

Maisons-Alfort, le 7 mai 2009

## Avis

### de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'intérêt de la mise en œuvre des mesures de désinsectisation dans le protocole de lutte contre la fièvre catarrhale ovine

LA DIRECTRICE GÉNÉRALE

#### Rappel de la saisine

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) s'est auto-saisie le 31 mars 2009 afin d'évaluer l'intérêt de la mise en œuvre des mesures de désinsectisation dans le protocole de lutte contre la fièvre catarrhale ovine.

#### Avis du Groupe d'expertise collective d'urgence « Fièvre catarrhale ovine »

Le Groupe d'expertise collective d'urgence « Fièvre catarrhale ovine » (Gecu « FCO »), nommé par décision du 9 septembre 2006, modifiée le 1<sup>er</sup> avril 2008, s'est réuni le 9 avril 2009 par moyens télématiques et a formulé l'avis suivant :

#### « Contexte

- *L'arrêté ministériel du 1<sup>er</sup> avril 2008 fixant les mesures techniques relatives à la fièvre catarrhale du mouton a rendu obligatoire le traitement régulier (désinsectisation) des animaux des espèces sensibles lors de toute suspicion de FCO (chapitre II, articles 7 et 8). Comme indiqué à l'article 28 de cet arrêté, la désinsectisation peut également être rendue obligatoire par le ministre de l'agriculture pour les herbivores des espèces non sensibles qui proviennent de zones infectées de FCO (chapitre V, article 28).*
- *Le même arrêté a rendu obligatoire le traitement des bâtiments par des produits insecticides, dans le cadre d'une suspicion de FCO (chapitre II, article 7). En cas de confirmation de cette suspicion, il est également prévu à l'article 16 du chapitre III que « les véhicules utilisés pour le transport des animaux, quittant ou traversant la zone de protection, doivent être désinfectés et désinsectisés ».*
- *Par ailleurs, la question des traitements insecticides dans la lutte contre la FCO a été étudiée en 2007 et 2008 à la fois par l'Afsca (Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, en Belgique) et par l'AESA (Autorité européenne de sécurité des aliments).*

*Dans son avis 05-2007 en date du 9 mars 2007, à l'époque où aucune stratégie vaccinale n'était possible pour lutter contre le sérotype de BTV circulant dans le nord de l'Europe, l'Afsca recommandait « pour l'année 2007 le traitement des ruminants domestiques et des parcs zoologiques, principalement les bovins et les ovins, et des moyens de transport avec des insecticides de type pyréthrianoïde ». Elle recommandait également « de traiter les animaux de manière préventive au moment de la reprise de l'activité des culicoïdes au printemps sur l'ensemble du territoire belge, ainsi que de manière systématique dans les zones à risque situées autour des nouveaux foyers ». L'Agence belge soulignait néanmoins que l'efficacité à grande échelle de ces molécules dans un but préventif n'était pas connue, mais que ce type de traitement pouvait être mis en œuvre en l'absence de tout autre moyen de lutte. L'efficacité de ces traitements insecticides devait être réévaluée avant d'en proposer le recours l'année suivante*

pendant la période d'activité vectorielle, notamment en cas de nouvelle épizootie de FCO à BTV 8. L'Afssa concluait sur le fait que « le développement d'un vaccin inactivé spécifique permettrait de contrôler l'infection par un moyen de lutte spécifique et validé ».

Dans ses avis EFSA-Q-2006-311 en date du 27 avril 2007, EFSA-Q-2007-201 en date du 19 juin 2008 et EFSA-Q-2008-436 en date du 11 septembre 2008, l'AESA a examiné l'efficacité de différentes modalités de protection chimique des animaux et de leur environnement. Il est apparu après analyse des données scientifiques disponibles que les insecticides utilisés sur les animaux peuvent avoir un effet direct et à court terme en diminuant le taux d'attaque des populations de culicoïdes sur les ruminants traités, mais ne pourraient en aucun cas être utilisés pour réduire les populations de vecteurs sur une large échelle (EFSA-Q-2007-201). L'agence européenne considère que l'utilisation d'insecticides sur les animaux dans les zones à risque de FCO ou infectées pourrait limiter le contact entre les ruminants sensibles et les culicoïdes, mais indique que l'impact de cette mesure sur la transmission du BTV n'est pas connue. Elle devrait s'inscrire dans un contexte de limitation du risque dans certaines circonstances (échanges d'animaux, élevage d'animaux de haute valeur génétique, etc.) (EFSA-Q-2008-436).

- La directive 2000/75/CE en date du 20 novembre 2000 arrêtant des dispositions spécifiques relatives aux mesures de lutte et d'éradication de la fièvre catarrhale du mouton ou bluetongue prévoit une désinsectisation des animaux des espèces sensibles avec des produits autorisés dans les foyers et dans les périmètres interdits. Pour l'année 2009, celle-ci n'a pas encore été mise en place en France, du fait de la clôture de l'ensemble des foyers de l'année 2008 et de la non reprise de la circulation virale en 2009. Compte tenu de la mise en oeuvre d'une campagne nationale massive de vaccination, et « l'évaluation qui en sera faite », la Direction générale de l'alimentation a annoncé dans la note de service DGAI/SDSPA/N2009-8086 vouloir mener « en lien avec la Commission, une réflexion sur l'obligation de la désinsectisation ».
- La désinsectisation au titre des mouvements, définie dans le règlement 1266/2007 en date du 26 octobre 2007 portant modalités d'application de la directive 2000/75/CE du Conseil en ce qui concerne la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton, son suivi, sa surveillance et les restrictions applicables aux mouvements de certains animaux des espèces qui y sont sensibles, ne dépend pas de l'activité vectorielle et reste applicable en début d'année 2009 malgré l'absence actuelle de nouveaux foyers, comme indiqué dans la note de service DGAI/SDSPA/N2009-8086.
- Dans le contexte de vaccination généralisée et obligatoire contre les deux sérotypes de BTV (1 et 8) sur l'ensemble de la France et à la lumière des informations scientifiques récentes, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a décidé de s'auto-saisir afin d'examiner la pertinence de l'utilisation des insecticides, et, le cas échéant, dans quelles conditions leur application pourrait être recommandée.

### Question posée

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments souhaite « étudier la question de l'équilibre à réaliser, en matière de lutte contre la FCO, entre les moyens vaccinaux et les mesures de lutte anti-vectorielle. Il s'agira de déterminer en particulier si l'association de ces deux types de mesures demeure utile et le cas échéant, dans quelles conditions, ou bien si la vaccination est à elle seule suffisante pour lutter efficacement contre la FCO.

Les effets avérés ou potentiels sur l'environnement des traitements insecticides actuellement utilisés ne sont pas abordés dans le cadre de cette auto-saisine ».

