

Biosécurité des élevages et biotechnologie

Objectifs de la matière

Cette matière s'intéresse à l'étude de la sécurité sanitaire des aliments offerts au consommateur à tous les maillons de la production, de la ferme à l'assiette du consommateur, comprenant le transport, le conditionnement, la transformation et le stockage.

Chapitre I. Généralités sur la biosécurité alimentaire

I.1. Biosécurité :

Gestion des risques environnementaux dans les domaines de l'alimentation, l'agriculture et de la pêche, le cas des OGM est un exemple concret de biosécurité.

Un plan de biosécurité devrait inclure au minimum les éléments suivants :

1. Les procédures d'isolation utilisées lors de l'achat d'animaux (mesures externes);
2. La gestion de la circulation dans les élevages (personnes, animaux et équipement, mesures externes et internes);
3. Les procédures de désinfection et de nettoyage pour réduire au minimum le niveau de pathogènes à l'intérieur de l'élevage (mesures internes).

Note : mesures externes (prévention de l'entrée de nouveaux agents pathogènes dans le troupeau); mesures internes (prévention de la dissémination des agents pathogènes déjà présents dans le troupeau).

I.2. Définition de la Biosécurité

Biosécurité = mesures prises pour minimiser

- le risque d'introduction d'agents pathogènes dans des unités de production individuelles (**bio-exclusion**)
- le risque de sa transmission à l'extérieur (**bio-confinement**) et de sa propagation ultérieure

Elle se compose de trois étapes principales (fig.1): l'**isolement**, le nettoyage et la désinfection. Elle est applicable **partout**, à chaque maillon de la chaîne alimentaire (production primaire, transformation, distribution, consommation et gestion des déchets et sous-produits).

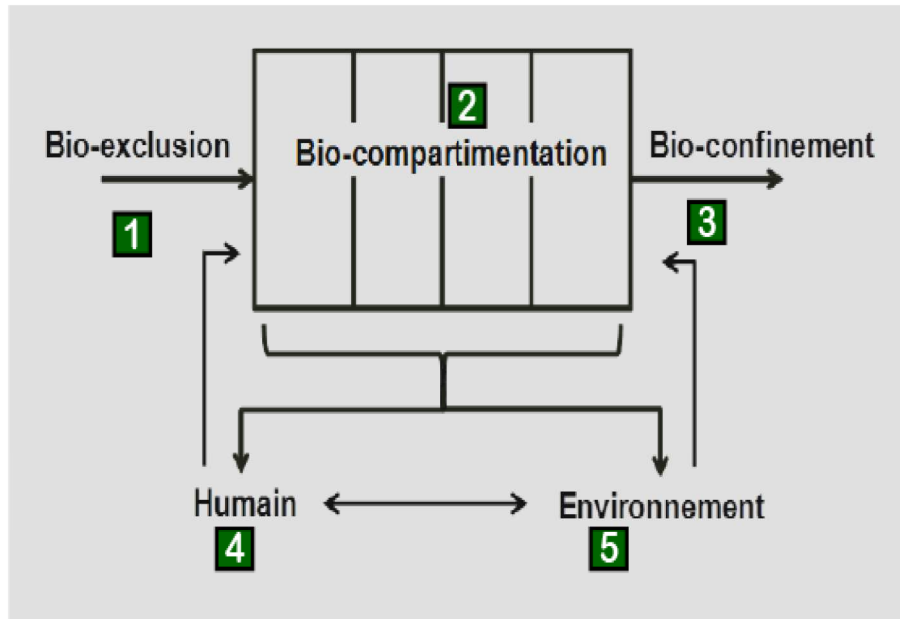


Figure 1. Principales étapes de la biosécurité

Tous les stades précisés dans la figure ci-dessus sont intégrés dans la démarche de biosécurité et contribuent à réduire les risques d'introduction et de diffusion des agents infectieux:

- limiter le risque d'introduction (bio-exclusion)
- limiter la dissémination du pathogène dans l'unité/exploitation, par exemple en isolant les animaux excréteurs (bio-compartimentation)
- limiter la dissémination de l'agent infectieux en dehors de l'unité/exploitation (transmission inter-troupeaux) ou bio-confinement.
- prévenir le risque de bio-contamination des humains;
- prévenir toute bio-contamination environnementale ainsi que la persistance de l'agent pathogène dans l'environnement.

En général, la **prévention** de maladies est, à long terme, toujours moins coûteuse que leur traitement (médecine curative). La meilleure rentabilité est obtenue dans les exploitations qui sont « indemnes » d'une maladie donnée. Ceci est en particulier vrai avec la concentration des exploitations actuelles, de plus en plus intensive et de grande taille (up-scaling) tandis que le niveau ou qualité de la gestion sanitaire par l'éleveur ne suivent pas toujours la même tendance. L'application de mesures de prévention générale comme les Guides de Bonnes

Pratiques en Élevage demande une évolution des attitudes en élevage, aussi bien de la part des éleveurs, de leurs employés et des intervenants en élevage (dont le vétérinaire).

