

Résistance génétique des petits ruminants aux helminthes en Afrique

Il existe en Afrique une très grande diversité de races locales de bovins, ovins et caprins, parmi lesquelles certaines présentent des aptitudes génétiques particulières à résister et/ou à tolérer les maladies. Cet article passe en revue les données encore éparses existant sur les variabilité intra et inter-race pour la résistance aux helminthes chez les bovins, ovins et caprins et décrit les projets de recherches de l'« International Livestock Research Institute » (ILRI) en matière de résistance génétique aux nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants en Afrique sub-saharienne.

Les helminthes constituent un frein majeur au développement de l'élevage des ruminants dans les zones tropicales (Fabiyyi 1987). Les infestations des animaux au pâturage par ces parasites sont très fréquentes et induisent des pertes économiques importantes par morbi-

dité et mortalité auxquelles s'ajoutent le coût de la lutte chimique. Actuellement, les méthodes de lutte sont essentiellement basées sur la diminution de la contamination du pâturage par l'emploi des anthelminthiques et la gestion des pâturages. En zone tropicale, ces méthodes sont d'un intérêt limité en raison du coût des anthelminthiques, des difficultés d'approvisionnement et de l'augmentation constante des résistances des nématodes aux principales molécules, en particulier chez les petits ruminants. En outre, la gestion particulière des pâturages dans des systèmes villageois limite souvent l'efficacité de ces méthodes. Dans une telle situation, l'utilisation d'aptitudes génétiquement déterminées pour résister aux parasitoses représente une alternative intéressante et durable.

Résumé

Certaines races locales de ruminants présentent des aptitudes génétiques particulières à résister et/ou à tolérer les parasites internes. Cet article passe en revue les données encore éparses existant sur les variabilité intra et inter-races de la résistance aux helminthes des bovins, ovins et caprins, et décrit plus précisément les projets de recherches de l'International Livestock Research Institute (ILRI) en matière de résistance génétique aux nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants au Kenya, en Ethiopie, au Sénégal.

Les agneaux Red Maasai sont plus résistants aux parasites internes que les agneaux Dorper dans la région côtière sub-humide du Kenya. En outre, des variations génétiques intra-race ont été mises en évidence. Les résultats montrent clairement l'intérêt économique de l'élevage de races ovines plus résistantes aux parasites internes dans cette partie du Kenya. Il semble aussi que les caprins Small East African soient plus résistants aux parasites internes que les caprins Galla.

En Ethiopie (Debre berhan, 1780 m d'altitude), il n'a pas été mis en évidence de nette différence entre les ovins Menz (race indigène de la région) et les ovins Horro (race introduite des basses régions montagneuses). Cependant, la variabilité intra-race est prometteuse en termes de sélection ultérieure.

Au Sénégal, en collaboration avec le CIRAD-EMVT et l'ISRA, des études en ferme ont débuté en 1992 sur différents sites dans la zone nord, aride (Louga, ovins Fulani et chèvres sahéliennes) et la zone humide du sud (Kolda, ovins Djallonké et caprins West African Dwarf). Dans une station expérimentale de Kolda, des accouplements raisonnés à partir de reproducteurs identifiés en ferme, permettront de déterminer des paramètres génétiques de la résistance aux strongles digestifs chez les ovins Djallonké.

1 / Résistance des animaux aux différents parasites

1.1 / Les critères de résistance, de résilience et de tolérance

Clunies-Ross (1932) a été le premier auteur à faire état de la nécessité de faire une distinction entre la « résistance à une infection » et la « résistance aux effets de l'infection ». Il existe un large débat dans la littérature scientifique sur la manière de définir ces notions mais les définitions les plus communément

admisses sont les suivantes (Albers *et al* 1987, ILCA 1991).

La résistance est définie comme l'aptitude à mettre en place, initier et maintenir des réponses qui limitent l'installation des parasites ou qui provoquent leur élimination. **La résilience** est définie comme l'aptitude à maintenir une production malgré des infestations parasitaires. **La tolérance** est définie comme l'aptitude à survivre malgré des infestations parasitaires. Pour de nombreuses raisons, la résistance apparaît comme le critère le plus important. En effet l'augmentation des aptitudes de tolérance ou de résilience ne permet pas une maîtrise des populations parasitaires et donc une diminution de la contamination des pâturages car l'excrétion fécale d'œufs n'est pas diminuée. En revanche l'utilisation d'animaux résistants permet une diminution progressive de la contamination des pâturages (Windon 1990). Cependant, l'adaptation très rapide des parasites aux anthelminthiques suggère qu'ils pourraient aussi s'adapter à des hôtes résistants. Une sélection sur la résilience serait alors mieux adaptée car elle n'exercerait pas de pression de sélection sur l'aptitude du parasite à s'adapter à la résistance de l'hôte. Toutefois, les résultats actuels n'indiquent pas que l'adaptation des parasites aux hôtes résistants constitue un problème majeur (Barger et Sutherst 1991, Windon 1991, Woolaston *et al* 1992).

1.2 / Les différents types de parasites et les différents modes d'infestation

Les infestations naturelles et les infestations expérimentales sont les deux types d'infestations utilisées dans les études destinées à déterminer le statut de résistance aux parasites internes. Il existe une grande diversité de parasites internes. En condition d'infestation naturelle, les animaux hébergent très fréquemment plus d'une espèce de parasite (Gruner 1991). Généralement les trois grands ordres sont rencontrés (Nématodes, Cestodes et Trématodes) avec un grand nombre de genres pour chacun de ces ordres (Hansen et Perry 1994). Les cycles parasitaires, la biologie et la pathologie consécutive à l'infestation par ces parasites varient selon les espèces mais sont généralement bien connus.

Les recherches actuelles sur la résistance aux endoparasites concernent essentiellement les Nématodes et en particulier des représentants de la superfamille des trichostrongylidae (*Haemonchus*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus* et *Nematodirus* spp par exemple). Quelques articles mentionnent des cas de races ovines résistantes à *Fasciola hepatica* (Boyce *et al* 1987) et à *Fasciola gigantica* (Wiedosari et Coperman 1990, Roberts *et al* 1995). Bien que cet article soit consacré à la résistance aux strongles gastro-intestinaux, la résistance génétique aux Trématodes (douve) et aux Cestodes (*Monizia*) sont des thèmes de recherche qui restent à développer, ces deux ordres de parasites posant des problèmes

importants en zone tropicale.

La mise en œuvre d'études pertinentes basées sur des infestations naturelles implique une estimation de l'importance économique des divers parasites des différentes zones agro-climatiques. Quand la diversité faunistique des parasites est importante, l'infestation naturelle est la méthode la plus adaptée, en particulier pour estimer les différences entre races. A l'inverse, pour l'étude de variabilité intra race ou l'estimation d'hérédité et de corrélation génétique, les infestations expérimentales sont souvent mieux adaptées (Woolaston *et al* 1991, Woolaston et Eady 1995), car elles permettent une minimisation des effets du milieu. Les infestations expérimentales sont fréquemment mono-spécifique (*Haemonchus contortus* ou *Trichostrongylus colubriformis*), bien que des infestations mixtes aient déjà été pratiquées. La mise en œuvre d'infestations expérimentales nécessite de s'assurer de leur pertinence pour l'estimation de la résistance lors d'infestations naturelles. Néanmoins, de nombreux résultats existent montrant une corrélation génétique positive et élevée entre les deux modes d'infestations (Gray *et al* 1991, Bouix *et al* 1995, Woolaston et Eady 1995).