## Méthode d'expertise

A la suite de la réunion téléphonique du 9 avril 2009, la coordination scientifique du Comité d'experts spécialisé « Santé animale » a élaboré un projet d'avis qui a été étudié par les membres du Gecu « FCO » par moyens télématiques et validé le 30 avril 2009.

L'expertise a été conduite sur la base des documents suivants :

- les documents relatifs à l'auto-saisine « Evaluation de l'intérêt de la mise en œuvre des mesures de désinsectisation dans le protocole de lutte contre la FCO » en date du 31 mars 2009 ;
- la lettre ouverte de la FRGDS PACA en date du 9 mars 2009 ;
- l'avis de l'Afssa 2001-SA-0211 en date du 17 octobre 2001 sur la demande d'évaluation des risques liés à la mise en œuvre des mesures de désinfection et de désinsectisation contre la fièvre catarrhale du mouton ;
- l'avis de l'Afssa 2009-SA-0016 en date du 13 février 2009 sur les conditions donnant lieu à la déclaration d'un cas de fièvre catarrhale du mouton ;
- l'avis de l'Afssa 05-2007 relatif à l'évaluation de propositions de mesures de lutte contre la fièvre catarrhale ovine au moyen d'insecticides en date du 9 mars 2007 ;
- scientific opinion of the scientific panel on animal health and welfare on request from the European Commission on bluetongue vectors and vaccines, the EFSA Journal (2007) 479, 1-29 (EFSA-Q-2006-311) ;
- scientific opinion of the scientific panel on animal health and welfare on request from the European Commission on bluetongue, the EFSA Journal (2008) 735, 1-70 (EFSA-Q-2007-201) ;
- scientific opinion of the scientific panel on animal health and welfare on request from the European Commission on risk of bluetongue transmission in animal transit, the EFSA Journal (2008) 795, 1-56 (EFSA-Q-2008-436) ;
- la directive 2007/75/CE en date du 20 novembre 2000 arrêtant des dispositions spécifiques relatives aux mesures de lutte et d'éradication de la fièvre catarrhale du mouton ou bluetongue ;
- le règlement 1266/2007 en date du 26 octobre 2007 portant modalités d'application de la directive 2000/75/CE du Conseil en ce qui concerne la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton, son suivi, sa surveillance et les restrictions applicables aux mouvements de certains animaux des espèces qui y sont sensibles ;
- l'arrêté du 1er avril 2008 « fixant les mesures techniques relatives à la fièvre catarrhale du mouton » (version consolidée au 6 novembre 2008) ;
- la note de service DGAL/SDSPA/N2009-8086 en date du 12 mars 2009 relative à la reprise d'activité vectorielle.

## Argumentaire et recommandations

Le Gecu « FCO » précise que le raisonnement suivi tout au long de cet avis considère comme acquises la disponibilité en quantités suffisantes de vaccins homologues contre le BTV 8 et le BTV 1 en France et la possibilité de mettre en place sur le terrain une vaccination obligatoire contre les sérotypes circulant actuellement.

La question de l'utilisation sur le terrain des répulsifs n'est pas abordée dans cet avis, la faible rémanence (de quelques heures au mieux) de ces produits ne permettant pas l'usage dans le cadre de la lutte contre la FCO.

Les recommandations formulées par les membres du Gecu seraient à reconsidérer en cas d'apparition d'un nouveau sérotype pour lequel un vaccin homologue n'existerait pas ou ne serait disponible qu'en quantité insuffisante pour couvrir l'ensemble des cheptels des espèces domestiques réceptives présentes sur le territoire national.

### 1. Revue de la littérature récente sur l'efficacité des insecticides dans la lutte contre les culicoïdes

La lutte chimique constitue un des aspects de la lutte contre les vecteurs. Elle peut viser les différents stades du vecteur : les immatures (larves) ou les adultes. Les éléments

bibliographiques présentés ci-après, ainsi que leurs références, sont détaillés au sein d'un document plus complet placé en annexe du présent avis.

a) Point sur les données relatives à la lutte contre les larves

Carpenter et al. (2008) ont récemment passé en revue les études déterminant la sensibilité intrinsèque des larves de différentes espèces de culicoïdes à certains insecticides et les résultats de différents essais de terrain, incluant l'application de pyréthrinoides.

L'Afssa, dans son avis 2001-SA-0211 en date du 17 octobre 2001, estimait que la désinsectisation des gîtes larvaires de culicoïdes présentait trop de risques écologiques et serait par ailleurs très coûteuse pour une efficacité non garantie.

Dans son avis EFSA-Q-2007-201, l'AESA précisait qu'en l'absence d'identification des gîtes larvaires des espèces de culicoïdes, notamment appartenant au complexe *Obsoletus* en Europe, la lutte contre les larves n'était pas réalisable.

Il apparaît au Gecu « FCO » que la lutte anti-larvaire n'a pas d'intérêt dans le contexte européen de la transmission du virus de la FCO, notamment du fait des contraintes réglementaires liées à l'épandage d'insecticide, mais aussi parce que les vecteurs reconnus (notamment *C. imicola*) ou suspectés (principalement culicoïdes du sous-genre *Avaritia*) présentent des habitats larvaires difficilement accessibles dans le cadre de la lutte chimique (bouses de ruminants) ou très mal caractérisés car sans doute ubiquistes.

b) Point sur les données relatives à la lutte contre les culicoïdes adultes

- Application des insecticides dans l'environnement, les bâtiments d'élevage et les camions

Dans son avis 2001-SA-0211, si l'Afssa déconseillait la désinsectisation des gîtes larvaires, elle recommandait toutefois son recours sur les animaux et les bâtiments d'élevage avec les produits disposant d'une AMM pour l'espèce de destination, même si les culicoïdes ne figurent pas expressément dans les indications.

Les avis EFSA-Q-2007-201 et EFSA-Q-2008-436 de l'AESA en date du 19 juin et du 11 septembre 2008 soulignaient le manque de données permettant d'évaluer l'efficacité des traitements dans l'environnement, les bâtiments d'élevage et les camions.

L'application d'organophosphorés ou de pyréthrinoides en ULV (ultra low volume) par traitement au sol ou aérien n'a montré qu'un effet limité et transitoire vis-à-vis de *C. furens* (Carpenter et al., 2008). Au vu de la faible efficacité sur les populations de culicoïdes et des conséquences écologiques potentielles, le Gecu FCO considère que l'application d'adulticides dans l'environnement devrait donc être évitée.

