VETAGROSUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2011 - Thèse n°

ETUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE ET STATISTIQUE
DE LA CYSTICERCOSE MUSCULAIRE BOVINE EN FRANCE EN 2010
-
PROPOSITIONS DE MESURES DE CONTROLE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 2 décembre 2011
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

MORLOT Claire
Née le 24 avril 1986
à Villeneuve Saint Georges (94)

VetAgro Sup

UNIVERSITÉ DE LYON

VETAGROSUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2011 - Thèse n°

ETUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE ET STATISTIQUE
DE LA CYSTICERCOSE MUSCULAIRE BOVINE EN FRANCE EN 2010
-
PROPOSITIONS DE MESURES DE CONTROLE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 2 décembre 2011
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

MORLOT Claire
Née le 24 avril 1986
à Villeneuve Saint Georges (94)

VetAgro Sup

UNIVERSITÉ DE LYON

liste au 04-04-2011

ENSEIGNANTS CAMPUS VETERINAIRE DE VETAGRO SUP

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
ALOGNINOUWA	Théodore	Professeur 1ere cl	Pathologie du bétail
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
ARTOIS	Marc	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BECKER	Claire	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
BELLI	Patrick	Maître de conférences associé	Pathologie morphologique et clinique
BELLUCO	Sara	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences cl normale	Equine
BENOIT	Etienne	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BERNY	Philippe	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
BOULOCHER	Caroline	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
BOURDOISEAU	Gilles	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
BRUYERE	Pierre	Maître de conférences Contractuel	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BUFF	Samuel	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BURONFOSSE	Thierry	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
CACHON	Thibaut	Maître de conférences Contractuel	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CADORE	Jean-Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
CAROZZO	Claude	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CHABANNE	Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CHALVET-MONFRAY	Karine	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
COMMUN	Loic	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
DEMONT	Pierre	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
DESJARDINS PESSON	Isabelle	Maître de conférences Contractuel	Equine
DJELOUADJI	Zorée	Maître de conférences stagiaire	Santé Publique et Vétérinaire
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
FAU	Didier	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
FOURNEL	Corinne	Professeur 1ere cl	Pathologie morphologique et clinique
FRANCK	Michel	Professeur 1ere cl	Gestion des élevages
FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
GANGL	Monika	Maître de conférences Contractuel	Equine
GARNIER	François	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
GENEVOIS	Jean-Pierre	Professeur cl ex	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur 2eme cl	Biologie Fonctionnelle
GONTHIER	Alain	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GRAIN	Françoise	Professeur 2eme cl	Gestion des élevages
GRANCHER	Denis	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
GREZEL	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GUERIN	Pierre	Professeur 2eme cl	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
GUERIN-FAUBLEE	Véronique	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie

liste au 04-04-2011

ENSEIGNANTS CAMPUS VETERINAIRE DE VETAGRO SUP

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
JUNOT	Stéphane	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
KECK	Gérard	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
KODJO	Angeli	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LACHERETZ	Antoine	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
LAMBERT	Véronique	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
LE-GRAND	Dominique	Maître de conférences hors cl	Pathologie du bétail
LEBLOND	Agnes	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
LEPAGE	Olivier	Professeur 1ere cl	Equine
LOUZIER	Vanessa	Maître de conférences cl normale	Biologie Fonctionnelle
MARCHAL	Thierry	Maître de conférences hors cl	Pathologie morphologique et clinique
MIALET	Sylvie	Inspecteur de la santé publique vétérinaire (ISPV) faisant fonction de MC	Santé Publique et Vétérinaire
MOUNIER	Luc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
PEPIN	Michel	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
PIN	Didier	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
PONCE	Frédérique	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
PORTIER	Karine	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
PROUILLAC	Caroline	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
REMY	Denise	Professeur 2eme cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
ROGER	Thierry	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SABATIER	Philippe	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
SAWAYA	Serge	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SERGENTET	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
THIEBAULT	Jean-Jacques	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
VIGUIER	Eric	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Maître de conférences Contractuel	Pathologie morphologique et clinique
ZENNER	Lionel	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire

Remerciements

A Monsieur le Professeur Philippe VANHEMS
De la Faculté de Médecine Lyon Est,
Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse.
Hommages respectueux.

A Madame le Maître de Conférence Marie-Pierre CALLAIT-CARDINAL
De Vetagro Sup,
Qui a accepté d'encadrer notre thèse.
Pour son écoute et ses précieux conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.
Sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Pierre DEMONT
De Vetagro Sup,
Qui nous fait l'honneur de participer à ce jury.
Pour sa disponibilité et ses conseils.
Sincères remerciements.

A Madame le Docteur Pascale GILLI-DUNOYER
De la Direction Générale de l'Alimentation,
Pour avoir proposé ce travail de thèse et nous avoir permis de présenter nos résultats devant un groupe de travail du Codex Alimentarius.
Pour son accompagnement et ses précieux conseils.
Qu'elle trouve ici le témoignage de notre gratitude.

A Monsieur le Docteur Michel MAS
De l'Ecole Nationale des Services Vétérinaires,
Pour nous avoir guidé et soutenu au quotidien.
Sincères remerciements et profonde reconnaissance.

A Madame le Maître de conférences Karine CHALVET-MONFRAY
De Vetagro Sup,
Pour nous avoir apporté de précieux conseils dans l'analyse statistique.
Sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Jocelyn MEROT
Pour son formidable travail d'enquête,
Ainsi que pour sa gentillesse et sa grande disponibilité.

A Monsieur le Docteur Claude GRANDMONTAGNE
Pour sa maîtrise des bases de données. Merci de m'avoir permis de voir cette thèse en 4D.

A Monsieur Etienne GEOFFROY
Pour avoir communiqué les données extraites de la BDNI,
essentielles à la bonne réalisation de ce travail.

A Monsieur Yves TREGARO
Pour ses informations sur l'élevage en France.

A toutes les **équipes d'inspection des services vétérinaires**
Pour avoir permis la bonne réalisation de l'enquête et par conséquent de ce travail de thèse.

A la petite équipe de la **QSA** : Sylvie Mialet, Pierre Demont et Alain Gonthier.
Pour la qualité de votre enseignement.
Merci Sylvie de m'avoir communiqué ta passion du métier !

A toute l'équipe de l'**ENSV**

A mes parents et ma famille

A mes amis

A Clément

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES 9

TABLE DES ANNEXES 13

TABLE DES FIGURES 14

TABLE DES TABLEAUX 15

LEXIQUE DES ABRÉVIATIONS 16

INTRODUCTION 17

PREMIERE PARTIE - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. GÉNÉRALITÉS SUR *TÆNIA SAGINATA* 20

1.1 Description du parasite 20
1.1.1 Classification 20
1.1.2 Cycle et hôtes de *Tænia saginata* 20
1.1.3 Caractéristiques générales 21
1.1.3.1 *Tænia saginata* adulte 21
1.1.3.2 Segment ovigère 22
1.1.3.3 Œuf 24
1.1.3.4 Cysticerque 26

1.2 Téniasis humain 28
1.2.1 Classification réglementaire parmi les agents pathogènes 28
1.2.2 Manifestations cliniques 28
1.2.3 Diagnostic biologique 29
1.2.4 Epidémiologie 29
1.2.5 Traitement 31
1.2.6 Prophylaxie chez l'Homme 31

1.3 Cysticercose bovine 32
1.3.1 Epidémiologie 32
1.3.1.1 Contamination : origine et importance 32
1.3.1.2 Facteurs de risque 32
1.3.1.3 Répartition géographique 32
1.3.2 Manifestations cliniques 33
1.3.3 Diagnostic *post mortem* 33
1.3.3.1 Inspection *post mortem* à l'abattoir 33
1.3.3.2 Méthode ELISA à partir du sérum et du jus de viande 33
1.3.3.3 Analyse d'un kyste par PCR 33
1.3.3.4 Examen histologique 33
1.3.3.5 Examen microscopique 33
1.3.3.6 La coloration immunohistochimique 34
1.3.3.7 Estimation des coûts des différents tests 34
1.3.4 Diagnostic biologique *ante mortem* 34
1.3.4.1 Immunité humorale 34
1.3.4.2 Intérêts du développement d'un test sérologique 34
1.3.4.3 Tests existants 34
- Détection d'antigènes par méthode ELISA 34
- Détection d'anticorps par méthode ELISA 35
1.3.5 Moyens de lutte 36

1.4 Conséquences économiques et sociétales 36

2. ETUDE À L'ABATTOIR : DIAGNOSTIC DE LA CYSTICERCOSE BOVINE ET CONSÉQUENCES 37

2.1 Méthode de diagnostic actuelle : observation des cysticerques lors de l'Inspection *Post Mortem* 37
2.1.1 Aspect du cysticerque à l'inspection 37
2.1.2 Méthode d'inspection 38
2.1.2.1 Législation dans le cadre général 38
2.1.2.2 Méthode détaillée dans le cadre de la cysticercose 39
2.1.3 Exemples de lésions 40
2.1.4 Confirmation de l'affection 42
2.1.5 Efficacité de la méthode 42
2.1.5.1 Faux négatifs 42
2.1.5.1.1 Répartition des cysticerques dans les muscles 42
2.1.5.1.2 Aspect des cysticerques à l'œil nu 43
2.1.5.1.3 Diagnostic différentiel 43
2.1.5.1.4 Autres variables 44
2.1.5.2 Faux positifs 44
2.1.5.3 Amélioration de la méthode légale d'inspection 44

2.2 Décision face à une carcasse atteinte 44
2.2.1 Législation 44
2.2.2 Carcasses fortement infestées : Cysticercose massive 44
2.2.3 Carcasses faiblement infestées : Cysticercose discrète 45
2.2.4 Enquête après détection 45
2.2.5 Information sur la Chaîne Alimentaire 45

2.3 Risque de cysticercose par importation de carcasses 46

2.4 Décontamination de la carcasse 46
2.4.1 Traitements notifiés par l'OIE 46
2.4.2 Ionisation 46
2.4.3 Traitement actuel 47
2.4.3.1 Législation 47
2.4.3.2 Justification scientifique de l'intérêt de traiter une carcasse faiblement atteinte 47
2.4.3.3 Conséquences économiques et pratiques 47

2.5 Possibilité d'une adaptation de l'inspection en fonction du contexte 48
2.5.1 Problématique 48
2.5.2 Elevages intégrés 48
2.5.3 Zones à faible prévalence de cysticercose 49

2.6 Bilan : Risques liés à la consommation de viande et adaptation de l'inspection 49

3. ETUDE DE LA PRODUCTION ET DE L'ÉPANDAGE DES BOUES DES STATIONS D'ÉPURATION 51

3.1 Fonctionnement d'une station d'épuration et production de boues 51
3.1.1 Fonctionnement général d'une station d'épuration 51
3.1.2 Conséquence de l'assainissement des eaux usées : la production de boues d'épuration 52
3.1.3 Traitements complémentaires des boues 53
3.1.3.1 La stabilisation des boues 53
3.1.3.2 Réduction de la teneur en eau des boues 54
3.1.3.3 Traitements d'hygiénisation 54

3.2 Devenir des boues et intérêt de l'épandage 54
3.2.1 Données sur l'épandage des boues en France 54
3.2.1 Risque lié à l'épandage des boues dans le cadre légal 58
3.2.1.1 Législation française sur l'épandage des boues.....58
3.2.1.2 Mise en évidence de la présence d'œufs dans les boues 59
3.2.1.3 Efficacité du traitement des boues : viabilité des œufs. 60
3.2.1.4 Conséquence : Evaluation du risque d'épandage de boues sur les pâtures 60
3.2.1.5 Risque de téniasis pour un humain vis-à-vis d'une consommation de bovin dont la pâture a été épandue avec des boues 61

3.3 Bilan : situations à risque liées aux effluents 62
3.3.1 Consommation d'eau de boisson contaminée 62
3.3.2 Contamination des aliments 62
3.3.3 Contrôle initial des boues 62
3.3.4 Erreur d'épandage de la station 63
3.3.5 Non respect du délai d'attente 63
3.3.6 Dissémination des œufs par vecteur.....63
3.3.7 Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation.....63
3.3.8 L'usage de fosses septiques 63
3.3.9 Consommation de fourrage issu de parcelles ayant reçu un épandage 64
3.3.10 Contamination d'une pâture secondaire à de fortes pluies 64
3.3.11 Pression démographique 65

4. ETUDE AU SEIN DE L'ÉLEVAGE..... 65

4.1 Enquête épidémiologique et facteurs de risque..... 65

4.2 Procédure mise en place par la profession : la Charte des Bonnes Pratiques d'Elevage 65

4.3 Prophylaxie au sein de l'élevage 66
4.3.1 Intérêt de la vaccination 66
4.3.2 Prophylaxie par vermifugation systématique avant abattage.....66

4.4 Elevage biologique 67

4.5 Bilan : situations à risque au sein d'un élevage..... 67

5. CYCLE ÉPIDÉMIOLOGIQUE DE *T. SAGINATA* / *C. BOVIS*, RÉALISÉ D'APRÈS L'ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE ... 68

SECONDE PARTIE - ETUDE DE TERRAIN

1. INTRODUCTION 72

1.1 Contexte et problématique..... 72

1.2 Sources de l'information..... 72
1.2.1 Recueil des cas grâce à l'enquête nationale.....72
1.2.2 Comparaison avec la BDNI : Recueil des témoins et construction de la base de données Générale 73
1.2.3 Construction de la base de données Malades.....73
1.2.4 Construction de la base de données Enquête Epidémiologique 73

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE..... 74

2.1 Identification des variables..... 74
2.1.1 Base de données Générale.....74

2.1.2 Base de données Malades 75
2.1.3 Base de données Enquête Epidémiologique 75

2.2 Analyse 76
2.2.1 Calcul de la prévalence 76
2.2.2 Réalisation du test du Chi2 76
2.2.3 Calcul du Risque Relatif 76
2.2.4 Réalisation d'une carte de France des prévalences par département 76

3. RÉSULTATS 77

3.1 Bilan chiffré des réponses 77
3.1.1 Abattoirs 77
3.1.2 Bovins 77
3.1.3 Cas de cysticercose 77

3.2 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Générale 77
3.2.1 Prévalence 77
3.2.2 Facteurs de risque 79
3.2.2.1 Age de l'animal 79
3.2.2.2 Sexe de l'animal 81
3.2.2.3 Type de Production 83
3.2.2.4 Type Racial 84
3.2.2.5 Département d'Elevage 85
3.2.3 Facteurs de détection des cas en abattoir 89
3.2.3.1 Evolution saisonnière 89
3.2.3.2 Variabilité des prévalences par abattoir 93
3.2.3.3 Information sur la Chaîne Alimentaire 93

3.3 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Malades 94
3.3.1 Nombre de cas suivant les exploitations 94
3.3.2 Sites de prédilection 94
- Choix des données 94
- Répartition des cysticerques en fonction des sites d'inspection 95

3.3.3 Proportion de malades avec cysticerques vivants 95
3.3.4 Pouvoir contaminant d'une carcasse 96

3.4 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Enquête Epidémiologique 97

4. DISCUSSION 102

4.1 Analyse critique de l'enquête 102
4.1.1 Qualité de l'échantillon 102
4.1.2 Réalisation de l'enquête et améliorations méthodologiques proposées 102
4.1.3 Problèmes concernant la base de données Générale, construite grâce à la BDNI 103

4.2 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Générale 104
4.2.1 Facteurs de risque 104
4.2.1.1 Age de l'animal 104
4.2.1.2 Sexe de l'animal 104
4.2.1.3 Type de production 105
4.2.1.4 Type racial 105
4.2.1.5 Département d'élevage 105
4.2.2 Facteurs de détection des cas en abattoir 106

4.2.2.1 Evolution saisonnière 106
- Evolution annuelle des cas de cysticercose 106
- Evolution annuelle des cas avec cysticerques vivants 106
- Evolution annuelle des cas avec cysticerques calcifiés 106
- Evolution annuelle des cas de cysticercose généralisée 106

4.2.2.2 Variabilité des prévalences par abattoir 107
4.2.2.3 Information sur la Chaîne Alimentaire 107

4.3 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Malades107

4.4 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Enquête Epidémiologique 108

4.5 Solutions proposées en vue de l'amélioration des mesures de surveillance de la cysticercose....108

4.6 Propositions de suites possible à ce travail de thèse 110

5. COMMUNICATION EFFECTUÉE DANS LE CADRE DU CODEX ALIMENTARIUS 111

CONCLUSION 113

BIBLIOGRAPHIE.... 115

RÉFÉRENCES RÈGLEMENTAIRES 123

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES.... 123

ANNEXES 125

Table des annexes

Annexe 1 : Note de service DGAL/SDSSA/N2010-8032 du 2 février 2010 relative aux mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie 126
Annexe 2 : Modèle de fiche de recensement des lésions de cysticercose bovine observées en abattoir 131
Annexe 3 : Modèle de fiche d'enquête concernant la mise en évidence de cas groupés de cysticercose bovine 133
Annexe 4 : Prévalence apparente selon le département d'élevage 134
Annexe 5 : Présentation de l'enquête dans la cadre du CCFH, Codex Alimentarius 135

Table des figures

Figure 1 : Cycle de *Tænia saginata* 20
Figure 2 : *Tænia saginata* adulte 22
Figure 3 : Détail d'un anneau de *Tænia saginata* adulte 23
Figure 4 : Système reproducteur de *Tænia saginata* : proglottis moyen 23
Figure 5 : Embryophore de *Tænia saginata* (35 - 40 µm) 24
Figure 6 : Vésicule ladrique dans le muscle long du cou d'un bovin 26
Figure 7 : Cysticerque calcifié dans la langue d'un bovin 27
Figure 8 : Cysticerque calcifié dans le myocarde 27
Figure 9 : Cysticercose généralisée – Lésion des masséters 40
Figure 10 : Cysticercose généralisée – Lésion du cœur 41
Figure 11 : Cysticercose généralisée – Lésion de la langue 41
Figure 12 : Cysticercose généralisée – Lésion de l'œsophage 42
Figure 13 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées 51
Figure 14 : Epandage de boues liquides 53
Figure 15 : Pourcentage de la surface cantonale exclue de l'épandage des boues de Step ... 56
Figure 16 : Indice d'acceptabilité des sols à l'épandage des boues de station d'épuration : part des surfaces sans contrainte particulière à l'épandage 57
Figure 17 : Schéma de fonctionnement d'une fosse septique 64
Figure 18 : Cycle épidémiologique de *T. saginata* / *C. bovis*, réalisé d'après l'étude bibliographique 68
Figure 19 : Prévalence apparente selon l'âge en mois de l'animal 79
Figure 20 : Prévalence apparente selon l'âge en mois de l'animal, lors de cas avec cysticerques vivants 80
Figure 21 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine selon le sexe 81
Figure 22 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques vivants selon le sexe 82
Figure 23 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine selon le type de production 83
Figure 24 : Prévalence apparente selon le département d'élevage à 60 jours avant abattage 86
Figure 25 : Carte des zones climatiques en France 87
Figure 26 : Répartition des zones d'élevage en France 88
Figure 27 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine en France en 2010 89
Figure 28 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques vivants en France en 2010 90
Figure 29 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques dégénérés en France en 2010 91
Figure 30 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine généralisée en France en 2010 92
Figure 31 : Variabilité de la prévalence apparente selon les abattoirs 93
Figure 32 : Répartition des cysticerques selon les sites d'inspection (Graphique) 95

Table des tableaux

Tableau 1 : Prévalence selon différents pays d'Europe 30
Tableau 2 : Prévalence selon différents pays du monde 31
Tableau 3 : Estimation des coûts des différents tests envisageables 34
Tableau 4 : Exemple de types et conditions de traitement des boues 54
Tableau 5 : Concentrations en pathogènes garantissant le critère hygiènisant d'une filière de traitement 58
Tableau 6 : Quelques méthodes de traitement des boues et efficacité sur *Tænia saginata* .. 60
Tableau 7 : Variables et modalités de la base de données Générale 74
Tableau 8 : Variables et modalités de la base de données Malades 75
Tableau 9 : Variables et modalités de la base de données Enquête Epidémiologique 76
Tableau 10 : Prévalence apparente selon la race 84
Tableau 11 : Nombre de cas par exploitation selon le nombre d'exploitations 94
Tableau 12 : Localisation des lésions sur la tête en fonction du nombre de cas détectés 94
Tableau 13 : Répartition des cysticerques selon les sites d'inspection (Tableau) 95
Tableau 14 : Enquêtes épidémiologiques réalisées par les services d'inspection suite aux cas groupés de cysticercose détectés en 2010 98

Lexique des abréviations

ACIA	Agence Canadienne d'Inspection des Aliments
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ANOFEL	Association française des enseignants et praticiens hospitaliers titulaires de parasitologie et de mycologie médicale
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ASDA	Attestation Sanitaire à Délivrance Anticipée
BEAD	Bureau des Etablissements d'Abattage et de Découpe
BDNI	Base de Données Nationale de l'Identification
CCFH	Codex Committee on Food Hygiene
DGAL	Direction Générale de l'Alimentation
ELISA	Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay
EU / UE	European Union / Union Européenne
EFSA	European Food Safety Authority
FAO	Food and Agriculture Organization
Gy	Gray
ICA	Information sur la Chaîne Alimentaire
IPG	Identification Pérenne Généralisée
IPM	Inspection *post mortem*
InVS	Institut de Veille Sanitaire
MS	Matière Sèche
OIE / OMSA	Organisation Mondiale de la Santé Animale
OMS / WHO	Organisation Mondiale de la Santé / World Health Organization
PCR	Polymerase Chain Reaction
SCF	Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine
Step	Station d'épuration

INTRODUCTION

La cysticercose à *Cysticercus bovis* est une maladie parasitaire bovine engendrant le développement de *Tænia saginata*, ou ver solitaire, dans les intestins de l'Homme par consommation de viande bovine contaminée et crue ou mal cuite. Cette maladie, également appelée ladrerie bovine, est endémique en France. Bénigne chez l'Homme, la maladie a surtout un impact économique sur la filière viande bovine suite à la saisie ou à la congélation des carcasses contaminées. Elle influence également la confiance du consommateur dans son alimentation.

Actuellement, la maladie est diagnostiquée lors de l'inspection *post mortem* en abattoir, qui est la technique de référence. Cette méthode présente cependant une faible sensibilité. C'est pour améliorer la gestion de cette maladie sur le territoire français que la Direction Générale de l'Alimentation a demandé la réalisation de ce travail de thèse.

La première partie, uniquement bibliographique, s'attachera à étudier précisément les caractéristiques des différents stades du cycle biologique du parasite et exposera les mesures de contrôle actuelles.

La seconde partie analysera les résultats de l'enquête réalisée en 2010 dans les services d'inspection en abattoir. Les caractéristiques épidémiologiques de la maladie seront alors évaluées (prévalence, facteurs de risque…) et l'efficacité de la méthode actuelle de diagnostic sera étudiée. A la lumière de ces résultats, des solutions seront proposées en vue de l'amélioration des mesures actuelles de diagnostic et de contrôle de la cysticercose bovine.

PREMIERE PARTIE - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette étude bibliographique est une synthèse des données actuelles concernant *Tænia saginata* / *Cysticercus bovis*.

La première partie concerne le cycle parasitaire dans son ensemble et fournit les données épidémiologiques principales ainsi que les méthodes diagnostiques possibles aux différents stades parasitaires.

La seconde partie cerne plus précisément l'abattoir. Elle étudie la méthode actuelle d'inspection *post mortem* et les traitements possibles d'une carcasse atteinte. Elle évalue les possibilités d'une adaptation de l'inspection en fonction du contexte de l'élevage.

La troisième partie évalue les situations à risque de passage du parasite de l'Homme vers le bovin et se concentre notamment sur la production et l'épandage des boues de station d'épuration. Ces dernières sont en effet souvent accusées d'être un point clé dans le « recyclage parasitaire » du *Tænia*.

Pour finir, cette synthèse se focalise au sein de l'élevage, en évaluant les situations à risque et les méthodes de contrôle envisageables : vaccination et vermifugation notamment.

1. Généralités sur *Tænia saginata*

1.1 Description du parasite

1.1.1 Classification

Tænia saginata appartient :

- A l'embranchement des Helminthes (vers) ;
- Au sous-embranchement des Plathelminthes (vers plats) ;
- A la classe des Cestodes (vers plats à corps segmenté) ;
- A l'ordre des Cyclophyllidea (scolex (c'est-à-dire l'extrémité antérieure) avec 4 ventouses, tocostome absent) ;
- A la famille des Taeniidés.

1.1.2 Cycle et hôtes de *Tænia saginata*

Le cycle *Tænia saginata* / *Cysticercus bovis* est un cycle hétéroxène où l'Homme est hôte définitif et un boviné est hôte intermédiaire. Ce cycle est présenté par la Figure 1 ci-dessous.

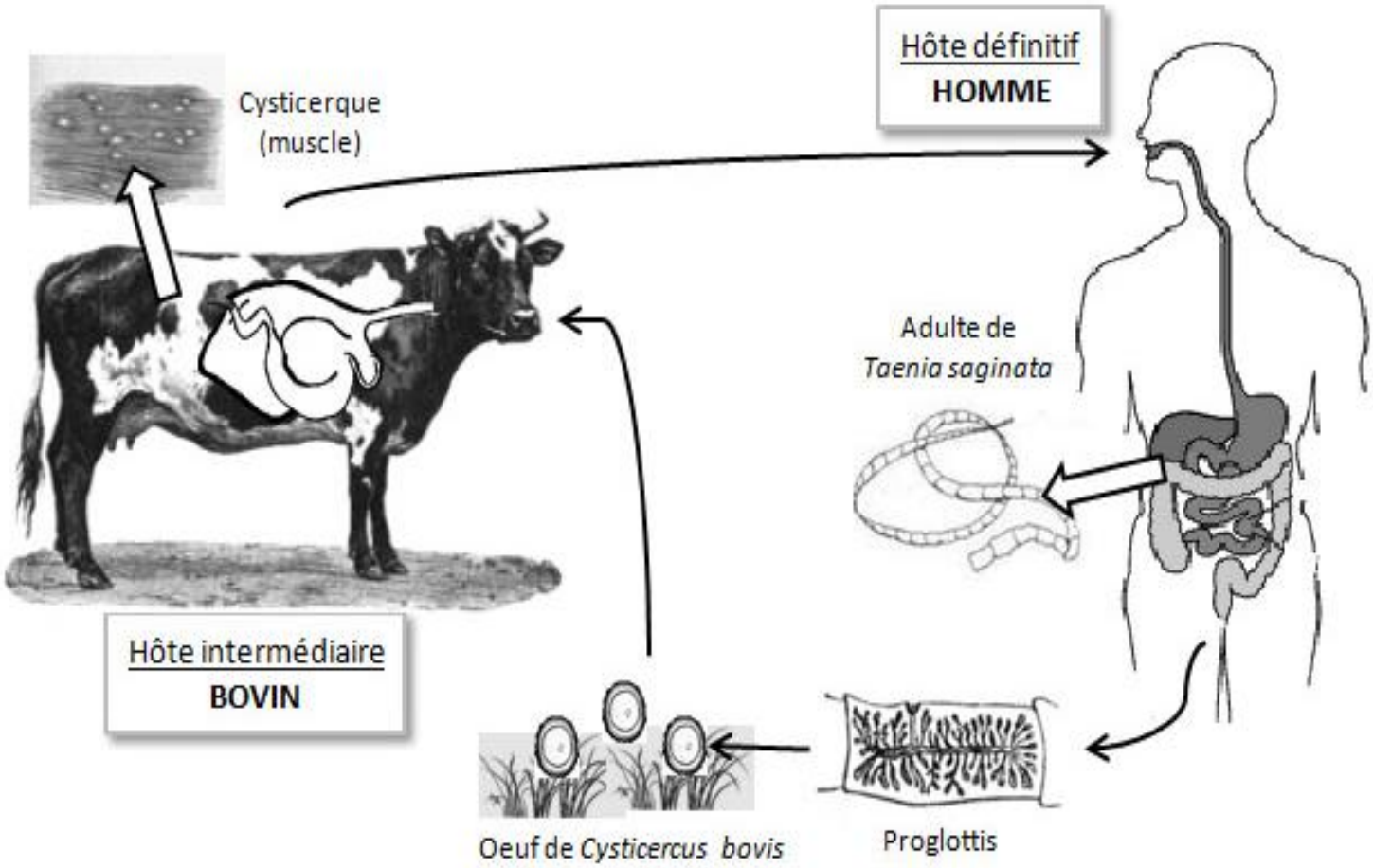


Figure 1 : Cycle de *Tænia saginata*
(Production personnelle)

L'Homme atteint héberge un ténia adulte (*T. saginata*) libérant des proglottis (ou anneaux). Les anneaux du ténia adulte remplis d'œufs se détachent isolément et forcent activement le sphincter anal en dehors de la défécation. Dans le cas de porteurs chroniques, la libération des proglottis dans le milieu extérieur peut être très intermittente.

Dans le milieu extérieur, les anneaux sont lysés et libèrent des milliers d'œufs. On estime ainsi à environ 150 000 le nombre d'œufs rejetés par jour dans le milieu extérieur par un humain contaminé (Froyd et Round, 1959). Le milieu de l'œuf correspond à sa partie résistante et est appelé embryophore, elle contient un embryon hexacanthe. Cette partie est ingérée par un bovin, après un séjour dans l'environnement.

Dans le tube digestif du bovin, les embryophores sont lysés par les sucs gastriques, les sucs intestinaux et la bile. Les embryons hexacanthes libérés émettent des sécrétions lytiques et perforent la paroi duodénale grâce à leurs crochets puis sont disséminés dans tout l'organisme par voie sanguine et lymphatique. Ils s'embolisent dans les capillaires puis gagnent les muscles où ils se transforment en une larve vésiculeuse appelée cysticerque (*Cysticercus bovis*), vésicule dans laquelle s'invagine un seul scolex. Ceci intervient 11 à 12 jours après l'ingestion. La larve s'installe entre les fibres musculaires et la vésicule se forme en 3 à 4 semaines. C'est à partir de ce moment là qu'elle devient visible à l'œil nu. Les cysticerques sont infestants au bout de 10 semaines (WHO, 1983).

L'Homme se contamine en mangeant de la viande de bovin crue ou mal cuite parasitée par la larve cysticerque. Les sucs gastriques activent la dévagination du scolex dans l'intestin grêle de l'Homme et son attachement à la muqueuse jéjunale. Des segments sont élaborés au niveau du cou et donnent en deux à trois mois un ténia adulte. Le ténia se nourrit par osmose avec le chyme intestinal.

La reproduction du *Tænia* s'effectue par hermaphrodisme dans le tube digestif humain, chaque proglottis se développant d'abord en organe mâle puis en organe femelle. Les anneaux antérieurs (donc mâles) fécondent les anneaux postérieurs (femelles) qui produisent alors des œufs. On appelle ces proglottis remplis d'œufs des cucurbitains.
Le recyclage parasitaire, qui permet de boucler le cycle, s'effectue par l'émission des cucurbitains dans l'environnement.

Remarque 1 : Il n'y a pas de transmission interhumaine pour le téniasis ni inter-bovin pour la cysticercose.

Remarque 2 : D'autres hôtes intermédiaires existent : le buffle, le renne et le cerf peuvent ainsi être atteints de cysticercose et le transmettre secondairement à l'Homme. Cela peut donc constituer un facteur de risque, notamment en cas de viande de cerf consommée insuffisamment cuite. Cependant, la viande de cerf est rare en France et quand elle est consommée, c'est en ragout principalement. La viande de renne est souvent séchée et la consommation de viande de buffle est négligeable. La contamination humaine par cette voie est donc infime (Cabaret *et al.*, 2002).

1.1.3 Caractéristiques générales

1.1.3.1 *Tænia saginata* adulte

T. saginata est un parasite strictement humain du jéjunum. C'est un ver plat (*Tænia* signifie ruban en latin) blanc brillant, de grande taille (4 à 10 m de longueur) et segmenté en 1000 à 2000 anneaux ou proglottis (Figure 2). Il est en général isolé (son nom commun est le ver solitaire), mais il existe de rares cas d'infestations multiples avec des vers de plus petite taille (ANOFEL, 2007).

L'extrémité antérieure ou scolex est piriforme, déprimée au sommet, d'un diamètre de 1,5 à 2 mm. Le scolex possède 4 ventouses elliptiques de 0,7 à 0,8 mm de diamètre, mais ni rostre, ni crochet (d'où le nom de *Tænia* inerme). A la suite du scolex, le cou mesure quelques millimètres de long et donne naissance aux proglottis. L'ensemble des proglottis forme le corps du ténia ou strobile. Les malformations du ver adulte sont nombreuses (strobile bifurqué, radié, pigmenté, ou dépourvu de segmentation).

Dans l'intestin, le ver est constamment en mouvement, souvent dans le sens antipéristaltique. Son rythme de croissance est d'environ 16 anneaux par jour. Il déplace fréquemment le point de fixation intestinal du scolex sans laisser de lésion (ANOFEL, 2007).

La durée de vie du ténia adulte est très longue, la longévité d'un ver non traité peut dépasser 30 ans, la moyenne étant entre 4 et 10 ans (ANOFEL, 2007).

Figure 2 : *Tænia saginata* adulte
(Source : ANOFEL, 2007)

1.1.3.2 Segment ovigère

Les proglottis proches du cou sont plus larges que longs, petits et indifférenciés. A maturité, ils prennent la forme de "nouille plate" (Figure 3) ; ils sont rectangulaires, plus longs que larges (16 à 20 mm x 5 à 7 mm). D'un proglottis à l'autre, les pores génitaux sont irrégulièrement alternés.

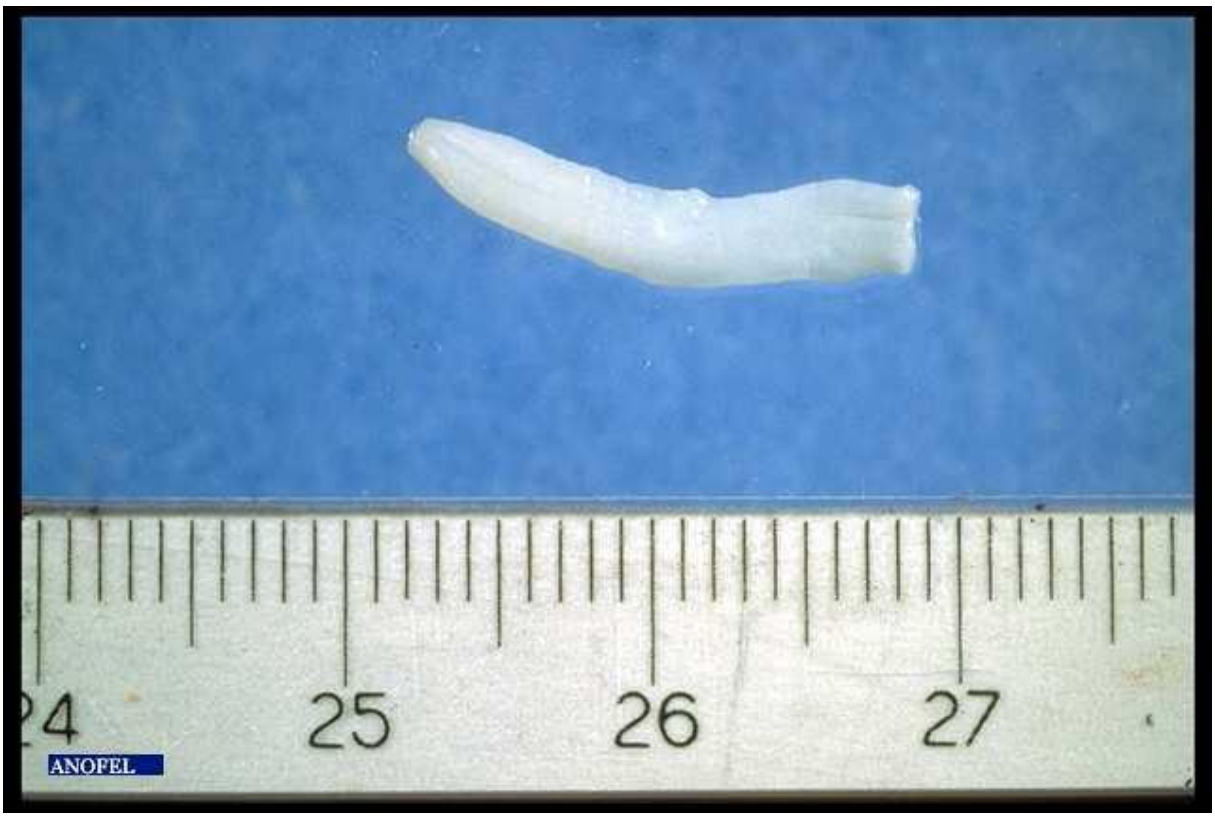


Figure 3 : Détail d'un anneau de *Tænia saginata* adulte
(Source : ANOFEL, 2007)

Le système reproducteur est constitué de 2 lobes ovariens, d'un amas de 300 à 1200 glandes testiculaires et d'un utérus très développé et ramifié (plus de 15 ramifications dichotomiques de chaque côté de l'axe central) (Figure 4).

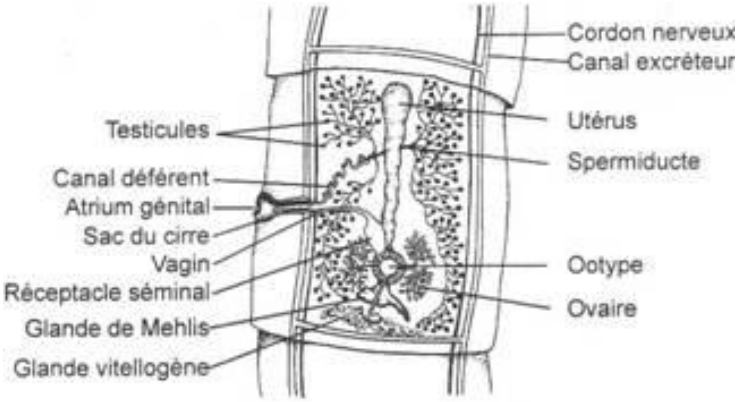


Figure 4 : Système reproducteur de *Tænia saginata* : proglottis moyen
(Source : Biodeug)

A maturité, les proglottis sont émis activement en forçant le sphincter anal, en dehors des selles, isolément ou en chaînes plus ou moins longues. Cinq à dix anneaux sont expulsés chaque jour de façon spontanée.

1.1.3.3 Œuf

- **Généralités**

Dans le milieu extérieur, les anneaux sont lysés et libèrent des œufs très résistants. Avec environ 80 000 œufs par anneau, un Homme infesté émet environ 150 millions d'œufs viables par an dans l'environnement. La taille moyenne d'un œuf est de 60 x 40 µm (ANOFEL, 2007).

Les œufs possèdent deux coques (Figure 5) :

- Une coque externe ou membrane vitelline, fragile donc souvent détruite, épaisse, translucide, contenant des granules réfringents. Cette coque délimite l'œuf proprement dit.
- Une coque interne brun sombre, radiée, résistante, de 4 à 5 µm d'épaisseur, délimitant un embryophore de 30 à 40 µm x 20 à 30 µm contenant un embryon muni de 3 paires de crochets appelé embryon hexacanthe (ou oncosphère). C'est l'embryophore qui est résistant dans le milieu extérieur (ANOFEL, 2007).

Figure 5 : Embryophore de *Tænia saginata* (35 - 40 µm)
(Source : ANOFEL, 2007)

- **Résistance des œufs**

De nombreux facteurs influencent la survie d'un pathogène dans un environnement donné. La température et les pH extrêmes, la dessiccation, l'action de l'oxygène et l'absence de nutriments sont les principaux paramètres. Il a été montré que les œufs d'Helminthes (*Tænia* et *Ascaris*) sont les pathogènes les plus résistants dans les boues des stations d'épuration, avec *Salmonella* et les *Enteroviridae*. Ceci explique que l'AFSSA, l'EFSA et l'U.S Environnemental Protection Agency recommandent la recherche de ces trois groupes de

pathogènes pour évaluer la qualité des boues (Billaudel *et al.*, 2000) et que cela soit fixé dans la loi française (*cf.* l'arrêté du 3 juin 1998 modifiant l'arrêté du 8 janvier 1998 détaillé au paragraphe 3.2.1.1 de la 1ère partie).

