de serre (GES) nocifs. Le tout d'une manière à la fois efficace et résiliente, qui contribue à préserver le capital environnemental naturel.

Ce paradigme, dont les éléments ne sont pas nouveaux, fait intervenir des techniques d'intensification écologique et génétique au sein d'environnements propices créés par des processus d'intensification socio-économique. La nouveauté proposée par le présent rapport est la manière de combiner ces éléments pour établir un cadre permettant de trouver des solutions appropriées à la crise alimentaire et nutritionnelle de l'Afrique.

RECOMMANDATIONS

Nous présentons ici des exemples pratiques d'intensification durable. Ces actions doivent à présent être multipliées, combinées et reproduites à plus grande échelle.

Nous demandons aux gouvernements des pays développés et d'Afrique, dans le cadre de partenariats avec des entreprises du secteur privé, des organisations de la société civile (OSC) et des ONG, de reconnaître le paradigme de l'intensification durable et d'agir en ce sens à travers :



L'ADOPTION DE POLITIQUES ET DE PROGRAMMES COMBINANT L'INTENSIFICATION AVEC DES SOLUTIONS DURABLES EN SE CONCENTRANT SUR LES BESOINS DES POPULATIONS EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ;



UN INVESTISSEMENT ACCRU DANS LES SYSTÈMES DE MARCHÉS AGRICOLES RURAUX AINSI QUE DANS LES LIENS AVEC CES MARCHÉS, AFIN DE FAVORISER LA DIFFUSION ET LA DEMANDE D'INTENSIFICATION DURABLE ;



UN SOUTIEN FINANCIER ACCRU AUX TRAVAUX DE RECHERCHE ET D'INNOVATION MONDIAUX ET NATIONAUX VISANT À DÉVELOPPER ET À IDENTIFIER DES TECHNOLOGIES ET DES PROCESSUS ADÉQUATS ;



UNE PLUS GRANDE ATTENTION ACCORDÉE AU FAIT QUE LES INTRANTS ET LES CRÉDITS SOIENT ACCESSIBLES ET QUE LES DROITS À LA TERRE ET À L'EAU SOIENT GARANTIS POUR LES PETITS EXPLOITANTS AGRICOLES AFRICAINS ; ET



LA REPRODUCTION À PLUS GRANDE ÉCHELLE DE TECHNOLOGIES ET PROCESSUS APPROPRIÉS AYANT FAIT LEURS PREUVES ;



LE DÉVELOPPEMENT ET LE PARTAGE DE L'EXPERTISE DES PETITS EXPLOITANTS AFRICAINS EN MATIÈRE D'INTENSIFICATION DURABLE.

POURQUOI L'INTENSIFICATION EST-ELLE NÉCESSAIRE?

L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE (ASS) DOIT RELEVER DE NOMBREUX DÉFIS, DONT LE TRÈS GRAND NOMBRE DE PERSONNES SOUFFRANT CHRONIQUEMENT DE LA FAIM ET LA NÉCESSITÉ PRESSANTE DE NOURRIR UNE POPULATION QUI CROÎT RAPIDEMENT. LA DEMANDE AUGMENTE ALORS QUE L'OFFRE EST INSUFFISANTE, QUAND ELLE NE BAISSÉ PAS (TABLEAU 1).

DÉFIS LIÉS À LA DEMANDE

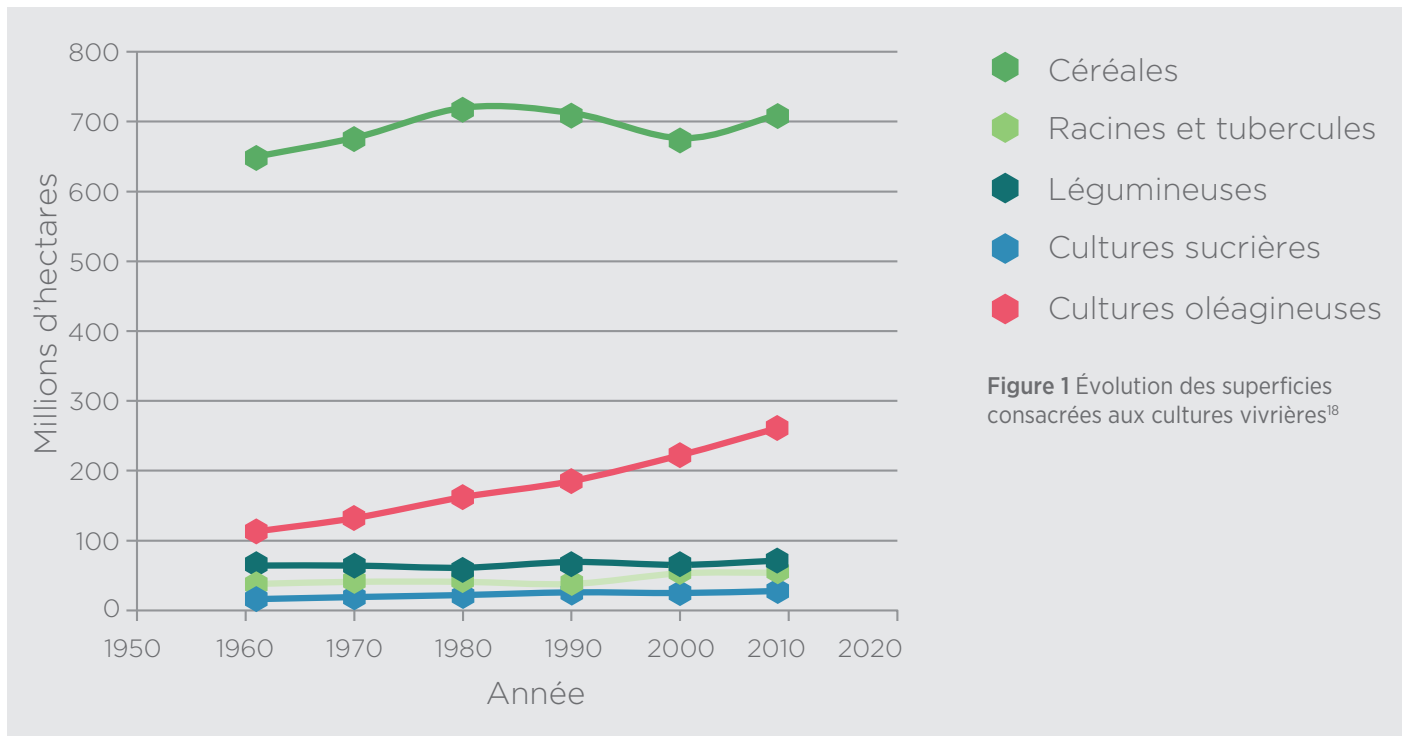
- **Plus de 200 millions d'individus**, soit près de 23 % de la population africaine, sont désormais considérés comme « affamés ».¹
- Malgré des baisses enregistrées jusqu'en 2007, les **niveaux de faim** augmentent depuis à raison de **2 %** par an.²
- En ASS, **40 % des enfants** de moins de 5 ans souffrent d'un retard de croissance dû à une malnutrition.³
- L'ASS compte environ **912 millions d'individus**, avec une croissance démographique moyenne de **2,7 %** par an.⁴
- La population d'ASS aura **plus que doublé** en 2050, pour dépasser 2 milliards de personnes.⁵
- D'ici à 2100, les **trois quarts** des nouveaux habitants de la planète vivront en ASS.⁶
- En 2030, **la moitié de la population** vivra dans les villes.⁷
- Le **recul** du taux de fécondité total en ASS interviendra plus tard et moins rapidement qu'en Asie et en Amérique latine.⁸
- Les revenus d'ASS augmentent, avec une prévision de PIB par habitant de **5600 dollars en 2060**, et les régimes alimentaires commencent déjà à se modifier.⁹

DÉFIS LIÉS À L'OFFRE

- Si l'on extrapole les tendances actuelles, les systèmes africains de production alimentaire ne pourront répondre qu'à hauteur de **13 %** aux besoins alimentaires du continent en 2050.¹⁰
- Plus de **95 millions** d'hectares, soit **75 %** du total des terres arables d'ASS présentent un sol dégradé, voire très dégradé, et les sols exploités par les agriculteurs perdent chaque année 8 millions de tonnes de nutriments, estimés à une valeur de 4 milliards de dollars.¹¹
- Le PIB agricole d'ASS diminue chaque année de **3 %** suite à la **perte de sols et de nutriments**.¹²
- Entre 1961 et 2011, les rendements céréaliers ont augmenté de plus de **200 %** en Asie et en Amérique latine, mais seulement de **90 %** en Afrique.¹³
- En Afrique, seulement **4 %** des terres cultivées sont irriguées.¹⁴
- Entre 1991 et 2009, la surface cultivable par habitant a **diminué de quelque 76 m² par an**.¹⁵
- En cas de changement climatique modéré, la production agricole totale aura **diminué de 1,5 %** en 2050 si aucune mesure d'adaptation n'est prise.¹⁶

Statistiques et références rectifiées en février 2016

Tableau 1. Vue d'ensemble des défis alimentaires liés à l'offre et à la demande en Afrique subsaharienne



INSUFFISANCE DES TERRES ET DES RESSOURCES EN EAU

Avant 1960, pour produire plus de denrées alimentaires, il suffisait de mettre davantage de terres en exploitation. Depuis 1960, il est devenu beaucoup plus important d'accroître le rendement par unité de surface. Les superficies consacrées aux principales cultures vivrières sont restées plus ou moins constantes, à l'exception des cultures oléagineuses (soja et huile de palme) (figure 1). S'il existait encore de grandes quantités de nouvelles terres arables facilement accessibles, celles-ci seraient certainement déjà exploitées, compte tenu de la hausse de la demande des denrées alimentaires.

À l'échelle mondiale, on a observé une hausse des terres arables cultivées depuis la flambée des prix des denrées alimentaires, avec 27 millions d'hectares supplémentaires entre 2005-2006 et

2010-2011, mais seulement 7 millions en ASS. C'est pourquoi le chiffre avancé par la FAO de 1,2 milliard d'hectares de terres cultivables en ASS semble être considérablement exagéré.

Il serait possible d'exploiter davantage de terres en défrichant les forêts tropicales, mais cela se ferait au détriment de la biodiversité et de la valeur culturelle, tout en accroissant fortement les émissions de gaz à effet de serre. L'ASS compte beaucoup de terres arables dégradées et de parcelles en longue jachère, et seuls quelques pays possèdent de vastes superficies de terres arables vierges qui, pour diverses raisons, dont des questions de propriété, ne peuvent pas facilement être mises en exploitation.

L'Afrique pourrait continuer à miser sur des importations alimentaires plus importantes et plus coûteuses en provenance de pays possédant encore des terres en abondance ou d'autres potentiels de production, mais cette solution pourrait s'avérer non viable en cas de crises ou d'instabilité dans d'autres régions du globe. De même, davantage d'échanges intra-africains permettraient d'offrir de nouvelles opportunités de marché et d'améliorer l'accès à la nourriture, mais c'est surtout à travers l'essor de l'agriculture nationale que la majorité des personnes pauvres pourront soit se nourrir elles-mêmes, soit acquérir le pouvoir d'achat nécessaire pour se procurer davantage de nourriture. De nombreuses zones des terres africaines affichent actuellement un niveau de production bien inférieur à leur potentiel.

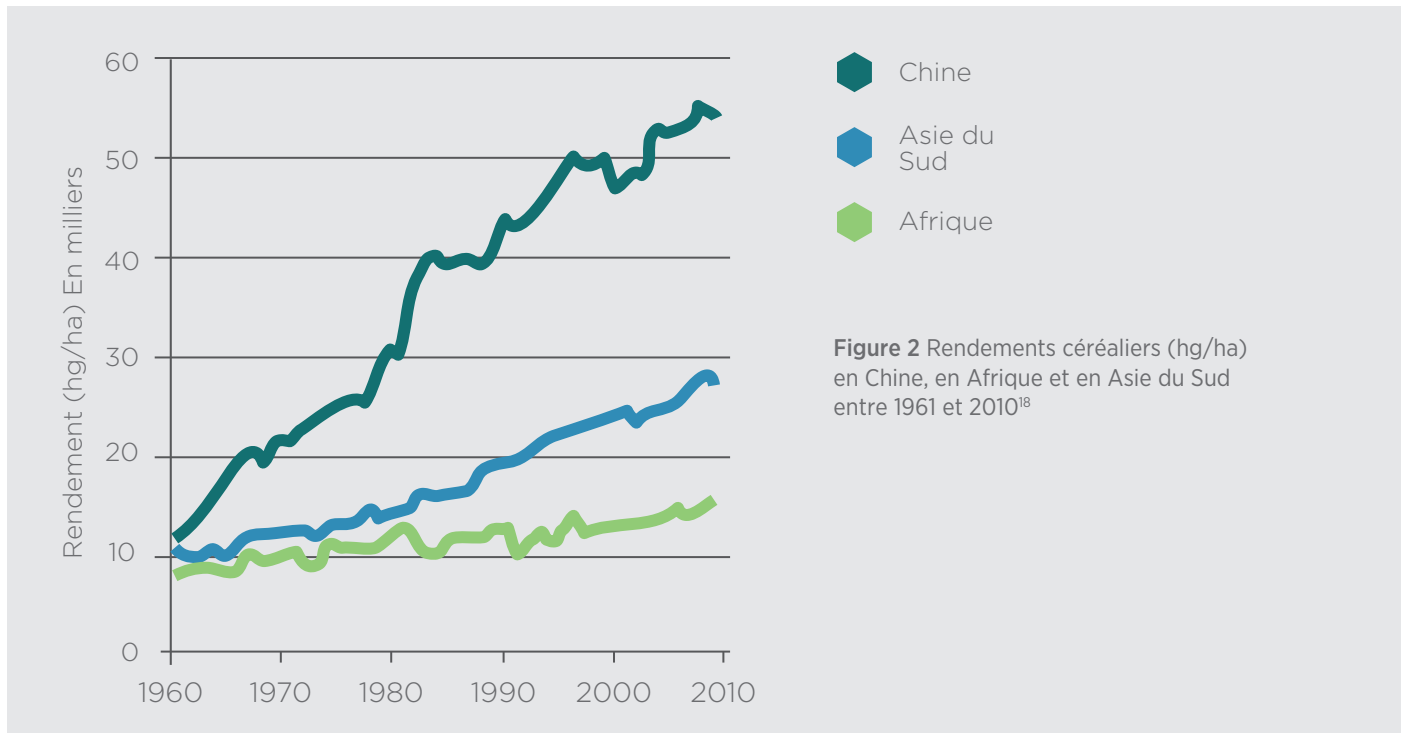
L'un des défis à relever est la détérioration de la qualité du sol : ce problème concerne environ 65 % des terres africaines et quelque 6 millions d'hectares de sol productif sont perdus chaque année. Une utilisation inappropriée des terres et une mauvaise gestion entraînent la désertification, la salinisation et l'érosion des sols par l'écoulement des eaux, créant un cercle vicieux de baisse de la productivité des terres, tant en termes de nourriture que d'autres ressources naturelles et services. Généralement, les populations rurales pauvres sont les plus touchées par ce phénomène.