Par ailleurs, peu d'études ont été réalisées pour tester l'efficacité de l'application d'insecticides dans les bâtiments d'élevage ou dans les véhicules de transport d'animaux. Dans une récente étude allemande (Schmahl et al., 2008a), des surfaces traitées par une solution de lambda-cyhalothrin à 250 mg/m<sup>2</sup> (Oxyfly®) seraient capables d'entraîner une mortalité de 100 % des culicoïdes (directement capturés sur le terrain) mis en contact avec ces surfaces pendant seulement 15 secondes avec une rémanence d'au moins 9 semaines. Cependant, cette étude indique qu'aucun insecte témoin n'est mort au cours des essais, bien qu'il soit communément admis que la capture de culicoïdes sur le terrain génère un taux de mortalité de ces derniers proche de 50%. Les résultats obtenus ne pourront donc être pris en compte qu'après mise en œuvre de protocoles adaptés.

- Application des insecticides sur les animaux

De nouvelles études récentes ont tenté de préciser la sensibilité intrinsèque des culicoïdes adultes en déterminant des DL50/DL90.

Deux études allemandes ont récemment été publiées sur l'efficacité de différentes formulations commerciales à base de deltaméthrine (Flypor® et Versatine®) et de fenvalerate (Acadrex 60® et Arkofly®) appliquées aux ovins et bovins (Schmahl et al., 2008b ; Schmahl et al., 2009). Elles se fondent sur un principe de contact direct de durée

variable entre des poils provenant de membres d'animaux traités et des culicoïdes collectés directement sur le terrain. Ces auteurs obtiennent pour toutes les formulations testées des mortalités de 100 % au moins 28 jours après application (jusqu'à 35 jours pour certains produits) après seulement 30 secondes de contact. Cependant, les résultats sont difficilement interprétables compte tenu du faible nombre d'individus utilisés par espèce de culicoïdes et de l'absence de description précise des résultats, en particulier pour le groupe témoin.

Dans une étude récente, Padadopoulos et al. (sous presse) testent des formulations pour-on d'alphacyperméthrine appliquées sur bovin (10 ml d'une solution à 15g/L soit 64 mg/m<sup>2</sup>) ou ovin (40 ml d'une solution à 12,5 g/L soit 600 mg/m<sup>2</sup>) sur la mortalité de *C. nubeculosus* après un contact direct de 3 minutes avec des poils des animaux traités. La mortalité observée atteint presque 100 % pendant les 28 premiers jours qui suivent le contact, quelle que soit l'espèce et la zone de provenance des poils (dos, flanc ou ventre). Après 28 jours, les mortalités observées diminuent rapidement chez les culicoïdes issus de bovins, et plus lentement ceux issus des ovins (toujours 50 % à 42 jours).

Enfin, dans une démarche originale, Mathieu et al. (2008) posent directement pendant 3 minutes des femelles *C. nubeculosus* sur la peau d'animaux témoins ou traités avec une solution pour-on de deltaméthrine (10 ml d'une solution à 7,5 %, soit 75 mg/m<sup>2</sup>). Les mortalités observées 24 heures après le contact sont de 40, 49 et 25 % après 1, 4 et 6 jours (Mathieu et al., 2008). Au 13<sup>e</sup> jour, aucune différence n'est observée entre témoins et animaux traités. Aucune différence dans le taux de gorgement des femelles n'est observée entre animaux traités ou témoins.

Ainsi, il apparaît que les culicoïdes mis en contact avec des poils d'animaux traités avec des pyréthrinoïdes subissent des mortalités importantes si la concentration est suffisante (concentration théorique initiale supérieure à 60 mg/m<sup>2</sup>). Cependant, une telle concentration ne semble pas entraîner des mortalités importantes chez les culicoïdes se posant directement sur la peau des animaux.

Dans son avis EFSA-Q-2007-201 en date du 11 septembre 2008, l'AESA a conclu que les études disponibles sur les effets des insecticides sur les culicoïdes adultes rapportaient une mortalité chez ces derniers, mais que cette efficacité restait difficilement évaluable en l'état et ne pouvait pas être liée à une diminution de la transmission des virus de FCO.

Aucune nouvelle donnée ne permet de conclure quant aux effets des insecticides sur la transmission des virus de la FCO. Ainsi, aucune preuve formelle n'existe sur la capacité des pyréthrinoïdes à diminuer ce risque.

Au vu de l'ensemble des données scientifiques disponibles à ce jour sur l'efficacité des traitements insecticides, le Gecu « FCO » considère l'application des insecticides :

- sur l'environnement, les bâtiments d'élevage, les camions comme ne pouvant pas être évaluée ;
- sur les animaux, comme efficace contre les culicoïdes si elle pouvait être réalisée de façon régulière et si une concentration suffisante en insecticide était atteinte dans les parties fines du corps, là où les vecteurs piquent de façon préférentielle.

Cependant, les délais d'attente, les indications strictes d'utilisation prévues dans le cadre de l'AMM de ces produits, la différence de diffusion des insecticides sur le cuir des différentes espèces concernées (Carpenter et al., 2007), les coûts induits et leur impact sur l'environnement rendent cette mesure de lutte peu efficace contre la transmission des BTV.

## 2. Evaluation de la pertinence de l'utilisation des insecticides au plan général dans la lutte contre la FCO dans un contexte de vaccination généralisée

Le Gecu « FCO » reconnaît l'intérêt de l'utilisation d'insecticides dans la lutte contre la FCO lorsqu'aucune autre mesure de lutte n'était disponible en Europe.

Cependant, l'efficacité des insecticides dans la réduction de la transmission des différents sérotypes de BTV lors de leur mise en œuvre sur le terrain n'est pas connue. La place

stratégique des insecticides dans la lutte contre cette maladie s'est avérée insuffisante à grande échelle pour empêcher l'extension du front épizootique en Europe, comme en France, au cours des trois dernières années.

Par ailleurs, l'intérêt du recours aux insecticides diminue fortement lorsqu'un vaccin homologué existe et qu'il est largement utilisé.

Il apparaît donc aux experts du Gecu « FCO » qu'en France, en 2009, compte tenu du programme de lutte vaccinale obligatoire et généralisé contre les deux sérotypes de BTV présents sur le territoire, le recours obligatoire et systématique à des traitements insecticides des animaux, de leurs bâtiments, de leurs moyens de transport et de leur environnement ne serait pas pertinent.

### 3. Pertinence de l'utilisation des insecticides dans certains cas particuliers

Si, dans une situation de vaccination générale et obligatoire contre les sérotypes circulant en France, l'utilisation systématique d'insecticides ne paraît pas justifiée, le Gecu « FCO » considère que leur application pourrait être envisagée dans certains cas particuliers.

Les membres du Gecu considèrent :

- les animaux à risque particulier de FCO ;
- les « cas de FCO » et « les animaux infectés de FCO » ;
- le transport d'animaux à partir de zones où des foyers de FCO seraient identifiés.

#### a) Animaux à risque particulier de FCO

On entend par animal à risque particulier de FCO tout ruminant d'espèce réceptive à la FCO non immun dans une zone de forte circulation virale.

