

N. MANDONNET, G. AUMONT,
J. FLEURY *, L. GRUNER **,
J. BOUIX ***, J. VU TIEN KHANG ***,
H. VARO

INRA Unité de Recherches Zootechniques
BP 515 97165 Pointe-à-Pitre Cedex,
Guadeloupe (FWI)

* INRA Domaine expérimental de Gardel
97160 Le Moule, Guadeloupe (FWI)

** INRA Station de Pathologie Aviaire et de Parasitologie
37380 Nouzilly

*** INRA Station d'Amélioration Génétique des Animaux
BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

Résistance aux strongles gastro- intestinaux des caprins.

Influence de différents environnements tropicaux sur l'expression du potentiel génétique de résistance

En zone tropicale comme en zone tempérée, la réussite économique de l'élevage des petits ruminants d'herbage passe par la valorisation génétique des caractères d'adaptation qui sont déterminants pour la production en milieu contraignant. Une première approche, globale, consiste à sélectionner les animaux sur des caractères zootechniques exprimés dans le milieu de production. Une seconde démarche, analytique, consiste à prendre en compte le caractère d'adaptation au même titre que les caractères zootechniques classiques dans les schémas de sélection. Cette démarche, souvent plus efficace mais plus longue à mettre en place, a été retenue pour l'amélioration génétique de la résistance des petits ruminants au parasitisme interne. Cet article aborde plus particulièrement le choix du milieu de sélection dans le cas de la résistance de caprins Créoles en zone tropicale humide.

Résumé

Dans un proche avenir, il sera nécessaire de disposer d'animaux résistants pour maîtriser les strongyloses gastro-intestinales des petits ruminants, du fait de l'incidence de cette pathologie, quelle que soit la zone d'élevage. Or, bien que l'élevage caprin soit une production importante, notamment en zone tropicale, et très sensible à cette pathologie, la résistance génétique est peu étudiée dans cette espèce. L'objectif du protocole conduit à l'INRA-Antilles-Guyane est de déterminer, après vérification de son existence chez les caprins Créoles, si le même caractère de résistance génétique s'exprime dans des environnements contrastés du point de vue du risque parasitaire et de l'apport fourrager. La résistance de 13 boucs Créoles a été estimée dans 2 systèmes de pâturage, par la moyenne des performances de leurs descendants, aux âges de 6 et 10 mois. *Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis* ont été les espèces parasites dominantes. Le déterminisme génétique de la résistance est mis en évidence chez les chevreaux de 6 mois par une tendance à un effet père significatif dans tous les environnements. Le classement relatif des 13 boucs est corrélé dans les 2 milieux nutritionnels favorables : + 0,83 ($P < 0,001$). En revanche, la corrélation n'est pas significative entre les milieux nutritionnels favorables et le milieu nutritionnel défavorable. Ce résultat semble indiquer que des mécanismes biologiques gouvernés par des gènes de résistance différents s'expriment dans un milieu nutritionnel favorable et dans un milieu nutritionnel défavorable. Aucune variabilité génétique n'est mise en évidence sur les mesures à 10 mois du fait d'un niveau d'infestation insuffisant des chevreaux.

Les strongles gastro-intestinaux sont des Nématodes parasites du tractus digestif des ruminants. Au pâturage, un petit ruminant héberge communément plusieurs espèces dans les différentes parties de son tube digestif. Leur cycle biologique, sans hôte intermédiaire, se caractérise par une phase libre sur le pâturage (de l'œuf excrété dans les fèces à la larve infestante) et une phase parasite (de la larve infestante au ver adulte pondant des œufs dans la lumière gastro-intestinale). Les strongles occasionnent des troubles physiopathologiques par traumatisme et spoliation.

En zone tropicale, l'intensification de la production de petits ruminants d'herbage est devenue nécessaire pour répondre à la couverture des marchés locaux. La sélection de petits ruminants résistants aux strongyloses gastro-intestinales est un élément de cette intensification. En effet, le parasitisme interne constitue une contrainte majeure du milieu pour les animaux au pâturage,

contrainte aggravée par l'élévation des chargements instantanés et par la production d'un fourrage dense et irrigué. Or les traitements anthelminthiques, moyen de lutte classique, sont de moins en moins efficaces du fait de l'apparition de souches vermineuses résistantes. La prise en compte de la résistance dans les schémas d'amélioration des petits ruminants rustiques ou d'herbage est par conséquent un axe de recherche actuel. Cette voie participe à une lutte intégrée, au même titre qu'une gestion du pâturage et des prophylaxies chimiques, adaptées au risque parasitaire.

L'expérimentation mise en place à l'Unité de Recherches Zootechniques (INRA Antilles-Guyane) avait pour premier objectif de vérifier l'existence d'une variabilité génétique du caractère de résistance aux strongles gastro-intestinaux chez les chèvres Créoles de Guadeloupe. En effet, de nombreux travaux sur ovins ont démontré la possibilité d'améliorer génétiquement la résistance de différentes races (Mérinos, Romanov, Romney...) au parasitisme gastro-intestinal. Peu de résultats sont connus en revanche chez les caprins, bien que leur production soit quantitativement importante (notamment en zone tropicale) et que cette espèce soit particulièrement sensible à ce parasitisme.

