

Protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants

#16-4-23

Requérant : Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec
(SEMRPQ)

Collaborateur : Centre d'expertise en production ovine du Québec
(CEPOQ)

Rapport final

Rédigé par :

Cathy Michaud (SEMRPQ)

Johanne Cameron, agr. M.Sc (Chargée de projet au CEPOQ)

Avec la collaboration de Catherine Element-Boulianne, agr. M.Sc. et Gaston Rioux, mv.
Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ)

Projet réalisé dans le cadre du
« Programme de développement sectoriel » du MAPAQ
Volet 4 « Appui aux projets des associations et regroupements de producteurs »

Septembre 2017

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
1 FAITS SAILLANTS.....	1
2 MISE EN CONTEXTE, SYNTHÈSE DE LA PROBLÉMATIQUE.....	2
3 OBJECTIFS GÉNÉRAL.....	2
3.1 Objectifs spécifiques.....	2
4 RÉSUMÉ DU PROJET	3
5 COLLABORATEURS	3
6 MÉTHODOLOGIE	4
6.1 Annonce du projet et diffusion de l'information.....	4
6.2 Recrutement des éleveurs participants et nombre visé	4
6.3 Échantillonnage.....	4
6.4 Critères d'admissibilité et promotion du programme.....	5
6.5 Intégration des génotypes dans GenOvis	6
6.6 Quelques mots sur la FCM vs l'objectif ciblé dans le projet.....	7
7 LA GÉNÉTIQUE RELIÉE À LA TREMBLANTE.....	8
8 RÉSULTATS.....	11
8.1 Nombre de sujets évalués et de troupeaux participants.....	11
8.2 Résultats des génotypages.....	12
8.2.1 Fréquence allélique.....	12
8.2.2 Fréquence génotypique.....	19
8.3 Portrait de la résistance génotypique pour les codons d'intérêt 136 et 171 en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA	28
8.4 Évolution des 15 dernières années.....	32

9	INTERPRÉTATIONS ET RECOMMANDATIONS	34
9.1	Recommandations et applications pour le secteur:.....	35
9.2	Suivi et actions recommandées afin de poursuivre le travail visant à améliorer la résistance génétique du cheptel ovin québécois à la tremblante	42
10	ACCOMPAGNEMENT DES ÉLEVEURS ET LIVRABLES.....	42
11	CONCLUSION DU PROJET.....	45
Annexe 1	Annonce du projet et diffusion d'information	47
Annexe 2	Génétique du mouton et tremblante	53
Annexe 3	Qu'est-ce que la Tremblante ?.....	55
Annexe 4	La génétique pour prévenir la tremblante.....	57
Annexe 5	Génotypage : différentes alternatives méconnues.....	58
Annexe 6	Pas de raison de ne pas génotyper pour la résistance à la tremblante!.....	60
Annexe 7	Programme d'appui pour le génotypage.....	62
Annexe 8	Acceptation des sujets au programme.....	65
Annexe 9	Comment ajouter des génotypes dans GenOvis	67
Annexe 10	Comment ajouter les résultats dans le nom lors de l'enregistrement.....	68
Annexe 11	Lettre de la Fédération canadienne du mouton	70
Annexe 12	Présentation Power Point des résultats	72
Annexe 13	Article des résultats dans l'Ovin Québec.....	73
Annexe 14	Plan de financement et conciliation des dépenses ...	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 15	Pièces justificatives	Erreur ! Signet non défini.



Société des éleveurs de moutons
de race pure du Québec



CEPOQ
Centre d'expertise en production
ovine du Québec

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Répartition des différents allèles pour les codons 136 et 171 en fonction de la race. Les allèles plus résistants sont placés au bas de chaque barre et les plus sensibles, en haut.	16
Figure 2	Fréquence des génotypes observés dans la population à l'étude pour les codons 136, 154 et 171, sans égard à la race.	19
Figure 3	Fréquence des différents génotypes en fonction de la race. Les génotypes plus résistants sont placés au bas de chaque barre et les plus sensibles, en haut. Tous les génotypes composés d'au moins un allèle V au codon 136 sont présentés en couleur hachurée.....	21
Figure 4	Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Arcott Canadien.	25
Figure 5	Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Dorset.	26
Figure 6	Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Hampshire.	26
Figure 7	Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Romanov.....	27
Figure 8	Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Suffolk.	28
Figure 9	Répartition des différents génotypes d'intérêt (codons 136 et 171 seulement) parmi les béliers génotypés pour la tremblante, toutes races confondues.	29
Figure 10	Proportion des génotypes présents au sein de chacune des races en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA.	31
Figure 11	Proportion des génotypes présents dans la population en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA.....	31
Figure 12	Différents croisements possibles entre les génotypes pour la tremblante (codon 171) et les probabilités de descendance qui y sont associées.....	37
Figure 13	Cas de tremblante découverts au Canada de 2005 à 2015 et origine de la détection.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Échelle de résistance génotypique à la tremblante selon le ou les codon(s).....	10
Tableau 2	Nombre de béliers génotypés pour chacune des races et nombre de producteurs	11
Tableau 3	Fréquence génotypique observée au codon 154 pour les races étudiées dans la population.....	14
Tableau 4	Fréquences alléliques aux codons 136 et 154 pour l'ensemble de la population.	15
Tableau 5	Fréquence (%) des différents allèles au sein de chacune des races échantillonnées.	16
Tableau 6	Fréquence génotypique observée pour les 3 codons dans la population étudiée.	20
Tableau 7	Fréquence génotypique des sujets des différentes races en fonction des 2 codons d'intérêt (136 – 154) et positionnement dans l'échelle de résistance de Tremblante Canada et de l'ACIA.....	30
Tableau 8	Comparaison des génotypes de béliers obtenus lors de deux projets de recherche (2003 et projet actuel).	32

1 FAITS SAILLANTS

Grâce à ce projet sur la protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants, un total 412 mâles reproducteurs, issus de 11 races différentes et provenant de 23 entreprises, ont été génotypés. Le génotypage de ces sujets a permis aux éleveurs de connaître la composante allélique aux codons 136, 154 et 171 du gène Prion associé à la résistance/sensibilité à la tremblante du mouton. De plus, tous les membres de la SEMRPQ ont eu la chance de recevoir une multitude d'information sur le sujet via les communiqués officiels de l'organisation et tant les éleveurs de race pure que les producteurs commerciaux ont été visés par la problématique de la tremblante. La majeure partie des activités de diffusion étaient à large public, afin de faire connaître la maladie, les conséquences, mais aussi la stratégie génétique qui permet d'assurer une meilleure protection des animaux et ainsi, du cheptel ovin québécois dans son ensemble.

Les résultats des analyses génotypiques ont permis d'obtenir ces faits saillants :

- ✓ **Fréquence allélique**, selon la sensibilité à la tremblante de l'ACIA :
 - 73,8 % des allèles dans la population génotypée sont 136A - 171R;
 - Toutes les races sont porteuses de cet allèle de résistance, dans une proportion variant de 25% à près de 92%;
 - Parmi la population étudiée, seules deux races sont porteuses de la mutation H au codon 154;
 - L'allèle qui possède la sensibilité la plus élevée à la maladie, soit l'allèle « 136V - 171Q », représente seulement 3,0 % des béliers dans la population du projet. Cet allèle a été retrouvé au sein de 4 races seulement.
 - Mis à part la race Arcott Canadien où l'allèle a été retrouvé dans une faible fréquence (4,5%), l'allèle sensible VQ était isolé à un seul troupeau dans les 3 autres races, donc très peu présent dans la population.
- ✓ **Fréquence génotypique**, selon la sensibilité à la tremblante de l'ACIA :
 - 90,1 % des béliers génotypés dans la population possèdent une sensibilité négligeable (54,9% AA/RR) ou très faible à la maladie (35,2 % AA/QR);
 - Mis à part la race #2, toutes les races sont porteuses de mâles de génotypes résistants AA/RR, dans des proportions variant de 25 à 72,9% des individus échantillonnés;
 - 9,9 % des béliers portent un des génotypes sensibles à la tremblante (4,6%, 1,9% et 0,7%, respectivement pour AA/QQ, AV/QQ et VV/QQ) ou un génotype de sensibilité intermédiaire (AV/QR = 2,7%).
 - Une analyse par troupeau suggère toutefois que ces génotypes sensibles sont concentrés et isolés dans certains élevages et non répandus dans la population.
- ✓ **Évolution des dernières années**, depuis l'étude réalisée en 2003 :
 - Augmentation de 33 % des béliers ayant un génotype résistant « 136AA/171RR »;
 - Diminution de 19 % de la fréquence du génotype sensible « 136AA/171QQ ».
 - Absence complète de génotypes sensibles dans plusieurs des troupeaux échantillonnés.

2 MISE EN CONTEXTE, SYNTHÈSE DE LA PROBLÉMATIQUE

La santé des ovins est reliée directement avec l'efficacité économique des entreprises. Il est important pour les éleveurs de faire des choix de reproducteurs qui permettent de tirer l'optimum d'un troupeau. Le critère de sélection santé est essentiel puisque les reproducteurs engendrent les générations subséquentes dans un élevage. Par le passé, la tremblante du mouton a anéanti des troupeaux de haute qualité causant ainsi un impact négatif pour certaines races (exemple: Romanov, Arcott-Rideau, Suffolk). Les races qui ont été atteintes ont connu un recul de plusieurs années d'efforts génétiques, économiques et ont été éprouvées par la perte de diversité génétique de plusieurs familles de sujets reproducteurs. De la génétique a été retirée des élevages sans considérer les accouplements raisonnés.

En 2013, selon une étude menée au Bas-St-Laurent, on retrouvait une proportion de 25 % des béliers avec une sensibilité élevée à la tremblante, donc moins résistants à la maladie. La sélection sur le génotype tremblante des animaux est une valeur à prioriser pour la protection de la santé des animaux et des troupeaux. Les éleveurs de race pure, puisqu'ils se retrouvent en amont de la chaîne de production, doivent maintenir un haut niveau de protection et assurer une diffusion de sujet résistant à la maladie.

3 OBJECTIFS GÉNÉRAL

L'objectif général du projet est la protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants.

3.1 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques du projet étaient de :

- Sensibiliser les éleveurs sur la maladie de la tremblante, les conséquences et les avantages de la sélection pour mener à l'obtention d'un cheptel plus résistant;
- Tracer un portrait de la sensibilité des animaux qui auront été génotypés dans le cadre du projet;
- Encourager les éleveurs à intégrer les données de génotype à la base de données GenOvis et à enregistrer les sujets à valoriser à la Société Canadienne d'enregistrement des animaux (SCEA);
- Accompagner les éleveurs dans l'identification de croisements judicieux via des accouplements raisonnés afin de protéger des sujets qui ne présentent pas le profil le plus résistant et faire des références vers des dispensateurs de Services-conseils en génétique pour les cas plus problématiques;
- Préparer les éleveurs afin qu'ils adhèrent au Programme volontaire de certification des troupeaux à l'égard de la Tremblante (PVCTT).

4 RÉSUMÉ DU PROJET

Pour atteindre les objectifs du projet, de la sensibilisation auprès des éleveurs en diffusant de l'information sur la tremblante du mouton a été accomplie. Tous les moyens pour rejoindre les éleveurs ont été mis en place par le biais de la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (SEMRPQ), de ses représentations et publications. Les éleveurs ont été invités à faire le prélèvement d'échantillon sur les mâles pour le génotypage tremblante dans un laboratoire accrédité par Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Un mécanisme transparent a été mis en place afin de favoriser un échantillonnage représentatif du cheptel global du Québec dans le portrait généré.

Une base de données confidentielle a été générée par le CEPOQ afin de tenir les informations et d'en faire une analyse par la suite. Le projet a prévu l'accompagnement des éleveurs pour l'identification de croisements judicieux, des informations afin d'encourager les éleveurs à procéder à l'enregistrement des sujets à valoriser et à intégrer les informations dans la base de données GenOvis. Les éleveurs ayant besoin de soutien supplémentaire ont été dirigés vers les dispensateurs de services-conseils en génétique. Les éleveurs ont aussi reçu l'information afin d'adhérer au programme de Tremblante Canada (PVCTI).

5 COLLABORATEURS

Les collaborateurs pour ce projet ont été :

- Mme Cathy Michaud, agente de projet pour la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (Semrpq)
- Mme Cathy Michaud, directrice générale de la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (Semrpq)
- Dr Gaston Rioux, Mv, Centre d'expertise en production Ovine du Québec (CEPOQ)
- Mme Martine Jean, Centre d'expertise en production Ovine du Québec (CEPOQ)
- Mme Johanne Cameron, agr., M.Sc., Centre d'expertise en production Ovine du Québec (CEPOQ)
- Mme Dominique Brisson, administratrice de la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (Semrpq)
- Mme Johanne Cameron, agr., M.Sc., administratrice Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec
- Mme Meggie Parent, présidente de la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (Semrpq)
- Les éleveurs de race pure participants membres de l'organisation.

6 MÉTHODOLOGIE

Afin d'atteindre l'objectif général qui consiste à la protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants, voici les étapes réalisées dans le cadre de ce projet en santé ovine.

6.1 Annonce du projet et diffusion de l'information

L'utilisation de matériel déjà disponible sur le sujet de la tremblante a été valorisée. L'agente de projet a été mise à profit afin d'assurer la diffusion pour les articles de Tremblante Canada, du CEPOQ et des professionnels ayant déjà rédigé sur cette maladie. Plusieurs exemples publiés sur le Facebook de la SEMRPQ sont présentés à l'Annexe 1 de ce rapport.

6.2 Recrutement des éleveurs participants et nombre visé

Les activités de diffusion auront été nécessaires afin de rejoindre les éleveurs, et ce, par tous les moyens mis à la disposition de la SEMRPQ (bulletin électronique, courriel, courrier, événement, assemblée, site internet et partenaires). À cet effet, lors de plusieurs représentations, le projet mis en place a été présenté aux éleveurs rencontrés. En plus des arguments pour motiver leur participation, la chargée de projet a fourni les explications sur le fonctionnement du projet de façon à inciter les éleveurs à travailler les aspects de santé au sein de leur troupeau pour la protection des élevages. Voici quelques exemples où un bassin significatif d'éleveurs a pu recevoir de l'information :

- Exposition de Saint-Hyacinthe et de Richmond; rencontre des éleveurs du Club Arcott-Rideau; Symposium ovin provincial à Sherbrooke; AGA de LÉOQ, assemblée des exposants éleveurs de la SEMRPQ; INPACQ ovin à Princeville; RGA du CEPOQ et AGA de la SEMRPQ.
- Considérant, les contacts directs avec les éleveurs, les appels téléphoniques reçus au sujet de ce projet, les suivis à faire. Nous évaluons qu'une cinquantaine de contacts personnalisés aura été faite tout au long de ce projet.

6.3 Échantillonnage

Le comité a dû en premier lieu définir une méthode d'échantillonnage afin d'assurer une représentativité des races ovines présentes au Québec. Celle-ci devait permettre une proportionnalité logique pour chacune des races par rapport à la taille des effectifs, tout en assurant l'accessibilité du projet à tous les éleveurs intéressés.

Le projet avait un objectif de départ de génotyper 500 têtes pour la maladie de la tremblante. Cependant, les coûts de laboratoire avaient été initialement évalués au prix du laboratoire soit 39 \$. Le projet ici démontre toutefois que les coûts subissent une variation entre 39 \$ et 52,50 \$ par échantillonnage malgré le fait que la majorité des animaux ont utilisé le même laboratoire (Université de Guelph, laboratoire accrédité par l'ACIA). Le nombre de sujets

pouvant être génotypés a donc dû être réévalué à la baisse considérant cet aspect afin de cadrer dans le montage financier. Au total, c'est donc 432 sujets qui auront pu obtenir l'appui de programme.

Le Comité avait convenu faire les appels de béliers sur la base de 2 vagues plus une 3^e si le budget le permet. Cette approche permettait de cibler des races qui pourraient être sous-représentées ou, à l'inverse, de freiner des races qui le seraient trop et d'ajuster les animaux autorisés aux 2^e et 3^e vagues. Conséquemment au retard de l'échéancier et que l'automne est la haute saison au cours de laquelle la majorité des jeunes béliers, entre 8 et 12 mois, sont mis à l'accouplement. Le comité a constaté que quelques éleveurs, déjà conscientisés à l'importance du génotypage, ont pris l'initiative de faire faire les analyses avant l'annonce du projet. Comme la date des factures d'analyse est antérieure à celle du début du projet, ces éleveurs n'ont donc pu bénéficier des avantages du projet, réduisant du même coup le nombre d'analyses dans le cadre de celui-ci. Le comité a donc moins de latitude que prévu pour sélectionner les sujets autorisés et ont dû ouvrir le projet sur 3 vagues d'inscriptions.

Selon les races qui étaient recensées dans le portrait de la première vague, l'agente de projet a fait des appels personnalisés à certains éleveurs dont les races n'étaient pas représentées afin que celle-ci puisse faire parti de l'échantillonnage et du portrait présenté dans cette étude.

Le montage d'une publicité invitant les éleveurs à adhérer a ainsi été réalisé avec l'objectif de démontrer tous les avantages à faire génotyper des sujets. Vous trouverez en annexe la publicité officielle du programme pour la première vague d'échantillonnage (Annexe 7).

6.4 Critères d'admissibilité et promotion du programme

Les critères d'admissibilités au programme étaient :

- De faire prélever les animaux par un vétérinaire praticien et envoyer les échantillons dans un laboratoire accrédité à l'ACIA. Les résultats d'analyse devaient être acheminés au CEPOQ, qui est le récepteur et responsable de la mise en place d'une base de données et de la saisie des résultats de laboratoire. Ce processus assurait ainsi la protection des données confidentielles.
- Tous les éleveurs membres de la SEMRPQ étaient admissibles. L'annonce du projet et une invitation aux éleveurs ont été faites pour la première vague via un envoi postal de façon à rejoindre sans exception tous les membres de la SEMRPQ. Certains membres utilisant peu ou pas les principaux outils de communication électronique, l'envoi postal devenait ainsi l'outil le plus efficace. Le bulletin électronique de l'organisation a aussi été mis à profit pour la promotion du projet et pour diffuser la publicité lors des 3 vagues.

Voici les efforts de promotions du programme fait sur le Facebook :

- 10 octobre 2016 : La Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec est fière de lancer un programme d'appui pour le génotypage des mâles reproducteurs.

Toutes les informations sont incluses dans la publication. Les membres en règle sont invités à se prévaloir de ce programme !

- 19 octobre 2016 : rappel - lancement programme 1re vague
- 23 janvier 2017 : Appui pour le génotypage 2e vague
- 27 janvier 2017 : Se prévaloir du programme 2e vague
- 18 avril 2017 : Programme d'appui au génotypage des mâles de reproduction. Ce sera la troisième et dernière vague. Inscrivez-vous et vous devez attendre l'autorisation avant de procéder. La procédure est ainsi pour assurer une représentativité des races ovines. Les dates sont inscrites sur la deuxième page
- 9 mai 2017 : Se prévaloir du programme dernier appel

Pour la deuxième vague, un système de communication courriel a été mis en place pour rejoindre et garder le contact avec les éleveurs en plus des médias habituels du bulletin électronique et du Facebook.

Les confirmations des mâles à génotyper dans le cadre du projet ont été fournies par courriel ou par télécopieur de façon à réduire les frais d'envoi. Le document spécifiait les nombres de sujets approuvés par race et les détails à suivre (Annexe 8).

Suite à la demande de participation au projet, les éleveurs ont reçu :

- Un article intitulé « Génotypage : différentes alternatives souvent méconnues des producteurs » par le Dr Rioux. Cet article a d'ailleurs été mis à jour par le Dr Rioux au sujet des laboratoires accrédités à l'ACIA, à la demande de la Société. Article complet à l'Annexe 5
- Un formulaire de génotypage venant du laboratoire de l'Université de Guelph mentionnant que les résultats d'analyse doivent parvenir au Dr Rioux au CEPOQ pour conserver la confidentialité du processus.

Le CEPOQ a fourni au comité du projet les profils sommaires des animaux soumis afin que celui-ci puisse adapter les critères d'éligibilité. Un portrait final sur la situation des reproducteurs a été tracé sur l'échantillonnage recueilli dans le cadre du projet. Vous le retrouverez dans la section des résultats et analyses. Les résultats seront analysés par deux ressources du CEPOQ (Dr Gaston Rioux, mv et Catherine Element-Boulianne, agr., M.Sc.). Les résultats de compilation sur une base non nominative ont aussi été analysés par Johanne Cameron du CEPOQ (agr. M.Sc.).

6.5 Intégration des génotypes dans GenOvis

Le projet vise à encourager les éleveurs à intégrer les données de génotype à la base GenOvis et à favoriser l'enregistrement des animaux qui ont un profil à haute résistance en attestant légalement la généalogie par le biais de l'enregistrement des sujets à la Société canadienne d'enregistrement des animaux. L'enregistrement des sujets permet d'attester de son bagage

génétique et de sa valeur. Il est important de démontrer aux éleveurs que la sélection sur la santé est à privilégier pour engendrer des générations subséquentes de reproducteurs sains dans les troupeaux et l'importance de procéder à l'enregistrement de ces sujets. L'organisation de race doit en continu s'assurer que les efforts d'enregistrement soient faits afin de certifier et attester légalement des efforts. Le CEPOQ a donc préparé pour le projet, un document qui explique bien aux éleveurs la procédure à suivre afin d'entrer les données de génotypage et les numéros d'enregistrements de manière autonome dans le programme d'évaluation génétique GenOvis (Annexe 9).

Les éleveurs qui ont participé au projet seront outillés et auront une base de travail en génotypage de complétée dans les voies de cheminement du programme de Tremblante Canada. Ils pourront adhérer au programme PVCTT de Tremblante Canada. L'accompagnement des éleveurs dans les démarches d'adhésion au programme canadien de Tremblante Canada sera mené par l'agente de projet.

6.6 Quelques mots sur la FCM vs l'objectif ciblé dans le projet

Le 17 mai 2016, nous apprenions que la Fédération canadienne du mouton (FCM) avait suspendu temporairement le traitement des fichiers du PVCTT et tous les travaux reliés aux avancements et aux inscriptions du programme. Voir la lettre de la FCM à l'Annexe 11. Quelques semaines plus tard, soit le 13 juillet, la FCM annonçait la levée de cette suspension temporaire. Ainsi, depuis le 12 juillet 2016, le programme volontaire certification des troupeaux à l'égard de la tremblante est maintenant administré à temps plein.

Malheureusement, les éleveurs participants à ce programme au Québec nous ont fait part de plusieurs problématiques d'avancement. Ainsi, certains dossiers de producteurs accusent un retard de traitement des données depuis 2014. Notons également que plusieurs éleveurs ont abandonné le programme durant la dernière année, faute de suivi et de nouvelles pour l'avancement et la progression de leurs dossiers (dont certains avaient été déposés pour la première fois en 2012 et par la suite annuellement). Devant ce manque de rigueur et l'absence de mise à jour du site Internet de Tremblante Canada (participants au programme et avancement), il était difficile pour la SEMRPQ d'encourager les éleveurs à s'enrôler dans ce programme, sommes toutes très exigeant en temps, en énergie et relativement coûteux pour les gros élevages.

Ainsi, dans le reste de ce rapport, l'objectif visant à encourager les éleveurs à adhérer à ce programme n'est pas traité. Lors de la présentation PowerPoint qui vise à diffuser les résultats, nous traiterons de la présence de ce programme dans l'industrie canadienne. Toutefois, nous inciterons surtout les producteurs à tester les animaux adultes morts à la ferme afin de déterminer la présence de la maladie et favoriser son éradication.

7 LA GÉNÉTIQUE RELIÉE À LA TREMBLANTE

La tremblante est une maladie infectieuse dégénérative qui affecte le système nerveux central. Cette maladie est rencontrée chez les ovins et les chèvres et son issue est toujours fatale. On sait désormais que la maladie est causée par un prion. Le prion (PrP^{C}) est une protéine retrouvée naturellement chez les mammifères, autant chez les hommes que les animaux. Sous sa forme normale, le prion est non pathogène. Les fonctions du prion ne sont pas encore totalement définies, mais il jouerait un rôle dans le bon fonctionnement des cellules. Cette protéine est retrouvée dans les membranes cellulaires, notamment au niveau de la membrane des neurones. Toutefois, le prion peut aussi se présenter sous une forme anormale et pathogène (PrP^{Sc}). Sous sa forme anormale, la structure tridimensionnelle de cette protéine lui confère une résistance aux protéases (enzymes) tout comme aux désinfectants. Lorsqu'un animal est infecté par le Prion pathogène, ce dernier pénètre dans le neurone, où par des mécanismes encore mal définis, il transforme les protéines PrP^{C} de formes normales, en protéines pathogènes PrP^{Sc} . Ces protéines, ne pouvant être détruites par protéolyse (résistant aux protéases), s'accumulent dans les cellules provoquant leur éclatement. L'éclatement des cellules affectées est par ailleurs responsable des lésions cérébrales caractéristiques de la maladie.

