



© Inra / Maurice Mahieu

Troupeaux sous les Tropiques

Les productions animales au Sud se trouvent dans une situation paradoxale : d'une part, répondre à une demande croissante, surtout dans les pays émergents, et d'autre part, ne pas trop empiéter sur les cultures alimentaires humaines et maîtriser les impacts de l'élevage sur l'environnement. Des élevages intensifs aux troupeaux du Sahel, la palette des systèmes d'élevage est large. C'est de cette diversité que s'inspire la recherche pour proposer des pistes d'amélioration tant en efficacité qu'en durabilité, pistes à adapter au cas par cas. Ce dossier montre des exemples de travaux menés conjointement par l'Inra et le Cirad qui allient leurs compétences complémentaires : connaissances génériques, expérimentations, mais aussi enquêtes sur le terrain et formation.



© Inra / Maurice Mahieu

1 L'élevage en régions chaudes : un enjeu pour la recherche

En 2050, les prospectives internationales tablent sur le doublement des productions animales, localisées surtout dans les « pays du Sud ». L'élevage a, dans ces régions, un poids économique et social particulièrement fort. Mais il est confronté à trois problématiques : une consommation en augmentation, une compétition entre les terres destinées à l'alimentation animale et celles consacrées à l'alimentation humaine, et enfin les impacts environnementaux des activités d'élevage.

Dans la plupart des pays, on observe que l'augmentation de la consommation de viande est directement proportionnelle à l'augmentation des revenus. Ce phénomène général est particulièrement marqué depuis vingt ans dans des pays émergents tels que la Chine, le Brésil et l'Inde. Le doublement des productions animales anticipé pour 2050 permettra seulement aux habitants du Sud d'atteindre un tiers de la consommation des habitants du Nord.

L'élevage gagne du terrain et s'intensifie au Sud

L'élevage au Sud tend à s'intensifier et à se spécialiser, ce qui répond à des

finalités d'économie d'échelle et d'accès au marché. La taille moyenne des élevages augmente rapidement dans de nombreuses régions tandis que le nombre d'éleveurs diminue (FAO, 2009). Les élevages se spécialisent et tendent à se concentrer à la périphérie des villes au détriment des zones rurales. Ce sont les élevages de monogastriques qui se développent le plus vite : +280% et +200% respectivement pour les effectifs de volailles et de porcs, depuis 1960, contre seulement +50% pour les ruminants. L'intensification induit divers effets négatifs selon les régions, tels que : surpâturage en terres semi-arides (Afrique et Inde), déforestation en Amazonie, accumulation

Chiffres clés

- **70%** des animaux d'élevage sont chez des éleveurs hors pays industrialisés
- **La moitié** des cultures vivrières dans les agricultures familiales des pays en développement utilise des animaux de trait
- L'élevage emploie **1,3 milliard** de personnes dans le monde et contribue à faire vivre **1 milliard** de pauvres dans les pays du Sud

Pour une vision d'ensemble des impacts de l'élevage (cas des ruminants)

d'effluents d'élevage (Asie du Sud-Est, régions insulaires) ou encore régression des systèmes polyculture/élevage dans les régions tropicales d'altitude (Afrique centrale, corne de l'Afrique, Indonésie, Népal).

L'élevage remis en question

Deux conséquences apparaissent critiques. D'une part, l'augmentation prévisible des surfaces consacrées à l'élevage, dans un contexte de compétition possible avec les cultures alimentaires humaines. Car il faut compter non seulement les pâturages, qui occupent déjà près de 30% des terres émergées hors gel, mais aussi les cultures pour nourrir les animaux (un tiers des terres cultivées sont dédiées à la production d'aliments pour le bétail).

D'autre part, au Sud comme au Nord, les impacts défavorables de l'élevage sur l'environnement sont pointés du doigt depuis les années 90, avec un point d'orgue lors de la parution d'un rapport de la FAO (1), selon lequel les activités d'élevage contribueraient à elles seules à 18% des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine (2). Plus récemment, deux autres rapports majeurs (3) nuancent ce constat en prenant en compte les services écologiques offerts par l'élevage, son rôle économique et social, et les bienfaits des produits animaux sur la santé humaine, en particulier sur le développement des enfants (voir tableau).

L'élevage ne sert pas qu'à produire des aliments

La logique de l'intensification répond principalement à la fonction produc-

IMPACTS POSITIFS	IMPACTS NÉGATIFS
Source de protéines animales	Consommation de ressources : eau, énergie, phosphates, etc.
Valorisation des espaces prairiaux et des végétaux non consommables par l'homme	Compétition animal/humain pour les ressources alimentaires
Pourvoyeur majeur de fertilisation organique	Pollution des eaux et des sols (nitrates)
	Emissions de gaz à effet de serre (CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O)
Prairies : stockage de carbone	Déforestation : émission de CO ₂
Traction pour l'agriculture	Compaction et dégradation des sols
Sécurisation monétaire, valeurs culturelles, religion	
Selon les systèmes : maintien de la biodiversité et entretien du paysage	Selon les systèmes : dégradation de la biodiversité et du paysage

LA COMPLEXITÉ des impacts contrastés de l'élevage fait qu'il est très difficile d'en établir un bilan global positif ou négatif, et ce d'autant plus qu'il existe une grande variété de systèmes présentant des impacts également très divers.

tive de l'élevage (viande, lait, œufs, laine...). Mais l'élevage possède bien d'autres rôles qui sont de plus en plus considérés dans les réflexions internationales. D'abord, particulièrement au Sud, il représente un capital sur pied qui participe à la sécurisation des familles. Nombre d'éleveurs ne s'inscrivent pas dans une logique de marché où primerait la productivité, mais dans des stratégies de préservation de leur troupeau face aux aléas pour

garder une réserve monétaire. De plus, les formes de polyculture/élevage, souvent moins productives que les élevages spécialisés, ont un rôle économique indirect en modelant les paysages et en maintenant une diversité de ressources, là encore bénéfique en cas d'aléas.