Piper et Barger (1988) soulignent que les infestations expérimentales permettent d'éliminer la composante de « comportement alimentaire au pâturage » dans l'expression génétique d'une résistance. Ces auteurs suggèrent que la sélection sur la résistance basée sur des infestations naturelles est donc préférable car ce mode permet de limiter les hypothèses sur les fondements biologiques de la résistance. Cependant, dans certaines situations, quand il existe une grande variabilité entre les années et entre les saisons dans l'intensité et la nature de l'infestation parasitaire au pâturage, il peut être nécessaire d'associer des infestations expérimentales à des infestations naturelles dans les protocoles d'évaluation du niveau de résistance des animaux.

1.3 / Paramètres mesurés

Le caractère le plus fréquemment mesuré pour évaluer la résistance aux strongles gastro-intestinaux est l'excrétion fécale d'œufs (exprimée en nombre d'œufs par gramme ou OPG). Des réserves ont été émises sur l'intérêt de l'OPG pour estimer la résistance (Dargie 1982, Gruner 1991). En effet, l'OPG n'est pas toujours en relation directe avec la population vermineuse. En outre, ce paramètre est sous l'influence de facteurs de variation comme le statut immunitaire de l'hôte, le stade de l'infestation, le statut physiologique de l'hôte (parturition), et les caractéristiques des méthodes de mesure de l'OPG. Malgré ces réserves, il existe maintenant un nombre important de résultats expérimentaux qui montrent, d'une part, l'intérêt de l'OPG dans la détermination du statut de résistance ou de sensibilité dans différentes races ou génotypes de ruminants et, d'autre part, que ce paramètre est répétable et héréditaire. L'OPG

L'excrétion fécale d'œufs (OPG) est un indicateur du niveau de résistance aux strongles. Il permet aussi d'estimer le niveau potentiel de contamination du pâturage par les animaux infestés.

est non seulement un bon indicateur du niveau de résistance aux strongles gastro-intestinaux mais c'est aussi un critère qui, en soi, permet d'estimer le niveau de contamination potentiel des pâturages que représente chaque animal par son excrétion d'œufs.

L'hématocrite (estimation du volume de globules rouges) permet de quantifier l'anémie et représente aussi un bon indicateur du niveau de résistance aux parasites internes, en particulier pour les parasites hématophages comme *Haemonchus contortus*.

La détermination de la taille de la population vermineuse est la meilleure mesure de la résistance aux parasites internes, mais elle implique l'abattage de l'animal. Cette détermination a été utilisée pour des études inter-races mais elle peut difficilement être mise en œuvre pour une sélection intra-race. Finalement, chez les agneaux, il existe maintenant suffisamment de résultats qui montrent une forte corrélation phénotypique entre l'OPG et la taille de la population vermineuse (McKenna 1981, Morris *et al* 1995).

La résilience est plus difficile à estimer car la détermination des performances zootechniques affectées par l'infestation parasitaire nécessite des mesures de production sur des animaux parasités et non parasités (Albers *et al* 1987). La résilience a également été appréciée par le nombre de traitements anthelminthiques nécessaires durant une saison de pâturage (par exemple nombre de traitements chez les jeunes agneaux) (Bisset *et al* 1994).

14 / Variabilité génétique de la résistance aux maladies

De nombreux résultats montrent l'existence d'une variabilité génétique de la résistance aux maladies chez les animaux domestiques (Owen et Axford 1991). Ces résistances génétiques aux principales maladies infectieuses chez les ruminants domestiques sont sous l'influence d'un déterminisme polygénique comme c'est le cas pour les caractères de production. Dans de telles situations, il est important d'estimer l'amplitude de la variabilité génétique intra et inter-races.

a / Ovins et caprins

Depuis les années 1930, de nombreux résultats sont apparus faisant état de différences entre races ovines à la résistance aux parasites internes, en particulier *Haemonchus contortus*, *Ostertagia spp.* et *Trichostrongylus spp.* Gray (1991) a fait la synthèse de 23 publications sur ce point, revue qui a été étendue par Baker *et al* (1992) à 34 autres études. De nombreuses races locales non améliorées d'Afrique (Red Maasai, Djallonké et Sabi), des Caraïbes (St Croix et Barbados Blackbelly), des USA (Florida Native et Navajo) et d'Inde (Garole) semblent être relativement résistantes ou tolérantes aux strongles gastro-intestinaux. Chez les caprins, les données sont nettement moins nombreuses et convain-

cantes. Cependant, les races locales comme la « Small East African » et la « West African Dwarf » semblent être relativement résistantes (Baker *et al* 1992, Baker 1995).

Pratiquement la totalité des études analysées dans les revues de Gray (1991), Baker *et al* (1992) et Gray *et al* (1995) sont caractérisées par des schémas expérimentaux peu rigoureux, en termes de nombre d'animaux par race, et par manque d'information sur les protocoles d'échantillonnage des animaux. En outre, un nombre restreint de ces travaux prend en compte les variations entre pères au sein des races. Or l'amplitude des variations entre pères est équivalente, voire parfois supérieure, aux variations inter-races (Gray *et al* 1987). C'est pourquoi de nombreuses différences entre races doivent être interprétées avec précaution car elles peuvent refléter une simple différence entre pères.

Toutefois, malgré ces réserves sur les schémas expérimentaux, il est rassurant de noter que certaines races ont été identifiées comme résistantes dans de nombreuses études indépendantes. Ceci est le cas pour les races ovines Florida Native, St Croix et Red Maasai. Il est donc très probable que ces résistances aux strongles gastro-intestinaux sont réelles. Il est aussi important de noter que les ovins St Croix sont originaires de l'Afrique de l'Ouest et probablement issus des ovins Djallonké (Bradford et Fitzhugh 1983), animaux réputés pour leur résistance aux parasites internes (Osinowo et Abubakar 1988, Smith 1988). La plupart des races connues pour leur résistance sont des races locales ou issues de populations « génétiquement non améliorées ». Ceci est probablement la conséquence du fait que ces animaux ont été soumis à une pression naturelle de sélection sur une longue durée sans être protégés par des traitements anthelminthiques.

Chez les petits ruminants, la plupart des estimations de l'héritabilité de la résistance aux parasites internes (calculées sur la base de l'OPG ou de l'hématocrite) ont été obtenues sur des ovins Mérimos ou Romney en Australie et Nouvelle-Zélande. D'après une revue de Baker *et al* (1992), l'héritabilité moyenne pour une mesure simple d'OPG est de 0,32, alors que celle de l'hématocrite est de 0,35. L'héritabilité pour une moyenne de plusieurs déterminations d'OPG (2 ou 3) peut atteindre 0,5-0,6. Ces données varient peu avec le mode d'infestation (naturel ou expérimental) ou avec les genres de parasites (infestation mono ou plurispécifique). En Afrique, les très rares données d'héritabilité de la résistance aux parasites internes chez les ovins et les caprins sont comparables à celles déterminées en Australie et Nouvelle-Zélande (Baker *et al* 1992 et 1994a, Baker 1995). Il n'existe pas de données sur l'héritabilité de la résilience aux strongles gastro-intestinaux chez les ovins et les caprins tropicaux, mais les estimations australiennes sont faibles : elles varient entre 0,06 et 0,14 (Albers *et al* 1987, Bisset *et al* 1994).

Chez les ovins et les caprins, les races locales semblent être les plus résistantes. Mais la variabilité est parfois plus élevée intra-race qu'entre races.

b / Bovins

Bien que les recherches sur la résistance aux strongles gastro-intestinaux soient moins nombreuses chez les bovins que chez les petits ruminants, il est maintenant clair qu'il existe une variabilité génétique de la résistance intra et inter-races. Les recherches les plus explicites en matière de comparaison entre races ont été menées dans la partie tropicale humide du nord de l'Australie, au CSIRO Tropical Cattle Research Centre à Rockhampton (Vercœ et Frisch 1992). Il a été clairement démontré que les zébus (*Bos indicus*) (races Brahman et croisés Brahman) sont plus résistants aux strongles gastro-intestinaux et aux tiques (*Boophilus microplus*) que les races taurines (*Bos taurus*) (Hereford et Shorthorn). En Afrique de l'ouest, des données limitées suggèrent une plus grande résistance aux parasites internes des bovins trypanotolérants N'Dama en comparaison avec les zébus (Claxton et Leperre 1991).