- **Résistance individuelle**

Des facteurs génétiques individuels pourraient faire varier la résistance des œufs dans l'environnement (Ilsoe *et al.*, 1990a).

- **Résistance dans les boues d'épandage**

Les œufs sont résistants jusqu'à trois mois dans les boues issues de stations d'épuration (Timsit *et al.*, 2007).

- **Résistance dans le sol**

La résistance des œufs de *T. saginata* dans le milieu extérieur dépend de nombreux facteurs : température, hygrométrie, constitution du sol, pH...

Pour une température moyenne de 20 à 30°C, la survie est évaluée à plusieurs mois dans le sol et à moins de 60 jours avec une majorité à moins de 30 jours sur les plantes cultivées (OMS, 1991). La survie des œufs est favorisée par des températures faibles à modérées associées à une forte humidité (WHO, 1983).

En termes de périodes de l'année, une étude réalisée sur la résistance des œufs dans le sol au Danemark a montré que des œufs déposés en mai restaient infestants durant 6,5 mois mais seulement 5,5 mois si déposés en septembre. Cependant, cette étude n'a été réalisée que sur une seule année en un seul endroit (Ilsoe *et al.*, 1990).

- **Résistance au froid**

Les œufs peuvent résister 4 à 6 mois sur un sol humide à 10°C. Ils sont détruits par les températures négatives. Les œufs peuvent survivre jusqu'à un an entre 2 et 5°C en milieu humide (Timsit *et al.*, 2007).

- **Résistance à la dessiccation**

Les œufs sont détruits en trois semaines en milieu sec. Ainsi, il ne reste aucun œuf dans du foin sec au bout de 10 semaines. Dans les ensilages, 100% des œufs sont détruits en 12 semaines dans les couches moyennes (32°C environ). En revanche, dans les couches externes, 20% des œufs restent viables (Ravis, 1984).

- **Résistance dans les déjections**

Les œufs sont viables 70 jours dans le purin et plus de 60 jours dans le fumier à 20°C (Timsit *et al.*, 2007).

- **Résistance aux produits chimiques**

Les œufs sont résistants aux traitements chimiques usuels (Timsit *et al.*, 2007).

- **Résistance aux traitements physiques**

Le traitement à la chaux permet de détruire de 95 à 100% des œufs de *Tænia* présents dans les boues de station d'épuration. Les autres types de traitements seront détaillés dans la partie sur le traitement des boues dans les stations d'épuration (paragraphe 3.2.1.3 de la 1ère partie).

- **Infestivité des œufs et dose minimale infestante**

Le pouvoir infestant des œufs peut varier selon des facteurs génétiques individuels, ainsi que selon l'âge de l'œuf (Ilsoe *et al.*, 1990a).

Pour un œuf viable absorbé, il existe une certaine probabilité pour l'animal de s'infester. D'après Jepsen et Roth (1949), l'ingestion par un bovin n'ayant jamais été infesté de 30 à 100 œufs entraîne le développement de 3 à 8 cysticerques, et l'ingestion de 500 œufs permet la formation de 60 à 80 cysticerques.

1.1.3.4 Cysticerque

Les larves cysticerques se localisent dans le tissu adipeux inter-fasciculaire des muscles. Le cysticerque est composé d'une membrane externe et d'un tissu interne fibro-musculaire contenant des corpuscules calcaires (Figure 6). Il comporte un scolex invaginé avec 4 ventouses, sans crochet comme l'adulte.

Les métacestodes (*C. bovis*) de *T. saginata* se développent habituellement dans les muscles striés du bœuf. On parle alors de ladrerie bovine. L'activité musculaire conditionnant le degré de perfusion sanguine, les muscles les plus utilisés par l'animal sont les plus infestés car les plus irrigués : le cœur est donc particulièrement atteint, tout comme les muscles de la mastication (Figure 6). L'animal de travail ou de pâturage parcourant de longues distances peut également avoir ses masses musculaires en rapport avec l'exercice fortement contaminées. C'est le cas du bétail dans les pays en voie de développement, chez lequel par exemple le muscle triceps brachial est fréquemment touché (OIE, 2008).

Les cysticerques deviennent infestants pour l'Homme au bout de 6 à 10 semaines après ingestion et atteignent un développement total vers 16 semaines. Le même hôte peut héberger de nombreux cysticerques à plusieurs stades d'évolution (Timsit *et al.*, 2007). Ils commencent à dégénérer quelques mois après l'infestation et au bout de 9 mois, la grande majorité est calcifiée. Il semblerait que la dégénérescence soit plus rapide dans le cœur (Figure 8), pour lequel elle commence dès 4 semaines après l'infestation (Ogunremi et Benjamin, 2010).

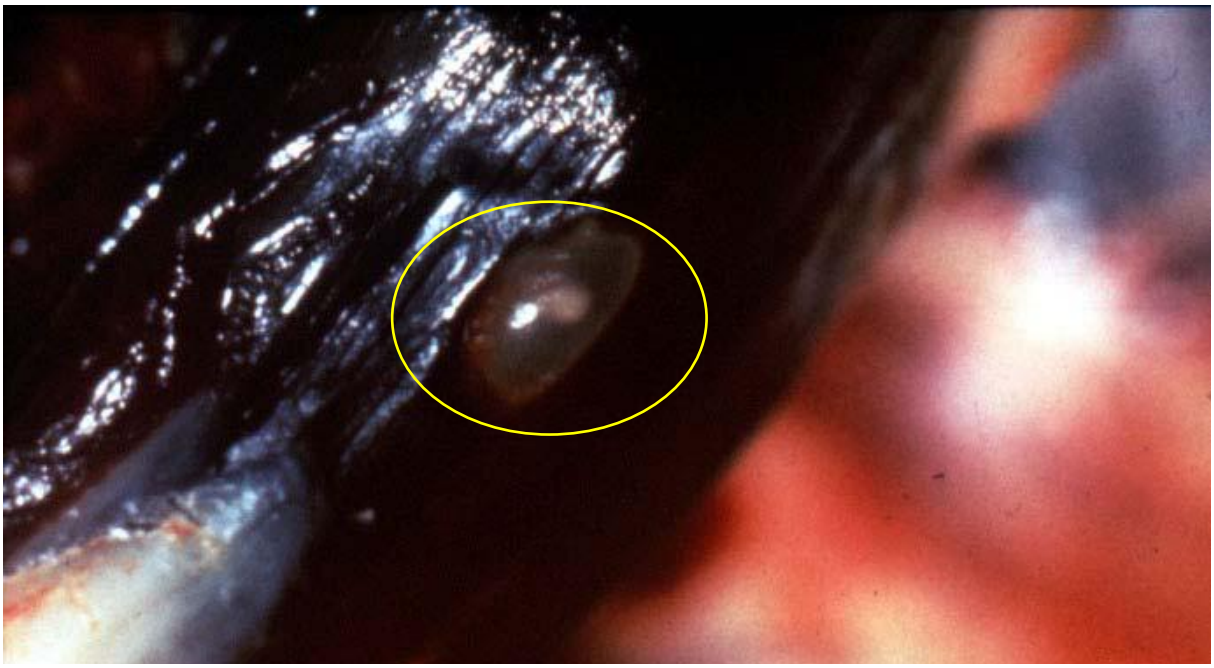


Figure 6 : Vésicule ladrique dans le muscle long du cou d'un bovin
(Source : VetAgroSup, Campus Vétérinaire de Lyon, QSA)

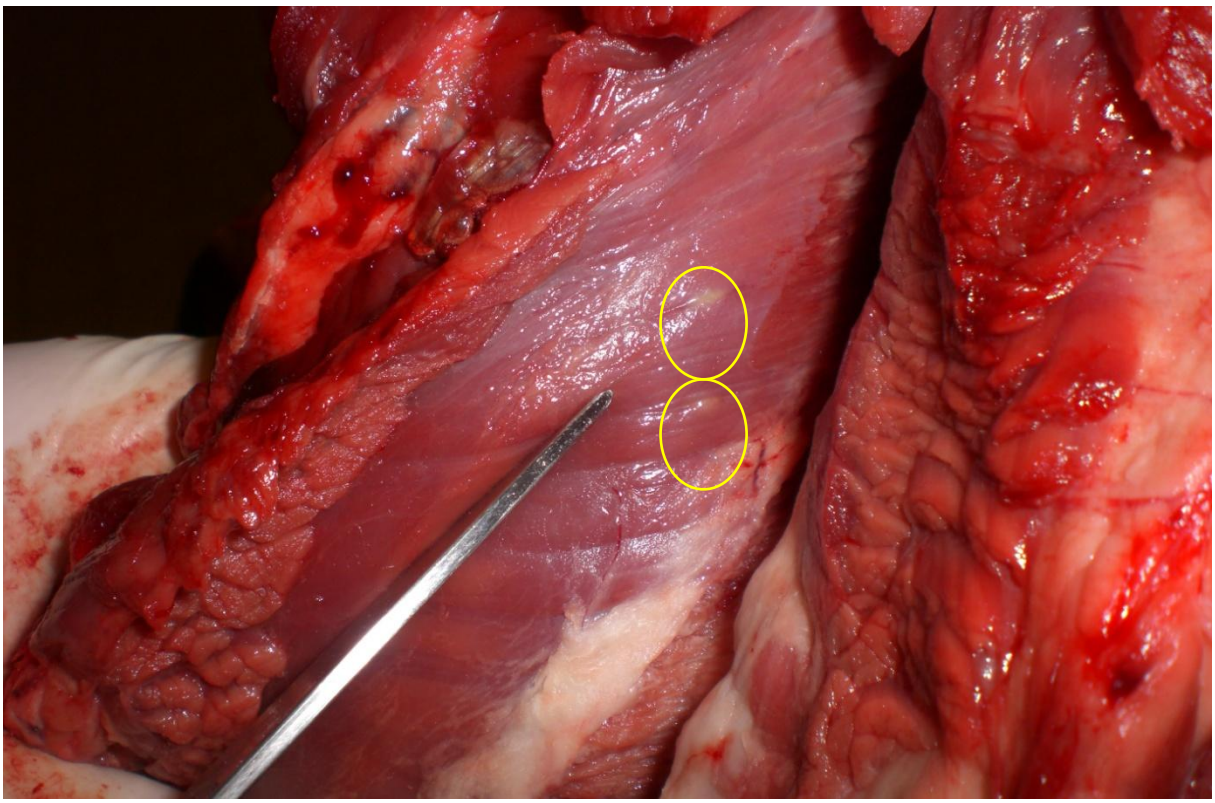


Figure 7 : Cysticerque calcifié dans la langue d'un bovin
(Source : Photo personnelle, Abattoir de Corbas, Rhône)

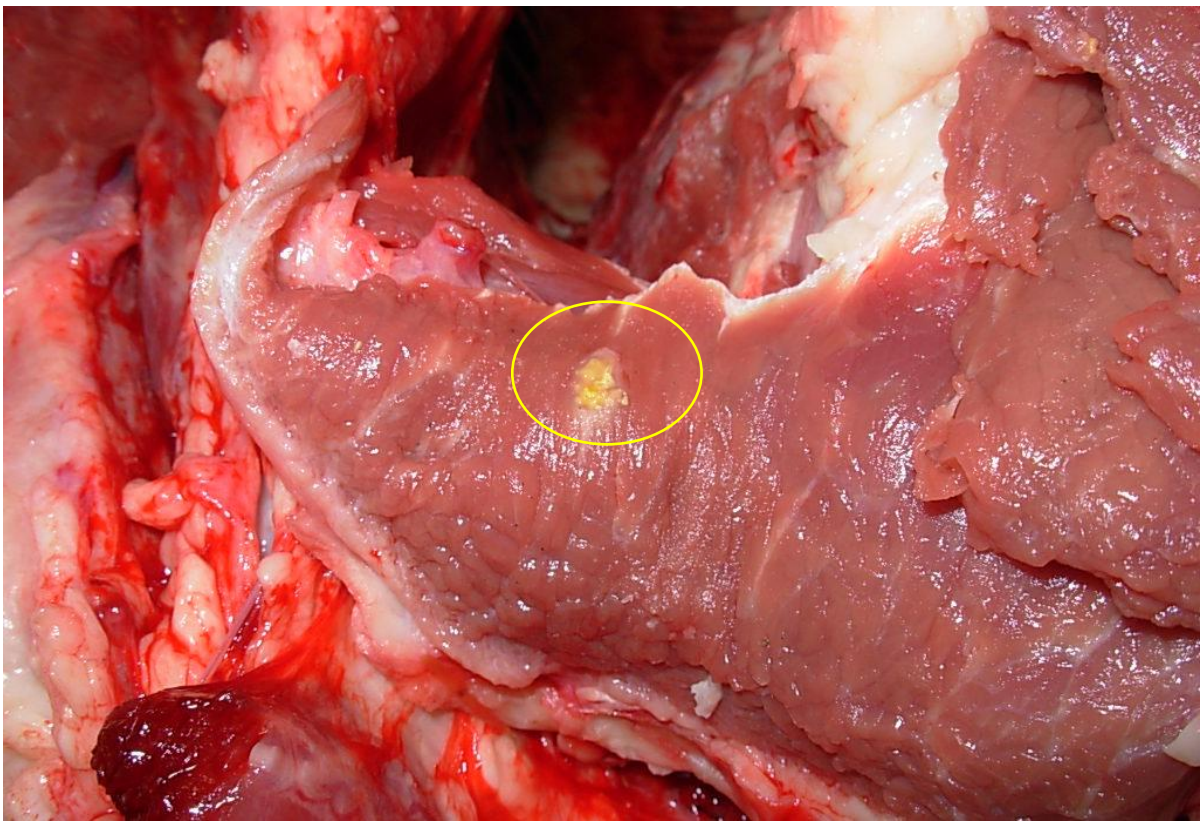


Figure 8 : Cysticerque calcifié dans le myocarde
(Source : Services d'inspection de l'abattoir de Cuiseaux, Saône-et-Loire)

Les résistances des cysticerques aux agents physico-chimiques seront développées dans la partie 2.4.

1.2 Téniasis humain

1.2.1 Classification réglementaire parmi les agents pathogènes

Les agents biologiques sont classés en fonction de leurs effets pathogènes sur des individus sains, sur l'existence de vaccins ou de traitements ainsi que sur leurs risques de propagation dans l'environnement. Quatre groupes de risques ont été définis par le décret n° 94-352 du 4 mai 1994 et la liste des agents biologiques pathogènes est régulièrement mise à jour par arrêté.

T. saginata appartient au groupe 2. Ce groupe contient les agents biologiques *« pouvant provoquer une maladie chez l'Homme et constituer un danger pour les travailleurs. Leur propagation dans la collectivité est peu probable. Il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace »* (Squinazi, 2008).

1.2.2 Manifestations cliniques

Le plus souvent, le téniasis à *T. saginata* est asymptomatique et n'est reconnu que par la découverte d'anneaux dans les sous-vêtements ou la literie. Si elles existent, les manifestations cliniques peuvent revêtir les aspects les plus divers, surtout chez les enfants (ANOFEL, 2007).

Les signes digestifs sont variés : boulimie ou anorexie, sialorrhée, éructations, nausées ou vomissements, troubles du transit avec alternance de diarrhée et de constipation. Il peut exister des douleurs d'intensité variable plus ou moins bien localisées, le plus souvent épigastriques ou pseudo-appendiculaires. Lors du passage d'un anneau de *T. saginata*, il peut se produire un prurit anal et/ou une sensation de plénitude rectale suivie d'une impression de reptation péri-anale.

Les signes extradigestifs sont polymorphes, souvent exagérés par un patient anxieux et rattachés sans preuve formelle à la présence d'un ténia. On peut noter :

- des signes nerveux : troubles du caractère, troubles du sommeil, troubles visuels (diplopie), troubles vertigineux, lipothymies, céphalées, crises convulsives ;
- des signes cardio-vasculaires : palpitations, réactions vasomotrices, extrasystoles, arythmies ;
- des signes respiratoires : dyspnée, manifestations asthmatiques ;
- des signes cutanés de nature allergique : prurit, urticaire, œdème de Quincke.

Certaines complications rares ont été observées, telles que l'appendicite aiguë ou chronique, l'occlusion intestinale, la perforation, les abcès hépatique, la pancréatite. Il existe aussi des localisations erratiques exceptionnelles comme dans les voies biliaires ou l'utérus (ANOFEL, 2007).

Remarque : Il existe un autre *Tænia* humain, contaminant l'Homme suite à l'ingestion de viande de porc. Il s'agit de *Tænia solium* dont la larve cysticerque peut causer chez l'Homme une neurocysticercose, forme neurologique pouvant être mortelle. Il n'est cependant plus présent en France au jour d'aujourd'hui (ANOFEL, 2007). Ce *Tænia* ne sera pas davantage développé dans cette thèse.

1.2.3 Diagnostic biologique

- **Signes d'appel**

Le diagnostic de *T. saginata* est souvent fait suite à la découverte par le patient d'anneaux (sous-vêtements, literie), l'émission ayant lieu en dehors des selles principalement. Mis à part cette éventualité, les maladies vermineuses du type téniasis n'ont pas de symptomatologie évocatrice. Devant des troubles digestifs ou nerveux en particulier, il convient d'y penser.

La numération formule est souvent normale, mais on peut noter une anémie normochrome normocytaire ou à l'inverse une polyglobulie. La formule sanguine peut révéler une hyperéosinophilie, mais elle est inconstante.

- **Diagnostic direct parasitologique**

C'est le temps fondamental du diagnostic qu'il ne faut pas hésiter à renouveler en cas de négativité. Il repose sur l'identification des anneaux (beaucoup plus rarement des scolex) et sur la recherche d'œufs ou d'embryophores dans les selles ou sur la marge anale.

Les anneaux recueillis sont aplatis, rectangulaires, blanchâtres, opaques, souvent déformés car desséchés. Dans les selles, ils restent mobiles. Les éléments à identifier doivent être récupérés et lavés en eau physiologique. L'examen direct à l'œil nu du proglottis par transparence entre 2 lames de verre suffit en général à l'identification.

Les œufs sont rarement vus à l'examen parasitologique des selles classique car ils ne sont pas émis dans le milieu intestinal. Ils seront plus fréquemment retrouvés sur la marge anale. Le test à la cellophane adhésive de Graham consiste à appliquer un morceau de ruban adhésif transparent à la marge de l'anus puis de le coller sur une lame de verre et d'observer le montage au microscope.

En pratique, les œufs et les embryophores de *T. saginata* sont très difficiles à différencier de ceux de *T. solium* (ANOFEL, 2007).

1.2.4 Epidémiologie

- **France**

Le téniasis n'est pas une maladie règlementée. Les seules données permettant d'estimer le nombre de cas en France sont des données indirectes sur les ventes de médicaments utilisés pour le traitement de cette affection (les différentes molécules utilisables en traitement sont présentées dans le paragraphe suivant).

L'Institut de Veille Sanitaire (InVS, 2003) a publié une étude visant à estimer la population traitée pour une infestation par *T. saginata* en France. L'estimation a été effectuée à partir de la consommation de niclosamide, médicament le plus usité pour le traitement de cette affection. Cependant, l'estimation se fait uniquement sur le nombre de cas mis sous traitement et la validité des données est limitée par les facteurs de sur et sous-estimations.

Le nombre de boîtes de niclosamide remboursées par le régime général des travailleurs salariés (CnamTS) était de 64 595 boîtes par an en moyenne entre 1999 et 2000 (Il a été pris en compte le nombre de boîtes remboursées par la CnamTS auquel a été appliqué un facteur multiplicatif afin de considérer la population Insee métropolitaine).

Ce chiffre moyen de 64 595 boîtes remboursées peut surestimer le nombre annuel d'infestations à *T. saginata* car l'efficacité du traitement est dépendante de la qualité de la prise et certains échecs surviennent, nécessitant alors un retraitement. De plus certains

traitements sont prescrits suite à une suspicion, sans que l'infestation ne soit confirmée. Le nombre annuel d'infestations peut également être sous-estimé car le prix de vente en pharmacie d'une boîte de niclosamide est bas (1,29 euros / boîte) si bien que certains patients ne sollicitent pas le remboursement.

Le laboratoire Aventis (le seul à distribuer le médicament en France) a déclaré quant à lui avoir vendu en moyenne 112 768 boîtes par an entre 1997 et 2000. Ce nombre de boîtes peut surestimer le nombre d'infestations à *T. saginata* pour les raisons citées précédemment et par un achat motivé par un usage vétérinaire (la spécialité vétérinaire contenant la même molécule étant d'un coût plus élevé).

Au final, le comité de pilotage a considéré que l'estimation la plus basse issue de la CnamTS était la plus plausible. L'estimation issue des chiffres de vente des laboratoires qui n'était biaisée que par des facteurs de surestimation a été jugée trop élevée.

Les auteurs estiment que le nombre de cas de téniasis traités estimés à partir des données de la CnamTS reste très élevé : 65 000 cas par an.

Le régime général couvre 82 % des Français, soit près de 50 millions de personnes. Par déduction, la prévalence des infestations à *T. saginata* serait de 0,0013%.

Remarque : Les auteurs n'ont pas pris en compte le traitement possible par le praziquantel, les erreurs de diagnostics par les médecins et un manque de volonté de consultation des malades atteints d'une affection considérée comme « honteuse » (Commission européenne, 2000).

Au final, l'évaluation de l'incidence du téniasis humain est très variable selon les auteurs : 0,0013% dans l'étude précédente, moins de 0,01% pour certains (AFSSA, 2008), ou de 0,01 à 0,3% pour d'autres (Cabaret *et al.*, 2002). Elle est cependant toujours inférieure à 0,3% et tous s'accordent pour affirmer que *T. saginata* est le *Tænia* le plus présent en France.

- **Europe**

Les prévalences en Europe sont très variables (Tableau 1). Des données différentes peuvent être obtenues au sein d'un même pays, pour des raisons réelles de variabilité de prévalence en fonction des régions, ou à cause de la difficulté d'obtention de chiffres fiables (comme nous l'avons expliqué pour la France ci-dessus).

Tableau 1 : Prévalence selon différents pays d'Europe
(Source : Cabaret *et al.*, 2002)

Pays	Prévalence en % (Année concernée)
Allemagne	0,33 à 0,62 (1993)
Belgique	0,26 à 0,46 (1992)
Danemark	0,02 (1990)
Italie	0,02 à 0,04 (1999)
Pologne	1,64 (1999)

- **Monde**

De très grandes variabilités sont observables au niveau mondial, à cause des différences de niveau de vie, de comportement alimentaire, de pratiques d'hygiène et de techniques d'inspection en abattoir (Tableau 2).
Ainsi, l'Afrique de l'Est et l'Afrique Centrale ont des prévalences importantes de téniasis humain pouvant être supérieures à 20% (Geerts, 1993).

Tableau 2 : Prévalence selon différents pays du monde
(Source : Cabaret *et al.*, 2002)

Continents et Pays	Prévalence en % (entre 1973 et 2002)
Europe	0,02 à 10
Amérique	< 0,01 à 10
Brésil, Canada, Chili, USA	< 0,01
Argentine	< 0,01 à 2
Honduras	2 à 10
Afrique	< 0,01 à 7
Cameroun	2 à 10
Egypte	2 à 10
Asie	0,02 à 36
Inde, Iran, Pakistan	0,01 à 2
Afghanistan, Azerbaïdjan, Inde, Malaisie	2 à 10

1.2.5 Traitement

Les traitements existants sont :

- **Niclosamide** (Trédémine®)

Il s'agit du traitement le plus utilisé. Il est prescrit à la dose de 2 g chez l'adulte, et à dose réduite de moitié ou du quart chez l'enfant. La posologie est de 2 comprimés à jeun puis de 2 comprimés 2 heures plus tard. Il faut ensuite rester a jeun pendant 3 heures.

- **Praziquantel** (Biltricide®)

Le praziquantel est en général prescrit en cas d'échec du traitement au niclosamide. La posologie habituelle est de 10 mg/kg en une seule prise (ANOFEL, 2007).

Dans les deux traitements, un contrôle parasitologique est nécessaire 3 mois après.

- **Nitazoxanide**

Cette molécule est encore au stade de la recherche et est efficace dans le cas de téniasis résistant au praziquantel et au niclosamide (Zargar *et al.*, 2008).

- **Autres**

D'anciens traitements existent, comme des ténifuges végétaux (écorce de grenade, extrait de fougère mâle, semence de courge) ou minéraux (solution hypertonique de sulfate de magnésium). Ces traitements sont pratiquement abandonnés. Les graines de courge sont parfois administrées chez la femme enceinte chez qui les traitements précédents sont proscrits.

Remarque : Ces vermifuges sont lytiques pour le parasite dans l'intestin, mais cela n'altère pas la viabilité des œufs. Ceux-ci sont éliminés dans les fèces et se retrouvent dans les stations d'épuration ou dans l'environnement et peuvent potentiellement contaminer des bovins (Cabaret *et al.*, 2002).

1.2.6 Prophylaxie chez l'Homme

La base de la prophylaxie individuelle est l'hygiène fécale et la modification de certaines habitudes alimentaires : éviter notamment de manger de la viande crue ou peu cuite (les

cysticerques sont détruits à 45°C). On peut également conseiller de conserver la viande à risque plusieurs semaines en congélateur domestique.

La prophylaxie collective est développée dans la suite de cette thèse. Il s'agit principalement de prophylaxie indirecte en agissant à l'abattoir afin d'éviter l'arrivée de viande contaminée sur le marché. Il s'agit également de limiter la contamination des bovins, via des mesures en élevage ainsi qu'en améliorant la gestion des eaux usées.

1.3 Cysticercose bovine

1.3.1 Epidémiologie

1.3.1.1 Contamination : origine et importance

La transmission au bétail peut suivre différentes voies, dont le point commun est une origine fécale humaine.

La très grande majorité des infestations se fait par voie indirecte, après contamination de l'eau ou de la nourriture. Dans ce cas, le degré d'infestation est en général modéré.

La transmission directe est très rare, le cas classique étant lors de la réalisation par un éleveur contaminé du réflexe de succion sur un veau, à qui il transmet le parasite via ses doigts. Le veau est alors contaminé massivement et est facilement détecté à l'abattoir (Dorny et Praet, 2007).

1.3.1.2 Facteurs de risque

Dans le monde, la fréquence de la cysticercose bovine est directement liée à celle du téniasis humain. L'âge est le facteur déterminant, les animaux de moins de deux ans étant les plus réceptifs. Les animaux plus âgés possèdent une immunité en cas de rencontre précédente avec le parasite. Dans le cas de bovins ayant été infestés avant l'âge de 4 mois, il se produit une « paralysie immunitaire ». Ils ont une plus grande sensibilité à la ré-infestation (Blazek *et al.*, 1982).

La prévalence augmente avec l'âge de l'animal. Ceci s'explique par le fait que l'infestation est accidentelle et que la probabilité d'exposition au cours de la vie augmente avec l'âge de l'animal.

Les influences du type de production, du sexe, de l'âge et de la région d'élevage seront évaluées dans la deuxième partie de la thèse.

1.3.1.3 Répartition géographique

- **France**

Actuellement, aucune information n'est disponible sur la répartition géographique de la cysticercose bovine en France. L'objet de la deuxième partie de ce travail de thèse est, entre autres, d'obtenir ces éléments via l'exploitation des données d'une enquête réalisée en abattoir en 2010 par les services d'inspection.

- **Europe**

L'évaluation de la prévalence est faite à partir des rapports d'inspection en abattoir. La prévalence de la cysticercose bovine oscille entre 0,007% et 6,8% en Europe (Cabaret *et al.*, 2002). Par exemple, en 2005, elle était de 0,28% en Belgique (Boone *et al.*, 2007). En termes d'évolution, il semblerait que la prévalence bovine tende à augmenter en Union Européenne (Geysen *et al.*, 2007).

Cependant, ces chiffres sont probablement sous-estimés, car la méthode utilisée en abattoir ne permet pas de détecter tous les animaux atteints.

1.3.2 Manifestations cliniques

Dans la très grande majorité des cas, l'affection est asymptomatique chez l'animal. On peut observer très rarement une faiblesse musculaire et/ou une fièvre (Commission européenne, 2000). Le diagnostic *ante mortem* par examen clinique est donc inefficace.

1.3.3 Diagnostic *post mortem*

1.3.3.1 Inspection *post mortem* à l'abattoir

Il s'agit de la méthode actuellement suivie par les services vétérinaires pour détecter les animaux atteints. Cette partie sera développée dans le paragraphe 2 de la 1ère partie.

1.3.3.2 Méthode ELISA à partir du sérum et du jus de viande

Une étude inédite réalisée à Hanovre en Allemagne a étudié l'efficacité de la détection d'anticorps de *C. bovis* dans le jus de viande d'animaux infestés naturellement. La méthode utilisant en combiné les peptides HP6-2 et Ts45S-10 a montré une sensibilité de 100% et une spécificité de 95%. Le jus de viande est obtenu en décongelant des échantillons de viande congelés (Abuseir *et al.*, 2007).

Cette méthode pourrait être développée afin d'être utilisée pour le diagnostic de cysticercose.

1.3.3.3 Analyse d'un kyste par PCR

Parce que la méthode PCR a été largement utilisée pour différencier les taeniidés adultes chez l'Homme, elle pourrait être appliquée pour l'identification confirmée de *C. bovis*. Toutefois, dans une étude récente, la PCR n'a identifié que 50 % des kystes dégénérés attribué à cette espèce (Cabaret *et al.*, 2002). Une deuxième étude a évalué l'intérêt d'un test PCR en abattoir sur l'efficacité du diagnostic *post mortem* (Geysen *et al.*, 2007). Elle a révélé l'existence de 3% de faux positifs sur la totalité des kystes diagnostiqués comme kystes dus à *C. bovis*. Les résultats étaient d'autant meilleurs que la lésion était récente, suite à la disparition de l'ADN après dégénérescence (97% de confirmation sur des kystes vivants pour 73% de confirmation sur des kystes dégénérés). Ce test n'est pas utilisable pour un diagnostic immédiat, sur le terrain, mais son développement pourrait permettre d'éviter des faux positifs.

1.3.3.4 Examen histologique

Quand des kystes très jeunes (sans scolex) ou dégénérés doivent être différenciés d'autres lésions, la compression du kyste, le calque du contenu caséeux et l'examen histologique de lames colorées à l'hématoxyline et l'éosine sont des méthodes envisageables (OIE, 2008). Cela est très rarement fait en pratique.

1.3.3.5 Examen microscopique

L'examen microscopique peut révéler des corpuscules calcaires (concrétions concentriques de minéraux d'environ 5 à 10 µm). Ceci indique une origine due à un cestode et permet de différencier un kyste parasitaire immature ou dégénéré d'un simple kyste (OIE, 2008).

1.3.3.6 La coloration immunohistochimique

La coloration immunohistochimique permet de différencier des kystes de *T. saginata* d'autres structures n'appartenant pas à des ténias (Geerts, 1990). Cette méthode est cependant peu utilisée en pratique.

1.3.3.7 Estimation des coûts des différents tests

Le tableau suivant (Tableau 3) donne un ordre d'idée des coûts des différents tests détaillés ci-dessus.

Tableau 3 : Estimation des coûts des différents tests envisageables
(Source : EFSA, 2010)

Méthode	Coût estimé par test
Inspection *post mortem*	5€
Examen microscopique	25€
Histopathologie	25€
Sérologie ELISA sur jus de viande	5€
Sérologie ELISA sur sérum	5€
Analyse PCR	25€

1.3.4 Diagnostic biologique *ante mortem*

1.3.4.1 Immunité humorale

Pour les bovins fortement atteints (10 000 œufs ingérés), l'immunité humorale se met en place dans le mois suivant l'infestation. En revanche, dans le cas de faibles infestations (1000 œufs ingérés) la période de mise en place de l'immunité est plus longue. Une moyenne de 84 jours est nécessaire pour atteindre un pic d'anticorps, l'immunité persistera durant 8 mois environ, même chez les animaux avec très peu de parasites (Ogunremi et Benjamin, 2010).

1.3.4.2 Intérêts du développement d'un test sérologique

Actuellement, la détection de la cysticercose bovine par étude sérique n'est pas réalisée en routine, mais seulement à des fins épidémiologiques. Les tests sont réalisés en *ante mortem*. Cependant, le développement d'un test économique, reproductible, sensible et spécifique réduirait le coût des manipulations et de dépréciation de la carcasse. Ce test fiable permettrait de connaitre les animaux à risque à l'abattoir et ainsi d'effectuer une inspection ciblée, notamment dans des cheptels ayant déjà eu un cas de cysticercose ou ayant eu un risque prouvé de contact avec des œufs de *Tænia*. Cela permettrait également de savoir quels animaux ne pas envoyer à l'abattoir.

1.3.4.3 Tests existants

- **Détection d'antigènes par méthode ELISA**

Deux immunoglobulines sont utilisables pour détecter les antigènes présents dans un sérum : les IgG et IgM. La méthode avec utilisation d'IgM (Brandt *et al.*, 1992) a été améliorée (Van Kerckhoven *et al.*, 1998) pour augmenter la sensibilité et la spécificité. Des anticorps monoclonaux IgG ont été fabriqués en réaction aux antigènes excrétoire-sécrétoire de *T. saginata*. Le sérum de bovin est traité par la chaleur (56°C durant 30 minutes ou 100°C durant 15 minutes) afin de diminuer le nombre de faux positifs.

Cette méthode a permis la détection de 3,09% animaux atteints parmi 1164 bovins, alors que l'inspection *post mortem* n'en a détecté que 0,26%. Cette méthode permet ainsi de détecter plus de 10 fois plus de cas que lors d'une inspection classique.

Pour les animaux porteurs de plus de 50 cysticerques, la sensibilité de cette méthode avec IgG est de 92% et sa spécificité de 98,7%. En comparaison, la méthode utilisant les IgM a une sensibilité de 56% et une spécificité de 93,4%.

Pour les animaux porteurs de moins de 50 cysticerques (c'est-à-dire soit à faible taux d'infestation, soit fortement infestés avec une grande quantité de kystes dégénérés), les deux méthodes ont une faible sensibilité (12,8%). Or, la majorité des infestations sont faibles en France. L'utilisation de ce type de test engendrerait des faux négatifs et les bovins atteints seraient peu repérés.

Cet outil est utile dans le cadre d'études épidémiologiques et pourrait servir à déterminer le statut épidémiologique du cheptel français. Il peut permettre de repérer certaines exploitations à risque et de suivre le statut sérologique des animaux. Un cas de cysticercose massive dans les Deux-Sèvres a ainsi été pris en charge (Timsit *et al.*, 2007).

- **Détection d'anticorps par méthode ELISA**
    - **Utilisation d'antigènes hétérologues** (Pinto *et al.*, 2006)

L'utilisation d'antigènes hétérologues de *Tænia crassiceps* et *Tænia solium* pour évaluer par ELISA le statut sérologique vis-à-vis de *C. bovis* a une faible sensibilité dans les conditions naturelles : l'utilisation en abattoir n'est donc pas intéressante. La sensibilité est haute (>90%) dans les conditions expérimentales. La méthode permet de détecter l'ensemble des *Taenia* en général, et bénéficie ainsi d'une haute spécificité (81% à 100%). Un bovin réagissant positivement au test a donc de grandes chances d'être réellement atteint de cysticercose.

Cette méthode ne permet pas la différenciation entre les infestations récentes et les infestations anciennes où les cysticerques sont dégénérés (Dorny *et al.*, 2000).

- **Utilisation d'antigènes homologues** (Ogunremi et Benjamin, 2010)

Une étude canadienne publiée en 2010 propose une méthode ELISA utilisant l'antigène ES (excrétoire-sécrétoire) de *T. saginata* pour identifier les animaux infestés, en détectant l'activité d'une immunoglobuline spécifique, IgG1, dans le sérum bovin traité par la chaleur.

Ce test possède une sensibilité de 92,9% et une spécificité de 90,6% et sa particularité est de pouvoir détecter les animaux faiblement infestés, par rapport aux autres tests ELISA existants. La reproductibilité du test est bonne selon les auteurs.

Comme une moyenne de 84 jours est nécessaire pour atteindre une immunité suffisante, les auteurs recommandent de tester plusieurs fois durant 3 mois les animaux à risque et ayant répondu négativement au test avant d'affirmer leur statut parasitaire. Il convient néanmoins de prendre en compte le rapport coût/bénéfice de ce type d'analyse.
Cette méthode ne permet pas non plus la différenciation entre les infestations récentes et les infestations anciennes où les cysticerques sont dégénérés.

→ En conclusion, les preuves sérologiques de cysticercose sur animal vivant ou mort n'ont pas atteint le stade où la commercialisation pour un diagnostic individuel ou à grande échelle de carcasses infestées à l'abattoir serait possible. Leur développement permettrait cependant une meilleure connaissance du cheptel français et une meilleure maîtrise de la maladie.

1.3.5 Moyens de lutte

Chez l'animal vivant, il est envisageable d'agir contre l'infestation parasitaire, notamment par utilisation d'albendazole ou de praziquantel. Ceci est explicité au 4.3.2 Prophylaxie par vermifugation systématique avant abattage.

Il est également possible de mettre en place une prophylaxie individuelle, soit par vermifugation systématique avant abattage (détaillé également au 4.3.2 Prophylaxie par vermifugation systématique avant abattage), soit par vaccination. Ce dernier point est détaillé au 4.3.1 Intérêt de la vaccination.

1.4 Conséquences économiques et sociétales

Si le téniasis n'a qu'un faible impact clinique chez l'Homme et que le principal préjudice est moral (maladie réputée « honteuse »), des coûts sont néanmoins engendrés pour la société. En moyenne deux visites chez le médecin, un test en laboratoire sont nécessaires, à ceci s'ajoutant le traitement associé. Ainsi, dans les années 1980 aux USA, on a estimé à 238 dollars en moyenne le coût par individu atteint (Roberts *et al.*, 1994).

L'impact clinique de la cysticercose est très faible chez l'animal et la productivité n'est pas affectée mais les moyens de lutte mis en place associés aux pertes économiques engendrée par les saisies, par la dévalorisation de la carcasse et par les moyens de décontamination engendrent des frais importants (Fan, 1997). La maîtrise de cette maladie joue également un rôle dans le « capital confiance » que le consommateur peut avoir dans la filière bovine.

Ainsi lutter contre la cysticercose bovine peut permettre, dans une certaine mesure, de soutenir la filière bovine.

2. Etude à l'abattoir : diagnostic de la cysticercose bovine et conséquences

2.1 Méthode de diagnostic actuelle : observation des cysticerques lors de l'Inspection *Post Mortem*

2.1.1 Aspect du cysticerque à l'inspection

Moins de deux semaines après infestation, les métacestodes sont visibles d'abord comme de très petits kystes d'environ 1 mm, et leur détection requiert de fines coupes de tissus au laboratoire. La plupart des jeunes kystes sont entourés par une couche ou capsule de cellules inflammatoires parmi lesquelles les cellules mononucléées et les éosinophiles prédominent (OIE, 2008).

Plus tard, les kystes peuvent dégénérer mais les capacités du parasite à échapper au système immunitaire font qu'au cours de l'infestation, quand les kystes mûrissent, peu de cellules inflammatoires sont présentes à proximité du kyste et le cysticerque en localisation intermusculaire est entouré d'une fine capsule fibreuse.

Théoriquement, les kystes peuvent être visualisés ou perçus au toucher dans des tissus comme la langue chez des animaux fortement infestés, dès la 2ème semaine après l'infestation. Les kystes sont vraiment visibles à partir de 6 semaines. Lorsqu'ils sont mûrs, ils sont habituellement ovales, mesurent environ 10 × 5 mm et se présentent avec une membrane blanche, fine, totalement transparente et une capsule provenant de l'hôte. Un liquide clair interne est observable ainsi que le protoscolex, qui est visible comme une tache blanche à l'intérieur du kyste et qui est habituellement invaginé au milieu du grand axe du kyste. Le liquide contenu dans la vésicule peut être d'un brun rougeâtre s'il contient de la myoglobine. A partir ce stade, les kystes sont infestants (OIE, 2008).

Le développement du kyste est total vers 16 semaines (Timsit *et al.*, 2007).