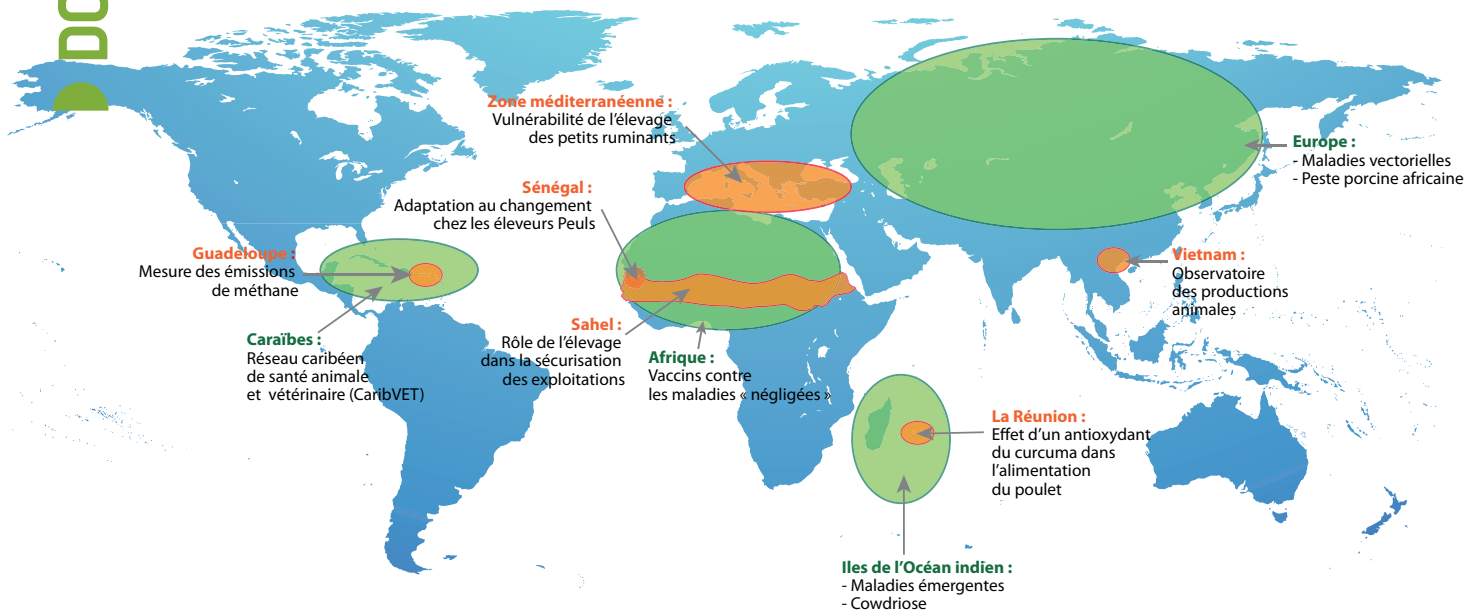
Ces fonctions supplémentaires de l'élevage diffèrent selon les régions, Sahel, Amazonie, Vietnam, etc. La recherche les prend en compte, ainsi

Pâturages versus forêt : quel bilan carbone ?

Un exemple de recherche pour tenter d'évaluer les impacts contradictoires de l'élevage consiste à mesurer les gains et pertes en émissions de GES lorsqu'on remplace de la forêt tropicale par des élevages de ruminants. C'est le cas en Guyane où la forêt représente 90% du territoire et où des portions de cette forêt sont défrichées pour développer, entre autres, la filière bovine, qui ne couvre actuellement que 15% de la consommation. Le projet CARPAGG*, qui associe étroitement le Cirad et l'Inra, s'appuie sur des installations de mesure de flux de carbone (C) mises en place par les deux instituts à la fois en forêt et dans des prairies issues de déforestation, ce qui permet d'avoir des mesures comparables. Les résultats en cours montrent que le stock de carbone du sol des prairies augmente avec le temps jusqu'à dépasser celui des forêts d'origine : de 130 à 141 tonnes de C par ha sous prairies de plus de trente ans, contre 80 à 112 tonnes de C par ha dans les sols des forêts témoins. Les prairies tropicales guyanaises sont donc capables dans certaines conditions de compenser les pertes en C du sol occasionnées par la déforestation. Par contre, au niveau de la biomasse végétale aérienne, les stocks de carbone accumulés par la forêt restent supérieurs : 150 et 250 tonnes par ha en Guyane. Ces travaux, en lien avec les autres dispositifs de CARPAGG (mesures des flux de CO₂ atmosphérique, de méthane et de N₂O) fourniront des références pour les autres pays de la zone amazonienne comme le Brésil où le processus de défrichage en faveur de l'élevage a été jusqu'à présent de bien plus grande ampleur.

* Le projet CARPAGG, « CARbone des PAturages de Guyane et GES », 2010-2013, co-financé par les Fonds européens de développement régional (Feder) et le Cirad, est coordonné par l'UMR SELMET : Systèmes d'Élevage en milieux Méditerranéens et Tropicaux, et associe les unités INRA UREP (Unité de recherche sur l'Écosystème Prairial) de Clermont-Ferrand, URZ (Unité de Recherches Zootechniques) des Antilles et l'UMR ECOFOG (Ecologie des Forêts de Guyane).

Exemples de programmes en cours (Inra et/ou/Cirad) dans les domaines des systèmes d'élevage (en orange) et de la santé (en vert)



que leur influence sur l'évolution des systèmes d'élevage et l'acceptabilité des innovations.

Que fait la recherche ?