Le choix du milieu de sélection a été abordé dans ce contexte. Les chèvres Créoles ont été élevées dans des conditions environnementales caractérisées par différents niveaux de pression parasitaire et d'apport fourrager afin de déterminer s'il existe des interactions de

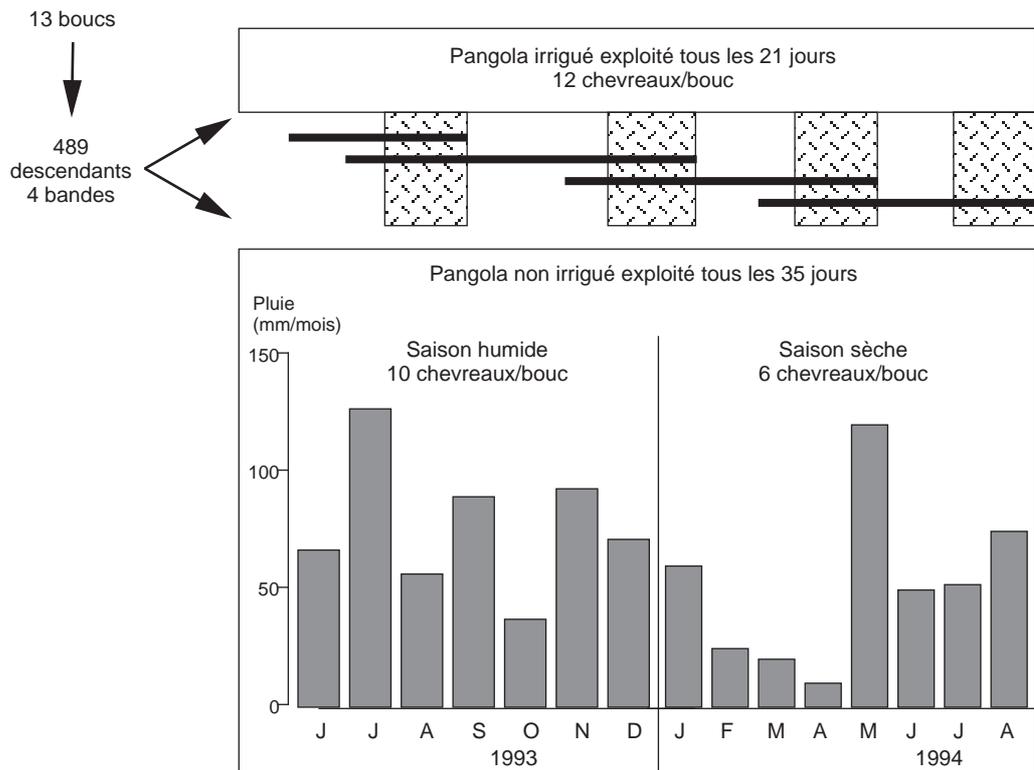
type « génotype-milieu ». La question a été de savoir si la résistance exprimée dans un milieu favorable s'identifie à la résistance exprimée dans un milieu défavorable. Dans la négative, l'adéquation entre milieu de sélection et milieu de production serait nécessaire. En zone tropicale, cette préoccupation est d'autant plus justifiée que l'existence d'une saison sèche marquée peut entraîner une alternance de conditions d'infestation et d'alimentation favorables et défavorables. De plus, la sous-alimentation induit une augmentation de la sensibilité aux strongles gastro-intestinaux. Dans le but de vérifier si ces conditions ont des répercussions sur l'expression des gènes de résistance, les classements relatifs de 13 boucs sur leurs index de résistance, appréciés par les moyennes des performances de leurs produits, ont été comparés selon le milieu d'évaluation de leurs descendants.

1 / Conduite de l'étude

1.1 / Les milieux d'évaluation de la résistance

Le domaine expérimental (Alexandre *et al* 1997) est soumis à un climat de type tropical humide avec une pluviométrie annuelle de 1 000 mm inégalement répartis au cours de l'année. L'expérience s'est déroulée durant 2 périodes en saison humide et 2 en saison sèche (figure 1). Dans les deux systèmes de

Figure 1. Dispositif expérimental.



pâturage mis en place, l'utilisation combinée de la saison, de l'irrigation et du rythme de rotation a permis de reproduire expérimentalement des infestations sous haut et faible niveau alimentaire, à haute et basse pression parasitaire. Les chevreaux ont été élevés sur deux parcelles de pangola (*Digitaria decumbens*):

- système irrigué : une parcelle de 0,9 ha, irriguée, recevant une charge moyenne de 1,4 t/ha, fertilisée par 300 unités d'azote/an et exploitée tous les 21 jours (durée de séjour d'une semaine) ;

- système non irrigué : une parcelle de 1,1 ha, non irriguée, recevant une charge moyenne de 1,2 t/ha, fertilisée par 150 unités d'azote/an et exploitée tous les 35 jours (durée de séjour d'une semaine).

Ces systèmes ont été choisis en fonction de la productivité du pangola et de la dynamique des populations de larves infestantes de strongles sur l'herbe (Aumont et Gruner 1989, Aumont *et al* 1991) pour analyser un système irrigué, un système non irrigué en saison humide et un système non irrigué en saison sèche. Dans le système irrigué, relativement tamponné vis-à-vis des fluctuations saisonnières, nous attendions une quantité d'herbe disponible et une charge parasitaire élevées ; dans le système non irrigué en saison humide, une quantité d'herbe disponible et une charge parasitaire moyennes ; dans le système non irrigué en saison sèche une quantité d'herbe disponible et une charge parasitaire faibles.