Le Gecu « FCO » considère que le niveau de risque de transmission du virus de la FCO par les culicoïdes dans une région est inversement proportionnel à la proportion d'animaux d'espèces réceptives immunisés (par la vaccination et/l'infection) dans cette région.

Dans un contexte de vaccination généralisée et obligatoire, les animaux réceptifs au BTV en France en 2009 sont notamment les animaux nés dans les exploitations après la date de vaccination dans l'élevage ainsi que les animaux n'étant pas sujets à vaccination (comme par exemple les animaux des centres d'insémination, les animaux des parcs zoologiques et des enclos de chasse).

Le risque de transmission de la FCO par des culicoïdes infectés à ces animaux réceptifs est d'autant plus grand qu'ils sont présents dans des zones de forte densité de ruminants sauvages, qui peuvent jouer le rôle de réservoir de BTV, ou qu'ils sont mis en contact avec des animaux dont le statut vaccinal n'est pas connu (cas des estives notamment).

Ainsi, pour ces catégories d'animaux placés dans des situations de possible circulation virale, l'utilisation d'insecticides pourrait concourir à diminuer le risque de transmission de la FCO. Le Gecu « FCO » recommande donc de laisser la possibilité aux détenteurs de ces animaux d'utiliser des insecticides dans le respect des dispositions prévues dans l'AMM des produits autorisés.

#### b) « Cas de FCO » et « animaux infectés de FCO »

Dans son avis 2009-SA-0016 en date du 13 février 2009, l'Afssa a notamment proposé les définitions de « cas de FCO » et d'« animal infecté de FCO » :

Pour rappel, on entend par « cas de FCO » tout ruminant présentant des symptômes et/ou lésions évoquant la FCO **et** :

- fournissant une réponse positive au test d'amplification génomique de la FCO (RT-PCR) ;
- **ou** ayant permis l'isolement du virus de la FCO ;
- **ou** non vacciné et présentant une séroconversion récente.

En outre, on entend par « animal infecté de FCO » tout ruminant ne présentant ni symptôme ni lésion évoquant la FCO et :

- fournissant une réponse positive au test d'amplification génomique de la FCO (RT-PCR) ( $Ct \leq 28$ ) ;
- **ou** ayant permis l'isolement du virus de la FCO ;
- **ou** non vacciné et présentant une séroconversion récente.

Dans un contexte de vaccination générale et obligatoire sur le territoire national, tout « cas de FCO » ou « animal infecté de FCO » pourrait servir de sources de virus de la FCO pour les culicoïdes.

Aussi, comme pour le cas particulier précédent, pour tout animal considéré comme « cas de FCO » ou « infecté de FCO » du fait d'une circulation virale en 2009, le Gecu « FCO » recommande de laisser la possibilité aux détenteurs de ces animaux d'utiliser des insecticides dans le respect des dispositions prévues dans l'AMM des produits autorisés.

#### c) Transport d'animaux à partir de zones présentant des foyers actifs de FCO

Le Gecu « FCO » rappelle que la désinsectisation des animaux est actuellement imposée par la réglementation européenne et nationale.

Il souligne que la probabilité de trouver un culicoïde infecté et infectant dans une zone de métropole où la vaccination est obligatoire contre les deux sérotypes de BTV actuellement présents sur le territoire et où il n'y a eu aucun foyer depuis plusieurs mois peut être considérée comme « quasi-nulle » (niveau 1 sur une échelle de 0 à 9). Dans une telle situation, la désinsectisation des animaux et des véhicules lors de mouvements de la zone vaccinée vers une zone indemne ne lui paraît pas pertinente.

Néanmoins, dès qu'un foyer serait déclaré dans une telle zone, la probabilité de trouver un culicoïde infectant augmenterait. Le Gecu « FCO » considère donc que la désinsectisation des camions et des animaux lors de déplacements d'animaux réceptifs à partir de cette zone infectée vers une zone indemne serait opportune dans un rayon d'une vingtaine kilomètres autour du/des foyer(s), et ce jusqu'au début de la période d'inactivité vectorielle.

### Conclusions et recommandations

Dans un contexte de vaccination homologue obligatoire et généralisée, le Gecu « FCO » considère que le recours obligatoire et systématique aux traitements insecticides des animaux, de leurs bâtiments, de leurs moyens de transport et de leur environnement n'est pas pertinent.

Il propose de permettre leur utilisation pour des catégories d'animaux considérés comme à risque particulier de FCO (notamment les animaux des centres d'insémination artificielle, des parcs zoologiques, des cercles de chasse présents dans des zones à risque de circulation virale) et pour tout animal considéré comme « cas de FCO » ou « infecté de FCO » du fait d'une circulation virale en 2009, dans le respect des dispositions d'utilisation prévues dans l'AMM des produits autorisés.

Il recommande leur application lors de tout déplacement d'animaux d'une zone vaccinée dans laquelle des foyers actifs seraient détectés vers une zone indemne, dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour des foyers, et ce jusqu'au début de la période d'inactivité vectorielle.

Le Gecu « FCO » rappelle enfin que l'utilisation des insecticides sur les animaux, dans leurs bâtiments et de leurs moyens de transport, comme prévu par la réglementation communautaire et nationale actuelle, resterait pertinente en cas d'apparition de sérotype(s) de BTV pour le(s)quel(s) aucun vaccin homologue n'existerait ou pour le(s)quel(s) le nombre de doses vaccinales serait insuffisant.

Mots clés : FCO, vaccination, désinsectisation »

**Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments**

Tels sont les éléments d'analyse que l'Afssa est en mesure de fournir dans l'évaluation de l'intérêt de la mise en œuvre des mesures de désinsectisation dans le protocole de lutte contre la fièvre catarrhale ovine.