Dans ce contexte, la recherche s'emploie à explorer et à évaluer les différents systèmes dans toutes leurs composantes et leur diversité (l'animal et son adaptation, son alimen-

tation, sa santé, les produits et la qualité, le marché et les filières) à plusieurs échelles : animal, exploitation, territoire, sans oublier la dimension sociale. Il s'agit de dégager des pistes pour concevoir des systèmes d'élevage durables, à partir des situations locales. Une des voies consiste à remettre en synergie l'agriculture et l'élevage dans des systèmes combi-

nant mieux productions animales et végétales.

- (1) Steinfeld *et al.* Rapport Livestock's long shadow - l'ombre portée de l'élevage - 2006.
- (2) Dioxyde de carbone CO₂, méthane CH₄, protoxyde d'azote N₂O.
- (3) Millenium Ecosystem Assessment 2005, Steinfeld *et al.*, 2010.

La complémentarité Inra/Cirad

Jean-Baptiste Coulon, chef de département adjoint du département « Physiologie animale et systèmes d'élevage » à l'Inra et Philippe Lecomte, directeur de l'UMR Selmet* au Cirad, coordonnent le chantier de recherche Inra/Cirad sur les productions animales en régions chaudes**. Ils expliquent tout le bénéfice de cette association.

J.-B. Coulon : il y a un besoin de connaissances génériques pour lever des verrous relevant de la physiologie, de la génétique, de la santé ou liés aux systèmes de production. Pour cela, les compétences disciplinaires de l'Inra peuvent être mises à profit au Sud comme au Nord. Réciproquement, les connaissances progressent mieux quand on élargit la gamme des situations étudiées : par exemple, étudier la robustesse des animaux dans les pays du Sud peut permettre de découvrir de nouveaux mécanismes biologiques d'adaptation. Le Cirad, quant à lui, possède des terrains d'observation et d'enquêtes dans de nombreuses régions du monde ainsi qu'une bonne connaissance des contextes et des acteurs locaux.

P. Lecomte : il y a aussi des synergies dans le champ de l'expérimentation. En effet, nous avons de plus en plus besoin de mesures pour évaluer des impacts économiques, environnementaux et dresser des bilans. Et nous n'avons pas toujours les moyens de le faire dans certains pays. Par exemple, la mesure de l'émission de méthane est techniquement peu réalisable dans les élevages en Afrique. Par contre, nous pouvons le faire dans les installations expérimentales de l'Inra en Guadeloupe par exemple, dont le climat tropical est comparable à celui de l'Afrique sub-saharienne. De plus, l'association Inra/Cirad, qui apporte une masse critique de compétences ainsi que la volonté de maintenir des systèmes d'observation en situations difficiles, est très attractive, tant pour les organismes internationaux (FAO, ILRI), que pour les instituts du Sud. Dans le cadre du consortium Agreenium*** qui rapproche recherche et enseignement agronomiques, elle augmente le pool de chercheurs impliqués, donc le potentiel d'échanges et de formation, particulièrement en Afrique francophone. Mais aussi ailleurs... le Brésil par exemple s'apprête à envoyer 250 doctorants en France.

*Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux pour le pôle arc méditerranéen.

** Un autre chantier Inra/Cirad est en cours sur les questions de santé animale (voir partie 3).

*** Agreenium : consortium national pour l'agriculture, l'alimentation, la santé animale et l'environnement, créé en 2009 réunissant l'Inra, le Cirad, les Ecoles supérieures agronomiques de Paris, Montpellier et Rennes ainsi que l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.



© IRD / Olivier Barrière

2 A la recherche d'une production durable et locale

De l'animal à son alimentation et à son mode de conduite, la recherche s'intéresse à toutes les composantes de l'élevage. Les travaux conduits au centre Inra des Antilles-Guyane en sont une bonne illustration.

Dans la Caraïbe comme dans d'autres régions du Sud, l'élevage oscille entre des systèmes « modernes » et des systèmes plus traditionnels. Ces derniers concernent aux Antilles un plus grand nombre d'éleveurs et ont une forte portée sociale dans cette région où le taux de chômage est particulièrement élevé. Cette situation offre aux chercheurs l'opportunité d'étudier, dans les mêmes conditions, les deux modèles et tous leurs intermédiaires. L'Inra possède aux Antilles une de ses trois unités dédiées à l'élevage en régions chaudes (1). Située en Guadeloupe, l'unité de recherches zootechniques (URZ) regroupe une cinquantaine de personnes. L'URZ possède une plateforme expérimentale très bien équipée et déployée sur deux sites, l'un en zone sèche et l'autre en zone humide, ce qui permet

d'étudier une diversité de milieux physiques et de systèmes (pâturages ou hors-sol). Les expérimentations en milieu tropical réalisées à l'URZ complètent les études de terrain effectuées par les autres unités et inversement.

L'adaptation, critère clé de recherche

« On est allé, dans les années 70, jusqu'à importer en Guadeloupe la chèvre alpine, le cochon chinois et la vache frisonne ! analyse Danielle Célestine-Myrtil-Marlin, présidente du centre Inra Antilles-Guyane. Les objectifs de la recherche étaient alors d'adapter et d'implanter les espèces de métropole aux écosystèmes tropicaux. Mais beaucoup ne résistaient ni au climat tropical, ni au parasitisme ou aux maladies présentes, et ne s'adaptait pas aux ressources alimentaires disponibles. La

recherche s'est alors tournée vers l'étude et la valorisation des ressources locales ». Tout en conservant des compétences dans l'étude des systèmes d'élevage intensifs, les chercheurs caractérisent depuis quinze ans la génétique des races locales Créoles porcines, bovines, ovines et caprines. Ils traquent les mécanismes physiologiques de l'adaptation. Face aux contraintes des régions chaudes (température, humidité, maladies), les races Créoles ont en effet développé d'importantes capacités d'adaptation. Avec le changement climatique et les crises sanitaires, ces races locales constituent un réservoir de gènes d'un intérêt majeur. Par l'étude des comportements et de la génétique des porcs Créoles et non Créoles, l'Inra explore actuellement des outils de sélection génétique pour améliorer la résistance des élevages à la chaleur, contrainte majeure pour le

bien-être et la productivité animale. David Renaudeau, chercheur à l'URZ, explique « *actuellement, la recherche des zones du génome impliquées dans le déterminisme de l'aptitude à tolérer la chaleur est en cours. Ces travaux permettront à terme de développer des méthodes de sélection plus efficaces, basées sur les marqueurs moléculaires. Débutés en 2011, ils reposent sur un dispositif basé sur des croisements entre des porcs Créole et Large White* ». Les chercheurs se sont ainsi aperçus que la température rectale du porc, critère le plus fréquemment utilisé pour caractériser la sensibilité des animaux à la chaleur, est un caractère partiellement héritable génétiquement qui pourrait devenir un critère de sélection pour améliorer la productivité porcine en régions tropicales humides.