La pénurie d'eau est également un problème critique. La croissance démographique, le développement industriel, l'urbanisation et la pollution sont autant de facteurs qui exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, particulièrement dans les régions arides et semi-arides. Avec seulement 4 % de terres cultivées irriguées, l'ASS possède le taux d'irrigation le plus bas du monde. Trois pays (le Soudan, l'Afrique du Sud et Madagascar) totalisent à eux seuls les deux tiers de ces terres. Pourtant, plus de 20 millions d'hectares pourraient potentiellement être irrigués.

C'est à cause de cela, mais aussi pour d'autres raisons (p. ex. la baisse du financement public de la recherche, le manque d'intrants facilement disponibles et la faible qualité des services de vulgarisation) que la production et les rendements des cultures ont stagné en Afrique depuis les années 1960, contrairement à d'autres régions telles que la Chine et l'Asie du Sud (figure 2).

L'UN DES DÉFIS À RELEVER EST LA DÉTÉRIORATION DE LA QUALITÉ DU SOL : CE PROBLÈME CONCERNE ENVIRON 65 % DES TERRES AFRICAINES ET QUELQUE 6 MILLIONS D'HECTARES DE SOL PRODUCTIF SONT PERDUS CHAQUE ANNÉE.





Beaucoup argueront que l'insécurité alimentaire chronique ne peut pas être résolue par un programme productiviste, ce qui est en partie vrai. La distribution et l'accès à des aliments sains, ainsi que la réduction du gaspillage et des inégalités du système sont des aspects essentiels. Mais, pour les petits agriculteurs qui représentent 80 % des personnes souffrant chroniquement de la faim, améliorer l'accès à la nourriture doit passer par la génération de meilleurs rendements et par l'accroissement des revenus issus

de leurs terres. De plus, alors que les grandes exploitations agricoles joueront un rôle de plus en plus important, ces petits agriculteurs seront amenés à être la principale source de nourriture pour les populations urbaines croissantes pendant les années à venir. Nous devons par conséquent contribuer à améliorer leur productivité et leur production agricoles, tout en introduisant des changements plus systémiques. C'est là le programme de l'intensification.

QU'EST-CE QUE L'INTENSIFICATION?

L'intensification peut être définie en des termes simples comme le fait d'obtenir davantage d'unités produites par unité d'intrant grâce à l'utilisation de nouvelles combinaisons d'intrants et d'innovations associées. Elle implique d'améliorer les relations physiques entre intrant et produit et d'accroître l'efficacité globale de la production. Traditionnellement, l'intensification vise à augmenter la production, les rendements et/ou le revenu par unité de terre à travers un plus grand investissement en capital ou en travail ainsi que grâce à une plus grande utilisation d'intrants tels que les engrais et les pesticides, mais elle peut aussi prendre bien d'autres formes en fonction du climat et des terres, des ressources du foyer et du milieu socio-économique, du choix individuel et des demandes du marché.

LES PRODUITS

Selon cette définition, l'intensification se traduit par de plus grandes quantités de produits, qu'il s'agisse de nourriture produite, de revenu généré ou de nutriments reçus par les consommateurs de la production agricole concernée (tableau 2).

Tableau 2 Produits de l'intensification agricole : définition et sources

 PRODUCTION	 REVENU	 NUTRITION
Définition <i>Nourriture obtenue (quantité totale ou rendement) par unité d'intrant</i>	Définition <i>Quantité de revenu net généré par unité d'intrant</i>	Définition <i>Consommation humaine de nutriments par unité d'intrant</i>
Obtenue grâce à : Des races de bétail ou des variétés de cultures améliorées et à haut rendement, résistantes à la sécheresse, aux ravageurs et aux maladies De meilleures techniques de culture ou d'élevage : ● utilisation plus efficace des intrants que sont l'eau, les nutriments ou les moyens de contrôler les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes ● exploitation de synergies entre les cultures et le bétail²⁶	Obtenu grâce à : Un accès à des marchés aval équitables et efficaces Une plus grande information sur le marché et sur les prix L'abandon de cultures ou d'élevages à faible valeur ajoutée au profit de cultures ou d'élevages à forte valeur ajoutée La diversification des activités génératrices de revenu, notamment : ● la modification de l'exploitation agricole ou l'entreprise du ménage ● l'exploitation de nouvelles opportunités de marché²⁷ ● la hausse du revenu non agricole	Obtenu grâce à : De nouvelles variétés de cultures de base ou de nouvelles races de bétail présentant une valeur nutritive améliorée La diversification de la production pour parvenir à une valeur nutritive globale plus élevée

Près des trois quarts (73 %) de l'augmentation de la demande alimentaire mondiale attendue d'ici 2030 devront être comblés par des hausses de la productivité des terres : soit grâce à des améliorations du rendement, soit via l'intensification des cultures. Les 27 % restants seront assurés par l'expansion de la superficie cultivée, en majeure partie pour le maïs, dans les quelques pays qui disposent encore de la place suffisante pour le faire.²⁸ Cela implique de rattraper l'écart entre les productions réelles et potentielles, un écart qui est plus grand en ASS que partout ailleurs.²⁹ Si la production mondiale, tout au moins pour certaines cultures céréalières majeures, continue de croître, la production agricole moyenne de l'ASS est bien en-dessous de son potentiel, avec des rendements moyens de 1,3 t/ha pour le maïs.³⁰

L'augmentation des revenus est également essentielle pour permettre aux agriculteurs de payer la nourriture, l'éducation, les soins médicaux et d'autres biens et services indispensables pour assurer leur subsistance et leur développement. Les agriculteurs ont besoin d'améliorer leur accès à la santé et à des aliments nutritifs. Un élément majeur de la lutte contre la malnutrition infantile (40 % des enfants d'ASS de moins de 5 ans présentent des retards de croissance dus à une malnutrition) est la culture d'une vaste variété d'aliments nutritifs, y compris de denrées de base enrichies en micronutriments tels que la vitamine A, le zinc et le fer.

Nous savons que les petits exploitants agricoles sont capables de produire ces produits en grandes quantités si on leur donne accès à des semences certifiées et de bonne qualité, à des engrais appropriés et aux marchés correspondants (encadré 1).

ENCADRÉ 1 : ONE ACRE FUND

L'ONG One Acre Fund, fondée en 2006 dans l'ouest du Kenya par Andrew Youn, utilise un système basé sur le marché pour permettre aux petits agriculteurs de subsistance disposant d'un demi-hectare, un groupe qu'il appelle « les pauvres oubliés », d'échapper à la pauvreté. Ce modèle repose sur cinq principes clés :

Donner du pouvoir aux agriculteurs locaux, en les regroupant afin d'accroître leur pouvoir de négociation

Envoyer des agents de terrain chargés d'enseigner le savoir-faire agricole

Fournir un capital, des semences certifiées et adaptées à l'environnement ainsi que des engrais

Faciliter l'accès au marché, enseigner comment gérer et stocker les récoltes

Procurer une assurance-récolte³¹

À l'automne 2012, l'ONG One Acre Fund avait aidé à tripler les matières premières récoltées et à doubler le revenu de l'exploitation par demi-hectare cultivé, après remboursement.³²

LES INTRANTS

Tout comme les produits, les intrants utilisés dans le processus d'intensification varient en fonction du système agricole et des conditions sociales, économiques et environnementales locales (tableau 3).

Tableau 3 Exemples des intrants directs et indirects utilisés pour l'intensification agricole



- **Travail**, tant celui des hommes que celui des machines
- **Eau**, qu'elle soit apportée par l'irrigation ou par les précipitations
- **Produits chimiques inorganiques et/ou matière organique**, tels que les engrais, le fumier, les résidus de cultures et les pesticides
- **Biodiversité**, qu'il s'agisse d'une nouvelle variété de culture ou d'une nouvelle race de bétail



- **Capital financier**, pour investir dans des intrants et ou d'autres changements à apporter au système agricole
- **Connaissance**, tant des nouvelles méthodes de travail que des conditions locales
- **Infrastructure**, pour permettre l'accès aux marchés amont et aval
- **Technologie**, pour générer et soutenir de nouvelles formes et méthodes d'utilisation des intrants directs
- **Marchés**, en tant que point de vente de la quantité accrue de produits

Une plus grande intensification peut être obtenue en utilisant davantage d'intrants, en introduisant un nouvel intrant dans le système ou en employant un intrant existant d'une nouvelle manière. Il peut s'agir par exemple d'appliquer une nouvelle technique améliorée de collecte de l'eau de pluie afin d'accroître l'accès à l'eau, de planter de nouvelles variétés de semences à haut rendement ou d'employer davantage d'ouvriers agricoles. Tous ces changements ne peuvent avoir lieu sans un accès aux technologies et à l'information, ni sans les travaux de la science fondamentale, qui génèrent de nouveaux intrants ou de nouvelles façons de les employer.



QU'EST-CE QUI REND L'INTENSIFICATION DURABLE ?

De manière surprenante peut-être, ce nouveau paradigme s'est avéré plutôt sujet à controverse. La « durabilité » a tendance à vouloir dire tout et son contraire. Mais le principe central de **l'intensification durable** est de produire davantage grâce à une utilisation plus efficace de tous les intrants, sur une base durable, tout en réduisant l'impact environnemental et en renforçant la résilience, le capital naturel et le flux de services environnementaux.³³ L'intensification durable consiste également à préserver les paysages naturels, non seulement en raison des services qu'ils apportent à l'écosystème, mais aussi en raison de leur valeur culturelle présente et future (encadré 2).

Si ces objectifs ne sont pas particulièrement controversés, les moyens pour les atteindre suscitent de vifs débats. Le présent rapport vise à donner une vision équilibrée afin de servir d'aide, aujourd'hui comme demain, aux décideurs politiques, aux investisseurs, aux spécialistes et, surtout, aux petits exploitants agricoles d'ASS qui luttent pour se nourrir et pour nourrir ceux qui dépendent d'eux.

L'intensification durable vise à réduire l'empreinte environnementale en utilisant un minimum d'engrais et de pesticides et en générant moins d'émissions de gaz à effet de serre (notamment de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote), tout en contribuant à fournir ou à préserver toute une série de biens publics, tels que la propreté de l'eau, la séquestration du carbone, la protection contre les inondations, la recharge des nappes phréatiques et la valeur d'agrément des paysages.³⁵

Selon cette définition, l'intensification durable est un objectif ambitieux mais réalisable si nous nous efforçons d'être :

- **Prudents** dans l'utilisation des intrants, particulièrement pour ceux qui sont rares, chers, et/ou qui favorisent la dégradation des ressources naturelles ainsi que les problèmes environnementaux ;
- **Efficaces** dans la recherche de rendements et dans la réduction du gaspillage ainsi que de l'emploi superflu d'intrants inorganiques et naturels rares ;
- **Résilients** aux chocs et aux stress qui pourraient à l'avenir menacer les systèmes naturels et agricoles ; et
- **Équitables** en veillant à ce que les intrants et les produits de l'intensification soient accessibles et abordables pour leurs destinataires au niveau du foyer, du village, de la région ou du pays afin que le potentiel de l'intensification durable soit une opportunité pour tous.

ENCADRÉ 2 : INTENSIFICATION DURABLE

Hausse de la production, du revenu, de la nutrition ou d'autres produits

Pour une quantité égale ou inférieure de terres et d'eau,

Dans le cadre d'une utilisation efficace et prudente des intrants,

Tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre,

En consolidant le capital naturel et le flux des services environnementaux,

En renforçant la résilience

Et en réduisant l'impact environnemental,

Grâce à des technologies et processus innovants (figure 3).

D'après l'ouvrage de J. Pretty (2009)³⁴

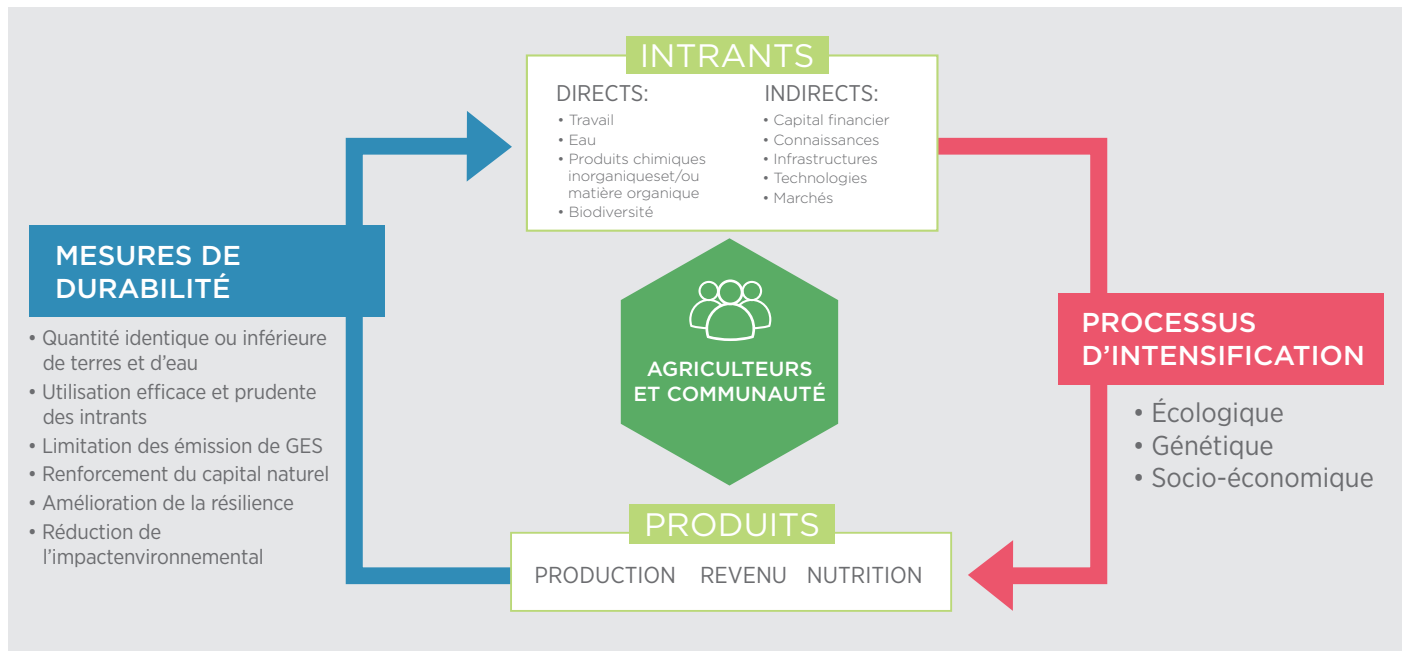


Figure 3 L'intensification durable : modèle théorique

Un argument couramment objecté à l'intensification durable est qu'il s'agit simplement d'un alibi pour introduire une agriculture plus industrielle. Dans les paragraphes ci-dessous, nous espérons démontrer que si l'intensification durable peut être appliquée à une agriculture intensive à grande échelle telle qu'elle est par exemple pratiquée en Amérique du Nord, elle peut tout aussi bien s'avérer appropriée pour les petits exploitants agricoles qui cherchent à accroître leur production.