Les différentes crises sanitaires ont marqué la biosécurité alimentaire, ESB en 1996, (encéphalopathie spongiforme bovine ou 'vache folle') ; La souche mortelle de H5N1 qui s'est répandue de l'Asie à l'Europe en 2004 avait eu des répercussions considérables sur les plans financier et émotif des éleveurs et des consommateurs. Par ailleurs, la fièvre aphteuse en Algérie en 2014 constitue un exemple récent qui a provoqué d'énormes pertes aux productions bovines et ovines.

Les zoonoses émergentes constituent un problème de santé publique majeur. A l'image des virus de l'immunodéficience humaine (VIH), influenza, ou encore Ebola, la plupart des pathogènes zoonotiques prennent leur origine chez des animaux dont certains sont des réservoirs de virus zoonotiques qui peuvent provoquer des pathologies graves chez l'Homme, comme le virus de la rage ou le coronavirus responsable de la pandémie du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) en 2003-2004.

La pandémie que vit actuellement l'humanité est catastrophique et inédite. Depuis le 11 mars 2020, l'OMS qualifie la situation mondiale du COVID-19 de pandémie. Le bilan macabre n'arrête de s'alourdir au moment où nous rédigeons cette partie du cours !

Durant les séances de cours précédentes réalisées, nous n'avons cessé de souligner les mesures de biosécurité à prendre et surtout insisté sur l'importance du terme : **prévention**.

Nous avons mentionné qu'un lavage régulier des mains est un acte de biosécurité.

Face au coronavirus, il existe des gestes simples pour préserver sa santé et celle de son entourage :

- Se laver les mains très régulièrement
- Tousser ou éternuer dans son coude ou dans un mouchoir
- Saluer sans se serrer la main, éviter les embrassades
- Utiliser des mouchoirs à usage unique et les jeter
- Éviter les rassemblements, limiter les déplacements et les contacts

Les zoonoses pouvant être transmises à l'homme par contact direct avec les animaux infectés, ou lors de la consommation de produits d'origine animale. Elles ont eu des répercussions considérables sur les plans financier et émotif des éleveurs. Depuis, les mesures de biosécurité dans le monde se sont vue renforcées notamment la mise en œuvre du protocole de Cartagena sur la biosécurité. Le contrôle des aliments pour bétail s'est vu alors également renforcé, les

méthodes d'analyses se sont développées et un véritable plan de contrôle qualité s'est instauré. Certains intrants ont été interdits ou réglementés ex : les farines animales, les hormones, les antibiotiques...etc.

II. La biosécurité d'un troupeau

Définition :

La biosécurité d'un troupeau est son système de protection contre les maladies infectieuses. Le programme de biosécurité d'un élevage est l'ensemble des mesures en place qui visent à prévenir l'introduction d'agents infectieux ou à limiter leur propagation

La biosécurité repose sur la prévention et la protection contre les agents infectieux. Les mesures à mettre en place ne doivent pas être vues comme des contraintes mais plutôt comme faisant partie d'un processus permettant d'améliorer la santé des animaux, des personnes et de l'environnement.

La question de la **biosécurité** est abordée et définie par le « Protocole sur la biosécurité », qui institue un cadre réglementaire à l'échelle internationale pour concilier les impératifs commerciaux et la protection de l'environnement au regard de l'industrie de la biotechnologie qui connaît un essor rapide. Le protocole crée également un contexte favorable à l'utilisation sensée et respectueuse de l'environnement des biotechnologies, ce qui permet de tirer le maximum de leur potentiel tout en réduisant les risques pour l'environnement et la santé humaine.

Zoonoses

Une zoonose est une maladie ou infection qui se transmet naturellement des animaux vertébrés à l'homme et vice et versa. Les différentes espèces domestiques peuvent être le berceau de maladies zoonotiques :

- **Bovins** : tuberculose bovine, brucellose, etc.
- **Petits ruminants** : fièvre Q, brucellose, etc.

Comment se transmettent les maladies infectieuses?

Les maladies infectieuses se transmettent de deux manières :

- Par contact direct avec des animaux, y compris avec leurs sécrétions, leurs déjections, leurs embryons ou leur semence;
- Par contact indirect, par le biais des véhicules, de l'équipement ou du matériel ou par l'entremise des visiteurs, de leurs bottes, de leurs vêtements et de leurs mains

Les maladies zoonotiques peuvent être transmises à l'homme par contact direct avec les animaux infectés, par l'intermédiaire d'un vecteur ou lors de la consommation d'un produit d'origine animale.