1.2 / Dispositif expérimental

La variabilité génétique de la résistance aux strongles gastro-intestinaux de treize boucs, jeunes et choisis d'origines génétiques aussi variées que possible parmi l'ensemble de reproducteurs du troupeau, a été estimée sur la moyenne des performances de 489 descendants mâles et femelles, élevés à l'herbe entre 3 et 11 mois (figure 1). Quatre bandes de chevreaux ont été testées. En moyenne, chaque père a été qualifié par 12, 10 et 6 descendants respectivement dans le système irrigué, le système non irrigué en saison humide et le système non irrigué en saison sèche. Sur chaque bande, les mesures ont été effectuées lors de 2 périodes successives : une première fois entre les âges de 5 et 7 mois et une deuxième fois entre les âges de 9 et 11 mois. Les chevreaux ont été conduits en 5 lots : 2 en milieu irrigué (un de mâles et un de femelles) et 3 en milieu non irrigué (deux de mâles et un de femelles).

De juin 1994 à janvier 1995, une bande supplémentaire élevée avec un parasitisme maîtrisé par des injections d'Ivermectine, par voie sous-cutanée à la dose recommandée, toutes les 4 semaines, a servi de référence de croissance par comparaison avec les données recueillies sur les bandes élevées en présence de parasites. Les 189 chevreaux élevés « hors parasite » sont les descendants de 9 des 13 boucs et de 3 boucs de renouvellement.

Cette bande a été conduite en 2 lots (un de mâles et un de femelles) sur pangola irrigué.

2 / Recueil et traitement des données

A chaque allotement, les chevreaux de 3 mois ont été déparasités (Ivermectine par voie orale à la dose recommandée) en même temps que les chevreaux âgés de 7 mois, déjà en expérimentation, qui ont reçu un traitement rémanent (Ivermectine par voie sous-cutanée à la dose recommandée). La progression de leur infestation a été surveillée chaque semaine dans le but de permettre un contact prolongé de l'hôte avec le parasite durant 5 à 6 semaines, sans atteindre la limite pathologique. Ainsi, des mesures de densité de larves infestantes dans l'herbe ont été effectuées pour estimer le risque parasitaire et l'abondance relative des espèces présentes (*Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Oesophagostomum columbianum*). De plus, à partir de la troisième semaine, des coproscopies hebdomadaires de contrôle ont été réalisées sur 12 animaux pris au hasard dans chaque lot.

Un second traitement anthelminthique (Ivermectine par voie orale à la dose recommandée) a marqué le départ de la période expérimentale proprement dite, à partir duquel une durée d'infestation a été calculée pour chaque lot de chaque bande. La réinfestation des animaux a été surveillée. Ce suivi a permis un ajustement des dates de prélèvement individuel pour garantir un niveau d'infestation suffisant qui n'aboutisse pas à des répercussions pathologiques marquées. Les prélèvements individuels de fèces ont été réalisés entre la cinquième et la neuvième semaine après le traitement en fonction de la vitesse de réinfestation des chevreaux. Ces prélèvements ont été répétés une fois à une semaine d'intervalle à l'une au moins des périodes de mesure dans chaque milieu. La densité en œufs de parasites a été déterminée dans ces fèces par coproscopie. Une coproculture par père et par lot a été réalisée à chaque période de mesure afin d'avoir une appréciation des proportions des espèces vermineuses présentes.