CULTIVER AVEC PRÉCISION

Aujourd'hui, les agriculteurs des pays industrialisés s'efforcent de veiller à ce que leurs intrants soient beaucoup plus ciblés afin

d'optimiser leurs rendements tout en préservant les ressources. Ils misent de plus en plus sur les nouvelles technologies telles que l'imagerie par satellite, les technologies de l'information et les outils géospatiaux. Ils peuvent par exemple analyser et relever en détail les niveaux de nutriments dans les différentes parties de leurs champs, puis utiliser des tracteurs équipés de systèmes de positionnement par satellite pour épandre différents mélanges d'engrais en fonction des besoins du sol aux divers endroits.

Si une telle **agriculture de précision** n'est pas adaptée pour les petits exploitants d'ASS, les mêmes principes peuvent leur être appliqués.

APPLICATION D'ENGRAIS

Les petits exploitants africains sont tout aussi désireux d'utiliser des quantités adéquates d'engrais inorganiques de façon rentable. Les engrais coûtent de plus en plus cher (encadré 3), ils sont souvent utilisés inefficacement et, en cas d'usage excessif, ils peuvent engendrer une forte pollution.

Or, sans nutriments, les cultures ne produisent pas de récoltes suffisantes. L'application d'engrais est souvent inefficace dans la mesure où la quantité absorbée par les plantes ne représente qu'une petite partie de la quantité totale épandue sur le champ.³⁹ Entre 1960 et 2000, l'efficacité de l'azote utilisé pour la production céréalière mondiale est passée de 80 % à 30 %.⁴⁰

Le faible niveau d'utilisation d'engrais en Afrique entraîne un appauvrissement généralisé des sols en nutriments. On estime actuellement à 8 kg/ha la quantité d'engrais employée par les exploitants africains, contre 93 kg/ha pour la moyenne mondiale, et 100 à 200 kg/ha lors de la révolution verte des pays asiatiques.⁴¹ Parallèlement, au début des années 2000, plus de 80 % des pays d'Afrique perdaient chaque année plus de 30 kg/ha de nutriments, et même plus de 40 kg/ha pour 40 % d'entre eux.⁴²

Les agriculteurs africains doivent utiliser davantage d'engrais inorganiques, mais aussi s'efforcer de trouver le juste équilibre entre l'utilisation de tels engrais et la gestion de la matière organique, de la fertilité et du taux d'humidité des sols. Une approche très efficace et durable par nature est la technique du microdosage, développée tant pour réduire l'utilisation d'engrais inorganiques et la dépendance envers ces substances que pour améliorer l'efficacité de l'emploi de nutriments et la protection contre la sécheresse (encadré 4).

ENCADRÉ 3 : PRIX DES ENGRAIS

On pense que les hausses des récoltes mondiales observées ces 50 dernières années sont dues pour 60 % à l'usage d'engrais. Les prix de ces produits ont augmenté de manière stable depuis 2002, avant de flamber suite à la crise des prix alimentaires de 2007/2008. Le prix de la potasse a ainsi été multiplié par 10 pour avoisiner 1000 dollars la tonne.³⁶

L'Afrique représente moins de 1 % du marché mondial des engrais, dont le coût peut considérablement varier d'un pays à l'autre et au sein d'un même pays.³⁷ Par exemple, le prix d'une tonne d'engrais pour un agriculteur kenyan (environ 330 dollars) diffère très fortement de ce que doit payer un agriculteur angolais (830 dollars).³⁸ Le coût de transport des engrais des ports vers l'intérieur des terres est élevé et limite encore l'accès à ces produits pour de nombreux agriculteurs africains.

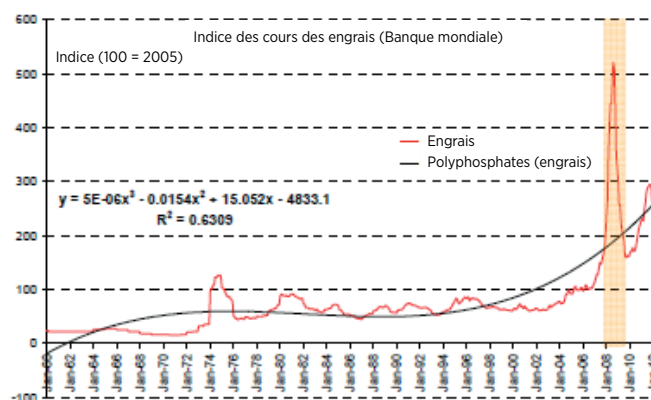


Figure 4 Indice des cours mondiaux des engrais

ENCADRÉ 4 : MICRODOSAGE AU NIGER, AU MALI ET AU BURKINA FASO⁴³

Chaque micro-dose est un mélange de six grammes d'engrais phosphoré et d'engrais azoté, qui remplit tout juste le bouchon d'une bouteille de soda, un objet facile à obtenir. Le contenu du bouchon est versé dans chaque trou avant de planter la graine. Cette technique de précision revient à utiliser seulement 4 kg/ha du nutriment essentiel qu'est le phosphore, soit beaucoup moins qu'en Europe et en Amérique du Nord, avec des résultats très efficaces. Par exemple, les récoltes de mil ont ainsi augmenté de plus de 50 % et les cultures parviennent mieux à absorber l'eau.



APPLICATION D'HERBICIDES

Le même principe peut être appliqué à l'usage d'herbicides qui, bien trop souvent, sont pulvérisés sans grande distinction et tuent non seulement les mauvaises herbes, mais aussi d'autres plantes sauvages, quand ils n'endommagent pas les cultures elles-mêmes. L'emploi de techniques agricoles de précision permet à la fois de lutter contre les graves problèmes de mauvaises herbes en Afrique – dont le striga (ou herbe des sorcières), qui pompe les nutriments des racines des plants de maïs, de sorgho, de mil, de niébé et d'autres cultures – tout en réduisant à un minimum les effets involontaires ou indésirables pour l'environnement (encadré 5).

CONSERVATION DE L'EAU

Un grain de blé peut contenir jusqu'à 25 % d'eau, contre 80 % pour une pomme de terre. La production d'un gramme de grains de riz peut quant à elle nécessiter jusqu'à 1400 grammes d'eau.⁴⁴ Tout comme les nutriments, l'eau doit être disponible dans les bonnes quantités et au bon moment, car un stress hydrique pendant la phase de croissance entraîne d'importantes réductions des récoltes pour la plupart des cultures.

Certaines régions du globe, dont l'Asie, ont souvent de l'eau en abondance, mais, faute d'une bonne gestion, cela se traduit par la saturation des sols en eau, la salinisation, le rabattement non-durable des nappes aquifères et la pollution. Certaines parties d'ASS bénéficient elles aussi d'une grande quantité d'eau, et leur

ENCADRÉ 5 : LA LUTTE CONTRE LE STRIGA

Cette mauvaise herbe aux effets dévastateurs est facilement éliminée par un herbicide, l'imazapyr, mais celui-ci a souvent pour effet secondaire d'endommager ou de tuer les cultures. Récemment, des recherches en culture tissulaire ont permis de découvrir un gène mutant du maïs qui accroît la résistance aux herbicides. Ce gène est actuellement intégré à des variétés locales de maïs.

La graine de ce maïs résistant est plongée dans l'herbicide avant d'être semée. Lorsque les graines parasites germent, elles s'attachent aux racines du plant de maïs et pompent l'herbicide systémique en même temps que les nutriments. Le striga meurt, ce qui permet au maïs de pousser tout en étant peu, voire pas du tout affecté par l'herbicide, et avec un impact minime sur l'environnement proche.



défi consiste à accroître l'irrigation (qui concerne actuellement moins de 4 % du total des terres arables en Afrique), mais sans répéter les erreurs commises ailleurs dans le monde.

Dans d'autres régions d'ASS, l'eau est une ressource très rare, avec quelque 200 millions de personnes confrontées à de graves pénuries d'eau.⁴⁵ Le défi y est donc de concevoir et de mettre en place des systèmes de collecte de l'eau à petite échelle, bon marché et efficaces, qui recueillent l'eau de pluie en vue d'une utilisation ultérieure.

Récupérer l'eau qui s'écoule de petites pentes est relativement simple et peu coûteux. La technique du zaï (ou « poches d'eau ») inventée par les agriculteurs du nord-ouest du Burkina Faso pour leurs sols secs, encroûtés et brûlés par le soleil en est un exemple (encadré 6).

Dans cet exemple comme dans d'autres, l'interaction entre conservation de l'eau, du sol et des nutriments est déterminante. Les systèmes les plus efficaces sont ceux qui fournissent de manière synergique de l'eau, des nutriments et une structure de sol propice.

ENCADRÉ 6 : LE SYSTÈME DU « ZAÏ »

Durant la saison sèche, les agriculteurs creusent dans les champs des trous de taille moyenne (les « zaï ») disposés en ligne. Les zaï ne sont pas recouverts et peuvent ainsi se remplir de feuilles ; les exploitants y ajoutent de la matière organique, ce qui, pendant les mois secs, attire les termites : ceux-ci construisent sous les trous un vaste réseau de tunnels et apportent des nutriments situés dans les couches inférieures du sol.

L'eau de pluie est recueillie par les zaï dans lesquels est ensuite semé le sorgho ou le mil. La perte d'eau due au drainage est limitée par le fumier et l'infiltration en profondeur est possible grâce aux tunnels des termites. Cette technique permet ainsi d'assurer une collecte d'eau suffisante, même dans les zones exposées à la sécheresse telles que le Sahel.

Les agriculteurs ont fait état de rendements considérablement accrus grâce à ce système. Au Burkina Faso, les rendements céréaliers ont augmenté de 120 %, ce qui correspond à quelque 80 000 tonnes de céréales supplémentaires par an.⁴⁶ Si le travail requis la première année est assez intense, les agriculteurs peuvent par la suite réutiliser les trous ou en creuser d'autres au milieu des zaï existants.

Un facteur essentiel de la large diffusion du zaï a été le système de stagiaires/formateurs mis en place par les pionniers de la technique afin de former des agriculteurs.⁴⁷





QUELLES APPROCHES PRATIQUES PEUVENT CONTRIBUER À UNE INTENSIFICATION DURABLE?

L'agriculture de précision se concentre sur un aspect de l'intensification durable, à savoir l'utilisation précise et prudente des intrants. Plus généralement, l'intensification durable est le produit de la mise en pratique d'approches technologiques et socio-économiques. Il existe deux principales approches technologiques : l'une consiste à mettre en œuvre des processus agricoles écologiques (intensification écologique), l'autre à utiliser des variétés et races modernes de plantes et de bétail (intensification génétique). Parallèlement, l'intensification socio-économique fournit un environnement propice à l'adoption de ces technologies et au développement de marchés pour les produits issus de l'intensification durable (figure 5).

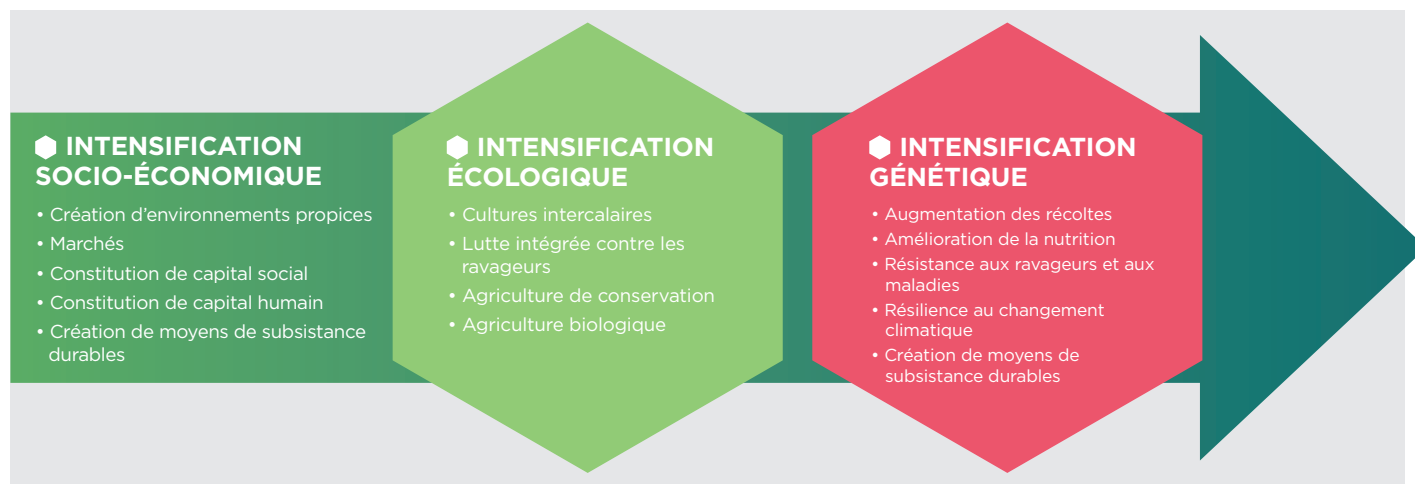


Figure 5 Les approches pratiques de l'intensification durable

INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE

Dès leurs débuts, l'agriculture et la domestication se sont appuyées sur l'écologie, source majeure d'informations. Les systèmes agricoles créés par les hommes sont des écosystèmes naturels modifiés, appelés agro-écosystèmes.⁴⁸ Chaque champ est réalisé à partir de l'environnement naturel. La grande diversité de la faune et de la flore originelles est réduite à un ensemble limité de cultures, de parasites et de mauvaises herbes mais, au sein du champ, de nombreux processus écologiques de base restent les mêmes et peuvent être utilisés de manière intensive pour créer des formes durables de production végétale et animale. Parmi ces processus figurent : (1) la concurrence entre les différents plants cultivés ainsi qu'entre les cultures et les mauvaises herbes, (2) la consommation par les parasites des plants cultivés, (3) la prédation des parasites par leurs ennemis naturels et (4) la décomposition de la matière organique.

On peut citer comme exemples d'une telle **intensification écologique** les cultures intercalaires hautement productives, qui consistent à miser sur la réduction de la concurrence et sur l'accroissement des bénéfices mutuels entre les cultures ; la lutte intégrée contre les ravageurs, qui remplace les pesticides par les ennemis naturels ; et l'agriculture de conservation qui utilise les techniques sans labour pour favoriser la constitution de matière organique dans le sol.

CULTURES INTERCALAIRES

Une forme d'intensification pouvant s'avérer extrêmement durable est l'utilisation des relations écologiques mutuellement bénéfiques qui apparaissent lorsqu'au moins deux espèces végétales sont cultivées en association, soient simultanément, soit par rotation. Cela est particulièrement efficace lorsque l'une des cultures est une légumineuse fixant l'azote.