En règle générale, la mort du kyste survient dans les 9 mois qui suivent l'infestation mais ils peuvent rester viables pendant plusieurs années (OIE, 2008). Les kystes en dégénérescence varient dans leur aspect. La capsule fibreuse de l'hôte s'épaissit et devient opaque, puis le liquide devient progressivement trouble et est envahi de cellules inflammatoires. La cavité du kyste se remplit de matériel verdâtre (éosinophilique), puis jaune, caséeux, d'aspect repoussant, souvent de dimensions plus grandes et plus facile à voir dans la viande que le kyste originel viable (OIE, 2008). Plus tard, le kyste se calcifie. On peut observer une myocardite dégénérative dans les cas extrêmes (FAO, 1994). En général, les kystes meurent plus vite dans les sites d'élection comme le cœur et les organes fortement vascularisés. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que l'activité musculaire plus importante en ces sites puisse endommager le kyste, autorisant la libération du liquide et peut-être empêchant le parasite à échapper à la réponse immunitaire.

Remarque 1 : D'après l'OIE (2008), lors de l'inspection de la carcasse, entre 85% et 100% des kystes détectés sont morts.

Remarque 2 : Le rapport entre kystes vivants et dégénérés ne varie pas avec l'âge de l'œuf contaminant, c'est-à-dire avec la durée écoulée entre l'excrétion de l'œuf dans l'environnement et son ingestion par un bovin (Ilsoe *et al.*, 1990a).

2.1.2 Méthode d'inspection

2.1.2.1 Législation dans le cadre général

La législation détaille la méthode d'inspection réglementaire d'une carcasse bovine dans le règlement 854/2004/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 :

- **Bovins de moins de six semaines (Annexe 1 section IV chapitre I point A du Règlement CE)**

Les carcasses et les abats des bovins de moins de six semaines doivent être soumis aux procédures d'inspection *post mortem* suivantes :

1) examen visuel de la tête et de la gorge ; incision et examen des ganglions lymphatiques rétropharyngiens (Lnn. *retropharyngiales*) ; inspection de la bouche et de l'arrière-bouche ; palpation de la langue ; ablation des amygdales ;
2) examen visuel des poumons, de la trachée et de l'œsophage ; palpation des poumons ; incision et examen des poumons et des ganglions bronchiques et médiastinaux (Lnn. *bifurcationes, eparteriales* et *mediastinales*). La trachée et les principales ramifications bronchiques doivent être ouvertes longitudinalement et les poumons incisés en leur tiers terminal perpendiculairement à leur grand axe, étant entendu que ces incisions ne sont pas nécessaires si les poumons sont exclus de la consommation humaine ;
3) examen visuel du péricarde et du cœur, ce dernier faisant l'objet d'une incision longitudinale de façon à ouvrir les ventricules et la cloison interventriculaire ;
4) examen visuel du diaphragme ;
5) examen visuel du foie et des ganglions lymphatiques rétro-hépatiques et pancréatiques (Lnn. *portales*) ; palpation et, si nécessaire, incision du foie et de ses ganglions lymphatiques ;
6) examen visuel du tractus gastro-intestinal, du mésentère, des ganglions lymphatiques stomacaux et mésentériques (*Lnn. gastrici, mesenterici, craniales* et *caudales*) ; palpation et, si nécessaire, incision des ganglions lymphatiques stomacaux et mésentériques ;
7) examen visuel et, si nécessaire, palpation de la rate ;
8) examen visuel des reins ; incision, si nécessaire, des reins et de leurs ganglions lymphatiques (Lnn. *renales*) ;
9) examen visuel de la plèvre et du péritoine ;
10) examen visuel et palpation de la région ombilicale et des articulations. En cas de doute, la région ombilicale doit être incisée et les articulations ouvertes. Le liquide synovial doit être examiné.

- **Bovins de plus de six semaines (Annexe 1 section IV chapitre I point B du Règlement CE)**

Les carcasses et les abats des bovins de plus de six semaines doivent être soumis aux procédures d'inspection *post mortem* suivantes :

1) examen visuel de la tête et de la gorge ; incision et examen des ganglions lymphatiques sous-maxillaires, rétro-pharyngiens et parotidiens (Lnn. *retropharyngiales, mandibulares* et *parotidei*) ; examen des masséters externes, dans lesquels il convient de pratiquer deux incisions parallèles à la mandibule, ainsi que des masséters internes (muscles ptérygoïdes internes), à inciser suivant un plan. La langue, préalablement dégagée de façon à permettre un examen visuel détaillé de la bouche et de l'arrière-bouche, doit faire l'objet d'un examen visuel et d'une palpation. Les amygdales doivent être enlevées ;

2) inspection de la trachée et de l'œsophage ; examen visuel et palpation des poumons ; incision et examen des poumons et des ganglions bronchiques et médiastinaux (Lnn. *bifurcationes, eparteriales* et *mediastinales*). La trachée et les principales ramifications bronchiques doivent être ouvertes longitudinalement et les poumons incisés en leur tiers terminal perpendiculairement à leur grand axe, étant entendu que ces incisions ne sont pas nécessaires si les poumons sont exclus de la consommation humaine ;
3) examen visuel du péricarde et du cœur, ce dernier faisant l'objet d'une incision longitudinale de façon à ouvrir les ventricules et à traverser la cloison interventriculaire ;
4) examen visuel du diaphragme ;
5) examen visuel et palpation du foie et de ses ganglions lymphatiques rétrohépatiques et pancréatiques (Lnn. *portales*) ; incision de la surface gastrique du foie et à la base du lobe carré, pour examiner les canaux biliaires ;
6) examen visuel du tractus gastro-intestinal, du mésentère, des ganglions lymphatiques stomacaux et mésentériques (Lnn. *gastrici, mesenterici, craniales* et *caudales*) ; palpation et, si nécessaire, incision des ganglions lymphatiques stomacaux et mésentériques ;
7) examen visuel et, si nécessaire, palpation de la rate ;
8) examen visuel des reins et incision, si nécessaire, des reins et des ganglions lymphatiques rétrohépatiques (Lnn. *renales*) ;
9) examen visuel de la plèvre et du péritoine ;
10) examen visuel des organes génitaux (excepté le pénis, s'il a déjà été évacué) ;
11) examen visuel et, si nécessaire, palpation et incision de la mamelle et de ses ganglions lymphatiques (Lnn. *supramammarii*). Chez la vache, chaque moitié de la mamelle est ouverte par une longue et profonde incision jusqu'aux sinus lactifères (sinus lactifères) et les ganglions lymphatiques mammaires sont incisés, sauf si la mamelle est exclue de la consommation humaine.

2.1.2.2 Méthode détaillée dans le cadre de la cysticercose

Le règlement 854/2004/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 précise en son annexe 1 section IV chapitre IX point B2 les modalités particulières d'inspection concernant la cysticercose :

« Les procédures d'inspection post mortem décrites au chapitre I […] constituent les exigences minimales pour la recherche de la cysticercose chez les bovins de plus de six semaines […]. Des tests sérologiques spécifiques peuvent également être utilisés. En ce qui concerne les bovins de plus de six semaines, l'incision des masséters lors de l'inspection post mortem n'est pas obligatoire si un test sérologique spécifique est utilisé. Cette règle est également valable lorsque des bovins de plus de six semaines ont été élevés dans une exploitation déclarée officiellement indemne de cysticercose. »

En bilan, les différentes étapes règlementaires actuelles de l'inspection concernant la cysticercose sont les suivantes :

1) Inspection visuelle de la carcasse, des surfaces de section et des organes ;
2) Inspection visuelle et palpation de la langue (ou uniquement de la partie libre de la langue par dérogation dans le cas des veaux) ;
3) Examen visuel du péricarde et du cœur. Le cœur est incisé une fois dans sa longueur au niveau du ventricule gauche et du septum interventriculaire. Cela expose les surfaces internes et les surfaces de coupe, une éversion est possible pour mieux voir les structures. Les incisions vont de la base à l'apex ;
4) Inspection des masséters internes, externes et des ptérygoïdiens par une ou deux incisions. Les coupes sont parallèles à l'os et perpendiculaires au muscle ;

5) Examen du diaphragme après résection du péritoine, avec ou sans incision ;
6) Examen de l'œsophage.

Si un ou plusieurs kystes sont trouvés dans les territoires définis ci-dessus, il peut être utile de réaliser des incisions respectant les découpes bouchères. Des coupes dans les muscles des membres (muscle triceps du bras, muscle droit interne…) ne seront réalisées par la suite qu'en cas de suspicion fondée, cela dévalorisant la viande.

L'incision initiale dans tout tissu est la plus importante, mais des incisions supplémentaires peuvent être requises si des kystes sont observés à la faveur des incisions initiales.

2.1.3 Exemples de lésions

Les photos suivantes ont été prises en mai 2011 à l'abattoir de Corbas (69) sur une carcasse présentant une cysticercose généralisée. On y voit des cysticerques calcifiés sur les masséters (Figure 9), le cœur (Figure 10), la langue (Figure 11) et l'œsophage (Figure 12).

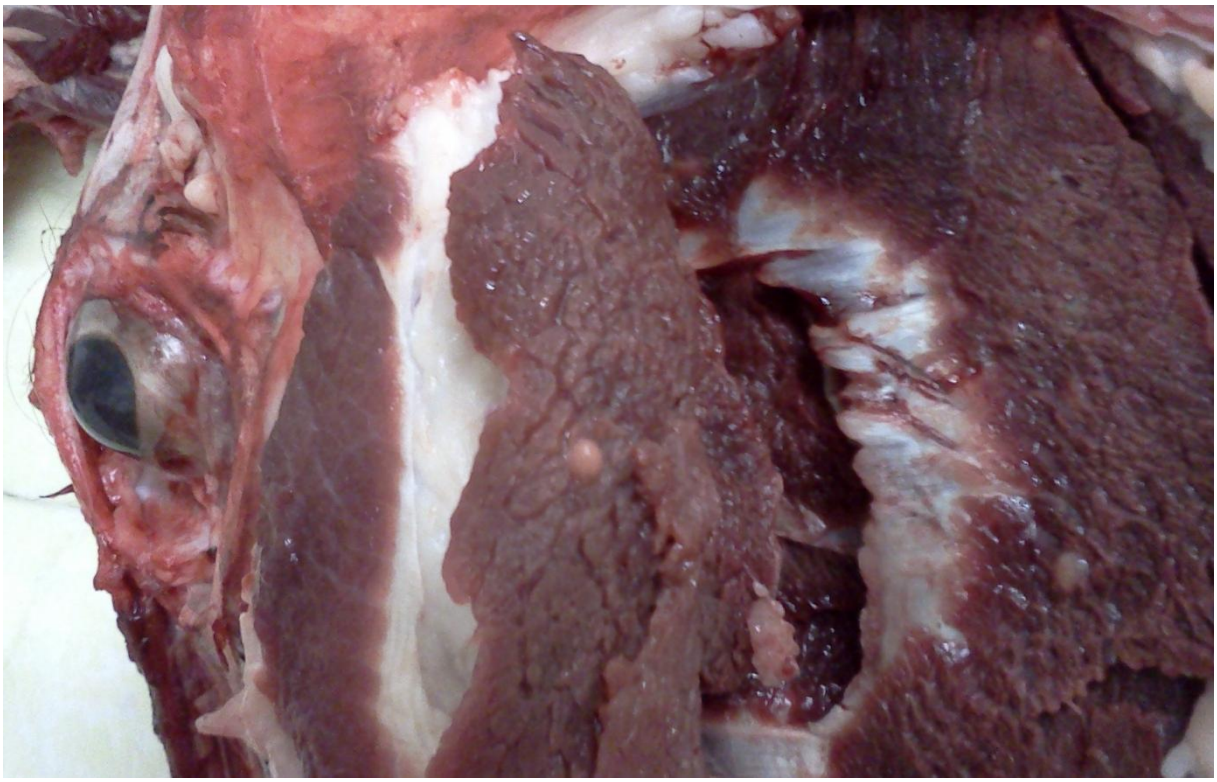


Figure 9 : Cysticercose généralisée – Lésion des masséters
(Source : Abattoir de Corbas par Maud Guillot)

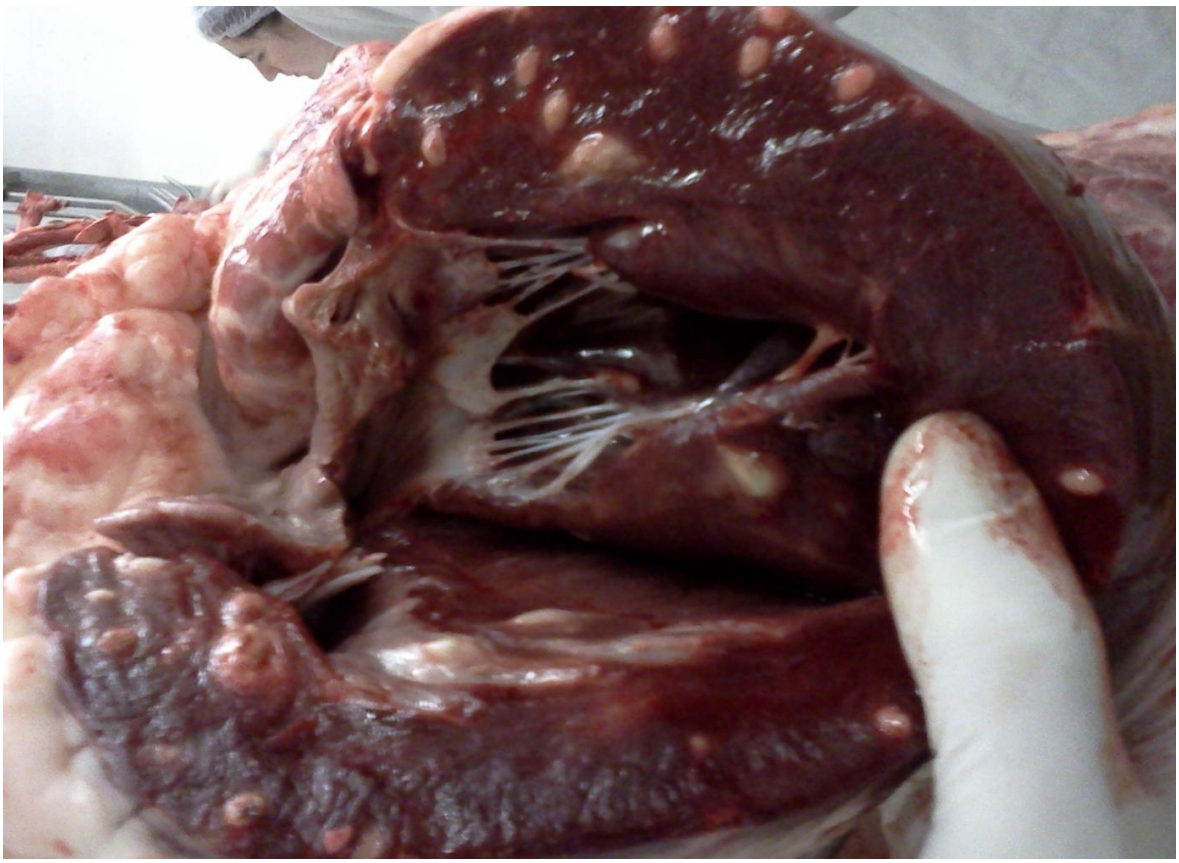


Figure 10 : Cysticercose généralisée – Lésion du cœur
(Source : Abattoir de Corbas par Maud Guillot)

Figure 11 : Cysticercose généralisée – Lésion de la langue
(Source : Abattoir de Corbas par Maud Guillot)

Figure 12 : Cysticercose généralisée – Lésion de l'œsophage
(Source : Abattoir de Corbas par Maud Guillot)

2.1.4 Confirmation de l'affection

D'après les recommandations de l'OIE, dans le cas où une carcasse infestée est découverte dans un lot, toutes les autres carcasses du même lot doivent être conservées jusqu'à confirmation par analyse de laboratoire. Si l'infestation à *C. bovis* est confirmée, des incisions complémentaires sont faites sur les carcasses afin de chercher des faux négatifs obtenus lors de la première inspection. Toute lésion suspecte est alors considérée comme due à *C. bovis* sans seconde confirmation de laboratoire (OIE, 2008).

Cependant, en pratique, cela est très rarement fait. Il n'y a alors pas de confirmation de l'infestation parasitaire.

2.1.5 Efficacité de la méthode

2.1.5.1 Faux négatifs

La sensibilité de la méthode classique d'inspection est mauvaise : il a ainsi été évalué à 17% la probabilité de découvrir lors d'une inspection classique un cysticerque sur une carcasse infestée (Kyvsgaard *et al.*, 1996). A contrario, la spécificité est moyenne à élevée (d'après le paragraphe 2.1.5.2 Faux positifs).

Les différents points détaillés ci-dessous peuvent expliquer les défauts de détection des kystes dans la viande.

2.1.5.1.1 Répartition des cysticerques dans les muscles

Concernant les animaux faiblement infestés, dans 49 à 51% des cas, les cysticerques ne se retrouvent pas dans les territoires d'élection mais dans d'autres tissus (McCool, 1979 ; Walther and Koske, 1980).

Différentes études ont été menées afin de déterminer les localisations préférentielles des cysticerques.

Une étude de Lopes *et al.* (2011) a visé à disséquer en 26 régions anatomiques 25 bovins infestés expérimentalement par 20 000 œufs chacun, les tissus considérés étant coupés en tranches de 5 mm d'épaisseur. Sur tous les cysticerques découverts, 75,02% se trouvaient dans les muscles et 24,98% dans les « entrailles » (ou 5ème quartier). Parmi les premiers, 12,55% se trouvaient dans la boule de macreuse (triceps), 11,02% dans le cœur, 8,51% dans les muscles masséters, 8,25% dans les muscles jumeaux (biceps), 7,26% dans l'aloyau (psoas) et l'entrecôte, 6,63% dans la tranche grasse (cruraux antérieurs). D'autre part, seulement 3,9% du nombre total de cysticerque a été détectés au niveau du cerveau, de la rate, du muscle de la queue, des reins, de l'œsophage et du diaphragme.

Une autre étude, réalisée par Scandrett *et al.* (2009), suit le même principe que la précédente, mais prend en compte différents degrés d'infestations. 42 bovins ont été divisés en 5 groupes, et chaque groupe a reçu 10, 100, 1000, 5000 ou 10 000 œufs de *T. saginata.* Il en sort que la localisation des kystes ne dépend pas de la charge parasitaire. Cette étude conclue sur le fait que les sites d'inspections actuels ne sont pas mieux ou pire que d'autres sites envisageables, mis à part l'œsophage qui a fait partie des sites les plus pauvres en kystes. Le cœur, en revanche, est un site préférentiel jusqu'à un an post contamination et a été, avec les masséters, le site le plus touché.

Enfin, la densité relative des cysticerques en fonction de l'organe est de 10,4 pour le cœur, 2,1 pour la langue, 1,9 pour les masséters et 1,4 pour le foie (Kyvsgaard *et al.*, 1996).

→ L'inspection approfondie du cœur est recommandée dans les études citées précédemment, et pourrait augmenter le taux de détection de cysticerques dans les abattoirs, quitte à passer moins de temps sur les autres sites. Cela serait également utile dans le cas de l'inspection d'un animal provenant d'un cheptel atteint.

2.1.5.1.2 Aspect des cysticerques à l'œil nu

Les cysticerques viables et infestants (aspect translucide rosâtre) sont beaucoup moins faciles à détecter dans la viande que les cysticerques dégénérés (lésions blanches et fibreuses) (Onyango-Abuje, 1996). Une deuxième étude confirme cette observation (Geysen *et al.*, 2007). Le stade de développement du cysticerque influe donc sur la réussite de la détection.

2.1.5.1.3 Diagnostic différentiel

Le diagnostic différentiel de la cysticercose comprend différentes affections (FAO, 1994 ; Le Quere, 1992) :

- Sarcosporidiose : on observe des lésions nodulaires fusiformes blanc laiteux mesurant 12 à 15 mm sur 4 à 5 mm. Un liquide blanchâtre visqueux s'écoule à la coupe. Des sporozoïtes sont observables à la coloration de May-Grünwald-Giemsa ;
- Neurofibromatose : Il s'agit de petites tumeurs développées au niveau de la gaine de Schwann des nerfs périphériques. Les lésions sont blanc mat et situées sur le trajet des nerfs intercostaux ;
- Echinococcose nodulaire : absence de protoscolex ;
- Kyste des glandes salivaires ;
- Abcès ;
- Granulomes formés par une injection ;
- Migration de certaines espèces de *Hypoderma sp*. au cœur.

2.1.5.1.4 Autres variables

La grande majorité des animaux atteints ne présente qu'un faible taux d'infestation, la chance de découvrir un cysticerque en est d'autant plus faible.

De plus, des facteurs humains tels que la formation ou la pression du travail influencent le succès d'une inspection.

2.1.5.2 Faux positifs

Certaines carcasses peuvent être faussement déclarées positives. Une erreur de diagnostic différentiel (*cf.* ci-dessus) peut en être la cause. Il semblerait de plus que les bovins puissent être infestés par des cestodes non identifiés qui engendrent des lésions similaires à celles d'une ladrerie bovine. En effet, des études menées en Allemagne, Suisse et Nouvelle-Zélande ont montré que près de 20 % de kystes viables attribués à *C. bovis* n'ont pu être identifiés par PCR (OIE, 2008). Abuseir *et al.* (2006), ont également montré par utilisation de la méthode PCR que seulement 52,8% des échantillons positifs à l'inspection étaient infestés par *C. bovis.* Ce résultat doit être modulé par le manque de sensibilité de la méthode PCR sur les kystes dégénérés.

Une dernière étude a révélé que sur 335 échantillons perçus par inspection *post mortem* comme des lésions de cysticercose sur des carcasses en abattoir, 3% étaient probablement dues à une autre cause (Geysen *et al.*, 2007).

Ces faux positifs engendrent des pertes économiques dues aux frais de saisie ou d'assainissement des carcasses.

2.1.5.3 Amélioration de la méthode légale d'inspection

D'après une étude menée en Suisse, (Eichenberger *et al.*, 2011) il semblerait que l'augmentation du nombre de coupes dans le cœur lors de l'inspection *post mortem* permette d'augmenter considérablement la sensibilité de la détection de cysticercose. En effet, quand la procédure classique permet de détecter une prévalence de 1,8%, la réalisation de 6 coupes supplémentaires dans le cœur permet de multiplier la prévalence par près de trois, soit 4,5%. Il s'agissait d'une coupe superficielle, une coupe moyenne et une coupe profonde en parallèle des faces auriculaires et atriales.

2.2 Décision face à une carcasse atteinte

La sanction est identique pour le veau et le bovin adulte. Le seul facteur pris en compte est le degré d'infestation de la carcasse.

2.2.1 Législation

Le règlement 854/2004/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 précise en son annexe 1 section IV chapitre IX point B2 la conduite à tenir à l'égard d'une carcasse atteinte de cysticercose : *« Les viandes présentant une infestation de cysticercose doivent être déclarées impropres à la consommation humaine. Toutefois, lorsque cette infestation n'est pas généralisée, les parties non infectées peuvent être déclarées propres à la consommation humaine après avoir été soumises à un traitement par le froid.»*

2.2.2 Carcasses fortement infestées : Cysticercose massive

La définition d'une forte infestation varie. Selon la législation française et d'après l'arrêté du 18 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en contenant, une contamination est massive lorsque plus d'une

larve par dm^2 est observable. Cela correspond à plusieurs cysticerques visibles dans les zones classiques d'inspection. Selon les recommandations de l'OIE, cela concerne la découverte de kystes en deux territoires d'élection comprenant les muscles masséters, la langue, l'œsophage, le cœur, le diaphragme ou la musculature superficielle, ou dans plus de deux sites sur les membres (OIE, 2008).

Dans ce cas, et d'après la législation citée ci-dessus, la carcasse est retirée de la consommation humaine dans sa totalité.

2.2.3 Carcasses faiblement infestées : Cysticercose discrète

Pour la législation et d'après l'arrêté du 18 décembre 2009, lorsque les lésions mises en évidence (cysticerque vivant ou en voie de dégénérescence, ou lésions calcifiées), en quelque lieu que ce soit, sont en quantité moindre (inférieure à une lésion par décimètre carré), les organes ou parties de carcasse porteurs des lésions sont saisis à l'abattoir s'il ne s'agissait que d'une découpe de gros, ou à l'atelier de découpe si la carcasse y a été dirigée pour une découpe plus fine sous contrôle des services vétérinaires. Le reste de la carcasse, y compris la tête, le cœur et l'œsophage, doit être assaini par le froid.

2.2.4 Enquête après détection

Suite à la découverte d'un cas de cysticercose sur un bovin à l'abattoir, une enquête épidémiologique doit être menée afin de déterminer l'origine de l'infestation. Les personnes en rapport avec l'exploitation d'origine sont testées afin de déterminer si elles sont porteuses de *T. saginata*, et sont traitées le cas échéant. Les selles sont détruites car les œufs sont toujours viables après traitement (SOULE, 1994).

Un bon exemple d'une enquête épidémiologique menée lors de cas groupés en élevage est donné dans la publication de McFadden *et al.* (2011). Cette publication détaille des cas apparus dans deux élevages en Nouvelle-Zélande et présente les différentes voies possibles de contamination. Elle présente ensuite l'épidémiologie de la maladie.

Au Canada, la maladie est à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur la santé des animaux et tous les cas doivent être déclarés à l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA, 2009). Ceci permet un bon suivi de la maladie sur le territoire.

2.2.5 Information sur la Chaîne Alimentaire

L'ICA, ou Information sur la Chaîne Alimentaire, est une obligation règlementaire depuis le 1er janvier 2006 pour l'élevage bovin. Elle a été progressivement mise en place depuis le Règlement CE 853/2004. Il s'agit pour l'éleveur de rapporter sur l'ASDA (Attestation Sanitaire à Délivrance Anticipée) certains éléments concernant la santé de ses animaux quittant l'exploitation, notamment vers l'abattoir : traitements vétérinaires, botulisme clinique, listériose clinique, salmonellose clinique et cysticercose.

Concernant la cysticercose, l'éleveur doit signaler la présence d'un cas dans son élevage jusqu'à 9 mois après sa découverte sur un bovin du même lot que l'animal envoyé à l'abattoir. L'obtention de 2 résultats négatifs consécutifs suite à l'abattage d'animaux issus du même lot permet l'arrêt du signalement des cas, même si les 9 mois ne sont pas écoulés.

2.3 Risque de cysticercose par importation de carcasses

Les pays membres de l'Union Européenne doivent se conformer au règlement n°854/2004 explicité ci-dessus. Dans le cadre d'importation de viande bovine provenant d'un pays tiers ou d'une région d'un pays tiers, un accord d'équivalence ou la réalisation d'un audit permet de reconnaitre que ce pays met en place des mesures offrant des garanties équivalentes à celles fournies par les mesures en vigueur dans la Communauté Européenne. Le pays tiers doit fournir des preuves objectives à cet égard.

Par conséquent, l'importation en France de viande bovine d'un pays appartenant à l'U.E ou hors U.E ne comporte en théorie pas plus de risque que lors de consommation de viande d'origine française.

2.4 Décontamination de la carcasse

2.4.1 Traitements notifiés par l'OIE

Les traitements efficaces sont :

- Congélation à au moins -10°C pendant 10 à 14 jours, ou au moins -7°C pendant 21 jours. En effet, les cysticerques résistent 40 jours dans les carcasses à 4°C et 4 heures à -10°C. Ceci concerne la carcasse soit entière, soit découpée en demi-carcasses ou en morceaux ;
- Congélation brutale qui nécessite une attention particulière ;
  Généralement, un morceau de 30 kg requiert 2 cycles de 24 h à -30,9 °C suivis d'une conservation à -23,3 °C pendant 72 h pour tuer les scolex ;
- Cuisson à au moins 56°C à cœur plus de 1 seconde ;
- Pression de 0,49 kg/cm^2 ;
- Marinade dans le sel pendant 21 jours entre 8 et 12°C.

La réfrigération ou le fumage n'ont aucune efficacité (OIE, 2008).

2.4.2 Ionisation

Une irradiation de 1 kGy permet de tuer les kystes présents dans la viande, et un traitement à 400 Gy inhibe leur développement (Commission européenne, 2000). Il semblerait selon certains auteurs qu'une irradiation de 300 à 600 Gy soit efficace (Geerts *et al.*, 1992).

Le Codex Alimentarius pour les denrées alimentaires irradiées conseille que la dose maximale absorbée pour une denrée alimentaire ne soit pas supérieure à 10 kGy (Codex Alimentarius, 2003). D'après l'OMS, la qualité des aliments est conservée jusqu'à une irradiation de 10 kGy, où quelques vitamines peuvent voir leur teneur diminuer. Cependant, cet effet ne serait pas différent de celui occasionné par d'autres types de traitement (chaleur, séchage…) (WHO, 1994 ; SCF, 2003).

2.4.3 Traitement actuel

2.4.3.1 Législation

- **Traitement par le froid et justification scientifique des normes**

En France, la législation qui s'applique lors d'une cysticercose modérée suit l'arrêté du 18 décembre 2009 : *« L'assainissement des carcasses, demi-carcasses ou morceaux découpés, désossés et conditionnés, y compris les têtes, les cœurs et les œsophages, s'effectue par maintien à une température inférieure ou égale à -10° C à cœur pendant un minimum de dix jours. Les autres parties de la carcasse destinées à la consommation humaine peuvent ne pas subir ce traitement assainissant et être laissées à la disposition du propriétaire. »* En cas de cysticercose généralisée, il n'y aura pas de traitement et la carcasse sera entièrement saisie.

En considérant une étude publiée sur les valeurs de congélation nécessaires à la destruction des cysticerques dans la viande (Hilwig *et al.*, 1978), les normes règlementaires actuelles permettent une marge de sécurité lors de leur application. D'après cette publication, les cysticerques sont détruits dès 15 jours à -5°C, 9 jours à -10°C et 6 jours à -15°C. Quant à L'OIE, elle préconise un stockage à une température inférieure à -10°C pendant plus de 14 jours avant l'accord pour consommation humaine (OIE, 2008).
Ces valeurs ont été confirmées par la réponse d'un groupe de scientifiques à la question de l'EFSA à ce sujet (EFSA, 2004a) : la congélation à une température inférieure ou égale à -10°C durant 10 jours au minimum permet de tuer tous les cysticerques de la carcasse et prévient la contamination humaine.

- **Traçabilité des carcasses atteintes de cysticercose**

La découpe de la carcasse est possible sous contrôle des services vétérinaires, l'arrêté cité ci-dessus prévoit la traçabilité des morceaux traités par le froid : *« Les carcasses ou morceaux de découpe de gros sont identifiés en abattoir par un dispositif particulier et sont revêtus de l'estampille en vigueur dans l'établissement. Ils sont accompagnés du laissez-passer conforme au modèle (établi par le vétérinaire officiel du lieu d'abattage) lors de leur transfert vers un atelier de découpe ou une unité de congélation. Si les carcasses ou morceaux de découpe de gros transitent par un atelier de découpe pour une inspection approfondie avant l'unité de congélation, le vétérinaire officiel doit s'assurer de la présence des services vétérinaires à l'arrivée dans l'atelier de découpe. Les morceaux de découpe devant être assainis par le froid sont alors dirigés vers l'unité de congélation accompagnés du même laissez-passer. L'unité de congélation dans laquelle est effectué l'assainissement doit enregistrer spécifiquement les raisons et la durée de la congélation de ces denrées. A la fin de la période d'assainissement, le vétérinaire officiel de l'entrepôt frigorifique renvoie le laissez-passer signé aux services vétérinaires du département où l'animal a été abattu ».*

2.4.3.2 Justification scientifique de l'intérêt de traiter une carcasse faiblement atteinte

On estime qu'environ 10% des carcasses faiblement infestées (pour lesquelles par exemple un seul kyste a été découvert à l'inspection) sont porteuses de kystes dégénérés et viables (OIE, 2008). Le traitement de la carcasse et des viscères consommables est donc justifié.

2.4.3.3 Conséquences économiques et pratiques

La décontamination de la carcasse par congélation engendre des pertes économiques. La carcasse est dévalorisée par une perte de poids (estimée de 2 à 5%) et par une baisse de quotation marchande de la viande congelée comparativement à de la viande fraiche. De

plus, la congélation en elle-même engendre des frais : transport au congélateur et coût de la congélation. Ces pertes sont évaluées à 30 à 45% de la valeur de la carcasse, valeurs utilisées par les compagnies d'assurance (Geerts, 1990). La dépréciation varie selon la destination de la carcasse, plus faible chez les animaux de réforme car destinés en majorité à la transformation, et plus élevée chez les jeunes animaux (AFSSA, 2008). La congélation peut également entraîner pour les abattoirs des problèmes d'ordre structurel (manque d'équipements nécessaires à sa mise en œuvre) et sanitaire (dépassement des capacités de stockage des carcasses).

C'est pour ces différentes raisons que, en attente d'une évaluation plus précise des mesures permettant le contrôle de la cysticercose à l'abattoir, il a été décidé d'appliquer de façon partielle les mesures prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009. La note de service DGAL/SDSSA/N2010-8032 du 2 février 2010 relative aux mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie (présentée en Annexe 1) demande ainsi :

- De renforcer la détection par une inspection conduite conformément à la technique d'inspection règlementaire complétée par une inspection approfondie dès que la présence d'un cysticerque a été décelée ;
- De ne soumettre à la congélation que les carcasses sur lesquelles a été observé au moins un cysticerque vivant (application partielle des mesures prévues par l'appendice 6 de l'annexe V de l'arrêté du 18 décembre 2009). Il est ainsi demandé au vétérinaire officiel de faire procéder à la congélation uniquement des carcasses présentant un ou plusieurs cysticerques vivants avec rédaction d'un laissez-passer ;
- Les autres mesures prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009 restent inchangées : saisie totale en cas de cysticercose généralisée notamment.

2.5 Possibilité d'une adaptation de l'inspection en fonction du contexte

2.5.1 Problématique

L'inspection *post mortem* engendrant des manipulations importantes de la carcasse (palpation, incisions…), les risques de contamination croisée sont non négligeables. En effet, la carcasse est un milieu sain, et le risque d'introduction de pathogènes est d'autant plus élevé que les manipulations humaines sont nombreuses. L'EFSA a ainsi envisagé, dans certains contextes bien particuliers détaillés ci-dessous, la possibilité de réaliser une inspection *post mortem* allégée, dans le cadre où le risque de contamination croisée serait supérieur au risque lié à la cysticercose. Ceci permettrait également une économie de moyens afin de rationnaliser l'utilisation des ressources humaines et matérielles. Cette meilleure utilisation des ressources se ferait au bénéfice de la maîtrise des risques en santé publique (EFSA, 2004c).

2.5.2 Elevages intégrés

L'EFSA a évalué la possibilité d'adapter l'inspection actuelle en filière bovine, dans le cadre des élevages intégrés (EFSA, 2004c). Cet avis prend en compte tous les dangers existants dans cette filière.

En ce qui concerne la cysticercose bovine, le rapport indique l'intérêt urgent du développement d'un test sérologique basé sur la détection d'antigènes circulants, qui pourrait permettre dans les systèmes intégrés un meilleur contrôle de la maladie ainsi que

l'allègement des méthodes actuelles d'inspection en abattoir (une inspection partielle serait envisageable si le risque encouru était prouvé comme moindre). Ceci devrait être couplé à d'autres mesures de contrôle, notamment éviter l'épandage d'effluents humains non traités. L'intérêt de la vaccination est également rappelé.

2.5.3 Zones à faible prévalence de cysticercose

Un avis scientifique de l'EFSA a évalué les modalités d'une éventuelle inspection allégée dans le cadre de zones à faible prévalence de cysticercose (EFSA, 2004b).

Le seul système de production où l'analyse de risque est actuellement réalisable est l'élevage de veaux de boucherie. Pour ce dernier, trois niveaux de risque seraient envisageables. Ces niveaux de risques sont déterminés en combinant la sévérité probable du phénomène avec la probabilité de réalisation de l'évènement. De nombreux paramètres sont pris en compte, tels que le type d'élevage (intérieur ou extérieur), l'épandage d'effluents sur les pâtures, l'âge des veaux, la surveillance des cas de téniasis dans la zone ou encore la proximité géographique de l'élevage avec des sites touristiques. Les trois niveaux de risque sont les suivants :

- **Elevages à faible risque de cysticercose**

Pour ces derniers, il serait plus intéressant de supprimer les incisions relatives à la recherche de cysticercose, à cause des risques comparativement plus importants de contamination bactérienne croisée par utilisation de lames de couteau contaminées.

- **Elevages à risque modéré**

Pour ce type d'élevage, l'inspection *post mortem* classique serait à conserver. En revanche, le développement d'une méthode alternative de diagnostic plus sensible (type test sérologique) réalisé sur un échantillon d'individu permettrait d'augmenter la sensibilité de détection.

- **Elevages à risque élevé**

De même, l'inspection *post mortem* serait à conserver, et à associer avec un test sérologique plus sensible réalisé sur tous les individus.

2.6 Bilan : Risques liés à la consommation de viande et adaptation de l'inspection

- La consommation de viande crue ou mal cuite contaminée permet l'infestation humaine par *T. saginata* ;
- La méthode d'inspection actuelle à l'abattoir est peu sensible. Il semblerait en effet que seules 17% des carcasses infestées soient détectées à l'abattoir. Par conséquent, des carcasses contaminantes peuvent ne pas être détectées et donc ne pas être retirées de la consommation humaine. La conjonction d'un test sérologique (dont la sensibilité n'est jamais de 100%) et d'une inspection ciblée à l'abattoir permettrait une meilleure détection de la cysticercose et donc de diminuer le risque zoonotique ;
- Les territoires d'élection de l'inspection règlementaire sur la carcasse ne sont pas fiables (Règlement 854/2004/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004). Cibler l'inspection sur la tête et le cœur en augmentant le nombre de coupes sur ce dernier permettrait d'augmenter la sensibilité ;

- La décision à prendre face à la découverte d'une carcasse atteinte est en discussion. En effet, la congélation entraîne des pertes économiques importantes par dévalorisation de la viande, mais la saisie partielle d'un territoire atteint laisse possible l'existence de cysticerques dans d'autres territoires. En effet, 10% des carcasses avec cysticerques calcifiés seraient porteuses de cysticerques vivants ;
- Une discussion est en cours sur l'adaptation de la méthode d'inspection en fonction du contexte de l'élevage : zones à faible prévalence ou élevage indemne. L'information sur la Chaîne Alimentaire permettra notamment de cibler les élevages à risque.

3. Etude de la production et de l'épandage des boues des stations d'épuration

3.1 Fonctionnement d'une station d'épuration et production de boues

Cette partie étudie le fonctionnement des stations d'épuration (Step) afin d'évaluer la réalité de leur impact potentiel sur la transmission de la cysticercose aux bovins. En effet, les Step étant très souvent mises en cause, il était intéressant d'étudier leur rôle réel d'un point de vue technique et règlementaire.

3.1.1 Fonctionnement général d'une station d'épuration

Une Step a pour mission l'obtention d'eau potable ou d'eau purifiée rejetable dans l'environnement, à partir d'effluents liquides (eaux usées principalement). Cette épuration implique la production de déchets, et notamment celle de boues d'épuration qui seront stabilisées par une chaîne de traitement.

Une Step est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte et en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. La succession des dispositifs est bien entendu calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter (ADEME, 2003b). Le schéma ci-dessous (Figure 13) présente l'organisation d'un des types de Step existant.

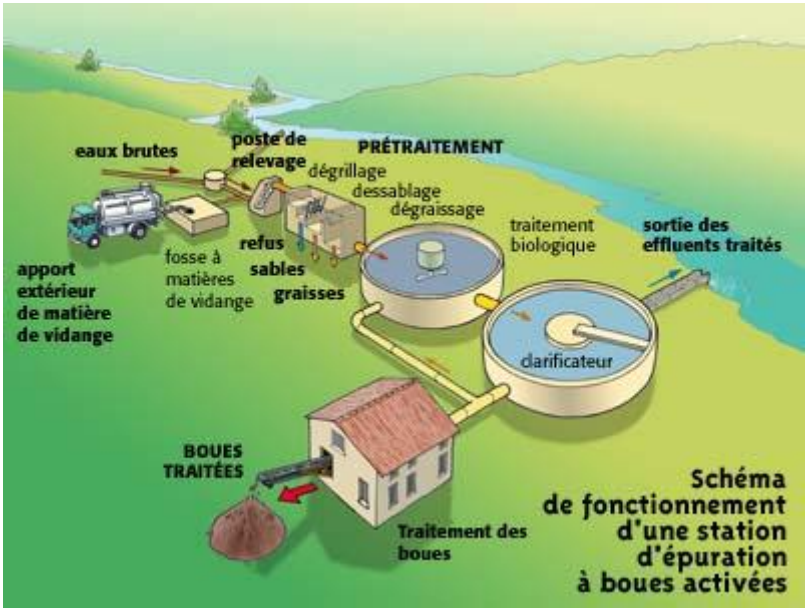


Figure 13 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées (Source : ADEME, 2003b)

Les prétraitements sont la première étape. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou particulaires les plus grossiers. Ainsi, le dégrillage supprime les gros déchets, puis le dessablage et le déshuilage-dégraissage permettent d'enlever les sables et les graisses.

