



Comparaison de quelques substituts aux additifs antibiotiques chez le dindon : effets zootechniques et résistance à l'implantation des salmonelles

Hugues VALANCONY, Florence HUMBERT, Joseph RUKELIBUGA, Michel BOUGON, Loïc BALAINE et Françoise LALANDE

avec la collaboration des services expérimentaux avicoles

AFSSA - site de Ploufragan - BP 53 - 22 440 PLOUFRAGAN

RESUME

A la demande de l'interprofession de la dinde (CIDEF), les performances zootechniques et la résistance à la colonisation par *Salmonella* (*S. Typhimurium* résistante à la rifampicine), de lots de dindons supplémentés avec différents additifs alimentaires (antibiotique, mannan-oligosaccharides, huiles essentielles, acides organiques) ou administrés par une flore de barrière ont été étudiées. Au cours des 2 essais successifs, chaque traitement était constitué de 6 parquets de 35 sujets chacun. Les épreuves salmonelles se sont déroulées à 7 et 28 jours sur 18 sujets de chaque traitement, prélevés dans le bâtiment d'élevage et sur des dindonneaux élevés en isolateurs. L'effet zootechnique des différents produits s'est traduit par une amélioration significative de la vitesse de croissance de 0 à 4 semaines, en lien avec une plus forte consommation alimentaire pour l'avilamycine et le Bio-Mos (essai 1) et l'Acid Lac dry (essai 2). Cependant à l'abattage, les poids des dindons sont très proches du lot témoin ainsi que les rendements. Les résultats des épreuves salmonelles montrent une réduction significative par rapport au témoin de la colonisation par salmonelles du lot ayant reçu la flore de barrière Broilact (de 5 Log) chez les sujets élevés en isolateurs. Par contre, il n'est pas observé d'effets des produits chez les animaux préalablement élevés pendant 6 et 28 jours en bâtiment. Ceci souligne le rôle essentiel du microbisme ambiant dans l'acquisition et la composition de la flore digestive des dindonneaux.

SUMMARY

Zootechnical parameters and colonisation resistance against a *Salmonella Typhimurium* challenge with a rifampicine resistant strain, were evaluated in six groups of turkeys receiving a basal diet supplemented with avilamycine or different feed additives proposed for substitution to antibiotic ones. The basal diet, without any supplementation was distributed to the control group and also to a second group of animals which were administered twice with a competitive exclusion (CE) product (Broilact®). In the four other groups, the basal diet was either supplemented with one of the last antibiotic which used is not yet restricted in poultry production, the avilamycine (Maxus®), or a manno-oligosaccharide (Bio-Mos®), or a mix of essential oils (Crina HC®), or a mix of organic acids (Acid LacDry®). Zootechnical results are from two successive repetitions of the same trial while results concerning resistance to *Salmonella* challenge in 7 and 28 days old animals are from only one trial. The *Salmonella* challenge was administered on 7 days-old turkeys reared in isolator units since the beginning of the experiment and on turkeys reared in the same farmhouse environment before transfer into isolators (when 7 days-old) or into protected experimental rooms (when 28 days-old) before receiving the *Salmonella* challenge. Zootechnical effects of the different additives tested are a significant improvement of growth rate between 0-4 weeks in relation with more feed consumption for the avilamycine and Bio-Mos treated groups (first repetition), and for the Acid LacDry group (second repetition). But, at slaughter time, body weights and carcasses yields are very similar for all groups and very closed to those from controls. Concerning *Salmonella*, when treatment groups are separately reared in isolator units from the beginning of the experiment until the *Salmonella* challenge, results show a very effective colonisation resistance in the CE treated group (mean numbers of *Salmonella* are 5 log less compared to controls). But when turkeys are reared in the same farmhouse environment and just transferred the day before the *Salmonella* challenge, none of the additives tested is efficient to protect them. These apparently conflicting results underline the importance of the environment and its microbial flora which probably reflect the digestive tract flora developed by the animals, in colonisation resistance. As the digestive tract flora is supposed to be related to, or oriented by the feed additive, it is concluded that it seems difficult, if not possible, to compare feed additives in groups of animals reared in the same farmhouse.

L'utilisation en alimentation animale des additifs antibiotiques est aujourd'hui très controversée. Le développement de l'antibiorésistance est devenu aujourd'hui un problème majeur de santé publique. Malgré l'abondance des informations scientifiques sur le sujet, tous les mécanismes de l'antibiorésistance n'ont pas encore été percés à ce jour. Les chercheurs ont cependant pu établir que l'usage d'antimicrobiens favorise la sélection de bactéries résistantes et accélère leur propagation (Corpet, 2000). Ainsi, en application du principe de précaution, quatre antibiotiques utilisés comme facteurs de croissance en alimentation animale se sont vus suspendre leur autorisation depuis le 1^{er} juillet 1999 (bacitracine zinc, spiramycine, virginiamycine et phosphate de tylosine). Sur les 13 molécules initialement autorisées lors de la mise en place de la réglementation en 1970, 11 ont été retirées de la liste. Il ne reste donc dans la liste positive des additifs antibiotiques utilisables en aviculture, que deux molécules : l'avilamycine et le flavophospholipol (Bellot et Bouvarel, 2000). De plus, l'homologation de nouveaux additifs antibiotiques et coccidiostatiques est suspendue jusqu'à la ré-évaluation de l'ensemble des additifs qui devrait s'achever en 2003 au plus tard avec, peut-être, l'interdiction de nouveaux additifs (Vandaele, 1999).

Une des conséquences de l'interdiction de la plupart des promoteurs de croissance antibiotiques dans l'Union européenne, est le nouvel intérêt pour des produits qui possèdent un effet potentiel sur les performances de croissance (Thomke *et al.*, 1998a). Ces candidats au remplacement des additifs antibiotiques peuvent être classés en quatre catégories principales : les probiotiques, les sucres (MOS¹, FOS²), les acides organiques et les huiles essentielles. Même si les modes d'action et les effets de ces produits sur les performances de croissance sont très discutés et ne sont pas complètement élucidés (Jin *et al.*, 1997 ; Newman, 1993 ; Thomke *et al.*, 1998b ; Nousiainen *et al.*, 1993), ces produits vont être plus souvent utilisés qu'auparavant. L'additif alimentaire antibiotique procure un bon état sanitaire et pré-

vient les risques de développement de pathologie dans un élevage, mais il permet d'abord de garantir de bonnes performances zootechniques, notamment une augmentation du GMQ et une diminution de l'indice de consommation (Griess, 1986 ; Thomke *et al.*, 1998a ; Anonyme, 1997, Corpet 2000).

De nombreuses études ont également tenté de démontrer l'efficacité des additifs sur l'exclusion d'un pathogène comme *Salmonella*. L'exclusion compétitive des salmonelles par les probiotiques, les sucres (MOS) et les acides organiques a déjà été partiellement étudiée, donnant des résultats souvent contradictoires (Oyofa *et al.*, 1989a et 1989b ; Hinton *et al.*, 1991 ; Stavric, 1992 ; Oyarzabal et Conner, 1995 ; Jin *et al.*, 1997). L'effet des additifs sur l'implantation et la colonisation par les salmonelles s'expliquerait par des modifications de la flore digestive des animaux, et reposerait sur le principe d'exclusion compétitive des salmonelles décrit par Nurmi et Rantala (1973).