Il existe de nombreux exemples de cultures intercalaires :

- **Cultures mixtes** : mélange de différentes cultures sur la même parcelle de terrain, plantées aléatoirement ou, plus généralement, sous forme de rangées alternées habituellement agencées de manière à réduire autant que possible la concurrence tout en augmentant au maximum la possibilité pour les deux cultures d'utiliser les nutriments disponibles, par exemple l'azote fourni par une légumineuse.
- **Rotation** : culture en alternance sur la même parcelle de deux cultures ou davantage.
- **Agroforesterie** : forme de cultures intercalaires consistant à cultiver des plantes herbacées annuelles au milieu d'arbres ou d'arbustes vivaces. Les arbres, grâce à leurs racines plus profondes, peuvent souvent exploiter de l'eau et des nutriments non accessibles aux cultures herbacées. Les arbres peuvent également fournir de l'ombre et du paillage, créant ainsi un micro-environnement, tandis que la couverture constituée par les plantes herbacées réduit les mauvaises herbes et empêche l'érosion.
- **Sylvo-pâturage** : même principe que pour l'agroforesterie, mais combinant des arbres avec des prairies et d'autres espèces fourragères sur lesquelles le bétail peut brouter. Le mélange d'arbustes, d'herbe et de cultures permet souvent un élevage mixte.
- **Culture d'engrais verts** : culture de légumineuses et d'autres plantes pour fixer l'azote, puis incorporation de ces plantes dans le sol en vue de la culture suivante. Les engrais verts généralement employés sont *Sesbania* et la fougère *Azolla*, qui contient des cyanobactéries fixant l'azote.

MALGRÉ CES EXEMPLES, LES CULTURES INTERCALAIRES NE SONT PRATIQUÉES À GRANDE ÉCHELLE QUE DANS QUELQUES CAS ISOLÉS. IL EXISTE TOUTEFOIS DEUX EXCEPTIONS OÙ L'AGROFORESTERIE EST LARGEMENT APPLIQUÉE : LE JARDIN PARTICULIER TRADITIONNEL ET LA CULTURE DE L'ARBRE FAIDHERBIA ALBIDA (ENCADRÉ 7).

ENCADRÉ 7 : DEUX EXEMPLES D'AGROFORESTERIE

Jardins particuliers

Les jardins particuliers ou les potagers se caractérisent par leur grande diversité de plantes utiles et par la présence de menu bétail, exploités en étroite interaction dans une petite surface. Ils sont souvent une source durable de denrées nutritives variées pour la consommation du foyer.

Bien qu'ils soient plus courants en Asie du Sud et du Sud-Est, des programmes de formation à l'exploitation d'un jardin particulier ont été mis en place au Niger, en Somalie, au Ghana et au Kenya sous la supervision de la Division de la nutrition et de la protection des consommateurs de la FAO, d'ONG et d'instituts nationaux de vulgarisation agricole, de recherche et de formation.⁴⁹ Par exemple, Farm Africa et ses partenaires travaillent actuellement à développer la culture des légumes africains indigènes ainsi que les marchés correspondants en Tanzanie et au Kenya afin d'en faire une source importante de nutriments et de revenus.⁵⁰

Faidherbia⁵¹

Cet arbre légumineux a la curieuse habitude de perdre ses feuilles pendant la saison des pluies, apportant ainsi des nutriments au sol situé en-dessous et permettant à la lumière de passer. Il est par conséquent possible de planter et de faire pousser du maïs sous ses branches. Les rendements peuvent dépasser 3 t/ha, même sans engrais, en fonction de la quantité d'azote fixée par les arbres. Par ailleurs, cette espèce évacue dans le sol au moins deux tonnes de carbone par hectare et les individus matures peuvent stocker plus de 30 tonnes de carbone par hectare.



LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES RAVAGEURS

Les pesticides sont généralement chers, parfois dangereux et souvent inefficaces pour lutter contre les ravageurs, d'une part en raison du risque de résistance et d'autre part parce qu'ils tuent aussi les ennemis naturels de ces parasites. La lutte intégrée contre les ravageurs a été développée dans les années 1950 dans le but de remplacer les pesticides à large spectre par des composés ciblés, moins toxiques et plus sélectifs combinés à des moyens de contrôle agronomiques et biologiques.

L'une des approches agronomiques les plus efficaces est le système « push-pull », qui s'est inspiré d'études écologiques pour créer une agriculture de polyculture protégeant le maïs, le mil et le sorgho

contre deux fléaux : les foreurs de tige et la mauvaise herbe Striga (encadré 8).

En Afrique, un programme de formation à la lutte intégrée contre les ravageurs a été lancé par les écoles pratiques d'agriculture (FFS) au Ghana en 1996 sous la direction de la FAO et en partenariat avec la société civile. Le programme a ensuite été étendu au Sénégal, au Mali, au Burkina Faso, au Bénin, à la Guinée, au Niger et à la Mauritanie, et a ciblé quelque 155 000 agriculteurs. Toutes les cultures ayant bénéficié du programme d'Afrique de l'Ouest ont enregistré des hausses moyennes des récoltes d'environ 23 % et une baisse de l'utilisation des pesticides de 75 %.⁵³

ENCADRÉ 8 : LE SYSTÈME PUSH-PULL DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS ET LES MAUVAISES HERBES⁵²

Le push-pull consiste à planter autour des cultures à la fois des plantes qui repoussent les insectes ravageurs (« push ») et des plantes-pièges qui les attirent (« pull »).

Il repose sur la culture intercalaire d'une céréale principale et du Desmodium : cette légumineuse fourragère dégage des substances chimiques qui éloignent les insectes foreurs de tiges (« push »), et elle attire parallèlement un ennemi naturel de ces ravageurs, les guêpes parasites (« pull »).

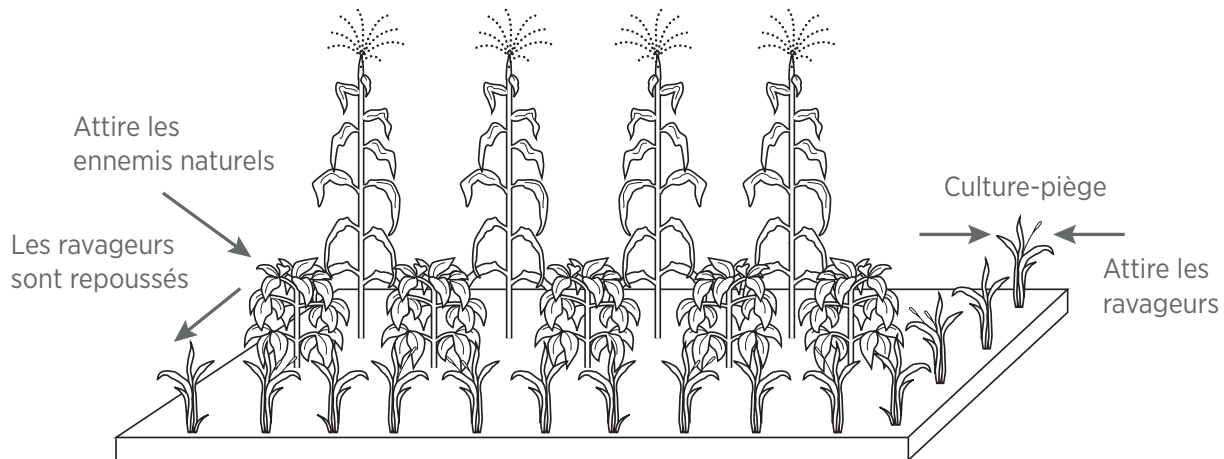


Figure 6 Système push-pull de lutte contre les ravageurs et les mauvaises herbes

De plus, les racines du Desmodium sécrètent des substances chimiques qui causent une germination « suicidaire » des graines de striga avant qu'elles ne puissent s'attacher aux racines des plants de maïs. Pour accroître encore la protection, les agriculteurs peuvent planter à la lisière du champ une « culture-piège » telle que l'herbe à éléphant, qui attire les ravageurs et les détourne ainsi de la culture principale.

Ce système a été développé conjointement par le centre de recherche de Rothamsted au Royaume-Uni, le Centre international de physiologie et d'écologie des insectes (ICIPE) et l'Institut de recherche agricole du Kenya (KARI), tous deux situés au Kenya.

En 2010, 25 000 petits exploitants d'Afrique de l'Est avaient recours aux systèmes push-pull, qui leur permettent non seulement de contrôler les ravageurs mais aussi d'accroître la fertilité des sols, d'empêcher l'érosion, de réduire l'usage des pesticides et d'améliorer leurs revenus grâce à la production de Desmodium.

AGRICULTURE DE CONSERVATION

Au fil des années, particulièrement dans les régions tempérées, les agriculteurs ont pris l'habitude de labourer les champs avant de semer les graines afin d'ameublir et d'aérer le sol tout en détruisant les mauvaises herbes. Un tel labour, effectué soit à la houe, soit au moyen d'une charrue mécanique ou tirée par un animal, permet d'alléger les sols lourds et argileux. Mais pour de nombreux sols sujets à l'érosion ou à la sécheresse, comme c'est souvent le cas en ASS, le labour peut endommager la structure du sol et accroître la perte en eau.

Les expériences en matière d'agriculture de conservation continuent encore aujourd'hui. Elles ont débuté aux États-Unis mais sont désormais largement répandues et prennent souvent une forme très différente en ASS (encadré 9). Elles comprennent divers systèmes où le labour est réduit ou supprimé, ce qui présente plusieurs avantages : économie du travail fourni pour le labour, protection des sols vulnérables contre l'érosion en empêchant la couche de surface d'être emportée par le vent ou la pluie, et amélioration de la fertilité du sol en gardant sa structure intacte et en permettant à davantage d'insectes bénéfiques d'y prospérer. L'absence de labour contribue en outre à garder le carbone et les matières organiques dans le sol, ce qui entraîne un accroissement de la flore microbienne et de la séquestration du carbone, permettant ainsi, une réduction des émissions de carbone issues de l'agriculture.



ENCADRÉ 9 : AGRICULTURE DE CONSERVATION EN ZAMBIE⁵⁴

Des expériences réalisées dans l'ouest de la Zambie dans le cadre de partenariats entre des autorités locales et l'ONG Concern Worldwide tentent de remplacer le système traditionnel de jachère longue par une agriculture de conservation. Habituellement, les populations déboisent, brûlent et labourent les terres, puis plantent le maïs. Les terres sont cultivées pendant quelques années seulement avant d'être laissées en jachère durant des décennies pour pouvoir être de nouveau déboisées et brûlées.

L'autre solution possible est l'agriculture de conservation : elle consiste à ne pas labourer et à semer les graines dans de petites « poches » creusées dans le sol, auxquelles on a ajouté deux tasses de fumier et le contenu d'un bouchon de bouteille d'engrais. Après la moisson, le sol est recouvert des tiges et des feuilles de maïs, et les trous sont réutilisés quelques mois plus tard pour semer les graines de l'année suivante. Malgré la nécessité de sarcler les mauvaises herbes, le travail à fournir est bien moindre que dans les systèmes traditionnels.

Les rendements de l'agriculture de conservation sont élevés, avec par exemple quatre à cinq tonnes de maïs par hectare en cas d'utilisation de nouvelles variétés hybrides résistantes à la sécheresse. Ce système permettrait par ailleurs non seulement de stocker du carbone dans la terre cultivée, mais aussi de conserver de façon plus ou moins permanente les couvertures végétales d'arbres ou d'arbustes, puisqu'elles ne seraient plus brûlées, ce qui augmenterait la séquestration du carbone et préserverait les niveaux de carbone dans le sol, créant ainsi une agriculture plus stable et plus durable.

AGRICULTURE BIOLOGIQUE

L'agriculture biologique est une forme de production particulièrement durable qui regroupe une grande partie des technologies décrites ci-dessus. Ses avantages sont notamment une amélioration de la qualité et de la biote du sol à travers la restitution de matières organiques à ce dernier, l'utilisation de nutriments essentiels (azote, phosphore et potassium) apportés par des fumiers, des cultures légumineuses et d'autres sources renouvelables, une gestion des ravageurs au moyen de solutions biologiques (et avec un usage limité des pesticides naturels), ainsi que le contrôle des mauvaises herbes via un travail mécanique ou manuel.

Peut-être plus important encore, l'agriculture biologique présente des besoins énergétiques moins élevés car elle ne nécessite pas d'intrants synthétiques (même si le désherbage mécanique accroît les besoins en énergie). Elle se traduit donc généralement par de plus faibles émissions de gaz à effet de serre, notamment de protoxyde d'azote.

Il reste néanmoins à savoir si les récoltes issues de l'agriculture biologique peuvent être suffisamment intensifiées et à une assez grande échelle pour garantir la sécurité alimentaire de toute la population. Les études comparatives effectuées dans des pays en développement ne sont pas assez complètes pour répondre avec certitude à cette question, mais de nombreuses données issues des pays développés font douter de ce potentiel. Par exemple, des expériences réalisées sur le long terme au Royaume-Uni montrent que pour la culture du blé, seules de très grandes quantités de fumier, bien supérieures à celles autorisées dans le cadre de l'agriculture biologique, permettent d'obtenir les rendements requis.⁵⁵

L'analyse minutieuse de nombreuses autres expériences laisse estimer à 0,65 le ratio typique des rendements de blé de l'agriculture biologique par rapport aux rendements de l'agriculture conventionnelle (c'est-à-dire que l'agriculture biologique produit 30 à 40 % moins), et cela semble également être le ratio moyen pour d'autres cultures.⁵⁶ Cependant, il pourrait être sous-estimé pour les pays en développement. En effet, dans les régions touchées par la sécheresse où les habitants pratiquent l'agriculture de subsistance, le passage à l'agriculture biologique pourrait effectivement améliorer les récoltes lorsque les sols ont été dégradés au fil du temps, à condition qu'une quantité suffisante de fumier et de compost soit disponible localement et que les exploitants puissent avoir accès à des services de vulgarisation.

Pour résumer, si l'intensification écologique est extrêmement prometteuse, du moins en termes de durabilité et de résilience, elle risque de ne pas procurer les rendements accrus que l'on attend de l'intensification. Les technologies écologiques sont en effet rarement appliquées à grande échelle, en partie parce qu'elles nécessitent souvent un travail et des compétences considérables. Par conséquent, aussi importante que soit la pratique de l'écologie agricole pour améliorer la durabilité, il convient d'accorder la même attention à la technique de sélection des plantes et du bétail.



INTENSIFICATION GÉNÉTIQUE

Voilà des milliers d'années que les hommes exploitent le potentiel du patrimoine génétique pour améliorer la sécurité alimentaire, augmentant à la fois le rendement et les qualités nutritives des variétés cultivées et des races d'élevage.

La sélection conventionnelle a permis de préserver les gènes bénéfiques et de les associer à d'autres gènes complémentaires provenant de parents proches ou éloignés. Les tout premiers cultivars de blé étaient le résultat du croisement naturel de deux espèces sauvages, l'une de blé et l'autre de graminée, suivi par une sélection humaine intensive. Cette concentration de gènes bénéfiques dans des variétés végétales et des races animales peut être considérée comme un processus d'intensification génétique.

Depuis la révolution cellulaire et moléculaire du siècle dernier, la sélection conventionnelle a été complétée par des formes de biotechnologie – culture cellulaire et tissulaire, sélection assistée par marqueurs et ingénierie génétique – pour intensifier encore le processus (encadré 10).