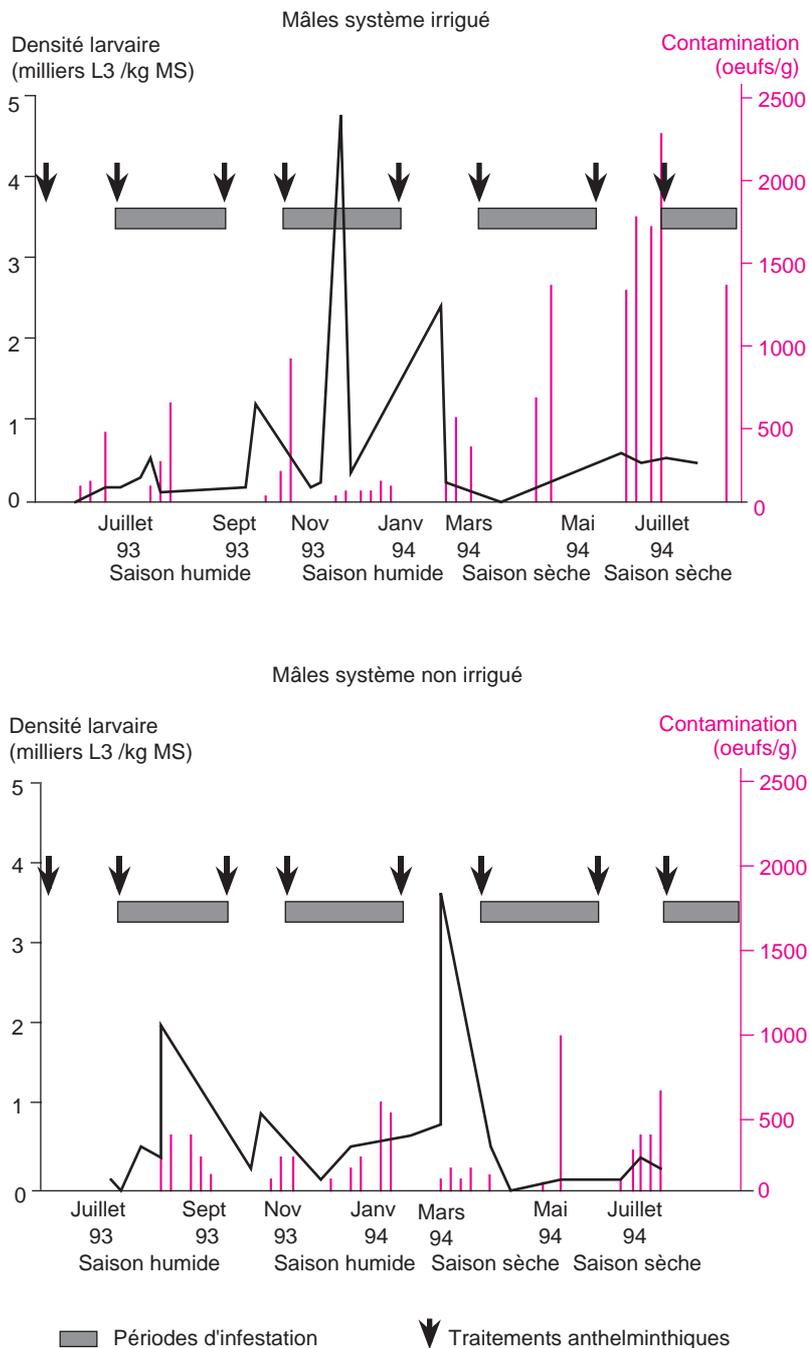
Les chevreaux des 5 bandes ont été pesés mensuellement et en même temps dans les 2 systèmes d'élevage. Nous disposons ainsi des poids au sevrage, à la coproscopie de 6 mois, à la coproscopie de 10 mois et en fin d'expérimentation. Les GMQ (gains moyens quotidiens) entre ces différentes périodes ont été calculés.

Les données parasitologiques et pondérales ont été analysées avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System - SAS Institute 1989). Les facteurs fixes suivants ont été inclus dans les modèles d'analyse : un effet groupe, combinant lot et bande d'élevage, et un effet âge. Le mode de naissance (simple ou multiple) et d'allaitement (sous la mère ou artificiel) des

La résistance génétique au parasitisme interne a été étudiée sur près de 500 chevreaux issus de 13 pères et élevés sur des prairies irriguées ou non.

chevreaux n'a pas eu d'influence sur ces variables. Les répétabilités de la mesure d'excrétion d'œufs ont été estimées, après correction pour les effets fixés, avec un modèle comprenant un effet aléatoire « animal » et un effet aléatoire « population vermineuse présente intra-animal à chaque âge ». Le dispositif expérimental hiérarchique nous a conduits à exploiter les relations père-descendants pour mettre en évidence une éventuelle variabilité génétique. L'effet « père » a donc été testé pour les mesures d'excrétion fécale, les pesées et les croissances, avec un modèle comprenant un effet fixé groupe et un effet aléatoire « père ».

Figure 2. Densités larvaires (L3/kg MS d'herbe) sur les pâturages et contaminations moyennes (œufs par gramme de fèces) chez les chevreaux de 2 lots au cours de l'expérimentation.