L'objectif de cette étude, réalisée à la demande du Comité Interprofessionnel de la Dinde Française (CIDEF), était de comparer les performances zootechniques et la résistance à la colonisation par *Salmonella*, de lots de dindons supplémentés avec différents types d'additifs alimentaires (antibiotique, mannan-oligosaccharides, huiles essentielles, acides organiques) ou administrés par une flore de barrière. Les performances d'élevage des dindons (croissance, indice de consommation, viabilité, rendements) ont été étudiées en fonction du produit utilisé. Des échantillons d'animaux prélevés du bâtiment d'élevage à deux âges (6 jours et 28 jours) et des dindonneaux démarrés en isolateurs ont été éprouvés par salmonelles (*S. Typhimurium* résistante à la Rifampicine), afin de mesurer leur résistance à une infection expérimentale.

1. Matériel et méthodes

1.1. Dispositif expérimental

Cette étude a été réalisée dans un bâtiment à ventilation dynamique

par extraction haute, composé de 36 parquets de 10 m² de superficie chacun, répartis de part et d'autre d'un couloir central. Des isolateurs et animaleries protégées ont été également utilisés pour les épreuves salmonelles. Mille cinq cents dindonneaux mâles BUT 9 ont été mis en place à l'âge d'un jour dans les 36 parquets du bâtiment (soit 42 sujets/parquet à la mise en place) :

- le 7 mars 2000 (1^{er} essai, poids moyen: 57,0 g)
- le 19 septembre 2000 (2^e essai, poids moyen: 54,7 g),

L'effectif pour l'étude zootechnique a été ramené à 35 sujets/parquet en élevage de 4 à 16 semaines, comptenu des transferts de dindonneaux réalisés vers les animaleries à 6 et 28 jours pour y subir les épreuves salmonelles. Les dindons ont été abattus et découpés à 16 semaines dans un abattoir de la région.

Le programme lumineux suivant a été appliqué :

- de 0 à 6 semaines : (2H30 lumière + 3H30 obscurité) x 4
- de 6 à 16 semaines : 16H lumière + 8H obscurité

L'intensité lumineuse a été abaissée progressivement pour atteindre 10 lux à 5 jours. La litière était composée de copeaux de bois blanc non traités.

1.2. Les produits utilisés

Dans ces essais, 5 produits commerciaux ont été comparés à un témoin dépourvu d'additif :

- un régulateur de flore antibiotique : avilamycine (Maxus/Eli Lilly and co),
- un prébiotique MOS : Bio-Mos (société Alltech),
- un mélange d'huiles essentielles et d'épices : Crina HC (groupe Akzo Nobel),
- un mélange d'acides organiques : Acid Lac dry (société Kemin),
- une flore de barrière : Broilact (laboratoire Virbac).

L'avilamycine, le Bio-Mos, le Crina et l'Acid Lac Dry ont été incorporés à l'aliment lors de la fabrication des prémix. La flore de barrière Broilact a été pulvérisée sur les dindonneaux 30 minutes avant leur mise en place dans le bâtiment et distribuée dans l'eau de boisson à 22 jours, à la dose commerciale préconisée.

Les aliments ont tous été formulés par nos soins et fabriqués par un industriel, excepté l'aliment démarrage. Le programme alimentaire était constitué de 4 formules : démarrage (0-4 semaines), croissance (4-8 semaines), finition 1 (8-12 semaines), finition 2 (12-16 semaines) (voir tableau de composition des aliments en Annexes). Chaque aliment a été distribué à 210 mâles (6 parquets de 35 sujets), sauf l'aliment dépourvu d'additif utilisé pour les lots 1 (Témoin) et 6 (Broilact). Les 6 traitements ont été répétés dans six parquets répartis, à chaque essai, par tirage au sort au sein des blocs.

■ 1.3. Les épreuves salmonelles

Elles ont été réalisées dans les isolateurs et animaleries protégées de l'AFSSA et ont concerné 324 animaux répartis en 3 lots :

- lot A : 108 dindonneaux (18 sujets/traitement) démarrés et élevés dans six isolateurs (un par traitement) et qui seront inoculés par gavage à 7 jours avec une dose de 0,5 ml contenant environ 10^5 salmonelles.
- lot B : 108 dindonneaux (18 sujets/traitement) transférés à 6 jours du bâtiment d'élevage et qui seront également inoculés à 7 jours à la même dose que le lot A.
- lot C : 108 dindonneaux (18 sujets/traitement) transférés à 28 jours du bâtiment et qui seront inoculés par gavage avec une dose de 1 ml contenant environ 10^8 salmonelles.

Pour ces épreuves, une souche de *Salmonella* Typhimurium résistante à la Rifampicine et de pureté contrôlée a été utilisée. Des chiffonnettes de contrôle ont été réalisées dans les isolateurs et parquets d'élevage des dindonneaux afin de s'assurer qu'aucune autre salmonelle n'avait pu les contaminer.

■ 1.4. Mesures expérimentales

1.4.1. Contrôles zootechniques

Tous les animaux présents dans les parquets ont été pesés individuellement non à jeun à 28, 56 et 84 jours et après une mise à jeun de 6 heures avant le départ pour l'abattoir (à 111 jours pour l'essai 1 et

Tableau 1 : **Produits et doses utilisées en fonction de l'âge.**

Traitements	Produits testés	Dose en mode d'administration			
		0-4 sem.	4-8 sem.	8-12 sem.	12-16 sem.
1	-	Lot témoin sans additif			
2	Avilamycine	10 ppm (dans l'aliment)			
3	Bio-Mos	2 000 ppm	1 000 ppm (dans l'aliment)		
4	Crina HC	50 ppm (dans l'aliment)			
5	Acid Lac dry	3 000 ppm (dans l'aliment)			
6	Broilact	Pulvérisation sur les poussins avant la mise en place et distribution dans l'eau de boisson à 22 jours			

113 jours pour l'essai 2). Un comptage journalier de la mortalité a été réalisé par parquet. La consommation d'aliments a été calculée aux dates de pesées des animaux. Un indice de consommation alimentaire a ainsi pu être calculé aux différents âges.

Les rendements d'abattage et de découpe ont été mesurés à chaque essai sur 20 sujets par traitement. Le lendemain de l'abattage, chaque carcasse a été pesée puis découpée manuellement. Les filets sans peau parés et la viande rouge sans peau parée ont également été pesés. Le calcul des rendements, suppose que les dindons perdent 3 % de leur poids entre l'élevage et l'abattoir.

Des taux de matières sèches des litières ont été mesurés à 4, 8, 12 et 16 semaines, sur 2 parquets par traitement, à chaque fois à partir d'un échantillon moyen de litière réalisé à partir de 3 zones (dortoir, mangeoire, abreuvoir).