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension qu'il faut éliminer. Les traitements primaires vont permettre la suppression des matières particulaires décantables. Il en existe deux types :

- **Les traitements physico-chimiques**

Ils permettent d'agglomérer les particules par adjonction de coagulants et floculants, avant de les décanter. Ces stations sont principalement répandues dans les zones touristiques où les variations de population sont très importantes. Il en existe environ une centaine en France.

- **Les traitements biologiques**

Ces traitements sont indispensables pour extraire des eaux usées les polluants dissous, essentiellement les matières organiques et utilisent l'action de micro-organismes capables d'absorber ces matières. Différents procédés sont possibles :

  - Le lagunage naturel, un procédé biologique extensif

Les lagunes sont constituées de plans d'eau peu profonds. Les premiers bassins traitent les eaux brutes en éliminant essentiellement les polluants carbonés. Les bassins suivants, dits d'affinage permettent l'élimination des contaminants biologiques par l'action du rayonnement solaire. Le lagunage est en fort développement en France dans les petites communes rurales, en raison de sa rusticité et de performances d'épuration honorables.

  - Les procédés biologiques à cultures libres : les "boues activées"

Dans ces procédés, les bactéries se développent dans des bassins alimentés d'une part en eaux usées à traiter et d'autre part en oxygène par des apports d'air. Les bactéries, en suspension dans l'eau des bassins, sont en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation.
Une petite partie des boues constituées surtout par la masse de bactéries est évacuée du circuit et dirigée vers les unités de traitement des boues : cette fraction des boues constitue les « boues en excès ». Les procédés "boues activées" sont les plus répandus en France.

  - Les procédés biologiques à cultures fixées : les biofiltres et les lits bactériens

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel se développent les bactéries qui constituent alors un biofilm sur ce support. Les lits bactériens utilisent des galets ou des supports alvéolaires alors que les biofiltres utilisent des matériaux de plus petite taille (graviers, sables…).

3.1.2 Conséquence de l'assainissement des eaux usées : la production de boues d'épuration

Le traitement des eaux usées en station d'épuration produit une eau épurée, rejetée dans le milieu naturel, et un concentrat désigné sous le terme de "boues" ou "boues résiduaires". Ces boues peuvent être utilisées lors d'épandage sur des terres agricoles. 4 grands types de boues sont concernés. Le classement se réfère à leur état physique ou à leur mode de stabilisation.

- Les boues liquides : cas des petites stations en zones rurales ou périurbaines (environ 15 % des tonnages de matière sèche (MS) de boues). Un exemple d'épandage est donné en Figure 14.

Figure 14 : Epandage de boues liquides
(Source : ADEME, 2003c)

- Les boues chaulées : cas des stations de moyenne ou de grande taille. Ce type de boue est fréquent en France (environ 30 % des boues sont chaulées).
- Les boues pâteuses : cas des stations de taille moyenne. Ce type de boue est difficile à manipuler et à stocker. On applique de plus en plus à ces boues un traitement complémentaire à la chaux ou par compostage.
- Les boues compostées : cas des stations de taille moyenne en général. Cette filière est encore peu développée en France car coûteuse (2 % des tonnages MS de boues) (ADEME, 2003c).

3.1.3 Traitements complémentaires des boues

Quel que soit le mode d'épuration des eaux usées, les boues sont initialement constituées d'eau (99 %), de matière organique fraîche, très fermentescible, et de matières minérales dissoutes ou insolubles. Selon l'utilisation qui doit en être faite, des traitements complémentaires leur sont appliqués.

3.1.3.1 La stabilisation des boues

Cette méthode permet de stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire ou même supprimer les mauvaises odeurs. Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique.

- La stabilisation biologique réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. Elle se fait soit par voie aérobie ou par voie anaérobie (boues dites « digérées »). La stabilisation biologique est le procédé le plus employé en France, la méthode par compostage en est un exemple.
- La stabilisation chimique bloque simplement l'activité biologique, et donc l'évolution de la boue, par adjonction d'une quantité importante de chaux. Cette technique connaît un développement soutenu en raison de son efficacité vis à vis de la maîtrise des nuisances olfactives et de l'intérêt pour le chaulage des sols acides (2 % du parc français).

- Le séchage thermique des boues revêt un effet temporaire de stabilisation, persistant aussi longtemps que les boues ne sont pas réhumectées.

3.1.3.2 Réduction de la teneur en eau des boues

Pour réduire les volumes à manipuler, différents procédés physiques sont mis en œuvre : on peut citer la déshydratation (par centrifugeuse par exemple) ou le séchage (par évaporation naturelle par exemple).

3.1.3.3 Traitements d'hygiénisation

L'arrêté du 3 juin 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles définit l'hygiénisation comme un « *traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans la boue* ».

Les traitements d'hygiénisation résultent souvent d'une conduite particulière des traitements de stabilisation : des boues correctement chaulées, séchées thermiquement ou encore compostées peuvent être considérées comme des boues hygiénisées. Des traitements comme la pasteurisation ou l'ionisation (non pratiqués en France) hygiénisent les boues sans les stabiliser.

Les conditions de traitement nécessaires à une bonne hygiénisation des boues sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Exemple de types et conditions de traitement des boues
(Source : ADEME, 2003c)

Type de traitement	Conditions de traitement hygiénisant
Digestion thermophile	10 jours à 55°C en anaérobiose
Stabilisation thermophile	10 jours à 55°C en aérobiose
Compostage	15 jours à 60°C ou 30 jours à 50°C
Chaulage fort	20 jours à pH 12
Pasteurisation	3h à 70°C

3.2 Devenir des boues et intérêt de l'épandage

La production moyenne de boues en France étant de 15 kg/an/habitant, soit plus de 900 000 tonnes par an de matière sèche, des débouchés sont indispensables : épandage, incinération et mise en décharge en sont les principaux. Comme les boues sont riches en bactéries mortes et en matière organique minéralisée (azote et phosphore principalement), elles bénéficient d'un bon pouvoir fertilisant, ce qui explique leur utilisation en agriculture. L'épandage est ainsi une bonne alternative écologique à l'utilisation d'engrais chimiques et est intéressant économiquement, par rapport à la mise en décharge ou à l'incinération : 60% des boues produites en France se retrouvent ainsi sur les terres agricoles (parcelles de maïs et pâturages en majorité). De plus, la distribution aux agriculteurs est en général gratuite (AFSSA, 2000 ; Cabaret et Moussavou-Boussougou, 2005).

3.2.1 Données sur l'épandage des boues en France

Les boues de Step sont à 52% des boues industrielles (issues de l'industrie) et à 48% des boues urbaines (issues principalement des habitations).

En 2004, 60% de ces boues ont été épandues sur les sols agricoles, dont 16% sous la forme de boues compostées. Les épandages se font sur 2 à 3% de la surface agricole utile française, à raison de 25 tonnes par hectare de matière brute. Un délai de 4 à 5 ans sépare

généralement deux épandages consécutifs de boues de Step sur une même parcelle. Les agriculteurs volontaires pour épandre les boues de Step sur leurs parcelles sont conseillés par leur Chambre d'Agriculture ou par des prestataires privés, sous le contrôle étatique (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2010).

La répartition des zones aptes à l'épandage n'est pas homogène en France. La Figure 15 et la Figure 16 ci-dessous présentent les territoires français exclus de l'épandage, et ceux particulièrement propices à cette activité. Un manque d'épaisseur du sol, une acidité trop élevée de ce dernier ou un manque de terrain rendent un sol non apte. Ainsi, les régions méditerranéennes, les Landes, la Sologne et les massifs anciens (Massif Central, Massif Armoricain, Vosges) sont non favorables à l'épandage. L'utilisation de boues chaulées permet d'épandre en sol acide en Aquitaine, Basse-Normandie, Pays-de-la-Loire et Rhône-Alpes. Un facteur limitatif de l'épandage de boue de Step est sa teneur en matière organique et la concurrence avec des épandages d'élevage : Auvergne, Bretagne, Franche-Comté et Limousin.

Ainsi, 22 % de la surface du territoire est exclue de l'épandage des boues. Les surfaces sont restreintes dans les zones les plus fortement urbanisées (Île-de-France, départements du nord, PACA, Languedoc-Roussillon) et dans les massifs montagneux (quart sud-est, Vosges, Pyrénées) (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer, 2010).

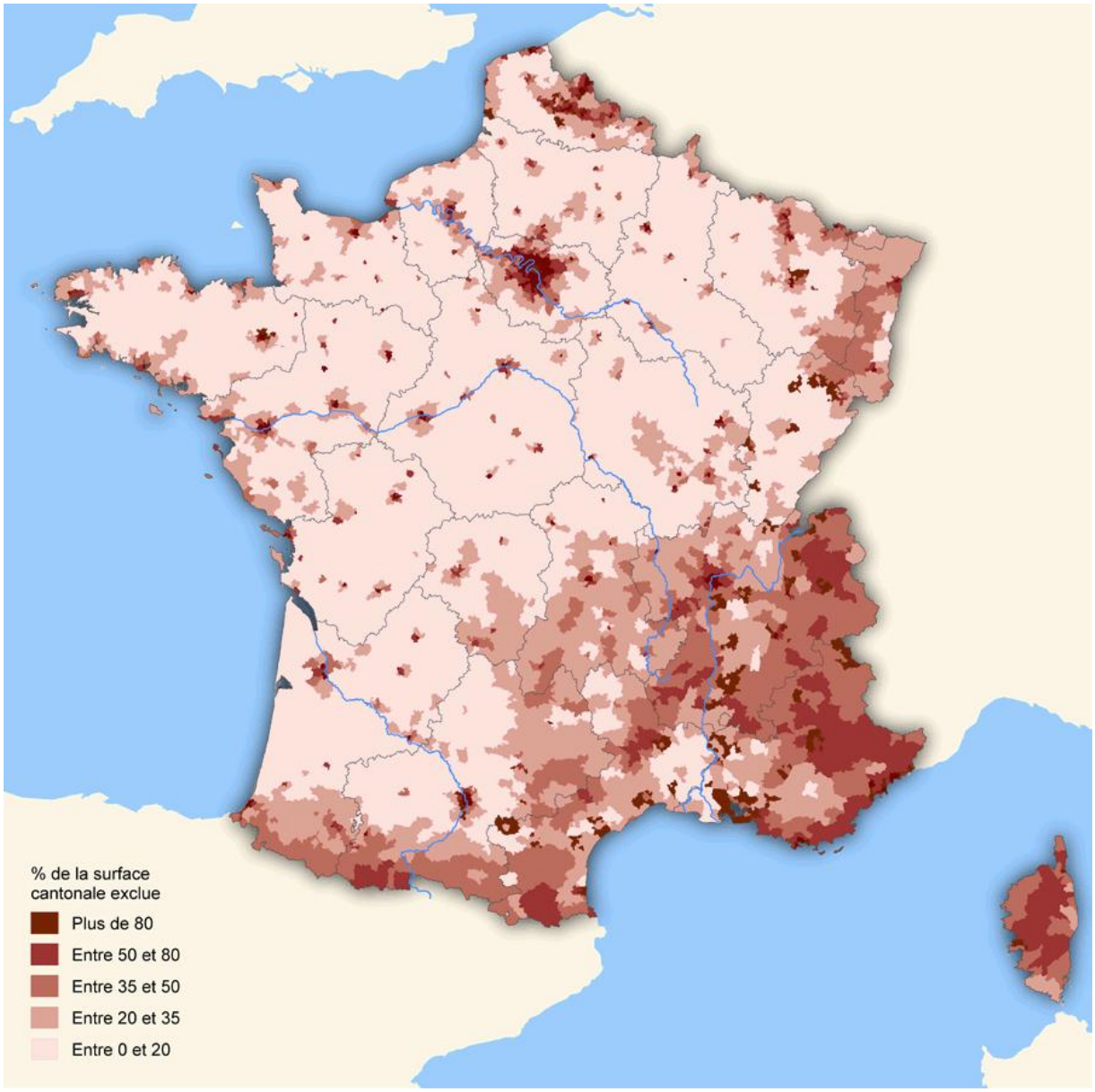


Figure 15 : Pourcentage de la surface cantonale exclue de l'épandage des boues de Step
(D'après le décret du 8 décembre 1997 et l'arrêté du 8 janvier 1998 modifié par l'arrêté du 3 juin 1998)
(Source : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement durable et de la Mer, 2010)

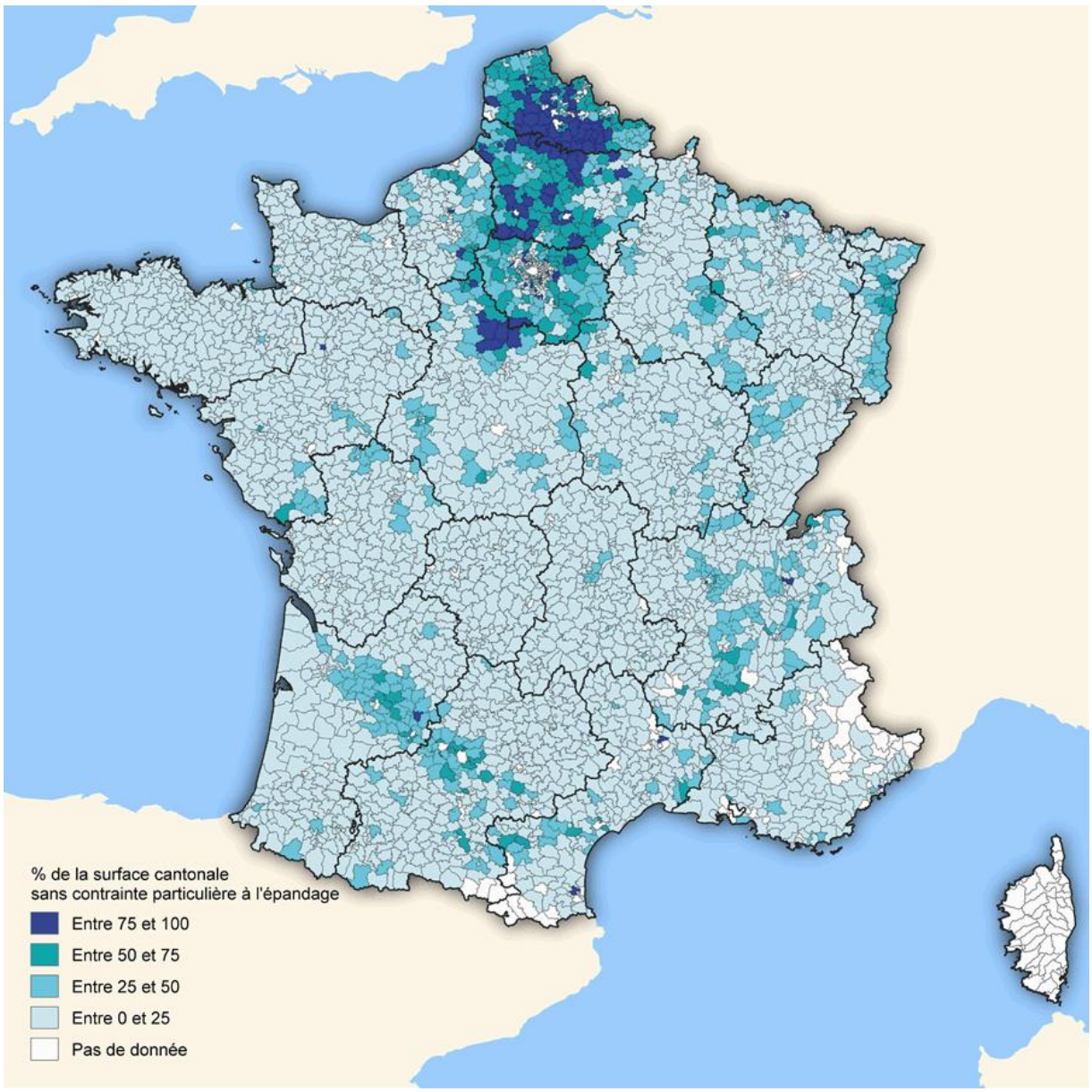


Figure 16 : Indice d'acceptabilité des sols à l'épandage des boues de station d'épuration : part des surfaces sans contrainte particulière à l'épandage
(Source : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement durable et de la Mer, 2010)

3.2.1 Risque lié à l'épandage des boues dans le cadre légal

3.2.1.1 Législation française sur l'épandage des boues

L'épandage est réglementé par l'arrêté du 3 juin 1998 modifiant l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées**.** Ce texte indique que les boues des stations d'épuration sont considérées comme des déchets mais également comme des matières fertilisantes.
De ce texte de loi ressortent certains points importants :

- Pour les zones d'herbages ou de cultures fourragères, un délai minimal de six semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères est obligatoire suite à l'épandage de boues non hygiénisées. Dans le cas de boues hygiénisées, ce délai est de trois semaines ;
- Les pratiques d'épandage doivent être organisées et planifiées ;
- Le stockage des boues est réglementé et le dispositif d'épandage doit être conçu suite à une étude préalable par analyse des boues et du sol. Un schéma d'organisation des épandages doit être soumis par l'organisme producteur de boues à l'administration préfectorale. Les stations sont soumises à déclaration ou autorisation suivant leur taille. Suite à cette phase de conception du dispositif d'épandage a lieu une phase d'exploitation. Un plan d'épandage doit être défini avant et un registre d'épandage consigne les opérations faites sur le terrain. Il contient les apports effectués parcelle par parcelle, les analyses des boues et des sols, les dates d'épandage et les quantités apportées. Un bilan annuel est effectué en fin de période d'épandage par le producteur de boues ;
- L'épandage des boues ne peut être pratiqué que si celles-ci présentent un intérêt pour les sols ou pour la nutrition des cultures et des plantations. Il est interdit de pratiquer des épandages à titre de simple décharge ;
- En ce qui concerne les recommandations sanitaires, l'article 16 de l'arrêté du 3 juin 1998 fixe des normes en sortie de la filière de traitement, présentées dans le Tableau 5 ci-dessous :

Tableau 5 : Concentrations en pathogènes garantissant le critère hygiènisant d'une filière de traitement
(Source : Arrêté du 3 juin 1998 modifiant l'arrêté du 8 janvier 1998)

Pathogène recherché	Salmonelles	Entérovirus	Œufs d'helminthes pathogènes viables
Normes acceptables	< 8 NPP/10 g MS	< 3 NPPUC/10 g MS	< 3/10 g MS

NPP : Nombre le Plus Probable
NPPUC : Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathiques
MS : Matière Sèche

- Une boue est considérée comme hygiénisée quand, à la suite d'un traitement, elle satisfait aux exigences définies dans le tableau ci-dessus. L'hygiénisation des boues ne s'impose que dans certains contextes d'utilisation agronomique : la plupart des boues épandues en France ne sont pas hygiénisées, la maîtrise du risque sanitaire reposant de façon satisfaisante sur l'application de règles de bonnes pratiques.

L'épandage des boues est donc fortement réglementé et contrôlé.

Notons qu'une décision de la Commission du 5 avril 2000 (applicable au 1er août 2000), et modifiant la décision 91/516/CEE du 9 septembre 1991, fixe la liste des ingrédients dont l'utilisation est interdite dans les aliments composés pour animaux. Elle notifie que sont « *désormais interdits dans les aliments composés pour animaux tous les déchets obtenus au cours des différentes étapes du procédé de traitement des eaux usées urbaines, domestiques et industrielles, quel que soit le procédé de traitement auquel ils ont pu être soumis ultérieurement et quelle que soit l'origine des eaux usées* » (AFSSA, 2000).
Ce facteur de risque de transmission directe au bovin peut ainsi être éliminé, les aliments pour animaux de rente ne contenant pas de déchets issus des eaux usées.

3.2.1.2 Mise en évidence de la présence d'œufs dans les boues

- **Méthode de numération**

La méthode conseillée par la législation (arrêté du 3 juin 1998) pour la numération d'œufs de *Tænia* dans les boues est la méthode dite EPA modifiée (Environmental Protection Agency). Selon cette méthode, il faut suivre les étapes successives : filtration de la boue, flottation au $ZnSO_4$ puis extraction par incubation et quantification. D'après Cabaret *et al.* (2003), cette méthode est peu efficace.

La spécificité des différentes méthodes de numération existantes n'est pas optimale car il est très difficile de différencier les œufs de différentes espèces de *Tænia*. Cependant, les œufs de *Tænia* des carnivores se retrouvent peu dans les stations d'épuration, et la prévalence de *T. solium* en France est très faible. La grande majorité des œufs de *Tænia* observable est donc due à *T. saginata*. En revanche, dans les DOM-ROM, *T. solium* est encore présent. Il serait intéressant de développer une technique de différenciation plus spécifique.

- **Quantité d'œufs présents dans les boues avant traitement**

Avant traitement des boues, l'ADEME estime comme suit la quantité d'œufs d'helminthes dans les différents types de boues (ADEME, 2003a) :

- Boues primaires → 10^3-10^4/kg ;
- Boues digérées → 10^2-10^3/kg ;
- Boues semi-déshydratées → 10^1-10^3/kg.

- **Quantité d'œufs présents dans les boues après traitement**

Une étude menée par l'INRA (Cabaret *et al.*, 2002) a déterminé la quantité moyenne d'œufs de *Tænia* contenue dans des boues digérées prélevées en France. Sur les 6 sites étudiés, répartis entre la Normandie et la Région parisienne, 2,5 œufs par gramme de boue à 25% de matière sèche ont été trouvés. Les auteurs ont corrélé cette valeur à une infestation moyenne de la population de 1%.

Cependant, cela correspondrait à 6,25 œufs pour 10 grammes de matière sèche, c'est-à-dire deux fois plus que la valeur maximale définie par la loi. En effet, la loi exige que la quantité œufs d'helminthes pathogènes viables n'excède pas 3 œufs pour 10 grammes de matière sèche de boue après traitement (*cf.* l'arrêté du 3 juin 1998 détaillé ci-dessus). Les auteurs ne commentent pas cette valeur.

3.2.1.3 Efficacité du traitement des boues : viabilité des œufs.

- **Méthode d'évaluation de la viabilité des œufs**

L'évaluation de la viabilité des œufs peut être faite par coloration grâce à une méthode permettant une bonne corrélation entre pouvoir infestant et viabilité des œufs (Cabaret *et al.*, 2003). En présence de MTT (méthylthiazol-tétrazolium), l'embryon hexacanthe vivant réalise une réaction d'oxydoréduction grâce à une enzyme, la malate déshydrogénase, et transforme le réactif en formazon bleu insoluble. Les œufs vivants se colorent en bleu-gris alors que les œufs morts restent marrons (Cabaret *et al.*, 2001).

- **Efficacité du traitement des boues en général**

Le tableau suivant résume plusieurs méthodes classiques de traitement des boues selon leur efficacité de traitement. Leur efficacité varie de 83,4% à 100%.

Tableau 6 : Quelques méthodes de traitement des boues et efficacité sur *Tænia saginata* (Source : Cabaret *et al.*, 2002)

Méthodes de traitement	**Efficacité (en % d'œuf de *T. saginata* détruits)**
Digestion anaérobie	100
Traitement par la chaux	De 95 à 100
Lagunage durant 24 jours	100
Digestion anaérobie à 35°C durant 15 jours	100
Digestion aérobie à température extérieure durant 16 jours	83,4
Digestion aérobie à 50°C durant 6 jours	99,9
Pasteurisation à 60°C durant 3 heures	99,1

- **Efficacité du traitement des boues en France**

Les mêmes auteurs ont évalué la viabilité des œufs présents dans les boues après traitement en station d'épuration (Madeline *et al.*, 2001). L'étude, menée en Basse Normandie, a révélé que les œufs présents dans des boues hygiénisées à la chaux ont une viabilité comprise entre 0 et 25% alors que les œufs présents dans des boues seulement stabilisées par anaérobie (non hygiénisées) ont des viabilités estimées de 14 à 49%. D'autre part, l'autoclavage permet de réduire à zéro la viabilité des œufs (Cabaret *et al.*, 2002).

En France, les boues sont principalement chaulées et séchées thermiquement. D'après le tableau précédent et les études sur la viabilité des œufs après traitement, il semble que ces procédés d'hygiénisation soient efficaces. Il est donc peu probable que des œufs ayant suivi le processus règlementaire de sanitation puisse être contaminants pour les bovins s'ils se retrouvaient dans une pâture.

3.2.1.4 Conséquence : Evaluation du risque d'épandage de boues sur les pâtures

La probabilité de contamination des bovins au pâturage dépend de différents facteurs :

- La charge initiale en œufs viables dans les stations d'épuration ;
- Leur résistance intrinsèque ;
- Le facteur de dilution ;
- La résistance des œufs au traitement en station et leur survie dans les boues ;
- Les conditions d'utilisation des eaux traitées ;

- La résistance des œufs sur la pâture ;
- Le non respect du délai minimal de 3 à 6 semaines, variable selon le type de traitement des boues, avant la remise en pâture des animaux (OIE, 2008).

Le procédé d'épandage des boues de station d'épuration ainsi que le délai entre l'application sur la pâture et le retour des animaux affectent la probabilité de transmission. La procédure standard ne devrait pas être à risque car très réglementée. Cependant, l'infestation du bétail semble corrélée avec l'épandage de boues. Une étude réalisée en Belgique (Boone *et al.*, 2007) a montré que l'inondation des pâtures, l'accès libre du bétail aux eaux de surface et la proximité d'effluents d'eaux usées étaient de hauts facteurs de risque à la présence de cysticercose dans un cheptel.

Une expérience (Cabaret *et al.*, 2003) menée au champ par l'INRA a permis de comparer deux lots de 5 bovins normands mis respectivement sur une parcelle épandue avec du lisier de bovin, et sur une parcelle épandue avec des boues de Step. Le délai réglementaire de 6 semaines a été respecté et l'épandage a été réalisé en juillet. Un suivi sérologique avec seuil de détection à 60 cysticerques a donné des résultats négatifs pour tous les animaux tout au long de la saison de pâture qui s'est terminée en novembre. L'examen *post mortem* a révélé la présence de 0 à 3 nodules calcifiés, donc sans danger, sur la langue des bovins ayant pâturé sur les parcelles épandues avec les boues de stations d'épuration et aucune lésion sur les autres bovins. De plus, le gain zootechnique apporté par la fertilisation des pâtures par des boues d'épandage a été notable sur le gain de poids des bovins concernés, vis-à-vis du lot témoin. L'utilisation de ce type d'engrais est donc particulièrement efficace et son emploi est justifié.

Le risque de contamination due à l'épandage de boues traitées semble donc négligeable en France, ceci dans le cadre légal.

3.2.1.5 Risque de téniasis pour un humain vis-à-vis d'une consommation de bovin dont la pâture a été épandue avec des boues

Une étude menée par l'INRA (Cabaret et Moussavou-Boussougou, 2005) a visé à calculer la probabilité qu'un Homme soit infesté par *T. saginata* en consommant de la viande de bovin ayant pâturé sur une parcelle fertilisée par des boues respectant la législation.

La population française est d'environ 60 millions d'habitants, la prévalence de téniasis est de 0,1% en France, et l'excrétion journalière pour un Homme infesté atteint 750 000 œufs. Il y a donc $2{,}25.10^{11}$ œufs qui sont produits chaque année en France. Ces œufs se retrouvent dans les stations d'épuration puis dans les boues.

Il y a 900 000 tonnes de matière sèche de boues produites par an. La viabilité des œufs de *T. saginata* dans les boues est en moyenne de 25%. Les auteurs ont considéré un épandage de 5 tonnes de matière sèche de boues d'épuration sur une parcelle de 1 ha, soit une contamination de la parcelle avec 1 250 000 œufs viables.

En tenant compte du taux de survie des œufs à durée courte (10%), du lessivage de la parcelle (si un délai d'attente de 6 semaines est observé), la probabilité qu'un œuf viable aboutisse à un cysticerque est p= 0,0000024. Ainsi, d'après les auteurs, les œufs ont un pouvoir infestant probable de 0,0048.

La probabilité estimée qu'un œuf viable puisse rencontrer un bovin et le parasiter (formation de cysticerque viable) est très faible (p= 0,00000012).

Enfin, le cheptel bovin français est évalué à 20 millions de têtes. La surface agricole utile bénéficiant d'épandages de boues d'épuration est de 5 % environ, soit 1 million de bovins pâturant sur des parcelles épandues.

Par conséquent, la probabilité qu'un Homme s'infeste en mangeant du bœuf provenant d'un pâturage fertilisé par des boues serait p= 0,001125.
Ainsi, les boues d'épuration ne représentent pas une source importante de contamination des bovins par *C. bovis.* Elles n'assurent qu'un maintien très limité de l'infestation de l'Homme dans les conditions de la législation française, qui permet le contrôle de ce facteur de risque.

3.3 Bilan : situations à risque liées aux effluents

3.3.1 Consommation d'eau de boisson contaminée

Au Danemark (Cabaret *et al.*, 2003), il a été établi que le principal facteur de risque de contamination des bovins était la consommation d'eau de boisson contaminée. L'épandage étant une cause très secondaire de transmission de parasites aux bovins. Les ruisseaux peuvent ainsi être souillés par des rejets accidentels, notamment en cas de forte pluie occasionnant un dépassement des capacités des petites stations d'épuration.

D'autres études confirment le fait que le libre accès aux eaux de surface est un facteur de risque important de contamination des bovins (Boone *et al.*, 2007), voire le principal (Allepuz *et al.*, 2009).

3.3.2 Contamination des aliments

Depuis les années 1980, deux cas de contamination des bovins ont été décrits en France suite à un épandage de boues non traitées, immédiatement suivi du nourrissage des animaux. Les aliments ayant été contaminés par des résidus d'épandage, véhiculés par l'exploitant. L'un a eu lieu dans l'Orne en 1987 et l'autre dans la Manche en 1991. Des mesures de précaution et d'hygiène doivent donc être prises par les exploitants agricoles (Billaudel *et al.*, 2000).

3.3.3 Contrôle initial des boues

La réglementation française impose une quantité maximale d'œufs présente dans les boues, le contrôle devant être fait systématiquement. Cependant, comme expliqué dans le 3.2.1.1 de la 1ère partie, la méthode réglementaire de numération des œufs de *Tænia* dans les boues n'est pas la plus sensible. De plus, selon les techniques, 1,5 à 10g de boues sont examinées alors que jusqu'à 40 tonnes sont épandues par hectare. Des erreurs par défaut peuvent donc être faites (Cabaret *et al.*, 2003).

De plus, la législation n'impose aucun contrôle de viabilité des œufs dans les boues, or c'est, avec la numération, un point important dans le contrôle du risque de contamination des pâtures.

Enfin, les laboratoires sont peu habitués à la recherche des œufs de *Tænia*. L'INRA recommande la mise en place d'une formation avec agrément afin d'avoir des diagnostics fiables (Cabaret *et al.*, 2003).

3.3.4 Erreur d'épandage de la station

Un épandage accidentel de boues non hygiénisées ou non destinées à la fertilisation d'une pâture peut être dramatique en termes de contamination des bovins. Une étude menée par l'INRA a montré le danger des boues non hygiénisées (Cabaret *et al.*, 2003). Il a été administré 250 mL de boue liquide non hygiénisée à des bovins sevrés, ceci durant 10 jours. Dès le 35ème jour, une réponse immune a été observée et l'examen *post mortem* à l'abattoir a révélé la présence de 1 à 6 cysticerques sur les cœurs. Un épandage accidentel serait donc à risque.

3.3.5 Non respect du délai d'attente

Le respect du délai d'attente de 3 semaines pour les boues hygiénisées et de 6 semaines pour les boues non hygiénisées avant la remise d'animaux sur les pâturages est sous la seule responsabilité de l'éleveur.

De plus, la résistance des œufs dans le milieu extérieur pouvant aller jusqu'à 6 mois (Ilsoe *et al.,* 1990), la durée d'attente de 6 semaines avant remise en pâture n'est peut-être pas assez longue dans le cas de boues non hygiénisées où des œufs avec une viabilité de 14 à 49% peuvent persister (Cabaret *et al.*, 2003).

3.3.6 Dissémination des œufs par vecteur

D'après l'OIE, les œufs peuvent aussi être disséminés par des moyens physiques ou par des animaux comme les mouches ou les oiseaux (OIE, 2008). Cependant, l'action de vecteurs diluerait fortement la contamination probable d'un pâturage, et la cysticercose bovine potentiellement engendrée serait de faible degré (Ilsoe *et al.*, 1990b).

L'utilisation de matériel d'épandage ayant mal été nettoyé suite à un épandage d'effluent à risque peut amener sur une pâture ou une culture un reste de boue contenant des œufs (Ilsoe *et al.*, 1990b).

3.3.7 Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation

L'utilisation d'eaux usées traitées est encore marginale en France mais tend à se développer. Elle consiste à réutiliser les eaux traitées par les stations d'épuration, en évitant leur rejet dans le milieu naturel. Elle permet de faire face à certaines pénuries locales (zones touristiques par exemple), protéger les ressources naturelles (limiter la ponction des nappes phréatiques ou des cours d'eau) et le milieu marin en limitant les rejets d'effluents. Ces eaux peuvent être réutilisées dans plusieurs domaines, notamment pour l'irrigation de zones forestières ou de terres agricoles (cultures, pâturages).

Seules les eaux usées traitées de qualité maximale sont autorisées à être déversées sur les pâturages (absence totale d'œuf de *Tænia spp* par litre d'eau). Aucun délai n'est exigé pour la remise au pâturage des animaux, mais la haute qualité de l'eau rend le risque de l'utilisation des eaux usées traitées sur les pâturages négligeable à nul.

3.3.8 L'usage de fosses septiques

En France en 2002, 30% de la population rurale n'était pas raccordée au tout-à-l'égout et utilisait de ce fait une fosse septique (Cabaret, 2002). Le schéma présenté ci-dessous (Figure 17) présente son fonctionnement. Ce système produit des boues, stockées au fond de la

fosse par sédimentation et évacuées par aspiration quand cela est nécessaire, ainsi que des gaz et des effluents. Le problème est que l'eau usée produite ne subit qu'un prétraitement qui n'élimine que peu, voire pas du tout les organismes pathogènes. Les rejets posent donc des problèmes sanitaires, les effluents produits étant directement émis dans le sol. Des œufs de *T. saginata* émis par une personne contaminée peuvent donc se retrouver dans le sol. La résistance des œufs y étant longue, un risque de résurgence à moyen ou long terme est possible. Cette pratique est donc à risque.

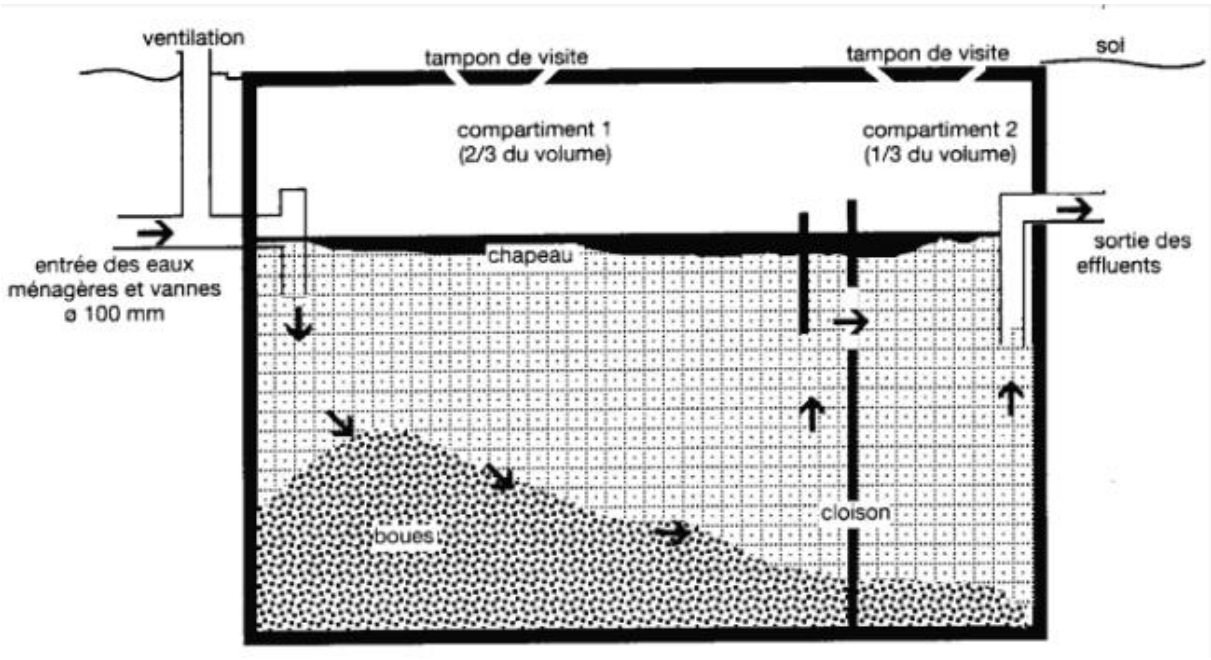


Figure 17 : Schéma de fonctionnement d'une fosse septique
(Source : Office International de l'Eau, 2011)

3.3.9 Consommation de fourrage issu de parcelles ayant reçu un épandage

On peut se demander si la consommation par les bovins de fourrage issu de terres ayant été contaminées par des boues mal traitées comporte un risque. Dans la mesure où les œufs peuvent résister plusieurs mois dans le sol, on pourrait penser que oui. Cependant, la survie est évaluée en majorité à moins de 30 jours sur les plantes cultivées (Collectif, 1991), et la législation impose le respect du même délai avant la récolte du fourrage de trois semaines après épandage de boues hygiénisées et de 6 semaines pour des boues non hygiénisées. La croissance du fourrage nécessitant une période plus longue, on peut considérer comme négligeable ce mode de contamination, les œufs n'étant alors plus viables.

3.3.10 Contamination d'une pâture secondaire à de fortes pluies

Aux Etats-Unis dans l'Ohio, une épidémie de cysticercose bovine a été découverte lors de l'inspection *post mortem*, ceci sur 37 animaux d'un cheptel, parmi 230 envoyés à l'abattoir. Après enquête épidémiologique, la contamination provenait d'une pâture ayant reçu des écoulements d'eau de pluie ayant drainée une parcelle voisine, parcelle qui avait été épandue avec des eaux d'égout non traitées de la municipalité (Cabaret *et al.*, 2002).

La proximité d'une parcelle épandue avec des eaux d'égout ou des boues contaminées constitue donc un facteur de risque.

3.3.11 Pression démographique

D'après une étude menée en Belgique (Boone *et al.*, 2007), la pression démographique est un facteur de risque : une forte densité de population humaine à un endroit donné risque de faire augmenter la prévalence de la cysticercose bovine en ce même lieu.

4. Etude au sein de l'élevage

4.1 Enquête épidémiologique et facteurs de risque

Une étude épidémiologique menée au Danemark en 1990 a évalué les situations les plus à risque au sein des élevages bovins (Ilsoe *et al.*, 1990b). Il a été demandé aux vétérinaires inspecteurs de tous les abattoirs danois de reporter les cas de cysticercose massive. Après chaque cas reporté, une étude sur site a été effectuée : des entretiens avec l'éleveur, le vétérinaire de l'exploitation et toutes les autres personnes en relation avec l'élevage ont été menés (taille de l'élevage, nourriture, situations à risque, épandages…), des analyses des pâtures et des fourrages ont été effectuées. Des informations sur les modes de traitement des effluents ont permis de construire une carte des pratiques de collecte, de traitement et d'évacuation des eaux usées. Les médecins locaux ont également été contactés.

Il est ressorti que la majorité des 38 exploitations touchées étaient situées à proximité de zones de tourisme ou de villégiature. L'épandage illégal de fosse septique sur les pâtures ou cultures est impliqué dans la plupart des cas. En effet, l'affluence de touristes engendre une surproduction d'effluents, que les fosses de camping, souvent trop petites, ne peuvent contenir. Or, cette période coïncide avec celle de pâturage, et le délai légal entre épandage et mise en pâture n'est pas respecté. La proximité géographique des stations d'épuration est un facteur de risque.