La Directrice générale de l'Agence française  
de sécurité sanitaire des aliments

**Pascale BRIAND**

## ANNEXE

### REVUE DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE LA BIBLIOGRAPHIE CONCERNANT LA LUTTE CHIMIQUE CONTRE LES CULICOÏDES

*La lutte chimique constitue un des aspects possibles de la lutte contre les vecteurs. Elle peut viser les différents stades du vecteur : les immatures (larves) ou les adultes.*

#### **1. La lutte contre les larves**

*Carpenter et al. (2008) ont récemment passé en revue les études déterminant la sensibilité intrinsèque des larves de différentes espèces de culicoïdes à certains organophosphorés et les résultats de différents essais de terrain (incluant l'application de pyréthrinoïdes).*

*La lutte anti-larvaire n'a pas d'intérêt dans le contexte européen de la transmission du virus de la FCO, à cause des contraintes réglementaires liées à l'épandage d'insecticide, mais aussi parce que les vecteurs reconnus (*C. imicola*) ou suspectés (principalement culicoïdes du sous-genre *Avaritia*) présentent des habitats larvaires difficilement accessibles par la lutte chimique (bouses de ruminants) ou très mal caractérisés car sans doute ubiquistes.*

#### **2. La lutte contre les adultes**

##### **a : Application des insecticides dans l'environnement**

*L'application de DDT dans l'environnement (sur les murs, la végétation ou par application aérienne) n'a montré que peu ou pas d'efficacité pour diminuer la nuisance associée aux culicoïdes ou *Leptoconops* aux Antilles (Kettle, 1962).*

*L'application d'organophosphorés ou de pyréthrinoïdes en ULV (ultra low volume) par traitement au sol ou aérien n'a montré qu'un effet limité et transitoire pour limiter la nuisance à *C. furens* (Carpenter et al., 2008). En revanche, en Australie, dans un environnement urbain, la pulvérisation de bifenthrine à 0,1 % sur les zones externes de repos supposées (clôtures, murs, plantes ornementales et végétation) entraîne une diminution de 97 à 75 % du nombre de *C. ornatus* et *C. subimmaculatus* capturés par piégeage au cours du premier mois post-traitement, pour une diminution moyenne de 65 % sur 6 semaines (Standfast et al., 2003). Les résultats semblent variables : de 1 à 2 012 culicoïdes capturés/piège/nuit dans les propriétés traitées (moyenne 441 et médiane 276) contre 34 à 21 948 dans les propriétés témoins (moyenne 2 989 et médiane 425).*

*Dans un contexte européen, l'application de pyréthrinoïdes (mélange cyperméthrine, esbiothrine et synergisant à 1 %) par véhicule sur un hectare autour de bâtiment d'élevage n'entraîne aucune diminution des populations de culicoïdes ou de *C. imicola* en Sardaigne (Satta et al., 2004).*

*Au vu de la faible efficacité sur les populations de culicoïdes et des conséquences écologiques potentielles, l'application d'adulticides dans l'environnement devrait être évitée.*

*Il n'y a pas, à notre connaissance, d'étude testant l'efficacité de l'application d'insecticide dans les bâtiments d'élevage ou dans les véhicules de transport d'animaux.*

*Dans une étude allemande, des surfaces traitées par une solution de lambda-cyhalothrin à 250 mg/m<sup>2</sup> (Oxyfly®) seraient capables d'entraîner une mortalité de 100 % des culicoïdes (directement capturés sur le terrain) mis en contact avec ces surfaces pendant seulement 15 secondes avec une rémanence d'au moins 9 semaines (Schmahl et al., 2008a).*

*Dans une étude australienne, le taux d'attaque des culicoïdes a été mesuré sur des animaux enfermés dans des enclos avec murs et toit, les animaux pouvant avoir reçu une application de deltaméthrine (quantités non précisées) et les enclos pouvant être traités avec de la bifenthrine (Melville et al., 2005). Les murs et le toit offrent, à eux seuls, une protection importante contre certaines espèces de culicoïdes. Le traitement de l'enclos protège les animaux contre certaines espèces de culicoïdes par rapport à un enclos non traité (réduction du taux d'attaque de *C. oxystoma* de 63 % et de *C. peregrinus* de 90 %, 8 heures après*

application), mais toujours moins qu'un traitement directement sur les animaux (Melville et al., 2005).

### **b : Application des insecticides sur les animaux**

L'évaluation de l'efficacité des insecticides passe par différentes phases : la phase I déterminant la sensibilité intrinsèque des populations cibles à la molécule considérée, la phase II évaluant l'efficacité d'une formulation en conditions contrôlées, et la phase III passant à une mesure de l'efficacité des insecticides en phase opérationnelle.

#### **- Sensibilité intrinsèque des culicoïdes aux pyréthrinoïdes**

Les seules molécules actuellement autorisées pour une application directe sur les animaux sont les pyréthrinoïdes. Les tableaux 1 et 2 résument les sensibilités intrinsèques connues des culicoïdes pour les pyréthrinoïdes (pour les autres classes de molécules voir Carpenter et al., 2008).

**Tableau 1. Dose létale 50 % pour différentes espèces de culicoïdes**

Espèce	cyhalothrine	λ-cyhalothrine	deltaméthrine	perméthrine	resméthrine	phénothrine
<i>C. imicola</i>	0,073 % <sup>a</sup>	0,0098 % <sup>b</sup>	0,0024 % <sup>c</sup>			
<i>C. obsoletus/scoticus</i>			0,00084 % <sup>c</sup>			
<i>C. nubeculosus</i>			0,00044 % <sup>c</sup>			
<i>C. mississippiensis</i>				0,00034 % <sup>d</sup>	0,00115 % <sup>d</sup>	0,00224 % <sup>d</sup>
				0,00050 % <sup>e</sup>	0,0007 % <sup>e</sup>	0,0024 % <sup>e</sup>
<i>C. variipennis</i> <sup>1</sup>				0,011 % <sup>f</sup>	0,012 % <sup>f</sup>	

<sup>a</sup>Braverman et al. (1995) ; <sup>b</sup>Braverman et al. (2004) ; <sup>c</sup>Vénail et al. (données non publiées) ; <sup>d</sup>Kline et al. (1981) ; <sup>e</sup>Floore (1985) ; <sup>f</sup>Holbrook (1986)

**Tableau 2. Dose létale 90 % pour différentes espèces de culicoïdes**

Espèce	cyhalothrine	λ-cyhalothrine	deltaméthrine	perméthrine	resméthrine	phénothrine
<i>C. imicola</i>	0,46 % <sup>a</sup>	0,0564 % <sup>b</sup>	0,0068 % <sup>c</sup>			
<i>C. obsoletus/scoticus</i>			0,0029 % <sup>c</sup>			
<i>C. nubeculosus</i>			0,0018 % <sup>c</sup>			
<i>C. mississippiensis</i>				0,00487 % <sup>d</sup>	0,01134 % <sup>d</sup>	0,03027 % <sup>d</sup>
				0,0025 % <sup>e</sup>	0,0135 % <sup>e</sup>	0,0012 % <sup>e</sup>
<i>C. variipennis</i>				0,027 % <sup>f</sup>	0,025 % <sup>f</sup>	

<sup>a</sup>Braverman et al. (1995) ; <sup>b</sup>Braverman et al. (2004) ; <sup>c</sup>Vénail et al. (données non publiées) ; <sup>d</sup>Kline et al. (1981) ; <sup>e</sup>Floore (1985) ; <sup>f</sup>Holbrook (1986)

Les sensibilités de *C. mississippiensis* sont relativement comparables entre les études de Kline et al. (1981) et Floore (1985), ce qui suppose une bonne reproductibilité de ce type d'études. Il existe une variabilité importante de la sensibilité intrinsèque chez une même espèce pour différentes molécules (cf. *C. imicola*), ou pour une même molécule entre les espèces (cf. deltaméthrine).