Un animal exposé au prion anormal PrP^{Sc} peut développer la tremblante, suite à une période d'incubation plus ou moins longue qui peut varier de 2 à 5 ans. Toutefois, si un animal est exposé au prion pathogène PrP^{Sc} dans son environnement, la susceptibilité qu'il soit atteint et développe cette maladie est associée à un gène spécifique que l'on nomme le « gène PrP », soit le gène codant pour la protéine prion normale PrP^{C} . On sait depuis de nombreuses années que le gène PrP est composé de 3 codons où des mutations ont été observées entre les animaux, leur conférant soit une haute résistance à la maladie, ou encore une haute sensibilité. Ainsi, certains acides aminés spécifiques présents aux codons 136, 154 et 171 du gène PrP, sont désormais reconnus comme étant des outils permettant de sélectionner les animaux génétiquement résistants à la maladie. Un test d'ADN est donc disponible pour connaître la sensibilité d'un animal à la tremblante (prise de sang, analyse de tissus). Ce test ne permet pas de savoir si l'animal est atteint, mais uniquement de connaître sa susceptibilité ou sa résistance à développer la maladie, et ce, en fonction de son génotype. Les animaux portant une combinaison d'allèles dits « sensibles » sont plus à risque de développer la maladie, alors que ceux portant une combinaison d'allèles dits « résistants » semblent plus à l'abri. Ainsi, la sensibilité ou la résistance d'un sujet à la tremblante dépend des deux allèles (génotype) qu'il possède pour ce gène. À cet effet le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les différents génotypes généralement observés dans les populations ovines et le degré de sensibilité à la maladie qui leur a été associé.

Le codon 171, le codon clé de la résistance? Dans le tableau 1, on peut voir que les animaux homozygotes pour l'allèle « R » au codon 171 sont les plus résistants à la maladie. Le codon 171 peut aussi être composé de l'allèle Q et très rarement, des allèles H ou K. Les allèles Q, H et K sont considérées comme des allèles conférant une haute sensibilité à la maladie lorsque présentes au codon 171. Notons que durant cette étude, les allèles H et K n'ont pas été retrouvés dans la population étudiée. Les animaux de notre

population était ainsi homozygote RR, hétérozygote QR ou homozygote QQ. Alors que les animaux porteurs du génotype RR sont considérés résistants, les animaux QQ sont considérés comme présentant une haute sensibilité à la maladie s'ils sont exposés au prion pathogène. Les animaux hétérozygote QR sont considérés comme ayant une résistance intermédiaire ou faible à la maladie, et ce, en fonction des allèles présents au codon 136 (A ou V).

Le codon 136. Le codon clé pour définir la résistance avec le codon 171. Un animal peut être porteur de l'allèle A ou de l'allèle V au codon 136. L'allèle V est désormais mondialement reconnu comme étant un allèle confère une haute sensibilité à la maladie. On sait aussi qu'un animal porteur de l'allèle sensible V au codon 136, est toujours porteur de l'allèle sensible Q au codon 171. À l'inverse, dès qu'un animal porte l'allèle R au codon 171, il porte automatiquement l'allèle A au codon 136. Il est donc impossible de retrouver une combinaison 136/171 qui serait « V/R ». Toutefois, un animal portant l'allèle Q au codon 171, peut porter soit l'allèle A ou l'allèle V au codon 136. Les sujets AQ sont considérés comme ayant une résistance intermédiaire à la maladie, alors que les sujets VQ présente une faible résistance la maladie. Globalement, cela signifie que si un animal est porteur du génotype RR au codon 171, il sera automatiquement porteur du génotype AA au codon 136. Ces animaux AA RR sont considérés comme ayant la plus grande résistance à la tremblante.

Lorsque les laboratoires offrent la possibilité de tester chaque codon individuellement, les producteurs devraient toujours faire tester le codon 171 en priorité et ensuite, en fonction du résultat obtenu au codon 171, faire analyser le codon 136. Ainsi, lorsqu'un animal est porteur du génotype RR au codon 171, il n'est pas nécessaire de tester le codon 136, car on sait d'office que l'animal sera AA à ce codon. Toutefois, un animal 171-QR pourrait porter le génotype AA, VA ou VV au codon 136. Il est ainsi très important de recommander aux éleveurs de tester leurs sujets aux codons 136 lorsqu'ils ne présentent pas une pleine résistance au codon 171 (QR). Les animaux VA/QR ne devraient pas être sélectionnés comme reproducteurs, car ils peuvent transmettre l'allèle de sensibilité VQ. Un producteur qui ferait analysé un animal seulement au codon 171 et qui obtiendrait le génotype QQ (sensible), pourrait immédiatement faire le choix de ne pas tester le sujet au codon 136 et de simplement réformer le sujet pour son manque de résistance à la maladie. Notons que dans certains cas spécifiques (race ou lignée rare, individu présentant d'autres aspects génétiques uniques), certains éleveurs décident d'élever des sujets QQ pour ne pas perdre cette diversité génétique. Toutefois, dans un tel cas, les éleveurs ne devraient pas reproduire les sujets s'ils sont porteurs d'un allèle V au codon 136 (peu importe leurs autres qualités). Par ailleurs, ces sujets devraient être uniquement croisés à des sujets résistants afin de produire une progéniture améliorée du point de vue de la résistance à la tremblante (QR).

Le codon 154. Un codon qui modulerait la résistance. Le codon 154 peut être composé de l'allèle R ou H. L'allèle H est considéré comme un allèle haussant la résistance génétique à la tremblante chez les animaux. La mutation H au codon 154 est généralement plus rare et moins répandue dans les différentes races ovines. Bien que les résultats de laboratoire réalisés dans ce projet aient permis d'obtenir un résultat allélique pour le codon 154, celui-ci n'est généralement pas utilisé et son interprétation n'est souvent pas faite

au Québec, comme au Canada. En effet, en Amérique du Nord, le codon 154 ne semble pas être lié à des problèmes de sensibilité à la tremblante. Ce qui ne serait pas le cas pour d'autres pays européens où les animaux porteurs de l'allèle H pourraient être plus résistants à certaines souches de tremblante. Voilà pourquoi on peut observer que les sujets porteurs de l'allèle H au codon 154 sont considérés comme plus résistants dans l'échelle de résistance à la maladie, et ce, même s'ils sont de génotype AV QR ou VV QQ aux codons 136 et 171. Ainsi, dans la mesure du possible, les éleveurs devraient tester leurs sujets au codon 154 afin de connaître la variabilité génétique de leurs sujets à ce codon (présence ou absence complète de l'allèle H au codon 154 dans la race). D'une part, ceci contribue à ne pas éliminer, sans le savoir, des animaux porteurs de cet allèle et d'autres parts, permet de conserver des animaux possédant un génotype plus résistant si de nouvelles souches de tremblante apparaissent. Considérant l'apparition de nouvelles maladies et l'apparition de tremblante atypique dans les dernières années, il apparaît essentiel de conserver la diversité génétique pour mieux faire face à toute éventualité!

Tableau 1 Échelle de résistance génotypique à la tremblante selon le ou les codon(s)

Résistance à la tremblante	Présentation par codons			Présentation 2 codons	Présentation 3 codons
	136	154	171	136 / 171	136 / 154 / 171
Très forte	AA	RR	RR	AA / RR	ARR / ARR
	AA	RH	RR	AA / RR	AHR / ARR
Forte (allèle H codon 154)	AA	RH	QR	AA / QR	AHQ / ARR
	AA	HH	QR	AA / QR	AHQ / AHR
Intermédiaire	AA	RR	QR	AA / QR	ARQ / ARR
Intermédiaire ou faible*			QR	. . / QR*	. . Q / . . R*
Faible – Sensibles	AV	RR	QR	AV / QR	VRQ / ARR
	AA	HH	QQ	AA / QQ	AHQ / AHQ
	AA	RH	QQ	AA / QQ	AHQ / ARQ
Très faible – Hautement sensibles	AA	RR	QQ	AA / QQ	ARQ / ARQ
	AV	RR	QQ	AV / QQ	ARQ / VRQ
	VV	RR	QQ	VV / QQ	VRQ / VRQ

**Les animaux ayant seulement comme information les allèles QR au codon 171 ne peuvent être déclarés à sensibilité « très faible », puisqu'ils peuvent posséder l'allèle V au codon 136, ce qui peut plutôt créer des animaux à sensibilité « intermédiaire ».*

8 RÉSULTATS

8.1 Nombre de sujets évalués et de troupeaux participants

Durant le projet :

- ✓ 23 entreprises ont participé au projet;
- ✓ 432 béliers ont été génotypés;
- ✓ 11 différentes races de béliers ont été génotypées.

Le résumé de la participation par race est présenté au Tableau 2. Les abréviations des différentes races qui seront utilisées dans le rapport sont présentées dans ce tableau, ainsi que le nombre d'entreprises que représente chacune des races.

Tableau 2 Nombre de béliers génotypés pour chacune des races et nombre de producteurs

Abréviations des races	Races	Nombre de producteurs par race	Nombre de béliers/race	Proportion du total échantillonnés
BC	Border Cheviot	1	2	0,5%
BL	Border Leicester	2	16	3,7%
CD	Arcott Canadien	3	55	12,7%
DO	Dorper	1	18	4,2%
DP	Dorset	3	34	7,9%
HA	Hampshire	5	66	15,3%
NC	North Country Cheviot	1	6	1,4%
PO	Polypay	1	11	2,5%
RI	Arcott Rideau	3	68	15,7%
RV	Romanov	9	61	14,1%
SU	Suffolk	7	95	22,0%
Total		23 éleveurs	432	

Tel que présenté au tableau précédent, un total de 11 races a été échantillonnées chez 23 éleveurs sélectionneurs (certaines fermes élèvent plus d'une race). La proportion des animaux échantillonnés au sein de chacune des races est assez représentative du portrait des principales races présentes au Québec. Ainsi, les Suffolk, Arcott Rideau, Hampshire Arcott Canadien, Romanov et Dorset ont été les races les plus échantillonnées. Ces 6 races représentaient plus de 85% des sujets échantillonnés. La faible proportion observée dans certaines races utilisées couramment dans le schéma génétique (Polypay et dans une moindre mesure la race North Country Cheviot) pourrait être le résultat d'une participation moins importante des éleveurs de ces races au projet (sujets déjà génotypé, entres-autres).

Notons que la plupart des sujets échantillonnés étaient de jeunes béliers reproducteurs. Il ne s'agit ainsi pas d'un échantillon sélectionné par l'équipe de travail parmi l'ensemble des mâles

présents dans les entreprises ovines québécoises de race pure. Toutefois, puisque ces sujets sont issus des principaux géniteurs de race pure utilisés dans les élevages, les résultats peuvent être considérés comme assez représentatifs, mais seulement dans le cas des races ayant évaluées des sujets au sein de plusieurs troupeaux. En effet, dans le cas des races ayant un seul élevage participant, le portrait des résultats de génotypage est plutôt représentatif de la situation du troupeau et le reflet de la sélection de l'éleveur. Ajoutons que les liens de parenté entre les individus échantillonnés n'ont pas été faits et que cette analyse pourrait être effectuée ultérieurement afin de connaître la variabilité génétique présente chez les sujets porteurs de résistance ou de sensibilité à la maladie dans une race. Cet aspect ne faisait toutefois pas partie des objectifs identifiés dans ce projet.

Ainsi, parmi l'ensemble des races évaluées, on en retrouve 4 où un seul éleveur/race a participé au projet. Dans le but de conserver la confidentialité des données pour ces éleveurs (qui pourraient être identifiés, surtout pour les races moins nombreuses dans le schéma génétique), ces dernières seront présentées de façon non nominative dans les tableaux de résultats et les figures qui suivent. On retrouvera ainsi les résultats pour les races 1, 2, 3 et 4 (sans lien avec l'ordre du tableau précédent). Pour ces races, seuls les résultats de fréquences alléliques et génotypiques seront présentés dans les tableaux et aucun nombre de sujets évalués ne sera affiché.

8.2 Résultats des génotypages

Bien qu'un total de 432 analyses ait été acheminées à la SEMRPQ, les résultats présentés ci-après ont tenu compte d'un total de 412 béliers. En effet, une ferme n'a pas pu être incluse dans les analyses, puisque les résultats obtenus pour ces animaux étaient seulement présentés pour le codon 171 (race Arcott Rideau). L'éleveur de cette race a réalisé ses analyses dans un laboratoire accrédité, mais aux États-Unis. Tel que défini plus tôt, étant donné qu'un résultat « QR » au codon 171 peut représenter un génotype de résistance variable en fonction des allèles présentes au codon 136, soit une résistance intermédiaire (136-AA) ou faible (136-VA), il n'était pas possible de faire des interprétations sur la résistance complète de ces sujets à la tremblante.

8.2.1 Fréquence allélique

Il est intéressant de regarder la fréquence allélique retrouvée dans une population génotypée. Par exemple, lorsque l'on parle d'un bélier avec le génotype « ARQ/ARR », ses deux allèles sont en fait « ARQ » et « ARR ». Ainsi, la semence d'un bélier de ce génotype peut être composée de spermatozoïdes portant l'allèle de sensibilité ARQ ou encore, de spermatozoïdes portant l'allèle de résistance ARR. La descendance d'un tel bélier possède ainsi 50 % des chances de recevoir l'une ou l'autre de ces deux allèles. Pour cette raison, un bélier « ARR/ARR » est à prioriser, puisqu'il transmettra uniquement l'allèle de résistance ARR à sa descendance, qui est l'allèle la plus souhaité dans la population ovine.

Il n'était toutefois pas possible d'analyser les résultats sur une base allélique incluant les 3 codons. En effet, le laboratoire de l'Université de Guelph n'effectue pas ses analyses sur une approche chromosomique, mais plutôt codon par codon. Ainsi, avec ces résultats, il est impossible de déterminer si un sujet portant, par exemple, les allèles AA, RH, QR, respectivement aux codons 136, 154 et 171 porte le génotype ARQ/AHR ou AHQ/ARR. Les analyses ne permettent ainsi pas de déterminer la composition de chacun des brins d'ADN, mais plutôt la paire d'allèles présentes à chaque codon. Ainsi, les résultats qui suivent présentent la fréquence génotypique observée dans la population étudiée au codon 154 (R ou H) et les fréquences alléliques et génotypiques observée pour la combinaison des codons 136 et 171. En effet, pour les codons 136 et 171, il était possible d'établir la combinaison allélique puisqu'il n'est pas possible de retrouver des sujets porteurs d'allèles VR.

8.2.1.1 Fréquences alléliques et génotypiques au codon 154

Très peu de sujets ont été identifiés comme porteurs de la mutation H au codon 154. En effet, l'allèle 154-H a été répertorié à une fréquence de seulement 1,4% parmi tous les allèles de la population à l'étude. D'un point de vue génotypique, 97,3% des sujets de la population étaient homozygotes RR au codon 154. Au total, c'est ainsi seulement 11 sujets qui étaient soit hétérozygotes RH (10 béliers) ou homozygote HH (1 bélier). Notons que seuls des sujets de race Border Leicester et de race Arcott Canadien ont été retrouvés porteurs de l'allèle H au codon 154. Le tableau 3 présente la fréquence génotypique observée au codon 154 pour l'ensemble des sujets échantillonnés.

Tableau 3 Fréquence génotypique observée au codon 154 pour les races étudiées dans la population.

RACES	Race 1*		Race 2		Race 3		Race 4		BL		CD		DP		HA		RI		RV		SU		Population	
GÉNOTYPE	Nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
<i>HH</i>		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%	1	6,3%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%	1	0,2%
<i>RH</i>		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%	7	43,8%	3	5,5%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%		0,0%	10	2,4%
<i>RR</i>	.	100%	.	100%	.	100%	.	100%	8	50,0%	52	94,5%	34	100%	66	100%	48	100%	61	100%	95	100%	401	97,3%
TOTAL	.		.		.		.		16		55		34		66		48		61		95		412	

* Pour les races 1, 2, 3 et 4, seuls les résultats de fréquences génotypiques sont présentés pour conserver la confidentialité des éleveurs (1 seul troupeau par race et peu de sujets)

Bien que peu considérée en Amérique du Nord, la présence de l'allèle H au codon 154 modulerait la résistance à la tremblante, rendant ainsi les sujets porteurs plus résistants à certaines souches de la maladie. Il serait ainsi pertinent que les éleveurs de ces deux races continuent de tester leurs sujets au codon 154, et ce, dans le but de conserver cette diversité génétique. En ce qui concerne les autres races, il n'est pas impossible que cette mutation soit aussi présente dans le cheptel, puisque l'échantillonnage ne concernait que les béliers et jeunes béliers (échantillonnage non représentatif d'une population mâles et femelles). Toutefois, considérant que ces sujets sont les géniteurs et/ou les fils de géniteurs influents, il est possible que cet allèle demeure rare dans ces populations raciales. Le génotypage des sujets au codon 154 semble ainsi moins d'intérêt pour ces dernières.

Puisque les codons 171 et 136 sont principalement considérés pour la résistance génétique à la tremblante en Amérique du Nord, les résultats qui suivront présenteront les fréquences alléliques et génotypiques à ces deux codons. Rappelons que même si les résultats de laboratoire de Guelph n'étaient pas réalisés sur une base chromosomique, il était possible de déterminer la combinaison des allèles aux codons 136 et 154 car le génotype 136V-171R est impossible.

8.2.1.2 Fréquences alléliques aux codons 136 et 154

Le tableau 4 présente le bilan de la fréquence allélique des béliers génotypés dans le cadre du présent projet pour les allèles retrouvés aux codons 136 et 154. Ce tableau illustre la fréquence des différents allèles au sein de l'ensemble des individus sélectionnés, sans égard à la race. Parmi la population de 824 allèles (412 sujets échantillonnés aux 2 codons), 73,8 % sont « AR », 23,2 % sont « AQ » et 3 % sont « VQ ».

Tableau 4 Fréquences alléliques aux codons 136 et 154 pour l'ensemble de la population.

Allèle 136-171	Nombre observé	Pourcentage de la population
A-R	608	73.8%
A-Q	191	23.2%
V-Q	25	3,0 %
TOTAL	824	

Globalement, on observe que la population de béliers des différentes races échantillonnées présente une bonne résistance à la tremblante. En effet, l'allèle 136A-171R, associée à une forte résistance à la maladie, a été retrouvé à une fréquence de plus de 70% dans notre population de mâles reproducteurs (toutes race confondues). Pour le schéma génétique ovin québécois, ceci représente une bonne nouvelle, car une haute proportion des géniteurs sont porteurs de génétique de résistance à la tremblante. Il est toutefois indispensable d'évaluer comment se répartit cette résistance au sein des différentes races échantillonnées et ainsi, comment se traduit la sensibilité/résistance dans ces dernières. Ainsi, le tableau 5 présente les résultats de fréquence allélique et la figure 1 illustre ces fréquences au sein des différentes races échantillonnées.

Tableau 5 Fréquence (%) des différents allèles au sein de chacune des races échantillonnées.

RACES	Race 1*		Race 2		Race 3		Race 4		BL		CD		DP		HA		RI		RV		SU		Population	
ALLÈLES	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
136A 171R	.	100%	.	25,0%	91,7%	.	90,9%	16	50%	84	76,4%	45	66,2%	95	72,0%	83	86,5%	88	72,1%	153	80,5%	608	73,8%	
136A 171Q	.	0%	.	61,1%	0%	.	9,1%	16	50%	21	19,1%	12	17,6%	37	28,0%	13	13,5%	31	25,4%	37	19,5%	191	23,2%	
136V 171Q	.	0%	.	13,9%	8,3%	.	0%	0	0%	5	4,5%	11	16,2%	0	0%	0	0%	3	2,5%	0	0%	25	3,0%	
TOTAL	.		.		.			32		110		68		132		96		122		190		824		

* Pour les races 1, 2, 3 et 4, seuls les résultats de fréquences alléliques sont présentés pour conserver la confidentialité des éleveurs (1 seul troupeau par race et peu de sujets)

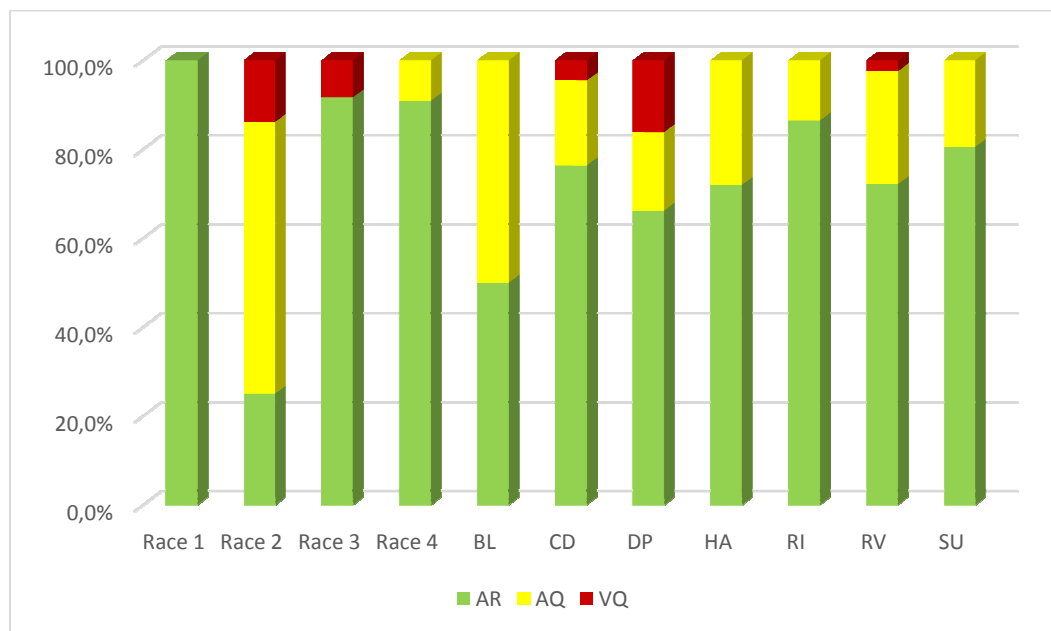


Figure 1 Répartition des différents allèles pour les codons 136 et 171 en fonction de la race. Les allèles plus résistants sont placés au bas de chaque barre et les plus sensibles, en haut.

Dans le tableau et la figure précédente, il faut souligner que deux races ont évaluées très peu de sujet, soit les races 1 et 3. Les résultats obtenus dans ces deux races ne peuvent ainsi être représentatifs de l'ensemble des animaux de ces populations raciales. Tout de même, ces résultats démontrent le travail effectué par les éleveurs pour améliorer la résistance des sujets à la maladie, et ce, vu la grande fréquence de l'allèle de résistance 136A 171R. La présence de l'allèle de haute sensibilité « VQ » étant tout de même présente chez certains sujets de la race 3, l'éleveur de ce troupeau doit porter attention à ne pas la diffuser en sélectionnant les géniteurs porteurs de cette mutation indésirable (ex : animaux AV/ QR ou VV/ QQ).

Deux autres races échantillonnées ont aussi été faites au sein d'un seul troupeau, soit les races 2 et 4. Les résultats de fréquence allélique ne sont ainsi probablement pas représentatifs de la race, mais bien plus, possiblement, la résultante de la sélection effectuée chez ces éleveurs. Notons que chez l'éleveur de la race #4, la fréquence de l'allèle de résistance 136A 171R a été retrouvée en forte proportion (90,9%) chez les sujets échantillonnés. Par ailleurs, dans cet élevage, aucun sujet échantillonné n'était porteur de l'allèle de haute sensibilité 136V 171Q.

En ce qui concerne la race #2, les allèles de sensibilité 136A 171Q (61,1%) et de haute sensibilité 136V 171Q (13,9%) ont été retrouvés en grande proportion chez les sujets échantillonnés dans cet élevage. Toutefois, même si ces allèles de sensibilité sont fortement présents chez les animaux de ce troupeau, on retrouve tout de même l'allèle de résistance 136A 171R à une fréquence de 25,0%. Ainsi, même si l'allèle de résistance « AR » est plus rarement rencontré chez les sujets de cet élevage et peut-être même de cette race, il y a tout de même une lumière au bout du tunnel, car cet allèle de résistance est existant. La situation aurait été problématique si aucun animal n'avait été porteur de l'allèle résistant « AR ». Dans une situation comme celle observée dans la race #2, l'éleveur aurait avantage à génotyper tous les mâles et toutes les femelles de son troupeau afin d'identifier les individus porteurs de l'allèle 136A-171R, surtout si peu ou aucun sujet de l'élevage ne sont homozygotes 136AA-171RR. Ces tests de génotypage permettraient également de connaître les sujets porteurs de l'allèle sensible 136V-171Q, pour ainsi soit les réformer ou simplement ne pas garder leur descendance (identifier les mâles ou les femelles porteuses de ce génotype). Ensuite, il devrait sélectionner les meilleurs sujets porteurs de l'allèle « AR » et les croiser entre eux. En croisant des individus homozygotes (AA) au codon 136 et hétérozygotes (QR) au codon 171, soit des brebis et des béliers de génotype « AA QR », cet éleveur aurait la chance que 50% de la descendance de ce croisement soit du génotype de résistance intermédiaire AA QR, 25% porterait le génotype sensible AA QQ et finalement, 25% des descendants porteraient le génotype de résistance AA RR. Ensuite, en sélectionnant les meilleurs mâles homozygotes AA RR obtenus suite à ce croisement, l'éleveur pourrait les accoupler à des femelles de son élevage (AA QR) et améliorer substantiellement le portrait génétique de résistance à la maladie pour sa race et son élevage (50% de la descendance pourrait être de génotype résistant AA RR).