1.4.2. Comptage des salmonelles

Huit jours après l'administration des salmonelles, les dindonneaux ont été sacrifiés par élongation cervicale et les 2 caeca de chaque sujet ont été prélevés stérilement et placés dans un sac Stomacher, afin de les écraser et de libérer leur contenu. Le contenu des caeca a été dilué au 1/10 dans de l'eau peptonée tamponnée, puis homogénéisé. Des dilutions successives en tryptone sel ont ensuite été réalisées.

Un isolement direct a été réalisé à partir de la dilution (-2), par l'ensemencement de 50 microlitre de cette dilution à l'aide du système spiral sur milieu Vert Brillant Rifampicine (VB rif). Après incubation à 37°C pendant 24 h, les colonies caractéristiques (lisses,

brillantes et rosées) ont été comptées. Les prélèvements qui ne présentaient aucune colonie après isolement au spiral ont été isolés au râteau (0,25 ml de la dilution (-1)) afin d'abaisser la limite de détection de 200 salmonelles/g (au spiral) à 40 salmonelles/g (au râteau). Les prélèvements ne donnant aucune colonie au spiral et au râteau ont été enrichis en utilisant le milieu semi-solide de Rappaport Vassiliadis (MSRV) et incubés à 41,5°C durant 24 et 48 h. Les MSRV présentant des migrations de colonies caractéristiques ont été isolées sur milieu Rambach et sur Vert Brillant Rifampicine incubés à 37°C durant 48 h. Cette recherche qualitative a permis soit de confirmer la présence de la souche d'épreuve (le prélèvement comprenant alors entre 1 et 40 salmonelles/g est affecté de la valeur 20), soit de déclarer le prélèvement négatif.

■ 1.5. Traitement et unités statistiques

Pour les données zootechniques recueillies en élevage (poids, IC, mortalité) et le taux de matières sèches des litières, l'unité statistique considérée a toujours été le parquet. Pour les rendements de découpe mesurés à l'abattoir l'unité statistique retenue a été l'individu.

Les données, dont la distribution est normale (éventuellement après transformation) ont été comparées par analyse de variance à deux facteurs (essai x traitement), suivie si l'analyse était significative de comparaisons 2 à 2 (test de Tukey). Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Systat 7.0 pour Windows, 1997. Quelle que soit l'analyse effectuée, la probabilité de 0,05 a été retenue comme seuil de

signification statistique. Pour chaque paramètre zootechnique étudié, un effet additif a été recherché en comparant les 6 traitements ainsi que d'éventuelles interactions essai x traitement.

Les résultats des épreuves salmonelles ont été exprimés en \log_{10} du nombre de salmonelles comptabilisé par gramme de caeca. Les prélèvements négatifs ont été arbitrairement affectés de la valeur zéro. Seuls les écarts de plus de 4 Log entre traitements ont été considérés comme significatifs, selon les recommandations internationales établies pour ce genre d'essai (Mead *et al.* 1989).

2. Résultats et discussion

2.1. Les performances zootechniques

2.1.1. La croissance

Le poids moyen des dindons aux différents âges est présenté pour chaque essai, en raison de la mise en évidence lors de l'analyse de variance, d'une interaction significative entre les facteurs traitement et essai à 28, 56 et 84 jours. Ces interactions signifient que l'ordre de classement des traitements entre eux n'est pas le même au cours de l'essai 1 et de l'essai 2. Les résultats sont donc sensiblement différents entre les deux essais alors que le même protocole expérimental a été appliqué. Seules les conditions climatiques étaient différentes.

Au cours de l'essai 1, l'utilisation de l'avilamycine et du Bio-Mos permettent d'obtenir des poids à 28 jours significativement plus élevés que le lot témoin, respectivement de 5,4 % et de 4,8 %. Pour l'essai 2, c'est l'incorporation de l'Acid Lac dry à l'aliment qui permet d'améliorer significativement le poids à 28 jours par rapport au témoin de 6,3 %. A 56 et 84 jours, il existe encore des écarts statistiquement significatifs entre traitements expérimentaux dans l'essai 1, mais aucun produit ne permet d'améliorer significativement le poids par rapport au lot témoin. Pour l'essai 2, aucune différence statistiquement significative n'est mise en évidence entre traitements après 28 jours.

L'amélioration de la croissance par rapport au lot témoin par l'utilisation d'un antibiotique, d'un prébiotique (essai 1) ou d'un mélange d'acides organiques (essai 2) est significative au cours des premières

semaines d'élevage (figure 1). L'écart de poids a ensuite tendance à diminuer pour donner des poids d'abattage assez proches entre traitements (tableau 3). Ce phénomène peut s'expliquer en partie par la diminution de la dose employée après 4 semaines pour le Bio-Mos (on passe de 2 000 à 1 000 ppm), par la diminution de l'effet de l'additif avec l'âge en raison de la stabilisation de la flore des animaux et par la croissance compensatrice des dindons du lot témoin, s'ils sont élevés dans de bonnes conditions. A noter que les écarts de poids à l'abattage, bien que non significatifs, sont plus importants au cours de l'essai 1 que pour l'essai 2, car il y a eu une vague de chaleur en fin de finition, ce qui a limité la croissance compensatrice des animaux témoins (voir courbes de température dans les annexes).

Les avantages procurés par les facteurs de croissance sont générale-

Figure 1 : Gain moyen quotidien de 0 à 28 jours sur les 2 essais (moyenne \pm écart-type).

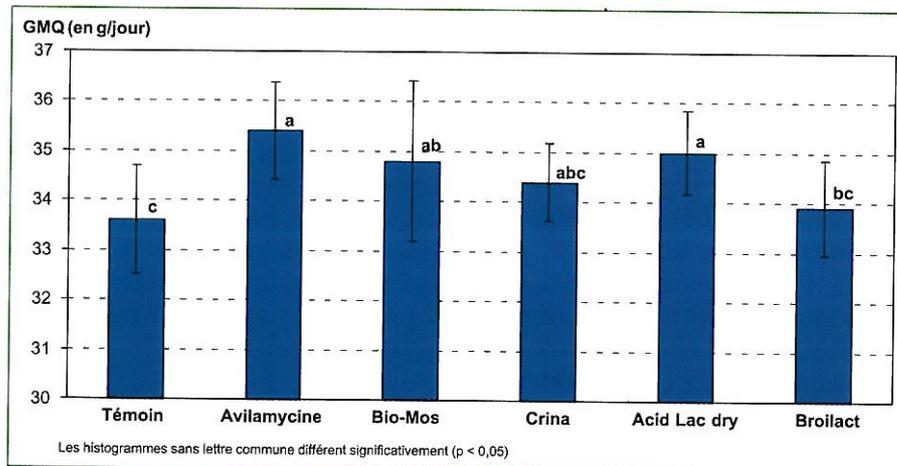


Tableau 2 : Evolution du poids vif des dindonneaux en fonction de l'âge et du traitement utilisé (moyenne \pm écart-type, $n = 6$ parquets à chaque essai).