ENCADRÉ 10 : LES DIFFÉRENTES FORMES DE SÉLECTION VÉGÉTALE ET ANIMALE

- La sélection conventionnelle consiste à sélectionner et à croiser des variétés végétales ou des races d'élevage possédant des propriétés intéressantes à l'aide de méthodes rigoureuses, principalement manuelles, et souvent en fonction de la découverte fortuite de mutations nouvelles et bénéfiques. Ce processus, qui relève autant de l'art que de la science, peut s'avérer long et imprécis.
- La culture cellulaire et tissulaire repose sur le développement de plantes entières à partir d'une seule cellule ou d'un seul groupe de cellules dans un milieu de croissance artificiel extérieur à l'organisme. C'est devenu un outil très utile pour effectuer des croisements d'espèces domestiques avec des espèces sauvages éloignées, qui possèdent souvent des attraits tels que la résistance aux maladies.
- La sélection assistée par marqueurs (sélection MAS) est un processus permettant d'analyser des séquences d'ADN d'un organisme dans le but de détecter la présence et la structure de gènes responsables de caractéristiques particulières. Cette technique accélère grandement la sélection conventionnelle.
- La modification génétique (MG), ou recombinaison de l'ADN, consiste à transférer directement des gènes d'un organisme à un autre. Les fragments d'ADN sont localisés, découpés et rattachés à l'aide de diverses enzymes naturellement présentes. Cette technique présente plusieurs avantages : (1) les combinaisons sont prédéterminées et le processus de transfert est exact, il produit des résultats précis plutôt que déterminés par le hasard ; (2) le processus est bien plus rapide ; (3) les sources de matériel génétique sont bien plus larges et moins limitées par des frontières géographiques ou biologiques.

Les exemples d'utilisation de l'intensification génétique pour accroître les rendements des cultures, permettre l'absorption et la fixation d'azote, améliorer la nutrition ainsi que la résilience aux ravageurs, aux maladies et au changement climatique montrent comment la sélection moderne peut contribuer à l'intensification durable. Parmi les priorités de la sélection moderne figurent :

- l'accroissement de la productivité,
- l'amélioration de la valeur nutritive,
- la résistance des cultures et du bétail aux ravageurs et aux maladies,
- la résilience des cultures et du bétail aux effets du changement climatique, et
- l'accroissement de la capacité à absorber les nutriments contenus dans le sol et à fixer l'azote de l'atmosphère.

La réalisation de ces objectifs est un défi de taille mais les bénéfices potentiels sont considérables. C'est pourquoi il est si tentant d'insérer dans les semences des caractéristiques recherchées (rendements élevés associés à la stabilité et à la résilience). En un sens, les semences peuvent être un « ensemble de technologies intéressantes et appropriées ». C'est dans cette perspective que la nouvelle génétique, sous la forme de la biotechnologie, devient si pertinente.

AMÉLIORATION DES RENDEMENTS

Les rendements des principales cultures d'ASS sont souvent faibles et bien inférieurs à leur potentiel. Par exemple, le rendement de variétés de riz asiatiques avoisine généralement 5 t/ha alors qu'il pourrait atteindre 11 t/ha.⁵⁷ Cependant, ces variétés sont peu adaptées aux environnements africains. Les variétés africaines en revanche, mieux adaptées, n'affichent que de faibles rendements (environ 1 t/ha).

Une solution visant à répondre à ce problème a consisté à croiser l'espèce de riz asiatique *Oryza sativa* avec l'espèce africaine *Oriza glaberrima* afin de bénéficier à la fois des rendements élevés de la première et des capacités d'adaptation de la seconde (encadré 11).

Le bétail a lui aussi bénéficié d'une amélioration des rendements et de la durabilité grâce au croisement obtenu par sélection conventionnelle entre les bovins (*Bos taurus*) des régions tempérées d'Europe, d'Asie du Nord et d'Afrique de l'Ouest et les zébus (*Bos indicus*) des zones chaudes arides et semi-arides d'Afrique et d'Asie.

Bien que ces deux espèces soient initialement interfécondes, des années de sélection de différentes caractéristiques les ont rendues assez différentes aujourd'hui. En effet, les bovins ont été sélectionnés pour la production de lait, tandis que les zébus doivent avant tout être capables de supporter des températures élevées, de résister à de nombreuses maladies tropicales et de traverser de longues périodes de pénurie de nourriture et d'eau. Par conséquent, les zébus se caractérisent par une faible production de lait, une croissance lente et une lactation qui ne se déclenche généralement qu'avec la succion du veau.

Divers programmes de sélection ou de croisement sophistiqués ont été introduits avec un succès considérable. Par exemple, au sein de la plantation Kilifi, près de Mombasa (Kenya), un programme de croisement en rotation faisant alterner des taureaux issus des deux races a donné lieu à des croisements Sahiwal x British Ayrshire permettant de produire 3000 kg de lait par an, principalement à partir du pâturage.



ENCADRÉ 11 : NOUVEAU RIZ POUR L'AFRIQUE (NERICA, DE L'ANGLAIS « NEW RICE FOR AFRICA »)⁵⁸

- Il est possible de croiser des espèces de riz asiatique et africaine au moyen de la sélection conventionnelle, mais le processus est plus facile si l'embryon obtenu est développé dans un milieu de culture.
- Si les premiers efforts pour appliquer cette technique de sauvetage d'embryons se sont révélés infructueux, la collaboration avec des scientifiques chinois a permis de mettre au point une nouvelle méthode de culture tissulaire utilisant de l'huile de coco et qui s'est avérée extrêmement efficace pour produire le « Nouveau riz pour l'Afrique » (NERICA).
- Tout comme l'espèce africaine, cette nouvelle variété hybride pousse bien dans les zones exposées à la sécheresse et de haute altitude, elle est résistante aux maladies et ravageurs locaux, et elle supporte des milieux pauvres en nutriments ainsi que la toxicité minérale. Elle affiche également une croissance initiale vigoureuse et évince les mauvaises herbes.
- Ce n'est que dans un second temps que les caractéristiques de l'espèce asiatique apparaissent : la variété NERICA présente des feuilles davantage dressées et des panicules lourdes de grains pouvant être moissonnées 30 à 50 jours plus tôt que les variétés habituelles.
- Grâce aux rendements plus élevés de cette nouvelle variété, l'Ouganda a pu réduire de moitié ses importations de riz et les revenus de ses agriculteurs ont augmenté.



AMÉLIORATION DE LA NUTRITION

Les régimes alimentaires des personnes pauvres sont souvent principalement constitués de denrées de base comme le maïs, le riz, le blé, le manioc, le mil et le sorgho, autant d'aliments contenant peu de micronutriments tels que la vitamine A, le fer et le zinc, nécessaires pour lutter contre la malnutrition.

Si les jardins particuliers mentionnés plus haut peuvent procurer des aliments plus nutritifs, riches en micronutriments, une autre approche prometteuse est la biofortification, à savoir la sélection de cultures présentant une valeur nutritionnelle accrue. Un premier exemple de biofortification a été la sélection d'un maïs à haute teneur en protéines. Une autre success story est le développement

de patates douces à chair orange, également grâce aux techniques de sélection conventionnelles (encadré 12).

Mais, dans certains cas, la sélection conventionnelle ne fonctionne pas. Par exemple, l'albumen du grain de riz ne contient pas de bêta-carotène : les scientifiques ont donc dû introduire de nouvelles versions du gène *syd* du maïs dans diverses variétés de riz afin d'y accroître le taux de bêta-carotène jusqu'à 31 µg/g. Ce nouveau « riz doré » a déjà été décliné sous forme de variétés adaptées au climat local aux Philippines et en Inde, et il devrait être disponible dans d'autres pays d'ici deux à quatre ans.

ENCADRÉ 12 : INTRODUCTION DE PATATES DOUCES À CHAIR ORANGE AU MOZAMBIQUE

- Les patates douces sont un pilier de la sécurité alimentaire car elles peuvent être laissées dans le sol et récoltées quand il n'y a plus d'autres cultures. Ces racines poussent bien sur les terres marginales. Cependant, au Mozambique, elles ont la chair blanche, ce qui signifie qu'elles contiennent beaucoup de glucides mais peu de bêta-carotène, converti par notre organisme en vitamine A, un nutriment indispensable.
- Pour pallier ce déficit, des variétés de patate douce riches en bêta-carotène à chair orange ont été introduites en 1997 par l'Institut national de recherche agricole afin d'être cultivées. Trois ans plus tard, neuf nouvelles variétés de patate douce à chair orange ont été fournies juste à temps pour aider les populations à se remettre des inondations dévastatrices qui avaient ravagé le sud du Mozambique. En 2005, 500 000 foyers avaient reçu des plants améliorés.
- La même année, la grave sécheresse ayant frappé le pays a montré la nécessité de sélectionner des variétés également résistantes à la sécheresse. À l'aide d'un programme de sélection conventionnelle accéléré, Maria Andrade et son équipe sont parvenues à produire de nouvelles variétés en quatre ans seulement, contre huit habituellement. 15 nouvelles variétés résistantes à la sécheresse, capables de produire jusqu'à 15 t/ha, ont ainsi pu être introduites en 2011.
- Les taux d'adoption sont élevés, y compris parmi les femmes et les enfants, si bien que la quantité de bêta-carotène ingérée quotidiennement a quasiment doublé et que le taux de rétinol sérique, forme sous laquelle la vitamine A circule dans le sang, s'est considérablement accru.⁵⁹



RÉSISTANCE AUX RAVAGEURS ET AUX MALADIES

En général, les plantes cultivées et les animaux élevés sont naturellement résistants aux ravageurs, aux maladies et aux mauvaises herbes des régions dont ils sont originaires. Mais quand on les transfère dans d'autres régions, ils sont confrontés à de nouveaux ravageurs et agents pathogènes qui peuvent s'avérer dévastateurs pour eux. La sélection, tant conventionnelle que biotechnologique, peut considérablement renforcer leur résistance, du moins à court terme, jusqu'à ce que les espèces de ravageurs s'adaptent pour venir à bout de cette résistance.

En 1950, une nouvelle souche de rouille du blé s'est développée de manière spectaculaire aux États-Unis et dans le sud du Canada avant d'être portée par des vents violents jusqu'au Mexique. Ce n'était que la première d'une longue série d'épidémies. Plus récemment, une épidémie d'une autre souche très virulente de rouille noire,

appelée Ug99, est partie d'Ouganda en 1999 (encadré 13).

Ces dernières années, la sélection pour la résistance aux attaques des insectes ravageurs a bénéficié de l'ingénierie reposant sur les gènes codant les toxines produites par *Bacillus thuringiensis* (Bt), une bactérie naturellement très répandue dans le sol. Ces toxines étant des protéines cristallines (Cry), il est possible de pulvériser la bactérie elle-même ou des extraits de protéine Cry sur les feuilles des cultures pour tuer les nuisibles qui s'en nourrissent, en particulier les chenilles de papillons tels que la noctuelle de la tomate. Les ravageurs meurent dès qu'ils ingèrent la protéine. En revanche, les insectes utiles comme les abeilles ou les parasites et prédateurs naturels ne sont pas affectés car ils ne s'alimentent pas sur les plantes pulvérisées. En outre, ces toxines sont inoffensives pour l'homme.

ENCADRÉ 13 : NOUVELLE SOUCHE DE ROUILLE UG99 SUR LE BLÉ⁶⁰

La souche Ug99 est apparue en Ouganda en 1999 et s'est répandue à travers les hauts plateaux d'Afrique de l'Est, provoquant jusqu'à 80 % de pertes au Kenya. Cette nouvelle souche est résistante à 40 des 50 gènes de défense contre la rouille. Depuis 1999, elle s'est propagée au-delà de l'Afrique de l'Est pour atteindre l'Éthiopie, le Soudan, le Yémen et l'Iran.

Des croisements ont été réalisés avec les rares cultivars de blé résistants à l'Ug99 : les nouvelles variétés hybrides contiennent un certain nombre de gènes présentant individuellement un faible niveau de résistance, mais qui, ensemble, sont très efficaces. La capacité du champignon de la rouille à muter et à évoluer laisse toutefois penser que cette résistance ne durera pas.

La découverte que le riz est résistant à l'ensemble du taxon de la rouille du blé apporte cependant une lueur d'espoir : si ce mécanisme de résistance peut être identifié et l'information génétique correspondante transposée au blé, plusieurs variétés durablement résistantes pourraient être créées.



Ces caractéristiques font des protéines Cry un insecticide idéal. Les gènes qui les codent ont été isolés pour la première fois au début des années 1980 et ont depuis été transférés à diverses cultures allant du coton au niébé. Mais inéluctablement, l'usage de protéines Cry entraînera une sélection par résistance, comme le ferait l'emploi d'insecticides chimiques, synthétiques ou naturels. Heureusement, il est possible d'obtenir différentes protéines Cry à partir de différents gènes Bt. Une première approche consiste donc à produire des cultures comportant au moins deux gènes Bt différents en misant sur le fait que les insectes ne pourront pas développer facilement une résistance aux deux toxines en même temps. Une autre possibilité est d'utiliser plusieurs gènes toxiques présentant chacun un mode d'action différent. Un gène codant un inhibiteur de la protéinase, présent dans le taro géant, est un compagnon prometteur du gène Bt car il apporte une résistance élevée aux attaques des nuisibles.

Les technologies de modification génétique (MG) ont également été utilisées contre les agents pathogènes des cultures. On peut ici citer l'actuelle élaboration de bananiers résistants au flétrissement bactérien du bananier en Ouganda, un programme entièrement

financé par des fonds publics. Les gènes résistants proviennent de piments doux et ont été donnés par l'Academia Sinica. Ce travail a été financé en majeure partie par le gouvernement ougandais.

RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les stress et chocs provoqués par des températures plus élevées et par le manque de précipitations constituent la principale menace liée au changement climatique. Ils se manifestent notamment par un raccourcissement des saisons de croissance ainsi que par l'accroissement de la fréquence et de la gravité d'événements extrêmes tels que les inondations et les canicules. Pour faire face à ces différents phénomènes seuls ou combinés, il est essentiel de disposer de cultures et de bétail résistants.

C'est dans cette optique qu'a par exemple été lancé le programme WEMA (Water Efficient Maize for Africa, ou Maïs économe en eau pour l'Afrique), un projet collaboratif visant à mettre au point et à distribuer des variétés de maïs affichant, dans des conditions de sécheresse modérée, des rendements de 24 à 35 % supérieurs à ceux des variétés actuellement disponibles (encadré 14).

Jusqu'à présent, la sélection pour la résistance à la sécheresse a été difficile en raison du vaste éventail d'effets que peut avoir l'absence de précipitations. Cependant, des chercheurs ont pu identifier ces dernières années une séquence de gènes permettant de tolérer la sécheresse. Ce type de gènes dit « chaperon » peut conférer une tolérance à divers stress, dont le froid, la chaleur et le manque d'humidité. Le produit de ce gène aide à reconstituer les protéines mal repliées en raison du stress, permettant ainsi à la plante de se rétablir plus rapidement. Ce gène de résistance trouvé dans l'ARN bactérien a été transféré sur du maïs avec d'excellents résultats lors d'essais en champ. En cas de forte sécheresse, les végétaux porteurs de ce gène présentent un développement de 12 à 24 % supérieur à ceux des autres plantes.