Les animaux gardés en permanence dans les bâtiments ont été infestés soit par des fourrages contaminés soit par la présence d'œuf de *Tænia* dans leur environnement (défécation du personnel d'élevage dans les bâtiments notamment).

En revanche, l'épandage de boues de Step municipales n'est pas un facteur de risque.

La deuxième partie de la thèse présente les résultats d'enquêtes épidémiologiques réalisées lors de la découverte de cas groupés par les services d'inspection (Voir paragraphes 3.4 et 4.4 de la 2ème partie).

Remarque : D'après une étude menée en Catalogne par Allepuz *et al.* (2009), il semblerait que les fermes laitières de grande taille présentent plus de risque de cysticercose que les autres.

4.2 Procédure mise en place par la profession : la Charte des Bonnes Pratiques d'Elevage

La Charte des Bonnes Pratiques d'Elevage est une démarche collective, professionnelle et volontaire mise en place par les éleveurs qui vise quatre objectifs principaux :

- Accompagner les éleveurs dans une amélioration de leurs pratiques ;
- S'inscrire dans une logique « d'éthique professionnelle » en favorisant une attitude responsable plutôt que la peur du gendarme ;
- Les mettre en situation de communiquer sereinement sur leur métier ;

- Définir un socle technique fédérateur pour les démarches qualité en élevage.

Ce dispositif concernait 116 800 éleveurs au 1er septembre 2009 et est reconnue comme une « norme professionnelle » par les éleveurs. Les éleveurs reçoivent la visite tous les deux ans en moyenne d'un technicien qui évalue la progression de l'élevage vis-à-vis de 48 objectifs à atteindre (Dockes *et al.*, 2009).

La partie 3.2 de la charte demande que *« pour que les aliments que [l'éleveur] distribue ne nuisent pas à la santé des animaux ni à celle des consommateurs, [il] maîtrise l'hygiène de leur production, conservation et distribution »*. La Charte précise que cela concerne le respect d'un délai suffisant entre l'épandage d'effluents et la mise en pâture. La partie 6.3 de la Charte demande l'enregistrement des pratiques de fertilisation (Institut de l'élevage, 2007).

4.3 Prophylaxie au sein de l'élevage

4.3.1 Intérêt de la vaccination

La vaccination contre le *Tænia* est très efficace, comparativement aux autres essais de vaccination contre d'autres parasites. Ce succès est dû à une forte immunité protectrice obtenue après une infestation naturelle, à de hauts niveaux d'immunité atteints par l'action d'antigènes extraits d'oncosphères, à une bonne immunité croisée entre les espèces de *Tænia* et à la nature principalement humorale de l'immunité protectrice (OIE, 2008).

Différents vaccins bovins contre C*. bovis* ont été développés par plusieurs équipes de recherche. Un vaccin, non commercialisé, a été mis au point par une équipe australienne (Lightowlers *et al.*, 1996). Ce vaccin est constitué d'une association de deux antigènes d'oncosphère (TSA-9 et TSA-18). Les bovins testés ont été protégés contre l'affection à un niveau élevé : entre 94% et 99,8%. Un deuxième, issu des travaux d'une équipe écossaise, utilise la protéine d'adhésion HP6 obtenue à partie d'oncosphère de *T. saginata*. La vaccination est efficace, la protection a été confirmée par suivi sérologique par Ag-ELISA puis à l'autopsie avec confirmation par PCR (Harrison *et al.*, 2005). La transmission colostrale de la protection humorale permise par la vaccination des mères est confirmée (Rickard *et al.*, 1977).

Cependant, des études coût/bénéfice seraient nécessaires, car le coût du vaccin serait très élevé dans le budget d'un élevage, alors que la maladie est relativement bénigne chez l'Homme. En comparaison, un vaccin contre *T. ovis* a déjà été commercialisé en Nouvelle-Zélande (OIE, 2008).

4.3.2 Prophylaxie par vermifugation systématique avant abattage

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de traitement contre la cysticercose bovine. Cependant, des essais expérimentaux ont été réalisés :

- Albendazole à haute dose : 50 mg/kg (Lloyd et Soulsby, 1984) ;
- Praziquantel à 100 mg/kg ou 50 mg/kg trois jours de suite (Harrison *et al.*, 1984).

Ces traitements sont efficaces et tuent les cysticerques. La lésion qui en résulte est plus petite que celle observée après une mort naturelle. Néanmoins, les kystes morts avant le traitement de l'animal restent grands et visibles et ceux détruits par le traitement persistent jusqu'à 24 mois dans les masses musculaires. La saisie pour découverte de kystes est toujours possible, mais le risque de contamination humaine a disparu.

L'intérêt de traiter systématiquement avant l'abattage tous les bovins ou les bovins à risque (suite à facteur de risque prouvé ou après un suivi sérologique) aurait mérite à être étudié. A titre d'exemple, l'OIE a proposé en 2008 le traitement systématique des porcs à l'oxfendazole 3 mois avant l'abattage comme mesure de contrôle de *T. solium*.

4.4 Elevage biologique

Le cahier des charges de l'élevage biologique interdit l'utilisation de boues d'épuration des eaux usées, principalement en relation avec leur forte concentration en métaux lourds. Cela concoure également à diminuer le risque de contamination des pâtures par des œufs de *Tænia* (AFSSA, 2003). Cependant, de nombreux autres facteurs de risque pouvant être incriminés dans la contamination d'une pâture, on ne peut savoir si l'élevage biologique présente ou non un risque inférieur de contamination.

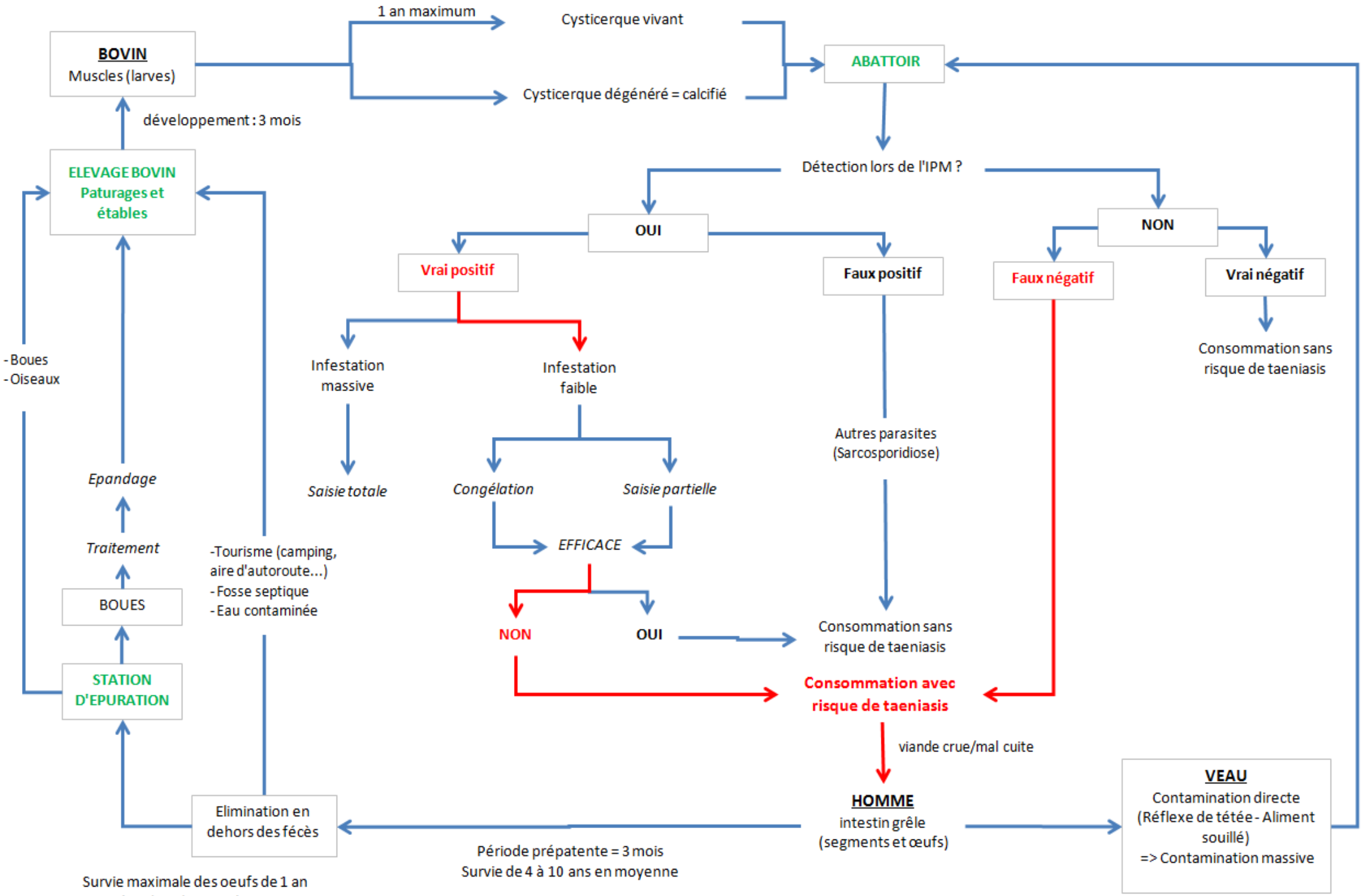
4.5 Bilan : situations à risque au sein d'un élevage

- Proximité de zones de tourisme et de villégiature : camping, aire de pique-nique… (Ilsoe *et al.*, 1990b) ;
- Fosse septique d'habitation risquant de diffuser dans le sol des pâtures (œufs résistants jusqu'à 9,5 mois dans le milieu extérieur) ;
- Accès à des cours d'eaux et eaux de surface pollués (Dorny et Praet, 2007) ;
- Epandage d'effluents municipaux sur les zones de pâturage sans respect des délais légaux avant mise en pâture des animaux ;
- Proximité géographique avec une station d'épuration (Ilsoe *et al.*, 1990b) ;
- Défaut d'hygiène de la part des membres du personnel de l'élevage, porteurs de *Tænia* : réflexe de succion des veaux, émission de selles dans les espaces de vie des bovins ou dans les lieux de stockage des aliments…

5. Cycle épidémiologique de *T. saginata* / *C. bovis*, réalisé d'après l'étude bibliographique

Le cycle présenté en Figure 18 est une synthèse de l'étude bibliographique réalisée dans cette première partie. Il résume les facteurs de risque du maintien du parasite.

Figure 18 : Cycle épidémiologique de *T. saginata* / *C. bovis*, réalisé d'après l'étude bibliographique


1 an maximum
Cysticerque vivant
BOVIN
Muscles (larves)
ABATTOIR
Cysticerque dégénéré = calcifié
développement : 3 mois
ELEVAGE BOVIN
Paturages et étables
Détection lors de l'IPM ?
OUI
NON
Vrai positif
Faux positif
Faux négatif
Vrai négatif
Consommation sans risque de taeniasis
- Boues
- Oiseaux
Infestation massive
Infestation faible
Saisie totale
Congélation
Saisie partielle
EFFICACE
Autres parasites (Sarcosporidiose)
Epandage
Traitement
-Tourisme (camping, aire d'autoroute...)
- Fosse septique
- Eau contaminée
BOUES
NON
OUI
Consommation sans risque de taeniasis
STATION D'EPURATION
Consommation avec risque de taeniasis
viande crue/mal cuite
VEAU
Contamination directe
(Réflexe de tétée - Aliment souillé)
=> Contamination massive
HOMME
intestin grêle
(segments et œufs)
Elimination en dehors des fécès
Période prépatente = 3 mois
Survie de 4 à 10 ans en moyenne
Survie maximale des oeufs de 1 an dans le milieu extérieur

SECONDE PARTIE - ETUDE DE TERRAIN

1. Introduction

1.1 Contexte et problématique

Les données épidémiologiques concernant la cysticercose bovine sont mal connues pour la France, où la maladie est endémique. La méthode actuelle de détection chez l'animal, réalisée lors de l'inspection *post mortem* des carcasses à l'abattoir, satisfait incomplètement les pouvoirs publics par son manque de sensibilité.

C'est pour combler ces lacunes que le Bureau des Etablissements d'Abattage et de Découpe (BEAD) appartenant à la Sous Direction de la Sécurité Sanitaire des Aliments, inclus dans le Service de l'Alimentation de la DGAL a lancé une enquête au sein de ses services en 2010. Cette enquête, explicitée dans la note de service DGAL/SDSSA/N2010-8032 du 2 février 2010 (Voir Annexe 1) a énoncé plusieurs objectifs :

- Effectuer une première évaluation de la situation en France concernant la cysticercose bovine (notamment : prévalence de la maladie, évolution annuelle des cas, mise en évidence de facteurs de risque) ;
- Identifier les types d'élevage à risque ;
- Réaliser une analyse critique du mode opératoire actuel de recherche de cysticerques en abattoir lors de l'inspection *post mortem* ;
- Identifier les facteurs de risque lors de la découverte de cas groupés de cysticercose provenant d'un même élevage ;
- Proposer des moyens de lutte en élevage ;
- Etablir les conséquences de la mise en place de l'Information sur la Chaine Alimentaire (ICA) : *« accroissement des dépistages suite à la transmission de données dans le cadre de l'information sur la chaîne alimentaire, impact de l'augmentation du dépistage sur la détection de lésions en abattoir, conséquence de la transmission de l'information vers les éleveurs… »*.

1.2 Sources de l'information

1.2.1 Recueil des cas grâce à l'enquête nationale

L'enquête réalisée grâce à la note de service du 2 février 2010 a visé à recueillir les cas de cysticercose détectés ainsi que leurs caractéristiques du 1er janvier au 31 décembre 2010 pour tous les abattoirs de bovins de France (Annexe 2). Les tableaux remplis par les abattoirs ont été renvoyés par courrier électronique au BEAD le 15 juillet 2010 pour la première partie de l'enquête puis le 15 janvier 2011 pour l'enquête entière.
Cette enquête demandait pour chaque animal atteint de référencer les critères suivants :

- Numéro d'identification de l'animal ;
- Mois d'abattage de l'animal ;
- Nom de l'abattoir et numéro d'agrément donné par les services vétérinaires (numéro ILU) ;
- Animal atteint ou non d'une cysticercose généralisée ;
- Localisations des cysticerques et état des kystes ;
- Animal concerné ou non par une ICA positive.

Si l'enquête détaillée ci-dessus a permis de recueillir une grande majorité des cas de cysticercoses détectés en 2010, il était cependant nécessaire de comparer ces cas à des témoins. Cela a été réalisé grâce à l'exploitation de la Base de Données Nationale d'Identification (BDNI). La BDNI référence tous les bovins présents sur le sol français, depuis leur naissance jusqu'à leur abattage, et contient différentes données les concernant (commune de naissance, race ou sexe par exemple).

1.2.2 Comparaison avec la BDNI : Recueil des témoins et construction de la base de données Générale

Une base de données, appelée base de données Générale, a été construite grâce au logiciel 4D à partir d'une extraction de la BDNI (Base de Données Nationale d'Identification) effectuée par le BMOSIA (Bureau de la Maîtrise d'Ouvrage des Systèmes d'Information de l'Alimentation) de la DGAL. Cette base de données Générale référence tous les bovins ayant été abattus dans les abattoirs français, et indique pour chaque animal ses caractéristiques épidémiologiques.

Les cas détectés grâce à l'enquête détaillée au point précédent ont été inclus dans cette base, chaque animal concerné ayant été retrouvé grâce à son numéro d'identification.

Les bovins inclus sont ceux ayant séjourné dans un élevage français avant d'être abattus en France (il n'y a pas d'animaux abattus directement après un transport depuis l'étranger).

1.2.3 Construction de la base de données Malades

Une extraction des animaux malades référencés dans la base de données Générale a permis de construire la base de données Malades. Cette base contient en plus les caractéristiques lésionnelles des cas.

1.2.4 Construction de la base de données Enquête Epidémiologique

La note de service du 2 février 2010 demandait également le rapport des cas groupés de cysticercose, avec la réalisation d'une enquête épidémiologique associée.

La fiche à remplir par les services d'inspection est annexée en fin de la note de service, elle est présentée en Annexe 3 « Modèle de fiche d'enquête concernant la mise en évidence de cas groupés de cysticercose bovine ».

Ces données ont été synthétisées dans une troisième base de données, appelée Base de données Enquête Epidémiologique.

2. Matériel et méthode

2.1 Identification des variables

2.1.1 Base de données Générale

La base de données Générale référence la totalité les bovins ayant été abattus en France en 2010, soit 5 034 677 animaux. Dans la base, une ligne correspond à un animal.

La base contient les variables suivantes :

Tableau 7 : Variables et modalités de la base de données Générale

Variable	Modalités	Remarques
Numéro d'identification de l'animal	Numéro IPG de l'animal (combinaison de 2 lettres et 10 chiffres)	Numéro d'identification unique pour chaque animal
VARIABLES A EXPLIQUER		
Lésion de cysticercose sur la carcasse	Oui ou Non	
Lésion de cysticercose avec cysticerques vivants sur la carcasse	Oui ou Non	
Cysticercose généralisée	Oui ou Non	
VARIABLES EXPLICATIVES		
Age	Age en jour lors de l'abattage	Voir 1
Sexe	Mâle ou Femelle	
Type de production	Laitier, Allaitant ou Croisé	
Type racial	Nomination de la race	Voir 2
Département d'élevage	Département selon son numéro à deux chiffres	Voir 3
Mois d'abattage	De janvier à décembre	
Nom de l'abattoir	Nominatif	Abattoir où le cas a été détecté
Existence d'une ICA relative à la cysticercose	Oui, Non ou NA (absence de réponse)	

1 : Age à l'abattage
Cette donnée est issue des informations fournies par la BDNI : l'âge à l'abattage a été calculé en soustrayant la date de naissance à la date d'abattage. Les valeurs aberrantes ont été supprimées (certains animaux étant âgés jusqu'à 60 ans !) : il n'a été gardé arbitrairement que des animaux âgés de moins de 15 ans.

2 : Type racial
Il n'a été considéré que les types raciaux principaux en France. Les races marginales ont été supprimées car leur nombre de représentants est trop faible.

3 : Département d'élevage
Il s'agit du département où l'animal était 60 jours avant abattage. Cette variable permet de connaitre le département où l'animal s'est probablement infesté. Le délai de 60 jours pris en compte est le délai minimal de détection du parasite lors de l'inspection *post mortem*. Pour

un délai plus court, il aurait été possible que l'animal soit infesté, mais que les lésions ne soient pas encore assez développées pour être détectées à l'abattoir.

Le département d'élevage de chaque animal a été déduit grâce à l'exploitation de la BDNI : en recherchant le code de la commune de l'élevage où l'animal était à cette date, il a été extrait les deux premiers chiffres du code, correspondant au numéro du département.

2.1.2 Base de données Malades

La base de données Malades comprend uniquement les animaux indiqués comme atteints de cysticercose dans la base de données Générale.

Elle contient tous les abattoirs ayant répondu à l'étude, même partiellement. Nous sommes partis du postulat que la localisation des kystes ne suit pas une variabilité saisonnière, les réponses obtenues sur seulement un semestre ont donc pu être incluses pour l'étude de ce paramètre.

Elle référence 6633 animaux, chaque ligne correspondant à un animal et contient les variables présentées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Variables et modalités de la base de données Malades

Variable	Modalités	Remarques
Numéro d'identification de l'animal	Numéro IPG de l'animal (combinaison de 2 lettres et 10 chiffres)	Numéro d'identification unique pour chaque animal. Il s'agit uniquement des animaux détectés comme atteints.
Numéro EDE de l'exploitation où l'animal était 60 jours avant abattage	Numéro unique à 8 chiffres	
Localisation des lésions de cysticercose sur la carcasse		
Tête	C (pour calcifié), V (pour vivant) ou NA	
Cœur	Idem	
Langue	Idem	
Diaphragme	Idem	
Œsophage	Idem	
Autre	Idem	

2.1.3 Base de données Enquête Epidémiologique

Cette base de données référence les informations relatives aux élevages où des cas groupés ont été observés. Chaque ligne correspond à un élevage, il y a 25 élevages référencés. Les variables et modalités sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Variables et modalités de la base de données Enquête Epidémiologique

Variable	Modalités	Remarques
Localisation de l'élevage	Adresse postale	
Cas humain de téniasis dans l'élevage	Oui, Non ou NA	Commentaire libre possible (personne touchée, description, traitement…)
Présence d'une fosse septique	Oui, Non ou NA	Commentaire libre possible (épandage sur les pâtures ou les cultures…)
Epandage de boues de stations d'épuration sur les pâtures	Oui, Non ou NA	Commentaire libre possible (sur pâture, culture, à quelle fréquence…)
Présence d'une infrastructure ou d'un environnement contaminants à proximité	Oui, Non ou NA	Commentaire libre possible (camping, aire d'autoroute, distance…)

2.2 Analyse

2.2.1 Calcul de la prévalence

La prévalence permet de connaitre le nombre d'individus atteints par une maladie pour une période donnée. Elle effectue le rapport entre le nombre de cas par rapport à la population totale. Par exemple, la prévalence apparente de la cysticercose bovine en France est obtenue en rapportant le nombre de cas détectés en abattoir au nombre de bovins abattus dans les abattoirs ayant pris part à l'étude.

Ce calcul a été utilisé dans l'analyse des résultats pour calculer différents types de prévalence apparente, comme par exemple selon le département d'origine de l'animal, selon son sexe ou selon le mois de l'abattage. Ce calcul a été effectué avec un tableur.

2.2.2 Réalisation du test du Chi2

Le test du Chi2 consiste à mesurer l'écart entre une situation observée et une situation théorique et permet de déduire l'existence ou l'absence ainsi que l'intensité d'une liaison mathématique. Cela permet de savoir si les différences observées entre deux populations sont dues au hasard ou non. Cela a été utilisé dans l'analyse statistique pour savoir si un paramètre (sexe, âge…) était un facteur de risque pour la maladie. Ce calcul a été effectué par programmation avec le logiciel R (Ihaka et Gentleman, 1996).

2.2.3 Calcul du Risque Relatif

Le risque relatif est le rapport du taux d'incidence dans le groupe exposé sur le taux d'incidence dans le groupe non-exposé. Il permet ainsi de mesurer le rôle d'un facteur de risque sur la maladie, en chiffrant la probabilité pour un individu d'être malade s'il appartient à une catégorie plutôt qu'à une autre. Ce calcul a été effectué par programmation avec le logiciel R, en prenant en compte la prévalence.

2.2.4 Réalisation d'une carte de France des prévalences par département

Ceci a été effectué grâce au site internet http://www.drawmeagraph.com/main.php

3. Résultats

Les propositions d'explication relatives aux données obtenues seront exposées dans le paragraphe 4 de la 2ème partie (paragraphe Discussion).

3.1 Bilan chiffré des réponses

3.1.1 Abattoirs

Tous les abattoirs français de bovins (France métropolitaine + DOM-ROM) ont été sollicités pour l'enquête, soit 227 établissements.

185 abattoirs ont répondu, dont 8 qui n'ont renvoyé les données que de façon partielle (un des deux semestres de 2010 est manquant).

3.1.2 Bovins

Sur les 5 034 677 bovins abattus en France entre le 1er janvier 2010 et le 31 décembre 2010, 4 476 989 bovins ont été inclus dans l'enquête (en ne considérant que les abattoirs ayant répondu pour les deux semestres de 2010 à l'enquête). Cela représente 88,9% de la population de bovins abattue dans l'année.

3.1.3 Cas de cysticercose

Sur ces 4 476 989 bovins ayant été inclus dans l'étude, 6633 étaient atteints de cysticercose dont :

- 5794 cas avec cysticerques calcifiés ;
- 620 cas avec cysticerques vivants ;
- 101 cas de cysticercose généralisée selon les déclarations des abattoirs ;
- 449 cas de cysticercose généralisée si on prend en compte les cas déclarés dans l'enquête, plus ceux concernés par la définition de l'OIE : « Découverte de kystes en deux territoires d'élection comprenant les muscles masséters, la langue, l'œsophage, le cœur, le diaphragme ou la musculature superficielle, ou dans plus de deux sites sur les membres » (OIE, 2008).

Remarque : un bovin donné peut entrer dans plusieurs catégories (cysticercose généralisée et présence de cysticerques vivants par exemple).

3.2 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Générale

3.2.1 Prévalence

Trois paramètres ont été étudiés : la prévalence globale en tenant compte de tous les cas détectés, la prévalence en ne considérant que les cas avec cysticerques vivants, et enfin la prévalence de cysticercose généralisée.

- **Prévalence nationale**

La prévalence apparente obtenue en tenant compte de tous les cas détectés en 2010 en abattoir est de 0,15% (± $3,4.10^{-4}$).

- **Prévalence et cysticerques vivants**

La prévalence apparente obtenue en ne tenant compte que des cas avec cysticerques vivants est de 0,014% (± $5,5.10^{-5}$).

Il s'agit des animaux ayant été infesté durant les 12 mois précédents, la durée de vie d'un cysticerque n'étant que d'un an au maximum.

Il s'agit également de carcasses contaminantes pour l'Homme.

- **Prévalence et cysticercose généralisée**

Si l'on considère les 449 cas de cysticercose généralisée, la prévalence apparente de cysticercose généralisée est de 0,010% (± $4,7.10^{-5}$).

- **Estimation de la prévalence probable**

D'après une étude (Kyvsgaard *et al.*, 1996), il a été estimé à 17% la probabilité de découvrir un cysticerque lors d'une inspection sur une carcasse infestée. Or la prévalence apparente calculée à partir des cas détectés en abattoir est de 0,15%.

La prévalence probable est une estimation de la prévalence réelle. Elle est calculée à partir de la prévalence apparente qui est pondérée par la probabilité de découvrir un cysticerque dans une carcasse infestée.

On obtient une **prévalence probable de 0,88%.**

3.2.2 Facteurs de risque

3.2.2.1 Age de l'animal

- **Variabilité de la prévalence apparente selon l'âge de l'animal**

La courbe suivante présente la variabilité de la prévalence apparente selon l'âge de l'animal, en mois et en année. On observe une prévalence qui est faible en dessous de l'âge de deux ans (prévalence apparente inférieure à 0,05), puis qui augmente brutalement jusqu'à l'âge de 4 ans. S'ensuit une lente régression de la prévalence au fil des années.

Le calcul du test du Chi2 a été effectué sur les valeurs lissées à l'année afin de supprimer d'éventuelles valeurs aberrantes pour les prévalences par mois.
Le résultat du test donne un $p<2,2.10^{-16}$. Les variations observées sont très significatives.

L'âge a donc une influence sur la prévalence apparente de la maladie.

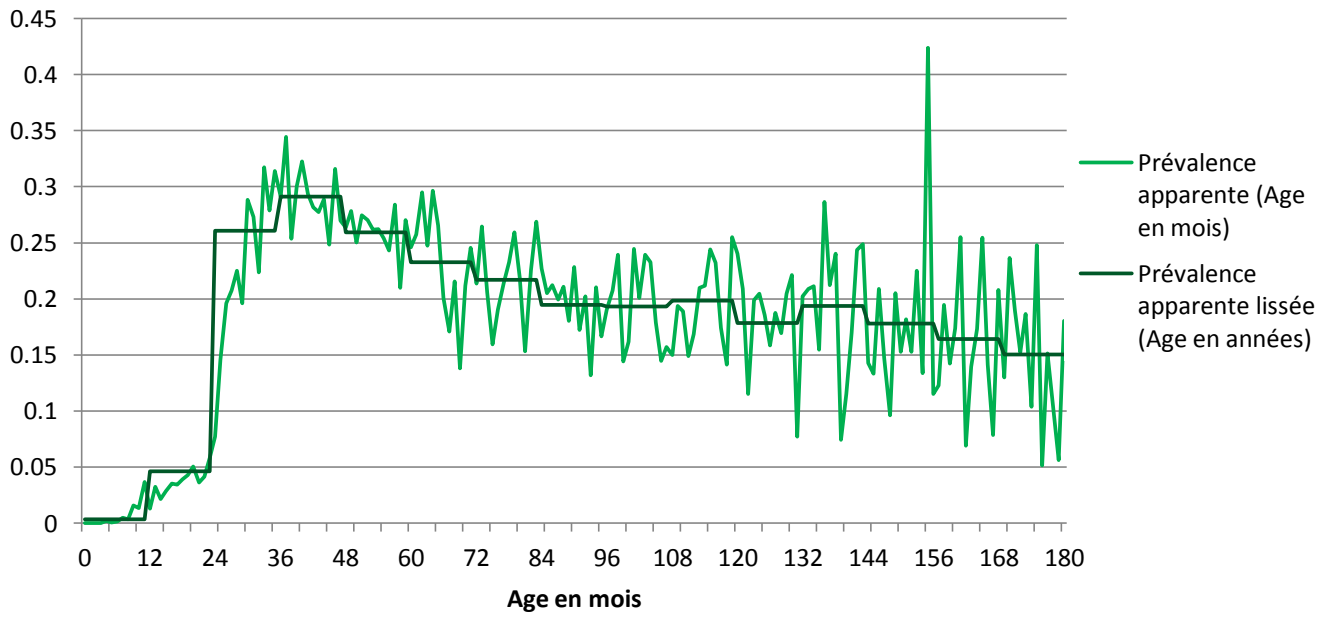


Figure 19 : Prévalence apparente selon l'âge en mois de l'animal

- **Variabilité de la prévalence apparente selon l'âge de l'animal, en cas de cysticercose avec cysticerques vivants**

La figure suivante présente les cas selon l'âge de l'animal, en ne considérant que les cas avec cysticerques vivants. On observe une prévalence plus faible pour les animaux âgés de moins de 2 ans, par rapport au reste de la population.

Le calcul du Chi2 sur cette courbe prenant en compte les cas avec cysticerques vivants a également été effectué sur les valeurs lissées à l'année, pour la même raison qu'au point précédent.

Le calcul sur la totalité des animaux donne $p=1,7.10^{-12}$. Les variations sur la totalité des valeurs sont donc hautement significatives.

En revanche, si on exclue les animaux âgés de moins de deux ans, et que l'on garde uniquement les animaux âges de 3 à 15 ans, on obtient p=0,45. Il y a pour cette catégorie d'âge 45% de chances pour que les variations observées soient dues au hasard : la différence n'est donc pas significative pour les animaux âgés de 2 à 15 ans.

L'âge n'a donc aucune influence dans la probabilité d'être porteur de cysticerque vivant, pour les animaux âgés de 3 à 15 ans.

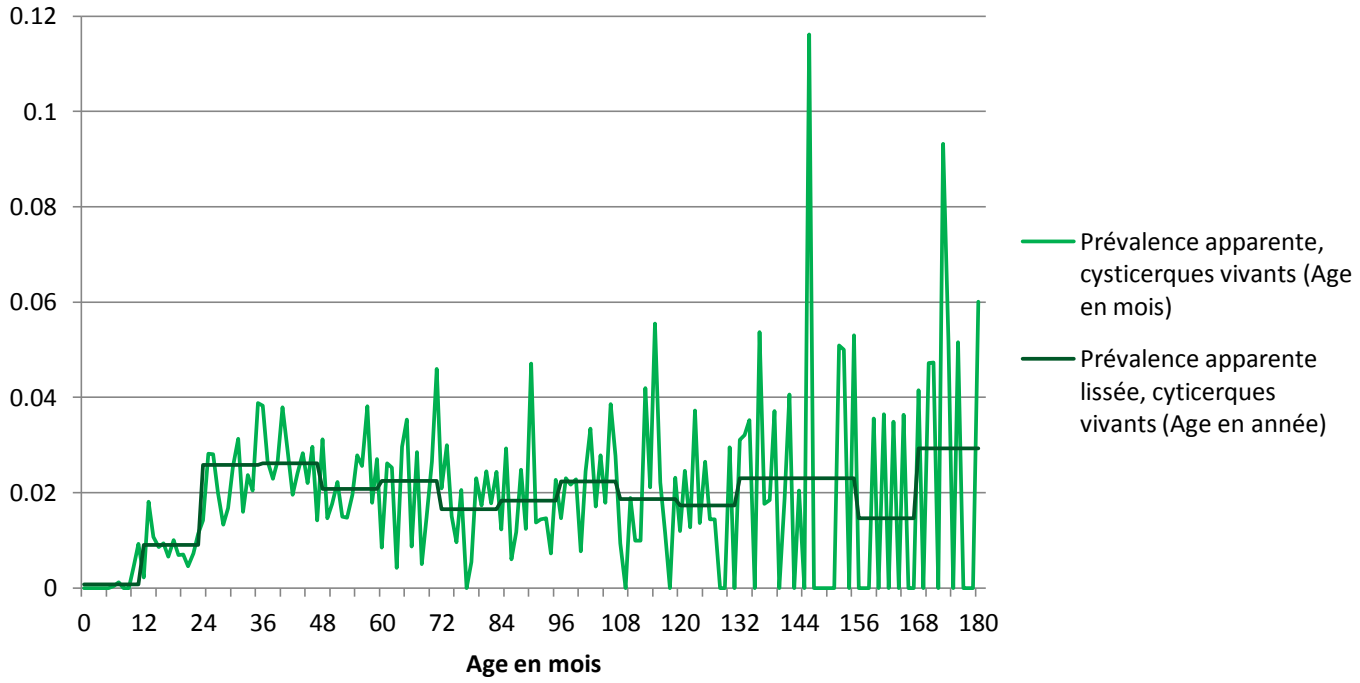


Figure 20 : Prévalence apparente selon l'âge en mois de l'animal, lors de cas avec cysticerques vivants

- **Moyenne d'âge à l'abattage selon le sexe**

Ce calcul sera utile pour la discussion à venir, pour laquelle il était nécessaire de connaitre l'âge moyen à l'abattage des mâles et des femelles.

La moyenne d'âge à l'abattage de la population totale est de 1187,3 jours, soit 3 ans et 3 mois.

La moyenne d'âge à l'abattage des femelles est de 1872,5 jours soit 5 ans, 1 mois et 15 jours.

La moyenne d'âge à l'abattage des mâles est de 465,1 jours soit 1 an, 3 mois et 9 jours (soit plus de 4 fois moins que les femelles).

3.2.2.2 Sexe de l'animal

- **Variabilité de la prévalence apparente selon le sexe de l'animal**

La prévalence apparente pour les femelles est de 0,19 (± $3{,}0.10^{-4}$) et celle des mâles de 0,057 (± $5{,}0.10^{-4}$). Ces données sont représentées sur le graphique ci-dessous.
Le calcul du risque relatif révèle que les **femelles présentant des lésions sont 3,4 fois plus nombreuses que les mâles**.

D'après le test du Chi2, la différence de prévalence entre mâles et femelles est hautement significative, avec $p<2{,}2.10^{-16}$. Il est infiniment peu probable que les fluctuations observées soient dues au hasard.

Il y a donc une réelle variation de la prévalence selon le sexe.

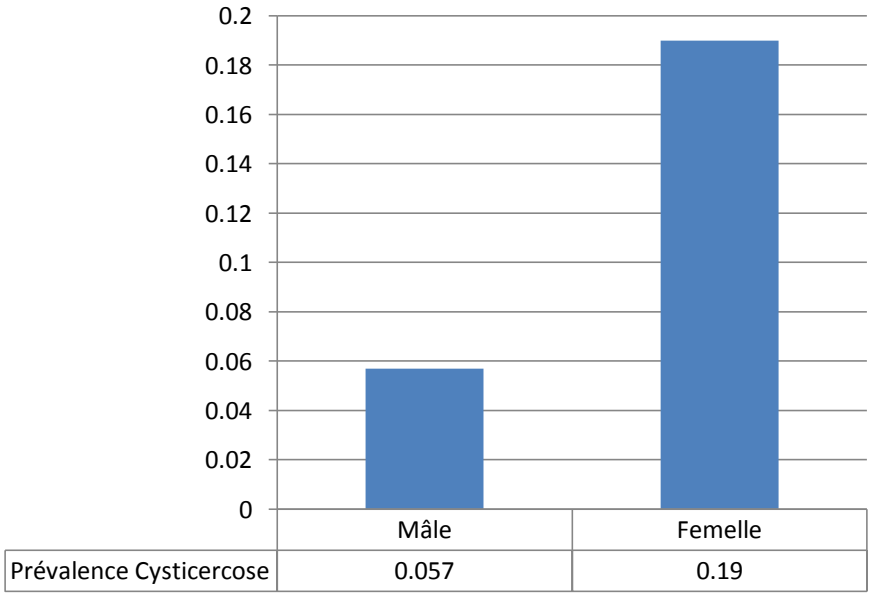


Figure 21 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine selon le sexe

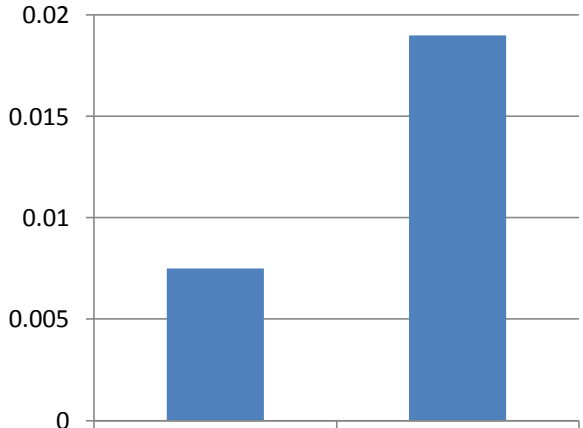
- **Variabilité de la prévalence apparente selon le sexe de l'animal, en cas de cysticercose avec cysticerques vivants**

Ce paragraphe étudie uniquement les cas avec cysticerques vivants. Ceci permet d'éliminer le paramètre de durée de vie, car les animaux se sont obligatoirement contaminés dans les 12 mois précédent l'abattage.

En ne considérant que les carcasses porteuses de cysticerques vivants, on obtient le graphique ci-dessous avec un **risque relatif 2,5 fois plus élevé pour les femelles que pour les mâles**. En effet, la prévalence des femelles est de 0,019 (± $1{,}7.10^{-4}$), alors que la prévalence pour les mâles est de 0,0077 (± $1{,}1.10^{-4}$).

D'après le test du Chi2, cette différence est hautement significative, avec $p<2{,}2.10^{-16}$.

Comme précédemment, il y a une réelle variation de la prévalence selon le sexe.



	Mâle	Femelle
Prévalence (cysticerques vivants)	0.0075	0.019

Figure 22 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques vivants selon le sexe

3.2.2.3 Type de Production

Le graphique ci-dessous présente la variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine selon le type de production.

Les prévalences obtenues pour les différents types sont :

- Laitier : 0,130% (± $4,4.10^{-4}$) ;
- Allaitant : 0,136% (± $4,5.10^{-4}$) ;
- Croisé : 0,0830% (± $8,3.10^{-4}$).

Les calculs de Chi2 donnent les résultats suivants :

- Sur l'ensemble des trois classes : $p<2,2.10^{-16}$.
- Prévalence pour les animaux Croisés par rapport aux Laitiers : $p=5,7.10^{-16}$.
- Prévalence pour les animaux Croisés par rapport aux Allaitants : $p<2,2.10^{-16}$.
- Prévalence pour les animaux Laitiers par rapport aux Allaitants : $p<2,2.10^{-16}$.

Les différences observées sont donc très significatives, pour les quatre calculs.

Le type de production a donc une influence sur la prévalence de la cysticercose bovine.

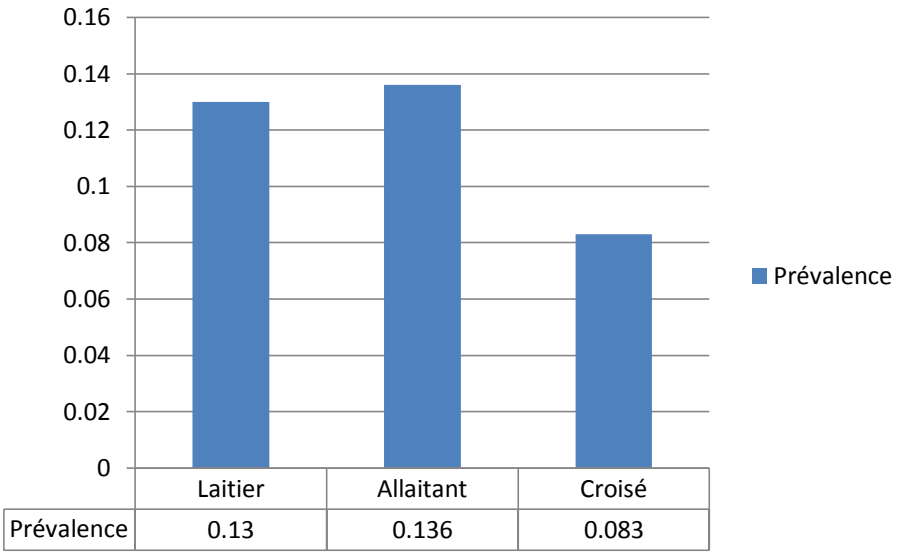


Figure 23 : Variabilité de la prévalence de la cysticercose bovine selon le type de production

3.2.2.4 Type Racial

Ce tableau présente la prévalence apparente selon la race de l'animal.