Davis (1993), dans une revue sur les paramètres génétiques chez les bovins tropicaux d'Australie, rapporte une estimation de l'héritabilité de la résistance aux parasites internes à Rockhampton, entre 0,17 et 0,48. L'estimation la plus fiable de l'héritabilité de l'OPG, calculée selon des procédures de maximum de vraisemblance restreint, est de $0,28 \pm 0,03$ (Mackinnon *et al* 1991). Comme chez les ovins, cette héritabilité augmente avec le nombre de mesures de l'OPG jusqu'à 0,5-0,6 pour 4 à 5 déterminations (Stear *et al* 1990).

2 / Les recherches de l'ILRI sur la résistance aux parasites internes

En 1991, l'« International Livestock Centre for Africa » (ILCA, maintenant ILRI) a initié des projets pan-africains pour mieux appréhender et estimer les différences intra et inter-races de la résistance aux parasites internes chez les races ovines et caprines locales du Kenya, de l'Éthiopie, du Sénégal et du Zimbabwe (ILCA 1991). Les principaux résultats préliminaires obtenus au cours de ces actions au Kenya, en Éthiopie et au Sénégal sont rapportés ci-dessous.

Tableau 1. Nombre d'agneaux simples vivants à la naissance, obtenus à Diani Estate (Kenya) entre 1991 et 1995, selon le génotype (D : Dorper, RM : Red Maasai).

Génotype de l'agneau (bélier x brebis)	Année de naissance					
	1991	1992	1993	1994	1995	Total
Dorper x Dorper	98	66	55	30	39	288
Dorper x (RMxD)	85	76	93	71	67	392
Dorper x RM		7	38	25	27	97
Red Maasai x D	85	58	57	14	15	229
Red Maasai x (RMxD)	99	81	95	61	68	404
Red Maasai x Red Maasai		8	34	48	64	154
Total	367	296	372	249	280	1 564

2.1 / Kenya

a / Dispositif expérimental

Cette étude a été menée dans les fermes « baobab » à Diani Estate, à 20 km au sud de Mombasa, région côtière sub-humide du Kenya. Durant l'année 1991, des brebis Dorper et Red Maasai x Dorper (F1), et durant les années 1992 et 1993, des brebis Dorper, F1 et Red Maasai, ont été accouplées à 12 béliers Dorper et 12 béliers Red Maasai selon un plan dialléle permettant la production de 6 génotypes décrits dans le tableau 1. Au moins la moitié des béliers de chaque race Dorper et Red Maasai ont été renouvelés chaque année. Durant la période 1991-1995, 41 béliers Dorper et 35 béliers Red Maasai ont été utilisés au total. Ces béliers provenaient d'un grand nombre de troupeaux, villages et districts pour s'assurer d'une bonne représentativité de chaque race.

Les brebis étaient pesées 6 fois durant leur cycle reproductif : à la lutte, 3 mois après la lutte, 2 semaines avant l'agnelage et 1, 2 et 3 mois après l'agnelage. Des prélèvements de sang et de fèces ont été effectués à chaque pesée. Les prélèvements sanguins ont permis de mesurer l'hématocrite, indicateur d'anémie, et d'estimer la parasitémie en trypanosomes. Les prélèvements fécaux ont permis la détermination de l'OPG et une coproculture par génotype afin de préciser les genres des strongles digestifs. Les brebis présentant un OPG supérieur à 4 000 œufs/g ou un hématocrite inférieur à 15 % ont été traitées avec un anthelminthique.

Les agneaux ont été pesés à la naissance quand cela était possible (généralement dans les 24 heures), puis toutes les 2 semaines jusqu'au sevrage à l'âge de 3 mois. L'OPG et l'hématocrite ont été déterminés à 1 et 2 mois d'âge. À partir de ces âges, l'hématocrite était inférieur à 20 %. Tous les agneaux ont ensuite reçu un anthelminthique au sevrage. Durant leur engraissement au pâturage, un groupe témoin de 50 agneaux était soumis à un prélèvement fécal hebdomadaire afin de s'assurer que l'OPG dépassait 1 500 à 2 000 œufs/g. Tous les animaux étaient alors soumis à des prélèvements fécaux et sanguins deux jours consécutivement. Tous les agneaux étaient alors traités avec un anthelminthique. Cette procédure a été répétée jusqu'à l'âge d'un an, ce qui a permis 4 ou 5 estimations du statut parasitaire des animaux.

Les effets raciaux ont été estimés selon des analyses de variance par la méthode des moindres carrés (Harvey 1990). Les héritabilités ont été estimées selon la méthode de l'Average Information Restricted Maximum Likelihood (AIREML), en utilisant un modèle animal (Johnson et Thompson 1995). Seuls les agneaux simples ont été pris en compte car la fréquence des naissances gémellaires était très faible et la plupart des jumeaux mouraient avant le sevrage. La variable OPG a été normalisée par une transformation logarithmique ($\log_{10}(\text{OPG} + 25)$), mais les résultats

sont présentés après application d'une transformation exponentielle permettant une estimation de la moyenne géométrique (GOPG). Tous les calculs d'estimée et d'héritabilité ont été effectués sur la moyenne de deux déterminations effectuées deux jours consécutifs.

Les races caprines Galla et Small East African (SEA) ont été évaluées sur leur résistance aux parasites internes selon la même procédure que les races ovines à Diani Estate. Actuellement, seuls 3 cohortes de chevreux ont été analysées (1992-1994), ne prenant en compte qu'un nombre limité d'animaux pour chaque race (121 chevreux Galla et 150 chevreux SEA, issus respectivement de 13 boucs Galla et 10 boucs SEA).

b / Résultats

Les résultats de poids au sevrage, de l'OPG (GOPG), de l'hématocrite et des mortalités au sevrage selon les races et leurs croisements, sont rapportées au tableau 2 pour la période 1991-1995 (période 1991-1994 pour les données obtenues sur des agneaux jusqu'à l'âge d'un an). Les fréquences des genres dans les larves obtenues après coproculture, étaient de 66 %, 30 % et 4 % respectivement pour *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus* spp et *Oesophagostomum* spp.

Les résultats rapportés dans le tableau 2 montrent que les agneaux Red Maasai sont plus résistants aux parasites internes que les agneaux Dorper dans la région côtière sub-humide du Kenya. Les agneaux Red Maasai présentent des OPG plus faibles, des hématocrites plus élevés et une mortalité plus faible que les agneaux Dorper. Il existe un effet génétique additif direct sur la résistance, celle-ci augmentant avec la proportion de sang Red Maasai chez les agneaux croisés, mais aucun effet d'hétérosis sur le poids au sevrage, les OPG, l'hématocrite et la mortalité n'a pu être mis en évidence. Les différences de mortalité entre génotypes sont très importantes. La mortalité post-sevrage est due pour environ 70 % à des haemonchoses. Ces résultats montrant une relative résistance des agneaux Red Maasai confirment les études précédentes menées dans la région monta-

gneuse du Kenya (Preston et Allonby 1978 et 1979, Bain *et al* 1993). En outre, les brebis Red Maasai présentent des OPG plus faibles et des hématocrites supérieurs à ceux des brebis Dorper durant la période du part (« periparturient rise ») (Baker *et al* 1994b).