<sup>1</sup> *Culicoides variipennis* est un complexe d'espèces, comprenant notamment *C. sonorensis* considéré comme le principal vecteur du virus de la FCO aux Etats-Unis. Ici, nous conservons le nom d'espèce donné dans les publications, même si, en toute vraisemblance dans les études considérées, *C. variipennis* = *C. sonorensis*.

**- Effets des insecticides sur les culicoïdes en milieu contrôlé****Effet sur le taux d'attaque des culicoïdes**

La majorité des études consacrées au sujet sont australiennes. En effet, en Australie, les zones d'élevage sont situées au sud de l'île en zone indemne, alors que les ports d'exportation d'animaux sont situés au Nord, en zone infectée. La problématique est de trouver un moyen de protéger les animaux pendant le transport, c'est-à-dire pendant un temps relativement court.

Le protocole expérimental est relativement constant (Doherty et al., 2001 ; Doherty et al., 2004 ; Melville et al., 2001 ; Melville et al., 2005) : des collectes de culicoïdes sont réalisées par aspirateur à bouche directement sur les animaux (plus rarement par pièges lumineux à l'intérieur d'un enclos) sur lesquels sont appliqués des insecticides. L'efficacité des insecticides est estimée en pourcentage de réduction du nombre de culicoïdes (gorgés ou non) par rapport à un groupe témoin. L'expérimentation est réalisée sur quelques jours post-application, un effet de protection de courte durée étant suffisant dans le contexte australien (tableau 3).

**Tableau 3.** Pourcentage de réduction du nombre de culicoïdes gorgés ou non en fonction du nombre d'heures après application (les doses appliquées ne sont pas connues, elles suivent les recommandations des fabricants)

Espèce	Principe actif Deltaméthrine	Fenvalerate	Perméthrine	Cyperméthrine	Ref
C. brevitarsis	29/33 % (2,5 h) 73-91/75-86 % (10-52 h)*			43/39 % (2,5 h) 66*/-28 % (10 h) 77-85/84-93 % (27-52 h)*	[1]
C. actoni	56/82 % (10-58 h)*	56/72 % (10-58 h)*	53/67 % (10-58 h)*		[2]
C. brevitarsis	98 % (10-58 h)*	93 % (10-58 h)*	94 % (10-58 h)*		
C. fulvus	59 % (10-58 h)*	51 % (10-58 h)*	49 % (10-58 h)*		
C. peregrinus	71 % (10-58 h)*	63 % (10-58 h)*	58 % (10-58 h)*		
C. brevitarsis		90/96 % (1-52 h)*	82/90 % (1-52 h)*		[3]
C. wadai		89/96 % (1-52 h)*	82-90 % (1-52 h)*		
C. oxystoma	99 % (8 h)*				[4]
C. peregrinus	98 % (8 h)*				

NB : 73-85/75-86 % (10-52 h)\* signifie réduction de 73 à 85 % des culicoïdes non-gorgés et de 75 à 86 % des culicoïdes gorgés (si un seul chiffre est donné, il concerne les non-gorgés) entre 10 et 52 heures post-application. L'astérisque signifie que les p-values des tests effectués sont < 0,05.

Dans l'étude [3], la perméthrine est appliquée en association avec d'autres répulsifs.

[1] Doherty et al. (2001) ; [2] Melville et al. (2001) ; [3] Doherty et al. (2004) ; [4] Melville et al. (2005)

Il est ainsi montré que l'application sur les animaux de solutions à base de pyréthriinoïdes permet de diminuer le nombre de culicoïdes attaquant les animaux pendant un laps de temps s'étalant au moins de 8 à 58 heures. Cette diminution semble varier plus entre espèces (de 51 % à 93 % avec le fenvalerate suivant les espèces dans le même protocole) qu'entre

produits, même si la non-indication des doses appliquées est un facteur limitant l'interprétation. Le nombre de culicoïdes gorgés est souvent, mais pas toujours, plus fortement réduit que celui des culicoïdes non-gorgés, laissant supposer un effet anti-gorgement sur les culicoïdes s'étant posés sur l'animal (Doherty et al., 2004 ; Doherty et al., 2001 ; Melville et al., 2001).

De plus, Mullens et al. (2000) utilise le même schéma expérimental pour mesurer l'effet d'une solution de perméthrine pulvérisée (250 ml à 0,2 %) sur le ventre de veaux sur le taux d'attaque de *C. sonorensis* (vecteur américain du virus de la FCO). Ce traitement réduit fortement (autour de 87 %) le nombre de femelles gorgées collectées aux 3<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> jours après application, mais n'a plus d'effet décelé à 10 jours (Mullens et al., 2000).

Il n'y a pas d'étude publiée sur l'effet des insecticides sur le taux d'attaque des culicoïdes européens, à part une étude allemande s'intéressant aux boucles auriculaires de perméthrine. L'absence d'animaux témoins dans cette étude rend impossible toute interprétation des résultats (Liebisch et al., 2008).

### **Effet sur le taux de gorgement des culicoïdes**

Cet effet peut être étudié par un dispositif expérimental original : des poils provenant d'animaux traités recouvrent une membrane mise à disposition de culicoïdes pour leur gorgement (Mullens, 1993).

Ce dispositif a été utilisé pour tester l'effet anti-gorgement d'une solution de perméthrine appliquée sur des chèvres (3-4 ml d'une solution à 65 % par chèvre, soit environ 150 mg/m<sup>2</sup>) sur *C. variipennis* (Mullens, 1993). L'effet diffère fortement en fonction de l'origine des poils, à savoir dos (réduction de 100 % jusqu'à 40 jours post-application, et d'encore 66 % à 70 jours), tête (98 % jusqu'à 20 jours, 58 % à 40 jours, et 30 % à 70 jours, effet non significatif à 70 jours), ou ventre (50 % à 5 jours, 63 % à 20 jours, 21 % à 40 jours et 0 à 70 jours, effets non significatifs après 5 jours).

Dans un autre essai avec une solution pour-on de perméthrine (3 ml/45 kg d'une solution de 5 % par veau, soit environ 20 mg/m<sup>2</sup>), l'effet anti-gorgement est évalué entre 3 et 56 jours post-application, avec des poils prélevés à différents endroits du dos, flanc et ventre. Aucune différence significative n'est mise en évidence pour aucune date quelque soit la région d'où proviennent les poils (Mullens et al., 2000). Cette absence de diminution du niveau de gorgement est confirmée lorsque les animaux sont naturellement exposés aux piqûres de culicoïdes sur le terrain. Néanmoins, le pourcentage de gorgement est négativement corrélé avec la concentration d'insecticide dans les poils. Cette quantité est toujours plus importante sur le dos que sur les flancs ou que sur le ventre. Cette différence entre les 3 zones est d'autant plus importante que le temps après traitement s'allonge (Mullens et al., 2000).