3 / Résultats et discussion

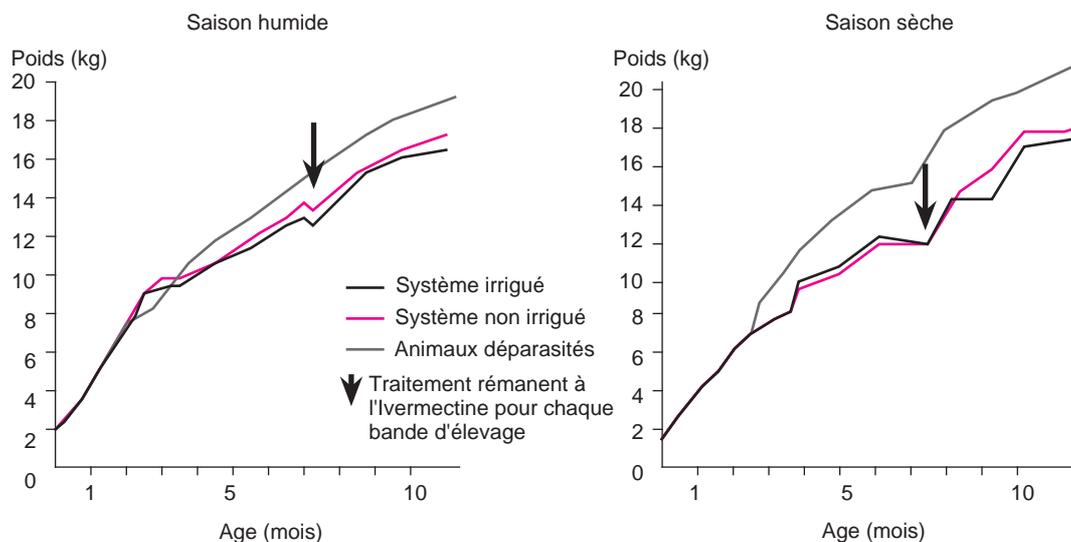
3.1 / Caractérisation des milieux

Cette caractérisation est fondée sur trois éléments. Le premier élément est constitué par les densités en larves infestantes et les coproscopies moyennes enregistrées au cours des contrôles hebdomadaires (figure 2), pour 2 lots de chevreaux mâles élevés l'un dans le système irrigué et l'autre dans le système non irrigué. Les parcelles étaient d'anciennes surfaces de fauche transformées en pâturage pour les besoins de l'expérimentation, aussi les niveaux d'infestation sont-ils restés bas au cours de la première période de mesure. Le deuxième élément est l'excrétion moyenne d'œufs calculée à partir des mesures individuelles à 6 et 10 mois pour les trois milieux (tableau 1). Enfin, les courbes de croissance sont le troisième élément de la caractérisation des milieux ; elles sont illustrées sur la figure 3 par les résultats d'une bande de chevreaux élevée durant la saison humide et ceux d'une bande élevée durant la saison sèche. La courbe de croissance de la bande d'élevage maintenue « hors infestation » est reportée à titre de comparaison. Un changement dans l'exploitation des parcelles (passage du temps de repousse de 21 jours à 28 jours) a provoqué une rupture dans la courbe de croissance de cette bande autour du 7^e mois.

En définitive, les animaux élevés dans le système non irrigué en saison humide ont été placés dans les conditions d'infestation et d'alimentation les plus favorables. Ceci s'est traduit, notamment à l'âge de 6 mois, par une excrétion d'œufs plus faible que chez les animaux élevés dans les 2 autres milieux et une croissance moins pénalisée par l'infestation. En fin d'expérimentation, le poids des chevreaux était supérieur de 1 kg à 1,7 kg à celui obtenu dans les 2 autres milieux (figure 3). Globalement, on peut penser que les médiocres performances de croissance enregistrées dans le système non irrigué en saison sèche sont dues à un milieu nutritionnel moins favorable et à une infestation assez forte, comme l'attestent les données d'excrétion d'œufs à 6 mois. On ne peut exclure que le facteur limitant nutritionnel ait rendu les chevreaux plus sensibles à l'infestation. A risque parasitaire moindre, mais avec une durée d'infestation de 3 à 6 jours supérieure, les animaux vraisemblablement insuffisamment nourris s'infestent plus que des animaux bénéficiant d'un milieu nutritionnel favorable. Les animaux élevés dans le système irrigué ont eu une croissance intermédiaire à celle mesurée dans les 2 autres milieux, bien qu'ils aient présenté un fort niveau d'infestation (excrétions d'œufs élevées à 6 et 10 mois).

Le système irrigué s'est révélé moins stable que supposé lors de la conception du dispositif expérimental. L'irrigation n'a pas totalement compensé le manque de pluies durant la saison sèche. Les croissances à cette saison ont été inférieures à celles enregistrées en saison

Figure 3. Courbes de croissance corrigées pour le sexe, dans 2 bandes d'élevage de l'expérimentation comparées à la courbe de croissance de la bande d'élevage maintenue « hors infestation ».



des pluies (figure 3). De plus, la proportion d'*H. contortus* a significativement chuté en fin de saison sèche. Le phénomène de *self-cure* (expulsion spontanée d'une population vermineuse installée provoquée par une ré-infestation massive, Stoll 1929), intervenu dans ce milieu en raison de l'intense infestation des animaux (figure 2), a perturbé l'interprétation du critère de mesure excrétion d'œufs. Ces observations témoignent de l'importance des variations environnementales dans le milieu irrigué. Cependant, les conséquences de la variation des proportions d'*H. contortus* et *T. colubriformis* ont pu être limitées car des travaux semblent indiquer un contrôle génétique commun (au moins partiellement) de la résistance à ces 2 espèces (Sreter *et al* 1994). Des mécanismes biologiques, sous le contrôle de gènes communs, se seraient donc exprimés en saison humide et en saison sèche.

3.2 / La croissance des chevreaux en milieu infesté ou protégé

L'analyse des courbes de croissance (figure 3) met en évidence un mécanisme de croissance compensatrice après la mesure d'excrétion d'œufs individuelle de 6 mois, grâce au traitement anthelminthique rémanent pratiqué (Ivermectine par voie sous-cutanée). Les gains de poids des animaux infestés sont alors de 1,5 à 2 fois supérieurs aux animaux témoins (« hors parasitisme ») dont le GMQ à cet âge atteint environ 47 g/j. Malgré ce rattrapage, les animaux parasités n'atteignent pas le poids des animaux témoins et, à 11 mois, ils sont plus légers que ces derniers : écart de 6 à 15 % de poids vif en fin d'engraissement suivant le milieu. Sur les poids, en particulier sur le poids atteint en fin d'expérimentation, une variabilité génétique est mise en évidence. Le tableau 2 donne les estimations des variances « père » et « erreur » pour le poids en fin d'expérimentation dans les 4 milieux. En revanche, l'absence de variabilité

génétique sur les croissances des chevreaux peut s'expliquer par le fait que la prairie de pangola est un milieu sans doute trop limitant pour que les animaux expriment leur potentiel génétique.