Les 5 races les plus touchées sont ainsi la Rouge Flamande, la Saônoise, la Normande, la Bazadaise et la Salers.

Les 5 races les moins touchées sont la Tarentaise, La Jersiaise, l'Abondance, la vache de combat et la Parthenaise.

Tableau 10 : Prévalence apparente selon la race

Race	Prévalence
Abondance	0,06
Aubrac	0,08
Jersiaise	0,05
Pie Rouge des Plaines	0,11
Brune	0,08
Salers	0,21
Bazadaise	0,23
Blanc Bleu	0,14
Tarentaise	0,03
Limousine	0,08
Simmental Française	0,08
Charolaise	0,17
Croisé	0,10
Rouge des prés	0,14
Montbéliarde	0,09
de Combat	0,06
Normande	0,27
Vosgienne	0,14
Rouge Flamande	0,30
Prim'Holstein	0,11
Parthenaise	0,07
Gasconne	0,08
Blonde d'Aq	0,14
Saonoise	0,29
Inra95	0,12
MOYENNE	0,13

3.2.2.5 Département d'Elevage

Pour l'étude de cette variable, ont été uniquement considérés comme cas positifs les cas de cysticercose avec cysticerques vivants. Ceci permet d'augmenter la probabilité que l'animal se soit réellement infesté dans ce département, car l'infestation datera d'au maximum 12 mois avant abattage. Ceci permet donc de limiter la probabilité d'un changement géographique entre le lieu d'infestation et le lieu d'élevage (qui reste néanmoins possible). Tous les autres animaux ont été considérés comme sains.

Le tableau présent en Annexe 4 et la carte suivante présentent les départements français selon leur prévalence en cysticercose.

Le test du Chi2 réalisé sur ces données a pour résultat $p<2.2.10^{-16}$ (que ce soit en tenant compte ou pas des départements des DOM-ROM pour qui la prévalence est nulle). Il y a donc une réelle variation de prévalence selon les départements français.

D'après cette carte, il semble que les départements situés au-dessus d'une diagonale Nord-Ouest / Sud-Est soient les plus concernés. L'Aube, le Jura, la Côte d'Or, la Marne et la Nièvre sont dans cet ordre les 5 départements les plus touchés. Les régions de Bourgogne, Franche-Comté, Rhône-Alpes, Champagne-Ardenne, Alsace, Haute et Basse-Normandie ont les prévalences les plus élevées.

Les cartes suivantes (Figure 25 et Figure 26) visent à comparer les prévalences observées par département aux paramètres Climat et Type d'élevage.

- Concernant le climat : on observe une prévalence plus faible dans le sud, où le climat est méditerranéen.
- Concernant le type d'élevage : la prévalence plus faible dans l'ouest de la France pourrait être liée à un élevage de type intensif.

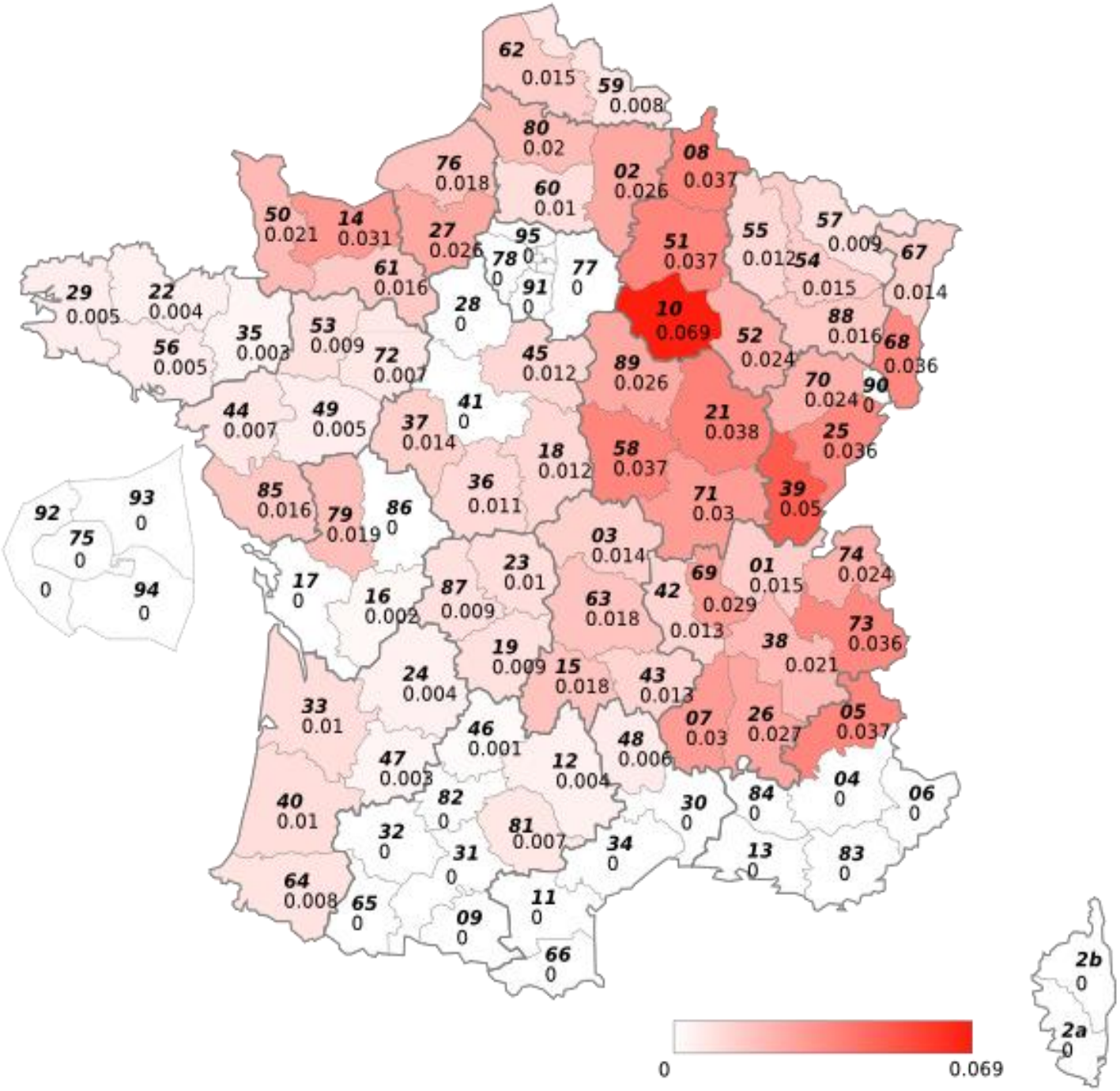


Figure 24 : Prévalence apparente selon le département d'élevage à 60 jours avant abattage

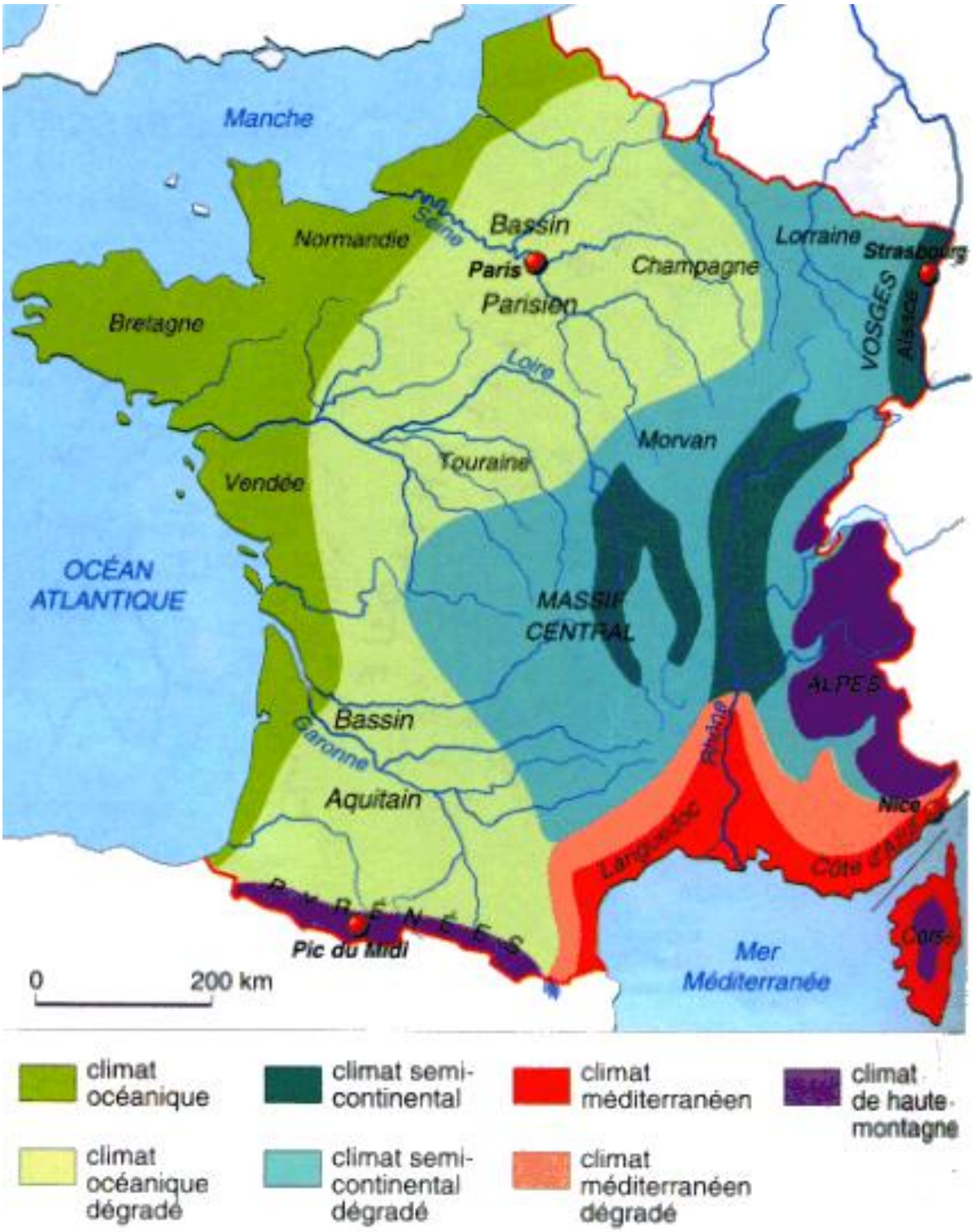
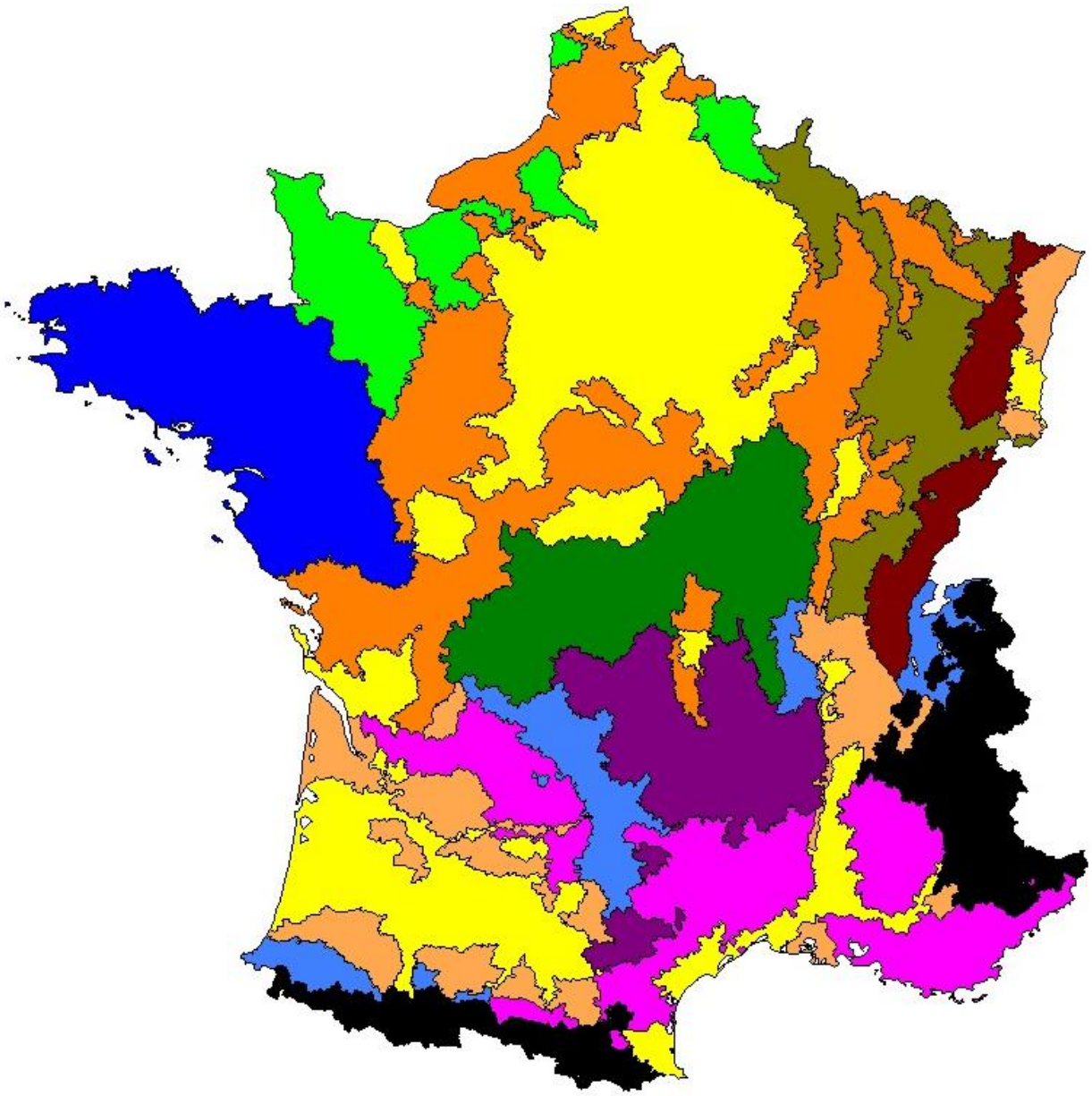


Figure 25 : Carte des zones climatiques en France
(Source : alertes-meteo.com - Carte des zones climatiques en France, 2011)



0. Zones de grandes cultures ou sans élevage
1. Zone de polyculture-élevage du Bassin Parisien
1.1 Zone de polyculture-élevage du Bassin Aquitain, RhAlpes, Alsace

2. Zone intensive du Grand Ouest
3.Zone herbagère du Nord-Ouest
4.Zone herbagère du Nord-Est

2.1 Piémonts intensifs
4.1 Zone herbagère du Nord Massif-Central
5.Zones pastorales
6.Franche-Comté + Vosges
6.1 Auvergne (et Massif Central)
7.Haute-Montagne

Figure 26 : Répartition des zones d'élevage en France
(Source : Institut de l'Elevage, 2011)

3.2.3 Facteurs de détection des cas en abattoir

3.2.3.1 Evolution saisonnière

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose**

La note de service ayant été diffusée le 2 février 2010, les services d'inspection ont dû rechercher les cas archivés pour le mois de janvier. Par conséquent, le nombre de cas rapporté pour le mois de janvier étant peu fiable, l'évolution nationale du nombre de cas n'a été suivie qu'à partir du mois de février pour éviter un biais probable.

Les cas de cysticercose ont suivi en 2010 l'évolution suivante :

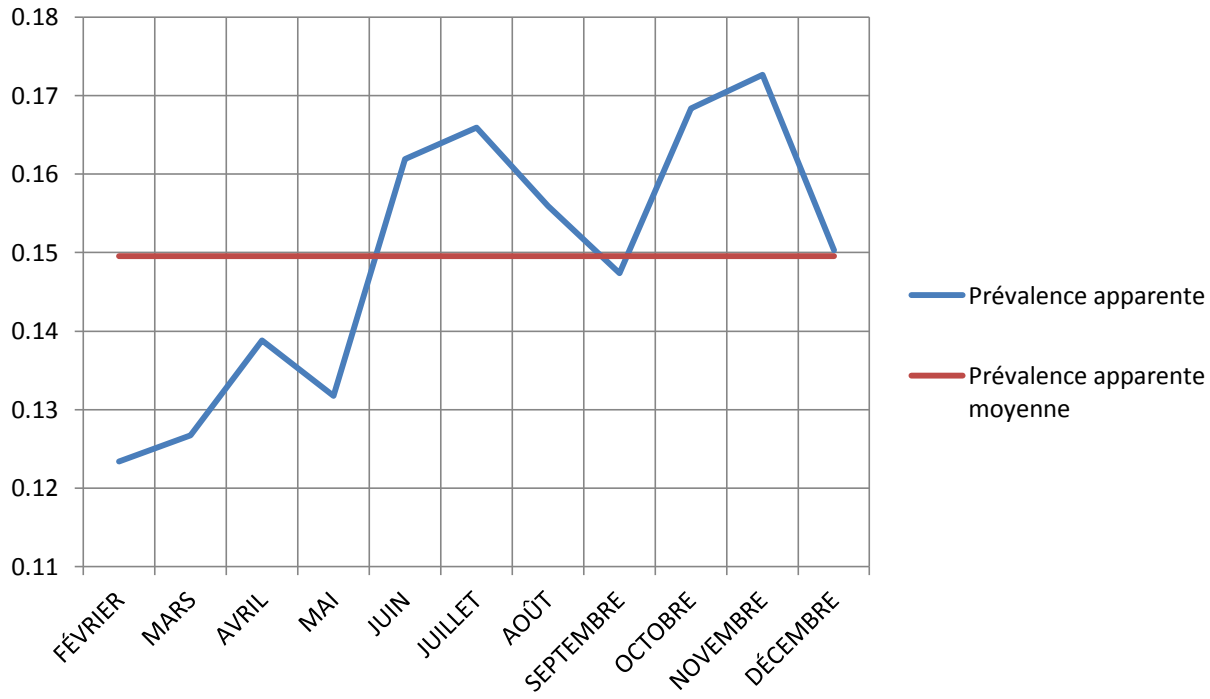


Figure 27 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine en France en 2010

On remarque l'existence de deux pics en juin/juillet et octobre/novembre, et d'un creux en août/septembre.

Le calcul du test du Chi2 permet d'obtenir $p = 7{,}72.10^{-12}$.

On peut ainsi dire que les variations annuelles observées sont hautement significatives, et rendent compte d'une réelle variation annuelle.

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose avec cysticerques vivants**

Si l'on ne considère que les cas avec cysticerques vivants, la cysticercose bovine a suivi en 2010 l'évolution suivante :

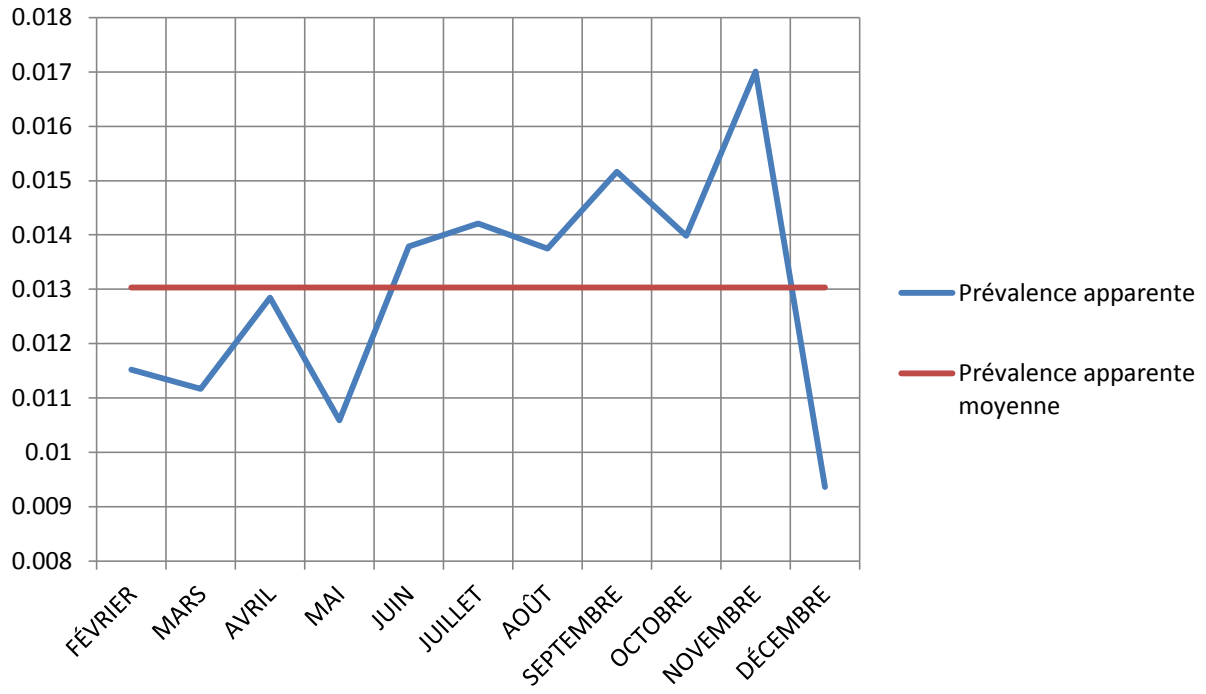


Figure 28 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques vivants en France en 2010

Le calcul du chi2 sur cette évolution annuelle permet d'obtenir p=0,149. Il y a 14,9% de chances pour que les variations observées soient dues aux fluctuations d'échantillonnage.

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose avec cysticerques calcifiés**

De la même manière, si l'on ne considère que les cas avec cysticerques calcifiés, la courbe obtenue suit l'allure suivante :

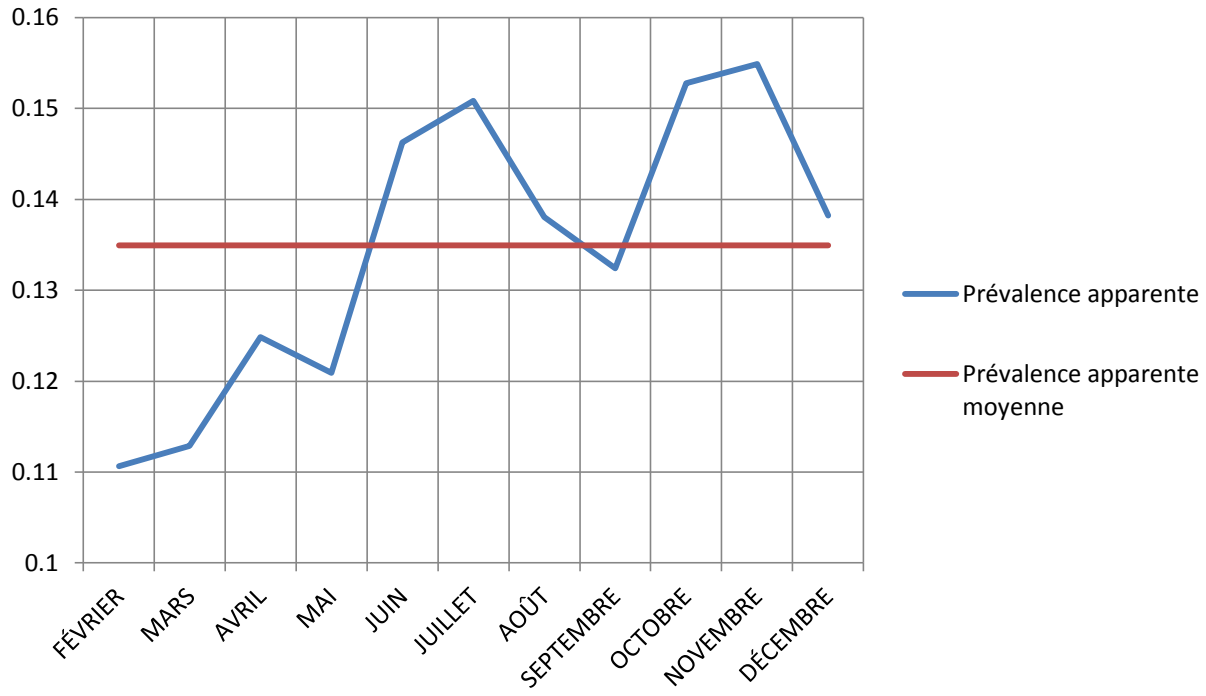


Figure 29 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine avec cysticerques dégénérés en France en 2010

Le calcul du chi2 sur les variations annuelles observées donne les résultats suivants : chi2 = 68,5 pour un p de $8{,}83.10^{-11}$. Il y a donc $8{,}83.10^{-9}$ % de chances que les variations observées soient dues au hasard.

On observe sur la courbe l'existence de deux pics en juin/juillet et en octobre/novembre, et d'un creux en août/septembre.

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose généralisée**

Pour l'étude de la variation annuelle des cas avec cysticercose généralisée, les cas sur toute l'année ont été pris en compte (de janvier à décembre 2010). Il a en effet été considéré cet évènement comme suffisamment rare pour que les agents des services d'inspection se souviennent de ceux détectés en janvier. La courbe obtenue est la suivante :

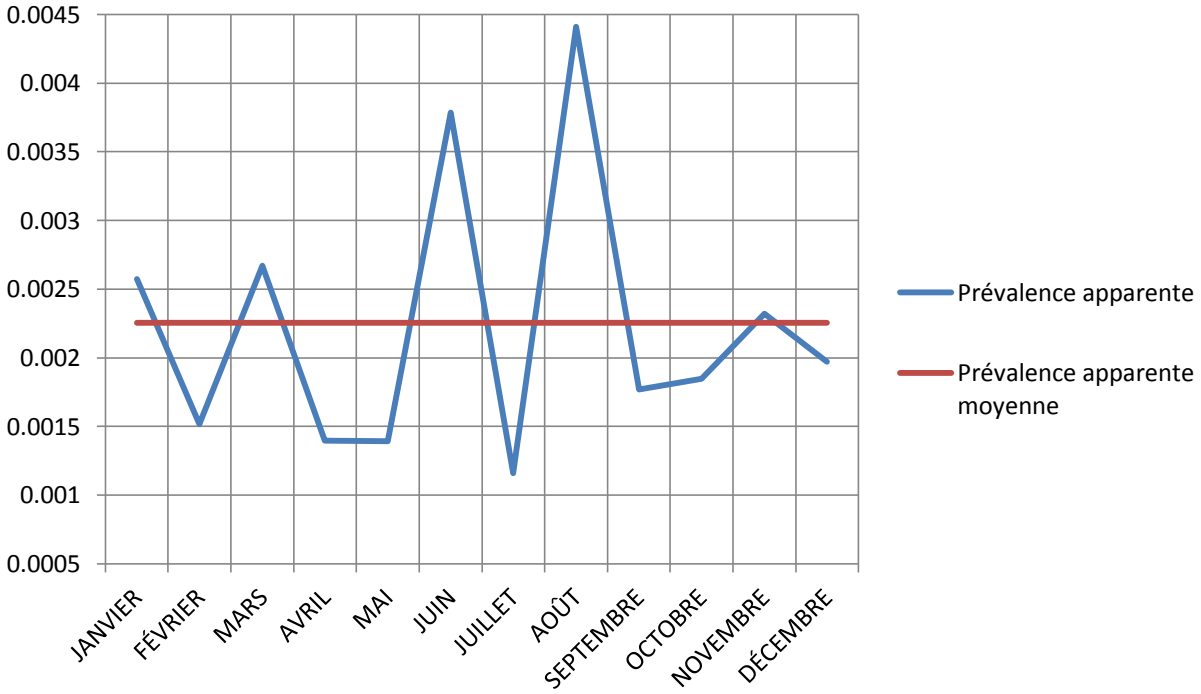


Figure 30 : Evolution de la prévalence de la cysticercose bovine généralisée en France en 2010

Cette courbe semble suivre les mêmes évolutions annuelles que la courbe générale.

Cependant, le chi2 calculé est de 18,1 pour un p = 0,080. Il y a donc 8% de chances pour ce que les variations observées soient dues au hasard. Il faut donc les interpréter avec prudence, car le risque pour qu'elles soient liées à des fluctuations d'échantillonnage est important.

3.2.3.2 Variabilité des prévalences par abattoir

La figure suivante montre la grande variabilité de la prévalence apparente selon les abattoirs, les valeurs allant de 0 à 1,33. 58 abattoirs n'ont détecté aucun cas de cysticercose en 2010. Ces abattoirs ont été exclus du graphique pour des raisons de présentation.

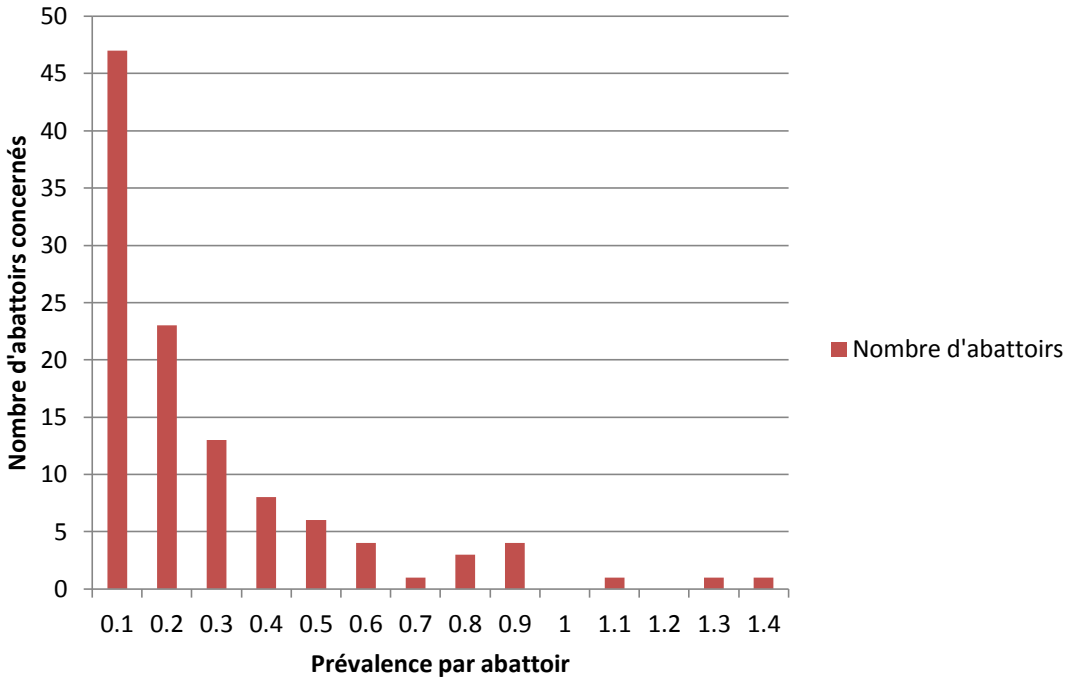


Figure 31 : Variabilité de la prévalence apparente selon les abattoirs

3.2.3.3 Information sur la Chaîne Alimentaire

Parmi les 185 abattoirs ayant pris part à l'étude, 16 ont mentionné l'existence d'au moins un cas de cysticercose en lien avec une ICA positive (c'est-à-dire l'existence préalable d'au moins un cas de cysticercose dans l'élevage d'où provient l'animal).

Parmi ces 16 abattoirs, 2 ont déclaré une ICA positive pour la totalité des cas détectés dans l'année.

Au total, 174 ICA positives relatives à la cysticercose ont été rapportées dans l'enquête.

Aucun cas témoin n'est référencé, c'est-à-dire un cas d'animal sain avec une ICA positive.

3.3 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Malades

3.3.1 Nombre de cas suivant les exploitations

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'exploitations concernées selon le nombre de cas ayant été détectés.

Tableau 11 : Nombre de cas par exploitation selon le nombre d'exploitations

Nombre de cas par exploitation	1	2	3	4	5	6	7	8	//	18
Nombre d'exploitations concernées	5673	54	18	11	4	1	0	1	0	1

Il apparait que dans la grande majorité des cas (98,4%), lorsqu'une exploitation a subi une saisie à l'abattoir pour cysticercose, cela n'a eu lieu qu'une seule fois au cours de l'année 2010. A l'inverse, seules 1,6% des exploitations françaises ayant subi une saisie pour cysticercose ont eu plus d'un cas détecté lors de cette même période.

Remarque : Cette analyse est issue de résultats d'une seule année. Elle ne révèle pas dans le cas de saisies multiples si cela a concerné plusieurs animaux abattus le même jour, ou si les cas ont été détectés sur des animaux abattus à différentes dates en 2010.

3.3.2 Sites de prédilection

- **Choix des données**

Il a été décidé de regrouper les données *masséters* et *ptérygoïdiens* en une seule variable *tête*, car d'après le Tableau 12 ci-dessous, seuls 4,3% des cas détectés sur la tête le sont sur les ptérygoïdiens.

Tableau 12 : Localisation des lésions sur la tête en fonction du nombre de cas détectés

Localisation	Nombre de cas	Pourcentage
Masséters	4407	95,7
Ptérygoïdiens	197	4,3
Tête	4604	100

- **Répartition des cysticerques en fonction des sites d'inspection**

Les données, visibles sur le Tableau 13 et la Figure 32 ci dessous, montrent une large prédominance des cysticerques découverts dans la tête (66,8 %) et dans le cœur (29,5 %). Le reste se répartit entre la langue, le diaphragme et l'œsophage.

Tableau 13 : Répartition des cysticerques selon les sites d'inspection (Tableau)

Localisation	Nombre de cas	Pourcentage
Tête (masséters + ptérygoïdiens)	4604	66,8
Cœur	2031	29,5
Langue	71	1,0
Diaphragme	72	1,0
Œsophage	37	0,5
Autre	81	1,2
Total	6896	100

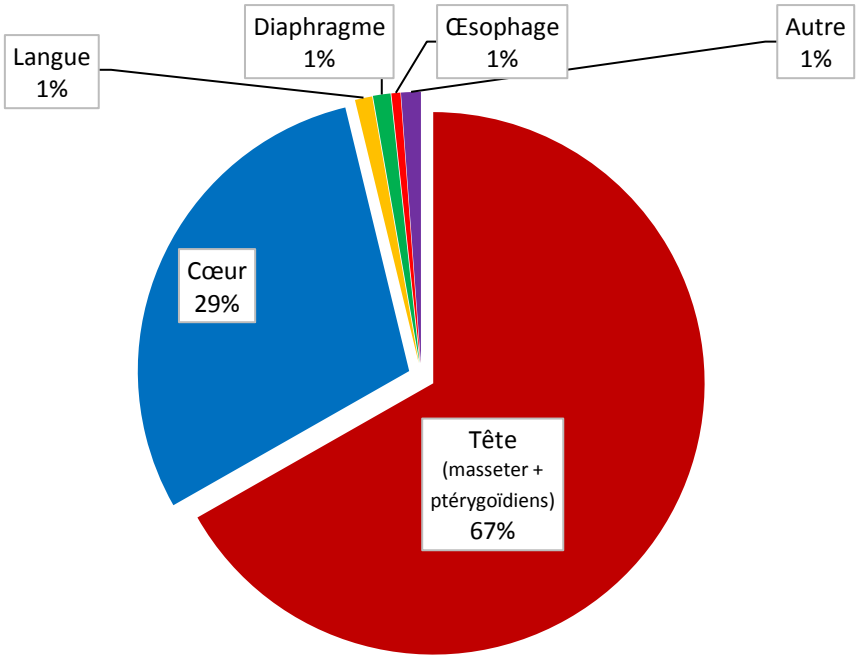


Figure 32 : Répartition des cysticerques selon les sites d'inspection (Graphique)

3.3.3 Proportion de malades avec cysticerques vivants

D'après les données obtenues, 9,4% de cysticerques vivants ont été découverts sur la totalité des animaux malades détectés.

3.3.4 Pouvoir contaminant d'une carcasse

Si on considère que 0,88% des carcasses sont atteintes de cysticercose et que seules 0,15% sont détectées (d'après les résultats de l'enquête, paragraphe 3.2.1 de la 2ème partie), il y aurait **0,73% des carcasses présentes sur le marchés atteintes mais non détectées**. En effet, les carcasses atteintes détectées en abattoir sont soit saisies soit décontaminées par le froid.
→ Parmi les 5 034 677 bovins abattus en France en 2010, il y aurait 367 531 carcasses atteintes de cysticercose sur le marché.

De plus, 9,4% des carcasses atteintes sont porteuses de cysticerques vivants (d'après les résultats de l'enquête, paragraphe 3.2.1 de la 2ème partie) et 10% des carcasses porteuses de cysticerques dégénérés seraient également porteuses de cysticerques vivants non détectés (Point 2.4.3.2 de la première partie), soit 9,1% des carcasses atteintes. Au total, cela représente **18,5% des carcasses atteintes porteuses de cysticerques vivants**.
Au total, on a donc 18,5% de carcasses contaminantes parmi les carcasses atteintes.
→ Parmi les 367.531 carcasses infestées présentes sur le marché en 2010, 6799 carcasses ont pu contaminer l'Homme.

De plus il est estimé d'après l'InVS que 65 000 cas humains sont traités par an (D'après le paragraphe 1.2.4 de la première partie).
→ On peut ainsi estimer qu'**une carcasse avec cysticerques vivants contamine 9,6 personnes en moyenne**.

3.4 Résultats issus de l'exploitation de la base de données Enquête Epidémiologique

Les services d'inspection ont renvoyé 25 enquêtes épidémiologiques effectuées auprès des éleveurs suite à la découverte de cas groupés parmi les animaux envoyés à l'abattoir. Ces enquêtes ont été synthétisées dans le Tableau 14 ci dessous.

Dans 44% des cas, aucune origine n'a pu être suspectée.
Pour les autres, on observe la prédominance de quatre origines possibles de contamination :

- **Tourisme** (32 % des cas) ;
  Proximité de cours d'eau (pêcheurs), d'aire d'autoroute, de sentiers de randonnée…
- **Mauvaise gestion des eaux usées communales** (20% des cas) ;
  Cela peut consister en l'absence de système d'assainissement communal avec déversement des eaux usées dans les cours d'eau auxquels ont accès les animaux, ou pouvant inonder les pâtures.
  Cela peut également être dû à un problème de gestion du trop plein des fosses septiques.
- **Epandage de la fosse septique de l'éleveur** (20 % des cas) ;
  L'épandage est réalisé soit sur les pâtures, soit sur les cultures destinées à l'alimentation animale.
- **Une contamination humaine directe**.
  Cette origine n'est soupçonnée que dans un seul des cas sur les 25, et concerne en l'occurrence l'éleveur.