On constate que les pyréthrinoïdes peuvent montrer un effet anti-gorgement, d'autant plus que la concentration est forte. La diffusion et la rémanence des solutions pour-on limitent leur efficacité. En effet, la quantité d'insecticide dans les poils d'un bovin traité avec un pour-on de fluméthrine diminue constamment au fur et à mesure des jours post-application, avec toujours un net gradient entre le dos et les pattes (Stendel et al., 1992).

### **Effet sur la mortalité des culicoïdes**

Cet effet est classiquement étudié en mettant en contact des culicoïdes, dont la mortalité est enregistrée 24 heures après exposition, soit directement avec des poils provenant d'animaux traités, soit indirectement via un dispositif similaire à celui utilisé par Mullens (1993).

Holbrook (1986) évalue l'effet de boucle insecticide contenant 0,8 g de fenvalerate, avec un long temps de contact direct entre *C. sonorensis* et les poils coupés de 30 minutes. Les mortalités observées sont importantes supérieures à 87 % pendant les 50 premiers jours (des mortalités de 75 et 60 % sont observées après des pluies à 20 et 37 jours), puis diminuent (78 % à 63 jours et 70 % à 70 jours) (Holbrook, 1986). Cet auteur montre que la mortalité est maximale pour les poils provenant des régions proches des oreilles, et est plus forte si les poils proviennent de la zone arrière basse, que de la zone avant haute.

Dans l'essai décrit ci-dessus, Mullens et al. (2000) observent avec la perméthrine (environ 20 mg/m<sup>2</sup>) une toxicité supérieure à 50 % pendant 21 jours avec des poils du dos, pendant 14 jours avec des poils des flancs et pendant 7 jours avec des poils du ventre. En utilisant le même dispositif, il apparaît que les formulations commerciales d'insecticide pour-on ou spot-on à base de cyperméthrine ou deltaméthrine disponibles au Royaume-Uni ne provoquent que peu de mortalité de *C. nubeculosus* si les poils proviennent des régions exposées aux culicoïdes d'un mouton (face, ventre, pattes) et une mortalité plus importante pendant 7 jours si les poils proviennent d'un bovin, laissant supposer une meilleure diffusion de ces produits chez les bovins (Carpenter et al., 2007).

Plusieurs études allemandes ont été publiées sur l'efficacité de différentes formulations commerciales à base de deltaméthrine (Butox 7.5 pour on®, Flypor® et Versatrine®), cyfluthrine (Bayofly®), fenvalerate (Acadrex 60® et Arkofly®) appliquées aux ovins et bovins (Mehlhrn et al., 2008a ; Mehlhrn et al., 2008b ; Schmahl et al., 2008b ; Schmahl et al., 2009). Toutes se basent sur un principe de contacts directs de durée variable entre des poils provenant de pattes d'animaux traités et des culicoïdes collectés directement sur le terrain. Ces auteurs obtiennent pour toutes les formulations testées des mortalités de 100 % au moins 28 jours après application (jusqu'à 35 jours pour certains produits) après seulement 30 secondes de contact. Néanmoins, les résultats sont difficilement interprétables à cause de l'utilisation de peu d'individus de plusieurs espèces et de l'absence de description précise des résultats, en particulier pour le groupe témoin.

Dans une étude récente, Padadopoulos et al. (in press) testent des formulations pour-on d'alphacyperméthrine appliquées sur bovin (10 ml d'une solution à 15g/L soit 64 mg/m<sup>2</sup>) ou ovin (40 ml d'une solution à 12,5 g/L soit 600 mg/m<sup>2</sup>) sur la mortalité de *C. nubeculosus* après un contact direct de 3 minutes avec des poils des animaux traités. La mortalité observée atteinte presque 100 % pendant les 28 premiers jours quelle que soit l'espèce ou la zone de provenance des poils (dos, flanc ou ventre) (Padadopoulos et al., in press). Après 28 jours, les mortalités observées diminuent rapidement chez les bovins, et plus lentement chez les ovins (toujours 50 % à 42 jours).

Enfin, dans une démarche originale, Mathieu et al. (2008) posent directement pendant 3 minutes des femelles *C. nubeculosus* sur la peau d'animaux témoins ou traités avec une solution pour-on de deltaméthrine (10 ml d'une solution à 7,5 %, soit 75 mg/m<sup>2</sup>). Les mortalités observées 24 heures après le contact sont de 40, 49 et 25 % après 1, 4 et 6 jours (Mathieu et al. 2008). Au 13<sup>e</sup> jour, aucune différence n'est observée entre témoins et animaux traités. Aucune différence dans le taux de gorgement des femelles n'est observée entre animaux traités ou témoins.

Ainsi, il apparaît que les culicoïdes mis en contact avec des poils d'animaux traités avec des pyréthrinoïdes subissent des mortalités importantes si la concentration est suffisante (concentration théorique initiale supérieure à 60 mg/m<sup>2</sup>). Néanmoins, une telle concentration ne semble pas entraîner des mortalités importantes chez les culicoïdes se posant directement sur la peau des animaux.

### **Effets des insecticides sur la transmission du virus de la FCO**

Peu d'études ont essayé de mesurer le niveau de séroconversion au sein de troupeaux témoins ou traités avec des pyréthrinoïdes.

Aucune diminution de séroprévalence à la fin d'une saison de transmission n'est observée chez des animaux dont seul le ventre est traité toutes les 2 semaines avec une solution de perméthrine (250 ml/animal d'une solution à 0,2 %) (Mullens et al., 2001).

Une étude australienne compare 6 groupes d'animaux, 1 témoin, 1 recevant des boucles insecticides au diazinon, les 4 autres étant traités chaque semaine avec des solutions de deltaméthrine, fenvalerate ou fluméthrine (Melville et al., 2004). Seul le traitement à la deltaméthrine diminue le risque de transmission du virus de la FCO (RR = 3, p = 0,084), alors

que le risque de transmission du virus d'Akabane diminue fortement avec la deltaméthrine (RR = 18, p = 0,002) et avec le fenvalérate (RR = 8, p = 0,02).

Ainsi, aucune preuve formelle n'existe sur la capacité des pyréthrinoïdes à diminuer le risque de transmission du virus de la FCO.

### **Références:**

Braverman, Y., Wilamowsky, A. & Chizov-Ginzburg, A. (1995) Susceptibility of *Culicoides imicola* to cyhalothrin. *Medical and Veterinary Entomology*, 9, 443 – 444.