3.3 / Variabilité du critère d'excrétion d'œufs

La répétabilité de la mesure d'excrétion d'œufs dans l'intervalle d'une semaine est estimée à 0,47 sur l'ensemble de nos données. La répétabilité entre les âges de 6 et 10 mois est en revanche très faible (0,15). Barger et Dash (1987) montrent également que l'estimation de la répétabilité de la mesure d'excrétion diminue quand l'intervalle de temps entre les mesures augmente.

L'effet « père » testé sur la mesure d'excrétion d'œufs à 6 mois était significatif dans le système irrigué (P < 0,03) et à la limite de la

C'est dans le système non irrigué en saison humide que la croissance des chevreaux a été la plus élevée et le taux d'infestation le plus faible.

Tableau 1. Effet du milieu sur les moyennes des paramètres parasitologiques, corrigées pour le groupe intra-milieu.

| Milieu | Durée d'infestation (j) | | Excrétion d'œufs (o/g) | |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|------------------|
| | à 6 mois | à 10 mois | à 6 mois | à 10 mois |
| Système irrigué | 45 | 41 | 1 065 ^a | 713 ^a |
| Système non irrigué en saison humide | 50 | 48 | 657 ^b | 291 ^b |
| Système non irrigué en saison sèche | 56 | 51 | 1 020 ^a | 319 ^b |

Les valeurs d'une colonne affectées d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5□%.

Tableau 2. Estimations des variances « père » (σ_p^2) de l'échantillon et des résiduelles (σ_e^2) pour le poids atteint en fin d'expérimentation.

| | Nb pères | σ_p^2 | | σ_e^2 |
|--------------------------------------|----------|--------------|----------|--------------|
| Milieu au parasitisme maîtrisé | 14 | 0,20 | 18 % (1) | 6,48 |
| Système irrigué | 13 | 0,53 | 4 % | 3,84 |
| Système non irrigué en saison humide | 13 | 0,33 | 11 % | 5,05 |
| Système non irrigué en saison sèche | 12 | 0,42 | 1 % | 3,51 |

(1) signification de l'effet «□père□».

signification dans le système non irrigué en saison humide ($P < 0,12$) et dans le système non irrigué en saison sèche ($P < 0,19$). Les estimations de la variance « père » dans ces 3 milieux ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (tableau 3). Cependant elles ont tendance à être plus faibles chez les animaux les moins infestés, c'est-à-dire dans le milieu sec en saison humide.

Nous avons mis en évidence un effet « père » significatif sur la mesure d'excrétion à 6 mois, mais le nombre d'animaux expérimentaux (489 descendants de 13 pères) est trop petit pour avancer une estimation de l'héritabilité de la résistance des chèvres Créoles de Gardel. En travaillant dans un seul troupeau, nous nous sommes placés dans des conditions environnementales mieux maîtrisées que Woolaston *et al* (1992). Ces auteurs ont étudié la variabilité génétique de la résistance de chèvres Fidjiennes appartenant à 2 troupeaux et infestées naturellement par *H. contortus* et *T. colubriformis*. Leurs estimations d'héritabilité de la mesure d'excrétion d'œufs ne sont pas significativement différentes de zéro, pour des chevreaux en croissance comme pour des chèvres adultes, ce qui traduit l'absence de variabilité génétique.

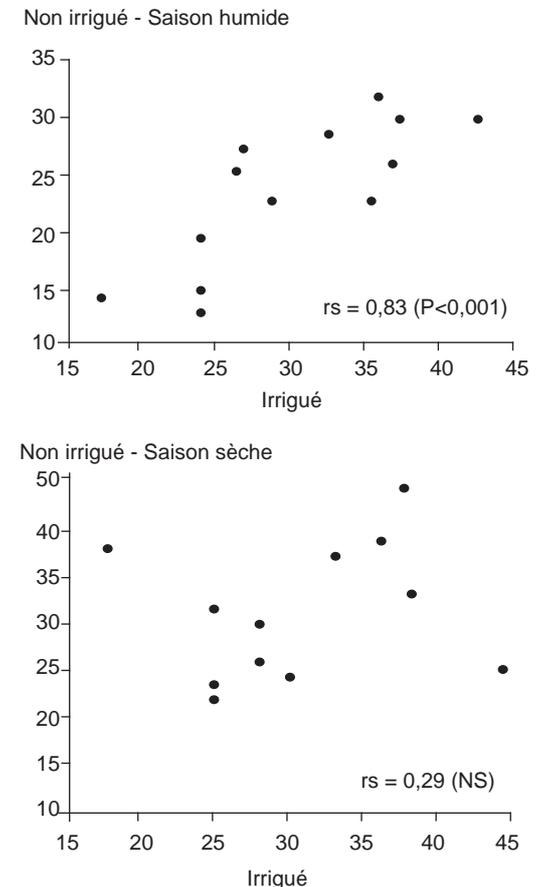
Chez les chevreaux âgés de 10 mois (tableau 3), l'effet « père » sur la mesure d'excrétion d'œufs apparaît à la limite de la signification dans le système irrigué et non significatif dans les deux autres milieux. Comme pour la mesure à 6 mois, la variabilité génétique est la plus faible dans le milieu ayant conservé le niveau d'infestation le plus bas. La faiblesse, voire l'absence, de variabilité génétique à 10 mois est cohérente avec la faible répétabilité estimée entre les mesures à 6 et 10 mois, mais elle est en contradiction avec les travaux de Rohrer *et al* (1991) sur des chèvres Dual-Purpose du Kenya âgées de 10 à 12 mois, et avec les travaux de Jackson *et al* (1995) sur des chèvres cashmere d'Ecosse. Ces équipes estiment l'héritabilité à respectivement 0,40 en infestation sur pâturage où *H. contortus* domine et environ 0,20 en infestation naturelle et artificielle par *Teladorsagia circumcincta*. De plus, les premiers résultats de Baker (1997) au Sénégal semblent également indiquer une variabilité génétique de la résistance des caprins West African Dwarf, dont la population caprine Créole est probablement issue en partie. Cependant, du fait de notre protocole expérimental, des chevreaux jeunes et âgés ont été testés le même jour. Les animaux de 6 mois étaient alors significativement plus infestés que les animaux de 10