Les races Créoles ont aussi développé des résistances aux maladies, nombreuses en climat tropical. Les chercheurs étudient depuis 2000 les gènes impliqués dans la résistance des petits ruminants aux strongles gastro-intestinaux (parasites du tube digestif occasionnant des pertes de production importantes). Ils étudient également le déterminisme génétique de la sensibilité à la coudriose, maladie mortelle d'origine bactérienne et transmise par des tiques.

« *Ces recherches sur les populations animales indigènes restent cependant insuffisantes dans de nombreuses zones tropicales* » analyse Maryline Boval, directrice de l'URZ. En 2007, la FAO a identifié 7 045 races locales et 1 051 races transfrontières. Deux tiers de ces races sont localisés dans les pays

La génétique au service de l'histoire des races Créoles

Utilisant des méthodes modernes de génotypage et d'analyse de la diversité génétique, Michel Naves, chercheur à l'URZ, en collaboration avec l'équipe GABI* de Jouy-en-Josas, retrace l'histoire des races Créoles. Ces races se sont différenciées sous l'influence de facteurs divers : migration et métissage entre races d'origine diverses, sélection naturelle influencée par le milieu ambiant et orientation dictée par l'homme en fonction des usages. Les principales espèces d'élevages actuelles n'existaient pas dans la Caraïbe et les Amériques jusqu'à la colonisation au XV^e siècle. Les colons espagnols et portugais y implantèrent des animaux utilisés comme réserves de nourriture (lait, viande) et de services (cuir, traction...). Puis, le « commerce triangulaire » avec les comptoirs d'Afrique de l'Ouest a introduit régulièrement, entre le XVI^e et le début du XIX^e siècle, des animaux domestiques issus de cette région. On retrouve ainsi une forte composante génétique d'origine africaine dans les races ovines à poils de la Caraïbe, chez les chèvres Créoles des Antilles, et chez le bovin Créole de Guadeloupe, et jusque chez les races locales du Brésil. Des échanges ont également eu lieu entre les îles de la Caraïbe et le continent américain. A partir du XIX^e siècle, des introductions avec des croisements plus ou moins organisés de zébus indiens et plus récemment de races européennes ont modifié le cheptel bovin de la région Amérique-Caraïbe. En revanche, les introductions d'animaux de races pures spécialisées d'origine tempérée ont eu peu de succès, du fait des contraintes de l'environnement tropical. Les chercheurs de l'Inra ont déterminé la contribution des différents rameaux au génome du bovin Créole de Guadeloupe : une prédominance d'origines zébu (38 %) et taurine africaine (36 %), et plus faiblement européenne (26 %), principalement d'Europe du Sud (17 %). Des « signatures de sélection » sont observées dans différentes régions génomiques, dont certaines semblent être associées à des caractères d'adaptation (solidité du squelette, métabolisme lipidique, développement embryonnaire, résistance aux maladies).

* UMR GABI : Génétique animale et biologie intégrative.

en voie de développement et restent mal caractérisés sur le plan phénotypique et génétique.

De nouvelles ressources alimentaires locales pour plus d'autonomie

Alors que les données abondent sur les propriétés nutritives des grandes matières premières d'exportation : maïs, soja, sorgho, que sait-on des ressources des régions chaudes telles que les tubercules et fruits amylacés, les protéagineux, les graminées et les légumineuses indigènes de ces régions qui pourraient servir aussi dans l'alimentation animale ? Car pour utiliser de façon optimale ces ressources locales pour nourrir ses bêtes, l'éleveur a besoin de connaître plusieurs paramètres, tels que la valeur nutritive de l'aliment (sa composition chimique, en protéines, sucres, fibres, etc.), sa digestibilité (proportion ingérée qui est retenue par l'animal), son ingestibilité (quantité pouvant être ingérée



© Inra / Maurice Mahieu

PORCS CRÉOLES.

par l'animal). C'est pourquoi l'Inra, le Cirad et l'Association française de zootechnie se sont associés dans un programme de quatre ans pour fournir ces données sous forme de tables d'alimentation en régions chaudes, à l'instar des tables vertes bien connues pour les régions tempérées. Pour cela, les chercheurs collectent le maximum d'informations à partir de la bibliographie et de leurs contacts dans différentes régions du monde, Asie, Afrique, et Amérique latine. Ces informations primaires sont rassemblées dans un premier temps sous forme d'une base de données, qui sera hébergée sur le site de la FAO. Partie prenante de ce projet d'ampleur internationale, la FAO en finance une partie. 700 fiches descriptives d'aliments seront disponibles en 2013. Outre les données de nutrition de base, elles contiendront d'autres types d'informations pour une évaluation multicritère plus complète, par exemple, les propriétés médicinales ou la valeur environnementale (consommation d'énergie et d'intrants pour produire l'aliment, conséquences de leur utilisation sur la composition des effluents émis par les animaux).

La synergie élevage/agriculture
Les chercheurs de l'URZ de Guadeloupe ont braqué leur loupe sur les systèmes traditionnels de pycul-



BOVINS CRÉOLES en saison sèche, élevage au piquet, complémentation avec feuilles de canne à sucre (en arrière-plan).