NITROGEN UPTAKE AND FIXATION

Actuellement, les cultures parviennent mal à absorber et à utiliser l'azote contenu dans le sol, qu'il soit procuré par des engrais inorganiques, par des résidus de culture ou par du fumier. De plus, les niveaux d'efficacité ont baissé, si bien que moins de la moitié de l'azote apporté aux cultures se retrouve dans le produit récolté.

Si l'assimilation et l'utilisation de l'azote par les cultures peuvent être améliorées grâce à des pratiques telles que l'agriculture de précision ou la culture de végétaux fixant l'azote comme le soja⁶³, elles peuvent aussi l'être par l'intensification génétique. Certaines variétés sont plus efficaces que d'autres, car l'efficacité en matière d'utilisation de l'azote est un trait génétique complexe avec de nombreuses composantes.

L'approche génétique la plus prometteuse consiste à utiliser des bactéries fixatrices d'azote qui convertissent l'ammoniac atmosphérique en azote à l'aide d'une enzyme, la nitrogénase. Les formes symbiotiques de ces bactéries, connues sous le nom de rhizobia, vivent dans des nodules formés sur les racines, généralement de légumineuses telles que les pois, les lupins, les trèfles et la luzerne. Les plants cultivés fournissent certains produits de leur photosynthèse aux bactéries, qui leur apportent en échange de l'azote.

Les rhizobia colonisent déjà l'environnement des racines des céréales, améliorant ainsi la croissance des cultures. Il est possible que la symbiose avec les légumineuses grâce à des nodules

ENCADRÉ 14 : PROJET WEMA (WATER EFFICIENT MAIZE FOR AFRICA, OU MAÏS ÉCONOME EN EAU POUR L'AFRIQUE)

Lancé en 2008 sous la direction de la Fondation Africaine pour la Technologie Agricole (AATF), le projet WEMA vise à élaborer de nouvelles variétés de maïs tolérantes à la sécheresse à l'aide de la sélection conventionnelle, de la sélection assistée par marqueurs et de la biotechnologie. Parmi les pays cibles figurent le Kenya, le Mozambique, l'Afrique du Sud, l'Ouganda et la Tanzanie, où il est prévu de commercialiser pas moins de 15 nouvelles variétés libres de droits pour les petits agriculteurs.

Actuellement dans sa seconde phase (2013-2017), le projet a été élargi afin d'inclure le développement de variétés de maïs résistantes aux foreurs de tiges ainsi que la production, la promotion et la gérance de nouvelles variétés.⁶¹

Sur le plateau central de Tanzanie, dont le climat aride empêchait auparavant la croissance du maïs, les agriculteurs testent actuellement cinq variétés de maïs qui, selon les premiers rapports, demandent peu d'eau et poussent rapidement. Alors que la plupart des variétés ont besoin de 90 jours pour mûrir, l'une du projet WEMA appelée « Situka » en nécessite seulement 75.

Pour l'instant, les agriculteurs participant au processus de test reçoivent les graines gratuitement, mais l'objectif est de les commercialiser à un prix avoisinant 0,13 dollar le kilogramme.⁶²

formés sur les racines ait commencé de la même manière. Pour comprendre comment permettre également la fixation d'azote de manière similaire, on pourrait reconstituer le processus d'évolution symbiotique avec les légumineuses afin de le reproduire pour le blé, le riz et d'autres céréales. Toutefois, il faudra du temps pour identifier les gènes responsables et les transférer sur des variétés de céréales.

Pour résumer, les techniques modernes de sélection peuvent fournir de nouvelles variétés de végétaux et de nouvelles races d'animaux caractérisées non seulement par de hauts rendements, mais aussi par leur résistance à de nombreux types de stress et de chocs. Il est possible de combiner les approches conventionnelles, la culture tissulaire, la sélection assistée par marqueurs et les technologies de MG pour produire des cultures capables de

s'adapter à de bas niveaux d'intrants (qu'il s'agisse d'eau ou de nutriments), à divers ravageurs et maladies, ainsi qu'aux conséquences du changement climatique, en particulier aux fortes chaleurs et aux grandes sécheresses. Les sélectionneurs savent désormais parfaitement combiner ces différents attributs dans des animaux ou des semences.

De cette façon, l'intensification durable peut devenir accessible aux grands comme aux petits exploitants agricoles, sous une forme « prête à l'emploi ». Il faut donc garantir que les nouveaux animaux et semences soient disponibles et à un prix abordable, qu'ils soient soumis, lorsque cela s'avère nécessaire, à une réglementation en matière de biosécurité, et qu'ils soient fournis avec des intrants complémentaires ainsi que des services de vulgarisation appropriés.

INTENSIFICATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

L'intensification durable ne se résume pas aux pratiques et aux technologies agricoles. En effet, ces nouvelles pratiques et technologies ne pourront être adoptées et conservées par les agriculteurs qu'en présence d'un environnement propice approprié qui favorise non seulement l'intensification de l'agriculture, mais aussi sa durabilité.

C'est ici qu'intervient l'intensification socio-économique, un processus consistant à développer des institutions innovantes et durables sur l'exploitation, au sein de la communauté et à travers les différentes régions et nations dans leur ensemble. Cela implique notamment des améliorations de l'environnement agricole, du capital social et humain, ainsi que des moyens de subsistance durables.

Les petits agriculteurs africains doivent pouvoir accéder équitablement aux marchés amont et aval, et être aidés à rejoindre les chaînes de valeur rentables. En l'absence de sécurité d'occupation des terres/de droits de propriété garantis, ils n'investiront pas dans des améliorations de leurs exploitations. Les associations d'agriculteurs, y compris les coopératives ainsi que les groupes de cultivateurs sous-traitants et d'agriculteurs contractuels sont essentielles si ceux-ci peuvent y exercer leur pouvoir de négociation.

D'importants investissements dans le domaine de la recherche et de la vulgarisation agricoles, dans les infrastructures routières reliant les agriculteurs aux marchés et dans le développement de meilleurs services ruraux, notamment l'accès à l'éducation et à la santé, seront nécessaires pour accroître la productivité des terres actuelles.

CRÉATION D'ENVIRONNEMENTS PROPICES

Une composante essentielle d'un environnement propice est la création de marchés amont et aval efficaces, équitables et transparents, accompagnés des liens qui leur permettent de fonctionner pour les petits exploitants (figure 7).

Le programme soutenu par l'Alliance pour une révolution verte en Afrique (AGRA) dans le nord du Ghana est un bon exemple de création d'un environnement propice approprié (encadré 15).

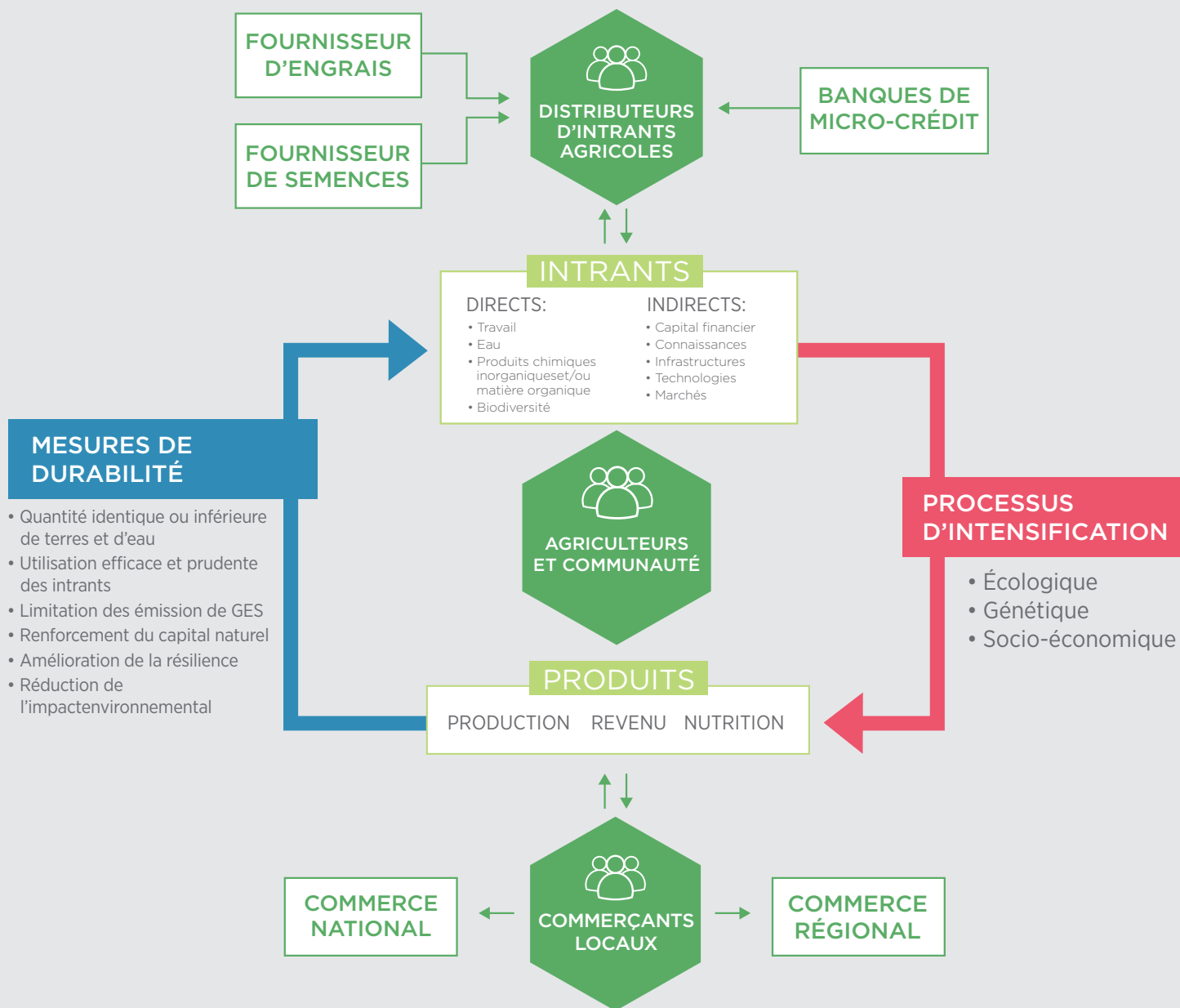


Figure 7 Environnement propice. Adaptation d'un modèle de l'Alliance pour une révolution verte en Afrique (AGRA).

ENCADRÉ 15 : ENVIRONNEMENT PROPICE POUR LE NORD DU GHANA⁶⁴

La stratégie de l'AGRA, élaborée en partenariat avec le gouvernement du Ghana, mise sur le renforcement des institutions locales et sur l'établissement de liens fonctionnels à la fois entre ces institutions et entre ces dernières et les organisations d'agriculteurs. Contrairement à de nombreux autres programmes de développement, le soutien de l'AGRA consiste essentiellement à faciliter les processus ; il ne repose pas sur une approche descendante et il ne dépend pas des interventions d'organes ou experts externes (bien qu'il s'appuie sur des politiques gouvernementales de soutien et, dans certaines circonstances, sur les conseils d'experts externes). C'est cette approche facilitatrice qui permet non seulement d'intensifier les relations entre les acteurs clés, mais aussi d'assurer la durabilité du processus.

Bien qu'il ne soit en place que depuis une période relativement récente, ce programme s'est déjà traduit par des progrès considérables en termes de récupération de ressources financières extérieures, de renforcement de la capacité des institutions locales, d'établissement de réseaux de distribution des intrants agricoles et de création de sociétés fournissant des semences. Les agriculteurs eux-mêmes ont également constaté des améliorations significatives de leurs rendements et de leur pouvoir de négociation collectif.

MARCHÉS

En tant qu'élément de cet environnement propice, les marchés sont essentiels pour réduire la pauvreté : seul un accès durable aux marchés peut permettre aux agriculteurs d'accroître le revenu de leur travail et de se sortir, eux et les membres de leur famille, de la pauvreté. Or, la plupart des agriculteurs pauvres, et tout particulièrement les petits exploitants, sont souvent peu en contact avec les marchés et ne sont par conséquent pas vraiment en mesure de comprendre les forces du marché et d'y réagir.

Les marchés d'Afrique changent rapidement sous l'influence d'un vaste éventail de facteurs : urbanisation, croissance démographique, augmentation du revenu par habitant, évolution des préférences des consommateurs, modernisation de la transformation et de la vente au détail des produits alimentaires, et améliorations de l'infrastructure de transport et de communication. Par ailleurs, les agriculteurs des pays en développement sont de plus en plus sollicités par de grandes multinationales de l'agroalimentaire comme fournisseurs de denrées alimentaires.



**LES AGRICULTEURS
DES PAYS EN
DÉVELOPPEMENT
SONT DE PLUS EN
PLUS SOLLICITÉS
PAR DE GRANDES
MULTINATIONALES DE
L'AGROALIMENTAIRE
COMME FOURNISSEURS
DE DENRÉES
ALIMENTAIRES.**

Les marchés des produits agricoles sont désormais très différenciés, et vont des petits marchés de village où se vendent des denrées de base produites et consommées localement à des marchés mondiaux commercialisant des légumes emballés et de contre-saison. Si ce vaste éventail de marchés offre de nouvelles opportunités pour les petits exploitants agricoles, il présente également des risques élevés ainsi que de nouvelles barrières difficiles à surmonter.

L'une des réponses à ce problème est de créer au niveau des villages des « banques céréalières » détenues et gérées par des associations d'agriculteurs : les exploitants déposent leurs récoltes dans un entrepôt traité par fumigation contre les ravageurs, une partie des céréales est conservée au cas où son propriétaire en aurait besoin plus tard dans l'année, et le reste est vendu lorsque les prix semblent corrects.

Au Kenya, où un tel système a été mis en place, la commercialisation requiert un réseau national de marchés de petite et de grande taille. Ce réseau est soutenu par la Bourse kenyane des produits agricoles (Kenya Agricultural Commodity Exchange, KACE), une société privée qui renseigne les petits agriculteurs sur les prix et sur d'autres aspects relatifs au marché au moyen d'un système de SMS.

Si des marchés aval efficaces, équitables et transparents sont cruciaux, les petits exploitants ont également besoin de marchés amont efficaces, équitables et transparents, où ils puissent acheter dans les quantités requises et à des prix abordables les semences, les engrais, les machines et les autres intrants nécessaires.

Une autre approche conçue initialement par la Fondation Rockefeller et développée par l'AGRA consiste à faciliter la mise en place de distributeurs d'intrants agricoles au niveau du village (encadré 16).