mois ($P < 0,001$) : 733 œufs par gramme (opg) en moyenne contre 377 opg respectivement. Un niveau d'infestation trop faible à 10 mois peut expliquer l'absence de variabilité génétique de la résistance et la faible répétabilité entre 6 et 10 mois.

3.4 / Influence du milieu sur l'expression du potentiel génétique de résistance

Le milieu tropical a offert des conditions de milieu contrastées par l'alternance d'une saison humide et d'une saison sèche, nous permettant de caractériser 3 milieux. En raison du faible effectif de boucs évalués, les corrélations génétiques entre les caractères de résistance exprimés dans les 3 milieux ont été

Figure 4. Corrélations de rang de Spearman (r_s) entre les classements des 13 boucs, estimées entre les moyennes des mesures d'OPG de leurs descendants de 6 mois élevés dans les systèmes irrigué et non irrigué en saison humide ; et dans les systèmes irrigué et non irrigué en saison sèche.



Dans les 2 systèmes, l'effet père sur l'excrétion d'œufs ne se manifeste que chez les chevreaux de 6 mois.

Tableau 3. Estimations des variances « père » (σ_p^2) de l'échantillon et des résiduelles (σ_e^2) pour la mesure d'excrétion d'œufs de strongles mesurée à 6 mois et 10 mois.

| | Nb pères | à 6 mois | | | à 10 mois | | |
|--------------------------------------|----------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------|--------------|
| | | σ_p^2 | | σ_e^2 | σ_p^2 | | σ_e^2 |
| Système irrigué | 13 | 31,5 | 3 % ⁽¹⁾ | 179,4 | 4,2 | 15 % | 112,9 |
| Système non irrigué en saison humide | 13 | 9,6 | 12 % | 176,6 | 0,9 | ns | 79,3 |
| Système non irrigué en saison sèche | 12 | 19,9 | 19 % | 202,6 | -4,6 | ns | 118,2 |

(1) signification de l'effet «père», ns: non significatif.

approchées par des corrélations de rang (figure 4). Le classement des 13 boucs est très corrélé dans les milieux les plus proches, système irrigué et système non irrigué en saison humide (0,83 ; $P < 0,001$).

En revanche, la relation entre le classement des boucs dans le système irrigué et le système non irrigué en saison sèche (0,29 ; $P > 0,10$) n'est pas significative, de même entre le système non irrigué en saison humide et en saison sèche (0,47 ; $P > 0,10$). Ainsi, des animaux soumis à des conditions alimentaires difficiles n'exprimeraient pas le même niveau génétique de résistance que lorsqu'ils sont placés dans des conditions plus favorables. Ceci corrobore les observations de MacFarlane *et al* (1995) qui vont dans le sens d'une interaction entre le niveau génétique de résistance et la supplémentation de la ration d'ovins Mérinos.

Le système irrigué, peu variable au cours des saisons, était envisagé comme possible milieu de sélection pour la résistance acquise suite à une infestation naturelle. Or il semble que les animaux qualifiés résistants dans ce système d'élevage ne le soient pas forcément dans un système plus extensif.

Ces résultats sont cependant préliminaires car les pères étaient moins bien évalués dans le système non irrigué en saison sèche comparativement aux autres milieux : 6 descendants par bouc en moyenne contre 12 et 10 respectivement dans les systèmes irrigué et non irrigué en saison humide.

Conclusion

Ce protocole nous permet de conclure que la résistance évaluée par le critère d'excrétion d'œufs est un caractère héritable chez les chèvres Créoles de 6 mois infestées au pâturage par *H. contortus* et *T. colubriformis* et maintenues sur pâturage irrigué. Il semble par ailleurs que la capacité des animaux à résister à l'infestation dans des conditions d'alimentation favorables et défavorables ne soient pas de même nature génétique. Ce résultat implique un choix réfléchi du milieu de sélection, avant la mise en place d'un schéma d'amélioration caprin sur la résistance aux strongles gastro-intestinaux, particulièrement en zone tropicale où les conditions d'élevage peuvent varier considérablement avec la saison. Par ailleurs, le système d'élevage sur pâturage irrigué, envisagé comme milieu de sélection potentiel, est soumis à des variations saisonnières qu'il faudra caractériser à défaut de pouvoir les maîtriser, l'intensité d'infestation ayant une influence sur la variabilité génétique exprimée.

Remerciements

Les auteurs remercient J.C. Mainaud et l'équipe responsable du troupeau caprin de Gardel, ainsi que le laboratoire de l'Unité de Recherches Zootechniques pour leur soutien technique. Cette étude a été réalisée avec un financement ATP du CIRAD (Résistance aux strongles gastro-intestinaux chez les petits ruminants en zone tropicale) et un financement AIP de l'INRA (Gènes de résistance aux maladies).