Parmi les autres races évaluées, la fréquence de l'allèle de très haute sensibilité VQ (non souhaitable) a été retrouvée chez les races Dorset (16.2%), Arcott Canadien (4,5%) et en

moindre proportion dans la race Romanov (2,5%). Dans la présente étude, ce sont les sujets de la race Dorset qui comptent la plus haute fréquence d'allèle de sensibilité « VQ ». Si on compare ces résultats au portrait des animaux échantillonnés dans la même race lors de l'étude réalisée par le CEPOQ en 2003, la situation semble s'être dégradée, puisqu'on retrouve une plus haute fréquence de cet allèle de haute sensibilité dans la population (6.0% VRQ vs 16,2% VQ, respectivement pour les études de 2003 et 2017). Soulignons que le nombre de sujets échantillonnés était plus grand lors de l'étude précédente pour la race Dorset et que la population échantillonnée était aussi constituée de femelles. Puisque dans la présente étude seuls des géniteurs potentiels ou des fils de géniteurs influents ont été échantillonnés, il apparaît important de mettre en garde les éleveurs de cette race en les conscientisant à génotyper leurs sujets pour les codons 171 et 136, et ce, pour s'assurer de ne pas sélectionner des sujets porteurs de l'allèle de haute sensibilité à la maladie :136V-171Q.

Pour les deux autres races où l'allèle de haute sensibilité « VQ » a été retrouvé, la très faible fréquence mesurée pour cet allèle dans la population de mâles de notre étude permet de croire qu'il serait possible, dans un avenir rapproché, d'éliminer complètement cet allèle sensible en réformant les géniteurs porteurs. Notons que comparativement à l'étude réalisée en 2003, ces deux races ont réduit de près de moitié la fréquence de l'allèle VQ (VRQ) dans la population échantillonnée, et ce, pour un nombre légèrement plus important de sujets mâles échantillonnés (4.4% {n=28} vs 2,5% {n=55} et 7.1% {n=57} vs 4.5% {n=61}, respectivement pour les mâles Romanov et les mâles Arcott Canadien, dans les études de 2017 et 2003). Soulignons que lors de l'étude réalisée en 2003, on retrouvait l'allèle VRQ chez les Suffolk et les Hampshire en proportion de 1,20% et 1,25% respectivement. Dans la population de notre étude, cet allèle n'a toutefois pas été répertorié dans ces races. Le travail des éleveurs doit donc se poursuivre afin de ne pas reproduire des sujets porteurs de l'allèle V au codon 136.

L'allèle d'origine 136A 171Q, qui est associé à une sensibilité à la maladie, a été répertorié dans l'ensemble des races à l'étude et plus particulièrement dans la race #2 (61,1%). Les éleveurs ont ainsi encore beaucoup de travail de sélection afin de réduire la fréquence de cet allèle au profit de l'allèle de résistance 136A 171R. Heureusement, la fréquence élevée observée dans la plupart des races pour l'allèle de résistance 136A 171R suggère qu'il est possible de sélectionner des individus améliorateurs (conformation et génétique), mais aussi porteurs de l'allèle « AR » et de changer graduellement le portrait de la résistance à la tremblante de nos races québécoises. Ce changement pourrait s'opérer de court à moyen terme, selon la race et les critères de sélection des éleveurs.

8.2.2 Fréquence génotypique

8.2.2.1 Analyses et interprétations par approche raciale

La figure 2 présente les résultats observés dans chacun des génotypes pour les codons 136, 154 et 171 dans la population étudiée, et ce, sans égard à la race. Globalement, la population à l'étude compte une grande proportion (54,1%) de sujets génétiquement résistants à la tremblante (génotype 136AA 154RR 171RR). Il est par ailleurs intéressant de constater que les sujets les plus sensibles à la tremblante (136-154-171 : VV-RR-QQ, AV-RR-QQ et AA-RR-QQ) comptent pour moins de 7% de la population totale de géniteurs dans notre étude. Sommes toutes, 34,2% de la population à l'étude présente le génotype intermédiaire de résistance AA RR QR. Évidemment, ces génotypes se retrouvent sous différentes fréquences selon les races échantillonnées.

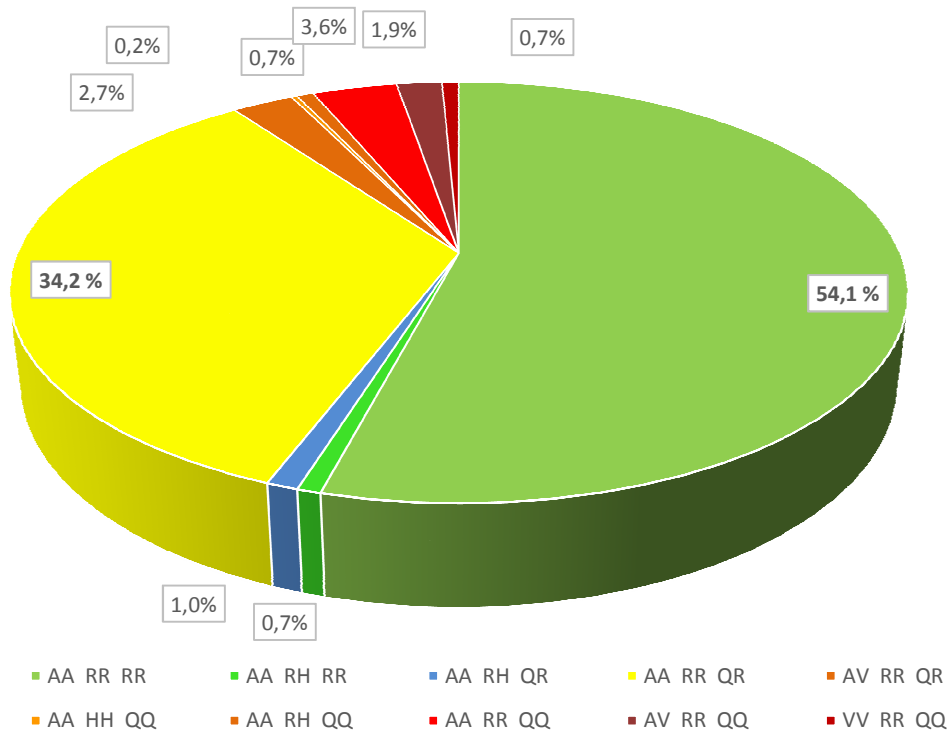


Figure 2 Fréquence des génotypes observés dans la population à l'étude pour les codons 136, 154 et 171, sans égard à la race.

Le tableau 6, présenté à la page suivante, présente l'ensemble des résultats pour les races évaluées dans l'étude. On y retrouve en détail la fréquence génotypique observée pour les 3 codons au sein de chacune des races échantillonnées. La figure 3 illustre de façon graphique la fréquence des génotypes observés, selon les races de béliers échantillonnés.

Tableau 6 Fréquence génotypique observée pour les 3 codons dans la population étudiée.

GÉNOTYPES			Race 1*		Race 2		Race 3		Race 4		BL		CD		DP		HA		RI		RV		SU		Population	
136	154	171	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
AA	RR	RR	.	100%			.	83,3%	.	81,8%	4	25,0%	26	47,3%	17	50,0%	32	48,5%	35	72,9%	33	54,1%	60	63,2%	223	54,1%
AA	RH	RR											3	5,5%											3	0,7%
AA	RH	QR									4	25,0%													4	1,0%
AA	HH	QR																							0	
AA	RR	QR			.	44,4%			.	18,2%	4	25,0%	21	38,2%	8	23,5%	31	47,0%	13	27,1%	21	34,4%	33	34,7%	141	34,2%
AV	RR	QR			.	5,6%	.	16,7%					5	9,1%	3	8,8%					1	1,6%			11	2,7%
AA	HH	QQ									1	6,3%													1	0,2%
AA	RH	QQ									3	18,8%													3	0,7%
AA	RR	QQ			.	27,8%									1	2,9%	3	4,5%			4	6,6%	2	2,1%	15	3,6%
AV	RR	QQ			.	22,2%									2	5,9%					2	3,3%			8	1,9%
VV	RR	QQ													3	8,8%									3	0,7%
			.		.				.		16		55		34		66		48		61		95		412	

* Pour les races 1, 2, 3 et 4, seuls les résultats de fréquences alléliques sont présentés pour conserver la confidentialité des éleveurs (1 seul troupeau par race et peu de sujets)

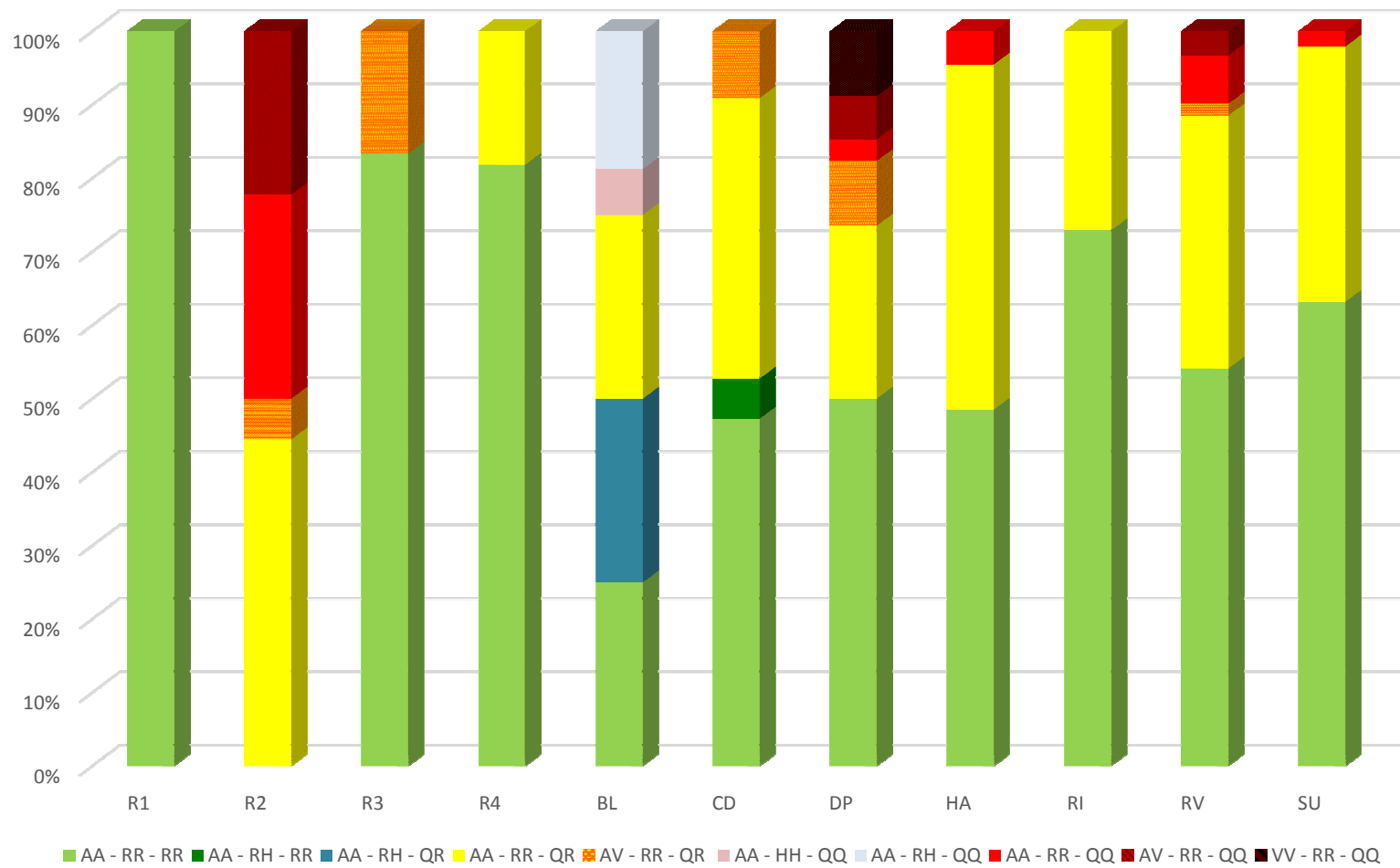


Figure 3 Fréquence des différents génotypes en fonction de la race.
Les génotypes plus résistants sont placés au bas de chaque barre et les plus sensibles, en haut.
Tous les génotypes composés d'au moins un allèle V au codon 136 sont présentés en couleur hachurée.

Tel que mentionné au préalable, le portrait génotypique observé dans les races #1, 2, 3 et 4 est possiblement non représentatif de ces dernières et le résultat aurait pu être différent si l'échantillonnage avait été plus large dans le cheptel ovin québécois ou canadien (un seul troupeau échantillonné dans chacune de ces races). Tout de même, il est intéressant de souligner que les résultats de génotypage obtenus suggèrent une position enviable en ce qui concerne la résistance génétique des mâles des races #1, 3 et 4, où l'on retrouve une grande proportion de sujets hautement résistants à la tremblante (AA RR RR). L'éleveur de la race #3 doit toutefois porter attention aux sujets porteurs de l'allèle de sensibilité AV au codon 136 et ne pas les sélectionner pour la reproduction (18,2% des mâles échantillonnés dans ce troupeau).

Les sujets du troupeau échantillonnés pour la race #2 sont probablement les plus problématiques de l'étude. En effet, aucun sujet n'a été identifié comme étant porteur du génotype de haute résistance AA RR RR. Ceci pourrait être le reflet de la sélection de l'éleveur dans ce troupeau, mais il n'est pas impossible que les sujets résistants à la tremblante soient rarissimes dans cette race. Un échantillonnage plus large et plus représentatif (plus de troupeaux, lignées variées) aurait permis de donner un meilleur portrait. Les sujets de la race #2 comptent aussi, malheureusement, une haute fréquence de sujets sensibles à la tremblante car porteurs du génotype QQ au codon 171 (50% des individus échantillonnés). Soulignons que près de la moitié de ces sujets sont aussi porteurs d'un génotype hautement sensible (AV RR QQ, 22,2% des sujets échantillonnés). Le portrait de résistance génétique à la maladie pour la race #2 (un troupeau) pourrait toutefois être modifié en adoptant les stratégies présentées dans la section précédente. Ainsi, un éleveur qui se retrouve dans ce type de situation a avantage à génotyper tous les sujets de son élevage (mâles et femelles), ainsi que les descendants, et ce, de façon à réduire l'incidence de sujets porteurs du génotype AA RR QQ, AV RR QQ ou AV RR QR. En misant sur la sélection et le croisement de mâles et de femelles AA RR QR, il est possible de produire d'éventuels descendants résistants AA RR RR. Par ailleurs, puisque près de 45% des mâles de la race #2 portent ce génotype intermédiaire de résistance (AA RR QR), il serait possible pour cet éleveur de réduire la sensibilité à la tremblante en adoptant cette stratégie.

Les races Border Leicester et Arcott Canadien sont celles où on a retrouvé une fréquence plus variable de divers génotypes, et ce, grâce à la mutation H au codon 154 chez certains individus échantillonnés. Mis à part la race #2, la race Border Leicester et celle où l'on a retrouvé moins de mâles résistants à la maladie, dans une proportion de seulement 25% (AA RR RR). Toutefois, aucun sujet porteur de génotype hautement sensibles AA RR QQ, AV RR QQ ou VV RR QQ n'ont été répertoriés dans l'échantillon. En effet, il est intéressant, de constater que les sujets Border Leicester porteurs du génotype QQ étaient tous porteurs d'une ou deux allèles H au codon 154. Pour la race Arcott Canadien, aucun sujet portant les génotypes hautement sensibles n'ont été répertoriés dans la population échantillonnée. Toutefois, puisque près de 10% des sujets étaient porteurs du génotype AV RR QR (9,1%), il est important que les éleveurs continuent de tester leurs sujets au codon 136, et ce, afin de s'assurer qu'ils ne sont pas porteurs de l'allèle 136V-171Q.

Les races terminales Hampshire et Suffolk, ainsi que la race Arcott Rideau ont présenté un portrait intéressant pour la résistance génétique à la tremblante. En effet, pour les races Suffolk et Hampshire, un très faible pourcentage d'individus étaient porteur du génotype sensible AA RR QQ (4,5% et 2,1%, respectivement pour les Hampshire et les Suffolk). Puisque l'allèle sensible VQ n'était pas présente au sein de ces races, aucun sujet portant ce génotype de sensibilité n'a été rencontré. Ces deux races terminales présentent une situation enviable avec une haute fréquence de sujets résistants à la maladie AA RR RR (63,2% et 48,5%, respectivement pour les Suffolk et les Hampshire). Étant donné qu'au sein de ces deux races, environ 40 % des sujets sont d'un génotype intermédiaire de résistance à la maladie (AA RR QR), les éleveurs doivent poursuivre leur travail de sélection et inclure le génotypage dans leurs critères de sélection génétique. Soulignons que les races Hampshire et Suffolk ont échantillonné des sujets dans un grand nombre de troupeaux sélectionneurs (respectivement 5 et 7 troupeaux). Le portrait de la résistance génétique des mâles a donc été réalisé dans un bassin de population intéressante et assez diversifiée dans ce projet comparativement à d'autres races.

En ce qui concerne la race Arcott Rideau, avec 72,9% de mâles de génotype AA RR RR, elle constitue la race qui comptait la plus grande proportion de sujets résistants à la tremblante dans les populations échantillonnées lors de ce projet. Fait intéressant, aucun sujet de génotype sensible n'a été répertorié dans l'échantillon de cette race et seuls deux génotypes étaient présents, soit AA RR RR et AA RR QR (27,1%). Ce résultat pourrait être le fruit de sélection des éleveurs, dont certains participent (ou ont participé) à la voie 1 ou 3 du Programme volontaire de certification des troupeaux pour la tremblante (PVCTT – Voie 3 - implique le génotypage et la réforme des sujets sensibles et la sélection des sujets AA QR ou AA RR seulement). Ces éleveurs sélectionneurs auraient pu contribuer à ce portrait dans la race par la diffusion de génétique résistance. Toutefois, il faut se rappeler que seuls deux troupeaux ont été retenus dans ces analyses puisque la troisième ferme avait fait analyser les sujets au codon 171 seulement. Ainsi, bien qu'un grand nombre de sujets aient été échantillonnés dans la race Arcott Rideau, il n'est pas possible d'affirmer que ce portrait est représentatif de la race dans la province, car d'une part il est issu de seulement deux élevages et d'autre part, les liens génétiques entre les individus n'ont pas été évalués (lien de parenté, variabilité des lignées et des origines des animaux, ...).

Dans la race Romanov, le portrait de la résistance génétique à tremblante est le reflet d'une population diversifiée et issue du plus grand nombre de troupeaux sélectionneurs dans l'étude (9 troupeaux, 61 mâles). La population échantillonnée dans la race Romanov présente un portrait plus varié de génotypes. En effet, une forte proportion des mâles échantillonnés étaient de génotype résistants AA RR RR (54,1%), toutefois près de 5% des sujets étaient aussi porteurs du génotype sensible 136-AV (3,3% de sujets AV RR QQ, 1,6% de sujets AV RR QR) et 6,6% du génotype AA RR QQ. Avec plus de 10% de sujets porteurs de génotype sensibles ou hautement sensibles dans les mâles échantillonnés, les éleveurs de race Romanov doivent poursuivre leurs efforts pour améliorer la résistance génétique à la tremblante, mais ils sont sur la bonne voie.

La race Dorset est sans aucun doute celle qui présente, à première vue, le portrait le plus préoccupant. Par ailleurs, la race Dorset est la seule où des mâles homozygotes VV RR QQ ont été identifiés. Avec 8,8% des sujets portant ce type de génotype dans la population mâles de cette étude, ceci laisse présager qu'un nombre relativement similaire de femelles (sœurs de ces béliers) pourraient aussi être porteuses de ce génotype sensible et donc à risque (comme les mâles) de développer la maladie si elles y sont exposées. Au total, plus de 15% des sujets échantillonnés étaient porteurs de génotypes de très faible résistance à la maladie dans la race Dorset (8,8% VV RR QQ, 5,9% AV RR QQ et 2,3% AA RR QQ). Si on ajoute les sujets porteurs de génotype AV RR QR, plus de 25% des mâles Dorset échantillonnés dans ce projet présentent une faible résistance à la tremblante. Considérant que les mâles Dorset sont largement utilisés dans le schéma génétique ovin québécois pour produire des femelles hybrides prolifiques en croisement sur des femelles Romanov, les éleveurs Dorset doivent sélectionner des sujets plus résistants. Avec 50% de sujets porteurs de génotype AA RR RR, il sera possible de modifier ce bilan, dans la seule condition où les éleveurs ne sélectionnent pas de remplacement porteur de génotypes sensibles, particulièrement des sujets porteurs d'un allèle V au codon 136 (AV QQ, VV QQ).

Notons que les interprétations des lignes précédentes ont été faites sur la base du portrait génotypique pour les sujets de l'ensemble d'une race. Lorsque des problématiques sont identifiées au sein de certaines races, il est pertinent d'évaluer si le portrait génotypique est le reflet de l'ensemble des sujets d'une population raciale, ou plutôt influencé par quelques troupeaux.

8.2.2.2 Analyses et interprétations par approche de troupeau

Une approche par troupeau est souvent nécessaire lorsque nous observons une fréquence élevée de génotype non désirable dans une race donnée. Cette analyse est pertinente seulement lorsque plusieurs troupeaux sont présents au sein d'une race. Ainsi, les figures qui suivent présentent le portrait par génotype pour les races ayant évalué des sujets au sein de plus de 2 troupeaux. Les interprétations ont donc été faites seulement pour les races Arcott Canadien, Dorset, Hampshire, Romanov et Suffolk. Les figures qui suivent présentent la fréquence des différents génotypes observés en fonction du troupeau où les sujets ont été échantillonnés. Les troupeaux sont identifiés par un numéro séquentiel unique afin de conserver la confidentialité des éleveurs.

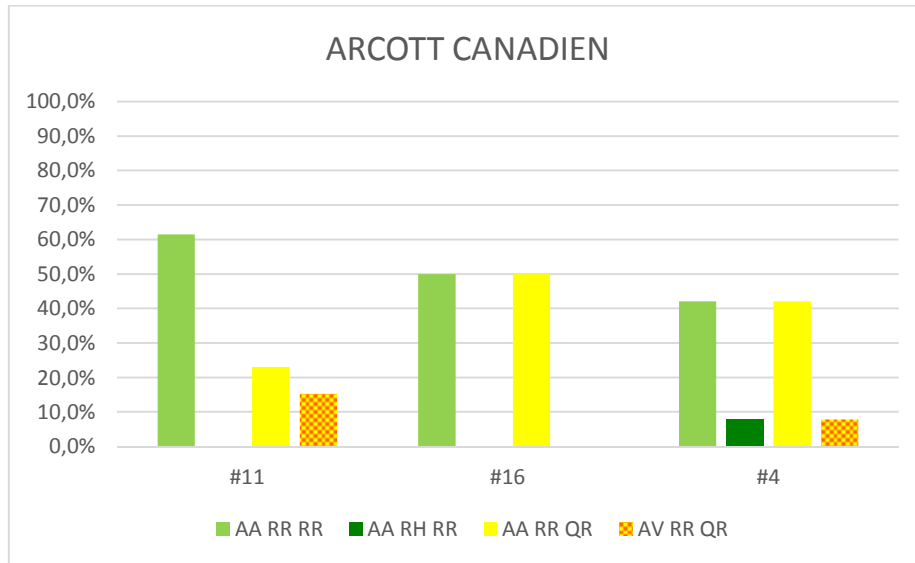


Figure 4 Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Arcott Canadien.

Pour la race Arcott Canadien, mis à part le troupeau #16 qui a évalué un peu moins d'individus ($n = 4$), les deux autres troupeaux ont évalués un nombre relativement important de mâles. Dans ces deux troupeaux, des sujets porteurs d'un allèle AV ont été retrouvés. Bien que ce nombre représente une faible proportion, il est essentiel de conscientiser les éleveurs à tester au codon 136 lorsqu'ils obtiennent un animal de génotype QR au codon 171. Les éleveurs de la race Arcott Canadien devraient ainsi toujours systématiquement tester leurs sujets au codon 136 lorsqu'une pleine résistance n'est pas rencontrée au codon 171 chez un animal (RR).