Dans cette étude, des variations génétiques intra-race ont été mises en évidence, confirmant les variations entre races et leurs différents croisements. Le modèle animal associé à la méthode AIREML pour estimer les héritabilités décompose en une composante additive directe (h^2_a) et une composante additive maternelle (h^2_m) dont les valeurs sont données dans le tableau 3. Par ailleurs, un modèle père a permis d'estimer l'héritabilité h^2_s en analysant les demi-fratries de père. Pour les caractères se rapportant à la période allant de la naissance au sevrage, les données obtenues entre 1991 et 1995 ont été analysées, alors que pour les caractères de la croissance post-sevrage, seules les données de la période 1991-1994 ont été prises en compte.

La composante additive maternelle de l'héritabilité maternelle (h^2_m) des poids vifs a été significative de la naissance jusqu'à l'âge d'un an. La composante additive directe (h^2_a) était faible et non significative au sevrage ($0,04 \pm 0,04$) pour ensuite augmenter jusqu'à $0,13 \pm 0,06$ à l'âge d'un an. La composante génétique additive maternelle n'était pas significative pour l'hématocrite, les OPG et la mortalité jusqu'au sevrage. Les héritabilités (h^2_a ou h^2_s) de l'hématocrite et de l'OPG étaient faibles et non significatives au sevrage. L'héritabilité des OPG était moyenne mais significative à l'âge d'un an. Cependant cette héritabilité était supérieure chez les agneaux nés de béliers Dorper ($0,32 \pm 0,13$) à celle des agneaux nés de béliers Red Maasai ($0,11 \pm 0,07$). Ces résultats suggèrent qu'après des siècles de sélection naturelle aux parasites internes, les ovins Red Maasai ont fixé des gènes déterminants de résistance, mais laissant encore une part significative intra-race de variabilité génétique. Les estimations de la composante additive de l'héritabilité pour la mortalité jusqu'au sevrage (h^2_a) étaient non significativement différentes de zéro ($0,00 \pm 0,04$) alors que les composantes maternelles

L'étude sur ovins au Kenya montre une plus grande résistance des Red Maasai, avec un effet génétique additif direct : la résistance augmente avec la proportion de sang Red Maasai chez les croisés.

Tableau 2. Estimées des moyennes selon le génotype, du poids au sevrage (PS, kg), de l'hématocrite (PCV, %), de la concentration des œufs dans les fèces (GOPG, œufs/g, moyenne géométrique) et de la mortalité (MORT, %) chez des agneaux nés à Diani Estate (Kenya) entre 1991 et 1995.

Période	Allaitement (1991-1995)				Sevrage-1 an (1991-1994)		
Génotype de l'agneau (bélier x brebis)	PS (kg)	PCV (%)	GOPG (o/g)	MORT (%)	PCV (%)	GOPG (o/g)	MORT (%)
DxD	11,1	23,1	1 445	26,1	24,5	1 652	51,7
Dx(RMxD)	10,9	24,7	1 259	21,3	24,0	1 746	42,1
DxRM	10,5	25,5	1 318	19,4	24,0	2 041	33,6
RMxD	10,7	25,2	1 071	18,1	25,7	1 340	26,4
RMx(RMxD)	10,7	26,1	1 175	15,4	25,6	1 355	19,0
RMxRM	10,0	27,1	1 230	9,5	26,1	1 236	18,0
Fréquence totale	1 267	1 258	1 004	1 564	762	762	1 086
Moyenne générale	10,7	25,3	1 230	18,3	25,0	1 538	31,8

D : Dorper, RM : Red Maasai.

Tableau 3. Estimations de l'héritabilité du poids à la naissance (kg), du poids au sevrage (kg) de l'hématocrite (PCV, %), du logarithme de l'OPG (LOPG, œufs/g) et de la mortalité (MORT, %) chez des agneaux nés à Diani Estate (Kenya) entre 1991 et 1995. h^2a : composante additive de l'héritabilité, h^2m : composante maternelle de l'héritabilité, h^2s : héritabilité estimée par un modèle père.

Variables	Nb de données	Nb de brebis	Nb de béliers	Modèle animal		Modèle père
				$h^2a \pm es$	$h^2m \pm es$	$h^2s \pm es$
Poids à la naissance	1 564	678	76	0,13 \pm 0,05	0,36 \pm 0,04	0,13 \pm 0,05
Poids au sevrage	1 258	617	75	0,04 \pm 0,04	0,29 \pm 0,04	0,04 \pm 0,04
Poids à 1 an	803	469	61	0,13 \pm 0,06	0,27 \pm 0,04	0,12 \pm 0,06
PCV sevrage	1 258	617	75	0,01 \pm 0,04	0,06 \pm 0,04	0,01 \pm 0,04
PCV à 1 an	803	469	61	0,09 \pm 0,05	0,04 \pm 0,04	0,10 \pm 0,06
LOPG au sevrage	1 004	559	75	0,08 \pm 0,06	0,00 \pm 0,04	0,04 \pm 0,05
LOPG à 1 an	803	469	61	0,16 \pm 0,05	0,00 \pm 0,05	0,22 \pm 0,07
Mortalité des agneaux						
Naissance-sevrage	1 564	678	76	0,00 \pm 0,04	0,10 \pm 0,03	0,00 \pm 0,04
Sevrage-1 an	803	469	61	0,12 \pm 0,06	0,00 \pm 0,05	0,12 \pm 0,05

es □ : erreur standard

(h^2m) étaient plus élevées (0,10 \pm 0,03). À l'inverse l'estimation de h^2m pour la mortalité après le sevrage était non significative (0,00 \pm 0,05), alors que l'estimation des composantes additives (h^2a) était significative (0,12 \pm 0,06).

Les premières estimations de la productivité de troupeaux Dorper ou Red Maasai dans la région côtière du Kenya ont pu être effectuées (tableau 4). En raison d'une plus grande fécondité, d'un plus faible taux de mortalité et de poids à un an équivalent, la production annuelle d'agneaux des troupeaux d'ovins Red Maasai est trois fois plus importante que celle des troupeaux d'ovins Dorper. Ces résultats montrent clairement l'intérêt économique de l'élevage de races plus résistantes aux parasites internes dans cette partie du Kenya.

Chez les caprins, les premiers résultats d'OPG des chevreaux après le sevrage montrent que les caprins SEA sont plus résistants aux parasites internes que les caprins Galla. Cependant les différences entre races dans l'hématocrite ne sont pas significatives. Toutefois, les performances de productivité numérique (nombre de chevreaux sevrés par chèvre luttée) sont deux fois plus importantes pour les chèvres SEA (62 %) que pour les chèvres Galla (31 %).

La productivité beaucoup plus importante des élevages Red Maasai montre l'intérêt économique d'élever des races plus résistantes aux parasites internes.

Tableau 4. Données de productivité de troupeaux d'ovins Dorper ou Red Maasai estimées pour la région de Diani Estate, Mombasa (Kenya).

Variables	Dorper	Red Maasai
Nombre de brebis à la lutte	464	219
Fertilité (nb mise bas/brebis luttées, %)	62	74
Prolificté (%)	102	103
Mortalité jusqu'à 1 an (%)	63	27
Poids vif à 1 an (kg)	22	21
Production annuelle ⁽¹⁾		
Nombre d'animaux	12	36
kg de poids vif	264	756

(1) Production estimée pour un troupeau de 100 brebis et un renouvellement annuel de 20 %. Le troupeau de Dorper n'est pas viable à ce taux de renouvellement.