ENCADRÉ 16 : PORTRAIT D'UN DISTRIBUTEUR D'INTRANTS AGRICOLES⁶⁵

Flora Kahumbe possède deux boutiques d'intrants agricoles à la pointe sud du lac Malawi. Elle a été formée par l'ONG Rural Agricultural Market Development Trust (RUMARK) à bien stocker les semences, les engrais et les pesticides chimiques, ainsi qu'à les appliquer de manière sécurisée et appropriée pour obtenir un effet maximal.

Parallèlement à la vente d'intrants agricoles, Flora est vulgarisateur agricole et donne à ce titre aux agriculteurs de précieux conseils sur la manière d'optimiser les intrants qu'ils achètent. Le programme de renforcement des distributeurs d'intrants agricoles du Kenya (Kenya Agrodealer Strengthening Programme, KASP) a constitué un réseau de distributeurs d'intrants agricoles couvrant 85 districts dans les zones agricoles kényanes et utilisé par 1,4 million d'agriculteurs.

Le KASP a également contribué à améliorer l'accès des distributeurs d'intrants agricoles au financement par des établissements locaux de microfinance, et il fait progresser la politique agricole en aidant à créer des associations qui représentent les intérêts des petits distributeurs d'intrants.

CONSTITUTION DE CAPITAL SOCIAL

La cohésion sociale est essentielle pour permettre aux sociétés de prospérer économiquement en se développant de façon durable. En substance, le capital social définit les expériences positives accumulées par les personnes qui travaillent et interagissent les unes avec les autres : par exemple les agriculteurs entre eux, avec les personnes d'autres milieux et avec les fonctionnaires

administratifs. Ces différents acteurs construisent des relations basées sur la confiance et la solidarité afin de réaliser des actions collectives et de coopérer pour le bien commun. Le fait de savoir que les autres feront de même donne confiance pour investir dans des activités collectives.

Les associations d'agriculteurs sont des exemples de capital social créé par de petits exploitants pour promouvoir leurs intérêts et leurs interactions avec les marchés et d'autres institutions à travers le monde. L'intensification des liens commerciaux favorise une meilleure connaissance des chaînes de valeur ainsi qu'une prise de conscience de la nécessité de reverser une plus grande part de la valeur des denrées aux agriculteurs qui les produisent. Car bien trop souvent, le prix versé aux petits exploitants participant à la chaîne de valeur est bas par rapport aux risques encourus. Et la situation est fréquemment aggravée par des intermédiaires qui interviennent dans les chaînes de distribution en transférant les risques à ceux qui ont le moins de pouvoir, à savoir les petits exploitants agricoles.

Dans ce contexte, les associations d'agriculteurs se servent des économies d'échelle pour réduire les risques et optimiser les revenus collectifs. Les coopératives sont habituellement officielles et enregistrées, mais d'autres groupes sont plus informels. Il peut s'agir de banques alimentaires, de fourrage ou de semences, ou encore d'autres installations de stockage gérées par les communautés locales, de groupes d'épargne et de crédits, et même de familles élargies.

Par exemple, le développement de structures organisationnelles d'agriculteurs dans le district de Nakasongola en Ouganda a, d'une

part, facilité l'adoption de plants de manioc exempts de maladies et, d'autre part, transformé la région, auparavant caractérisée par une pénurie alimentaire, en une zone qui génère et vend des excédents.⁶⁶ Faso Jigi, une association coopérative d'agriculteurs au Mali, est un autre exemple présentant certains de ces bénéfices (encadré 17).

Mais ce système n'est pas parfait : les associations d'agriculteurs peuvent être exclusives et refuser des populations marginales telles que les veuves, les ménages touchés par le sida ou les minorités ethniques. Elles peuvent en outre être contraintes de dépendre fortement de l'aide de l'État ou des agences de développement pour leur mise en œuvre et leur réglementation.

Une autre approche, parfois complémentaire, est l'agriculture contractuelle. Celle-ci implique généralement un organe central de gestion ou d'exportation qui achète les produits d'un certain nombre d'agriculteurs indépendants, même si la structure des systèmes, leur manière de fonctionner et les objectifs globaux peuvent varier. De tels accords exploitent les économies d'échelle tant au niveau des achats que des ventes. Bien qu'il existe peu de données sur ce point, l'agriculture contractuelle peut accroître le revenu net. Ainsi, une étude sur l'agriculture contractuelle au Kenya a montré que les agriculteurs percevaient en moyenne 27% de revenu net de plus par oiseau que les agriculteurs indépendants.⁶⁸

ENCADRÉ 17 : FASO JIGI AU MALI⁶⁷

L'association Faso Jigi a été créée en 1995 dans le but d'aider les petits producteurs de céréales et d'échalotes à commercialiser leurs produits en :

- réduisant les frais de transaction grâce à des économies d'échelle au niveau du stockage et du transport ;
- diffusant des informations sur le marché auprès de ces petits exploitants ;
- leur donnant accès à un conseil technique ;
- procédant à des achats collectifs d'intrants ;
- accordant des crédits aux petits exploitants en échange de leur engagement à fournir des produits ; et en
- créant un fonds d'assurance.

Depuis sa fondation, plus de 5000 agriculteurs ont rejoint l'association à travers 134 coopératives. Les grossistes préfèrent se fournir auprès de Faso Jigi et acceptent de payer des prix plus élevés car l'association assure la centralisation des stocks, une meilleure qualité des installations de stockage ainsi qu'une plus grande accessibilité.

CONSTITUTION DE CAPITAL HUMAIN

Le développement du capital humain des petits exploitants agricoles est au cœur de l'intensification socio-économique durable.

L'acquisition de compétences, de savoir et d'expérience a lieu à la fois au sein du système éducatif formel et en dehors de celui-ci. Dans les pays à faible revenu, le taux de rendement social de l'enseignement primaire est très élevé (environ 23 %) et l'accroissement des connaissances peut améliorer la productivité du travail ainsi que les revenus. On estime que plus de 65 % de la population des pays en développement travaille dans le secteur agricole : une augmentation du capital humain devrait donc s'avérer extrêmement rentable tant pour la croissance agricole que pour la croissance économique. Mais cela dépend énormément de l'efficacité des dispositifs institutionnels et de la capacité à surmonter les barrières telles que la différence ethnique ou de sexe.

L'éducation des femmes est cruciale pour développer le capital humain. Si l'agriculture était auparavant considérée essentiellement comme une activité masculine (et aujourd'hui encore, il est fréquent que les vulgarisateurs agricoles soient des hommes et interagissent uniquement avec des hommes), l'importance critique des femmes dans les foyers d'agriculteurs est depuis quelques années de plus en plus reconnue.

Les femmes représentent la moitié de la production alimentaire dans les pays en développement. En ASS, où les femmes et les hommes cultivent traditionnellement des parcelles distinctes, ce chiffre atteint même 75 %, les hommes concentrant leurs efforts sur les cultures de rente. Les femmes africaines fournissent 90 % du travail requis pour la transformation des produits alimentaires, et leur revenu a une incidence sur la consommation alimentaire du foyer dans la mesure où elles en consacrent généralement une grande part à l'alimentation et aux soins de santé des enfants.

Les femmes constituent donc un lien essentiel entre la production alimentaire, la consommation et les progrès futurs en matière de sécurité alimentaire : elles sont à la fois des agricultrices, des mères, des éducatrices et des innovatrices. C'est pourquoi il est essentiel de leur garantir un accès identique aux ressources de production. En effet, si les femmes agricultrices pouvaient disposer des

mêmes ressources que leurs homologues masculins, le nombre de personnes souffrant de malnutrition dans le monde pourrait être réduit de 100 à 150 millions.⁶⁹ Les écoles pratiques d'agriculture (FFS), une forme de vulgarisation et d'éducation non-formelles pour adultes visant à accroître les aptitudes des agriculteurs ainsi que la diffusion du savoir au sein des communautés, se sont avérées particulièrement bénéfiques pour les femmes. Au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda, la fréquentation des FFS a entraîné une hausse moyenne du revenu d'environ 60 %, avec 50 % de femmes parmi les participants.⁷⁰

Enfin, la formation des vulgarisateurs agricoles est également un moteur potentiel de l'intensification socio-économique. La vulgarisation, traditionnellement assurée par les secteurs public et privé sur la base d'un modèle descendant de transfert des technologies, a récemment été déléguée aux ONG et aux organisations communautaires locales. En Afrique, de nombreux ménages ruraux frappés par la pauvreté se trouvent dans des zones hétérogènes et complexes où ils sont exposés à nombre de risques divers, ce qui nécessite un système de vulgarisation plus interactif.

De fait, on pense que l'impact limité de la recherche et de la vulgarisation traditionnelles en Afrique s'explique en partie par les modèles plus linéaires et simplifiés qui dominent dans cette région du monde.⁷¹ Les programmes destinés à former les agriculteurs eux-mêmes au rôle de vulgarisateur informel sont dans certains cas parvenus à développer du capital humain, comme le montre l'exemple de Flora Kahumbe, une femme exerçant l'activité de distributeur d'intrants agricoles au Malawi et qui a été formée par RUMARK au métier de vulgarisateur agricole privé (cf. encadré 16). Dans le cadre du programme MAIOD (Malawi Agricultural Input and Output Development, ou Développement des intrants et produits agricoles au Malawi) et grâce au soutien de la Fondation Bill et Melinda Gates,⁷² RUMARK a formé ainsi quelque 1500 vulgarisateurs agricoles entre 2001 et 2005.

CRÉATION DE MOYENS DE SUBSISTANCE DURABLES

L'intensification durable ne concerne pas uniquement les agriculteurs et leur exploitation, mais l'ensemble des membres du foyer vivant dans cette dernière. Une étude récente des ménages rwandais a mis en évidence les nombreux défis que ceux-ci doivent relever pour sortir de la pauvreté (encadré 18).

Les résultats de cette enquête suggèrent les options suivantes pour les ménages pauvres victimes d'insécurité alimentaire :

- Intensification et diversification des modes de production existants ;
- Accroissement de la taille de l'exploitation, lorsque cela est possible ;
- Diversification des moyens de subsistance grâce à l'accroissement des revenus ne provenant pas de la ferme, qu'ils soient agricoles ou non ;
- Amélioration de la couverture et du ciblage des filets de sécurité que sont l'aide et la protection sociales ;
- Amélioration des conditions de vie des ménages ;
- Amélioration de la nutrition des enfants ; et
- Sortie complète du secteur agricole.

Ces différentes stratégies ne sont pas exclusives les unes des autres et elles peuvent être combinées au sein d'un même foyer. De nombreux petits agriculteurs africains ont déjà beaucoup diversifié leurs activités à l'extérieur de leur exploitation et voient leur pouvoir d'achat alimentaire augmenter grâce aux revenus ne provenant pas de la ferme. Toutefois, pour la plupart d'entre eux, l'accroissement de la productivité de leurs terres reste la meilleure solution pour échapper à la pauvreté et à la faim, du moins en attendant que la croissance économique entraîne une croissance bien plus rapide des emplois à l'extérieur de la ferme.

**AGRICULTEURS
AFRICAINS ONT
DÉJÀ BEAUCOUP
DIVERSIFIÉ LEURS
ACTIVITÉS À
L'EXTÉRIEUR DE
LEUR EXPLOITATION
ET VOIENT LEUR
POUVOIR D'ACHAT
ALIMENTAIRE
AUGMENTER GRÂCE
AUX REVENUS NE
PROVENANT PAS DE
LA FERME.**

ENCADRÉ 18 : ANALYSE DES MÉNAGES AU RWANDA⁷³

Le programme alimentaire mondial (PAM), en partenariat avec le Ministère rwandais de l'Agriculture et des Ressources Animales (MINAGRI) et l'Institut National des Statistiques du Rwanda (INSR), procède à une enquête régulière auprès de plus de 5000 ménages rwandais afin d'analyser l'évolution des tendances en matière d'insécurité alimentaire et de malnutrition, en mesurant leur étendue et leur profondeur ainsi qu'en identifiant leurs causes sous-jacentes.

La dernière enquête a révélé que, de manière générale, la production alimentaire augmentait : les marchés fonctionnent relativement bien et les flux des denrées alimentaires à l'intérieur et à l'extérieur du pays sont relativement fluides grâce à un réseau routier et une infrastructure commerciale bien connectés.

Mais l'insécurité alimentaire touche 21 % des ménages :

- Une grande partie d'entre eux se trouvent dans des zones rurales présentant des sols moins fertiles et des terres plus exposées à l'érosion.
- Ces ménages exploitent très souvent de petites parcelles de terre (moins de 0,5 ha) et s'appuient sur un petit nombre seulement de moyens de subsistance.
- Plus les ménages sont éloignés d'un marché ou d'un axe routier majeur, plus ils risquent d'être frappés par l'insécurité alimentaire.
- Ils vivent généralement dans des logements surpeuplés et dépendent d'une agriculture peu rentable ou de travail occasionnel.

La malnutrition des enfants est également monnaie courante :

- La malnutrition chronique entraînant un retard de croissance est « très fréquente » chez les enfants de 6 mois à 5 ans, avec 43 % d'enfants touchés.
- Les enfants souffrant d'un retard de croissance vivent le plus souvent dans des foyers ruraux pauvres et surpeuplés, très éloignés des services essentiels.
- Les mères de ces enfants sont souvent des femmes très jeunes possédant un faible niveau d'éducation et présentant elles-mêmes un retard de croissance.
- Les enfants de 1 à 2 ans ayant consommé des produits laitiers avaient nettement moins de problèmes de croissance que d'autres enfants de la même catégorie d'âge.

CONCLUSION

POUR RÉSUMER, L'INTENSIFICATION DURABLE PEUT CONSTITUER UN NOUVEAU PARADIGME PERTINENT POUR LES PETITS EXPLOITANTS AGRICOLES AFRICAINS DÈS LORS QUE DES RESSOURCES ET PRATIQUES ADAPTÉES ET SUFFISANTES SONT SOUTENUES ET FOURNIES À GRANDE ÉCHELLE.

Il n'est pas rare que le succès puisse être atteint à petite échelle, par exemple au niveau d'une parcelle ou d'une ferme, mais souvent en réalisant seulement un ou deux des objectifs économiques, sociaux et environnementaux. Le défi consiste donc à remplir tous les objectifs et à étendre le succès à un système de production régional ou national.

Les petits agriculteurs africains rencontrent de nombreuses barrières lorsqu'ils cherchent à intensifier durablement leurs revenus, leur production et leur nutrition. L'accès physique aux intrants permettant l'intensification, qui est parfois limité pour de nombreuses raisons, en est une de taille. La propriété foncière doit également être garantie pour que les petits agriculteurs puissent investir dans l'intensification durable. Parallèlement à la sécurité d'occupation des terres, pour les femmes comme pour les hommes, l'intensification nécessite une demande pour le volume accru de produits, des investissements financiers plus importants et plus accessibles (tant à grande échelle que sous forme de micro-crédit), de la main d'œuvre disponible, de meilleures connaissances et compétences, ainsi que l'accès aux marchés amont et aval.