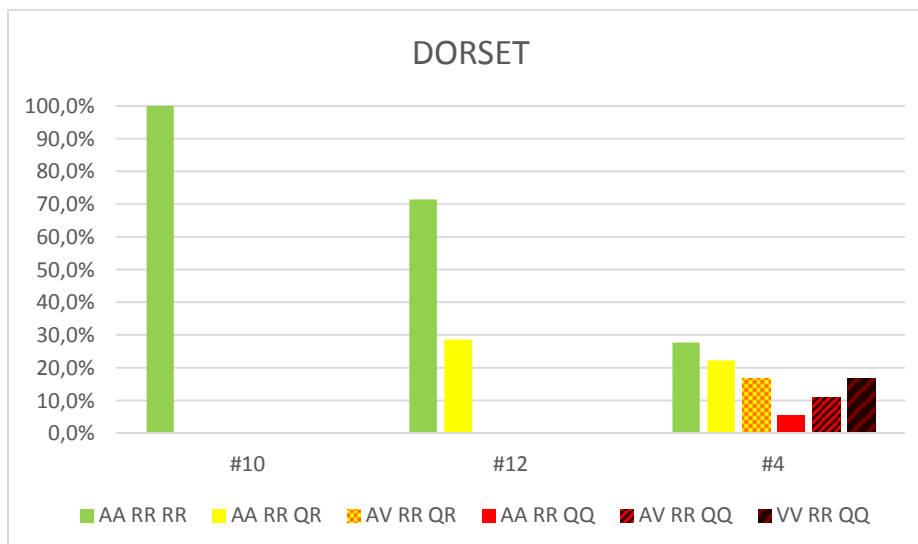
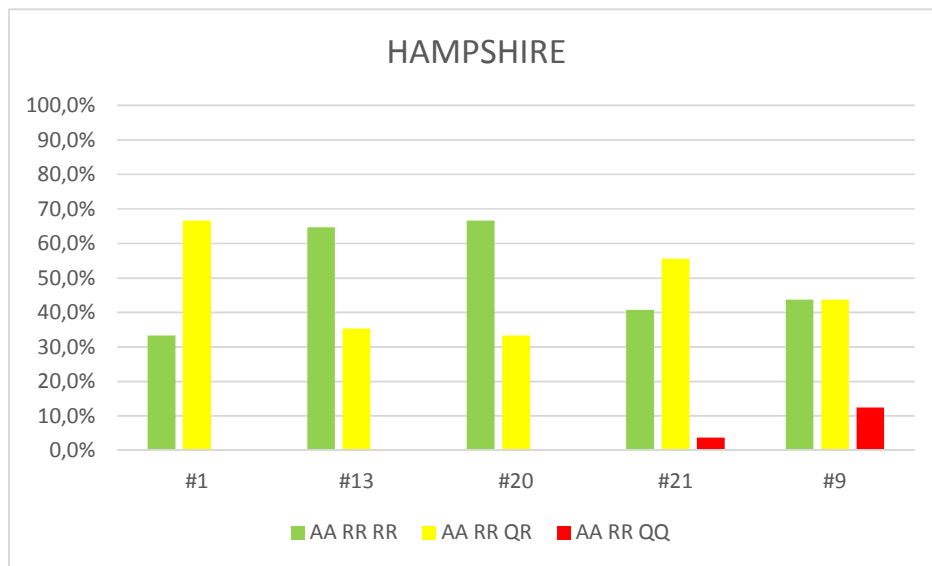


Figure 5 Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Dorset.

Pour la race Dorset, mis à part le troupeau #10 qui a évalué un faible nombre de béliers ($n = 2$), les deux autres troupeaux ont évalués un nombre relativement important de mâles. Cette figure illustre bien que le portrait de sensibilité à la tremblante qui avait été décrit un peu plus tôt pour la race Dorset est plutôt le reflet de la situation présente dans un seul élevage. En effet, seul le troupeau #4 présente des sujets de génotypes sensibles à la maladie, alors que les troupeaux #10 et #12 présentent seulement des génotypes résistants et en moindre proportion, des sujets AA RR QR. Les résultats obtenus chez l'éleveur du troupeau #4 suggèrent un portrait plus problématique de sensibilité à la maladie. Cet éleveur devra miser sur l'identification des femelles porteuses de génotypes de sensibilité élevée (AA RR QQ, AV RR QQ, VV RR QQ), et ce, afin de les réformer ou éviter de garder leur descendance. Par ailleurs, il devra miser sur l'utilisation de béliers résistants. Puisque la proportion de béliers résistants apparaît faible dans cet élevage, l'introduction de béliers porteurs de génotype AA RR RR serait souhaitable pour changer plus rapidement le portrait de la résistance à la maladie, sans affecter la diversité génétique des sujets. Cet élevage devra aussi éviter de diffuser les sujets de génotypes sensibles à d'autres élevages, et ce, dans l'intérêt de ne pas affecter la résistance à la tremblante de la race Dorset ou d'autres troupeaux (ex. : producteurs de femelles hybrides).

**Figure 6** Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Hampshire.

En race Hampshire, les troupeaux #1 et #20 ont évalués moins de mâles que les autres élevages ($n = 3$, respectivement pour chaque troupeau). La proportion de sujets du génotype sensible AA RR QQ a été retrouvée au sein de seulement 2 élevages et en faible proportion. Notons que ces deux troupeaux ont génotyper plus de sujets, ce qui a

possiblement contribué à un meilleur échantillonnage. L'ensemble des éleveurs Hampshire devront donc poursuivre leur travail de sélection, mais la race semble sur la bonne voie pour contrer la maladie.

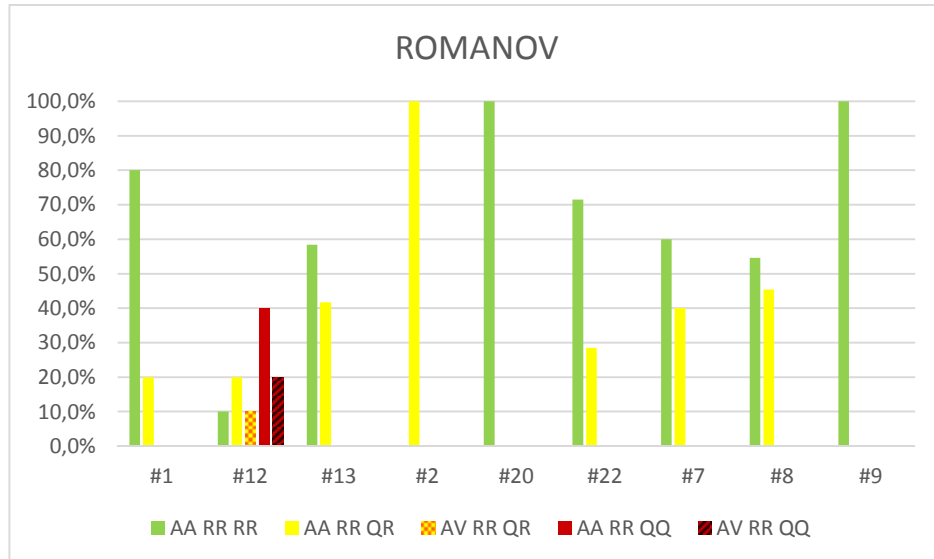


Figure 7 Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Romanov.

Dans la race Romanov, les troupeaux #20 et #2 ont évalué moins de sujets (respectivement 2 et 4 mâles). Dans les autres élevages, l'échantillonnage variait de 5 à 12 mâles. La figure précédente nous démontre que le portrait de sensibilité qui avait été décrit au préalable pour la race est plutôt le reflet de la situation présente dans un seul troupeau, soit le #12. Dans cet élevage, on retrouve peu de sujets résistants et plusieurs de sujets porteurs de l'allèle Q au codon 171, ou de l'allèle V au codon 136. Étant donné la forte proportion de sujets hautement résistants dans la race, cet éleveur aurait avantage à acheter des béliers résistants au sein des autres élevages et identifier les femelles porteuses d'allèles sensibles (ou les filles de béliers de génotypes sensibles). La race Romanov contribue largement à la production de femelles hybrides au Québec. Il est donc essentiel que les mâles tout comme les femelles de cette race ne transmettent pas une sensibilité à la tremblante à leur descendance.

Finalement, en race Suffolk, soulignons que les troupeaux #6, #3, #22 et #16 ont évalué moins de 5 sujets. L'échantillon de béliers prélevés dans les autres élevages était plus représentatif. La race Suffolk affiche ainsi un excellent portrait pour la résistance à la maladie et un seul troupeau présentait des sujets de génotype sensible, mais en très faible proportion (troupeau #14).

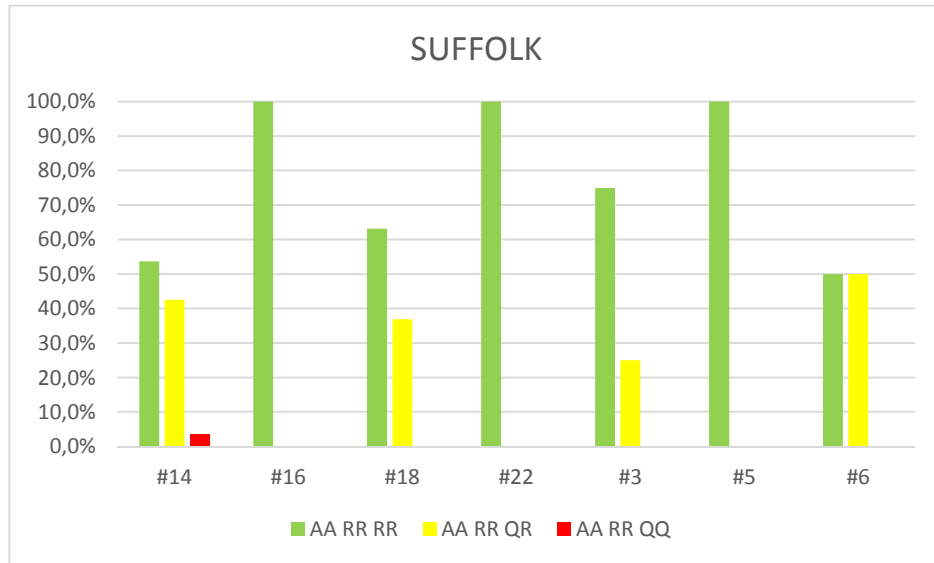


Figure 8 Fréquence des génotypes observés en fonction du troupeau pour la race Suffolk.

8.3 Portrait de la résistance génotypique pour les codons d'intérêt 136 et 171 en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA

Au Canada, tout comme au Québec, ce sont les codons 136 et 171 qui sont reconnus par l'ACIA et Tremblante Canada pour conférer une meilleure résistance à la maladie. Le codon 154 n'est pas considéré dans l'échelle de résistance établie par ces organisations nationales. Ainsi, la figure et le tableau qui suivent ont été produits en considérant seulement ces 2 codons d'intérêt dans le génotype des sujets échantillonnés. La figure 9 illustre la fréquence des génotypes observés au sein de la population échantillonnée durant l'étude en fonction des codons 136 et 171 seulement (sans égard à la race). Le retrait du codon 154 réduit ainsi le nombre de génotypes à 6 au lieu de 10. Puisque seules 2 races étaient porteuses de la mutation H au codon 154, la fréquence des génotypes ne varie que très peu dans les races par rapport aux figures et tableaux précédents.

Le tableau 7 présente, en détail, les résultats de fréquence génotypique pour les sujets échantillonnés dans l'étude pour les codons 136 et 154 (pour chaque race). On y retrouve aussi l'échelle de susceptibilité à la tremblante, telle que décrite par Tremblante Canada et l'ACIA.

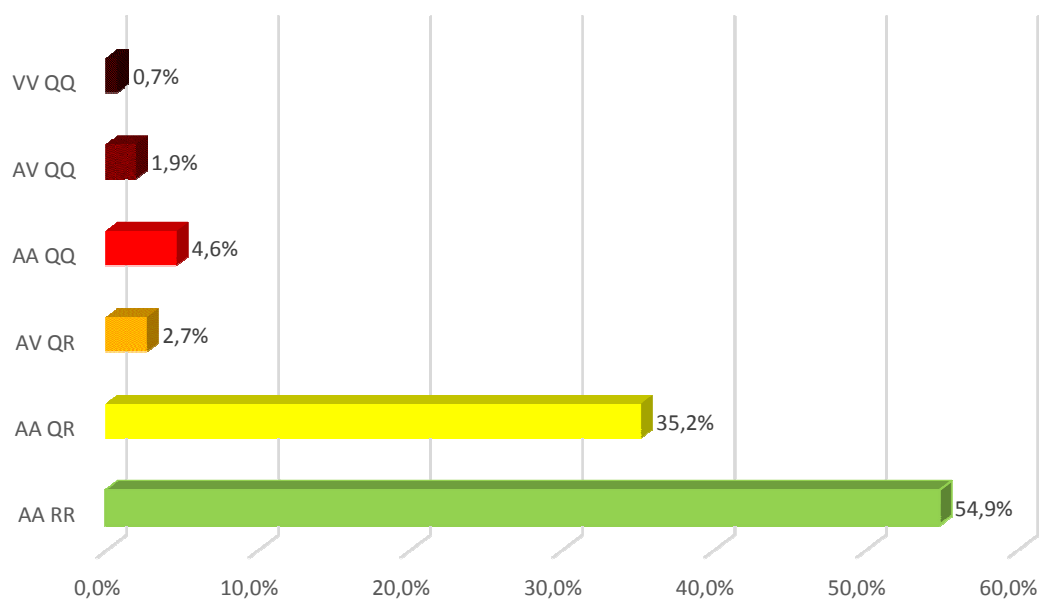


Figure 9 Répartition des différents génotypes d'intérêt (codons 136 et 171 seulement) parmi les béliers génotypés pour la tremblante, toutes races confondues.

Tableau 7 Fréquence génotypique des sujets des différentes races en fonction des 2 codons d'intérêt (136 – 154) et positionnement dans l'échelle de résistance de Tremblante Canada et de l'ACIA.

Échelle de susceptibilité à la tremblante ¹	Génotype (136-171)	Race 1		Race 2		Race 3		Race 4		BL		CD		DP		HA		RI		RV		SU		Grand Total	
		nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Négligeable	AA RR	.	100%			.	83%	.	82%	4	25%	29	53%	17	50%	32	48%	35	73%	33	54%	60	63%	226	54,9%
Très Faible	AA QR			.	44%			.	18%	8	50%	21	38%	8	24%	31	47%	13	27%	21	34%	33	35%	145	35,2%
Intermédiaire	AV QR			.	6%	.	17%					5	9%	3	9%					1	2%			11	2,7%
Élevée	AA QQ			.	28%					4	25%			1	3%	3	5%			4	7%	2	2%	19	4,6%
	AV QQ			.	22%									2	6%					2	3%			8	1,9%
	VV QQ													3	9%									3	0,7%
Nombre de béliers		.		.		.		.		16		55		34		66		48		61		95		412	
Nombre de producteurs		1		1		1		1		2		3		3		5		2		9		7		22	

¹ Échelle de susceptibilité à la tremblante de l'ACIA et Tremblante Canada.

La figure 10 illustre graphiquement la répartition des génotypes au sein de chacune des races en fonction de l'échelle de susceptibilité à la maladie, telle que décrite par Tremblante Canada. La figure 11 présente la distribution des génotypes de l'ensemble de la population en fonction de cette même échelle de susceptibilité (sans égard à la race).

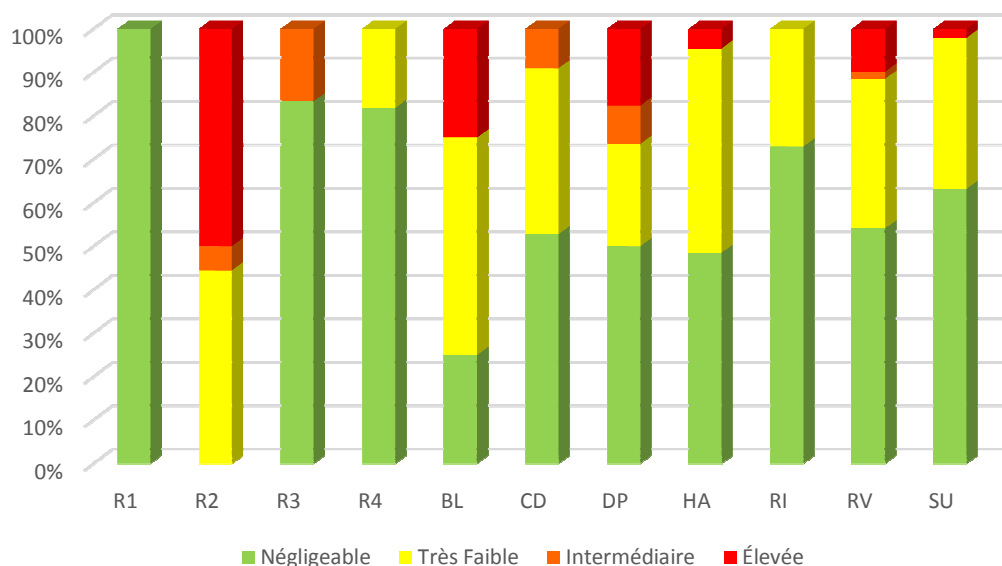


Figure 10 Proportion des génotypes présents au sein de chacune des races en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA.

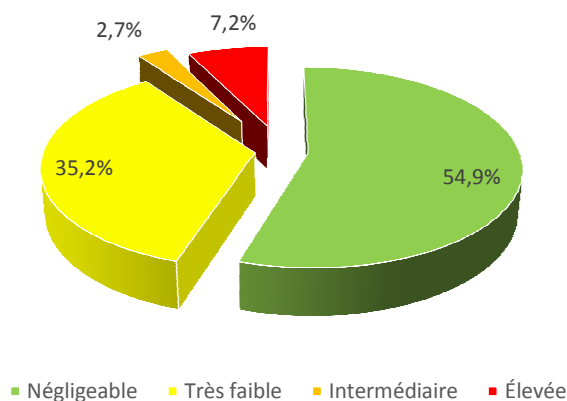


Figure 11 Proportion des génotypes présents dans la population en fonction de l'échelle de susceptibilité de Tremblante Canada et de l'ACIA.

Au final, parmi les 412 béliers échantillonnés dans cette étude, 54,9 % possédaient une sensibilité négligeable à la maladie, 35,2 % une sensibilité très faible, 2,7 % une sensibilité intermédiaire et 7,2 % une sensibilité élevée. En additionnant les catégories, il est possible

de constater que 90,1 % des béliers génotypés présentent une sensibilité négligeable ou très faible à la maladie.

8.4 Évolution des 15 dernières années

Une étude menée par le CEPOQ et TransBIOTech en 2003*, avait permis de caractériser le cheptel ovin québécois quant à la résistance génétique à la tremblante. Au total, 500 béliers provenant de 49 fermes ovines avaient été génotypés. Le Tableau 8 présente l'évolution globale entre les deux populations de béliers, soit celle génotypée en 2003 et celle du présent projet (2016-2017).

Tableau 8 Comparaison des génotypes de béliers obtenus lors de deux projets de recherche (2003 et projet actuel).

Génotypes	2003		2016-2017		Évolution du % de la population
	%	N*	%	n	
AA/RR	21,8	109	54,9	226	+ 33,1 %
AA/QR	49,0	245	35,2	145	- 13,8 %
AV/QR	2,8	14	2,7	11	- 0,1 %
AA/QQ	23,8	119	4,6	19	- 19,2 %
AV/QQ	2,2	11	1,9	8	- 0,3 %
VV/QQ	0,4	2	0,7	3	+ 0,3 %
Total	100,0	500	100,0	412	

* Nombre de béliers échantillonnés

Durant l'étude réalisée en 2003, un échantillonnage représentatif des reproducteurs présents dans les entreprises avait été réalisé. En effet, les béliers échantillonnés avaient été sélectionnés, ces derniers représentaient une partie des mâles disponibles au sein de chaque ferme et le nombre de fermes était important. L'étude actuelle a plutôt été réalisée en fonction des mâles génotypés chez les producteurs intéressés par le projet. La faible participation observée dans quelques races laisse croire que certaines lignées auraient pu être omises. Malgré tout, puisque ces mâles sont des géniteurs ou des fils de géniteurs influents dans le schéma génétique, il est possible de croire que ce portrait est assez représentatif de la réalité. En comparaison avec l'étude menée en 2003, une des évolutions les plus marquantes est l'augmentation de sujet ayant un génotype « AA/RR » dans la population échantillonnée (+33,1 %), soit le génotype le plus résistant à la tremblante. On retrouve ainsi 2,5 fois plus de mâles résistants dans la population que lors de l'étude réalisée en 2003. Cette augmentation a eu pour effet direct de diminuer la proportion des béliers possédant un génotype « AA/QR », mais surtout de diminuer de 19 % la fréquence du génotype « AA/QQ », qui est considéré comme étant très sensible à la maladie.

* Évaluation de la fréquence des allèles du gène Prp (tremblante) chez les principales races de moutons. 2005. Leboeuf, et al., 2005.

Une étude[†] menée par le Syndicat des producteurs ovins du Bas-Saint-Laurent (2012-2013) avait permis de recueillir et d'analyser le génotype de 211 béliers issus de 11 races différentes. À cette analyse, les résultats de génotypage de 173 béliers génotypés antérieurement au projet (mais actifs sur les entreprises à ce moment) ont été joints aux 211 autres, pour un total de 384 têtes (BSL-Gaspésie). Les résultats de cette étude démontraient que 35 % des béliers échantillonnés dans ces régions possédaient une sensibilité négligeable à tremblante, 40 % une très faible sensibilité, 3 % avaient une sensibilité très faible ou intermédiaire et 22 % une sensibilité élevée. Dans cette population, la proportion des béliers ayant un génotype « AA/RR » était donc 20 % plus faible que dans la population actuelle du présent projet (35 % vs 55 %). Bien qu'il soit tentant de faire des comparaisons avec ce projet, ces résultats sont toutefois le reflet d'une région bien ciblée et une bonne partie des mâles échantillonnés n'étaient pas issus d'entreprises de sélection. En effet, la majorité des entreprises n'élevaient pas de sujets reproducteurs pour la vente à d'autres éleveurs (81% n'élevaient pas de femelles et 85% n'élevaient pas de mâles). Par ailleurs, 63% des participants avaient indiqué qu'ils achetaient leurs mâles reproducteurs sur une base annuelle (pour faire des agneaux commerciaux entre autres).

On peut donc croire que le portrait observé dans cette étude était uniquement ciblé à la région et très peu représentatif de ce qui est observé dans le cheptel ovin provincial. Les résultats de la présente étude sont ainsi intéressants et plus encourageants, car ils représentent le portrait génotypique de géniteurs produits chez des éleveurs sélectionneurs et ces derniers jouent un grand rôle dans la diffusion de génétique dans les troupeaux ovins du Québec.

[†] Portrait de la prévalence des différents génotypes des sujets mâles pour la maladie de la tremblante dans la région du Bas-Saint-Laurent. 2013. Syndicat des producteurs ovins du Bas-Saint-Laurent, Rapport de recherche.

9 INTERPRÉTATIONS ET RECOMMANDATIONS

À la lumière des connaissances que nous avons de la tremblante présentement, le génotypage pour cette maladie doit être perçu par tous les secteurs de l'industrie comme étant une méthode d'élevage permettant de préserver la valeur génétique de notre cheptel, et ainsi faire en sorte que des années de sélection génétique ne soient pas retardées ou annihilées par la découverte d'un cas de tremblante dans un élevage en particulier. C'est sur ce point de départ que seront présentées l'interprétation et les recommandations à la lumière des résultats obtenus dans ce projet.

Bien que l'on observe une hausse du nombre de sujets résistants à la maladie entre l'étude réalisée au début des années 2000 et la présente, il est difficile de tirer des interprétations claires. En effet, dans cette étude, nous ne connaissons pas exactement le nombre total de béliers reproducteurs présents actuellement dans les élevages et d'autre part, l'analyse par lignée n'a pas été effectuée, ce qui ne permet pas de déterminer la variabilité génétique entre les sujets échantillonnés. Il est ainsi difficile de déterminer si l'échantillon est suffisamment représentatif. Toutefois, puisque les mâles ont été génotypés au sein d'entreprises de race pure influentes qui sélectionnent et vendent une grande partie de femelles et/ou de mâles de remplacement à d'autres élevages, la forte proportion de sujets résistants à la maladie est une excellente nouvelle pour la santé du cheptel ovin québécois.

Notons que les études portant sur le portrait génotypique d'une population, ou d'un échantillon de la population doivent toujours être considérées comme « une photo » prise à un « moment très spécifique » et dans une population ciblée. Ainsi, tout changement dans le choix ou l'utilisation des sujets reproducteurs peuvent modifier ce portrait à court et moyen terme. Des études de fréquence de génotype pour la résistance à la tremblante devraient être réalisées sur une base régulière (au minimum à chaque décennie), et ce, afin d'évaluer l'amélioration ou la détérioration de la situation et appuyer les éleveurs le cas échéant.

Les résultats observés dans ce projet semblent démontrer que les efforts de vulgarisation et toute l'information véhiculée au sujet de la tremblante portent fruit et ont favorisé l'augmentation de résistance dans nos races pures. Par contre, il demeure encore un pourcentage appréciable de béliers avec soit une sensibilité intermédiaire ou élevée, qui a passé de 29,2 % en 2003 à 9,9 % en 2016-2017. Les analyses par troupeau tendent toutefois à croire que la sensibilité à la maladie pourrait être isolée à certains élevages, peut-être moins sensibilisés à la maladie. Si on retire ces élevages des analyses, le portrait est fortement amélioré. Ainsi, en retirant le troupeau problématique dans la race Dorset, le troupeau problématique dans la race Romanov et l'unique troupeau de la race #2, le résultat est différent. En effet, dans ce cas, plus de 60% de la population est résistante et seulement 4,1% porte des génotypes sensibles (1,6% et 2,5%, respectivement pour les génotypes AV/QR et AA/QQ). Ceci démontre que le travail de chaque éleveur compte et que la diffusion de génétique sensible peut être néfaste pour améliorer la résistance du cheptel à la maladie.