2.2 / Ethiopie

a / Principe expérimental

Cette étude a été menée dans la station de recherche de l'ILRI de Debre Berhan, située dans la région montagneuse centrale de l'Ethiopie à 120 km au nord-est d'Addis Abeba et à 1 780 m d'altitude. Le climat de cette région est caractérisé par une longue saison des pluies (juillet-octobre) et une courte saison sèche (novembre-février). La pluviométrie moyenne est de 920 mm/an. La température moyenne varie entre 2,4 °C en novembre et 23,3 °C en juin.

Les résistances aux parasites internes des ovins Menz (race indigène de la région) et des ovins Horro (race introduite des basses régions montagneuses) ont été comparées chez des agneaux nés en saison sèche et en saison humide, selon un plan expérimental décrit dans le tableau 5. Les luttés ont été synchronisées par des éponges de progestérone appliquées durant 10 à 12 jours afin d'obtenir des agnelages tous les 8 mois.

Les modalités d'enregistrement des données de poids vif (PV), d'hématocrite et de concentration des œufs dans les fèces (OPG) chez les brebis et les agneaux sont les mêmes que celles décrites pour Diani Estate au Kenya. Les agneaux mâles n'étant pas castrés à Debre Berhan, ils ont été séparés des agnelles après le sevrage, mais ils ont pâturé les mêmes parcelles que les agnelles selon le même système de rotation jusqu'à l'âge d'un an.

Les effets race et saison de naissance ont été estimés après analyse de variance selon la méthode des moindres carrés (Harvey 1990). Les héritabilités ont été estimées selon la procédure de AIREML (Johnson et Thompson 1995).

b / Résultats

Les résultats préliminaires des trois premières saisons, de la naissance au sevrage,

Tableau 5. Nombre d'agneaux Menz et Horro nés à la station expérimentale de l'ILRI à Debre Berhan (Ethiopie).

Agnelage	Groupe	Béliers ⁽¹⁾		Nombre d'agneaux nés		
		Menz	Horro	Menz	Horro	Total
1	Saison humide (oct. 92)	11	11	149	134	283
2	Saison sèche (juin 93)	11	10	229	112	341
3	Saison humide (oct. 93)	11 (8)	11 (8)	191	139	330
4	Saison sèche (juin 94)	10 (7)	11 (8)	246	228	474
5	Saison humide (oct. 94)	11 (8)	11 (8)	195	136	331
Total		27 ⁽²⁾	27 ⁽²⁾	1 010	749	1 759

(1) Les béliers nouveaux sont indiqués entre parenthèses. Des béliers identiques ont été utilisés pour les agneaux de saison humide ou sèche.

(2) Nombre de béliers différents utilisés à ce jour.

Tableau 6. Moyennes estimées du poids au sevrage (PS, kg), du poids à un an (P1A, kg), de l'hématocrite (PCV, %), de la moyenne géométrique de l'OPG (GOPG, œufs/g) et de la mortalité (MORT, %), selon la race et la saison d'agnelage, chez des agneaux Menz et Horro nés à la station expérimentale de l'ILRI à Debre Berhan (Ethiopie).

Période	Naissance-sevrage				Sevrage-un an			
	PS kg	PCV %	GOPG o/g	MORT %	P1A kg	PCV %	GOPG o/g	MORT %
- race :								
Menz	7,8	35,1	178	18,2	17,5	31,0	372	23,2
Horro	8,9	33,2	209	25,5	19,3	28,4	324	45,3
- saison d'agnelage :								
1-Saison humide	8,5	34,0	145	5,3	22,1	32,7	1 047	36,8
2-Saison sèche	9,2	35,2	363	17,0	18,0	29,0	63	32,5
3-Saison humide	7,2	35,0	74	29,2	18,4	28,3	1 288	31,5
4-Saison sèche	9,7	32,6	525	32,1	15,1	28,7	170	36,2
5-Saison humide	7,3	33,9	135	25,8	-	-	-	-
Nombre total	1 415	1 415	1 188	1 759	812	812	812	1 163
Moyenne générale	8,4	34,2	195	21,9	18,1	30,1	348	34,3

ont été publiés par Rege *et al* (1994). Ces données, incrémentées de celles des saisons suivantes, sont présentées dans le tableau 6. Au sevrage, les agneaux Horro sont plus lourds que les agneaux Menz, mais présentent des hématocrites plus faibles, des OPG plus élevés et une mortalité pré-sevrage plus importante. A l'âge d'un an, les mêmes différences entre races sont observées, excepté pour les OPG qui sont similaires entre races. Les effets saisonniers (confondus avec les effets de cohorte d'agnelage) sont aussi significatifs au sevrage et à un an pour les mêmes variables.

Au sevrage, une interaction significative entre la saison d'agnelage et le génotype a été mise en évidence. Cependant, cette interaction ne consiste essentiellement qu'en des modifications inter-saisonnières dans les amplitudes des différences entre les races plutôt que dans la hiérarchie entre races. Ainsi, les différences entre races dans les OPG sont beaucoup plus marquées chez les bandes d'agneaux soumis à une forte pression parasitaire (groupes 2 et 4). Il faut toutefois noter que, durant la première saison d'agnelage, à l'inverse des autres groupes, les agneaux Menz présentaient des OPG supérieurs à ceux des agneaux Horro. A l'âge d'un an, aucune

interaction entre saison d'agnelage et race n'a été mise en évidence pour les variables poids vif, mortalité, hématocrite, OPG. A l'inverse, une interaction très significative entre sexe et saison d'agnelage a été notée pour ces mêmes variables (résultat non présenté). En effet, les mâles plus lourds présentent des OPG plus élevés, des hématocrites plus faibles et des mortalités plus élevées que les femelles, ces différences entre sexes étant plus importantes pour les OPG et les hématocrites durant les saisons à forte pression parasitaire (groupes 1 et 3). L'interaction significative entre sexe et saison d'agnelage dans la mortalité post-sevrage s'est traduite par une plus grande différence entre sexes durant les saisons à faible pression parasitaire (saisons 2 et 4).

Les données épidémiologiques obtenues à Debre Berhan à l'aide d'animaux traceurs et d'estimation directe de la densité larvaire sur les pâturages ont montré une très nette différence saisonnière liée au climat (Tembely *et al* 1995a), comme le montre le tableau 6. Durant la saison des pluies, de juillet à octobre, les fréquences d'*Ostertagia circumcincta*, de *Trichostrongylus colubriformis* et d'*Haemonchus contortus* étaient respectivement de 64 %, 17 % et 6 %. Avec une infestation parasitaire de

En Ethiopie, la comparaison des races ovines Horro et Menz ne montre pas de différence marquée dans la résistance au parasitisme interne.

Tableau 7. Estimation de l'héritabilité du poids à la naissance, du poids au sevrage, du poids à un an, de l'hématocrite (PCV), de l'OPG (transformée logarithmique, LOPG) et de la mortalité (MORT) chez des agneaux Menz et Horro nés à la station expérimentale de l'ILRI à Debre Berhan (Ethiopie).