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
Poids à 28 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	1013 \pm 29 ^c	1068 \pm 10^a	1062 \pm 14^{ab}	1016 \pm 23 ^c	1030 \pm 24 ^{bc}	1014 \pm 25 ^c
2 ^e essai (n=6)	981 \pm 26 ^b	1024 \pm 22 ^{ab}	997 \pm 44 ^{ab}	1019 \pm 22 ^{ab}	1043 \pm 22^a	996 \pm 28 ^{ab}
Poids à 56 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	3804 \pm 113 ^{ab}	3895 \pm 88 ^a	3900 \pm 58 ^a	3792 \pm 77 ^{ab}	3747 \pm 58 ^b	3749 \pm 75 ^b
2 ^e essai (n=6)	4130 \pm 69	4186 \pm 72	4064 \pm 98	4147 \pm 54	4132 \pm 124	4064 \pm 96
Poids à 84 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	8417 \pm 129 ^{abc}	8546 \pm 104 ^{ab}	8598 \pm 89 ^a	8336 \pm 140 ^c	8410 \pm 104 ^{abc}	8395 \pm 130 ^{bc}
2 ^e essai (n=6)	8355 \pm 127	8422 \pm 140	8337 \pm 237	8479 \pm 143	8340 \pm 208	8424 \pm 147
Poids abattage*						
1 ^{er} essai (n=6)	12265 \pm 163	12535 \pm 183	12401 \pm 112	12186 \pm 295	12418 \pm 230	12400 \pm 198
2 ^e essai (n=6)	12917 \pm 81	12930 \pm 164	12913 \pm 168	12960 \pm 187	12822 \pm 253	12943 \pm 144

Les valeurs d'une même ligne sans lettre commune diffèrent significativement ($p < 0,05$)

En gras : écart significatif par rapport au lot témoin

* : 1^{er} essai à 111 jours et 2^e essai à 113 jours

Tableau 3 : *Ecart de poids calculés par rapport au lot témoin.*

Traitement	4 semaines		16 semaines	
	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
2 – Avilamycine	5,4 %	4,4 %	2,2 %	=
3 – Bio-Mos	4,8 %	1,6 %	1,1 %	=
4 – Crina HC	0,3 %	3,9 %	- 0,6 %	0,3 %
5 – Acid Lac dry	1,7 %	6,3 %	1,2 %	- 0,7 %
6 – Broilact	=*	1,5 %	1,1 %	0,2 %

* : égal ou écart inférieur à 0,2% ; **En gras** : écart significatif par rapport au lot témoin

ment plus importants sur des lots d'animaux ayant subi des stress (climatique ou sanitaire par exemple) ou placés dans des conditions d'hygiène difficiles (Sims *et al.*, 1999 ; Corpet, 2000).

2.1.2. L'indice de consommation

Les indices de consommation calculés aux différents âges ne présentent pas d'écarts statistiquement significatifs entre le lot témoin et les lots supplémentés. Dans les 2 essais l'incorporation à l'aliment des différents additifs ou l'utilisation de la flore de barrière n'ont pas permis d'améliorer ce critère par rapport au lot témoin, même au jeune âge. Il est généralement admis que les facteurs de croissance permettent d'améliorer le gain de poids ou l'indice de consommation, sachant que souvent un des deux paramètres est amélioré quand le second reste constant.

2.1.3. La viabilité des dindonneaux

La viabilité des dindonneaux en élevage, calculée sur les 2 essais, n'est pas améliorée par l'emploi d'un antibiotique ou d'un produit alternatif. Le lot témoin s'est remarquablement bien comporté durant les deux essais, enregistrant l'une des plus faibles mortalités au démarrage (0,4 %) et la plus faible sur l'ensemble de la période d'élevage (2,4 %). Aucun écart statistiquement significatif n'a cependant pu être mis en évidence entre les différents traitements, que ce soit par ANOVA sur données transformées ou à l'aide du test du Khi-2.

2.1.4. Les rendements à l'abattoir

Les valeurs sur les rendements ont été calculées à partir des deux essais (40 sujets), car les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence d'interaction entre les facteurs trai-

tement et essai. Aucun écart statistiquement significatif n'est mis en évidence entre les lots avec additifs ou la flore de barrière et le lot témoin. Seul le pourcentage de carcasse du traitement Acid Lac dry est significativement en retrait par rapport aux lots avilamycine, Broilact et Crina, vraisemblablement en raison du poids inférieur des dindons choisis pour la découpe.

2.1.4. L'état des litières

L'état des litières mesuré par leur taux de matières sèches à différents âges, n'est pas significativement amélioré ou dégradé par l'emploi de facteur de croissance ou de produits alternatifs. Aucun écart statistiquement significatif n'est mis en évidence tout au long de l'élevage entre les différents traitements.

■ 2.2. La résistance à l'implantation de salmonelles

Les chiffonnettes de contrôle réalisées dans les isolateurs et les parquets au cours de l'essai 2 ont mis en évidence la présence de *Salmonella* Cerro (provenant sans doute de l'aliment démarrage). C'est pourquoi les épreuves salmonelles de l'essai 2 ont été annulées et ne sont présentées que celles réalisées au cours du premier essai.

Le comportement vis à vis de l'implantation des salmonelles des

Tableau 4 : *Evolution de l'indice de consommation en fonction de l'âge et du traitement utilisé (moyenne ± écart-type, n = 6 parquets à chaque essai).*

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
IC à 28 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	1,36 ± 0,02 ^{ab}	1,34 ± 0,02 ^a	1,37 ± 0,02 ^{ab}	1,39 ± 0,05 ^b	1,36 ± 0,01 ^{ab}	1,39 ± 0,04 ^b
2 ^e essai (n=6)	1,41 ± 0,03	1,42 ± 0,03	1,42 ± 0,02	1,42 ± 0,03	1,43 ± 0,03	1,43 ± 0,04
IC à 56 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	1,58 ± 0,02	1,60 ± 0,02	1,60 ± 0,02	1,60 ± 0,02	1,59 ± 0,02	1,61 ± 0,04
2 ^e essai (n=6)	1,60 ± 0,03	1,64 ± 0,03	1,62 ± 0,03	1,63 ± 0,02	1,65 ± 0,03	1,64 ± 0,05
IC à 84 jours						
1 ^{er} essai (n=6)	1,87 ± 0,02	1,89 ± 0,01	1,90 ± 0,03	1,91 ± 0,03	1,87 ± 0,02	1,89 ± 0,04
2 ^e essai (n=6)	1,93 ± 0,02	1,97 ± 0,04	1,90 ± 0,03	1,94 ± 0,06	1,97 ± 0,06	1,95 ± 0,03
IC à l'abattage*						
1 ^{er} essai (n=6)	2,22 ± 0,04	2,21 ± 0,05	2,25 ± 0,04	2,26 ± 0,02	2,20 ± 0,03	2,21 ± 0,03
2 ^e essai (n=6)	2,37 ± 0,04	2,40 ± 0,05	2,34 ± 0,03	2,38 ± 0,04	2,39 ± 0,04	2,38 ± 0,04

Les valeurs d'une même ligne sans lettre commune différent significativement (p < 0,05)

* : 1^{er} essai à 111 jours et 2^e essai à 113 jours

Tableau 5 : *Evolution de la mortalité en élevage en fonction du traitement utilisé (moyenne ± écart-type, n = 12 parquets).*

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
Mortalité (en %)						
de 0 à 4 semaines	0,4 ± 0,9	0,2 ± 0,7	0,8 ± 1,6	1,0 ± 1,2	1,0 ± 1,6	0,6 ± 1,5
de 0 à 16 semaines	2,4 ± 2,3	4,7 ± 3,9	3,4 ± 3,3	3,8 ± 4,0	4,0 ± 2,9	3,8 ± 3,9

Tableau 6 : Rendements à la découpe des dindons (en % du poids vif abattoir) à l'âge de 16 semaines (moyenne ± écart-type calculés sur les 2 essais, n = 40 sujets).