Dans la très grande majorité des troupeaux, les femelles ne sont pas génotypées. Cet état de fait a eu deux impacts : la présence de béliers avec une sensibilité élevée peut être associée également à la présence de brebis à sensibilité élevée, ce qui peut amener un virage négatif important vers une augmentation rapide de la sensibilité dans un troupeau. Il devient impossible pour les éleveurs de sélectionner des brebis avec une sensibilité négligeable pour accoupler avec des béliers à sensibilité élevée. Il serait intéressant dans le futur de questionner les éleveurs qui pratiquent le génotypage afin de savoir précisément s'ils ont déjà étendu ce test à leurs femelles. Il serait également intéressant de connaître le nombre total de béliers possédés par les éleveurs de race pure. Cela nous permettrait d'avoir une évaluation du pourcentage statistique de la sensibilité des béliers. Les données comptabilisées pourraient aussi faire l'objet d'une analyse de variabilité génétique afin de déterminer la variation des mâles échantillonnés au sein de chacune des races.

Le chemin parcouru depuis 2003 est impressionnant. Par contre, il reste encore du travail à faire et tous les élevages doivent travailler dans le même sens, soit réduire la fréquence de génotypes sensibles. Afin d'améliorer ce portrait, voici une liste de recommandations et d'applications possibles pour le secteur.

9.1 Recommandations et applications pour le secteur:

- 1- **Génotyper tous les béliers de race pure qui ont un potentiel de reproduction.** Le génotypage devrait être une pratique de routine présente chez tous les éleveurs pur-sang. Tous les béliers élevés pour la reproduction devraient être systématiquement génotypés. On devrait connaître le génotype de chaque bélier dès son jeune âge, pour qu'une décision éclairée soit prise avant sa sélection pour la reproduction ou son utilisation pour les accouplements;
- 2- **Documenter les résultats de génotypage pour les tracer aisément.** Les résultats de génotypage des béliers reproducteurs pur-sang devraient être intégrés à leur nom d'enregistrement (ex : CEPO 1245D AARR) et dans la base de données génétiques GenOvis (section des données de l'animal). Cette pratique permet de conserver le suivi des résultats de génotypage (base de données) et de rendre l'information accessible aux autres éleveurs intéressés par la résistance génétique à la tremblante (via le site de la Société canadienne d'enregistrement des animaux seulement – site publique). Les instructions et recommandations pour ajouter les résultats de génotypage sur GenOvis et au nom d'enregistrement d'un animal sont présentées aux annexes 9 et 10, respectivement ;
- 3- **Toujours tester le codon 136 en cas de résultat QR ou QQ au codon 171.** Les éleveurs devraient systématiquement faire les tests de génotypage aux codons 171 et 136. Dans le cas où un bélier est RR au codon 171, il n'est pas nécessaire de faire analyser le codon 136 et ceci peut être précisé au laboratoire lors de l'envoi des échantillons. Dans le cas d'un résultat QR ou QQ au codon 171, le codon 136 devrait être systématiquement demandé, pourquoi?

- Un animal QR au codon 171 pourrait être porteur d'un allèle V au codon 136. Cet allèle de sensibilité n'est pas souhaitable dans l'élevage. Si le père de l'animal génotypé est 136AA/171RR, alors l'obtention d'un résultat AV/QR renseigne sur le génotype de la mère (porteuse de l'allèle VQ). Cette information est pertinente à connaître dans le programme de sélection de l'éleveur et cette brebis pourrait être réformée le cas échéant (ou non utilisée pour des fins de reproduction);
 - Un animal QQ au codon 171 peut être automatiquement réformé, mais la présence d'un ou deux allèles V au codon 136 renseigne sur le génotype des parents. Cette information est essentielle et peut orienter les décisions lors de la réforme des brebis et ou du bélier (si ce dernier n'était pas génotypé au préalable).
- 4- **Éliminer l'allèle « 136 V » de la population des reproducteurs pur-sang.** Les sujets porteurs d'un ou de deux allèles V au codon 136, ne devraient pas être utilisés aux fins de reproduction. Seuls les sujets AA au codon 136 devraient être sélectionnés. Les éleveurs qui ont des béliers à sensibilité élevée, et particulièrement ceux dont les mâles portent un ou deux « V » sur le codon 136 (génotypes AV/QR ou VV/QR), devraient entreprendre des mesures rapides pour remplacer ces mâles et être conscient du danger potentiel qu'ils représentent dans leur élevage. Bien qu'il soit tentant de croiser ces béliers sur des femelles résistantes AA/RR, cette option ne devrait pas être retenue puisque cette pratique contribue à la diffusion de l'allèle V dans l'élevage et non à son élimination. Cette pratique pourrait être justifiée uniquement lors de sujets vraiment exceptionnels et uniques. Dans d'autres cas, ces mâles devraient être réformés et remplacés par des sujets plus résistants et idéalement AA/RR.
- *Note : la présence de béliers avec une sensibilité élevée n'est pas un indicateur de la présence de la tremblante dans un élevage. Par contre, si une brebis porte le génotype avec la sensibilité la plus élevée de la tremblante et qu'elle est porteuse du prion anormal, et porte un ou des fœtus QQ, le prion anormal s'accumulera dans son utérus et elle excrétera le prion dans l'environnement lors de son agnelage ou de son avortement (Annexe 4), en augmentant ainsi la contamination de l'environnement pour les autres sujets sensibles de l'élevage et augmentera la probabilité que la condition soit transmise à sa progéniture.*
- 5- **Conserver la diversité génétique de la présence de la mutation H au codon 154.** Les éleveurs des races porteuses de l'allèle mutant « H » au codon 154 devraient continuer à sélectionner à ce codon, et ce, pour ne pas perdre cette diversité génétique. Bien que non considérée actuellement, cet allèle conférerait une sensibilité accrue à certaines souches de tremblante. Notons que lors de l'étude menée en 2003, l'ACIA ne considérerait pas le génotypage, on ne sait donc pas ce que réserve l'avenir. Il serait donc dommage de perdre cette variabilité génétique par des sélections fortuites. Les éleveurs d'autres races pourraient, à l'occasion faire tester une partie de leurs sujets à ce codon pour en évaluer la présence.
- 6- **Ne pas sélectionner sur la résistance au détriment d'autres caractères d'intérêt.** La sélection des béliers ne devrait pas se faire uniquement sur le résultat du génotypage. En effet, un bélier démontrant une croissance exceptionnelle et/ou une conformation idéale ne devrait pas être réformé uniquement sur la base d'une

sensibilité élevée (sauf sujets porteurs de l'allèle 136V). En se reportant à la Figure 1212, on peut prédire les résultats potentiels de croisements des différents génotypes.

- Une première stratégie d'utilisation d'un bélier exceptionnel, mais sensible à la tremblante, (AA/QQ) consiste à le croiser à des femelles déjà génotypées et résistantes à la maladie (AA/RR). Dans ce cas, 100% de la descendance présentera un génotype de sensibilité intermédiaire (AA/QR). Les femelles issues de cette progéniture devraient ensuite être croisées avec des mâles résistants AA/RR;
- Une seconde stratégie, plus longue, consiste à utiliser un mâle exceptionnel, mais de génotype sensible (AA/QQ), sur une faible proportion de femelles non génotypées (génotypes inconnus).
 - Dans ce cas, toute la progéniture de ce croisement portera l'allèle sensible 136A/171Q du bélier et l'allèle inconnu de la mère.
 - L'éleveur doit ensuite génotyper la descendance aux 2 codons pour s'assurer de ne pas élever des sujets porteurs de l'allèle 136V (allèle transmis par la mère). Ce génotypage permettra certainement de révéler une proportion de filles de génotype sensible (AA/QQ), dépendant du génotype réel de leurs mères;
 - Finalement, les meilleures femelles issues de ce croisement doivent être croisées avec des béliers résistants 136AA/171RR. Ainsi, en 2 générations, il est possible de conserver la génétique de bélier exceptionnel, mais sensible à la tremblante, sans trop affecter le portrait de la résistance génétique d'un élevage.

La figure suivante présente le résultat des probabilités de génotypes chez la descendance, en fonction du génotype des parents (si connu).

	Couleur	Sensibilité à la tremblante
		Négligeable
		Très faible
		Élevée

Dans ces exemples, on considère que tous les sujets sont porteurs du génotype 136 AA

	Sujets « RR »	
Sujets « RR »	R	R
R	RR	RR
R	RR	RR

	Sujets « QR »	
Sujets « RR »	Q	R
R	QR	RR
R	QR	RR

	Sujets « QQ »	
Sujets « RR »	Q	Q
R	QR	QR
R	QR	QR

	Sujets « QR »	
Sujets « QR »	Q	R
Q	QQ	QR
R	QR	RR

	Sujets « QQ »	
Sujets « QR »	Q	Q
Q	QQ	QQ
R	QR	QR

	Sujets « QQ »	
Sujets « QQ »	Q	Q
Q	QQ	QQ
Q	QQ	QQ

Figure 12 Différents croisements possibles entre les génotypes pour la tremblante

(codon 171) et les probabilités de descendance qui y sont associées.

7- **Stratégie pour les troupeaux ou races présentant peu ou pas de sujets résistants.**

Dans les élevages ou dans les races où l'on retrouve une très faible fréquence de sujets résistants AA/RR (ou possiblement aucun sujet résistant AA/RR), les éleveurs devraient rapidement entreprendre le génotypage des femelles. Ce génotypage vise à identifier les femelles porteuses du génotype AA/QR. Ensuite, en croisant les mâles et les femelles de génotype de résistance intermédiaire (AA/QR), la probabilité de produire des sujets AA/RR est de 25%. Toutefois, ce croisement présente aussi la probabilité de produire 25% de descendance AA/QQ. Il est donc essentiel de génotyper les sujets que l'on souhaite garder pour la reproduction afin de ne pas hausser le portrait de sensibilité de l'élevage. En sélectionnant les meilleurs sujets AA/RR et en les croisant sur les femelles AA/QR, la proportion de génotypes résistants sera fortement améliorée (50% de sujets résistants et 50% de sujet intermédiaires);

8- **Génotyper les femelles du troupeau en utilisant des méthodes alternatives.**

Les producteurs de sujets pur-sang devraient débiter le génotypage des femelles pour accélérer l'obtention de troupeaux à majorité AA/RR. La connaissance du génotype des femelles pourrait donc entrer dans les décisions de croisements, sans pour autant oublier les autres éléments (valeur génétique des animaux, consanguinité, conformation, ...). L'utilisation de méthodes alternatives au traditionnel prélèvement sanguin permet de réduire les frais lorsqu'on souhaite génotyper un grand nombre d'animaux. Les méthodes alternatives sont présentées dans les annexes 5 et 6. La méthode faisant appel à l'échantillonnage de peau (pince et embout approprié), permet d'effectuer un prélèvement facile, sans risque de contamination entre les échantillons et cette méthode peut être pratiquée par le producteur. Cette méthode de prélèvement n'est toutefois pas offerte par tous les laboratoires.

9- **Faire appel à un laboratoire accrédité pour les analyses de génotypage.**

Dans le but d'obtenir des résultats fiables, il est préférable de faire appel à un laboratoire accrédité. Au Canada, seul le laboratoire de l'Université de Guelph est accrédité et pour le moment, ce laboratoire teste systématiquement les 3 codons à partir d'échantillons acheminés par le vétérinaire. D'autres laboratoires accrédités par USDA sont présents aux États-Unis et acceptent des échantillons d'ADN prélevés par le producteur, le vétérinaire ou une tierce personne.

➤ **Le test de génotypage est-il fiable?** Le test est très fiable. Les seules possibilités de potentielles erreurs sont la contamination d'un échantillon d'un individu par un autre individu, si par exemple l'aiguille n'a pas été changée par erreur sur l'animal suivant. On ne peut exclure les erreurs humaines d'identification des échantillons ou des erreurs de transcription. Par contre, le choix d'un laboratoire accrédité par l'ACIA est signe que ces laboratoires subissent des audits pour valider toutes les

étapes réalisées dans leur laboratoire. Donc, qu'importe la technique de prélèvement utilisée, il faut éviter la contamination croisée des échantillons.

- 10- **Faire appels au vétérinaire dans le cas de vente spécifique.** Lorsqu'un éleveur vend un bélier à un autre producteur, il a avantage à faire appel à son vétérinaire (tierce personne, professionnel neutre pour l'échantillonnage). Si le troupeau de l'acheteur du bélier est sous le programme de surveillance de la tremblante, il est obligatoire que le prélèvement soit réalisé par un vétérinaire et soumis à un laboratoire canadien accrédité. En d'autres cas, la réalisation des prélèvements et la diffusion des résultats peuvent être imputables au producteur. Un résultat frauduleux porte lourdement atteinte à la réputation d'un élevage et un éleveur n'a aucun avantage à falsifier ses résultats, sous peine de poursuite de l'acheteur.
- 11- **Utilisez des béliers résistants pour la production de femelles commerciales.** Les éleveurs de race pure et les hybrideurs devraient toujours utiliser des béliers AA/RR lorsqu'ils produisent des femelles pour d'autres producteurs. Cette pratique permet de s'assurer que les agnelles de remplacement seront toutes porteuses d'au moins un allèle de résistance 136A/171R, ce qui leur procure un génotype de résistance intermédiaire ou mieux. Cette pratique permet de protéger l'acheteur, tout comme le vendeur. En effet, dans un cas où le prion pathogène serait présent dans le troupeau du producteur qui acquière ces femelles, une résistance accrue leur assurera une meilleure protection. Pour le vendeur, cette pratique permet également de mieux répondre aux suivis réalisés par l'ACIA dans le cadre d'un programme de surveillance (si la tremblante affectait d'autres sujets dans le troupeau de l'acheteur). Les troupeaux d'origines des sujets d'un troupeau sous surveillance sont toujours retracés.
- 12- **Recommandations pour les producteurs commerciaux.** Les producteurs commerciaux qui achètent des béliers pour la production d'agneaux de marché ont avantage à acquérir des sujets plus résistants. Même si la progéniture de ces mâles n'est pas destinée à la reproduction, l'utilisation de béliers AA/RR permet de réduire la propagation de la maladie dans l'environnement d'élevage. En effet, les fœtus d'une brebis accouplée avec un bélier AA/RR portent au moins un allèle de résistance de leur père. Il a été scientifiquement démontré que la présence de cet allèle chez les agneaux empêche le phénomène de concentration du prion anormal dans l'utérus durant la gestation. Ainsi, une brebis atteinte de la tremblante, mais accouplée avec un bélier AA/RR, ne contaminera pas son environnement avec le Prion pathogène lors de la mise bas (liquides et membranes placentaires - Annexe 4). Les troupeaux ayant déjà fait l'objet de procédures de surveillance et de contrôle suite à la découverte de cas positifs à la tremblante dans leur élevage devraient utiliser uniquement des béliers AA/RR. Le Prion pathogène PrP^{Sc} étant reconnu pour son extrême résistance, l'utilisation de béliers et de femelles résistantes peut être considéré comme une mesure de lutte pour prévenir une récurrence.
- 13- **Faire tester systématiquement les têtes de tous les animaux adultes morts à la ferme afin de dépister la présence de la maladie dans l'élevage.** La réduction de

la prévalence de la tremblante, ou même son éradication ne peut passer uniquement par l'utilisation du génotypage, mais aussi par l'élimination des sujets porteurs, soit des animaux atteints. Il est ainsi essentiel de conscientiser les éleveurs au risque que représentent les sujets porteurs de la maladie dans leur troupeau. Un programme de surveillance est en place au Québec depuis 2003 et ce dernier vise à échantillonner les sujets adultes dans les abattoirs provinciaux et dans les laboratoires de pathologie animale du MAPAQ. Bien que l'échantillonnage soit très large, les données publiées par l'ACIA démontrent que la majeure partie des sujets atteints de la maladie ne sont pas échantillonnés dans les abattoirs, mais plutôt à la ferme (programme de surveillance ou de contrôle, animaux malades, morts suspects, ...). La figure 13 illustre bien ce phénomène.

Année	Cas de tremblante		Nbre de cas détectés par la surveillance en abattoirs	Nbre de cas détectés par d'autres méthodes
	Troupeaux de moutons	Troupeaux de chèvres		
2005	4		1	1 surveillance d'un lieu de rassemblement, 1 traçage en aval, 1 cas clinique suspect/référence d'un vétérinaire
2006	2		1	1 traçage en aval
2007	1		1	
2008	6		0	1 référence d'un laboratoire, 2 cas cliniques suspects/références d'un vétérinaire, 3 traçages en aval
2009	2		1	1 traçage en aval
2010	9		5	2 surveillances à la ferme, 1 cas clinique suspect/référence d'un vétérinaire, 1 traçage en amont
2011	6		3	1 traçage en aval, 2 lieux d'origine (sources)
2012	8		3	5 traçages en aval
2013	3	1	0	1 surveillance à la ferme, 1 cas clinique suspect, 1 lieu d'origine (source), 1 référence d'un vétérinaire
2014	2	5	0	1 surveillance à la ferme, 5 traçages en aval, 1 traçage en amont
2015	2	1	1	1 traçage en aval, 1 surveillance à la ferme

Source : Leboenf, A. 2016. Tiré du rapport annuel 2015 du Programme national d'éradication de la tremblante (ACIA)

Figure 13 Cas de tremblante découverts au Canada de 2005 à 2015 et origine de la détection.

La tremblante est une maladie à déclaration obligatoire et les signes cliniques ne sont pas toujours aussi clairs que ceux définis dans la littérature (les tremblements ne sont pas obligatoirement présents et parfois les sujets atteints peuvent présenter simplement un amaigrissement). Un animal qui décède à la ferme d'une cause suspecte ou inconnue devrait ainsi toujours être soumis à un test de dépistage de la maladie (contactez le vétérinaire praticien pour connaître les modalités d'analyse). Ceci est

d'autant plus important si des signes nerveux étaient présents avant le décès. La tremblante est somme toute une maladie « rare », car son incidence demeure faible dans le cheptel canadien. Mais un animal porteur de la maladie dans un troupeau peut causer de lourdes pertes à un éleveur qui ignore la présence de cette dernière dans son élevage (mortalités suspectes de nature non confirmée). Un animal porteur risque de contaminer plusieurs autres sujets non résistants génétiquement dans l'élevage, ainsi mieux vaut prévenir hâtivement que de laisser une situation s'aggraver. Par ailleurs, considérant que la littérature scientifique ne peut déterminer si un sujet AA/RR pourrait être un porteur sain, la stratégie combinant la résistance génétique et le testage systématique de tous les sujets morts à la ferme, permettrait fort probablement de contribuer à l'éradication de la tremblante dans nos troupeaux.

- 14- **Encourager les éleveurs à s'enrôler dans le programme PVCTT.** Bien que le programme PVCTT soit un programme lourd à administrer pour les éleveurs participants et que ce dernier ait présenté certains ratés sur le suivi des avancements, ce programme est très pertinent pour contrôler la maladie. Les éleveurs participants doivent tester tous les sujets décédés à la ferme, ce qui contribue à une surveillance accrue des cas de tremblante qui pourraient survenir en élevage. Par ailleurs, puisque ce programme exige que les animaux achetés proviennent d'un troupeau à statut supérieur ou égal au troupeau participant, les règles favorisent l'adoption de bonnes pratiques de biosécurité.

Les éleveurs et l'industrie devront toujours se montrer vigilants face à la tremblante et aux informations s'y rattachant. Il n'est pas impossible que des formes atypiques de la tremblante surgissent au Québec. À ce niveau, le génotypage ne semble pas être un facteur garantissant une protection absolue, mais une sécurité accrue. Il s'agit ainsi d'une bonne police d'assurance contre la maladie. De plus, même si un génotype AA/RR semble protéger un troupeau, et qu'aucun cas de tremblante n'ait à ce jour été déclaré sur un animal AA/RR, la recherche effectuée jusqu'à présent ne peut confirmer l'absence de déclaration clinique sur un animal AA/RR, ni que cet animal ne puisse pas excréter le prion anormal.

Dans les dernières années, des cas de chimères ont été découverts, et ce, même au Canada. Ces résultats proposent des résultats de génotypage non conformes, mais sont des cas extrêmement rares, dus au phénomène du « chimérisme ». Dans ce cas, un animal peut présenter un génotype de sensibilité dans ses tissus et un génotype de résistance différent dans son sang (ex : animal génotypé AA/QR dans son sang, mais AA/QQ dans ces tissus). Ce phénomène qui peut ressembler au « free martinisme » chez les bovins, où l'embryon mâle interfère sur le développement des gonades femelles. Pour le génotypage, c'est l'empreinte du fœtus sensible qui « contamine le résistant ». Un cas a été rapporté au Québec dans les dernières années sur un élevage sous surveillance par l'ACIA. Un lien vers un article traitant du chimérisme sanguin chez l'ovin pour la maladie de la tremblante est proposé en bas de page.[‡] Les cas seraient rares, mais non impossibles. Les éleveurs doivent

[‡] Schneider, D., A. Tibary, T. Raudsepp, P. Das et K. O'Rourke. 2009. Blood Chimerism Confounds Genetic Relative Susceptibility Testing for Classical Scrapie in Sheep, 295-305 pp. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19407081>)

donc être avisés de cette possibilité. Des chimères portant des cellules AA/QQ et AA RR peuvent donc exister et pourraient être le résultat d'un croisement entre une brebis et un bélier de génotype AA/QR. Évidemment, l'utilisation régulière de mâles et de femelles AA/RR permet de limiter la présence de chimère portant des cellules AA/QQ et AA/RR et ayant la possibilité de diffuser des haplotypes A/Q et A/R.

9.2 Suivi et actions recommandées afin de poursuivre le travail visant à améliorer la résistance génétique du cheptel ovin québécois à la tremblante

Le meilleur suivi pour ce projet consiste à poursuivre le travail de vulgarisation auprès des éleveurs de race pure, tout comme des producteurs commerciaux. La sensibilisation des éleveurs est essentielle afin que ces derniers poursuivent leur travail de sélection pour des sujets plus résistants à la maladie et la plupart des races semblent sur la bonne voie. Tout programme favorisant l'utilisation du génotypage et favorisant son coût abordable pourrait accélérer l'établissement de la résistance dans les élevages québécois et faire en sorte que la condition ne se présente plus sur le territoire québécois.

Dans le présent projet, chaque race a été analysée pour présenter les forces et les faiblesses observées en termes de susceptibilité à la maladie. Pour chacune d'entre-elles, des recommandations spécifiques sur les actions à porter pour améliorer le portrait de la résistance ont été clairement définies. Ces recommandations seront transmises à tous les éleveurs et plus particulièrement aux éleveurs concernés par des problématiques spécifiques dans leur élevage (absence de sujets résistants, fréquence élevée de sujets ou allèles sensibles).

Finalement, la réalisation de projet comme celui-ci et comme celui de 2003 permet d'évaluer le portrait de la résistance dans le cheptel provincial et surtout de déterminer la progression de la situation. La diffusion d'information auprès des éleveurs semble avoir porté fruit, car on peut observer une nette amélioration du portrait de résistance dans la population ovine de race pure sur une période de moins de 15 ans. Ce type de projet, combiné à la vulgarisation et à la sensibilisation des éleveurs aurait avantage à être réalisé sur une base régulière (5 ou 10 ans). En poursuivant ce travail et en ciblant les faiblesses à améliorer pour les races et/ou les élevages concernés, il sera possible de générer un cheptel provincial résistant à cette maladie nuisible et ainsi, améliorer nos chances d'ouvertures des marchés.

10 ACCOMPAGNEMENT DES ÉLEVEURS ET LIVRABLES

Le projet prévoit un accompagnement des éleveurs dans l'identification de croisements judicieux qui permettront, via des accouplements raisonnés, de protéger la descendance des sujets qui ne présentent pas le profil le plus résistant à la maladie. Ainsi, tel que mentionné

précédemment, les participants auront les résultats du projet (copie électronique) et les éleveurs concernés par des problématiques spécifiques dans leur élevage (absence de sujets résistants, fréquence élevée de sujets ou allèles sensibles) auront des recommandations plus spécifiques pour améliorer leur situation (troupeau de la race #2, troupeau #11 et #3 de la race Arcott Canadien, troupeau #4 de la race Dorset, troupeau #12 de la race Romanov). La liste des recommandations sera aussi diffusée sur le site internet et le Facebook. Les recommandations ont été rédigées suite à une analyse complète des résultats et par une équipe de professionnels du CEPOQ.

Une conférence PowerPoint a été montée par l'agronome au projet Madame Johanne Cameron, et ce, afin de répondre aux objectifs spécifiques du projet. Cette conférence sera présentée en même temps que la présentation des résultats du projet, soit lors de la prochaine assemblée générale annuelle de la SEMRPQ. La conférence sera aussi offerte aux autres événements ovins tenus dans le secteur et les organisateurs auront le choix de mettre cette dernière à l'horaire, ou non (RGA du CEPOQ, Journées INPACQ, Journée Ovi-Plus...) La présentation comportera tous les éléments du projet de la diffusion d'information, les croisements judicieux, des notions pour encourager les éleveurs à enregistrer les sujets et inclure les données de génotypage au programme GenOvis. La présentation est faite et disponible en annexe. Cette présentation sera aussi déposée sur le site Internet de la SEMRPQ afin qu'elle puisse perdurer dans le temps et être accessible par tous les producteurs intéressés ultérieurement (Annexe 12).