Tableau 14 : Enquêtes épidémiologiques réalisées par les services d'inspection suite aux cas groupés de cysticercose détectés en 2010

Coordonnées de l'éleveur		Cas humain de téniasis		Fosse septique		Epandage de boues de station d'épuration		Environnement / infrastructure contaminants à proximité	
Localisation de l'élevage	**Distance élevage/domicile (mètres)**	**O/N**	**Description**	**O/N**	**Détails**	**O/N**	**Détails**	**O/N**	**Détails**
85150 Ste FLAIVE DES LOUPS	50	N	NA	O	Fosse aux normes Evacuation vers fosses de la porcherie	N	NA	N	Jeunes bovins achetés en broutards, non nés sur site
85150 Ste FLAIVE DES LOUPS	50	N	NA	O	Mini station Epandu sur chaume de blé et enfoui	N	NA	N	Engraissés en bâtiments couverts
85290 MORTAGNE SUR SEVRE		N	NA	O	Non épandu, pompé vers une station d'épuration	N	NA	N	NA
49280 LA SEGUINIERE	0	N	NA	N	Tranchée filtrante et fossé	O	Il y a 10 ans, épandage sur les cultures	N	NA
85590 TREIZE VENTS	100	N	NA	O	Tranchée filtrante Non épandu	N	NA	N	NA
08110 SACHY	0	N	NA	O	Fosse récente, non vidée	O	Une seule fois il y a 10 ans sur cultures	O	Route départementale. Pas d'assainissement collectif sur la commune, tout part dans la rivière, les animaux de l'élevage y ont accès.
71600 L'HOPITAL LE MERCIER	50	N	NA	N		N	NA	N	NA

Coordonnées de l'éleveur		Cas humain de téniasis		Fosse septique		Epandage de boues de station d'épuration		Environnement / infrastructure contaminants à proximité	
71340 IGUERANDE	1000	N	NA	N		N	NA	N	NA
08090 DAMOUZY	55000	N	NA	O	Non vidée	N	NA	O	Déchèterie et centre équestre jouxtant une pâture
02500 NEUVE-MAISON	800	N	NA	O	Fosse en béton circulaire Le trop plein se déverse dans l'Oise Epandage de sa fosse et de celles des voisins sur les pâtures 1 mois avant mise en place des bovins. 2 fois par an.		NA	O	Pâtures traversées par l'Oise et ruisseaux (pêcheurs) Ensemble de la zone équipée en fosses septiques, trop plein se déverse dans l'Oise. Pâtures de l'éleveur inondées lors des crues
02500 MARTIGNY	100	N	NA	O	Fosse aux normes (obtention d'une eau épurée s'infiltrant dans le sol). Partie solide récoltée par station d'épuration. Il y a 3 ans : épandage sur cultures	O	Sur cultures servant à l'alimentation animale (1 fois par an)	O	Route nationale, sentiers Camp de gens du voyage. Pâtures inondées par l'Oise où se déverse le trop plein de fosses septiques
24160 GENIS	0	N	NA	N		N	NA	N	NA
24210 MONTAGNAC	500	N	NA	O	Fosse du domicile neuve, jamais vidée Fosse de l'élevage épandu sur les terres labourables (cultures)		NA		NA
08130 COULOMMES ET MARQUENY		N	NA	O	Eaux de la fosse et des autres habitations se déversent dans un fossé qui traverse le village. Les animaux y ont accès.	N	NA	N	NA

Coordonnées de l'éleveur		Cas humain de téniasis		Fosse septique		Epandage de boues de station d'épuration		Environnement / infrastructure contaminants à proximité	
08150 VAUX-VILAINE	1200	N	NA	N	Pas de fosse septique, pas de réseau d'assainissement dans la commune	N	NA	N	Pas d'assainissement collectif dans la commune : tuyau à l'arrière des maisons, tout se déverse dans un ruisseau. Les animaux n'y ont pas accès.
95420 WY-DIT-JOLI-VILLAGE	150	N	NA	N	Tout-à-l'égout	N	NA	O	Abreuvement des bovins par captage d'une source.
93470 COUBRON	2000	N	NA	N	Tout-à-l'égout depuis 10 ans (avant : épandage sur pâtures)	N	NA	O	Aire de gens du voyage
44670 St JULIEN de VOUVANTES	0	O	Eleveur, automne 2009. Traité	O	Epandage sur pâtures et cultures dernier épandage juin 2009	N	NA	N	NA
61490 St CLAIR DE HALOUZE	200	N	NA	O	Epandage sur les prairies tous les 3 à 4 ans	N	NA	O	Forêt touristique en période estivale
61100 TAILLEBOIS	80	N	NA	O	Fosse toutes eaux Vidé vers une station d'épuration	N	NA	O	Cours d'eau "Le Lambron" traverse les pâtures + pêcheurs
61390 GAPREE	20	N	NA	O	Epandage en sous-sol	N	NA	N	NA
61350 St SIMEON	100	N	NA	O	Epandu dans le sol	N	NA	N	Animaux engraissés en bâtiment

Coordonnées de l'éleveur		Cas humain de téniasis		Fosse septique		Epandage de boues de station d'épuration		Environnement / infrastructure contaminants à proximité	
17460 LES TRAPIERS	50 à 8000	N	NA	O	Fosse toutes eaux avec drainage Absence d'épandage	N	NA	O	Aire d'autoroute Habitations
17170 St JEAN de LIVERSAY	50	N	NA	O	Fosse toutes eaux avec drainage Absence d'épandage	N	NA	O	Bovins mis en pâture de mars à octobre sur des marais communaux
10270 MONTREUIL EN BARSE	0	N	NA	O	Epandu sur des cultures de maïs "non destiné à la consommation humaine"	N	NA	O	Décharge d'ordures ménagères à 500m

4. Discussion

4.1 Analyse critique de l'enquête

4.1.1 Qualité de l'échantillon

- **Méthode de sélection de l'échantillon**

L'échantillonnage est empirique. En effet, les abattoirs ayant été inclus dans l'étude sont ceux ayant renvoyé leur résultats.

- **Précision et exactitude**

L'échantillon étant de grande taille (88,9% de la population totale est incluse dans l'étude), la précision est très bonne. Ceci est confirmé par le calcul des écart-types des prévalences, qui sont très faibles.

Comme l'échantillon n'a pas été tiré au sort parmi la totalité des abattoirs français de bovins, il n'est pas représentatif de la population. Par définition, l'image obtenue n'est pas exacte.

4.1.2 Réalisation de l'enquête et améliorations méthodologiques proposées

- **Réalisation de l'enquête**

Pour qu'une enquête soit exploitable, il est important de cibler ses objectifs et les résultats désirés avant de diffuser le questionnaire. Il faut savoir à qui les résultats seront destinés et dans quel but. La méthode d'analyse doit être prévue à l'avance afin que le recueil des données soit effectué de façon optimale.

Dans le cadre de cette enquête il aurait été bénéfique d'avoir un mode de recueil des données uniformisé. Cela aurait permis un gain de temps considérable. Un recueil sur une base de données informatisée aurait évité un long travail de traitement de données de différents formats, et aurait permis de centraliser automatiquement les réponses. Les abattoirs n'ayant pas répondu auraient été tout de suite ciblés, et cela aurait évité de devoir les retrouver par déduction dans la liste des abattoirs français puis de les relancer individuellement par courrier électronique. Si cela était impossible, il aurait au moins fallu homogénéiser le format d'envoi des données, en imposant un tableur donné préférentiellement.

L'existence de deux modalités à cocher « C » ou « V » pour chaque site d'inspection a également compliqué l'analyse des données. Il aurait fallu proposer une seule variable avec le choix entre deux modalités « C » ou « V » dans une seule case en fonction du type de kyste trouvé.

Le champ sur l'Information sur la Chaîne Alimentaire a été mal compris, et donc mal rempli, par les services d'inspection. Il a ainsi été impossible de l'exploiter.

Cependant, de très nombreuses réponses ont été récoltées (187 abattoirs ont répondu parmi les 225 existants) et un très grand nombre d'animaux a été inclus dans la base de données.

- **Qualité des données recueillies**

Les animaux atteints étaient référencés selon leur numéro d'identification unique (numéro IPG). Ces numéros ont été saisis à la main par les services d'inspection, sur la fiche à renvoyer à la DGAL. Ceci a engendré un premier niveau d'erreur de saisie.

Certaines données ayant été envoyées dans des formats non copiables informatiquement (PDF® ou feuille manuscrite scannée), un deuxième niveau d'erreur a été possible, car il a été nécessaire de les rentrer à la main sur la base de données.

L'hétérogénéité des formats de réponse (Open Office®, Word®, PDF®, courrier électronique, Excel®…) a nécessité un lourd travail de mise en forme des données sur une feuille de calcul unique.

Au total, 178 animaux référencés dans la base « Malade » étaient absents de la base nationale BDNI. Ce sont des animaux dont les numéros d'identification avaient mal été rentrés. Cela concerne 2,7% des animaux malades référencés.

4.1.3 Problèmes concernant la base de données Générale, construite grâce à la BDNI

Quelques problèmes ont été décelés dans la base extraite de la BDNI. Ces problèmes ont nécessité un travail de second niveau (effectué sur le logiciel 4D) afin de rendre le fichier exploitable par le logiciel R d'analyse statistique.

- **Identification animale**

Dans la base de 5 034 677 bovins abattus, 785 étaient indexés deux fois, comme abattus à des dates différentes. Ceci ne représente cependant que 0,031% des animaux référencés. Ces doublons ont été supprimés.

Il est de plus possible dans ce cas que certains numéros d'identification aient été mal recopiés, mais cela n'a pu être vérifié.

- **Formatage des données**

Le mode de formatage des données issues de la BDNI a compliqué l'analyse ultérieure sur le logiciel statistique R. Trois problèmes ont été détectés et ont nécessité un nettoyage de la base :

- La présence de cases vides lorsque les données étaient manquantes. Il aurait fallu avoir une inscription telle que « NA » dans la case, sans quoi le fichier est décalé lors de l'analyse sur R, et tout est faussé.
- La présence de modalités avec accent, tel que « CroiséViande » ou « CroiséLait ». Les caractères avec accents ne sont pas compris par les logiciels classiques de traitement de données. Il a fallu renommer tous les paramètres.
- De même, la présence de caractères cachés ou d'espaces en fin de modalité a rendu l'analyse directe des données impossibles, un nettoyage de la base a été obligatoire.

- **Données aberrantes ce qui concerne l'âge de l'animal**

Dans la base, 34 397 animaux ont été définis comme âgés de plus de 15 ans, et 695 de plus de 20 ans.

Ces données sont possibles, mais l'extrême étant de 60 ans, on peut supposer que des données soient aberrantes pour certains animaux. Les animaux âgés de plus de 15 ans ont arbitrairement été ignorés.

- **Référencement des abattoirs**

Il n'a pas été possible, pour la population témoin, de ne considérer que les abattoirs ayant participé à l'enquête. En effet, les numéros ILU n'étant pas rentrés de la même manière sur la BDNI et sur les fiches d'enquête, les abattoirs n'étaient pas retrouvables. Par conséquent, des animaux malades ont été considérés comme sains, dans la population témoin. Cependant, à hauteur de la prévalence nationale apparente estimée à 0,88%, cela ne concernerait que 836 animaux malades sur les 557 688 animaux non inclus dans l'étude. L'influence a donc due être mineure sur les profils de risque.

4.2 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Générale

4.2.1 Facteurs de risque

4.2.1.1 Age de l'animal

- **Variabilité de la prévalence apparente selon l'âge de l'animal**

La courbe observée suit 3 tendances :

  - Une croissance très faible pour les animaux âgés de moins de 2 ans.

Les animaux abattus avant l'âge de deux ans sont souvent élevés à l'engrais en bâtiment et sont ainsi peu en contact avec l'extérieur. Ceci explique que leur contamination soit modérée pour cette tranche d'âge (prévalence inférieure à 0,046).

  - Une augmentation importante pour les animaux de 2 à 4 ans.

Les animaux abattus entre 2 et 4 ans ont probablement eu plus accès à des pâtures potentiellement contaminées, d'où une prévalence plus élevée pour cette catégorie (prévalence de 0,28 à 4 ans).

  - Une lente baisse depuis 4 ans jusqu'à 15 ans.

Ceci peut être du à une calcification poussée des kystes au fil du temps, limitant d'autant plus leur détection à l'abattoir que la contamination de l'animal est ancienne.

- **Variabilité de la prévalence apparente selon l'âge de l'animal, en cas de cysticercose avec cysticerque vivant**

On peut déduire de ce point que l'âge de l'animal n'a probablement aucune influence sur la probabilité qu'il soit infesté, si l'on exclue les animaux de moins de deux ans, en majorité élevés en bâtiments.

→ L'âge a ainsi une influence sur la prévalence apparente de la maladie, mais n'influe pas sur la probabilité pour un animal donné de s'infester.

4.2.1.2 Sexe de l'animal

- **Variabilité de la prévalence apparente selon le sexe de l'animal**

Une carcasse de femelle a 3,4 fois plus de chance d'être porteuse de cysticerques qu'une carcasse de mâle.

La différence peut s'expliquer par la durée de vie plus longue des femelles. En effet, d'après le paragraphe 3.2.2.1 de la 2ème partie, la moyenne d'âge à l'abattage des femelles est de 5

ans, 1 mois et 15 jours, alors qu'elle est de 1 an, 3 mois et 9 jours pour les mâles (soit 4 fois moins que les femelles).

Ceci engendre une probabilité plus élevée pour les femelles de se contaminer avant l'abattage.

- **Variabilité de la prévalence apparente selon le sexe de l'animal, en cas de cysticercose avec cysticerques vivants**

Le risque relatif est 2,5 fois plus élevé pour les femelles que pour les mâles : il y a 2,5 fois plus de chances pour une carcasse femelle d'être porteuse de cysticerque vivant que pour une carcasse de mâle (en considérant la population bovine totale).

Le facteur temps ayant été supprimé grâce à la prise en compte uniquement des cas de cysticercose avec cysticerques vivants, les variations observées peuvent s'expliquer par le mode d'élevage différent selon les sexes. Les mâles sont en général abattus jeunes après une période d'engraissement en bâtiment alors que les femelles ont plus fréquemment accès à l'extérieur. Ces dernières ont donc plus de probabilité de s'infester, en étant en contact avec un environnement contaminé.

→ Lors d'une inspection à l'abattoir, il y a 3,4 fois plus de chance de tomber sur une carcasse femelle infestée par le parasite qu'une carcasse de mâle, et 2,5 fois plus de chance d'avoir une carcasse femelle porteuse de cysticerque vivant, c'est-à-dire infestante pour l'Homme.

4.2.1.3 Type de production

La prévalence plus faible des animaux de type Croisé (prévalence de 0,083) peut s'expliquer par le mode de production qui s'y rattache. Il s'agit en règle générale d'animaux issus de mère laitière inséminée par un taureau allaitant, afin de produire un veau de bonne valeur bouchère. Le veau sera donc abattu jeune, et aura moins de chance de s'être infesté avec un œuf de *C. bovis*. En effet, la moyenne d'âge des animaux de type Croisé est de 476,6 jours à l'abattage, soit 1 an, 3 mois et 20 jours, à comparer à l'âge moyen d'abattage de la population totale qui est de 3 ans et 3 mois. Ce sont également des animaux élevés le plus souvent en bâtiment, donc étant moins en contact avec un environnement contaminé.

4.2.1.4 Type racial

L'étude de l'influence de ce facteur de risque semble révéler que certaines races sont plus touchées que d'autres. Cependant, le paramètre de race cachant de nombreux facteurs (géographie, mode d'élevage, climat, type de production…), ces données sont à interpréter avec prudence et une conclusion sur l'influence de ce paramètre serait risquée.

4.2.1.5 Département d'élevage

Un biais a été évité en étudiant uniquement les cas de cysticercose avec cysticerques vivants. Cette démarche permet d'augmenter la probabilité que l'animal provienne réellement de ce département. En effet, si on avait pris en compte tous les animaux détectés et en considérant que les kystes se calcifient dans le temps, l'animal concerné aurait pu s'être infesté plusieurs années auparavant, et avoir possiblement changé d'élevage. Considérer uniquement les cas avec cysticerques vivants permet d'être sûr que l'animal s'est contaminé dans les 12 mois précédents, et permet de limiter un possible changement géographique (qui reste néanmoins possible).

Il semble que les départements situés au-dessous d'une diagonale Nord-Ouest / Sud-Est soient les moins concernés. On peut émettre plusieurs hypothèses d'explication quant aux zones de moindre contamination :

- une moindre survie des œufs dans l'environnement dans les régions du Sud, probablement en lien avec le climat méditerranéen (voir la Figure 25 : Carte des zones climatiques en France). En effet, les œufs survivent en moyenne seulement trois semaines en milieu sec alors que les températures faibles à modérées associées à une forte humidité permettent une longue préservation (WHO, 1983).
- un contact limité avec le monde extérieur en lien avec l'élevage plutôt intensif et en bâtiments dans l'Ouest (en Bretagne notamment) d'après la Figure 26.
  L'élevage en bâtiments limite le contact avec l'extérieur, potentiellement contaminé. La durée d'élevage est également courte, les animaux étant abattus jeunes pour la viande. Ils ont donc encore moins de chance d'ingérer un œuf de *Tænia*.

4.2.2 Facteurs de détection des cas en abattoir

4.2.2.1 Evolution saisonnière

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose**

Face à la faible proportion de cas de cysticercose avec cysticerques vivants parmi la totalité des cas, il a été étudié séparément les deux cas : cysticerques vivants et cysticerques calcifiés.

- **Evolution annuelle des cas avec cysticerques vivants**

Les variations observées ont 14,9% de chances d'être dues aux fluctuations d'échantillonnage. Si l'on considère que les fluctuations ont 85,1% de chances de refléter la réalité, on peut chercher des explications, qui restent cependant risquées :

- Pic en été : Contamination en début d'année des bovins suite à la mise à l'herbe en début de printemps, ou en milieu d'année suite à la période touristique estivale. Ces contaminations auraient entrainé la formation de kystes, n'ayant pas encore dégénéré au moment de l'abattage.
- Pic en fin d'année : Meilleur rapport des cas par les services d'abattoir en fin d'année, après les relances du ministère.

Cependant, les variations observées n'étant pas représentatives, cette interprétation est risquée. On considèrera uniquement les cas avec cysticerques calcifiés pour interpréter la courbe générale.

- **Evolution annuelle des cas avec cysticerques calcifiés**

Il est difficile d'interpréter l'existence de deux pics en juin/juillet et en octobre/novembre concernant la découverte de cysticerques calcifiés. En revanche, la présence d'un creux en août/septembre peut s'expliquer par une moins bonne réalisation des inspections lors des vacances d'été (équipes d'inspection en effectif moindre, remplaçants moins bien formés…).

La typologie des abattages au cours de l'année pourrait expliquer le pic en fin d'année : il s'agit de la période d'abattage des vaches de réforme, probablement plus contaminées.

- **Evolution annuelle des cas de cysticercose généralisée**

Le creux observé en juillet pourrait également être lié aux insuffisances des services d'inspection. Cependant, les différences étant peu significatives, on ne peut que les interpréter avec prudence.

4.2.2.2 Variabilité des prévalences par abattoir

La détection des cysticerques est fortement variable selon les abattoirs. Plusieurs raisons peuvent être envisageables :

- Une réelle variabilité de la prévalence selon les départements d'élevage des animaux (d'après le paragraphe 3.2.2.5 de la 2ème partie). L'activité des abattoirs étant en majorité régionale, ce paramètre influe sur la prévalence détectée selon les abattoirs ;
- Un biais de formation du personnel d'inspection ;
- Une présence à temps partiel d'un vétérinaire sanitaire à l'abattoir (vacation d'une seule journée par semaine par exemple), ceci engendrant un encadrement insuffisant de l'équipe de techniciens ;
- Un manque de temps lors de l'inspection ;
- Un défaut de rapport des cas détectés lors de l'enquête.

4.2.2.3 Information sur la Chaîne Alimentaire

Concernant le rapport des informations relatives à cette variable, de nombreux biais ont été observés :

- Un rapport très aléatoire selon les abattoirs. Il est en effet peu probable que selon les abattoirs tous les animaux présentant des lésions proviennent systématiquement d'un élevage atteint, ou bien systématiquement d'un élevage sain.
- Une absence de cas témoins (ICA positive accompagnant un animal sans découverte de lésion de cysticercose sur la carcasse).
- Un doute sur l'exhaustivité des données : en effet, sur les 5 034 677 bovins abattus en France en 2010, seules 174 ICA positives relatives à la cysticercose ont été rapportées dans l'enquête (relativement aux 6633 cas détectés).

Ceci peut provenir d'un mauvais remplissage des informations relatives à l'ICA par les éleveurs, ou bien concernant les services d'inspection, d'une mauvaise compréhension de l'enquête relative à l'ICA, ou d'un mauvais report des informations relatives à cette variable.

Ainsi, le nombre de données recueillies étant trop faible, et leur qualité trop aléatoire, le lien entre intérêt de l'ICA et inspection en abattoir n'a pas pu être étudié.

4.3 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Malades

Il a été remarqué que seuls 4,3% des cas détectés sur la tête le sont sur les ptérygoïdiens, comparativement aux masséters. Cela peut être dû à une réelle différence de localisation des lésions, à une méconnaissance de la localisation des ptérygoïdiens par les services d'inspection ou à un manque de temps engendrant une inspection uniquement sur les masséters.

Concernant la localisation des lésions, il a été observé une large prédominance des kystes sur la tête et le cœur. Le temps d'inspection en abattoir étant limité, la recherche de cysticerques n'est souvent effectuée que sur la tête (masséters principalement) et le cœur, d'où la large prédominance des découvertes sur ces deux sites. La recherche sur les autres zones de prédilection n'est engagée qu'en cas de découverte sur le cœur ou la tête, pour détecter une éventuelle cysticercose généralisée.

Cependant, et d'après le paragraphe 2.1.5.1.1 de la 1ère partie, les sites les plus touchés restent le cœur et les masséters. Cela s'explique par la grande irrigation sanguine de

ces zones chez le bovin. La recherche préférentiellement sur ces deux zones est donc un bon choix.

Le problème consiste plutôt en la probabilité de détection d'un kyste lors d'une inspection : Il a en effet été estimé à 17% la probabilité de découvrir un cysticerque sur une carcasse infestée (Kyvsgaard *et al.*, 1996).

4.4 Propositions d'explication concernant les résultats issus de la base de données Enquête Epidémiologique

D'après les résultats de l'enquête épidémiologique, il semble que la proximité de zones touristiques est le facteur de risque le plus souvent mis en cause lors de cas groupés dans un élevage (32% des cas), après l'épandage de la fosse septique sur les pâtures ou les zones de cultures (20% des cas) et la mauvaise gestion des eaux usées (20% des cas). Un quart des rapports incriminant le tourisme mentionnent les gens du voyage.

Ces résultats sont cependant à considérer avec prudence, tout d'abord car 25 enquêtes seulement ont été réalisées, et également de par la subjectivité des réponses.

Cependant, ces facteurs de risque sont les mêmes que ceux identifiés lors d'une enquête épidémiologique réalisée au Danemark (Ilsoe *et al.*, 1990b) et détaillé au paragraphe 4.1 de la 1ère partie.

4.5 Solutions proposées en vue de l'amélioration des mesures de surveillance de la cysticercose

- **Cibler la recherche de cysticerques à l'abattoir selon les sites les plus probables**

Effectuer préférentiellement la recherche des cysticerques sur les masséters et le cœur, en augmentant le nombre de coupes pour ce dernier permettrait d'augmenter la détection. Ceci permettrait également des économies de moyens (*cf.* paragraphe 2.1.5.3 de la 1ère partie). En effet, d'après Eichenberger *et al.* (2011), la réalisation de 6 coupes supplémentaires dans le cœur permet de multiplier la probabilité de détection par près de trois (réalisation d'une coupe superficielle, une coupe moyenne et une coupe profonde en parallèle des faces auriculaires et atriales).

- **Adapter l'inspection en abattoir en fonction du contexte (*cf.* paragraphe 2.5 de la 1ère partie)**
  - **Selon les zones de France à risque**

D'après le paragraphe 3.2.2.5 de la 2ème partie, il semblerait que les élevages situés dans la partie de la France au-dessus de la diagonale Nord-Ouest/Sud-Est soient plus touchés que les autres par la maladie.

Cependant, la confirmation des zones à risque en France nécessiterait une étude sur plusieurs années.

  - **Selon le type d'élevage**

L'EFSA a évalué la possibilité d'adapter l'inspection actuelle en filière bovine, dans le cadre des élevages intégrés (EFSA, 2004c). Il serait dans ce cadre utile de mettre en place une gestion globale du cheptel, avec notamment le développement de tests sérologiques, permettant d'attribuer le statut indemne à un élevage donné, ainsi que la prise en compte de l'environnement de l'élevage.

- **Prendre en compte le traitement des carcasses contaminées**

On estime qu'environ 10% des carcasses faiblement infestées (pour qui par exemple un seul kyste a été découvert à l'inspection) sont porteuses de kystes dégénérés et viables (OIE, 2008). La saisie uniquement des zones atteintes est à risque et le traitement de la carcasse entière et des viscères consommables est justifié.

Une étude plus approfondie des coûts et bénéfices engendrés par un traitement systématique des carcasses atteintes serait intéressant à mener, afin notamment de savoir en combien de temps cela permettrait d'éradiquer la maladie du territoire français.

- **Utiliser l'Information sur la Chaîne Alimentaire**

L'intérêt de la mise en place de l'ICA pour la cysticercose bovine n'a pu être étudié par l'analyse des données de l'enquête, celles-ci étant inexploitables vis-à-vis de cet item. A noter que seules 1,6% des exploitations françaises ayant subi une saisie à l'abattoir pour cysticercose ont eu plus d'un cas détecté en 2010 (il s'agit des exploitations qui aurait toutes dû être concernées par l'ICA).

Cependant, le fait que les services d'inspection soient informés de l'arrivée d'un animal à risque (car provenant d'un élevage ayant déjà eu des cas) engendre très probablement une attention accrue lors de l'inspection *post mortem*.

- **Agir à d'autres niveaux que l'abattoir**
  - Diagnostic biologique

La détection d'antigènes par ELISA présente une spécificité élevée et une sensibilité faible en cas de faible infestation. Le développement et la mise en place de cette méthode permettrait de cibler les cheptels à risque à l'abattoir.

La détection d'anticorps par ELISA permettrait de détecter les infestations faibles par individu, mais nécessiterait une étude coût/bénéfice (*cf.* paragraphe 1.3.4 de la 1ère partie).

  - Vaccination

La vaccination contre le *Tænia* est efficace, mais relativement chère en considérant les faibles conséquences chez l'Homme. Un vaccin contre *T. ovis* a déjà été commercialisé en Nouvelle-Zélande (OIE, 2008), il pourrait dans la même mesure être intéressant d'évaluer la possibilité et les conséquences de la mise en place d'un vaccin bovin contre *C. bovis* (*cf.* paragraphe 4.3.1 de la 1ère partie).

  - Vermifugation systématique avant abattage

Les essais expérimentaux ont déjà réalisés dans la vermifugation contre la cysticercose bovine (*cf.* paragraphe 4.3.2 de la 1ère partie). Le traitement permet la dégénérescence de tous les cysticerques présents chez l'animal : la lésion est toujours visible mais le risque de contamination a disparu.

  - Action chez l'Homme

Le traitement du téniasis chez l'Homme laissant les œufs viables dans les selles, le recyclage parasitaire est permis. Le cycle pourrait être brisé à cet endroit, par exemple en traitant systématiquement les selles suite à la vermifugation.

4.6 Propositions de suites possible à ce travail de thèse

Compte tenu des délais impartis, certaines pistes n'ont pu être étudiées lors de la réalisation de ce travail. Ces pistes pourraient mener à d'autres travaux, par exemple lors d'un autre travail de thèse à venir :

- ☞ L'enquête n'a été réalisée que sur la seule année 2010. Une étude suivie dans le temps sur plusieurs années permettrait d'obtenir de meilleurs résultats et d'évaluer de façon plus fiable l'évolution de la maladie en fonction des mois de l'année. Cette démarche serait également intéressante dans le cadre des cas multiples observés en élevage. En effet, beaucoup d'élevages envoient peu d'animaux à l'abattoir en une année. Par conséquent, cette étude n'a pas permis de détecter certains élevages ayant eu un cas sur une année civile, puis un autre sur l'année suivante.

  Une étude à grande échelle étant lourde à mettre en place, une étude ciblée sur certains abattoirs correctement réalisée pourrait déjà être intéressante.

- ☞ L'évaluation des coûts et bénéfices des différentes méthodes proposées dans cette thèse rendraient les propositions listées dans cette thèse plus concrètes, afin de voir si elles sont applicables. C'est le cas notamment de la réalisation de coupes supplémentaires dans le cœur, de la mise en place d'une vaccination animale ou d'une chimioprophylaxie systématique avant abattage.

- ☞ L'étude des conséquences de la mise en place de l'ICA relative à la cysticercose n'ont pu être étudiées. Une nouvelle enquête plus ciblée sur ce sujet pourrait permettre d'évaluer les bénéfices apportés par cette méthode dans la détection des cas ainsi que dans l'amélioration du niveau sanitaire du cheptel français, et les difficultés rencontrées concernant sa mise en place sur le terrain.

5. Communication effectuée dans le cadre du Codex Alimentarius

La Commission du Codex Alimentarius a été créée en 1963 par la FAO et l'OMS afin d'élaborer des normes alimentaires, des lignes directrices et d'autres textes, tels que des Codes d'usages, dans le cadre du Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Les buts principaux de ce programme sont la protection de la santé des consommateurs, la promotion de pratiques loyales dans le commerce des aliments et la coordination de tous les travaux de normalisation ayant trait aux aliments entrepris par des organisations aussi bien gouvernementales que non gouvernementales (Codex Alimentarius, 2011).

Le Comité du Codex sur l'Hygiène Alimentaire (CCFH) a mis en place un groupe de travail sur l'hygiène des viandes, avec notamment une session dédiée à la réalisation de lignes directrices spécifiques pour le contrôle des parasites zoonotiques dans la viande incluant *Cysticercus bovis*.

Un groupe de travail physique co-présidé par l'Union Européenne et la Nouvelle-Zélande s'est réuni à Grange (Irlande) les 14 et 15 juillet 2011 afin d'approuver les travaux sur ces lignes directrices spécifiques. Dans le cadre de ce groupe de travail, une présentation de l'enquête (méthodologie de recueil et d'analyse des données) et des principaux résultats a été réalisée. Au vu des commentaires ayant suivi la présentation, il semblerait que la démarche soit relativement originale. Aucun des pays présent n'avait pour sa part une évaluation précise de la prévalence de la maladie sur son territoire.

Le résumé de cette présentation est présenté en Annexe 5.

CONCLUSION

La cysticercose bovine à *Tænia saginata* est une maladie parasitaire endémique en France. Son diagnostic est actuellement effectué lors de l'inspection post-mortem à l'abattoir, mais la sensibilité de cette méthode est faible. De conséquences cliniques modérées chez l'Homme, elle entraîne surtout des pertes économiques importantes engendrées par les frais d'inspection à l'abattoir et les frais de saisie ou de décontamination des carcasses contaminées.
Considérant ces deux problématiques, et le fait que l'épidémiologie de la maladie est relativement mal connue sur le territoire français, la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) a réalisé une enquête au sein des services d'inspection en abattoir durant l'année 2010 afin de mieux appréhender le problème. L'analyse de ces données a été effectuée lors de ce travail de thèse, et a répondu à plusieurs objectifs fixés par la DGAL.

Il s'agissait tout d'abord de réaliser une première évaluation de l'épidémiologie de la cysticercose bovine en France, les données sur le sujet étant inexistantes, grâce à l'exploitation de l'enquête à grande échelle menée en 2010 dans les abattoirs français de bovins.
Ceci a permis d'estimer la prévalence nationale à 0,88%, de définir des profils de risque, de suivre l'évolution saisonnière des cas ou encore de critiquer l'efficacité de la méthode de détection via la répartition des kystes sur les carcasses. L'analyse des enquêtes épidémiologiques réalisées lors de cas groupés ont permis de mettre en évidence des facteurs de risque en élevage.

La demande était ensuite de proposer des mesures de contrôle de la maladie.
Ceci a été effectué à partir de l'étude bibliographique ainsi que de l'analyse épidémiologique de la situation. Les mesures proposées se situent à différents points clé du cycle parasitaire, que ce soit à l'abattoir (détection et traitement des carcasses contaminées), en élevage ou au niveau du traitement des effluents humains. La possibilité d'une adaptation de l'inspection en fonction du contexte a bénéficié d'une première évaluation.

Enfin, il s'agissait d'évaluer la possibilité de l'exploitation de la base de données nationale d'identification (BDNI) à des fins épidémiologiques, en mettant en place une méthode adaptée.
Ceci a permis de mettre en évidence les qualités mais également les limites du système d'identification en France, et de réaliser une analyse critique de la réalisation de l'enquête, afin de proposer des améliorations pour des démarches futures du même type.

Cette méthode et ses résultats ont fait l'objet d'une présentation devant un groupe de travail du Codex Alimentarius le 15 juillet 2011, où les retours ont été positifs, la démarche ayant été considérée comme intéressante.

Le Professeur responsable
VetAgro Sup campus vétérinaire

Le Président de la thèse

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 07 NOV. 2011

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F.N GILLY

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1

Le Directeur général
VetAgro Sup

Par délégation
Pr F. Grain - DEVE
VetAgro Sup
Campus Vétérinaire

Bibliographie

ABUSEIR S., EPE C., SCHNIEDER T., KLEIN G., KÜHNE M. (2006)
Visual diagnosis of *Tænia saginata* cysticercosis during meat inspection: is it unequivocal ?
Parasitol. Res., **99**, 405-409

ABUSEIR S., KÜHNE M., SCHNIEDER T., KLEIN G., EPE C. (2007)
Evaluation of a serological method for the detection of *Tænia saginata* cysticercosis using serum and meat juice samples.
Parasitol Res., **101**, 131-137

ACIA (2009)
Cysticercose. Site de l'Agence Canadienne Inspection des Aliments [en ligne]
Page consultée le 03/09/2010
Adresse URL : www.inspection.gc.ca/francais/anima/disemala/bovinecyst/bovinecystf.shtml

ADEME (2003a)
Site de l'ADEME [en ligne]
Page consultée le 18/08/2010
Adresse URL : http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/f32.htm

ADEME (2003b)
Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration [en ligne]
Page consultée le 19/08/2010
Adresse URL : http://www.ademe.fr/partenaires/boues/pages/f14.htm

ADEME (2003c)
Les boues d'épuration municipale et leur utilisation en agriculture [en ligne]
Page consultée le 19/08/2010
Adresse URL : http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/default.htm

AFSSA (2000)
Rapport du groupe de travail « Alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments ».
AFSSA, Maisons-Alfort, 143-147

AFSSA (2003)
Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique.
AFSSA, Maisons-Alfort, 74

AFSSA (2008)
Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation.
AFSSA, Maisons-Alfort, 17

ALLEPUZ A., NAPP S., PICADO A., ALBA A., PANADES J., DOMINGO M., *et al*. (2009)
Descriptive and spatial epidemiology of bovine cysticercosis in North-Eastern Spain (Catalonia).
Vet. Parasitol., **159**, 43-48

ALERTES METEO (2008)
Les zones climatiques en France [en ligne]
Page consultée le 19/07/2011
Adresse URL : http://www.alertes-meteo.com/cartes/carte-zones-climatiques.php

ANOFEL (2007)
2ème cycle des études médicales, Enseignement de Parasitologie et Mycologie 3ème édition. Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie, Nantes, 159-165

BIODEUG (2006)
Les Métazoaires Triploblastiques Acœlomates et Pseudo-cœlomates [en ligne]
Page consultée le 20/06/2011
Adresse URL :
http://biodeug.com/new/index.php?option=com_content&task=view&id=114&Itemid=60

BLAZEK K., SCHRAMLOVA J., KURSA J. (1982)
Peculiarities of neonatal infection of calves with *Cysticercus bovis.*
In : Proceeding of the first international symposium on human Tæniasis and cattle cysticercosis, 20-24 sept. 1982, Leske Budejovice, Tchécoslovaquie, 41
Ed : Jan Prokopič

BOONE I., THYS E., MARCOTTY T., DE BORCHGRAVE J., DUCHEYNE E., DORNY, P. (2007)
Distribution and risk factors of bovine cysticercosis in Belgian dairy and mixed herds.
Prev. Vet. Med., **82**, 1-11

BRANDT J.R.A., GEERTS S., DE DEKEN R., KUMAR V., CEULEMANS F., BRIJS L., *et al*. (1992)
A monoclonal antibody based ELISA for the detection of circulating excretory–secretory antigens in *Tænia saginata* cysticercosis.
Int. J. Parasitol., **22**, 471-477

CABARET J., GEERTSB, J., MADELINEC M., BALLANDONNEC C., BARBIERC D. (2002)
The use of urban sewage sludge on pastures: the cysticercosis threat.
Vet. Res., **33**, 575–597

CABARET J., MOUSSAVOU-BOUSSOUGOU M.N., MADELINE M., BALLANDONE C., BARBIER D. (2003)
Epandage des boues d'épuration urbaines sur les prairies : risque de cysticercose pour les ruminants et de téniasis pour l'Homme.
Dossier de l'environnement de l'INRA, **25**, 91-94

CABARET J., MOUSSAVOU BOUSSOUGOU M-N. (2005)
Téniasis humain lié a l'épandage de boues d'épuration, une nouvelle émergence ?
In : COLLECTIF, Atelier - séminaire sur le thème traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement, Rabat (Maroc), 3-6 mars 2005, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, 8

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (2003)
Norme générale : Codex pour les denrées alimentaires irradiées.
CODEX STAN 106-1983, REV. 1-2003.

CODEX ALIMENTARIUS (2011)
Page d'accueil du Codex Alimentarius [en ligne]
Page consultée le 25/07/2011
Adresse URL : http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp

COMMISSION EUROPEENNE (2000)
Tænia saginata.
In : European Commission, health and consumer protection directorate, Opinion of the scientific committee on veterinary measures relating to public health on The control of taeniosis/cysticercosis in man and animals. 6-18

DOCKES A.C., DUPAS G., FRAPPAT B. (2009)
La Charte des Bonnes Pratiques d'Elevage - Eléments d'évaluation de la démarche.
Institut de l'élevage, Paris, 1-24

DORNY P., VERCAMMEN F., BRANDT J., VANSTEENKISTE W., BERKVENS D., GEERTS S. (2000)
Sero-epidemiological study of *Tænia saginata* cysticercosis in Belgian cattle.
Vet. Parasitol., **88**, 43–49

DORNY P., PRAET N. (2007)
Tænia saginata in Europe.
Vet. Parasitol., **149**, 22-24

EFSA (2004a)
Opinion of the Scientific Panel on biological hazards on the suitability and detains of freezing methods to allow human consumption of meat infected with *Trichinella* or *Cysticercus*.
The EFSA Journal, **142**, 1-51

EFSA (2004b)
Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on the "Risk assessment of a revised inspection of slaughter animals in area with low prevalence of *Cysticercus*".
The EFSA Journal, **176**, 1-24

EFSA (2004c)
Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on Revision of Meat Inspection for Beef raised in Integrated Production Systems.
The EFSA Journal, **141**, 1-56

EFSA (2010)
Development of harmonized schemes for the monitoring and reporting of *Cysticercus* in animals and foodstuffs in the European Union.
Scientific report submitted to EFSA, question EFSA-Q-2009-01073, 12 février 2010, 30pp.

EICHENBERGER R.M., STEPHAN R., DEPLAZES P. (2011)
Increased sensitivity for the diagnosis of *Tænia saginata cysticercus* infection by additional heart examination compared to the EU-approved routine meat inspection.
Food Control, **22**, 989-992

FAN P.C. (1997)
Annual economic loss caused by *Tænia saginata asiatica* Tæniasis in East Asia.
Parasitol. Today, **13**, 194-196

FAO (2010)
Manual on meat inspection for developing countries [en ligne]
Page consultée le 25/08/2010
FAO Corporate Document Repository
Adresse URL : http://www.fao.org/docrep/003/t0756e/T0756E04.htm#ch3.4.1.5

FROYD G., ROUND M.C. (1959)
Infection of cattle with *Tænia saginata* cysts by the infection of oncosphere.
Nature, **184**, 1510

GEERTS S. (1990)
Tænia saginata: een eeuwig problem ?
Verhand.Kon. Acad.Geneesk. Belg., **52**, 537-564

GEERTS S., DEBORCHGRAVE J., BRANDT J.,KUMARV., DE DEKEN R. (1992)
Infectivity of irradiated and non-irradiated cysticerci of *Tænia saginata*.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., **86**, 421-422

GEERTS S. (1993)
The Tæniasis-cysticercosis complex in Africa.
Meded. Zitt. Kon. Acad. Overz. Wet., **38**, 245-264

GEYSEN D., KANOBANA K., VICTOR B., RODRIGUEZ-HIDALGO R., de BORCHGRAVE J., BRANDT J., *et al*. (2007)
Validation of meat inspection results for *Tænia saginata* cysticercosis by PCR-restriction fragment length polymorphism.
J. Food Prot., **70**, 236-240

HARRISON L., GALLIE G., SEWELL M. (1984)
Absorption of cysticerci in cattle after treatment of *Tænia saginata* cysticercosis with praziquantel.
Res in Vet Sci., **37**, 378-380

HARRISON L.J., GARATE T., BRYCE D.M., GONZALEZ L.M., FOSTER-CUEVAS M., WAMAE L.W., *et al*. (2005)
Ag-ELISA and PCR for monitoring the vaccination of cattle against *Tænia saginata* cysticercosis using an oncospheral adhesion protein (HP6) with surface and secreted localization.
Trop. Anim. Health Prod., **37**, 103-20

HILWIG R.W., CRAMER J.D., FORSYTH K.S. (1978)
Freezing times and temperatures required to kill cysticerci of *Tænia saginata* in beef.
Vet. Parasitol., **4**, 215-219

IHAKA R., GENTLEMAN R. (1996)
R: a langage for data analysis and graphics.
Journal of Computational and Graphical Statistics,**5** , 299-314.