© Inra / Maurice Mahieu

ture/élevage qui concernent 80% des exploitations antillaises. Grâce à une approche biotechnique fouillée, ils mettent en valeur les potentialités de ces systèmes et proposent des pistes

pour les valoriser au mieux. Le principe de base est la complémentarité entre culture et élevage : les animaux sont nourris par les résidus agricoles et fournissent en retour l'amendement organique du sol par leurs déjections. Il en est ainsi par exemple des exploitations combinant la canne à sucre et des troupeaux mixtes porcs-ruminants ou encore de plantations de banane associée à l'élevage de porcs. Véritables banques d'énergie, la canne à sucre et la banane présentent l'avantage d'être disponibles pendant toute la période d'engraissement des animaux. Les chercheurs ont montré récemment que le jus de canne ou la banane peuvent couvrir tous les besoins énergétiques des porcs sans recourir à l'usage de céréales importées. En ajoutant du tourteau de soja (pour l'instant incontournable pour l'apport azoté), on obtient le même taux de croissance qu'avec un aliment industriel complet (céréales/tourteau de soja), avec un coût énergétique divisé par deux, du fait de l'économie réalisée sur la fabrication et le transport des aliments. De plus, ces systèmes peuvent valoriser le porc Créole, bien adapté au climat et à la chair particulièrement goûteuse. En effet, avec une nourriture optimale, son taux de croissance, situé habituellement autour de 150-300 g/j, peut

Le manioc et la banane, futurs alicaments ?

Les feuilles de manioc, outre leur richesse en azote, contiennent des tanins condensés et autres métabolites secondaires, qui ont une action protectrice contre un parasite gastro-intestinal* responsable de dégâts importants chez les ovins et caprins. C'est ce qu'ont montré les chercheurs de l'URZ : l'apport de feuilles de manioc dans la ration (composée aussi de foin et de tubercules de manioc pour l'apport en glucides) permet de diminuer de moitié les infections expérimentales par le parasite chez des agneaux Créoles. « Le manioc pourrait ainsi servir d'aliment, à la fois aliment et médicament, explique Carine Marie-Magdeleine. En plus, cela permettrait de valoriser les déchets de récolte, puisqu'actuellement, seuls les tubercules de manioc sont valorisés ». Le problème du manioc est qu'il contient aussi des métabolites cyanogènes, qui produisent du cyanure après ingestion. « Mais on arrive à éliminer complètement cette toxicité en faisant faner les feuilles, complète la chercheuse. Nous poursuivons les recherches sur le mécanisme d'action des tanins condensés sur le parasite. Ainsi, on connaîtra mieux les potentialités du manioc, encore peu utilisé en alimentation animale aux Antilles ». Les chercheurs, dont la stratégie est de valoriser les coproduits des cultures, étudient aussi un autre alicament potentiel : les feuilles et le tronc de bananier, qui possèdent aussi des propriétés antiparasitaires, vraisemblablement via des molécules de la famille des terpénoïdes.

* Le nématode *Haemonchus contortus*.

atteindre 600 g/j. (2). En conditions expérimentales, 0,5 ha de canne ou de banane peut engraisser 30 porcs. L'introduction de ruminants permet de valoriser toutes les parties de la canne à sucre (y compris bagasse et tête de canne), condition pour la rentabilité de l'exploitation. La banane est moins chère que la canne car on utilise des bananes déclassées, qui représentent jusqu'à 15 à 20% de la production. L'ensemble des données accumulées sur ce type d'exploitations a permis aux chercheurs de les modéliser et de calculer, entre autres, les équilibres optimaux entre les surfaces cultivées et les effectifs d'animaux.

Les recherches se poursuivent pour utiliser d'autres ressources alimentaires locales, en particulier pour l'apport en azote : feuilles de manioc, de patate, etc. Sont étudiés, entre autres, les éventuels facteurs antinutritionnels et les traitements biotechnologiques qui pourraient les réduire, rendre ces produits plus ingestibles et digestibles (séchage, ensilage, conversion en farine). Pour Harry Archimède, directeur de recherche à l'URZ, « *il y a des obstacles à surmonter pour que ces innovations soient acceptées par les agriculteurs, par exemple le coût en travail ou la réputation de toxicité de certains végétaux, comme le manioc. Mais pas seulement... Le progrès est toujours plus rapide sur les critères biotechniques que sur l'appropriation de nouvelles pratiques. Il faut aussi considérer les critères*

L'agro-écologie à l'œuvre en Afrique

Harry Archimède témoigne à la suite d'un récent voyage effectué en Afrique dans le cadre d'une collaboration Inra/Cirad.

Au Mali et au Burkina Faso, j'ai pu visiter des exploitations qui illustrent parfaitement le concept d'agro-écologie que nous cherchons à retrouver dans les pays du Nord et d'autres régions du Sud. Elles sont basées sur des associations entre végétaux d'une part, et entre animaux et végétaux, d'autre part. Par exemple, le pois, culture à cycle court qui occupe la strate basse de l'espace, est associé à des céréales, maïs, ou sorgho, ou millet, cultures à cycle plus long et qui occupent la strate haute. Ainsi, on a une occupation maximale du sol dans l'espace et dans le temps. Le pois limite le développement des mauvaises herbes en couvrant le sol et apporte de l'azote en tant que légumineuse. Ses grains sont consommés par l'homme et les fanes par les animaux, qui contribuent eux-mêmes à la fertilisation organique du sol. Le maïs sert de tuteur à certaines variétés grimpantes de pois, sans que cela pose problème pour la récolte, puisqu'elle est effectuée manuellement. Au milieu de ces cultures, on peut en plus trouver des arbres (dont les racines explorent des horizons plus profonds du sol), par exemple pour la production d'huile de karité, dont une partie est exportée. On a donc là un système extrêmement riche, productif et cohérent avec le contexte socio-économique de ces pays, où la main-d'œuvre n'est pas limitante. Je connaissais une telle diversité dans nos jardins créoles de la Caraïbe, mais là, elle est mise en œuvre sur des surfaces de plusieurs hectares, ce qui demande une très bonne maîtrise technique. Sans vouloir transférer partout ces systèmes, on peut s'inspirer de certains de ses concepts, en particulier pour réintroduire une plus grande diversité et complémentarité des productions. Inversement, si ces systèmes africains sont amenés à évoluer, il est important de conserver leur cohérence : ce serait une erreur par exemple de les mécaniser à la manière des systèmes du Nord. Je verrais plutôt une mécanisation plus fine, qui imiterait mieux l'action humaine, inspirée de la robotique...

sociologiques. Une démarche de recherche plus participative pourrait contribuer à réduire les délais ».