Un article dans l'Ovin Québec (3 pages) présentant les résultats du projet sera disponible dans la prochaine édition de l'Ovin Québec (Annexe 13).

Le rapport final sera disponible sur le site Internet de l'organisation en faisant mention des partenaires financiers au www.semrpq.net

Les livrables suivants ont aussi été rendus dans le cadre du présent projet:

- Une description des activités de diffusion permettant de rejoindre les éleveurs afin de les sensibiliser à la maladie et ses conséquences. Toutes les sources de communication disponibles dans l'industrie ovine ont été mis à profit;
- Une analyse de la compilation des résultats de laboratoire sur les trois codons des sujets testés sur le génotype dans le cadre du projet;
- Un plan de vulgarisation a été mis de l'avant afin de :
 - ✓ Encourager les éleveurs à intégrer les données de génotype à la base de données GenOvis;
 - ✓ Encourager les éleveurs à enregistrer les sujets à valoriser à la Société canadienne d'enregistrement des animaux (SCEA);

- Un service d'accompagnement des éleveurs et faire des références aux dispensateurs de services-conseils;
- Un effort d'accompagnement des éleveurs dans les démarches d'adhésion au programme canadien de Tremblante Canada. Diffusion des résultats par le biais d'une conférence et d'articles de vulgarisation.
- Le bulletin électronique de la SEMRPQ a aussi été un média largement utilisé pour diffuser l'information sur le projet. Les articles suivants y ont été déposés :
 - *La génétique pour prévenir la tremblante du mouton : LE CHOIX D'UN BÉLIER GÉNOTYPE*. Christiane Allard mv, M.Sc., Article complet à l'annexe 4
 - *Génotypage : différentes alternatives souvent méconnues des producteurs*. Dr Gaston Rioux. Article complet à l'annexe 5
 - *Pas de raison de ne pas génotyper pour la résistance à la tremblante!* Différentes alternatives sont disponibles! Par Johanne Cameron, agr. M.Sc., en collaboration avec Cathy Michaud. Article complet à l'annexe 6. Cet article fait suite à plusieurs demandes d'éleveurs auprès de l'agente de projet qui désiraient recevoir les alternatives disponibles pour un échantillonnage moins onéreux. Cet article centralise dans un résumé qui est disponible à l'ensemble des producteurs.

11 CONCLUSION DU PROJET

La présente étude démontre que les éleveurs de race pure ont fait un travail appréciable dans la dernière décennie pour améliorer la résistance du cheptel ovin québécois à la tremblante. Bien que l'échantillon de ce projet ne fût pas aussi représentatif que durant l'étude menée en 2003, un nombre quasi similaire de béliers de race pure ont été échantillonnés au sein d'entreprises variées. Considérant l'influence des troupeaux participants à ce projet, qui sont des diffuseurs importants de génétique dans les élevages commerciaux (hybrideurs, éleveurs de femelles pur-sang et de béliers reproducteurs terminaux ou maternels), nous croyons que cet échantillonnage représente assez fidèlement la réalité présente sur le terrain. Ainsi, vu la forte proportion de sujets résistants dans notre échantillon, le secteur est sur la bonne voie pour assurer une meilleure protection du cheptel à la maladie. Il reste tout de même du travail à faire dans certains troupeaux et dans certaines races. Les éleveurs doivent ainsi poursuivre le travail entamé et appliquer les recommandations émises dans ce rapport.

Les éleveurs devraient systématiquement génotyper les sujets mâles, de même que les femelles, particulièrement lorsqu'un élevage ou une race comporte peu de sujets de génotypes résistants. Puisque le génotypage implique des frais relativement élevés, toutes les méthodes alternatives doivent être considérées, puisque ces dernières permettent de réduire les frais reliés à l'échantillonnage, mais aussi reliés aux analyses de génotypage. Certains laboratoires offrent la possibilité de tester un codon à la fois, ce qui permet d'éviter de payer systématiquement pour tous les codons. Dans ce cas, un producteur pourrait demander de faire analyser le codon 136, seulement lorsque le résultat est QQ ou QR pour un animal au codon 171. Pour les races où la présence de la mutation H est présente au codon 136, il serait pertinent de faire évaluer ce codon, simplement pour ne pas perdre cette diversité génétique. Les éleveurs ont avantage à évaluer quelles sont les meilleures options d'échantillonnage pour leur entreprise, en fonction de leur modèle d'affaires. Toutes techniques permettant d'évaluer un nombre plus grand d'individus sont à préconiser. Concernant les analyses, elles devraient toujours être réalisées au sein de laboratoire accrédité.

Dans le cadre de ce projet, le comité a toutefois été déçu de constater que les frais d'analyse étaient variables, et ce, même s'ils étaient tous effectués au même laboratoire. Après validation avec le laboratoire de l'Université de Guelph, le test de génotypage pour la résistance génétique à la tremblante se détaille à 39\$ CAN (ce prix sera désormais majoré à 42\$/échantillon). Ce test implique toujours les 3 codons d'intérêt pour la tremblante et le prix par échantillon ne dépend pas du nombre de tubes de sang à analyser, ce prix est fixe. Toutefois, après vérification des factures vétérinaires qui ont été acheminées par les éleveurs, des variations de prix de l'ordre de 39\$ à plus de 52\$ ont été observées pour l'analyse des échantillons. Ces écarts de prix étaient présents, même si les cliniques chargeaient déjà les frais d'expédition, de manutention et d'administration pour le traitement des échantillons. Au laboratoire de l'Université de Guelph, l'analyse de génotypage impliquant 5 codons se détaille à 50\$, toutefois, aucun échantillon n'a été soumis à ce test durant le projet. Il apparaît que certaines cliniques prélèvent une cote

relativement importante sur les frais d'analyse d'échantillon (jusqu'à 34% du coût réel) et ce, même si les autres frais sont déjà tous couverts. Cette pratique a forcé le comité à revoir le nombre de sujets échantillonnés à la baisse, car les coûts plus élevés chargés par certaines cliniques ne permettaient plus de rencontrer l'enveloppe réservée pour ces dernières dans le budget. Les éleveurs qui reçoivent ce type de facturation devraient ainsi questionner leur clinique afin d'obtenir des explications sur ces coûts additionnels, surtout lorsque les frais de manutention, d'administration et d'expédition sont aussi facturés.

Tous les acteurs de la filière doivent être concernés par la présence de cette maladie dans le cheptel et l'objectif d'éradiquer la tremblante, même s'il paraît utopique, doit demeurer au cœur des actions de sélection! Un travail d'équipe et de collaboration doit ainsi être fait entre les éleveurs qui s'échangent de la génétique, avec le support des professionnels, vétérinaires, agronomes et techniciens agricoles.

Annexe 1 Annonce du projet et diffusion d'information

**Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec**
Publié par Cathy Michaud [?] · 16 septembre 2016 · 

Capsule "Pour en savoir plus"
Sujet : Génotypage de la sensibilité à la tremblante du mouton.
<http://www.inspection.gc.ca/.../1356066354790/1356066497693>

Génétique du mouton et tremblante - Animaux - Agence canadienne d'inspection des aliments
Il a été déterminé que la constitution génétique du mouton pouvait grandement influencer sa sensibilité à la tremblante classique. Il en résulte que le génotypage du mouton est une mesure de lutte contre la maladie utilisée par le Programme national d'éradication de la tremblante du Canada.
INSPECTION.GC.CA

Article complet à l'annexe 2

**Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec**
Publié par Cathy Michaud [?] · 21 septembre 2016 · 

Qu'est-ce que la tremblante?
La tremblante est une maladie mortelle qui s'attaque au système nerveux central des moutons et des chèvres. La tremblante est l'une de plusieurs encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) qui sont liés à l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB ou "maladie de la vache"). Pour plus amples informations veuillez vous référer au site de Scrapie Canada au lien suivant :
<http://www.scrapiecanada.ca/whatisF.html>



Scrapie Canada—Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats

Scrapie Canada—Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats

Article complet annexe 3



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec

Publié par Cathy Michaud [?] · 29 septembre 2016 ·

Mesures de lutte contre la Tremblante :

Certains génotypes donnent à des moutons une résistance à l'infection par la tremblante. Les analyses sanguines peuvent révéler l'empreinte génétique d'un animal. Les producteurs qui désirent minimiser le risque de présence de la tremblante dans leurs troupeaux de moutons peuvent pratiquer la reproduction sélective afin d'augmenter la résistance à la maladie. Il ne faut cependant pas oublier que même des sujets résistants sur le plan génétique peuvent contracter la tremblante. Les éleveurs de moutons et de chèvres peuvent également éliminer ou limiter fortement l'introduction de femelles et surveiller la présence de la tremblante en faisant subir des épreuves de dépistage aux animaux âgés de plus de 12 mois qui meurent dans leur exploitation. Les efforts spécifiques de gestion du risque de tremblante dans les exploitations peuvent être reconnus par l'entremise de la participation officielle à un programme de certification des troupeaux. S'ils n'adoptent pas de mesures spécifiques de minimisation des risques de tremblante dans leur exploitation, les producteurs devraient mettre en pratique de bonnes pratiques de gestion et de biosécurité, comme l'identification individuelle des animaux, la tenue de registres, l'isolement rapide des animaux malades, la séparation des femelles qui mettent bas, l'amélioration de la propreté de l'environnement de mise bas, la désinfection de l'équipement entre chaque animal et l'utilisation d'aiguilles à usage unique pour les injections.

Pour plus d'informations, consulter le site : <http://www.scrapiecanada.ca/homeF.html>



Scrapie Canada—Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats

This site is dedicated to providing information to sheep and goat producers across Canada about...

SCRAPIECANADA.CA



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec

Publié par Cathy Michaud [?] · 28 octobre 2016 ·

Sensibilité à la tremblante classique d'après le génotype

Génotype du mouton (136, 171) versus la sensibilité à la tremblante

136AA 171RR Négligeable

136AA 171QR Très faible

136AV 171QR Intermédiaire

136AA 171QQ Élevée

136AV 171QQ Élevée

136VV 171QQ Élevée

Il est important de comprendre que le génotypage de la tremblante n'est pas un test de dépistage de la maladie. Un mouton 171QQ n'a pas automatiquement la tremblante, et il n'est pas absolument garanti qu'un mouton 171RR ne puisse pas contracter la tremblante.

Le génotypage de la sensibilité à la tremblante peut être utilisé par un producteur dans le cadre d'un plan de gestion globale du risque de tremblante dans son exploitation. La décision d'un éleveur d'avoir recours au génotypage de la tremblante doit être fondée sur des facteurs individuels.

Source et article complet au lien suivant : <http://www.inspection.gc.ca/.../f.../1356066354790/1356066497693>

Génétique du mouton et tremblante - Animaux - Agence canadienne d'inspection des aliments

Il a été déterminé que la constitution génétique du mouton pouvait grandement influencer sa sensibilité à la tremblante classique. Il en résulte que le génotypage du mouton est une mesure de lutte contre la maladie utilisée par le Programme national d'éradication de la tremblante du Canada.

INSPECTION.GC.CA



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec a partagé la publication de CEPOQ.

Publié par Cathy Michaud [?] · 23 novembre 2016 ·



CEPOQ

23 novembre 2016 ·

Communiqué de presse: Le Canada investit pour aider à éliminer la tremblante dans les troupeaux de moutons et de chèvres.

Le Canada investit pour aider à éliminer la tremblante dans les troupeaux de moutons et de chèvres - Centre des nouvelles du Canada

Le député de Malpeque Wayne Easter, au nom du ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire Lawrence MacAulay, a annoncé aujourd'hui l'octroi d'une contribution maximale de 345 720 \$ à la Fédération canadienne du mouton (FCM) pour mettre en œuvre le Plan stratégique d'éradication de la tremblant...

NOUVELLES.GC.CA



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec

Publié par Cathy Michaud [?] · 5 décembre 2016 ·

Pour tout savoir sur les Normes nationales du Programme volontaire de certification des troupeaux à l'égard de la tremblante du mouton

<http://www.scrapiecanada.ca/VSFCEPrules-regsF.html>



Scrapie Canada—Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats



Scrapie Canada—Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec

Publié par Cathy Michaud [?] · 19 décembre 2016 ·

Un article très intéressant tiré de l'Ovin Québec/ printemps 2009, toujours d'actualité. La génétique pour prévenir la tremblante du mouton :
LE CHOIX D'UN BÉLIER GÉNOTYPÉ par Christiane Allard mv, M.Sc.,
<https://www.agrireseau.net/.../PR09-La%20g%C3%A9n%C3%A9tique%...>

www.agrireseau.net

AGRIRESEAU.NET

Article complet à l'annexe 4



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec a ajouté une nouvelle photo.

Publié par Cathy Michaud [?] · 19 décembre 2016 ·

Tableau II : Introduction d'un bélier RR(171) dans un élevage QQ (171), dès la première génération, tous les agneaux sont QR(171).

Génotype		Brebis QQ (171)	
		Q	Q
Bélier RR (171)	R	QR	QR
	R	QR	QR



Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec a partagé la publication de Canadian Sheep Federation.

Publié par Cathy Michaud [?] · 8 janvier · 🌐



Canadian Sheep Federation
8 janvier · 🌐

Scrapie Canada information. <http://www.scrapiecanada.ca/home.html>

[Voir la traduction](#)



Scrapie Canada–Information and Updates about Scrapie's Affect on Sheep & Goats

This site is dedicated to providing information to sheep and goat producers across Canada...

SCRAPIECANADA.CA

Annexe 2 Génétique du mouton et tremblante

Source : Site Internet de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

<http://www.inspection.gc.ca/animaux/animaux-terrestres/maladies/declaration-obligatoire/tremblante/genetique-du-mouton-et-tremblante/fra/1356066354790/1356066497693>

Il a été déterminé que la constitution génétique du mouton pouvait grandement influencer sa sensibilité à la tremblante classique. Il en résulte que le génotypage du mouton est une mesure de lutte contre la maladie utilisée par le Programme national d'éradication de la tremblante du Canada. Des analyses visant à déterminer la sensibilité des moutons à la tremblante sont régulièrement effectuées par les laboratoires nationaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et le laboratoire de référence de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) pour la tremblante et la MDC, ainsi que par d'autres laboratoires de santé animale au Canada et aux États-Unis.

Actuellement, les études sur la [génétique de la chèvre](#) et la sensibilité à la tremblante sont limitées et manquent de clarté. Il en résulte que le génotypage des chèvres pour déterminer leur sensibilité à l'infection par la tremblante n'est pas utilisé comme mesure de lutte contre la maladie sur la scène internationale; ce génotypage n'est pas non plus utilisé comme outil dans le Programme national d'éradication de la tremblante du Canada.

Génotypage de la sensibilité à la tremblante du mouton

Le génotype est l'ensemble des gènes d'un individu. Comme tous les animaux, le mouton reçoit un allèle de chacun des gènes de sa mère (brebis) et de son père (bélier). Les allèles sont les différentes versions d'un gène. Le génotypage de la sensibilité à la tremblante fait référence à des analyses révélant les allèles spécifiques hérités du gène du prion des animaux qui rendent un animal plus ou moins susceptible de contracter la tremblante.

Les différents allèles hérités pour un gène du prion d'un mouton déterminent les acides aminés particuliers qui seront inclus à des emplacements précis de la protéine prion du mouton. La littérature scientifique actuelle indique que la présence de certaines combinaisons d'acides aminés à trois sites spécifiques (codons) du gène du prion du mouton a un effet sur la sensibilité relative de l'animal à la tremblante. En Amérique du Nord, les codons aux positions 136 et 171 revêtent une importance particulière pour ce qui est de la tremblante classique. Le codon 136 code l'acide aminé valine (V) ou alanine (A). Le codon 171 code l'acide aminé glutamine (Q) ou arginine (R). Une des façons courantes d'exprimer par écrit le génotype du mouton est d'indiquer le numéro du codon, puis l'acide aminé correspondant : @136 V pour valine ou A pour alanine, @ 171 R pour arginine ou Q pour glutamine. Les combinaisons d'acides aminés possibles à ces deux endroits du gène du prion du mouton et leur effet sur la sensibilité à la tremblante sont indiqués ci-dessous.

Sensibilité à la tremblante classique d'après le génotype

Génotype du mouton (136, 171)	Sensibilité à la tremblante
136AA 171RR	Négligeable
136AA 171QR	Très faible
136AV 171QR	Intermédiaire
136AA 171QQ 136AV 171QQ 136VV 171QQ	Élevée

Il est important de comprendre que le génotypage de la tremblante n'est pas un test de dépistage de la maladie. Un mouton 171QQ n'a pas automatiquement la tremblante, et il n'est pas absolument garanti qu'un mouton 171RR ne puisse pas contracter la tremblante.

- Le génotypage de la sensibilité à la tremblante est un outil utilisé par l'ACIA lorsque des mesures de lutte contre la maladie sont prises. Tous les moutons adultes exposés à la tremblante au sein d'un troupeau infecté sont soumis à une analyse sanguine pour déterminer leur sensibilité à la tremblante. En général, seuls les moutons dont la sensibilité est moyenne ou élevée font l'objet d'une ordonnance de destruction; cela permet de réduire le nombre de moutons faisant l'objet d'une telle ordonnance dans les installations infectées par la tremblante.
- Le génotypage de la sensibilité à la tremblante peut être utilisé par un producteur dans le cadre d'un plan de gestion globale du risque de tremblante dans son exploitation. La décision d'un éleveur d'avoir recours au génotypage de la tremblante doit être fondée sur des facteurs individuels.

Qui aurait avantage à envisager l'élevage sélectif visant la résistance génétique à la tremblante?

- Un éleveur qui fournit un grand nombre de brebis de reproduction à d'autres éleveurs.
- Un éleveur qui achète des brebis de reproduction de différentes sources dont le statut à l'égard de la tremblante est inconnu.
- Un éleveur ayant un nombre important d'animaux de reproduction 171RR dans son troupeau, qui pourrait ainsi facilement procéder à un élevage sélectif visant la résistance à la tremblante, relativement rapidement, sans effet important sur la sélection visant à améliorer d'autres caractères de production.

Éléments à prendre en compte

Une des façons les plus efficaces de procéder à un élevage sélectif visant la résistance à la tremblante est de ne sélectionner que des béliers de génotype 171RR. Tous les moutons issus de béliers de génotype 171RR hériteront ainsi d'au moins un codon R et ils seront plus résistants à la tremblante.

En outre, des études récentes liées à la transmission de la tremblante ont montré que le génotype du fœtus influençait l'accumulation du prion de la tremblante dans le placenta d'une brebis infectée par la tremblante. Chez une brebis 171QQ infectée par la tremblante portant un fœtus 171 QQ (sensibilité élevée), il y a accumulation dans le placenta de grandes quantités de prions de la tremblante qui seront transmis à la naissance. Cependant, lorsqu'une brebis infectée porte un fœtus 171 QR (sensibilité très faible), le prion de la tremblante ne traverse pas le placenta et la transmission du prion de la tremblante est empêchée à la naissance. L'utilisation d'un bélier 171 RR pour la reproduction peut par conséquent prévenir la propagation du prion de tremblante infectieux à la naissance lorsque la brebis est infectée.

Annexe 3 Qu'est-ce que la Tremblante ?

Source : Site Internet de Tremblante Canada. <http://www.scrapiecanada.ca/whatisF.html>

Qu'est-ce que la tremblante?

La tremblante est une maladie mortelle qui s'attaque au système nerveux central des moutons et des chèvres. La tremblante est l'une de plusieurs encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) qui sont liés à l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB ou "maladie de la vache")

Information Générale Concernant la Tremblante

Les formats de EST comprennent les encéphalopathies spongiformes des bovines (ESB) ci-dessus mentionnées dans les bovins, les maladies débilitantes chroniques des cerfs et wapitis, et la maladie Creutzfeldt-Jakob des humains. La cause précise de la tremblante fait encore l'objet de beaucoup de recherches, mais nous savons que cette maladie est associée à une protéine prion anormale.

Selon Santé Canada, il n'existerait aucun lien connu entre la tremblante et la santé humaine. Toutefois, il semble que des EST qui s'attaquent aux animaux, comme la maladie de la vache folle, pourraient également infecter les humains. Par conséquent, tous les animaux connus pour être infectés par la tremblante sont actuellement tenus à l'écart de la chaîne alimentaire.

Il n'existe pour le moment aucun traitement ni vaccin contre cette maladie.

Historique

La tremblante du mouton est présente un peu partout dans le monde. Diagnostiquée pour la première fois en 1938 chez des moutons, elle a été désignée comme maladie à déclaration obligatoire au Canada en 1945. Elle y fait l'objet d'un programme de lutte depuis lors. Les occurrences de tremblante du mouton sont déclarées chaque année à l'Office international des épizooties (l'organisation responsable des normes en matière de santé animale), referred to as OIE.

Symptômes et signes cliniques

La tremblante est une maladie qui évolue lentement -- il s'écoule normalement plus d'un an et demi avant qu'un animal atteint ne présente des signes cliniques d'infection et, dans certains cas recensés, la maladie a mis jusqu'à huit ans à se manifester. L'infection se produit en général chez des sujets âgés entre deux et cinq ans. Après l'apparition des symptômes, toutefois, la mort survient dans l'espace d'un mois ou deux.

Les symptômes de la tremblante sont très variables. On peut observer chez un vieil animal des changements dans le comportement général, des tremblements et un manque de coordination ou un port anormal. Toutefois, la tremblante peut également se manifester uniquement par un manque de vivacité chez un animal adulte dont la toison a piètre allure. Ou encore, un animal qui en est atteint peut tout simplement être trouvé mort.

Différents pays ont noté des différences dans les manifestations cliniques de la maladie. La dégénérescence est le signe clinique le plus fréquent en Amérique du Nord, alors que le prurit est le plus répandu en Europe.



Faits et informations concernant la tremblante

LES SIGNES CLINIQUES DE SCRAPIE

Un ou plus des signes cliniques suivants peuvent être observés dans un animal affecté. Il est important à noter que ce ne sont pas tous les moutons ou chèvres qui démontrent des signes cliniques de la tremblante. Quelques fois, ces signes peuvent être tellement subtils qu'on ne les voit pas ou qu'on les identifie en erreur.

- * Perte de poids, malgré la conservation de l'appétit
- * Changements dans le comportement
- * Se gratter et se frotter
- * Se tirer la laine
- * Se mordre les extrémités ou les côtés
- * Mouvement "saut de lapin" des membres postérieurs
- * Se balloter des hanches et des membres postérieurs
- * Sensibilité augmentée aux bruits et aux mouvements
- * Tremblements
- * Couché, incapable de se lever

Cette perte dramatique de laine peut se développer rapidement dans les sujets qui testent positif à la tremblante.



Transmission

La tremblante se propage par les fluides et le matériel des placentas des femelles infectées. La maladie peut se transmettre d'une femelle infectée à ses petits à la naissance ou à d'autres animaux qui partagent le même environnement de mise bas. Les béliers peuvent attraper la tremblante, mais non la transmettre à d'autres animaux. Le génotype d'un mouton peut déterminer à la fois sa sensibilité à la tremblante et la durée d'incubation de la maladie. À l'heure actuelle, aucun lien entre le génotype des chèvres et leur sensibilité à la maladie n'a pu être démontré.

Diagnostic

La tremblante est diagnostiquée après la mort par examen microscopique du tissu cérébral, des amygdales, des ganglions lymphatiques ou de la rate préparés au moyen d'un colorant spécial. La biopsie des tissus lymphoïdes périphériques des moutons vivants peut permettre d'identifier les animaux atteints de la tremblante. Cependant, une biopsie négative des tissus lymphoïdes ne permet pas de conclure que le sujet est exempt de la maladie.

Programme de l'Agence canadienne d'inspection des aliments

La tremblante est une maladie déclarable en vertu la Loi sur la santé des animaux. Toute personne qui soupçonne un animal de présenter des symptômes de la tremblante est donc tenue de le signaler sans attendre à un vétérinaire de l'ACIA. Les vétérinaires et les éleveurs de bétail du Canada ont été mis au courant des symptômes et signes cliniques de la tremblante du mouton. Lorsqu'un animal est atteint de la tremblante, tous les animaux qui ont été exposés au même environnement de mise bas et qui sont jugés à risque de contracter la maladie sont détruits. Les éleveurs sont indemnisés pour la perte de leurs animaux. Le montant maximum de cette indemnisation pour les animaux dont la destruction est obligatoire en vertu de la Loi sur la santé des animaux est de 600 \$. Les moutons infectés par la tremblante sont abattus sans cruauté et leurs carcasses sont brûlées ou enterrées sous la supervision de l'ACIA. Les éleveurs sont indemnisés pour les coûts liés à l'élimination.