ILSOE B., KYVSGAARD N.C., NANSEN P., HENRIKSEN S.A. (1990a)
A study on the survival of *Tænia saginata* eggs on soil in Denmark.
Acta. Vet. Scand., **31**, 153-158

ILSOE B., KYVSGAARD N.C., NANSEN P., HENRIKSEN S.A. (1990b)
Bovine cysticercosis in Denmark. A study of possible causes of infections in farms with heavily infected animals.
Acta. Vet. Scand., **31**, 159-168

INSTITUT DE L'ELEVAGE (2007)
Charte des Bonnes Pratiques d'Elevage - Notice technique.
Institut de l'élevage, Paris, 6pp.

INSTITUT DE L'ELEVAGE (2011)
Communication personnelle par Yves Tregaro de FranceAgriMer du Power Point « L'élevage bovin allaitant français à l'horizon 2015 et perspectives 2035 » créé par Christophe Perrot de l'Institut de l'Elevage.

InVS (2003)
Tæniasis.
In : COLLECTIF, Morbidité et mortalité dues aux maladies d'origine alimentaire en France. InVS, St Maurice, 165-168

JEPSEN A., ROTH H. (1949)
Epizootiology of *Cysticercus bovis* – resistance of the eggs of *Tænia saginata.*
Report of the 14th International Veterinary Congress, **2**, 43-50

KYVSGAARD N.C., ILSOE B., HENRIKSEN S.A., NANSEN P. (1990)
Distribution of *Tænia saginata* cysts in carcasses of experimentally infected calves and its significance for routine meat inspection.
Res. Vet. Sci., **49**, 29-33

KYVSGAARD N., MAEDA G., NANSEN P., BIZRGH H. (1996)
Distribution of *Tænia saginata* cysts by muscle group in naturally infected cattle in Tanzania.
Prev. Vet. Med., **28**, 1-89

LE QUERE C. (1992)
La cysticercose bovine en Basse-Normandie.
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Nantes, Nantes, 75pp. + annexes

LIGHTOWLERS M., ROLFE R., GAUCI C. (1996)
Tænia saginata : Vaccination against Cysticercosis in Cattle with Recombinant Oncosphere Antigens.
Exp. Parasitol., **84**, 330–338

LLOYD S., SOULSBY E. (1984)
Albendazole treatment of *Tænia saginata* in calves.
Helminthologia, **21**, 169-174

LOPES W.D., SANTOS T., SOARES V., NUNES J., MENDONCA R., DE LIMA R., *et al.* (2011)
Preferential infection sites of *Cysticercus bovis* in cattle experimentally infected with *Tænia saginata* eggs.
Res. Vet. Sci., **90**, 84-88

MADELINE M., BALLANDONE C., GUYON R., MALAS J.P., VILAGINES P., CABARET J., *et al*. (2001)
Mise en évidence de la viabilité des œufs de Taeniidés dans les boues résiduaires urbaines.
Eur. Hydrol., **31**, 85-90

McCOOL C.J. (1979)
Distribution of *Cysticercus bovis* in lightly infected young cattle.
Aust. Vet. J., **55**, 214-216

McFADDEN A.M.J., HEATH D.D., MORLEY C.M., DORNY P. (2011)
Investigation of an outbreak of *Tænia saginata* cysts (*Cysticercus bovis*) in dairy cattle from two farms.
Vet. Parasitol., **176**, 177-184

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER (2010)
L'épandage des boues de stations d'épuration urbaines sur les sols [en ligne]
Page consultée le 26/08/2010
Adresse URL : www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/donnees-essentielles/sol/le-sol/l-epandage-des-boues-de-stations-d-epuration-urbaines-sur-les-sols.html

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU (2011)
Fosse septique, presentation générale et fonctionnement [en ligne]
Page consultée le 10/04/2011
Adresse URL : http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/FossesSeptiques/1FSpresGen9.htm

OGUNREMI O., BENJAMIN J. (2010)
Development and field evaluation of a new serological test for *Tænia saginata* cysticercosis.
Vet. Parasitol., **169**, 93–101

OIE (2008)
Cysticercoses.
In : Manuel terrestre de l'OIE, Manuel des tests diagnostiques et des vaccins pour les animaux terrestres 2009. OIE, Paris, 1332-1343

OMS (1991)
Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excreta en agriculture et aquaculture - Mesures pour la protection de la santé publique.
Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 69-70

ONYANGO-ABUJE J.A., NGINYI J.M., RUGUTT M.K., WRIGHT S.H., LUMUMBA P., HUGHES G., *et al*. (1996)
Seroepidemiological survey of *Tænia saginata* cysticercosis in Kenya.
Vet. Parasitol., **64**, 177-185

PINTO P.S.A., MONTEIRO L.L., DIAS F.S. (2006)
Evaluation of the ELISA test for the antibody detection in cattle naturally and experimentally infected with *Cysticercus bovis*.
Vet. Parasitol., **141**, 260-263

RAVIS D. (1984)
Contribution à l'étude bibliographique de l'embryophore de *Tænia saginata* et de ses rapports avec l'épidémiologie de la cysticercose bovine et de la Téniase humaine.
Thèse de médecine, université de Rennes (118), 136pp

RICKARD M.D., ADOLPH A.J., ARUNDEL J.H. (1977)
Vaccination of calves against *Tænia saginata* infection using antigens collected during in vitro cultivation of larvae : passive protection via colostrum from vaccinated cows and vaccination of calves protected by maternal antibody.
Res. Vet. Sci., **23**, 365-357

ROBERTS T., MURRELL K.D., MARKS S. (1994)
Economic losses caused by foodborn parasitic diseases.
Parasitol. Today, **10**, 419-423

SCANDRETT B., PARKER S., FORBES L., GAJADHAR A., DEKUMYOY P., WAIKAGUL J., *et al*. (2009)
Distribution of *Tænia saginata* cysticerci in tissues of experimentally infected cattle.
Vet. Parasitol., **164**, 223–231

SOULE C. (1994)
La cysticercose bovine, un éternel problème de santé publique.
Le Point Vétérinaire, **26**, numéro spécial, 99-103

SQUINAZI F. (2008)
Risque sanitaire des DASRI.
In : COLLECTIF, 1er colloque européen Gestion durable des DASRI, vers une harmonisation des pratiques, Paris, 22 octobre 2008. ADEME, Paris, 6-9

TIMSIT E., TRESSE C., JACQUES J.P., KON-SUN-TACK A., CHAUVIN A. (2007)
Etude de cas de l'internat : cysticercose ou ladrerie bovine : le dépistage sérologique des bovins atteints.
Nouv. Prat. Vét. élevages et santé, **453**, 81-85

VAN KERCKHOVEN I., VANSTEENKISTE W., CLAES M., GEERTS S., BRANDT J. (1998)
Improved detection of circulating antigen in cattle infected with *Tænia saginata* metacestodes.
Vet. Parasitol., **76**, 269–274

WALTHER M., KOSKE J.K. (1980)
Tænia saginata cysticercosis: a comparison of routine meat inspection and carcass dissection results in calves.
Vet. Rec., **106**, 401-402

WHO (1983)
Gemmell M.A, Matyas Z., Pawlowski Z., Soulsby EJL.
Guidelines for surveillance, prevention and control of Tæniasis/cysticercosis.
Geneva, Switzerland, VPH/83/49, 207pp

WHO (1994)
Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food.
Geneva, Switzerland, 161 pp

ZARGAR S.A., LATEEF M., KHAN A.R, NAZIR M., SHOUKAT A. (2008)
Successful treatment of niclosamide and praziquantel resistant beef tapeworm infection with nitazoxanide.
Int. J. Infect. Dis., **12**, 80-82

Références règlementaires

REGLEMENT 853/2004/CE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL DU 29 AVRIL 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.
JOUE L139 du 30 avril 2004, 16-18

REGLEMENT 854/2004/CE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL DU 29 AVRIL 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.
JOUE L226/83 du 25 juin 2004, 25-26 et 34

DECISION 2000/285/CE DE LA COMMISSION DU 5 AVRIL 2000, modifiant la décision 91/516/CEE du 9 septembre 1991 fixant la liste des ingrédients dont l'utilisation est interdite dans les aliments composés pour animaux.
JOUE L094 du 14 avril 2000, pp 43-44

DECRET N°94-352 DU 4 MAI 1994 relatif à la protection des travailleurs contre les risques résultant de leur exposition à des agents biologiques et modifiant le code du travail.
JORF du 6 mai 1994, 8pp

ARRETE DU 3 JUIN 1998 modifiant l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.
JORF n°149 du 30 juin 1998, 16pp

ARRETE DU 18 DECEMBRE 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en contenant.
JORF n°0301 du 29 décembre 2009, texte n° 29, 22608
NOTE DE SERVICE DGAL/SDSSA/N2010-8032 DU 2 FEVRIER 2010 relative aux mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie.

Crédits photographiques

- Service d'inspection vétérinaire de l'abattoir de Cuiseaux (71).
- ANOFEL - Association Française des Enseignants et Praticiens Hospitaliers Titulaires de Parasitologie et de Mycologie Médicale.
- VetagroSup Campus Vétérinaire de Lyon, Unité de Santé Publique, Parasitologie.
- VetagroSup Campus Vétérinaire de Lyon, Unité de Santé Publique, Qualité Sanitaire des Aliments.

Annexes

Annexe 1 : Note de service DGAL/SDSSA/N2010-8032 du 2 février 2010 relative aux mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie 126
Annexe 2 : Modèle de fiche de recensement des lésions de cysticercose bovine observées en abattoir 131
Annexe 3 : Modèle de fiche d'enquête concernant la mise en évidence de cas groupés de cysticercose bovine 133
Annexe 4: Prévalence apparente selon le département d'élevage 134
Annexe 5 : Présentation de l'enquête dans la cadre du CCFH, Codex Alimentarius 135

Annexe 1 : Note de service DGAL/SDSSA/N2010-8032 du 2 février 2010 relative aux mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie

ORDRE DE SERVICE D'ACTION

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE

Direction générale de l'alimentation **Service de l'alimentation** **Sous-direction de la Sécurité Sanitaire des Aliments** **Bureau des établissements d'abattage et de découpe** Adresse : 251 rue de Vaugirard 75 732 PARIS CEDEX 15 Suivi par : Jocelyn MEROT Tél : 01.49.55.84.08 Courriel institutionnel : bead.sdssa.DGAL@agriculture.gouv.fr **NOR :** Réf. Interne : MOD10.21 B 29/10/09	**Note de service** **DGAL/SDSSA/N2010-8032** **Date : 2 février 2010**

Date de mise en application :	immédiate
Abroge et remplace :	Circulaire 948 C du 03/04/1969 *relative à la cysticercose des bovidés* Circulaire 8074 (1221 C) du 17/11/1970 rel*ative à la cysticercose bovine* Circulaire 8417 (1561 C) du 11/09/1972 *relative à la cysticercose bovine* Circulaire 8662 (202 C) du 11/02/1974 *relative à la cysticercose bovine* Circulaire 8192 (10 C) du 20/01/1977 *relative à la cysticercose bovine* Circulaire 8014 (13 C) du 25/01/1980 *relative à la cysticercose bovine* Note de service DGAL/SDHA/N95-8211 du 04/09/1995 *relative à la cysticercose bovine* Note de service DGAL/SDHA/N94-8183 du 09/11/1994 *relative à la réglementation applicable aux abattoirs, aux ateliers de découpe de viande de boucherie et à l'abattage d'urgence des animaux de boucherie*
Date limite de réponse :	15 juillet 2010, 15/01/2011
🗐 Nombre d'annexes :	2
Degré et période de confidentialité :	tout public

Objet : Mesures de lutte contre la cysticercose bovine en abattoir d'animaux de boucherie.

Références :
- REGLEMENT (CE) N° 854/2004 DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine
- Arrêté du 18 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en contenant
- Note de service DGAL/SDSSA/N2006-8139 du 07/06/2006 relatif aux modalités d'utilisation d'une liste harmonisée caractérisant les lésions et autres non-conformités rencontrées en abattoir d'animaux de boucherie et à l'origine de saisies vétérinaires

Résumé :
L'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé prévoit, comme le Règlement (CE) 854/2004 sus-visé, la congélation des carcasses de bovins sur lesquelles ont été observés un ou plusieurs cysticerques vivants ou calcifiés.

Cependant, l'analyse du nombre et de la répartition des carcasses concernées par cette disposition, outre les conséquences techniques et économiques liées à la congélation d'un grand nombre de carcasses, montre la nécessité de mettre en place un dépistage efficace et harmonisé des lésions de cysticercose à l'abattoir. Ce dépistage sera favorisé par la mise en place progressive des mesures relatives à l'information sur la chaîne alimentaire (ICA) qui a retenu les lésions de cysticercose comme information pertinente.
En conséquence, les mesures de traitement par le froid (congélation) prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé sont réservées aux carcasses de bovins sur lesquelles ont été observés un ou plusieurs cysticerques vivants. Les autres mesures prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé restent inchangées, notamment les mesures prévoyant la saisie des carcasses présentant une infestation généralisée de cysticercose (plus d'une lésion par décimètre carré).
Les modalités d'application de ces mesures pourront être revues en fonction des résultats d'un travail de thèse vétérinaire qui aura pour objectif notamment d'étudier et d'améliorer les mesures de surveillance de la cysticercose à l'abattoir.

Mots-clés : cysticercose – abattoir – inspection *post mortem* – bovins

Destinataires	
Pour exécution : - DRAAF - DDCSPP - DDPP - DDSV - DSV	**Pour information** : - Préfets - ENV - ENSV - INFOMA - BNEVP - Référents nationaux abattoirs - Fédérations d'abatteurs (COOP DE FRANCE, FNEAP, FNICGV, SNIV) - INTERBEV

Dans l'attente d'une note de service de synthèse qui précisera les modalités d'application de l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé (dit "Arrêté DAOA"), je vous demande d'appliquer les mesures suivantes relatives à la cysticercose bovine. Ces dispositions représentent une étape dans la stratégie globale de lutte contre la cysticercose bovine dont l'information sur la chaîne alimentaire (ICA) qui intègre les lésions de cysticercose comme information pertinente constitue un autre maillon.

APPLICATION STRICTE DES MODALITES D'INSPECTION PREVUES PAR LE REGLEMENT 854/2004

Concernant le dépistage des lésions de cysticercose à l'abattoir, il est demandé d'appliquer, dès à présent si tel n'était pas le cas, les modalités prévues par le Règlement (CE) N° 854/2004 sus-visé (ANNEXE I - SECTION IV - CHAPITRE I), à savoir, notamment pour ce qui concerne spécifiquement la recherche des cysticerques et l'examen des lieux d'élection du parasite sur les carcasses de jeunes bovins (animaux âgés de 8 à 12 mois) et de gros bovins (animaux âgés de plus de 12 mois) :

1) […] ***examen des masséters externes****, dans lesquels il convient de pratiquer* ***deux incisions parallèles à la mandibule****, ainsi que des* ***masséters internes*** *(muscles ptérygoïdes internes),* ***à inciser suivant un plan****.* ***La langue****, préalablement dégagée de façon à permettre un examen visuel détaillé de la bouche et de l'arrière-bouche,* ***doit faire l'objet d'un examen visuel et d'une palpation*** *;*
2) ***inspection*** *de la trachée et* ***de l'œsophage*** *; […]*
3) ***examen visuel du péricarde et du cœur****, ce dernier faisant l'objet d'une* ***incision longitudinale de façon à ouvrir les ventricules et à traverser la cloison interventriculaire*** *;*
4) ***examen visuel du diaphragme*** *;*
[…]

A l'issue de cette inspection qui devra être réalisée dans des conditions d'hygiène satisfaisantes de façon à pouvoir permettre la valorisation alimentaire des tissus inspectés le cas échéant, s'il a été mis en évidence une lésion (cysticerque vivant ou lésion d'involution, calcifiée ou non évoquant la cysticercose), la carcasse ainsi que les abats rouges correspondants dûment tracés (cœur, langue, œsophage, tête) doivent être systématiquement consignée pour procéder à un examen approfondi. Ce second examen pourra, selon l'organisation des abattoirs et des services vétérinaires être réalisé en flux tendu ou après réfrigération dans le local de consigne.
L'examen approfondi à conduire consiste en :

- l'examen méticuleux de toutes les surfaces musculaires visibles en portant une attention particulière au voisinage des insertions osseuses, près des aponévroses (muscles intercostaux, adducteurs de la cuisse, muscles de l'épaule, surfaces musculaires mises à jour lors de l'émoussage),
- l'examen visuel approfondi des sites d'élection, les hampes et l'onglet sont examinés par palpation-tension après enlèvement des séreuses ou aponévrose sur au moins une face.
- La découpe du cœur à minima en 4 (cet organe est le site favori de localisation des larves)

Le vétérinaire officiel fait procéder à toute incision complémentaire qu'il juge utile pour établir ses conclusions [1].

Si les postes d'inspection (sur chaîne et poste d'inspection approfondie), ne sont pas actuellement dimensionnés ou équipés pour que cette inspection puisse être réalisée dans de bonnes conditions (ergonomie, sécurité, luminosité, équipement de sanitation…), vous vous rapprocherez du responsable de l'établissement afin que les modifications nécessaires y soient apportées dans les meilleurs délais.

[1] Les résultats de différentes études sur la cysticercose bovine montrent que le cœur est un des lieux d'élection du parasite et que son examen méticuleux permet une bonne détection des lésions, aussi efficace que l'examen de tous les autres sites d'élection si cet examen est correctement réalisé ; plusieurs travaux expérimentaux ont utilisé une coupe en tranches fines du cœur. Le vétérinaire officiel pourra ainsi procéder à plusieurs incisions du cœur pour permettre une détection efficace.

APPLICATION DES MESURES DE TRAITEMENT PAR LE FROID RESERVE AUX CARCASSES PRESENTANT UN OU PLUSIEURS CYSTICERQUES VIVANTS

Les audits de plusieurs abattoirs ont montré que la technique d'inspection n'est pas toujours réalisée, le plus souvent de la manière décrite par la réglementation. Avant de renforcer les mesures de lutte contre la cysticercose, il convient par conséquent d'améliorer les modalités de détection via l'inspection et de satisfaire aux prescriptions réglementaires en vigueur au niveau communautaire.
Cela est d'autant plus justifié que la cysticercose bovine a une incidence sur la santé publique ; même si aucune estimation fiable n'est disponible [2], les cas humains de téniasis d'origine bovine recensés en France chaque année sont de l'ordre de 100.000.

De plus, compte tenu de la prévalence forte des lésions de cysticercose calcifiée établie à partir d'un échantillon d'abattoirs, la congélation de toutes les carcasses concernées, outre les aspects économiques engendrés (coût de la congélation et dépréciation des carcasses congelées) [3], pourrait entraîner dans certains sites des problèmes d'ordre structurel (difficultés de mise en œuvre par manque d'équipement de congélation) et sanitaire (dépassement des capacités de stockage des carcasses).

C'est pourquoi, il a été décidé

- d'une part de renforcer la détection par une inspection conduite conformément à la technique d'inspection règlementaire complétée par une inspection approfondie dès que la présence d'un cysticerque a été décelée.
- D'autre part de ne soumettre, pour l'instant, à la congélation que les carcasses sur lesquelles ont été observés au moins un cysticerque vivant (application partielle des mesures prévues par l'APPENDICE 6 DE L'ANNEXE V de l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé). Il est par conséquent demandé au vétérinaire officiel de faire procéder à la **congélation uniquement des carcasses présentant un ou plusieurs cysticerques vivants** avec rédaction d'un laissez-passer conformément à l'APPENDICE 6 DE L'ANNEXE V de l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé. A noter que si les modalités d'inspection sont améliorées, le nombre de carcasses devant être congelées (celles présentant des cysticerques vivants) sera probablement augmenté.

Les autres mesures prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé restent inchangées, notamment les mesures prévoyant la saisie totale des carcasses présentant une infestation généralisée de cysticercose (plus d'une lésion par décimètre carré).

1. Lorsqu'il a été mis en évidence en quelque lieu que ce soit (même dans un seul site d'élection) plus d'une lésion au décimètre carré (cysticerque vivant, lésion d'involution calcifiée ou non), la carcasse ainsi que les abats rouges sont reconnus impropres à la consommation humaine et sont éliminés comme sous-produits de catégorie 2. Le motif à utiliser sur le certificat de saisie qui sera rédigé est : « cysticercose musculaire généralisée » en faisant référence au Règlement (CE) n° 854/2004 sus-visé (annexe I section II chapitreV §1 alinéa h).
2. Lorsque les lésions (cysticerque vivant ou lésion d'involution, calcifiée ou non) sont en quantité moindre :

- dans tous les cas, les organes ou parties porteuses de lésions sont saisis. Le motif à utiliser sur le certificat de saisie qui sera rédigé est : « cysticercose musculaire localisée – forme dégénérée » (dans le cas de cysticerques dégénérés ou calcifiés) ou « cysticercose musculaire localisée – forme vivante » (cas de cysticerque vivant) avec une référence au Règlement (CE) n° 854/2004 sus-visé (annexe I section II chapitreV §1 alinéa h) ;

---

2 La seule donnée disponible actuellement est la quantité de Trédémine ND (traitement spécifique du téniasis) commercialisée.

[3] Appliquer dès maintenant les mesures de traitement par le froid (congélation) aux carcasses sur lesquelles ont été observés des cysticerques vivants et/ou calcifiés reviendrait dans certains établissements à multiplier par 10 ou plus le nombre de carcasses à congeler.

- s'il a été mis en évidence un ou plusieurs cysticerques vivants, le reste des parties non saisies (carcasse, langue coupe courte, œsophage, cœur, parties de têtes non MRS) est assaini par le froid selon les conditions définies dans l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé ;
- s'il a été mis en évidence uniquement des cysticerques en involution, le reste des parties non saisies peut être mis sur le marché.

MISE EN PLACE DE TRAVAUX DE RECHERCHE AU COURS DE L'ANNEE 2010

En collaboration avec les professionnels de la filière bovine et les services vétérinaires, un travail de thèse d'exercice vétérinaire permettant d'améliorer les mesures de surveillance de la cysticercose à l'abattoir va être conduit au cours de l'année 2010. Il portera notamment sur :

- l'étude d'un mode opératoire normalisé pour optimiser la recherche de cysticerques (notion de sites de prédilection) chez les bovins, y compris les veaux ;
- une enquête en abattoirs pour mesurer la prévalence de la cysticercose en France et identifier les élevages « à risque ». A cette fin, je vous demande de recenser durant l'année 2010 les découvertes à l'abattoir de lésions de cysticercose bovine dans un tableau selon le modèle de l'**Annexe 2** de la présente instruction à partir de la mise en place effective des conditions de recherche telles que décrites au point I de la présente note. Ces données sont essentielles pour connaître la prévalence de la cysticercose bovine découverte en abattoir lorsque les conditions de recherche sont optimales. Vous voudrez bien transmettre ces informations pour le 15 juillet 2010 (données du 1er semestre 2010) et le 15 janvier 2011 (données de l'ensemble de l'année 2010) à la boîte institutionnelle : bead.sdssa.DGAL@agriculture.gouv.fr (ces données pourront être collectées à d'autres moments en fonction des besoins du travail de recherche) ;
- l'étude des cas groupés de cysticercose bovine (à partir de deux cas). Lors de la détection dans un même abattoir de plusieurs cas de cysticercose chez des bovins originaires d'un même élevage, je vous demande de compléter le recensement des cas décrit à l'alinéa précédent par une enquête plus détaillée dont les résultats seront enregistrés au moyen d'une fiche selon le modèle de l'**Annexe 3**. Vous voudrez bien transmettre les données de chaque enquête réalisée lors de l'apparition de cas groupés à la boîte institutionnelle : bead.sdssa.DGAL@agriculture.gouv.fr ;
- le lien avec l'**ICA** : accroissement des dépistages suite à la transmission de données dans le cadre de l'information sur la chaîne alimentaire, l'impact de l'augmentation du dépistage sur la détection de lésions en abattoir, conséquence de la transmission de l'information vers les éleveurs… ;
- les moyens de lutte en élevage.

A l'issue de ce travail de thèse dont les conclusions seront portées à la connaissance de l'AFSSA, les modalités d'application des mesures prévues par l'arrêté du 18 décembre 2009 sus-visé pourront éventuellement être revues. Les résultats des travaux pourront aussi être transmis à l'AESA qui travaille sur le sujet du dépistage des cysticercoses.

Je vous invite à me faire part des difficultés que vous pourriez rencontrer dans la mise en œuvre de la présente instruction.

Le Directeur Général Adjoint
Chef du Service de la Coordination
des Actions Sanitaires – C.V.O

Jean-Luc ANGOT

Annexe 2 : Modèle de fiche de recensement des lésions de cysticercose bovine observées en abattoir

NOM DE L'ABATTOIR :																				
																		N° ILU :		
ANNEE 2010	NOMBRE D'ANIMAUX CONCERNES PAR UNE ICA RELATIVE A LA CYSTICERCOSE	N° IDENTIFICATION	ICA CYCTICERCOSE POSITIVE	CYSTICERCOSE GENERALISEE	PRESENCE DE CYSTICERQUE(S)															
					au niveau des MASSETERS		au niveau des PTERYGOIDIENS		au niveau du CŒUR		au niveau de l'ŒSOPHAGE		au niveau de la LANGUE		au niveau du DIAPHRAGME		AUTRE LOCALISATION	
					C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V
JANVIER																		
FEVRIER																		
MARS																		
AVRIL																		
MAI																		
JUIN																		
JUILLET																		
AOUT																		
SEPTEMBRE																		
OCTOBRE																		
NOVEMBRE																		
DECEMBRE																		

POUR REMPLIR LE TABLEAU :

- colonne « **NOMBRE D'ANIMAUX CONCERNES PAR UNE ICA RELATIVE A LA CYSTICERCOSE** » : préciser le nombre mensuel de bovins abattus pour lesquels une ICA relative à la cysticercose est mentionnée
- colonne « **N° IDENTIFICATION** » : indiquer le numéro national d'identification du bovin présentant des lésions de cysticercose (1 ligne par animal, ajouter autant de lignes que nécessaire)
- colonne « **ICA CYCTICERCOSE POSITIVE** » : cocher la case si le bovin concerné avait fait l'objet d'une mention relative à la cysticercose dans le cadre de l'ICA (ce qui déclenche une inspection approfondie)
- colonnes suivantes : cocher la case correspondante :
    - s'il s'agit d'une infestation généralisée : « **CYSTICERCOSE GENERALISEE** »
      ou s'il s'agit d'une forme non généralisée, préciser pour chaque localisation :
    - s'il s'agit d'une forme de cysticerque en involution : « **C** » (pour CALCIFIEE)
    - s'il s'agit d'une forme vivante : « **V** » (pour VIVANT)
      (les deux cases C/V peuvent être cochées pour une même localisation et plusieurs localisations peuvent concerner un même bovin)

Annexe 3 : Modèle de fiche d'enquête concernant la mise en évidence de cas groupés de cysticercose bovine

Lors de l'enquête en élevage, il importe que vous portiez votre attention sur les aspects sanitaires en lien avec le cycle du parasite et qui seraient susceptibles d'expliquer une forte contamination. A titre d'exemple, vous pourrez vérifier sur le site d'exploitation de l'éleveur concerné les points suivants listés dans le tableau ci-dessous.

Il est souhaitable que les investigations en élevage, incluant des problématiques qui peuvent déborder du cadre strict de l'élevage : épandage de boues de station d'épuration…, soient menées par un vétérinaire officiel, accompagné dans la mesure du possible du vétérinaire sanitaire de l'élevage.

COORDONNEES DE L'ELEVEUR ET LOCALISATION DE L'ELEVAGE	
Nom et adresse de l'éleveur	
Localisation de l'élevage	
Distance entre le domicile de l'éleveur et l'élevage	
CAS HUMAINS DE TENIASIS	
Présence de personnes atteintes du ténia dans la famille de l'éleveur ou dans son entourage proche (employés) ?	OUI / NON Si oui, description des cas :
FOSSE SEPTIQUE	
Présence d'une fosse septique au domicile de l'éleveur ?	OUI / NON Si oui, description de la fosse :
Devenir du contenu de la fosse lorsque celle-ci est vidée. Est-il épandu ? si oui, est-ce sur des pâtures ou des cultures	
EPANDAGE	
Epandage de boues de station d'épuration ?	OUI / NON Si oui, description de la pratique d'épandage (sur quel type de terre (pâture ou culture), à quelle fréquence…) :
ENVIRONNEMENT	
Présence dans le voisinage de l'élevage d'une infrastructure potentiellement contaminante ?	OUI / NON Si oui, description (type : camping, terrain mis à disposition des gens du voyage, aire d'autoroute ou de pique-nique…, distance…) :
AUTRES REMARQUES	

Annexe 4: Prévalence apparente selon le département d'élevage

Département d'Elevage	Prévalence apparente				
1	0,015	33	0,010	65	0
2	0,026	34	0	66	0
3	0,014	35	0,003	67	0,014
4	0	36	0,011	68	0,036
5	0,037	37	0,014	69	0,029
6	0	38	0,021	70	0,024
7	0,030	39	0,050	71	0,030
8	0,037	40	0,010	72	0,007
9	0	41	0	73	0,036
10	0,069	42	0,013	74	0,024
11	0	43	0,013	75	0
12	0,004	44	0,007	76	0,018
13	0	45	0,012	77	0
14	0,031	46	0,001	78	0
15	0,018	47	0,003	79	0,019
16	0,002	48	0,006	80	0,020
17	0	49	0,005	81	0,007
18	0,012	50	0,021	82	0
19	0,009	51	0,037	83	0
20	0	52	0,024	84	0
21	0,038	53	0,009	85	0,016
22	0,004	54	0,015	86	0
23	0,010	55	0,012	87	0,009
24	0,004	56	0,005	88	0,016
25	0,036	57	0,009	89	0,026
26	0,027	58	0,037	90	0
27	0,026	59	0,008	91	0
28	0	60	0,010	93	0
29	0,005	61	0,016	94	0
30	0	62	0,015	95	0
31	0	63	0,018	97	0
32	0	64	0,008	98	0

Epidemiological survey on bovine cysticercosis in France in 2010

Speaker

Claire MORLOT (French National School of Veterinary Services) c.morlot@ensv.vetagro-sup.fr
Person in charge : Pascale GILLI-DUNOYER, (Head of office for Slaughterhouses & Cutting plants, Food Safety Division, General Directorate for Food, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries); pascale.dunoyer@agriculture.gouv.fr

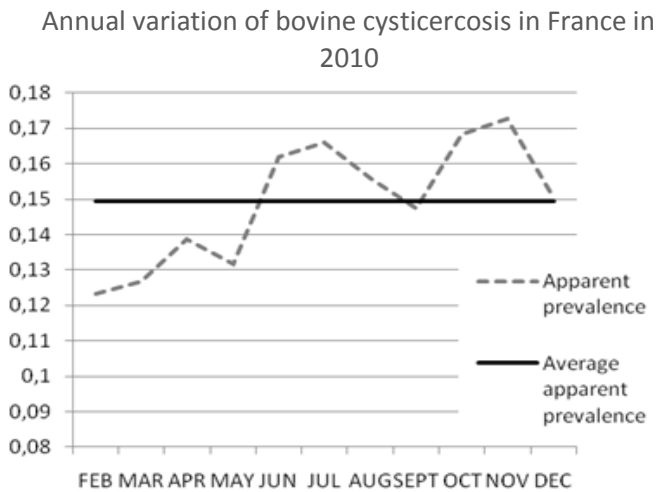
Survey presentation

From January 1 to December 31, 2010, the French Ministry of Food, Agriculture and Fisheries conducted a survey in order to collect all the cysticercosis cases in all French cattle slaughterhouses. This survey collected epidemiological data necessary for a first assessment of the bovine cysticercosis status in France. 185 slaughterhouses out of 227 communicated their data, representing 88.9% of the cattle slaughtered during the year. All these animals were referenced in the BDNI (French National Identification DataBase), from which various data were extracted to define risk profiles.

Main results

- Prevalence

During this year, 6633 bovines animals have been detected as positives. This is equivalent to an annual apparent prevalence of 0.15% (± $3.4.10^{-4}$).
Considering a probability to detect a cysticercus in an infected carcass during an inspection at 17% [1], the likely prevalence is estimated to 0.88%.
The apparent prevalence of generalized cysticercosis is evaluated to 0.010% (± $4.7.10^{-5}$).
Finally, among all detected cases, 9.4% of the animals were carrying living cysticerci.



- Annual variation

The chi-square test indicates that the annual variations observed are very significant
($p<0.001$).
A fluctuation in the type of animal slaughtered depending on the time of the year or unequal performances of inspection services may explain the curve. A lack in cases report may be possible too.
Note: the living cysticerci curve by month doesn't reveal any seasonal contamination.

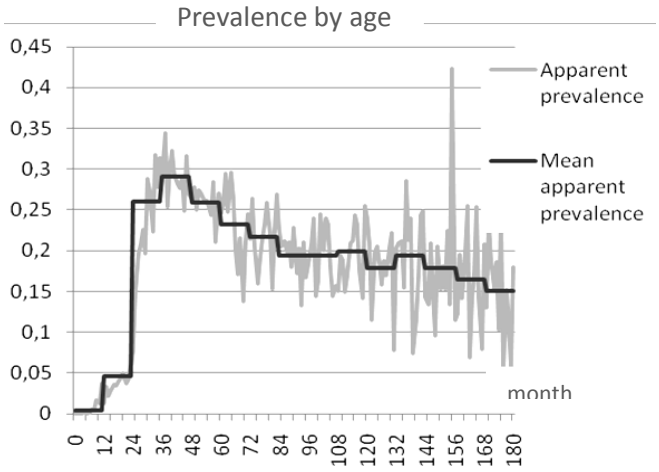
Development of a regional or national risk profile

- Information on the Food Chain is an obligation in France since January 2010. It requires

farmers to report any previous case of cysticercosis in their farm. Veterinary services are thus informed of the arrival of an animal at risk. As this system is being set up, its benefit could not be assessed. A new study on this subject would be useful.
Note that only 2.6% of farms affected in 2010 have experienced multiple cases this year.

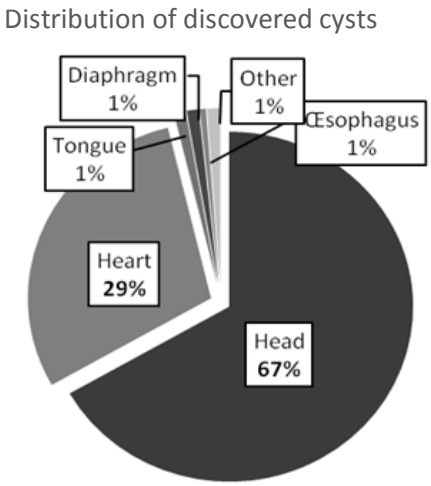
- The study of risk profiles based on zootechnical data reveals that females are 2.5 fold more

often carriers of living cysticerci as compared to males.
Apparent prevalence is 0.13% (± $4.4.10^{-4}$) for dairy cattle and 0.14% (± $4.5.10^{-4}$) for suckler cattle, whereas it is 0.083% (± $4.4.10^{-4}$) for crossed cattle, younger on average.
The influence of the geographical area of origin is under analysis. First results may reveal links with climate and type of breeding.



This curve shows that prevalence increases until the age of 4 years and then gradually decreases. This may come from the establishment of immunity and/or extreme calcification of cysts over time limiting their detection.

Another curve with only living cysticerci doesn't show any significant difference of prevalence between 2 and 15 years old.



Post-slaughtered control measures

- Distribution of cysts in carcasses

In this study, a large majority of cysticerci was discovered on the head (67%) and heart (29%). This is in accordance with data from the literature that reveal that heart and head are inspection sites most frequently affected [2] [3]. Furthermore, the implementation of six additional cuts into the heart would multiply by 3 the prevalence detected in slaughterhouses [4].

→ Conducting a targeted inspection would increase detection sensitivity and allow resource savings. The inspection would be on the head (masseters) and the heart, which would undergo a superficial, a middle and a deep cut parallel to auricular and atrial sides.

- Variability of cysticercosis prevalence according to slaughterhouses

The prevalence detected in 2010 ranged from 0 to 1.33 depending on slaughterhouses. This may be due to a true prevalence difference depending on regions, a lack of detection and/or a poor report of cases during the investigation.

Control measures at farm level

- Main risk factors of disease

When grouped cases appeared, probable causes have been sought by the inspection services. 25 surveys were conducted.

→ Tourism (32% of cases), wastewater management in the municipality (20% of cases) and spreading of septic tank (20% of cases) are the factors most often cited. In 40% of cases no cause could be identified. The breeder is potentially implicated in only one case. These results are very subjective and should be subject to caution.

- Other points to consider

This study mainly focused on measures in slaughterhouse. However, it is important to consider the entire cycle, where other control measures are possible: diagnosis by serological test, vaccination of cattle, deworming routine before slaughter or processing of human feces in case of treatment against tapeworm.

This study would require to be conducted over several years to obtain more complete results. Comparison with similar surveys conducted in other countries would also be interesting.

References

[1] Kyvsgaard N. and al. - *Prev. Vet. Med*., 1996, **28**(8), 1-89.
[2] Lopes and al. -*Res. Vet. Sci*, 2011, **90**(1), 84-8.
[3] Scandrett and al. - *Vet. Parasitol*., 2009, **164**, 223–231.
[4] Eichenberger and al. - *Food Control*, 2011, **22**(6), 989-992.

NOM ET PRENOM : MORLOT Claire

TITRE : Etude épidémiologique et statistique de la cysticercose musculaire bovine en France en 2010 - propositions de mesures de contrôle

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 2 décembre 2011

RESUME :

La cysticercose à *Cysticercus bovis* ou ladrerie bovine est une maladie parasitaire endémique en France. Elle engendre le développement de *Tænia saginata*, ou ver solitaire, dans les intestins de l'Homme par consommation de viande bovine crue ou mal cuite. De symptômes bénins chez ce dernier, la maladie a surtout un impact économique sur la filière viande bovine suite à la saisie ou à la congélation des carcasses contaminées. Elle influence également la confiance du consommateur dans son alimentation.

C'est pourquoi la Direction Générale de l'Alimentation a lancé une enquête en 2010 au sein de ses services, afin d'obtenir une première évaluation de l'épidémiologie de la maladie en France et de proposer des mesures de contrôle. En effet, à ce jour, la détection de la maladie s'effectue en abattoir lors de l'inspection post-mortem, une méthode à faible sensibilité.

Les données de cette enquête ont été analysées dans ce travail de thèse. Cela a permis entre autres d'évaluer la prévalence de la maladie, l'évolution annuelle des cas ainsi que l'influence de différents facteurs de risque. Des recommandations pratiques pour le contrôle de la cysticercose ont été formulées grâce à l'étude bibliographique et à l'analyse de l'enquête, que ce soit à l'abattoir ou à d'autres niveaux du cycle parasitaire.

MOTS CLES :

- **Epidémiologie vétérinaire**
- ***Tænia saginata***
- **Cysticerque**
- **Bovin**
- **France**
- **Année 2010**

JURY :

Président	Monsieur le Professeur VANHEMS Philippe
1er Assesseur	Madame le Docteur CALLAIT-CARDINAL Marie-Pierre
2ème Assesseur	Monsieur le Professeur DEMONT Pierre
Membre invité	Madame le Docteur GILLI-DUNOYER Pascale

DATE DE SOUTENANCE :

Vendredi 2 décembre 2011

ADRESSE DE L'AUTEUR :

14 rue Saint Jacques 77380 COMBS-LA-VILLE