Variable	Nb de données	Nb de brebis	Nb de béliers	Modèle animal		Modèle père	
				h ² a ± es	h ² m ± es	Nb de béliers	h ² s ± es
Poids à la naissance	1 718	1 586	107	0,09 ± 0,04	0,39 ± 0,03	51	0,08 ± 0,04
Poids au sevrage	1 413	1 460	110	0,06 ± 0,04	0,39 ± 0,04	53	0,07 ± 0,04
Poids à 1 an	812	1 140	92	0,15 ± 0,08	0,17 ± 0,06	38	0,16 ± 0,08
PCV-sevrage	1 416	1 461	110	0,08 ± 0,05	0,06 ± 0,04	53	0,10 ± 0,05
PCV-un an	811	1 140	92	0,03 ± 0,05	0,01 ± 0,04	38	0,01 ± 0,05
LOPG-sevrage	1 186	1 363	109	0,23 ± 0,08	0,01 ± 0,05	53	0,20 ± 0,08
LOPG-un an	801	1 131	92	ne		38	ne
Mortalité							
Naissance-sevrage	1 758	1 595	110	0,00 ± 0,02	0,06 ± 0,03		0,00 ± 0,02
Sevrage-un an	1 163	1 355	92	0,14 ± 0,07	0,02 ± 0,05		0,14 ± 0,07

es : erreur standard.

ne : non estimable en raison de l'absence de convergence du modèle d'analyse.

ce type, l'hématocrite ne pouvait être un bon indicateur de la résistance comme au Kenya où la fréquence d'*Haemonchus contortus* est très importante. Les hématocrites plus élevés des ovins Menz comparés aux ovins Horro pourraient indiquer une meilleure adaptation à l'altitude chez les ovins Menz. Ainsi, la viabilité nettement supérieure, avant et après le sevrage, des agneaux Menz comparée à celle des agneaux Horro, ne semble pas être reliée à une résistance au parasitisme interne comme cela a été montré au Kenya.

Il n'a donc pas été mis en évidence de nette différence entre races dans la résistance au parasitisme interne dans cette étude en Ethiopie. Cependant, la variabilité intra race dans cette résistance est prometteuse (tableau 7). Comme au Kenya, l'héritabilité de l'hématocrite est faible. Cependant, l'héritabilité des OPG est importante et significative au sevrage ($0,20 \pm 0,08$) alors que sur le site kenyan elle était faible et non significative ($0,01 \pm 0,04$). Ce résultat suggère que la sélection sur une résistance au parasitisme interne pourrait être plus efficace chez les races ovines étudiées en Ethiopie que chez celles étudiées au Kenya. Les comportements des héritabilités des mortalités pré et post-sevrage ont été similaires à ceux observés au Kenya : une composante maternelle (h^2m) significative avant le sevrage mais non significative après le sevrage, et une composante additive directe (h^2a) significative après le sevrage.

Il existe un phénomène peripartum d'augmentation de l'excrétion fécale d'œufs (« periparturient rise ») chez les brebis étudiées en Ethiopie, mais, à l'inverse de ce qui a été observé au Kenya, aucune différence entre races n'a pu être mise en évidence. En outre, cette augmentation est plus marquée durant la saison humide (Tembely *et al* 1995b).

2.3 / Sénégal

a / Principe expérimental

Un projet de collaboration entre l'ILCA, l'Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques (ISRA) et le Centre International de Coopération Recherche Agronomique pour le Développement-département d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux (CIRAD-EMVT) a été mis en place pour étudier la résistance génétique aux strongles gastro-intestinaux des petits ruminants des régions soudano-sahéliennes et soudano-guinéennes du Sénégal en 1991 et 1992.

Des études en ferme ont débuté en juillet 1992 sur différents sites dans la zone nord aride (Louga) et la zone humide du sud (Kolda). A Louga, les populations de petits ruminants sont essentiellement représentées par les ovins Fulani et les chèvres Sahéliennes. A Kolda, ce sont les ovins Djallonké et les caprins « West African Dwarf » qui prédominent. Les enregistrements ont pu être effectués sur la base du réseau d'étude PPR (Pathologie et Productivité des Petits Ruminants), réseau commun à l'ISRA et au CIRAD-EMVT mis en place à partir de 1983.

Sur chaque site, des prélèvements fécaux et sanguins ont pu être récoltés à cinq reprises durant août 1992 et juin 1993 (période comprenant une saison humide et une saison sèche), et à 3 reprises durant juillet et novembre 1993 (saison des pluies). Les OPG et les hématocrites des mères et de leurs petits ont pu être mesurés en l'absence de traitements anthelminthiques. Les poids vifs ont été enregistrés pour les jeunes uniquement. Des autopsies en nombre limité ont montré une fréquence de 61 % pour *Haemonchus contortus* et 35 % pour *Trichostrongylus* spp sur l'ensemble des populations vermifères dénombrées.

Tableau 8. Coefficients de régression mère-jeunes (\pm erreur standard) pour les variables hématocrite (PCV) et OPG après transformation logarithmique (LOPG) dans le nord (Louga) et le sud (Kolda) du Sénégal. Données obtenues après trois séries de prélèvements durant les saisons humides 1992, 1994 et 1995 (août-décembre).

Site-année	1 ^{re} série		2 ^e série		3 ^e série
	PCV	LOPG	PCV	LOPG	LOPG
Louga-92	-0,01 \pm 0,11	0,16 \pm 0,08 *	0,13 \pm 0,11	0,07 \pm 0,08	0,12 \pm 0,11
Louga-93	0,31 \pm 0,07 ***	0,07 \pm 0,07	0,38 \pm 0,07 ***	0,16 \pm 0,09	0,19 \pm 0,08 *
Kolda-93	0,18 \pm 0,06 **	0,14 \pm 0,06 *	0,28 \pm 0,09 **	0,17 \pm 0,07 **	0,17 \pm 0,07 *
Kolda-94	0,16 \pm 0,05 **	0,15 \pm 0,05 **	0,30 \pm 0,10 **	0,22 \pm 0,08 **	0,21 \pm 0,07 **

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$.

En juillet 1994, une étude en station expérimentale a été mise en place en collaboration entre l'ISRA, le CIRAD-EMVT, l'INRA et l'ILRI à Kolda. Des OPG et des hématocrites ont été mesurés sur des ovins Djallonké et des caprins West African Dwarf âgés de 3 à 12 mois (200 femelles et 100 mâles pour chaque espèce, issus des troupeaux du réseau PPR) trois fois de suite à 2 mois d'intervalle entre août et décembre 1994. Puis 100 brebis Djallonké (50 résistantes et 50 sensibles) et 20 béliers (10 résistants et 10 sensibles) ont été identifiés, achetés aux éleveurs et introduits dans les parcelles de la station expérimentale du Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) à Kolda. Durant l'année 1995, leur statut de résistance ou de sensibilité a été confirmé après infestation naturelle contemporaine à Kolda. Les plus résistants (50 brebis et 5 béliers) et les plus sensibles (50 brebis et 5 béliers) ont été identifiés et accouplés intra groupe de résistance et de sensibilité en octobre 1995. La résistance aux parasites internes de leur descendance sera évaluée entre la naissance et l'âge d'un an par la mesure des hématocrites et de l'OPG. Cette action est soutenue financièrement jusqu'en 1997, ce qui permettra une autre saison de lutte entre animaux sélectionnés dans les troupeaux du réseau PPR. Selon les possibilités offertes par le centre de Kolda, cette action sera étendue aux caprins « West African Dwarf » selon le même principe.

b / Résultats

L'analyse des données collectées en ferme entre 1992 et 1994 est en cours. L'objectif est de décrire les grands traits de l'épidémiologie des parasitoses internes et d'estimer des paramètres génétiques à partir des relations mère-jeune. Les premières estimations des régressions mère-jeune pour l'hématocrite et les OPG sont encourageantes (tableau 8). Ces coefficients de régression ont été calculés en regroupant les données obtenues sur ovins et caprins en s'assurant de l'homogénéité des coefficients de régression entre les deux espèces.

Si l'on admet que les régressions mère-jeune ne comportent que peu de variance

génétique maternelle ou de variance environnementale comme le montrent les analyses des variables hématocrite et OPG au Kenya et en Ethiopie (cf tableaux 3 et 7), les coefficients de régression du tableau 8 peuvent être multipliés par deux pour obtenir des héritabilités. L'existence d'une variabilité génétique de l'hématocrite et de l'OPG semble plus probable à Kolda (ovins Djallonké et caprins West African Dwarf) qu'à Louga (ovins Fulani et caprins Sahéliens) mais des études plus approfondies sont nécessaires au Sénégal pour obtenir des estimations plus sûres de la variabilité génétique de la résistance aux parasites internes.