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
Poids vid abattoir*	12471 ± 857	12244 ± 970	12526 ± 963	12408 ± 978	12161 ± 1003	12518 ± 969
Carcasse	75,2 ± 1,5 ^{ab}	75,7 ± 1,9 ^a	75,3 ± 1,2 ^{ab}	75,9 ± 1,5 ^a	74,8 ± 1,6 ^b	75,7 ± 1,7 ^a
Filets	21,4 ± 1,5	21,6 ± 1,9	21,5 ± 1,0	21,5 ± 1,5	21,3 ± 1,5	21,6 ± 1,4
Viande rouge	17,5 ± 1,0	17,4 ± 0,9	17,6 ± 0,8	17,8 ± 1,0	17,2 ± 0,7	17,5 ± 0,8

Les valeurs d'une même ligne sans lettre commune diffèrent significativement (p < 0,05)

* : Poids vif à l'abattoir des sujets ayant été découpés (40 sujets par lot)

Tableau 7 : Evolution du taux de matières sèches des litières en fonction de l'âge et du traitement utilisé (moyenne ± écart-type calculées sur les 2 essais, n = 4 parquets).

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
% MS litière						
à 4 semaines	74,6 ± 3,5	75,3 ± 7,1	73,7 ± 4,4	74,9 ± 5,1	73,6 ± 6,2	74,6 ± 4,2
à 8 semaines	66,8 ± 4,8	66,1 ± 3,4	60,8 ± 6,9	66,0 ± 3,7	65,5 ± 1,8	65,4 ± 6,2
à 12 semaines	61,2 ± 3,5	58,3 ± 2,9	56,9 ± 2,8	61,4 ± 1,1	61,8 ± 4,5	61,5 ± 4,2
à 16 semaines	63,2 ± 6,8	64,5 ± 6,4	66,7 ± 6,1	68,4 ± 4,7	69,2 ± 2,2	68,0 ± 3,4

sujets élevés en isolateurs (milieu protégé) est très différent de celui des animaux prélevés dans le bâtiment (figure 3).

2.2.1. Les sujets démarrés en isolateurs

Les recommandations internationales établies pour estimer le degré de protection des flores de barrière lors d'une expérimentation, préconisent de retenir comme seuil de signification un écart d'au moins 4 log₁₀ entre le produit testé et le lot témoin (Mead *et al.*, 1989). Selon ce critère et uniquement chez les sujets démarrés en isolateurs, des différences significatives sont observées entre le lot Broilact et les lots témoin, avilamycine et Acid Lac dry. Le lot administré par la flore de barrière montre une réduction très importante du nombre de salmonelles contenues dans les caeca, de près de 5 log₁₀ par rapport au témoin ce qui est conforme à la bibliographie (Schneitz *et al.*, 1992 ; Nuotio *et al.*, 1992 ; Methner *et al.*, 1997). Cependant la protection conférée n'est pas encore complètement suffisante puisqu'il n'y a pas eu d'élimination de la totalité de la dose inoculée (1,2x10⁴ salmonelles/sujet). Ainsi, 87,5 % des dindonneaux sont toujours positifs 8 jours après l'inoculation et constituent une source d'excrétion de salmonelles.

Les lots supplémentés en Bio-Mos et Crina présentent des dénombre-

ments moins élevés que le lot témoin (réduction d'un 1 log₁₀) ce qui rejoint les résultats de Spring (2000) pour le Bio-Mos. Ceci s'expliquerait par les propriétés respectives de ces deux produits. Les mannan-oligosaccharides (MOS) possèdent la propriété de se fixer aux lectines de bactéries pathogènes comme les salmonelles et ainsi d'empêcher la colonisation des tissus gastro-intestinaux (Oyofa *et al.*, 1989b). Les huiles essentielles aux propriétés antiseptiques pourraient inhiber le développement des salmonelles.

L'avilamycine et l'Acid Lac dry sont inefficaces pour limiter la colonisation par les salmonelles. Il est logique que l'avilamycine qui agit spécifiquement sur les bactéries Gram+, soit peu efficace sur *Salmonella* Typhimurium qui est classée Gram-.

2.2.2. Les sujets transférés du bâtiment

Chez les animaux prélevés dans le bâtiment d'élevage et éprouvés à 7 et 28 jours, il n'est mesuré aucun écart significatif entre les différents traitements. Les dindonneaux élevés dans le bâtiment conventionnel offrent globalement une meilleure résistance à l'implantation des salmonelles que ceux élevés en isolateurs (excepté pour le traitement 6, figure 3).

L'explication qui peut être avancée est que la résistance à l'implantation d'une salmonelle est liée au type de

flore digestive des dindonneaux, elle-même orientée par le microbisme ambiant. Les animaux qui ont séjourné plusieurs jours dans le bâtiment conventionnel ont ainsi acquis une flore commune, ce qui a conféré aux six lots une résistance quasi-identique à l'implantation des salmonelles. Ainsi, il se serait créé un équilibre de flores entre tous les animaux à partir de la flore véhiculée par l'air ambiant, la flore de barrière administrée dans certains parquets et la flore non pathogène du bâtiment et de l'aliment. Dans les isolateurs, chaque lot de dindonneaux a développé sa propre flore digestive, caractéristique du produit utilisé, ce qui peut expliquer les écarts significatifs observés entre les traitements.