Mesures de lutte

Certains génotypes donnent à des moutons une résistance à l'infection par la tremblante. Les analyses sanguines peuvent révéler l'empreinte génétique d'un animal. Les producteurs qui désirent minimiser le risque de présence de la tremblante dans leurs troupeaux de moutons peuvent pratiquer la reproduction sélective afin d'augmenter la résistance à la maladie. Il ne faut cependant pas oublier que même des sujets résistants sur le plan génétique peuvent contracter la tremblante. Les éleveurs de moutons et de chèvres peuvent également éliminer ou limiter fortement l'introduction de femelles et surveiller la présence de la tremblante en faisant subir des éprouves de dépistage aux animaux âgés de plus de 12 mois qui meurent dans leur exploitation. Les efforts spécifiques de gestion du risque de tremblante dans les exploitations peuvent être reconnus par l'entremise de la participation officielle à un programme de certification des troupeaux. S'ils n'adoptent pas de mesures spécifiques de minimisation des risques de tremblante dans leur exploitation, les producteurs devraient mettre en pratique de bonnes pratiques de gestion et de biosécurité, comme l'identification individuelle des animaux, la tenue de registres, l'isolement rapide des animaux malades, la séparation des femelles qui mettent bas, l'amélioration de la propreté de l'environnement de mise bas, la désinfection de l'équipement entre chaque animal et l'utilisation d'aiguilles à usage unique pour les injections.

L'infection de tremblante sur le mouton
(le secteur de poitrine)

[Faits concernant la tremblante \(CDN\)](#)

[Questions et réponses concernant l'ESB](#)

[Faits concernant la tremblante \(É-U\)\(comprend l'impact sur l'industrie\)](#)

Partenaires

[Fédération Canadienne du mouton](#)

[La Société Canadienne des éleveurs de moutons](#)

[La Fédération canadienne nationale de la chèvre](#)

[Agriculture et Agroalimentaire Canada](#)

[Agence canadienne d'inspection des aliments](#)



Annexe 4 La génétique pour prévenir la tremblante

Source : Ovin Québec. Printemps 2009. Texte rédigé par Christiane Allard, mv, M.Sc. ACIA

Santé

Christiane Allard mv, M.Sc.,
Santé des animaux et élevage, ACIA

La génétique pour prévenir la tremblante du mouton : LE CHOIX D'UN BÉLIER GÉNOTYPE



La tremblante du mouton est une maladie mortelle qui s'attaque au système nerveux central des moutons et des chèvres. La tremblante est associée à la présence d'une protéine anormale appelée prion. Il n'existe pour le moment aucun traitement ni vaccin contre cette maladie.

Depuis les années '60, les chercheurs ont noté que certaines « familles de moutons » étaient plus atteintes de la tremblante que d'autres. Ce phénomène est maintenant expliqué par la sensibilité génétique à la tremblante du mouton.

Des acides aminés localisés à des sites précis des gènes des moutons influencent la sensibilité ou résistance à la tremblante. Ces acides aminés sont représentés par des lettres : soit Q pour glutamine et souvent pour histidine, R pour arginine, V pour valine et A pour alanine et les sites sont : 136, 154 et 171. Les moutons transmettent à leurs descendants leurs gènes, rendant certaines lignées plus sensibles ou plus résistantes à la tremblante.

La grande majorité des cas de tremblante ont été observés chez des moutons QQ (171) alors que la présence de RR (171) rend la protéine résistante au changement structural associé au type de tremblante présente en Amérique du Nord. La présence de V (136) liée à Q (171) peut aussi donner une susceptibilité à la tremblante. Au Canada, 93 % des cas de tremblante génotypés étaient de génotype ARQ/ARQ.

Les agneaux reçoivent la moitié du code génétique du bélier et la moitié de la brebis. Le génotype des mâles reproducteurs influence donc grandement la sensibilité à la tremblante des agnelles de reproduction du troupeau.

Dès la première génération, un mâle homozygote RR (171) ou ARR/ARR (136-171) aura transmis un gène R (171) à chaque agnelle de sa descendance d'où l'importance de bien choisir le bélier selon son génotype.

Le génotype des béliers à privilégier pour la prévention de la tremblante dans un troupeau est le RR (171). Au deuxième rang le génotype AA/QR ou A-Q/A-R (136-171) ; il présente une très faible sensibilité, cependant il a l'inconvénient de transmettre le gène Q à la moitié des agnelles. Les génotypes QQ (171) et A-V/Q-R (136-171) sont à éviter chez les béliers de reproduction.

De plus, le génotype du fœtus influence la migration et l'accumulation du prion anormal dans le placenta d'une brebis infectée de tremblante. Chez une brebis

Tableau II : Introduction d'un bélier RR (171) dans un élevage QQ (171), dès la première génération, tous les agneaux sont QR (171).

Génotype		Brebis QQ (171)	
Bélier RR (171)	R	Q	Q
	R	QR	QR

QQ (171) infectée de tremblante et porteuse d'un fœtus QQ (171), une grande quantité du prion anormal s'accumulera et sera excrété durant l'agnelage ou l'avortement : ce qui contamine beaucoup l'environnement des agneaux et des brebis. Par contre, lors de la gestation d'un fœtus de génotype QR (171) ou RR (171), le prion anormal ne s'accumule pas de manière significative dans le placenta et le liquide amniotique. Cela signifie que l'emploi d'un bélier RR (171) peut prévenir l'excrétion du prion anormal lors de l'agnelage et ce, même si des brebis sont infectées de tremblante.

Il est important de noter que les moutons de génotype QQ seront affectés par la tremblante que si le milieu est contaminé.

Le programme actuel d'éradication de la tremblante dans les lieux infectés de tremblante exige l'ordonnance à l'abattage des ovins de génotype QQ et dans certains cas des ovins de génotype A-V/Q-R (avec indemnisation). C'est pourquoi, en plus de la sélection pour le gène RR au site 171, il est important de rechercher la présence du gène A au site 136.

En utilisant des béliers RR (171) ou ARR/ARR, on peut réduire au minimum la propagation de la tremblante et augmenter rapidement la protection du cheptel ovin contre la tremblante. ■

Ovin Québec printemps 2009 15

Tableau I : Sensibilité à la tremblante selon le génotype et les différentes façons de présenter les génotypes. Le site 154 n'est pas indiqué parce qu'il ne présente pas une grande importance en Amérique du Nord.

Sensibilité à la tremblante	Génotypes		
	136-171 / 136-171	136 136 / 171 171	171 171
Négligeable	A-R / A-R ou A(R)R/A(R)R	AA / RR	RR
Très faible	A - Q / A - R	AA / QR	
Intermédiaire	V - Q / A - R	VA / QR	
Élevée	A - Q / A - Q	AA / QQ	
	V - Q / A - Q	VA / QQ	
	V - Q / V - Q	AA / QQ	QQ

Annexe 5 Génotypage : différentes alternatives méconnues

Source : Ovin Québec. Automne 2014. Rédigé par Gaston Rioux, mv. CEPOQ

SANTÉ

Dr Gaston Rioux, mv, coordonnateur de la santé ovine, CEPOQ

Génotypage : différentes alternatives souvent méconnues des producteurs

Il est acquis maintenant que le génotypage doit faire partie de tout programme de lutte à l'émergence de la tremblante dans les troupeaux ovins du pays. Au Québec, des études ont permis, dans le passé, d'évaluer la présence des différents gènes de résistance ou de sensibilité à la tremblante dans un certain nombre de troupeaux. Ces études ont sensibilisé l'ensemble des acteurs de l'industrie à l'importance du génotypage pour la protection de la valeur génétique de notre cheptel. Cet état de fait apporte cependant son lot de questions et demandes de précision. En effet, la grande variété dans l'offre de service reliée à la réalisation des tests en vue de connaître le statut d'un animal ou d'un troupeau à l'égard de la résistance et de la sensibilité à cette maladie peut causer bien des maux de tête aux producteurs. Vous trouverez ici de nombreuses réponses aux questions que vous vous posez.

1. Bref survol

Deux sites Internet intéressants peuvent être consultés afin de trouver une importante quantité d'informations sur la tremblante et sur le génotypage ainsi que sur les programmes de certification. Ce sont les sites de l'ACIA (www.inspection.gc.ca) et de Tremblante Canada (www.scrapiecanada.ca). En résumé, deux codons sont généralement utilisés pour le génotypage, soit le 136 et le 171. Le tableau 1 indique les niveaux de sensibilité à la tremblante selon les résultats de génotypage.

Tableau 1 : Niveaux de sensibilité à la tremblante selon le génotype

Codon 136	Codon 171	Niveau de sensibilité
AA	RR	Négligeable
AA	QR	Très faible
AV	QR	Intermédiaire
AA	QQ	Intermédiaire
AV	QQ	Intermédiaire
VV	QQ	Élevé

Tyvé de « Tremblante Canada » www.scrapiecanada.ca

2. Choix du laboratoire

Il appartient à l'éleveur de choisir le laboratoire avec lequel il veut faire affaire. Cependant, avant de choisir, plusieurs critères doivent être pris en considération. Par exemple, si les tests sont effectués en vue du programme de certification PVCIT¹, ils devront se faire via un laboratoire accrédité par l'ACIA et en suivant correctement les exigences du programme. La liste des laboratoires accrédités est disponible pour consultation sur les sites Internet de Tremblante Canada et de l'ACIA. L'accréditation des laboratoires par l'ACIA contribue à améliorer le lien de confiance que l'utilisateur peut avoir envers les résultats. En effet, pour être accrédités, ces laboratoires doivent répondre à un certain nombre de normes et subir des audits régulièrement. Vous pouvez prendre connaissance du document *Approche de l'ACIA en matière d'accréditation des laboratoires* disponible sur le site de l'ACIA. D'autre part, il existe des laboratoires non accrédités qui produisent un travail acceptable si l'accréditation n'est pas exigée. Le site Tremblante Canada en fournit aussi la liste. Ce choix appartient donc à l'éleveur selon ses besoins. Le prix est aussi un élément à considérer. Il varie de 11,00 \$ US pour un codon à 40,00 \$ canadien pour les 2 codons.



¹Programme volontaire de certification des troupeaux à l'égard de la tremblante

3. Qui fait le prélèvement ? On conseille généralement qu'un médecin vétérinaire procède à la prise des échantillons. Cela est d'ailleurs obligatoire lors des tests en vue de la certification PVCTT (médecin vétérinaire accrédité par l'ACIA) et pour toute production de documents officiels en vue, entre autres, de la vente d'animaux reproducteurs. D'autre part, le producteur peut effectuer lui-même ses prélèvements lorsque la présence d'un vétérinaire n'est pas obligatoire. Un éleveur pourrait vouloir connaître le génotype de ses animaux non pas dans le but de les vendre, mais pour le guider dans ses choix d'accouplements. De ce cas, il pourrait réduire le coût du génotypage en procédant à la



collecte des échantillons par lui-même. Dans tous les cas, toutes les techniques de prélèvement doivent être faites de manière très précise de façon à s'assurer qu'un échantillon ne soit pas contaminé par l'ADN d'un autre animal, ce qui fausserait les résultats.

4. Types de prélèvements

Il existe différentes façons de prélever de l'ADN dans le but de génotyper les animaux. Aux États-Unis et au Canada, il est possible, selon le laboratoire, d'effectuer trois méthodes de prélèvement : la prise de sang, le papier buvard avec goutte de sang et le punch (Voir tableaux 2 et 3). Le plus souvent, on utilise un prélèvement sanguin dans des tubes avec anticoagulant EDTA. Le prélèvement avec papier buvard a l'avantage de se faire facilement. Il consiste à prélever un échantillon de sang sur un papier buvard. Le punch se fait aussi facilement, tout en se conservant longtemps (quelques mois à température pièce). Il suffit de prélever un échantillon de tissu sur l'oreille à l'aide d'une pince spéciale. Cela demande cependant l'achat de matériel spécialisé. Ainsi, le punch et le papier buvard pourraient être utilisés par le vétérinaire et le producteur. L'envoi d'échantillons prélevés à l'aide de ces deux techniques est aussi très simple. Il faut cependant s'assurer de la disponibilité du matériel auprès du laboratoire sélectionné. La prise de sang requiert plus souvent la présence d'un médecin vétérinaire étant plus habitué avec cette technique et l'envoi d'échantillons est aussi plus compliqué (glacière).

5. Quel animal choisir ?

Il est généralement reconnu de débiter le génotypage sur les béliers. Il s'agit de la procédure la plus rapide afin d'augmenter la résistance du troupeau. Cependant, il peut être intéressant de connaître le génotype des femelles pour pouvoir prendre des décisions d'accouplement. Par exemple, si un bélier de génétique supérieure est AAQQ (ou AVQQ), on pourrait l'accoupler avec des femelles AARR plutôt que le réformer. Cette façon de faire permet de préserver la valeur génétique du bélier. On pourra alors le réformer quand on comptera sur sa relève plus résistante. Aussi, certains éleveurs pur-sang procéderont à un premier génotypage de leurs jeunes animaux dans les laboratoires non accrédités afin de faire une première sélection. Ils testeront de nouveau les sujets qu'ils auront gardés dans un laboratoire accrédité. Cela leur permet de tester plus d'animaux à un coût moindre et de sélectionner plus rapidement les sujets à garder comme reproducteurs. D'autre part, un éleveur commercial qui aimerait réformer ses sujets les plus sensibles à la tremblante pourrait aussi décider de tester tout son troupeau. Dans le cas où un grand volume d'animaux est testé (ex : toutes les brebis), il devient avantageux pour l'éleveur d'opter pour des génotypages moins dispendieux.

6. Quelques trucs

- Dans certains laboratoires, on peut tester qu'un seul codon à la fois. À ce moment, on demande en premier le codon 171. Si le résultat est RR, il est inutile de faire le 136 puisqu'automatiquement le résultat est AA. Le résultat VV ne peut se retrouver que sur les QQ (VVQQ est le plus sensible à la tremblante).
- Le tissu prélevé par les punches peut être conservé quelques mois. On peut donc les prendre sur le jeune animal et les analyser seulement quand l'agneau a été sélectionné pour la relève. ▼



6. Quelques trucs, suite

- c. Plus vite on connaît le génotype du plus grand nombre d'animaux, plus vite on pourra obtenir un troupeau résistant tout en préservant la valeur génétique du troupeau. De ce fait, tester les femelles est à considérer.
- d. Pour toute question en regard à la tremblante, contacter le bureau régional de l'ACIA de votre région. Vous retrouverez ses coordonnées sur le site Internet de l'ACIA sous *Contactez-nous/Centres opérationnels et bureaux régionaux*.
- e. N'hésitez pas à consulter vos conseillers dans vos décisions de sélection en regard avec la sensibilité à cette maladie.
- f. Lors de vos achats d'animaux, pensez toujours à demander le résultat officiel lorsque disponible auprès du vendeur. Renseignez-vous bien auprès de vos conseillers si vous avez besoin d'explications au sujet du génotype de vos achats.

Tableau 2 : Laboratoires accrédités ou non accrédités par l'ACIA et types d'échantillons

Laboratoire	Coordonnées	Accrédité	Types d'échantillons
Animal Health Laboratory, Université de Guelph	www.guelphlabservices.com 519 824-4120, p. 54530	oui	Sang EDTA Punch
Orchid Cellmark Test fait au Royaume-Uni	1 800 563-4363	oui	N.D.
Labogena Laboratoire situé en France	01 34 65 21 21	oui	N.D.
GeneServe Laboratories Laboratoire en Saskatchewan	1 866 420-2293	non	N.D.
TransBioTech Laboratoire québécois	www.tbt.qc.ca 418 833-8876	non	Sang EDTA
Idexx Laboratories Laboratoire en Ontario	1 800 667-3411	non	Sang EDTA

N.D. : renseignements non disponibles au moment de la rédaction de l'article

Consulter le : http://www.sorapioanada.ca/genotyping_labof.html pour accéder à la liste la plus à jour.**Tableau 3 : Laboratoires américains accrédités par l'USDA et types d'échantillons**

Laboratoire	Coordonnées	Accrédité	Types d'échantillons
Rocky Mountain Regional Animal Health Laboratory (Colorado)	303-477-0049	oui	Buvard Sang EDTA
Gene Check Inc. (Colorado)	www.genecheck.com 970 472-9951	oui	Punch Sang EDTA Buvard
GeneSeek Inc. Lincoln, NE	www.genseek.com 402 435-0665	oui	Sang EDTA Buvard

N.B. : le laboratoire GeneSeek fait également le test pour le *susceptibilité au Mendi virus*

N.B. Les laboratoires accrédités par l'USDA sont également reconnus par l'ACIA.

Consulter le : <http://www.aphis.usda.gov> pour accéder à la liste la plus à jour.**Conclusion**

Vous voilà mieux informé et mieux outillé pour procéder au génotypage de vos animaux. Les différentes alternatives existantes permettront certainement de répondre à vos besoins. Plusieurs stratégies peuvent être utilisées pour augmenter le niveau de résistance de votre troupeau à l'égard de la tremblante. Cet article a été écrit en réponse à une demande du Comité génétique du CEPQ qui avait perçu des interrogations de plusieurs producteurs face au génotypage de la tremblante.



automne 2014 Ovin Québec 25

IMPORTANT :

Mise à jour de certains éléments de l'article paru en automne 2014 dans la revue Ovin Québec « Génotypage : différentes alternatives méconnues des producteurs »

À l'attention de la SEMRPQ, par le Dr Gaston Rioux, Cepq

Un seul laboratoire est accrédité au Canada et c'est celui de l'Université de Guelph, il offre deux types possibles de prélèvement soit avec du sang prélevé avec un tube contenant du EDTA et par la méthode du punch. (Tableau 2 de l'article).

Dans le tableau 3 on indique les 3 laboratoires qui sont accrédités par l'USDA (United States Department of Agriculture). Un laboratoire accrédité par l'USDA pour le génotypage l'est également par l'ACIA. Il est de moins en moins avantageux d'avoir recours aux laboratoires américains : il est difficile de faire transiter du sang par la frontière américaine et la dévaluation du dollar canadien versus le dollar américain fait en sorte qu'il n'y a plus vraiment d'avantage monétaire pour un éleveur canadien d'utiliser ces laboratoires particulièrement quand plus d'un codon doit être testé. Le laboratoire de l'Université de Guelph, nous donne normalement de routine les trois codons, 136, 154, 171

Annexe 6 Pas de raison de ne pas génotyper pour la résistance à la tremblante!

Pas de raison de ne pas génotyper pour la résistance à la tremblante! Différentes alternatives sont disponibles!

Par Cathy Michaud, directrice de la SEMRPQ, agente de projet et
Johanne Cameron, agr. M.Sc

Saviez-vous que vous pouviez utiliser le génotypage pour votre sélection, et ce, à moindre coût? En effet, bien qu'un test de génotypage réalisé dans un laboratoire accrédité par l'ACIA, suite à une prise de sang effectuée par votre vétérinaire semble l'option la plus crédible, sachez que d'autres avenues s'offrent à vous. Bien que moins « officielles », des tests précis et valides peuvent être réalisés selon différentes méthodes, à un coût moins élevé et ils présentent le même objectif que les tests « officiels » : éradiquer la tremblante de l'industrie ovine en sélectionnant des sujets plus résistants à la maladie. Que ce soit pour faire génotyper des femelles ou des mâles d'un troupeau, différentes alternatives sont disponibles et permettent d'appuyer votre sélection pour prévenir le risque de tremblante dans votre troupeau et au sein des élevages qui se procurent votre génétique.

Quel laboratoire utiliser? Au Canada, c'est l'Agence canadienne d'inspection des animaux (ACIA) qui est responsable d'accréditer les laboratoires pour les tests de génotypage pour la résistance à la tremblante. Sur le territoire canadien, un seul laboratoire est accrédité pour réaliser ces analyses, alors que deux autres laboratoires non accrédités offrent ce même service (Tableau 1). Si vous êtes sur la voie 3 du programme de certification de Tremblante Canada (voie qui implique le génotypage), vous êtes dans l'obligation d'utiliser un laboratoire accrédité et de faire appel à un vétérinaire pour effectuer vos prises de sang à la ferme. En d'autres cas, le choix du laboratoire vous revient. Évidemment, le choix d'un laboratoire accrédité ajoute de la crédibilité aux résultats d'analyses lors de la vente de sujets de reproduction. Parmi les laboratoires accrédités par l'ACIA, on retrouve aussi des laboratoires américains. Les laboratoires accrédités par la USDA sont également reconnus par l'ACIA. Les laboratoires américains listés au Tableau 2 présentent l'avantage d'offrir des alternatives intéressantes et moins onéreuses pour la collecte des échantillons (Tableau 2).

Quel type d'échantillon soumettre? Trois types d'échantillons d'ADN peuvent être soumis aux laboratoires qui effectuent les tests de génotypage pour la résistance à la tremblante, soit du sang frais, une goutte de sang placée sur du papier buvard ou un échantillon de peau (punch). Dès qu'un laboratoire exige un échantillon de sang frais (sang EDTA), la présence du vétérinaire est obligatoire pour faire la prise de sang, utiliser le bon type de tube, remplir les documents et soumettre les prélèvements au laboratoire. Par ailleurs, il n'est pas recommandé d'expédier du sang frais hors frontière. Les producteurs peuvent prélever eux-mêmes les échantillons sanguins avec la méthode de papier buvard. Dans ce cas, une goutte de sang frais doit être placée sur un papier buvard spécifique fourni par le laboratoire. Le sang peut, par exemple, être imbibé sur le papier buvard en piquant une veine de l'oreille de l'animal (procédure recommandée par les laboratoires). Avec cette méthode, il est important de ne pas contaminer le matériel de prélèvement entre les animaux et s'assurer que les échantillons sont bien secs avant d'être emballés et expédiés au laboratoire. Les cartes de papier buvard se détaillent entre 2 à 4\$ US selon le laboratoire. La méthode du « punch » est sans aucun doute la plus simple et la plus sûre pour éviter les contaminations d'ADN durant les prélèvements. Avec cette méthode, vous devez tout d'abord vous procurer la pince de prélèvement offerte par le laboratoire (similaire à une pince régulière pour une pose de tags ATQ). Cette pince se détaille environ à 30\$ US. Ensuite, vous devez vous procurer les tags d'échantillonnage (environ 2.50\$US pour un tag de prélèvement qui ne reste pas dans l'oreille ; 3.00\$US pour un tag qui restera de façon permanente dans l'oreille de votre animal). La technique du « punch » est aussi simple que de poser un tag ATQ à votre animal! Vous n'avez ensuite qu'à expédier l'échantillon au laboratoire (petit format, très pratique et non salissant).

Quels sont les frais d'analyses? Au laboratoire de l'Université de Guelph, les frais d'analyse pour les 3 codons impliqués dans la résistance à la tremblante sont d'environ 50 \$CAN. À ce montant, vous devez ajouter les frais de votre clinique vétérinaire (honoraires, matériel, expédition). Notons que ce laboratoire n'offre pas la possibilité de tester un seul codon à la fois, à un coût moindre. La plupart des laboratoires américains offrent la possibilité de tester chaque codon indépendamment. Le coût varie de 10-11\$US/codon. Notons que les codons 136 et 171 sont les codons qui représentent le plus d'intérêt pour lutter contre la tremblante. Il est important de savoir que lorsqu'un animal est RR au codon 171, il est automatiquement AA au codon 136 car ces codons sont liés (136AA, 171RR = animal résistant). À l'inverse, si l'animal est QR ou QQ au codon 171, il peut porter l'allèle de sensibilité V au codon 136 (AV, VV). La présence de l'allèle V au codon 136 est reliée à une extrême sensibilité à la tremblante et les animaux porteurs ne devraient en aucun cas être élevés pour la reproduction. La plupart des laboratoires américains vous suggèrent de ne pas tester systématiquement le codon 136, mais seulement dans le cas où vos animaux seraient QR ou encore QQ au codon 171. Un producteur pourrait ainsi demander au laboratoire sur les fiches de soumission : « *prête de tester le codon 171, si l'animal est RR, faites-moi parvenir les résultats, mais si l'animal est QR, prête de tester le codon 136* ». De la sorte, il peut en coûter seulement 11\$US pour un animal RR, ou 22\$US pour un animal QR. À ce prix, il devient intéressant de tester un plus grand nombre de sujets autant mâles que femelles. Il n'y a donc plus de raison de ne pas génotyper vos sujets pour contribuer à l'éradication de cette maladie dans le cheptel québécois!

Tableau 2 : Laboratoires accrédités ou non accrédités par l'ACIA et types d'échantillons

Laboratoire	Coordonnées	Accrédité	Types d'échantillons
Animal Health Laboratory, Université de Guelph	www.guelphlabservices.com 519 824 4120, p. 54530	oui	Sang EDTA Punch
Orch'ia Cellmark Test fait au Royaume-Uni	1 800 563 4363	oui	N.D.
Labogena Laboratoire situé en France	01 34 65 21 21	oui	N.D.
GeneServe Laboratories Laboratoire en Saskatchewan	1 866 420-2293	non	N.D.
TransBIOtech Laboratoire québécois	www.tbi.qc.ca 418 833-8875	non	Sang EDTA
Flexx Laboratories Laboratoire en Ontario	1 800 667-3411	non	Sang EDTA

N.D. : renseignements non disponibles au moment de la rédaction de l'article
Consulter le : http://www.scrapiecanada.ca/genotyping_labsF.html pour accéder à la liste la plus à jour.