Conclusions et perspectives

La première phase de ce projet de recherche qui avait pour objectif l'estimation quantitative des variations génétiques inter et intra-races de populations ovines et caprines locales du sud du Sahara est maintenant en phase d'achèvement. Les dernières actions devraient aboutir en 1997/1998. Il est possible qu'une caractérisation du même type soit entreprise dans d'autres régions tropicales, comme le sud ou le sud-est asiatique.

La seconde phase de cette étude (1996-2000) sera consacrée à l'approfondissement des mécanismes parasitologiques, immunitaires et génétiques de cette résistance, le développement et la mise à l'épreuve de stratégies intégrées de lutte contre les parasites internes, l'identification de marqueurs génétiques (ADN) de la résistance et le développement de modes d'élevage pour le contrôle des endoparasitoses en zones tropicales.

Actuellement, des actions visant la production de béliers kenyan F1 à partir de races résistantes ou sensibles (Red Maasai x Dorper et/ou Red Maasai x Merino) sont bien avancées. La constitution de familles informatives par des croisements en retour devrait déboucher rapidement, permettant la recherche de marqueurs et de gènes de la résistance aux parasites internes.

Chez les ovins Djallonké et les caprins West African Dwarf du sud du Sénégal, l'étude des régressions mère-jeune pour les indicateurs de résistance laisse présager une variabilité génétique intéressante dans ces deux espèces.

Traduction : G. Aumont

Remerciements

Les résultats des projets de recherches de l'ILRI en matière de résistance génétique aux parasites internes chez les petits ruminants sont le résultat d'un travail

collectif de nombreuses personnes. Je remercie en particulier A. Lahlou Kassi, J.E.O. Rege, E. Mukasa-Mugerwa, S. Tembely, D. Anindo, M. Shibre (ILRI, Ethiopia) ; W. Thorpe, J.O. Audho, E. Aduda (ILRI, Kenya) ; R. Heller (Baobab Farm, Kenya) ; A. Gueye, O.T. Diaw, S. Diaw (ISRA-LNERV, Sénégal) ; E. Tillard, G. Vassiliades (CIRAD-EMVT, Sénégal) ; V. Clément (CIRAD-EMVT, France).

Références bibliographiques

- Albers G.A.A., Gray G.D., Piper L.R., Barker J.S.F., Le Jambre L.F., Barger I.A., 1987. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young Merino sheep. *Int. J. Parasitol.*, 17, 1355-1363.
- Bain R.K., Wanyangu S.W., Mugambi J.M., Ihiga M.A., Duncan J.L., Stear M.J., 1993. Genetic resistance of Red Maasai sheep to *Haemonchus contortus*. Proceedings of the 11th Scientific Workshop of the Small Ruminant Collaborative Research Support Programme (SR-CRSP), 3-4 March 1993, Nairobi, Kenya, 120-126.
- Baker R.L., 1995. Genetics of disease resistance in small ruminants in Africa. In : *Breeding for Resistance to Infectious Diseases of Small Ruminants* (Eds. G.D. Gray, R.R. Woolaston et B.T. Eaton). ACIAR Monograph N° 34, Canberra, Australia, 120-138.
- Baker R.L., Lahlou Kassi A., Rege J.E.O., Reynolds L., Bekele T., Mukasa-Mugerwa E., Rey B., 1992. A review of genetic resistance to endoparasites in small ruminants and an outline of ILCA's research programme in this area. Proceedings of the 10th Scientific Workshop of the Small Ruminant Collaborative Research Support Programme, Nairobi, Kenya, 79-104.
- Baker R.L., Mwamachi D.M., Audho J.O., Thorpe W., 1994a. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Red Maasai sheep in Kenya. Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 7-12 August, 1994, Guelph, Canada, 20, 277-280.
- Baker R.L., Mwamachi D.M., Audho J.O., Thorpe W., 1994b. Genetic resistance to gastrointestinal parasites in Red Maasai, Dorper and Red Maasai x Dorper ewes in coastal Kenya. Proceedings of the 12th SR-CRSP Scientific Workshop, 2-3 March, 1994, Nairobi, Kenya (in press).
- Barger I.A., Sutherst R.W., 1991. Population biology of host and parasite. In : *Breeding for Disease Resistance in Sheep* (Eds. G.D. Gray et R.R. Woolaston) Australian Wool Corporation, Melbourne, 51-56.
- Bisset S.A., Morris C.A., Squire D.R., Hickey S.M., Wheller M., 1994. Genetics of resilience to nematode parasites in Romney sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*, 37, 521-534.
- Bouix J., Vu Tien Khang J., Mondonnet N., Gruner L., 1995. Response to artificial infections with *Teladorsagia circumcincta* in sheep bred for resistance to natural infections. International Conference on
- Novel Approaches to the Control of New England, Armidale, N.S.W., Australia, 18-21 April, 1995, Abstract Booklet, 33.
- Boyce W.M., Courtney C.H., Loggins P.E., 1987. Resistance to experimental infection with *Fasciola hepatica* in exotic and domestic breeds of sheep. *Int. J. Parasitol.*, 17, 1233-1237.
- Bradford G.E., Fitzhugh H.A., 1983. In : *Hair sheep of Western Africa and the Americas. A Genetic Resource for the Tropics*. (Eds. Fitzhugh, H.A. et Bradford, G.E.), Westview Press, Boulder, Colorado, USA, 3-22.
- Claxton J., Leperre P., 1991. Parasite burdens and host susceptibility of Zebu and N'Dama cattle in village herds in Gambia. *Veterinary Parasitol.*, 40, 293-304.
- Clunies-Ross I., 1932. Observations on the resistance of sheep to infestation by the stomach worm, *Haemonchus contortus*. *J. Council Sci. & Indust. Res.*, 5, 73-80.
- Dargie J.D., 1982. The influence of genetic factors on the resistance of ruminants to gastro-intestinal nematode and Trypanosome infections. In : *Animal Models in Parasitology* (Owen D.G., ed). McMillan Press Ltd, London, UK, 17-51.
- Davis G.P., 1993. Genetic parameters for tropical beef cattle in Northern Australia. *Austral. J. Agric. Res.*, 44, 179-198.
- Fabiya J.P., 1987. Production losses and control of helminths in ruminants of tropical regions. *Int. J. Parasitol.*, 17, 435-442.
- Gray G.D., 1991. Breeding for resistance to *Trichostrongyle* nematodes in sheep. In : *Breeding for Disease Resistance in Farm Animals* (Eds. J.B. Owen et R.F.E. Axford), CAB International, Wallingford, UK, 139-161.
- Gray G.D., Presson B.L., Albers G.A.A., Le Jambre L.F., Piper L.R., Barker J.S.F., 1987. Comparison of within - and between-breed variation in resistance to haemonchosis in sheep. In : *Merino Improvement Programs in Australia* (Ed. McGuirk, B.J.). Australian Wool Corporation, 365-369.
- Gray G.D., Gill H.S., Woolaston R.R., 1991. Relationships among sheep disease of commercial importance. In : *Breeding for Disease Resistance in Sheep* (Eds. G.D. Gray et R.R. Woolaston). Australian Wool Corporation, Melbourne, 57-65.