Les résultats de l'épreuve salmonelles réalisée à 28 jours montrent une sensibilité importante des dindonneaux inoculés par gavage à raison de 5,9x10⁸ salmonelles/sujet. En effet, contrairement à la première épreuve, des mortalités de dindonneaux ont été enregistrées à partir du quatrième jour après l'administration des salmonelles. Les 8 sujets morts ont été autopsiés, puis les organes (cœur, foie, caeca) prélevés stérilement ont fait l'objet d'un isolement direct sur milieu Vert Brillant Rif. Tous les prélèvements se sont révélés positifs à l'exception du foie et du cœur d'un sujet du lot 5. Les numérations du contenu des caeca variaient de 6x10⁷ à 9x10⁹ salmo-

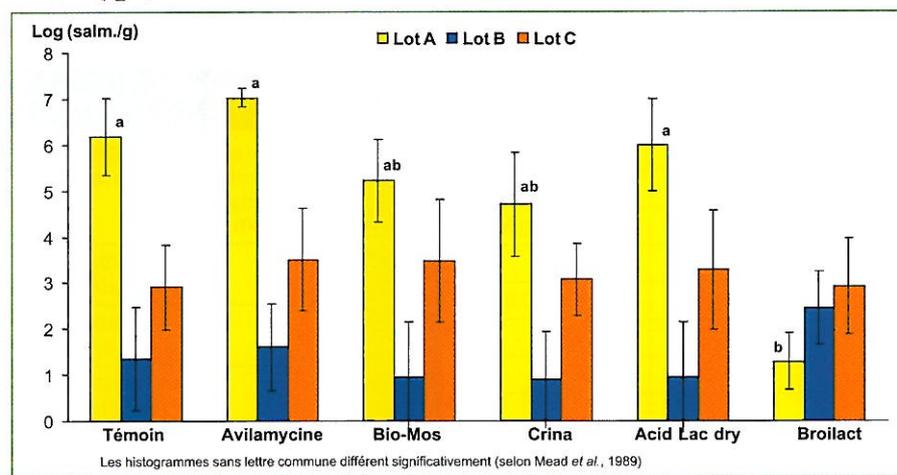
Tableau 8 : *Dénombrements de Salmonella Typhimurium résistante à la rifampicine, exprimés en log₁₀ (salmonelle/g) dans les caeca des dindonneaux inoculés à 7 jours* (Lots A et B) et 28 jours* (Lot C)*

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
Lot A (Isolateurs/7j)						
Nombre de sujets	18	15	18	19	16	16
Moy ± E.T.	6,2 ± 0,8 ^a	7,0 ± 0,2 ^a	5,2 ± 0,9 ^{ab}	4,7 ± 1,1 ^{ab}	6,0 ± 1,0 ^a	1,3 ± 0,6 ^b
% de positifs	100	100	100	100	100	87,5
Lot B (Bâtiment/7j)						
Nombre de sujets	17	18	18	18	17	17
Moy ± E.T.	1,4 ± 1,1	1,6 ± 0,9	1,0 ± 1,2	0,9 ± 1,0	1,0 ± 1,2	2,6 ± 0,9
% de positifs	71	89	50	50	47	100
Lot B (Bâtiment/28j)						
Nombre de sujets	16	18	15	17	16	18
Moy ± E.T.	2,9 ± 0,9	3,5 ± 1,1	3,5 ± 1,3	3,1 ± 0,8	3,3 ± 1,3	2,9 ± 1,0
% de positifs	100	94	100	100	94	94

Les valeurs d'une même ligne sans lettre commune diffèrent significativement (selon Mead et al., 1989)

En gras : écart significatif par rapport au lot témoin ; * : à 7 jours, l'inoculum exact a été de $1,2 \times 10^4$ salmonelles/sujet ; ** : à 28 jours, l'inoculum exact a été de $5,9 \times 10^8$ salmonelles/sujet

Figure 2 : *Dénombrements des salmonelles sur les sujets élevés en isolateurs (Lot A) ou dans le bâtiment (Lots B et C) (moyenne ± écart-type)*



nelles/g, soit une excrétion voisine de la dose d'épreuve.

3. Conclusion

L'effet zootechnique de l'additif antibiotique ou de certains substituts mesuré en station expérimentale est significatif par rapport à un lot témoin au cours des 4 premières semaines et se traduit par une amélioration de la vitesse de croissance, en lien avec une plus forte consom-

mation alimentaire. C'est le cas pour l'avilamycine et le Bio-Mos au cours du premier essai et de l'Acid Lac dry durant le deuxième essai. Après 4 semaines, les différences qui subsistent ne sont plus statistiquement significatives, malgré la puissance des essais (pesées individuelles des 1 500 sujets aux 4 âges, 6 répétitions par traitement, 2 essais) et s'estompent avec l'âge des animaux. A l'abattage, les poids des dindons sont très proches ainsi que les rendements. Dans les 2 essais, il n'y a pas eu

d'amélioration significative par rapport au témoin, ni de l'indice de consommation, ni de la viabilité. Les effets zootechniques des additifs antibiotiques ou non mesurés en station expérimentale sont donc limités, difficiles à reproduire et donc à comparer dans un même environnement. Ils varient beaucoup suivant les conditions d'élevage, l'hygiène générale et le statut sanitaire des animaux. Les résultats sont généralement beaucoup plus spectaculaires lors de stress d'élevage (climatique ou sanitaire) et dans les études réalisées chez des éleveurs. Aussi, seuls, des essais de terrain bien menés prenant en compte de nombreux lots dans différentes situations d'élevage devraient permettre d'évaluer leur véritable intérêt zootechnique et économique.

Les résultats des épreuves salmonelles montrent qu'il n'est pas possible d'étudier l'effet protecteur des additifs vis à vis du portage de salmonelles, de différents lots placés dans un même environnement. Ils soulignent par-là, le rôle essentiel du microbisme ambiant dans la composition et l'équilibre de la flore des dindonneaux.

A moyen terme, l'utilisation des régulateurs de flore antibiotiques

Tableau 9 : *Evolution de la mortalité des dindonneaux lors de l'épreuve à 28 jours (nombre de sujets).*

Traitement	1 Témoin	2 Avilamycine	3 Bio-Mos	4 Crina HC	5 Acid Lac dry	6 Broilact
Nombre de morts						
au 4 ^e jour	1	0	1	0	0	0
au 5 ^e jour	0	0	2	1	1	0
au 6 ^e jour	1	0	0	0	1	0
Total	2	0	3	1	2	0

risque d'être interdite dans l'alimentation des volailles. Chez les meilleurs éleveurs et dans des zones d'élevage peu concentrées, les résultats seront vraisemblablement, comme en station expérimentale, peu différents avec ou sans facteur de croissance. Pour les autres, la recherche de produits de substitution reste une piste intéressante, mais l'accent doit également être porté sur la sécurisation des formules alimentaires et l'amélioration de l'hygiène et de la conduite d'élevage.

4. Annexes

Tableau 11 : *Teneurs théoriques des aliments.*

	Démarrage 0-4 semaines	Croissance 4-8 semaines	Finition 1 8-12 semaines	Finition 2 12-16 semaines
Energie métabolisable	2900	3000	3150	3200
Protéines	29,5	26,4	23,6	20,3
Lysine	1,82	1,62	1,40	1,16
Méthionine	0,71	0,65	0,58	0,50
Méthionine + cystine	1,16	1,06	0,97	0,85
Thréonine	1,20	1,10	0,98	0,80
Thryptophane	0,33	0,30	0,27	0,22
Calcium	1,40	1,32	1,21	1,07
Phosphore total	1,09	1,03	0,96	0,87
Phosphore disponible	0,68	0,64	0,59	0,53
Sodium	0,18	0,17	0,17	0,165

* d'après les tables de Rhône-Poulenc, sauf énergie des matières grasses et taux de Ca et P (INRA)