Tableau 3 : Laboratoires américains accrédités par l'USDA et types d'échantillons

Laboratoire	Coordonnées	Accrédité	Types d'échantillons
Rocky Mountain Regional Animal Health Laboratory (Colorado)	303 477 0049	oui	Buvard Sang EDTA
Gene Check Inc. (Colorado)	www.genecheck.com 970 472 9951	oui	Punch Sang EDTA Buvard
GeneSeek inc. Lincoln, NE	www.genseek.com 402 435-0655	oui	Sang EDTA Buvard

N.B. : le laboratoire GeneSeek fait également le test pour la susceptibilité au *Mead* virus
N.B. Les laboratoires accrédités par l'USDA sont également reconnus par l'ACIA.
Consulter le : <http://www.aphis.usda.gov> pour accéder à la liste la plus à jour.

http://www.genecheck.com/www/htdocs/agriculture_index.html
<https://www.uoguelph.ca/ah/services/scrapie-resistance-prp-genotyping-codons-136-137-154-171-178-pcr>

Annexe 7 Programme d'appui pour le génotypage

Appui pour le génotypage des mâles reproducteurs

****Avant de commencer****
Les éleveurs membres de la SEMRPQ sont admissibles au programme d'appui;

Le projet vise 500 mâles reproducteurs et les prospects en reproduction;

Le génotypage des sujets se fait individuellement chez les fermes avec leurs praticiens;

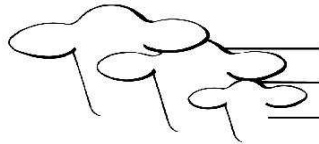
Les frais de laboratoires sont couverts par le programme;

L'échantillonnage se fera en 2 vagues différentes afin d'assurer un portrait représentatif du cheptel provincial (octobre et janvier)

Les éleveurs intéressés à participer au programme doivent manifester le nombre de sujets, la race à chaque vague et attendre l'approbation de la Société avant de procéder

Le Cepoq sera le récepteur des résultats d'analyse;

La liste des laboratoires accrédités à L'ACIA est disponible sur le site internet www.semrpq.net ;



Société des éleveurs de moutons
de race pure du Québec

Génotypage

La SEMRPQ dans le cadre du projet, **Protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants**, invite ses membres désirant :



Protéger leur troupeau contre la tremblante et s'appuyer sur le génotypage des mâles destinés à la reproduction;



Avoir l'opportunité de génotyper dans un laboratoire accrédité par l'Agence canadienne d'Inspection des aliments (ACIA);



Avoir l'opportunité de génotyper 3 codons (136AV, 154HR, 171QR);



Recevoir de l'information et de l'aide dans l'identification de croisement judicieux;



La possibilité d'intégrer les données de génotype à la base GenOvis;



Favoriser l'enregistrement des sujets pur-sang qui ont un profil à haute résistance;



Avoir une avancée dans les démarches de sélection pour l'adhésion au Programme de Tremblante Canada;



Se sentir impliqué et concerné dans les programmes de votre association en participant au portrait du secteur;

Cultivons l'avenir 2
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada



Dates de tombées

Pour participer au programme, vous devez soumettre en candidature les sujets mâles en remplissant le formulaire d'inscription avec les informations nécessaires.

Le premier appel à la candidature pour l'échantillonnage admissible au projet se fera le :

- **10 octobre Ouverture des inscriptions;**
- **19 octobre Fin de la période d'inscription**
- **24 octobre Approbation des sujets à génotyper**
- **Les sujets doivent être génotypés avant le 30 décembre 2016;**
*** Profiter de la visite de votre praticien lors d'échographie pour vous prévaloir du programme afin de minimiser les coûts*****

La vague suivante sera annoncée pour le mois de janvier 2017.

Inscription

Remplir le formulaire ci-dessous afin d'exprimer vos besoins en génotypage des mâles de reproduction. Pour un plus grand besoin, vous pouvez annexer une feuille supplémentaire en listant les mêmes informations.

# Identification du sujet	# enregistrement si disponible	Date de naissance	Race

N. /B : Vous devez attendre l'approbation des sujets à génotyper afin d'être couvert par le programme.

Pour plus d'informations, veuillez contacter
Mme Cathy Michaud Tél. : 418-359-3832
Cell. : 581-307-4659
semrpq@cepoq.com



Annexe 8 Acceptation des sujets au programme



Nous vous remercions d'avoir soumis des mâles reproducteurs au programme d'appui pour le génotypage. Cela assure la protection de votre troupeau, mais aussi des troupeaux qui seront récepteur de votre génétique.

Par la présente, nous vous confirmons que le programme autorise votre ferme :

Ferme XXXXX

Pour le génotypage des sujets mâles au programme soit :

XX mâles de race Dorset

Vous trouverez en annexe le formulaire à remettre au vétérinaire. Notez que les informations de sexe, de race doivent s'ajouter à l'identifiant du mâle.

Il est important d'indiquer sur le formulaire que les résultats d'analyses doivent aussi être envoyés au Dr. Gaston Rioux du CEPOQ à l'adresse courriel qui suit : gaston.rioux@cepoq.com

Vous avez jusqu'au **30 décembre 2016** pour faire génotyper les **XX mâles de race Dorset** qui ont été approuvés par le programme. Profitez-en pour coordonner les échantillonnages à une visite déjà planifiée avec votre vétérinaire.

Quand le génotypage aura été effectué, vous devez faire parvenir une copie de la facture vétérinaire à la SEMRPQ qui traitera votre demande

Les résultats qui seront compilés serviront à tracer un portrait de la sensibilité des animaux qui auront été génotypés dans le cadre du projet

Nous avons joint à l'envoi, un article de vulgarisation du Dr Gaston Rioux qui traite du génotypage. Suite à la demande de la Société, M. Rioux a fait une mise à jour sur la liste des laboratoires accrédités à l'ACIA.

Bonjour à tous,

Le comité du projet désire vous remercier d'avoir participé à l'échantillonnage Tremblante pour le projet de la Société «**Protection du cheptel ovin contre la tremblante par le génotypage et la sélection des sujets résistants**». Le nombre de sujets admissibles aux épreuves a été atteint en conformité avec le budget du projet. Pour ceux qui étaient sur la dernière vague du projet, c'est important d'acheminer les résultats de laboratoires au Dr Rioux au Cepoq à l'adresse suivante : gaston.rioux@cepoq.com. Vous devez aussi me faire parvenir la facture vétérinaire de l'échantillonnage et des frais de transport afin de les annexer au projet.

Maintenant que vous avez en main des résultats pour des sujets reproducteurs en provenance de votre troupeau, nous vous invitons à valoriser les animaux qui ont un profil résistant en enregistrant les sujets à la Société canadienne des éleveurs de moutons (SCÉM) via l'organisme d'enregistrement la Société canadienne d'enregistrements des animaux (SCEA). L'enregistrement des sujets reproducteurs pur-sang est une authentification de la généalogie, mais aussi de vos titres de propriété. En tant qu'éleveurs de race pure, vous avez une obligation de suivre la généalogie de ces sujets et de faire suivre celle-ci à vos acheteurs, et ce, à vos frais.

Vous avez aussi la possibilité d'inclure vos données de génotypage dans le programme GenOvis. Je vous invite à consulter le document en pièce jointe afin de prendre connaissance de la procédure à suivre pour le faire de manière autonome. Cette particularité pourra certainement vous aider en regroupant une foule d'information utile à la sélection de sujets reproducteurs en utilisant en plus des indices génétiques, le plan santé. De plus, il vous est possible d'entrer les numéros d'enregistrements de vos sujets dans le programme en suivant le même procédure mais sous le menu identification.

N'oubliez pas aussi que toute bonne sélection est accompagnée d'une sélection sur la conformation.

Pour toutes questions relatives au projet, je vous invite à me contacter

Au plaisir

Cathy Michaud

Directrice générale

Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec

(418)359-3832 www.semprq.net



Annexe 9 Comment ajouter des génotypes dans GenOvis

Ajouter des génotypes dans GenOvis

Pour entrer des génotypes dans GenOvis, vous devez tout d'abord sélectionner, dans l'onglet Animal, le sujet pour lequel vous désirez ajouter un résultat de génotypage.

1. Double-cliquer sur l'animal ou cliquer une fois pour le surligner en bleu puis appuyer sur

Modifier un animal

2. Dans la fenêtre qui s'ouvrira, sélectionner le menu Génotypage de la Tremblante.

3. Entrer les résultats de laboratoire vis-à-vis les bons codons. Il est possible d'entrer l'information pour un seul codon ou tous les codons.
4. Entrer la date d'analyse de laboratoire.
5. Entrer le nom du laboratoire.
6. Appuyer sur **Enregistrer**.

Les données de génotypage s'afficheront sur le certificat de performance de l'animal, dans le module d'accouplement ainsi que dans le fichier d'export des inventaires.

Lors d'achat de sujets, toujours demander au vendeur les résultats officiels de génotypage du laboratoire afin de vous assurer que le génotypage entré dans GenOvis correspond bien aux données du laboratoire.

Annexe 10 Comment ajouter les résultats dans le nom lors de l'enregistrement

Animal Information ? ✓ ✕

Name Sex (M/F) ☒ M Number in Birth

Birth Date Castration Date Death Date

Horned/polled

ID Types Used

Tattoo (Leave blank if not tattooed)

Flock Letters
Flock Number Year Letter

Tattoo Location
Tattoo Location

ID --- Right Left Check to reverse No. & Year Letter ☐

Place Flock Letters after the Number and Year Letter ☐

Ear Tag Location-Plastic Tags
National RFID Ear Tag No.
Microchip
Other Ear Tags
Other Tattoo

Metal Tags
Location
Location
Location
Location

Back

Continue

Reset

Cancel



[Home](#)
[About CLRC](#)
[Members/Pedigrees](#)
[Associations](#)
[On-Line Services](#)
[ID Supplies](#)
[Contact Us](#)
[Links](#)
[Can ID Registry](#)
[Français](#)

Keyword

Search

GO

Category

Search

GO

Pedigree Data
Données de pedigree

MAROVINE ADAM 7235A RR -[CAN]701677-

General Information-Information Générale:

Number - Numéro:	-[CAN]701677-
Name-Nom:	MAROVINE ADAM 7235A RR
Species/Breed Espèce/Race:	Sheep/Moutons/Hampshire
Sex-Sexe:	Male/mâle
Date of Birth Date de Naissance:	October 03 2013 03 octobre 2013
Purity % - % Pureté:	100
Identification:	CSIP Dual Ear Tags/Double étiquette PCIM 314327235 314327235
Breeder-Éleveur:	Martin Brodeur-Choquette 5273378
Owner-Propriétaire:	Martin Brodeur-Choquette 5273378

Identification:

CSIP Dual Ear Tags/Double étiquette PCIM:	314327235 314327235
--	---------------------

Annexe 11 Lettre de la Fédération canadienne du mouton



17 mai, 2016

Traitement de fichier pour le Programme Volontaire de Certification des troupeaux à l'égard de la tremblante (PVCTT)

Cher producteur valorisée,

Dans leurs réunion du 3 mai, 2016, la Conseil d'administration du Fédération Canadienne du Mouton (FCM) ont pris la décision difficile de suspendre temporairement le traitement de fichiers PVCTT et tous les travaux relies aux avancements et inscriptions du programme.

La décision a été prise pas légèrement par le Conseil d'administration, et suivi une longue discussion sur les coûts du programme en l'absence de financement fédéral. La FCM a présenté une demande de financement au gouvernement fédéral au cours de l'été 2015, et mettre de côté l'argent provenant de l'industrie à contribuer au projet. Malheureusement, le processus d'approbation de demande financement a pris plus de temps que prévu et le FCM a épuisé le montant inscrit au budget pour l'administration du projet pour l'année financière. Conformément à son engagement de la responsabilité financière aux organisations membres et aux producteurs, le CA a choisi de suspendre les travaux sur la PVCTT jusqu'à ce qu'une décision a été prise par Agriculture et Agroalimentaire Canada sur le financement du projet.

Idéalement il s'agit d'une mesure temporaire qui peut rapidement être résolue dans cette quartier anniversaire du programme, sans incidence négative sur les statuts des producteurs inscrits. Nous encourageons tous les producteurs inscrits de continuer à fonctionner comme d'habitude selon les exigences du programme y compris :

- Recueillir et remettre des échantillons provenant de cadavres d'animaux pour les tests de la tremblante,
- Contrôler les animaux entrants selon les exigences du programme, et
- Suivi les informations nécessaires relies aux animaux sortant du troupeaux.

Ceci s'assurera que quand les activités de programme reprendront, il y a peu d'impact sur la participation au programme et le statut dans la programme. Le FCM sera certain de garder les producteurs informés et à jour sur les nouveaux développements.

PO Box 10 Williamsburg PO
Williamsburg, Ontario K0C 2H0
Telephone (888) 684.7739 • Fax (613) 652.1599
Email: info@cansheep.ca
Website: www.cansheep.ca



Le Conseil d'administration de FCM tiens à s'excuser pour la gêne occasionnée que cette décision peut causer et s'engage à faire tous les efforts pour trouver une solution équitable au financement du programme. Si vous avez des questions sur la présente décision, ou votre participation au programme, n'hésitez pas à communiquer avec le FCM, en envoyant un courriel à info@cansheep.ca ou en composant le 866.684.7739.

Cordialement,

Président, Fédération Canadienne du Mouton

PO Box 10 Williamsburg PO
Williamsburg, Ontario K0C 2H0
Telephone (888) 684.7739 • Fax (613) 652.1599
Email: info@cansheep.ca
Website: www.cansheep.ca

Annexe 12 Présentation PowerPoint des résultats

Par Johanne Cameron, agr. M.Sc.

Annexe 13 Article des résultats dans l'Ovin Québec

Édition automne 2017. Rédigé par Cathy Michaud, agente de projet et Johanne Cameron, agr. M.Sc.



PROJET

PORTRAIT DE LA RÉSISTANCE GÉNÉTIQUE DES BÉLIERS DE RACE PURE AU QUÉBEC... **LES RÉSULTATS**

CATHY MICHAUD, DIRECTRICE GÉNÉRALE, SEMRPQ & JOHANNE CAMERON, AGR. M.SC

Depuis l'an dernier, la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec (SEMRPQ) a un nouvel environnement d'affaire où la réalisation de projets structurant pour l'élevage ovin et la multiplication des services offerts aux éleveurs sont au cœur de ses actions. Ainsi, depuis quelques mois, différents projets ont été réalisés (et d'autres sont en cours de réalisation), dont celui portant sur la protection du cheptel ovin contre la tremblante grâce à la sélection de sujets plus résistants à la maladie. Quel est le portrait de la résistance génétique des béliers des différentes races élevées au Québec ? Voici les résultats qui ont été obtenus lors de cette étude !

La tremblante et génotypage ?

La tremblante est une maladie neurodégénérative dont l'issue est toujours fatale. Cette maladie à déclaration obligatoire est rare, mais toujours présente et bien actuelle dans le cheptel ovin et caprin canadien. Cette maladie frappe sans égard à la race, au croisement ou à la qualité de la régie de l'éleveur, mais lorsqu'un troupeau est atteint les conséquences sont lourdes. Vers le début des années 2000, un grand nombre d'entreprises furent touchées par la maladie et près de 30 000 sujets furent abattus par

les programmes de contrôle de l'époque. Parmi ces élevages, certaines races furent atteintes plus que d'autres et connurent un recul génétique et économique de plusieurs années, sans compter la perte de diversité génétique liée à l'abattage de plusieurs familles de sujets reproducteurs. Heureusement, des solutions sont maintenant disponibles pour contrer la maladie. Ainsi, depuis plusieurs années, les éleveurs ovins de race pure se sont tournés vers la voie de la résistance génétique pour réduire l'incidence de cette maladie dans le cheptel. Ceci semble porter fruit puisque

le nombre de troupeaux atteints dans la province a fortement diminué depuis les 8 dernières années (données ACIA).

La sélection pour la résistance génétique à la tremblante fait appel au génotypage. Le génotypage permet de savoir si un animal présente dans son ADN, une plus grande sensibilité à développer ou non la maladie, et ce, s'il est en présence du pathogène causant la tremblante dans son environnement (Prion PrP^{Sc}). Ainsi, grâce à un échantillon de sang ou de tissus, il est possible de connaître



le bagage génétique d'un animal et de sélectionner les sujets porteurs de gènes leur conférant une meilleure protection contre la maladie. La sélection sur le génotype pour la résistance des animaux à la tremblante est une pratique priorisée dans l'élevage de race pure afin d'améliorer la protection des troupeaux et du cheptel ovin québécois contre la maladie. En effet, puisque les éleveurs de race pure jouent un grand rôle dans la production et la diffusion de sujets d'élevage (pursang ou hybrides), leurs efforts de sélection ont une incidence sur l'ensemble des troupeaux commerciaux qui acquièrent cette génétique.

Le projet réalisé par la SEMRPO. Le principal objectif du projet visait à réaliser un portrait de la sensibilité / résistance génétique à la tremblante chez les mâles reproducteurs de différentes races de moutons présentes au Québec. Au total 412 mâles, issus de 11 races différentes et provenant de 22 entreprises ont été génotypés durant ce projet. Dans le cadre du projet, seuls des échantillons sanguins furent prélevés (vétérinaires

praticiens) et analysés au laboratoire de l'Université de Guelph. Les échantillons étaient ensuite analysés pour connaître la composante génétique des animaux à 3 codons d'intérêt en lien avec la résistance génétique à la tremblante, soit les codons #136, 154 et 171 présents sur le gène Prion PrP.

Les résultats en bref. Le tableau qui suit présente les résultats de fréquence obtenus pour les différents génotypes rencontrés en fonction de la race. Au bas du tableau, on retrouve le nombre de producteurs et de mâles échantillonnés par race. Puisque 4 races ont été échantillonnées au sein d'un seul troupeau, ces races ont été identifiées comme race #1, 2, 3 et 4, et ce, afin de garder la confidentialité des données pour ces éleveurs. Notons que certaines de ces races occupent une place notable dans le schéma génétique québécois.

Il est important de mentionner que le portrait génotypique observé dans les races #1, 2, 3 et 4 est probablement non représentatif de ces dernières,

Comment lire la résistance par génotype?

Codon 171 – Présence de l'allèle R ou Q. L'allèle R est associée à une résistance accrue à la maladie. Un animal « RR » est ainsi considéré résistant à la tremblante. Un animal QQ présente une susceptibilité très élevée à la maladie. Un animal qui porte une allèle R, porte automatiquement une allèle A au codon 136.

Codon 136 – Présence de l'allèle A ou V. L'allèle V est associée à une très forte sensibilité à la tremblante. Lorsqu'un animal est QR au codon 171, on doit absolument vérifier s'il est porteur d'un allèle V au codon 136. Un animal AV QR est plus sensible à la tremblante qu'un sujet AA QR.

Codon 154 – Présence de l'allèle R ou H. Moins présente dans la population étudiée, l'allèle H améliore la résistance face à certaine souche de tremblante. Ce codon est toutefois moins considéré en Amérique du Nord.

mais peut-être le fruit du résultat de sélection des éleveurs (un seul troupeau/race). Ainsi, le portrait aurait pu être largement différent si l'échantillonnage avait été plus large.

Tableau 1. Fréquence des génotypes observés au sein des mâles prélevés dans chacune des races. Les génotypes les plus résistants se retrouvent en haut du tableau.

GENOTYPE			RACES											
136	154	171	R1	R2	R3	R4	BL	CD	DP	HA	RI	RV	SU	
AA	RR	RR	100 %		83,3 %	81,8 %	25,0 %	47,3 %	50,0 %	48,5 %	72,9 %	54,1 %	63,2 %	
AA	RH	RR						5,5 %						
AA	RH	QR					25,0 %							
AA	RR	QR		44,4 %		18,2 %	25,0 %	38,2 %	23,5 %	47,0 %	27,1 %	34,4 %	34,7 %	
AV	RR	QR		5,6 %	16,7 %			9,1 %	8,8 %			1,6 %		
AA	HH	QQ					6,3 %							
AA	RH	QQ					18,8 %							
AA	RR	QQ		27,8 %					2,9 %	4,5 %		6,6 %	2,1 %	
AV	RR	QQ		22,2 %					5,9 %			3,3 %		
VV	RR	QQ							8,8 %					
Nb producteurs			1	1	1	1	2	3	3	5	2	9	7	
Nb mâles			1	18	6	11	16	55	34	66	48	61	95	

+ résistant

↓

↓

↓

↓

↓

sensible

¹ BL = Border Leicester ; CD = Arcott Canadien ; DP = Dorset ; HA = Hampshire ; RI = Arcott Rideau ; RV = Romanov ; SU = Suffolk

été 2017 • Ovin Québec • 21

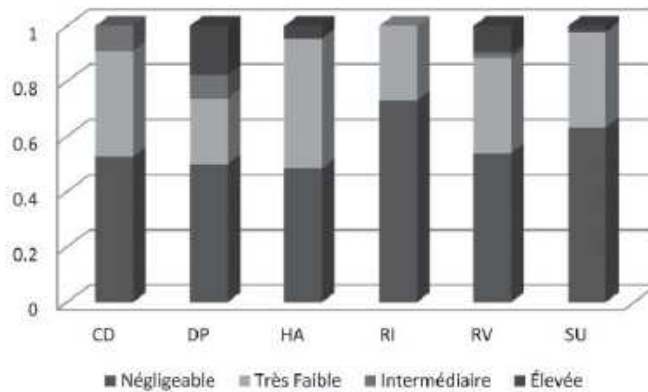


Figure 2. Fréquence des génotypes observés dans les différentes races, en fonction de leur susceptibilité à la tremblante.

Dans le tableau précédent, on peut observer que seuls des sujets de races Border Leicester et Arcott Canadien portaient la mutation H au codon 154 dans notre population étudiée. Puisque cet allèle était peu présent dans la population échantillonnée, mais aussi moins considéré en Amérique du Nord, la figure suivante a été produite afin d'alléger le portrait des différents génotypes. La figure qui suit présente ainsi le portrait des génotypes pour les principales races rencontrées au Québec. Seules les races ayant évaluées plus de 20 mâles sont donc présentées. Dans cette figure, la fréquence des génotypes a été répartie en fonction de leur position dans l'échelle de susceptibilité à la maladie, tel que considérée par l'ACIA et Tremblante Canada (codon 136 et 171 seulement). Les génotypes

sensibles AA QQ, AV QQ et VV QQ ont donc été regroupés sous une susceptibilité élevée à la maladie.

Les résultats démontrent que nos races pures sont sur une bonne voie puisque toutes les races présentent une bonne proportion de sujets peu sensibles à la maladie. Toutefois, sur une note moins positive, il faut souligner qu'il reste encore du travail à faire, plus particulièrement dans les races où l'on retrouve des génotypes très sensibles à la maladie (136-171 : AA QQ, AV QQ et VV QQ). Toutefois, une approche par troupeau nous a permis de constater que certains élevages ne comportent aucun mâle porteur de génotypes sensibles. À l'inverse, les sujets sensibles sont généralement retrouvés, en faible proportion, dans seulement 1 ou 2 troupeaux/race. Ainsi, un travail concerté entre les

Susceptibilité à la tremblante (ACIA – Tremblante Canada)

Génotypes aux codons 136 - 171	Susceptibilité
AA - RR	Négligeable
AA - QR	Très faible
AV - QR	Intermédiaire
AA - QQ	Élevée
AV - QQ	
W - QQ	

éleveurs permettra éventuellement d'atteindre l'objectif ciblé, car il y a une importante variabilité génétique de sujets porteurs de résistance à la maladie.

En conclusion... Les données recueillies au sein de notre échantillon de béliers de race pure suggèrent que le cheptel ovin québécois est sur une bonne voie pour atteindre une meilleure résistance génétique à la tremblante. En effet, près de 55 % des béliers échantillonnés présentent une susceptibilité négligeable à la tremblante. Par ailleurs, si on ajoute que 35,2 % des sujets sont porteurs du génotype 136AA-171QR, alors 90,1 % des mâles échantillonnés dans ce projet sont considérés comme ayant une susceptibilité variant de très faible à négligeable pour la maladie. Considérant que les mâles échantillonnés dans ce projet sont des géniteurs ou des fils de géniteurs influents, il est possible de croire que ce portrait est similaire dans les élevages, ce qui est une excellente nouvelle pour notre industrie ! ■

Vous voulez en savoir plus sur la tremblante, les croisements judicieux, les stratégies à prioriser pour assurer la protection des troupeaux, l'intégration des données de génotype à la base de données GenOvis, le Programme volontaire de certification des troupeaux à l'égard de la Tremblante (PVCTT).

- Une conférence sera offerte sur les résultats du projet lors de la prochaine assemblée générale annuelle de la SEMRPQ.
- L'article : **Pas de raison de ne pas génotyper pour la résistance à la tremblante! Différentes alternatives sont disponibles!** Regroupe une foule d'information et est disponible en ligne sur le site internet www.semrpq.net
- Consultez la page Facebook de la SEMRPQ pour y consulter les informations sur la maladie et le rapport complet de l'étude.

Merci au CEPOQ pour la collaboration à ce projet !



Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du Programme de développement sectoriel, issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation du Québec, et Agriculture et Agroalimentaire Canada

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Canada

Cultivons l'avenir 2
Une initiative fédérale-provinciale territoriale