- Gray G.D., Woolaston R.R., Eaton B.T., 1995. Breeding for Resistance to Infectious Diseases of Small Ruminants. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) Monograph N  34, Canberra, Australia, 322 p.
- Gruner L., 1991. Breeding for helminth resistance in sheep and goats. In : Breeding for Disease Resistance in Farm Animals. (Eds. R.F.E. Axford et J.B. Owen), CAB International, Wallingford, UK, 187-200.
- Hansen J., Perry B., 1994. The Epidemiology, Diagnosis and Control of Helminth Parasites of Ruminants. Second edition, ILRAD, Nairobi, Kenya, 171 p.
- Harvey W.R., 1990. Users guide for the PC-2 version of the LSMLMW and MIXMDL mixed model least squares and maximum likelihood computer program, Ohio State University, Columbus.
- ILCA, 1991. Proceedings of the Research Planning Workshop on Resistance to Endoparasites in Small Ruminants, 5-7 February, 1991, Addis Ababa, Ethiopia, 78 p.
- Johnson D.L., Thompson R., 1995. Restricted maximum likelihood estimation of variance components for univariate animal models using sparse matrix techniques and average information. J. Dairy Sci., 78, 449-456.
- Mackinnon M.J., Meyer K., Hetzel D.J.S., 1991. Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. Livest. Prod. Sci., 27, 105-122.
- McKenna P.B., 1981. The diagnostic value and interpretation of faecal egg counts in sheep. N. Z. Veterinary J., 29, 129-132.
- Morris C.A., Watson T.G., Bisset S.A., Vlassoff A., Douch P.G.C., 1995. Breeding sheep in New Zealand for resistance or resilience to nematode parasites. In : Breeding for Resistance to Infectious Diseases of Small Ruminants (Eds. Gray, G.D., Woolaston, R.R. et Eaton, B.D.) ACIAR Monograph N  34, Canberra, Australia, 77-98.
- Osinowo O.A., Abubakar B.Y., 1988. Appropriate breeding strategies for small ruminant production in West and Central Africa. In : Proceedings of the Workshop on the Improvement of Small Ruminants in West and Central Africa, (Adeniji, K.O., ed.), OAU/IBAR, Nairobi, Kenya, 71-84.
- Owen J.B., Axford R.F.E., 1991. Breeding for Disease Resistance in Farm Animals. CAB International, Wallingford, UK, 499 p.
- Piper L.R., Barger I.A., 1988. Resistance to gastrointestinal strongyles : feasibility of a breeding programme. In : Proceedings of the 3rd World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding, Paris, Vol 1, 593-611.
- Preston J.M., Allonby E.W., 1978. The influence of breed on the susceptibility of sheep and goats to a single experimental infection with *Haemonchus contortus*. Veterinary Record, 103, 509-512.
- Preston J.M., Allonby E.W., 1979. The influence of breed on the susceptibility of sheep to *Haemonchus contortus*. Am. J. Veterinary Res., 33, 817-823.
- Rege J.E.O., Tembely S., Mukasa E., Sovani S., Anindo D., Lahlou-Kassi A., Baker R.L., 1994. Preliminary evidence for genetic resistance to endoparasites in Menz and Horro lambs in the highlands of Ethiopia. Proceedings of the Third Small Ruminant Network (SRNET) Biennial Conference, Kampala, Uganda 5-9 December, 1994 (in press).
- Roberts J.A., Widjayanti Hetzel, D.J.S., Portoutomo S., 1995. A dominant major gene determining the resistance of sheep against *Fasciola gigantica*. International Conference on Novel Approaches to the Control of Helminth Parasites of Livestock, University of New England, Armidale, N.S.W., Australia, 18-21 April, 1995. Abstract Booklet, 30 p.
- Smith O.B., 1988. Health packages for the smallholder farmer in West and Central Africa. Proceedings of the Workshop on the Improvement of Small Ruminants in West and Central Africa, (Ed. Adeniji, K.O.), OAU/IBAR, Nairobi, Kenya, 211-221 p.
- Stear M.J., Baldock F.C., Brown S.C., Gershwin L.J., Hetzel D.J.S., Miller J.E., Nicholas F.W., Rudder T.H., Tierney T.J., 1990. The genetic control of gastrointestinal nematode infections in ruminants. Proceedings 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 16, 449-451.
- Tembely S., Lahlou-Kassi A., Rege J.E.O., Sovani S., Diedhiou M.L., Baker R.L., 1995a. The epidemiology of several trichostrongylids of sheep in the Ethiopian highlands. Int. J. Parasitology (submitted).
- Tembely S., Lahlou-Kassi A., Anindo D., Rege J.E.O., Mukasa-Mugerwa E., Baker R.L., 1995b. The effect of genotype, lactation and season on the peri-parturient rise in Ethiopian ewes. International Federation of Science (IFS) Seminar on Parasitology Research in Africa, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 6-10 November, 1995.
- Verc e J.E., Frisch J.E., 1992. Genotype (breed) and environment interaction with particular reference to cattle in the tropics - Review. Australasian J. Anim. Sci., 5, 401-409.
- Wiedosari E., Coperman D.B., 1990. High resistance to experimental infection with *Fasciola gigantica* in Javanese thin-tailed sheep. Veterinary Parasitology, 37, 101-111.
- Windon R.G., 1990. Selective breeding for the control of nematodiasis in sheep. Revue Sci. Techn. Office Intl. Epizooties, 2, 555-576.
- Windon R.G., 1991. Resistance mechanisms in the *Trichostrongylus* selection flock. In : Breeding for Disease Resistance in Sheep (Eds. G.D. Gray et R.R. Woolaston). Australian Wool Corporation, Melbourne, 77-86.
- Woolaston R.R., Eady S.J., 1995. Australian research into genetic resistance to nematode parasites. In : Breeding for Resistance to Infectious Diseases of Small Ruminants (Eds. Gray G.D., Woolaston, R.R. et Eaton, B.D.) ACIAR Monograph N  34, Canberra, Australia, 53-76.
- Woolaston R.R., Windon R.G., Gray G.D., 1991. Genetic variation in resistance to internal parasites in Armidale experimental flocks. In : Breeding for Disease Resistance in Sheep. (Eds. G.D. Gray et R.R. Woolaston), Australian Wool Corporation, Melbourne, 1-9.
- Woolaston R.R., Elwin R.L., Barger I.A., 1992. No adaptation of *Haemonchus contortus* to genetically resistant sheep. Int. J. Parasitology, 22, 377-380.

Abstract

Genetic resistance to helminths in small ruminants in Africa.

Some local breeds of cattle, sheep and goats are genetically resistant and/or tolerant to internal parasites. In this article the data concerning within and between breed genetic variability in resistance to helminths in tropical ruminants are reviewed. The main research projects in Kenya, Ethiopia and Senegal of the International Livestock Research Institute on genetic resistance to strongyles in small ruminants are also presented.

Red Maasai sheep are more resistant to internal parasites than Dorper sheep on the humid eastern coast of Kenya. Within breed variations have been shown. It seems that economic gains may result from the introduction of resistant sheep breeds in this part of Kenya. Small East African goats have been found to be more resistant than Galla goats. In Ethiopia (Debre berhan, 1780 m), no difference was found in resistance to internal

parasites between Menz sheep (local breed) and Horro sheep (breed from the small hills region). However, within breeds variability exists and seems promising for selection. In Senegal, a project in collaboration with CIRAD-EMVT and ISRA, investigations on internal parasites of small ruminants were carried out in farms since 1992 in the northern arid region (Louga, Fulani sheep and Sahel goats) and in the southern humid region (Kolda, Djallonké sheep and West African Dwarf goats). In the experimental station of Kolda, a mating plan with animals identified during farm surveys as low and high responders, has been set up to estimate genetic parameters of resistance to digestive strongyles in Djallonké sheep.

BAKER R.L., 1997. Résistance génétique des petits ruminants aux helminthes en Afrique. INRA Prod. Anim., 10 (1), 99-110.