Les pratiques traditionnelles sont efficaces

Les chercheurs ont revisité l'élevage au piquet, qui concerne encore actuellement 90% des élevages de bovins en Guadeloupe. Maryline Boval, qui a effectué sa thèse sur cette pratique traditionnelle, résume : « *avec un piquet et une chaîne, l'éleveur utilise à moindre coût des surfaces réduites et diversifiées (en friche, pentes, les arrières de mangrove...) parfois non valorisables autrement. De plus, contrairement aux apparences, le système est intensif, on peut en effet conduire des troupeaux de plus de 40 têtes et atteindre des vitesses de croissance élevée (700 g/j) ainsi que des niveaux de charge importants (4 bovins par ha)* ». L'éleveur économise les clôtures et les intrants et surtout bénéficie de la flexibilité du système : il peut jouer sur le nombre de déplacements par jour, sur la longueur de la chaîne, sur le délai de retour sur une parcelle pour optimiser à la fois son pâturage et sa production de viande.



© Inra Antilles - Guyane

BANANES DÉCLASSÉES et destinées à l'alimentation des porcs.

La flexibilité, un concept du Sud qui inspire le Nord

La flexibilité est l'un des maîtres-mots de l'élevage au Sud. Car préserver le potentiel de son troupeau dans des conditions parfois difficiles s'avère plus important que maximiser la production. Les leviers sont variés selon les systèmes. Au Sahel par exemple, les éleveurs prennent en pension les animaux d'une autre famille, ce qui permet de renforcer les liens de solidarité et de minimiser les aléas climatiques locaux grâce à une plus grande dispersion géographique. La gestion de leur troupeau est également souple, la transhumance par exemple dépend de la disponibilité en herbe. Les bœufs et les taureaux sont présents à demeure dans le troupeau, ce qui permet d'étaler les mises bas, toujours en prévision de périodes climatiques défavorables. Les chercheurs de l'Inra ont également étudié des élevages en Uruguay et en Argentine, pour lesquels on distingue des leviers de flexibilité externes (pluriactivité, gestion collective) et internes (extensivité, diversification des périodes de mises bas et des produits, larges possibilités d'adaptation des itinéraires techniques selon le contexte). Pour Benoit Dedieu (3) « *cette notion de flexibilité gagne les élevages du Nord, qui ont aussi besoin de marges de manœuvre dans*



© Inra / Elodie George

ARCHÉTYPE DE BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE, les jardins créoles qui bordent de nombreuses habitations font office à la fois de garde-manger et de pharmacie : ici, igname, malanga, canne à sucre. Quelques animaux au piquet (porcs, chèvres) profitent de l'ombre des arbres et entretiennent la fertilité.

un contexte de plus en plus incertain : volatilité des prix mondiaux, diminution des soutiens à l'agriculture en Europe et affirmation des risques climatiques ».

(1) Les deux autres sont :

- l'unité SELMET Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, basée à Montpellier : unité mixte Cirad/Inra-SupAgro de Montpellier qui regroupe une soixantaine de personnes, dispose de plusieurs sites expérimentaux près de Montpellier ainsi que de terrains en Méditerranée, au Sénégal et à La Réunion.

- le laboratoire de recherche sur le développement de l'élevage (LDRE) de Corte en Corse, qui étudie les parcours méditerranéens et les dispositifs de qualification.

(2) Ce taux de croissance reste cependant inférieur à celui du porc Large White, moins bien adapté au climat mais préféré dans les systèmes intensifs (850 g/j).

(3) Directeur de recherche à l'unité METAFORT Mutations des activités, des espaces et des formes d'organisation dans les territoires ruraux, Inra de Clermont-Ferrand.



© IRD / Olivier Barrière

TRAITE DES VACHES dans le village peul de Wuro Neema (Mali).



© IRD / Olivier Barrière

3 Santé des élevages : un point critique en régions chaudes

Les conditions climatiques, environnementales, socio-économiques et sanitaires des régions chaudes favorisent le développement d'un ensemble de maladies infectieuses au sein des élevages. Qu'elles soient uniquement animales, ou transmissibles à l'homme (zoonoses), ces maladies représentent un risque sanitaire et économique important tant pour les pays du Sud que pour ceux du Nord. Depuis les épizooties de grippe aviaire et de fièvre catarrhale ovine, les pouvoirs publics questionnent la recherche pour comprendre les mécanismes biologiques et écologiques mis en jeu dans la diffusion des pathogènes et mettre au point des outils de contrôle des épizooties plus efficaces, basés sur des réseaux de surveillance plus performants.

Après trois ans de vaccination systématique des vingt millions de têtes de son cheptel, le Maroc vient en 2011 de contrôler la peste des petits ruminants sur son territoire. Cette victoire est partagée par l'UMR de l'Inra-Cirad « Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes » (CMAEE) de Montpellier. Laboratoire mondial de référence pour la peste des petits ruminants, l'UMR a épaulé le Maroc dans sa lutte en lui fournissant dès 2008 des outils de diagnostic rapide, des souches vaccinales et des technologies.