Bien que le concept d'intensification durable soit relativement simple, l'expérience laisse penser qu'elle est difficile à concrétiser, surtout dans sa globalité, c'est-à-dire en utilisant un ensemble plus sophistiqué d'intrants de toutes sortes pour augmenter le volume de produits. L'une des difficultés rencontrées est l'utilisation responsable et efficace des intrants. Si cela peut signifier pour les exploitations des pays développés une réduction de la quantité d'intrants appliqués, pour de nombreux agriculteurs d'ASS, qui n'en utilisent quasiment aucun, une augmentation prudente et précise de leur emploi peut intensifier la production sans nuire à la résilience ni à la durabilité.

Les défis sont aussi complexes que les technologies et les processus requis pour trouver des solutions appropriées. Le paradigme de l'intensification durable montre le chemin à suivre : la recherche d'innovations appropriées (aussi bien technologiques que socio-économiques), des partenariats public-privé et des investissements financiers ciblés, la participation active des petits agriculteurs au processus et, surtout, le leadership politique sont autant d'éléments nécessaires.



LE PANEL DE MONTPELLIER



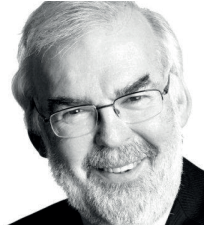
Gordon Conway (Chair)

Professor of International Development, Agriculture for Impact, Imperial College London



Camilla Toulmin (Deputy Chair)

Director, International Institute for Environment and Development (IIED)



Tom Arnold

Chair of the Convention of the Irish Constitution and former Chief Executive, Concern Worldwide



Joachim von Braun

Director, Department of Economic and Technological Change, Center for Development Research, University of Bonn



Henri Carsalade

Chair of the ICARDA Board of Trustees and President of Agropolis Foundation



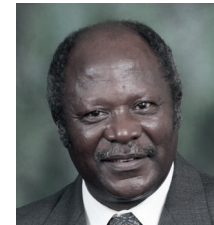
Louise Fresco

Professor, University of Amsterdam



Peter Hazell

Visiting Professor, Imperial College London



Namanga Ngongi

Former President, Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA)



David Radcliffe

Senior Advisor, Agricultural Research for Development DG Development and Cooperation, European Commission



Lindiwe Majele Sibanda

Chief Executive, Food, Agriculture and Natural Resources Policy Analysis Network (FANRPAN)



Ramadjita Tabo

Deputy Executive Director, Forum for Agricultural Research in Africa (FARA)



Prabhu Pingali

Deputy Director, Agricultural Development, Bill & Melinda Gates Foundation (Observer)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Food and Agriculture Organisation. 2012. Globally almost 870 million chronically undernourished - new hunger report. Rome: FAO. <http://www.fao.org/news/story/en/item/161819/>
- 2 Food and Agriculture Organisation. 2012. Globally almost 870 million chronically undernourished - new hunger report. Rome: FAO. <http://www.fao.org/news/story/en/item/161819/>
- 3 United Nations Children's Fund, 2013. Improving child nutrition: The achievable imperative for global progress. New York: UNICEF.
- 4 United Nations, Department of Economic and Social Affairs. 2010. Population division, population estimates and projections section. http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm.
- 5 United Nations, Department of Economic and Social Affairs. 2010. Population division, population estimates and projections section. http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm.
- 6 Null, S. 2011. One in three people will live in Sub-Saharan Africa in 2100, says UN. <http://www.newsecuritybeat.org/2011/06/one-in-three-people-will-live-in-subsaharan-africa-in-2100-says-un/#.UUMIVxA230>
- 7 Mo Ibrahim Foundation, 2011. African Agriculture: From meeting needs to creating wealth. Tunis: Mo Ibrahim Foundation.
- 8 Bongaarts, J. and Casterline, J. 2013. Fertility transition: is sub-Saharan Africa different? Population and Development Review. 38: 153-168.
- 9 African Development Bank Group. 2011. Africa in 50 years' time: the road towards inclusive growth. <http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/Africa%20in%2050%20Years%20Time.pdf>
- 10 Global Harvest Initiative. 2012. GAP report. <http://www.globalharvestinitiative.org/index.php/gap-report-gap-index/2012-gap-report/>
- 11 Toennissen, G., Adesina, A. and DeVries, J. 2008. Building an Alliance for a Green Revolution in Africa. Annals of New York Academy of Sciences. 1136: 233-242. http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/nyas_building_agra.pdf
- 12 Jansky, L., & Chandran, R. (2004). Climate change and sustainable land management: Focus on erosive land degradation. Journal of the World Association of Soil and Water Conservation, 4, 17-29.
- 13 Food and Agriculture Organisation. 2010. FAOSTat. Rome: FAO. <http://faostat.fao.org/>
- 14 Mo Ibrahim Foundation, 2011. African Agriculture: From meeting needs to creating wealth. Tunis: Mo Ibrahim Foundation.
- 15 International Food Policy Research Institute. 2012. 2011 global food policy report. Washington, DC: IFPRI. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/oc72.pdf>
- 16 Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R. and Ringler, C. 2009. Economywide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. IFPRI Research Brief 15-15. Washington, DC: IFPRI. http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rb15_15.pdf
- 16 Pretty, J. No date. Sustainable intensification of agriculture. http://www.julespretty.com/Sustainable_Ecological_Agri.html
- 17 Asian Development Bank et al. 2007. Investment in agricultural water for poverty reduction. (Footnotes)
- 18 Food and Agriculture Organisation. 2010. FAOSTat.
- 19 Farm Foundation. 2011. What's driving food prices in 2011?
- 20 Food and Agriculture Organisation. 2010. FAOSTat.
- 21 Kapalanga, T. 2008. A review of land degradation assessment methods. Land Restoration Training Programme Final Report. <http://www.unlrlt.is/static/fellows/document/taimi-1-.pdf>; UN News Centre. 2004. Annan urges tougher action against creeping desertification. <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=11059&Cr=desert&Cr1=#.UV2VGpPqm30>
- 22 von Braun, J., Gerber, N., Mirzabaev, A. and Nkonya, E. 2012. The economics of land degradation. Center for Development Research, University of Bonn. http://www.globalsoilweek.org/wp-content/uploads/GSW_IssuePaper_Economics-of-Land-Degradation.pdf
- 23 Food and Agriculture Organisation. 2012. Coping with water scarcity: an action framework for agriculture and food security. FAO Water Reports
- 24 Asian Development Bank et al. 2007. Investment in agricultural water for poverty reduction.
- 25 Food and Agriculture Organisation. 2010. FAOSTat.
- 26 Food and Agriculture Organisation. 2002. World agriculture: towards 2015/2030. Rome: FAO. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm>
- 27 International Food Policy Research Institute. 2012. 2011 global food policy report. Washington, DC: IFPRI. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/oc72.pdf>
- 28 IITA. 2009. Maize. Overview. http://old.iita.org/cms/details/maize_project_details.aspx?zoneid=63&articleid=273
- 29 One Acre Fund. 2013. Program model. http://www.oneacrefund.org/how_it_works/program_model
- 30 One Acre Fund. 2012. Year-end 2012 performance report. http://www.oneacrefund.org/files/reports/OneAcreFund_SixMonthReport_Fall2012.pdf
- 31 Pretty, J., Toulmin, C. and S. Williams. 2011. Sustainable intensification in African agriculture. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 5-24; Royal Society. 2009. Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. London: Royal Society.
- 32 Pretty, J. 1997. The sustainable intensification of agriculture, Natural Resources Forum, Blackwell Publishing Ltd.
- 33 Pretty, J. 1997. The sustainable intensification of agriculture, Natural Resources Forum, Blackwell Publishing Ltd.
- 34 Terazono, E. 2012. Fertiliser industry warns of surplus. Financial Times. <http://www.ft.com/cms/s/0/bae17b7e-b56c-11e1-b8d0-00144feabdc0.html#axzz2JSjibMKP>
- 35 Morris, M., Kelly, V., Kopicki, R. and Byerlee, D. 2007. Fertilizer use in African agriculture. Lessons learned and good practice guidelines. Washington, DC: World Bank. <http://www.worldbank.org/html/extdr/fertilizeruse/documentspdf/HighPrices.pdf>
- 36 Morris, M., et al. 2007. Fertilizer use in African agriculture.
- 37 Cordell, D. 2010. The story of phosphorus: sustainability implications of global phosphorus scarcity for food security. Linköping University Press. <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:291760>
- 38 Erisman, J.W., Sutton, M., Galloway, J., Klimont, Z. and Winiwarer, W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience. 1: 636-639.
- 39 AfricaFertilizer.org. 2009. Fertilizer use in Africa. <http://www.africafertilizer.org/About-Us/Who-we-are/Fertilizer-Use-in-Africa.aspx>
- 40 Henao, J. and Baanante, C. 2006. Agricultural production and soil nutrient mining in Africa: implications for resource conservation and policy development. Alabama, US: IFDC.
- 41 International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2009.

Fertilizer microdosing. Boosting production in unproductive lands. <http://www.icrisat.org/impacts/impact-stories/icrisat-is-fertilizer-microdosing.pdf>

44 Spedding, C. 1996. Agriculture and the citizen. London: Chapman and Hall.

45 UNESCO. 2006. Water - A Shared Responsibility: The United Nations World Water Development Report 2. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405e.pdf>

46 Consultative Group on International Agricultural Research. No date. Water for dry land farming with zai: a climate smart response in arid

regions. CGIAR Challenge Program on Water and Food. http://www.iwmi.cgiar.org/News_Room/Archives/Durban_Climate_Change_Conference/PDF/zai.pdf

47 Sawadogo, H. 2011. Using soil and water conservation techniques to rehabilitate degraded lands in northwestern Burkina Faso. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 120-128.

48 Conway, G. 2012. One Billion Hungry: Can we feed the world? Ithaca: Cornell University Press.

49 Food and Agriculture Organisation. 2010. Improving nutrition through home gardening. Rome: FAO. http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/household_gardens_en.stm

50 Muhangi, G., Roothaert, R., Webó, C. and Stanley, M. 2011. African indigenous vegetable enterprises and market access for small-scale farmers in East Africa. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 194-202.

51 World Agroforestry Centre. No date. Faidherbia Albida. Keystone of evergreen agriculture in Africa. http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/F_a_keystone_of_Ev_Ag.pdf

52 Hassanali, A., Herren, H., Khan, Z., Pickett, J., and Woodcock, C. 2008. Integrated pest management: the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. Philosophical Transactions of the Royal Society London 363:611-621.

53 Food and Agriculture Organisation. No date. Integrated production and pest management programme in West Africa. Gestion Intégrée de la Production et des Déprédateurs. Rome: FAO. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/IPM/IPPM_West_Africa.pdf

54 Conservation Farming Unit. 2013. CFU Zambia: welcome! <http://conservationagriculture.org/>

55 Rothamsted. 2006. Long-term experiments. <http://www.rothamsted.ac.uk/resources/LongTermExperiments.pdf>

56 Goulding, K., Trewavas, A. & Giller, K. 2011. Feeding the world: a contribution to the debate. World Agriculture. 2: 32-38.

57 Food and Agriculture Organisation. 2004. Rice and narrowing the yield gap. Rome: FAO. http://www.unis.unvienna.org/documents/unis/calendar/year_of_rice/factsheet5.pdf

58 Somado, E., Guei, R. and Keya, S. (eds). 2008. NERICA: the new rice for Africa - a compendium. Africa Rice Center (WARDA) <http://www.africarice.org/publications/nerica-comp/Nerica%20Compendium.pdf>

59 HarvestPlus. 2012. Disseminating orange-fleshed sweet potato: findings from a HarvestPlus project in Mozambique and Uganda. <http://www.harvestplus.org/content/disseminating-orange-fleshed-sweetpotato-findings-harvestplus-project-mozambique-and-uganda>

60 Food and Agriculture Organisation. 2013. Wheat stem rust - UG99 (Race TTKSK). Borlaug Global Rust Initiative. <http://www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/rust-report/stem-ug99racettksk/en/>

61 African Agricultural Technology Foundation. 2012. Water Efficient Maize for Africa (WEMA). <http://wema.aatf-africa.org/about-wema-project>

62 Makoye, K. 2012. Tanzania: Water-efficient maize boosts harvests for drought-hit farmers. AlertNet. <http://allafrica.com/stories/201205141155.html>

63 Giller, K., Murwira, M., Dhlwayo, D., Mafongoya, P. and Mpeperek, S. 2011. Soybeans and sustainable agriculture in southern Africa. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 50-58.

64 Alliance for a Green Revolution in Africa. 2013. AGRA in Ghana. <http://www.agra.org/AGRA/en/where-we-work/agra-in-ghana/>

65 Alpert, E. 2011. Agro dealers in Malawi make sure seeds grow. ONE. <http://www.one.org/us/2011/03/30/agro-dealers-in-malawi-help-makesure-seeds-grow>

66 Roothaert, R. and Magado, R. 2011. Revival of cassava production in Nakasongola District, Uganda. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 76-81.

67 OECD. No date. The story of Faso Jigi, a cereal farmer's collective in Mali. <http://www.oecd.org/dac/povertyreduction/48869482.pdf>

68 Wainaina, P., Okello, J. and Nzuma, J. 2012. Impact of contract farming on smallholder poultry farmers' income in Kenya. Paper presented at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz de Iguaçu, Brazil, 18-24 August, 2012. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/126323/2/PRISCILLA-IAAE.pdf>

69 Food and Agriculture Organisation. 2011. The state of food and agriculture 2010-2011. Rome: FAO. <http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>

70 Settle, W. and Garba, M.H. 2011. Sustainable crop production intensification in the Senegal and Niger River basins of francophone West Africa. International Journal of Agricultural Sustainability. 9: 171-185; Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D., Odendo, M., Miiro, R. and Nkuba, J. 2010. Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. Washington, DC: IFPRI. <http://www.ifpri.org/publication/impact-farmer-field-schools-agricultural-productivity-and-poverty-east-africa>

71 van Rijn, F., Bulte, E. & Adegunle, A. 2012. Social capital and agricultural innovation in Sub-Saharan Africa. Agricultural Systems 108: 112-122.

72 World Food Programme. 2012. Rwanda - Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis and Nutrition Survey, December 2012. <http://www.wfp.org/content/rwanda-comprehensive-food-securityvulnerability-analysis-nutrition-survey-dec-2012>

Ce rapport doit être cité comme suit :

Un rapport du Panel de Montpellier 2013,

L'intensification durable : un nouveau paradigme pour l'agriculture africaine

Crédits photo :

Couverture : Flickr 'tlupic'

P10 : Africa Rice Center

P14 : Gordon Conway

Gordon Conway

P16 : Flickr 'tlupic'

P19 : Gordon Conway

Gordon Conway

P21 : Iris Krebber

P22 : Jessie Luma

P25 : Gordon Conway

P26 : Gordon Conway

P27 : Gordon Conway

P37 : Flickr 'Africa Renewal'

AGRICULTURE FOR IMPACT

GROWING OPPORTUNITIES
FOR AFRICA'S DEVELOPMENT



AGRICULTURE FOR IMPACT

Imperial College London
15 Princes Gardens
London SW7 1NA

Téléphone : +44 (0) 20 7594 9311

Site web : www.ag4impact.org

Twitter : @ag4impact

AVEC LE SOUTIEN DE :



agropolis fondation