Braverman, Y., Chizov-Ginzburg, A., Pener, H. & Wilamowsky, A. (2004) Susceptibility and repellency of *Culicoides imicola* and *Culex pipiens* to lambda-cyhalothrin. *Veterinaria Italiana*, 40, 336 – 339.

Carpenter, S., Mellor, P. & Torr, S. (2007) Bluetongue and midge control. *Veterinary Record*, 161, 633.

Carpenter, S., Mellor, P.S. & Torr, S.J. (2008) Control techniques for *Culicoides* biting midges and their application in the U.K. and northwestern Palaearctic. *Medical and Veterinary Entomology*, 22, 175-87.

Doherty, W.M., Johnson, S.J. & Reid, E. (2001) Suppression of *Culicoides brevitarsis* (Kieffer) (Diptera: Ceratopogonidae) on cattle in Queensland with deltamethrin and cypermethrin. *General and Applied Entomology*, 30, 45 – 47.

Doherty, W.M., Bishop, A.L., Melville, L.F., Johnson, S.J., Bellis, G. A. & Hunt, N.T. (2004) Protection of cattle from *Culicoides* spp. in Australia by shelter and chemical treatments. *Veterinaria Italiana*, 40, 320 – 323.

Floore, T.G. (1985) Laboratory wind tunnel tests of nine insecticides against adult *Culicoides* species. *Florida Entomologist*, 68, 678 – 681.

Hoolbrock F. R. (1986) Wind Tunnel Evaluations of Insecticides Applied to Colonized *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) *Journal of the Florida Anti-Mosquito Association*, 57, 1-3.

Holbrook, F.R. (1986) Exposure of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) to Hair Clippings to Evaluate Insecticide-impregnated Ear Tags in Cattle. *Journal of Economic Entomology* 79, 1127 – 1129.

Kettle, D.S. (1962) The bionomics and control of *Culicoides* and *Leptoconops* (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae). *Annual Review of Entomology*, 7, 401-418.

Kline, D.L., Haile, D.G. & Baldwin, K.F. (1981) Wind tunnel tests with seven insecticides against adult *Culicoides mississippiensis* Hoffman. *Mosquito News*, 41, 745 – 747.

Liebisch A., Liebisch G., Thienelund S. S. & Hinrichs P. (2008) Wirksamkeit von Auriplak Ohrdips (Permethrin) gegen Gnitzen (*Culicoides*) als Überträger des Bluetongue Virus bei Rindern. *Der Praktische Tierarzt*, 89, 128-141.

Mathieu B., Borba C., Setier-Rio ML., Montagnac D., Viudes G., Alexandre M., Baldet T., Balenghien T. (2008) Efficacité du Butox® pour-on dans la protection des ovins contre *Culicoides nubeculosus*. Journées 3R, 3-4 décembre 2008, Paris, France

Mehlhorn H, Schmahl G, D'Haese J & Schumacher B. (2008a) Butox 7.5 pour on: a deltamethrin treatment of sheep and cattle: pilot study of killing effects on *Culicoides* species (Ceratopogonidae). *Parasitology Research*, 102, 515-518.

- Mehlhorn H, Schmahl G, Schumacher B, D'Haese J, Walldorf V & Klimpel S. (2008b) Effects of Bayofly on specimens of *Culicoides* species when incubated in hair taken from the feet of previously treated cattle and sheep. *Parasitology Research*, 102, 519-522.
- Melville, L.F., Hunt, N.T., Bellis, G.A. & Pinch, D. (2001) Evaluation of chemical treatments to prevent *Culicoides* spp. feeding on cattle in the Northern Territory. *General and Applied Entomology*, 30, 41 – 44.
- Melville, L.F, Hunt, N.T., Bellis, G. & Pinch, D. (2004) An assessment of insecticides to minimize the transmission of arboviruses in cattle. *Arbovirus Research in Australia*, 8, 249 – 255.
- Melville, L., Hunt, N., Bellis, G. & Hearnden, M. (2005) Protection of cattle from NT vectors of bluetongue and BEF viruses by covered pens and chemicals. *Arbovirus Research in Australia*, 9, 224 – 229.
- Mullens, B.A. (1993) *In vitro* assay for permethrin persistence and interference with blood-feeding of *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) on animals. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 9, 256 – 259.
- Mullens, B.A., Velten, R.K., Gerry, A.C., Braverman, Y. & Endris, R. G. (2000) Feeding and survival of *Culicoides sonorensis* on cattle treated with permethrin or pirimiphos-methyl. *Medical and Veterinary Entomology*, 14, 313 – 320.
- Mullens, B.A., Gerry, A.C. & Velten, R.K. (2001) Failure of a permethrin treatment regime to protect cattle against bluetongue virus. *Journal of Medical Entomology*, 38, 760 – 762.
- Papadopoulos, E., Bartram, D., Carpenter, S., Mellor, P. & Wall, R. Toxicity of alphacypermethrin applied to cattle and sheep against the biting midge *Culicoides nubeculosus*. *Veterinary Parasitology* (sous presse).
- Satta, G., Goffredo, M., Sanna, S., Vento, L., Cubeddu, G.P. & Mascherpa, E. (2004) Field disinfestation trials against *Culicoides* in northwest Sardinia. *Veterinaria Italiana*, 40, 329-335.
- Schmahl, G., Walldorf, V., Klimpel, S., Al-Quraishy, S., Mehlhorn, H. (2008a) Efficacy of Oxyfly on *Culicoides* species – the vectors of Bluetongue virus – and other insects. *Parasitology Research*, 103, 1101-3.
- Schmahl G, Klimpel S, Walldorf V, Schumacher B, Jatzlau A, Al-Quraishy S & Mehlhorn H. (2008b) Effects of permethrin (Flypor) and fenvalerate (Acadrex60, Arkofly) on *Culicoides* species-the vector of Bluetongue virus. *Parasitology Research*, 104, 815-208.
- Schmahl G, Klimpel S, Walldorf V, Al-Quraishy S, Schumacher B, Jatzlau A & Mehlhorn H. (2009) Pilot study on deltamethrin treatment (Butox 7.5, Versatrine) of cattle and sheep against midges (*Culicoides* species, Ceratopogonidae). *Parasitology Research*, 104, 809-13.
- Standfast, H., Fanning, I., Maloney, L., Purdie, D. & Brown, M. (2003) Field evaluation of Bistar 80SC as an effective insecticide harbourage treatment for biting midges (*Culicoides*) and mosquitoes infesting peridomestic situations in an urban environment. *Bulletin of the Mosquito Control Association of Australia*, 15, 19-33.
- Stendel, W., Hamel, H.-D., Sieveking, H.-U., & Brtihne D. (1992) Analytical determination of the distribution of flumethrin on the body surface of cattle following topical pour-on application. *Veterinary Parasitology*, 42, 137-143.