La peste des petits ruminants aux portes de l'Europe

Maladie très contagieuse et souvent létale, elle touche principalement les chèvres, les moutons, mais aussi les dromadaires et les espèces sauvages. Découverte en 1942 en Côte d'Ivoire, la peste des petits ruminants s'est développée sur une grande partie du territoire africain, atteignant le Moyen-Orient et l'Asie du Sud-Ouest. Avec l'intensification des échanges commerciaux et interrégionaux, le virus est encore en extension et la distribution géographique des lignées virales change. Aux portes de l'Europe,

il menace ses élevages : l'Algérie et la Tunisie viennent à leur tour de déclarer en 2011 des foyers sur leur territoire. L'UMR CMAEE travaille aujourd'hui sur de nouveaux vaccins et stratégies de contrôle contre ce virus : « *Nous améliorons les vaccins pour qu'ils soient plus facilement utilisables sur le terrain et que la réponse immunitaire qu'ils entraînent puisse être distinguée de celle conférée par les virus sauvages*, explique Renaud Lancelot, épidémiologiste au Cirad. *Nous aidons au développement des réseaux nationaux et régionaux de surveillance, et nous développons des*

modèles épidémiologiques permettant de tester des stratégies de contrôle au niveau international. Ces travaux se font en collaboration avec nos partenaires du Sud dont nous contribuons à développer les compétences ».

La fièvre catarrhale ovine contenue

La fièvre catarrhale ovine (FCO), encore appelée bluetongue ou maladie de la langue bleue, est une autre de ces menaces. Considérée comme une maladie exotique avec une répartition tropicale jusqu'en 1998, la FCO a cependant fait son apparition au Sud de l'Europe, où plusieurs sérotypes (1) ont été identifiés (1, 2, 4, 9 et 16, sur les 26 sérotypes viraux répertoriés dans le monde). Maladie virale transmise par des moucheron du genre *Culicoides*, elle touche les ruminants domestiques et sauvages. La FCO atteint la Corse en 2000, et en 2006, un sérotype absent du territoire européen apparaît aux Pays-Bas et en Belgique. La recherche française a anticipé : elle s'est depuis cinq ans attelée à mieux connaître le virus. Stéphan Zientara, directeur de l'UMR Anses/Inra/ENVA à Maisons-Alfort, détaille : « c'est un virus que nous avions déjà identifié comme une

Le contrôle des maladies exotiques et émergentes à l'Inra et au Cirad

L'unité de recherche Inra-Cirad « Contrôle des maladies exotiques et émergentes », CMAEE, a été créée en 2008 pour mieux répondre aux enjeux internationaux en matière de maladies émergentes, santé animale et santé publique vétérinaire.

L'unité accompagne les pays du Sud dans la maîtrise de la santé animale de leurs élevages. Son ambition est d'améliorer la productivité animale (augmentation du revenu des éleveurs et de la disponibilité en produits animaux), faciliter les échanges internationaux d'animaux et les produits animaux, et protéger la santé publique en contrôlant les maladies zoonotiques. Dominique Martinez, directeur de l'unité CMAEE, explique : « Le croisement de la culture Inra avec celle du Cirad et la complémentarité de nos approches se sont révélés très riches. En particulier, le Cirad apporte son ouverture à l'international au Sud et son implication dans des réseaux de surveillance tandis que l'Inra apporte des compétences scientifiques et des capacités technologiques importantes notamment dans les domaines de la génomique et de la modélisation ».

L'unité est multisite. Le site principal de Montpellier est complété par deux implantations : l'une en Guadeloupe rayonnant sur la région Caraïbe-Guyane, l'autre à La Réunion pour des actions régionales dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien en lien avec l'Afrique de l'Est. L'ensemble est complété par des chercheurs positionnés dans des centres nationaux de recherche en Afrique, fonctionnant en lien étroit avec le reste du dispositif.

menace pour l'Europe. Les équipes françaises ont démarré un programme de recherche sur la FCO en 1995, sur la physiopathologie de la maladie, sur la génomique du virus et la biologie de son vecteur et sur l'étude du comportement hôte-pathogène. Elles ont également modélisé mathématiquement le comportement du vecteur pour créer un outil de détection de la FCO sensible et efficace ». L'UMR Anses-Inra-

école vétérinaire devient un laboratoire de référence en FCO partagé avec le Cirad. Les mesures de lutte sont prises par la Direction générale de l'Alimentation : une vaste campagne est lancée en 2010 pour vacciner l'ensemble du cheptel français de bovins, ovins et caprins. Aujourd'hui la situation semble sous contrôle : aucun nouveau cas n'a été répertorié en France en 2011, et les pays transfrontaliers recensent beaucoup moins de foyers. Mais la surveillance est toujours d'actualité : de nouveaux sérotypes peuvent apparaître dans les régions ou pays encore infectés en Europe et dans le pourtour méditerranéen.



Tique *Amblyomma variegatum*, vecteur de la cowdriose.



© Cirad / Geneviève Libeau

Un cortège de maladies à surveiller

Foyers de grippe aviaire toujours latents en Asie (voir encadré), incursions régulières du moustique véhiculant la fièvre de la vallée du Rift en Egypte, invasion du Sud de l'Europe par un moucheron vecteur de la fièvre catarrhale ovine et de la peste équine, progression de la peste porcine africaine vers les états baltes... « Les conditions climatiques des régions chaudes favorisent le développement d'un ensemble de parasites et d'arthropodes vecteurs de maladies infectieuses et parasitaires. La présence de ces maladies représente pour les pays du Nord un risque constant d'introduction

ECOUVILLONNAGE sur le terrain pour un diagnostic rapide de la peste des petits ruminants.

d'agents pathogènes et de vecteurs » remarque Renaud Lancelot.