Références bibliographiques

- Alexandre G., Aumont G., Fleury J., Mainaud J.C., Kandassamy T., 1997. Performances zootechniques de la chèvre Créole allaitante de Guadeloupe. Bilan de 20 ans dans un élevage expérimental de l'INRA. *INRA Prod. Anim.*, 10, 7-20.
- Aumont G., Gruner L., 1989. Population evolution of the free-living stage of goat gastrointestinal nematodes on herbage under tropical conditions in Guadeloupe (French west Indies). *Int. J. Parasitol.*, 19, 539-546.
- Aumont G., Caudron I., Xandé A., 1991. Tables des valeurs alimentaires de fourrages tropicaux de la zone Caraïbe et de la Réunion. (Ed Station de Recherches Zootechniques) INRA-Guadeloupe, 119 p.
- Baker R.L., 1997. Résistance génétique des petits ruminants aux helminthes en Afrique. *INRA Prod. Anim.*, 10, 99-110.
- Barger I.A., Dash K.M., 1987. Repeatability of ovine faecal egg counts and blood packed cell volumes in *Haemonchus contortus* infections. *Int. J. Parasitol.*, 17, 977-980.
- Eysker M., Kooyman F.N.J., 1993. Notes on necropsy and herbage processing techniques for gastrointestinal nematodes of ruminants. *Vet. Parasitol.*, 46, 205-213.
- Gruner L., Raynaud J.P., 1980. Technique allégée de prélèvement d'herbe et de numération pour juger de l'infestation des pâturages de bovins par les nématodes parasites. *Revue Méd. Vét.*, 131, 521-529.
- Jackson F., Patterson M., Stevenson L., Huntley J., Bishop S., Russel A.J.F., 1995. Caprine selection/responsiveness studies in fibre goats in Scotland. International conference on the novel approaches to the control of helminth parasites of livestock, UNE, Armidale NSW Australia, 18-21 April 1995, p. 29.
- MacFarlane J.A., Holdsworth M., McInnes A., Gray G.D., 1995. Post-weaning nutritional supplementation increases resistance to nematode infections in susceptible genotypes. International conférence on the novel approaches to the control of helminth parasites of livestock, UNE, Armidale NSW Australia, 18-21 April 1995, p. 31.
- Raynaud J.P., 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins. *Ann. Parasitol. humaine et comparée*, Paris, 45, 321-342.
- Rohrer G.A., Taylor J.F., Davis S.K., Waruiru R.M., Ruvuna F., Mwandotto B.A.J., McGuire T., Rurangirwa F., 1991. The use of randomly amplified polymorphic DNA markers in analysis of susceptibility to *Haemonchus contortus* and *Coccidia*. *Proceedings of*

Les classements des boucs sur le critère de résistance au parasitisme interne sont corrélés seulement lorsque les conditions de milieu sont proches, il y aurait donc une interaction du niveau génétique de résistance avec le milieu.

the 9th Scientific Workshop of the Small Ruminant Collaborative Research Support Program, p. 71-85.

SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, version 6, Fourth Edition, Cary, NC : SAS Institute Inc., 1989, 943 pp.

Sreter T., Kassai T., Takac E., 1994. The heritability and specificity of responsiveness to infection with *Haemonchus contortus* in sheep. *Int. J. Parasitol.*, 24, 871-876.

Stoll N.R., 1929. Studies with the strongyloid nematode *Haemonchus Contortus*. I. Acquired resistance of hosts under natural reinfection conditions out of doors. *Amer. J. Hygiene*, 10, 384-418.

Woolaston R.R., Singh R., Tabunakawai N., Le Jambre L.F., Banks D.J.P., Barger I.A., 1992. Genetic and environmental influences on worm egg counts of goats in the humid tropics. *Proceedings of the Australian Association for Animal Breeding and Genetic*, 10, 147-150.

Abstract

Genetic resistance to gastro-intestinal parasitism in Creole goats : effects of tropical environments on genetic expression of the trait.

The first objective of this study was to show the existence of genetic variability in Creole goat resistance to natural infection by gastro-intestinal nematodes. The aim was to introduce this recently identified trait in genetic improvement programmes. The second objective was to verify whether or not the same traits of resistance were expressed under favourable nutritional breeding conditions. In this way, the resistance of 13 Creole bucks was estimated through the average performance of their offspring bred on 2 grazing systems. Kids were tested at 6 and 10 month old. *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* were the main parasite species in the pasture. A significant genetic variability in each environment for the 6 month old kids was

shown. Genetic correlation between the different resistances expressed under favourable nutritional conditions was + 0.83 ($P < 0.001$). The rankings of the bucks were not significantly correlated between favourable and unfavourable nutritional conditions. This suggests that the biological mechanisms of resistance expressed under favourable and unfavourable nutritional conditions, are governed by different genes. No genetic variability was found when resistance was measured for the 10 month old kids, due to a low infection rate.

MANDONNET N., AUMONT G., FLEURY J., GRUNER L., BOUIX J., VU TIEN KHANG J., VARO H., 1997. Résistance aux strongles gastro-intestinaux des caprins. Influence de différents environnements tropicaux sur l'expression du potentiel génétique de résistance. *INRA Prod. Anim.*, 10 (1), 91-98.