Tableau 10 : *Composition des aliments utilisés (en %).*

	Démarrage 0-4 semaines	Croissance 4-8 semaines	Finition 1 8-12 semaines	Finition 2 12-16 semaines	
	Essais 1 et 2	Essais 1 et 2	Essais 1 et 2	Essai 1	Essai 2*
Maïs	18,7	18,25	19,95	30,45	28,65
Blé	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Soja 48	39,0	28,3	25,0	16,0	20,50
Gluten 60	3,0				
Pois	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0
V viande 50G	4,0	4,0	4,0	4,0	-
Poisson 72 G	3,0				
Poisson 65 G		3,0**			
Graine de soja toastée		8,0	8,0	8,0	8,0
Graine de colza		4,0	6,0	6,0	6,0
DL méthionine	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
L lysine	0,25	0,1	0,1	0,1	0,1
L thréonine	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Huile de soja	3,2				
Huile de colza					1,5
Bergafat KP (ac. palmique)					3,0
Graisse		3,65	5,7	4,7	-
Phosphate bicalcique	2,4	2,0	2,1	1,8	2,7
Carbonate de calcium	0,6	0,6	0,5	0,4	0,95
Mélasse de canne			0,5	0,5	0,5
Sel		0,25	0,3	0,3	0,35
CMV	0,5*	0,5	0,5	0,5	0,5

* 1^{re} fabrication usine AFSSA, le CMV renferme sel et bicarbonate ; ** farine de sardine (CORPESCA)

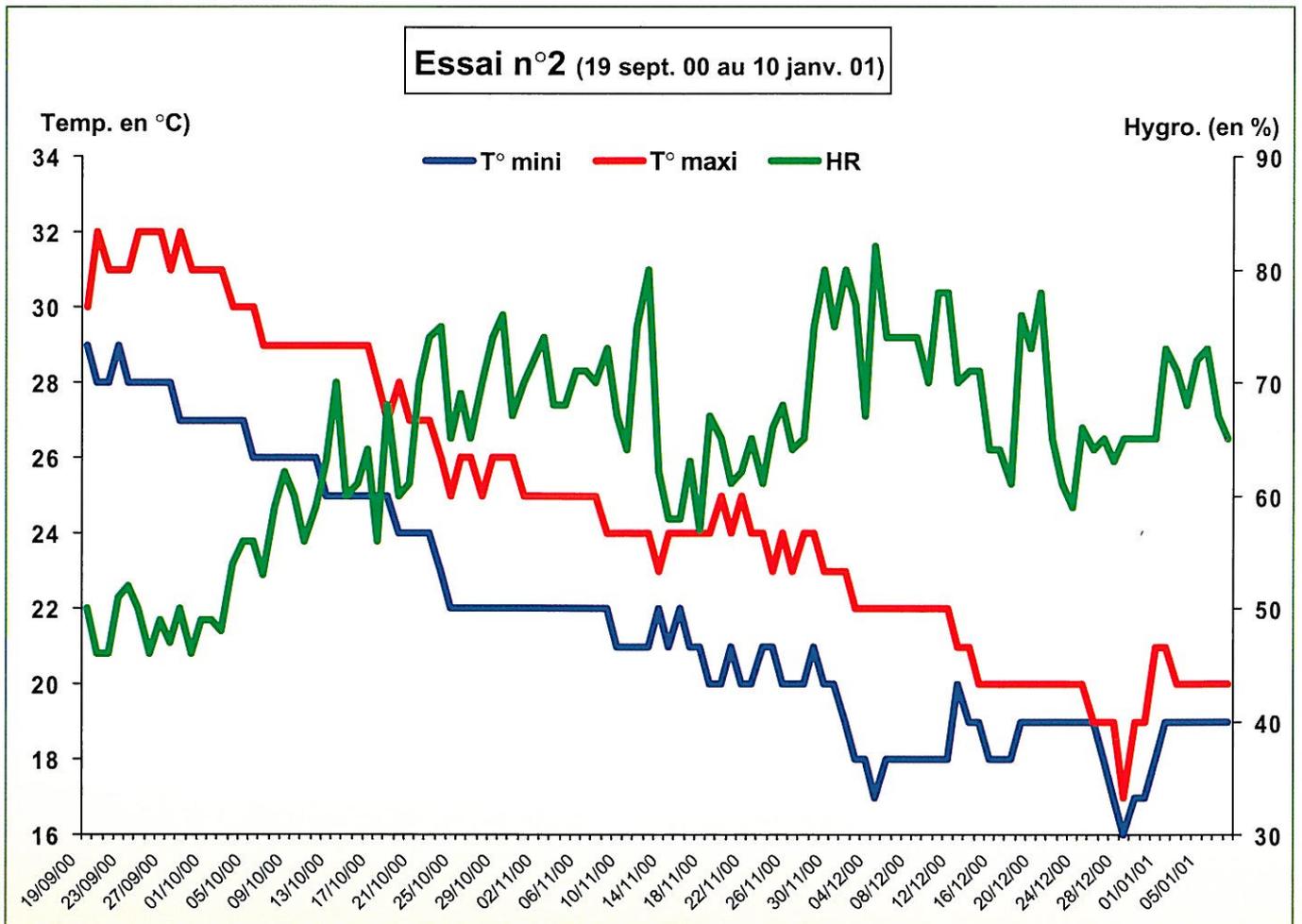
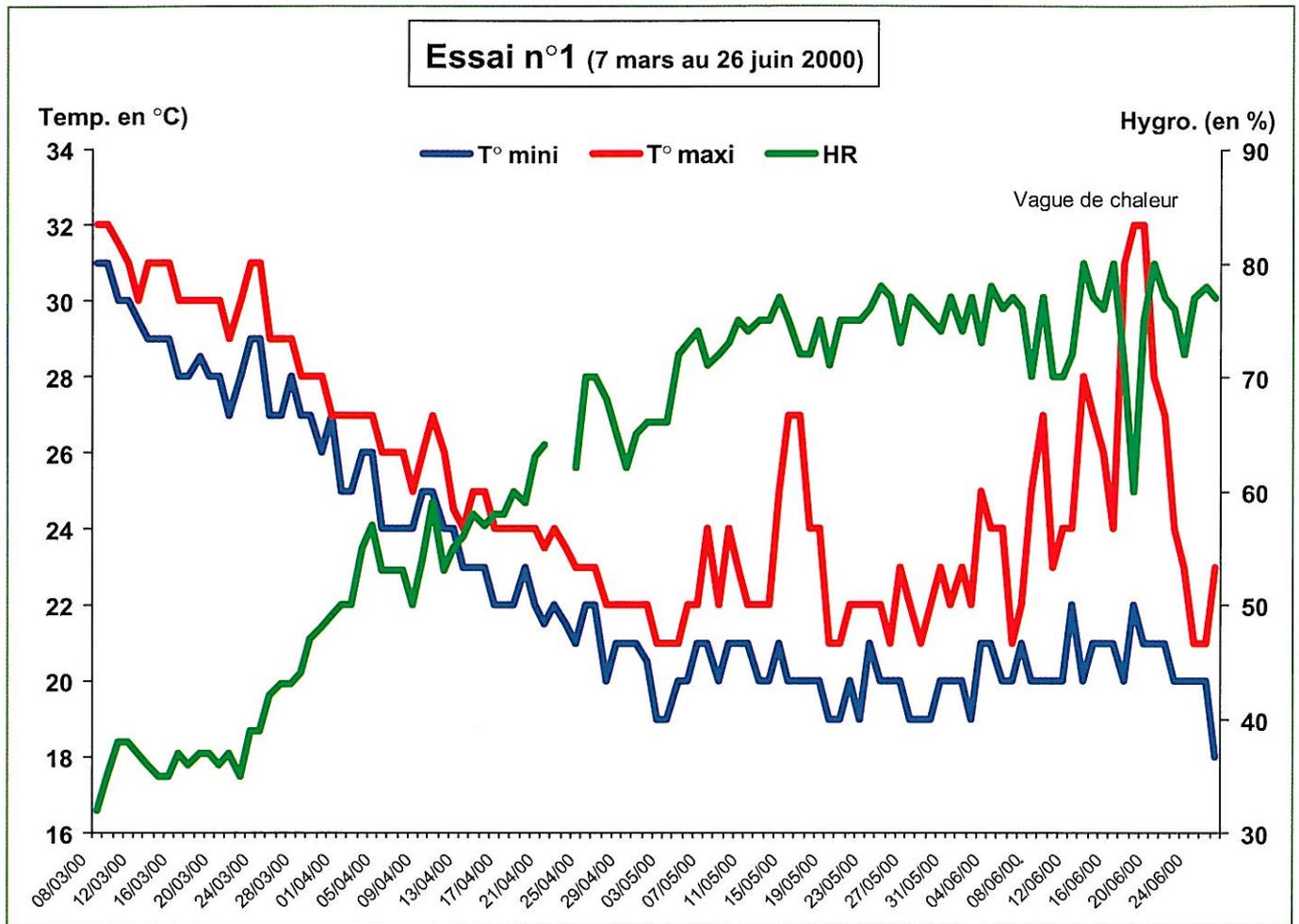
+ L'arrêté du 14 novembre 2000, portant interdiction de l'emploi de certaines protéines et graisses animales, nous a contraint à modifier la formule finition 2 lors du 2^e essai.