Qu'elles soient uniquement animales, ou qu'elles soient transmises à l'homme (zoonoses) ces maladies d'origine exotique présentent un risque sanitaire et économique important. « Les pouvoirs publics l'ont compris : microorganismes et pathogènes ne connaissent pas de frontières. Malgré les restrictions budgétaires fortes, les maladies émergentes infectieuses - particulièrement les maladies vectorielles (2) - sont l'une des premières priorités du ministère des Affaires étrangères, lorsqu'il intègre le Sud dans ses préoccupations » analyse Dominique Martinez directeur de l'UMR CMAEE. Il observe : « Suite à l'émergence de la fièvre catarrhale ovine et du virus H5N1, les ministères de l'Agriculture et de la Santé se sont rapprochés de la recherche pour trouver des solutions aux problèmes sanitaires. L'effectif de notre unité de recherche sur la santé animale a doublé depuis 2005 : il faut pouvoir répondre au mieux aux risques causés par ces maladies émergentes et proposer des méthodes de lutte ». Car la seule mise au point du vaccin n'est pas suffisante : entre la découverte du vaccin contre la peste bovine et son éradication mondiale en 2011, il s'est écoulé une cinquantaine d'années pendant lesquelles les équipes sur le terrain diagnostiquaient, vaccinaient, surveillaient.

Les réseaux de surveillance

La surveillance sanitaire est aujourd'hui l'un des points clefs de la lutte contre les maladies animales émergentes. Le réseau CaribVET créé par le Cirad en 1998 pour surveiller et contrôler les maladies animales dans la région Caraïbe est un modèle que les organisations internationales essayent de répliquer dans d'autres régions du monde. « Depuis une trentaine d'années, le réseau Cirad travaille sur le vecteur de la cowdriose, la tique *Amblyomma variegatum* qui infecte et tue (jusqu'à 90% de mortalité) les ruminants domestiques sensibles. La cowdriose est répandue dans la presque totalité des pays d'Afrique subsaharienne et est présente depuis 1928 dans les Caraïbes d'où elle menace le continent américain. Pour répondre à ce problème sanitaire, la recherche s'est intéressée aux questions de terrain et a tissé des partenariats en santé animale avec les vétérinaires et les laboratoires de la région Caraïbe. Cela a abouti en 1998 à la création de CaribVET »

Le petit collecteur de volailles, vecteur de l'infection H5N1

Ni le coq de combat, ni l'oiseau migrateur ne sont les principaux responsables de la transmission du virus H5N1 dans les élevages thaïlandais, mais... le petit commerçant ! Accusés à tort de jouer un rôle majeur dans la transmission du virus - qui a touché plus de 1 700 élevages thaïlandais et 25 personnes entre 2004 et 2005 - ces oiseaux sont enfin dédouanés grâce aux résultats d'une étude que Mathilde Paul de l'Inra a réalisée en collaboration avec le Cirad, une université vétérinaire thaïlandaise et le laboratoire de Géographie de la Santé de Nanterre. Ces organismes se sont lancés en 2007 dans un projet sur les « facteurs sociaux et spatiaux associés à la diffusion de l'Influenza aviaire en Thaïlande ». Christian Ducrot, directeur de l'unité d'épidémiologie animale de l'Inra développe : « Malgré les efforts, l'Influenza H5N1 n'est toujours pas éradiquée en Asie du Sud-Est. Nous avons voulu savoir pourquoi. A l'aide de l'épidémiologie et de la géographie, nous avons corrélé les anciens foyers « Influenza » de la Thaïlande avec des données démographiques et économiques, et réalisé une étude à large échelle dans plus de 600 élevages de basse-cour (dont un cinquième avait été touché par l'Influenza), ce qui nous a mis sur la piste du commerce de viande de poulet... En questionnant les pratiques et les perceptions de l'ensemble des acteurs de la filière poulet d'un district, du marché aux basses-cours, nous nous sommes aperçus que le vecteur de transmission était le petit commerçant. Maillon clef de la filière, il collecte quotidiennement une quinzaine de poulets en mobylette qu'il amène à l'abattoir. Pauvre, il lui faut acheter pour vendre à tout prix, écouler les volailles, même malades ». Alertés, les services vétérinaires de Thaïlande réfléchissent à de nouveaux plans de contrôle des risques H5N1, en privilégiant les actions pédagogiques vers les différents acteurs.



© Inra / Mathilde Paul

explique Renaud Lancelot. Cette réussite dans l'épidémiologie a été dupliquée sur le pourtour de l'océan indien avec Animal Risk, en Méditerranée avec le réseau méditerranéen en santé animale Remesa... Pour Dominique Martinez, « la création de réseaux régionaux de surveillance contribue à transmettre des alertes rapides que l'on connecte à la recherche et dont on exploite directement les données. Les allers-retours entre la recherche et la surveillance vétérinaire sont de plus en plus encouragés et bénéfiques pour l'ensemble de la filière animale » ●

Dossier rédigé par **Cécile Poulain** et **Pascale Mollier**
Responsables scientifiques : **Jean-Baptiste Coulon** et **Philippe Lecomte**

(1) Serotype : ensemble des caractéristiques antigéniques de certains micro-organismes permettant de différencier des souches appartenant à une même espèce.

(2) Maladies vectorielles : virus ou bactérie hébergé par un vecteur (tiques, moustiques...) qu'il transmet à un organisme vivant. La plupart sont des zoonoses, maladies qui peuvent être transmises de l'animal à l'homme.

+d'infos

■ web :

Rapport de la FAO : World Livestock 2011- Livestock in food security, www.fao.org

Voir les vidéos du Carrefour de l'innovation agronomique Antilles, 3-4 novembre 2011 : www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/ciag/ciag_antilles_guyane_2011

■ publications :

Inra Productions animales, numéro spécial : Élevage en régions chaudes, 2011, volume 24, numéro 1.

Cahiers Agricultures 2010. Transformation des systèmes d'élevage extensif dans les territoires ruraux. n° 19 (2).

Cahiers Agricultures 2010. Transformations des systèmes d'élevage et du travail des éleveurs. n°19 (5).