Tableau 12 : *Programme de prophylaxie sanitaire des essais.*

	Parasitologie	Vaccinations
J0	Début de la supplémentation coccidiostatique STENOROL (500 g/T)*	AVIFA RTI (au couvoir)
J16		AVIFA RTI (par nébulisation)
J24		DINDORAL (eau de source)
J42		AVIFA RTI (par nébulisation)
J56	Arrêt de la supplémentation coccidiostatique	

*Anticoccidien de synthèse (Halofuginone)

Figures 3 et 4 : Température et hygrométrie dans le bâtiment d'élevage.



Références bibliographiques

- Anonyme, 1997. Antimicrobial feed additives. Rapport de la commission sur les AFA, Norstedts tryckeri eds., Stockholm, 225.
- Bellot M. et I. Bouvarel, 2000. Suppression des antibiotiques facteurs de croissance en aviculture : état des lieux et solutions alternatives. Sc. & Tech. Avicoles, 30, 16-27.
- Corpet D.E., 2000. Mécanisme de la promotion de croissance des animaux par les additifs alimentaires antibiotiques. Revue Méd. Vét., 151(2), 99-104.
- Griess D., 1986. Additifs et alimentation animale : les antibiotiques. Le point vétérinaire, 18 (100), 493-501.
- Hinton M., G.C. Mead et C.S. Impey, 1991. Protection of chickens against environmental challenge with Salmonella Enteritidis by competitive exclusion and acid treated feed. Appl. Microbiol., 12, 69-71.
- Jin L.Z., Y.W. Ho, N. Abdullah et S. Jalaludin, 1997. Probiotics in poultry : modes of actions. World's Poultry Sci. J., 53, 351-368.
- Mead G.C., P.A. Barrow, M.H. Hinton, F. Humbert, C.S. Impey, C. Lahellec, R.W.A.W. Mulder, S. Stavric and N.J. Stern, 1989. Recommended assay for treatment of chicks to prevent Salmonella colonization by «competitive exclusion». J. of Food Protection, 52 (7), 500-502.
- Methner U., P.A. Barrow, G. Martin and H. Meyer, 1997. Comparative-study of the protective effect against Salmonella colonisation in newly-hatched Spf chickens using live, attenuated Salmonella vaccine strains, wild-type salmonella strains or a competitive-exclusion product. International J. of Food Microbiol., 35, 223-230.
- Newman K.E., 1993. Altering the gastrointestinal ecology of growing animal through the use of complex sugars. Feed Compounder, oct. 93.
- Nousiainen J. et J. Setälä, 1993. Lactic acid bacteria as animal probiotics. In : Salminen S. et von Wright A. eds. Springer, New-York, 315-354.
- Nuotio L., C. Schneitz, U. Halonen and E. Nurmi, 1992. Use of competitive exclusion to protect newly-hatched chicks against intestinal colonisation and invasion by Salmonella enteritidis PT4. British Poultry Sci., 33, 775-779.
- Nurmi E. et T. Rantala, 1973. New aspects of Salmonella infections in broiler production. Nature, 241, 210-211.
- Oyazabal O.A. et D.E. Conner, 1995. In vitro fructooligosaccharides utilization and inhibition of Salmonella spp. by select bacteria. Poultry Sci., 47, 1418-1425.
- Oyoyo B.A., J.R. DeLoach, D.E. Corrier, J.O. Norman, R.L. Ziprin et H.H. Mollenhauer, 1989a. Effect of carbohydrates on Salmonella Typhimurium colonization in broilers chickens. Avian Dis., 33, 531-534.
- Oyoyo B.A., J.R. DeLoach, D.E. Corrier, J.O. Norman, R.L. Ziprin et H.H. Mollenhauer, 1989b. Prevention of Salmonella Typhimurium colonization of broilers with D-mannose. Poultry Sci., 68, 1357-1360.
- Schneitz C. and L. Nuotio, 1992. Efficacy of different microbial preparations for controlling salmonella colonisation in chicks and turkey poults by competitive exclusion. British Poultry Sci., 33, 207-211.
- Sims et al., 1999. Evaluation of Bio-Mos fed alone and in combination with BMD to growing tom turkeys. Poultry Sci., 78 (Suppl. 1), 43.
- Spring P., C. Wenk, K.A. Dawson and K.E. Newman, 2000. The effects of dietary Mannanooligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. Poultry Sci., 79, 205-221.
- Stavric S., 1992. Defined cultures and prospects. Int. J. Food Microbiol., 15, 245-263.
- Thomke S. et K. Elwinger, 1998a. Growth promotants in feeding pigs and poultry : mode of action of antibiotic growth promotants. Ann. Zootech., 47, 153-167.
- Thomke S. et K. Elwinger, 1998b. Growth promotants in feeding pigs and poultry : alternatives to antibiotic growth promotants. Ann. Zootech., 47, 245-271.
- Vandaele E., 1999. Interdictions, les explications officielles. La semaine vétérinaire, 920, supplément 112, 1-2.