Chapitre II :

II.1. Programmes de biosécurité

Elle étudie la gestion des risques environnementaux dans les domaines de l'alimentation, l'agriculture, l'exploitation forestière et la pêche. Elle repose sur la prévention et la protection contre les agents infectieux. .

Le programme de biosécurité d'un élevage est l'ensemble des mesures en place qui visent à prévenir l'introduction d'agents infectieux ou à limiter leur propagation. Elle englobe la sécurité sanitaire des aliments, les zoonoses, l'introduction des organismes nuisibles et de maladies animales et végétales...etc.

La biosécurité d'un troupeau s'intéresse plus particulièrement aux maladies infectieuses possédant un potentiel de contagion. Elle peut et doit contribuer à la rentabilité de l'entreprise et à la sécurité des produits alimentaires qu'elle génère.

C'est un concept global en rapport avec la viabilité de l'agriculture et divers aspects de la santé publique et de la protection de l'environnement dont la diversité biologique.

II-2. Importance de garder un haut niveau de biosécurité :

II.2.1.Importance sanitaire. Les systèmes d'assurance qualité doivent s'orienter vers la sécurité sanitaire des aliments en se basant sur les principes HACCP. Le concept HACCP (*hazard analysis and critical control points*, analyse de dangers et points de maîtrise critiques).

- 1- Importance zootechnique
- 2- - Importance économique.

II.3. Importance économique : En général, la prévention de maladies est, à long terme, toujours moins coûteuse que leur traitement. La meilleure rentabilité est obtenue dans les exploitations qui sont « indemnes » d'une maladie donnée.

Chapitre III. Biosécurité des matières premières en productions animales :

De même, les établissements de production d'aliments destinés aux animaux sont soumis à agrément et font l'objet d'inspections régulières par des agents de la DSV (direction des services vétérinaires) une attention particulière et un contrôle rigoureux sont notamment appliqués en matière d'élaboration d'aliments médicamenteux (aliments du bétail additionnés de médicaments vétérinaires à titre préventif ou curatif vis à vis de certaines maladies en élevage).

Le contrôle des aliments du bétail est très important et s'est renforcé depuis les crises sanitaires qui ont touché le pays comme la crise de l'ESB. Depuis, les méthodes d'analyse des aliments se sont développées et il apparaît aujourd'hui indispensable d'avoir une vision claire et objective des techniques de contrôle des aliments. Cela correspond au plan de contrôle qualité dans les usines d'aliments.

-1- Aliments de bétail et de matériel biologique

2- Programmes préalables à l'hygiène

III.1. Biosécurité par décontamination des locaux

La désinfection des bâtiments est une étape importante dans le contrôle des maladies infectieuses susceptibles d'affecter les performances de l'élevage. Effectuée régulièrement, elle contribue à réduire la pression d'infection exercée sur les animaux par les bactéries, les virus, les moisissures et les parasites présents dans leur environnement.

III.2. La désinfection

La désinfection doit être réalisée sur des bâtiments propres car aucun désinfectant n'est actif en présence de matière organique. Celle-ci est réalisée soit en préventif soit en curatif, elle est indispensable pour tout problème sanitaire. La désinfection est réalisée, avec un désinfectant homologué, par pulvérisation ou avec un canon à mousse. Tout le bâtiment doit être désinfecté (sol, murs, plafond). Les sols en terre battue sont désinfectés avec de la chaux vive

ou de la soude caustique. Certains problèmes sanitaires sont traités avec des désinfectants spécifiques notamment en présence de coccidies ou cryptosporidies. Une désinfection par thermonébulisation peut être faite en complément dans les élevages hors sols (porcherie, poulailler).

La désinfection ne se résume pas à l'application d'un désinfectant.

Pour être efficaces, les opérations de nettoyage et de désinfection doivent être effectuées en cinq phases successives : le **nettoyage**, le **trempage**, le **décapage**, la **désinfection** proprement dite et le **vide sanitaire** pendant lequel l'entrée du bâtiment sera protégée. Le vide sanitaire peut être suivi d'une désinfection complémentaire 15 jours après la première. Cette deuxième désinfection est obligatoire dans les protocoles "officiels".

Le nettoyage et la désinfection de l'étable, nurserie ou autre bâtiment d'élevage est un très bon moyen de prévention et de lutte contre les maladies (diarrhées des veaux, coccidiose,...).

Avant de réaliser une désinfection, un nettoyage et un décapage du bâtiment sont nécessaires.

Le nettoyage du bâtiment est la première étape. Avant de balayer le sol, on commence par enlever tous les outils, matériels et ce qui ne sert plus (palettes, ficelles...).

Le décapage du bâtiment avec un nettoyeur haute pression est l'étape suivante. Lors du décapage le bâtiment doit être lavé en totalité : sol, murs, séparation, barrières, plafond... Il doit rester le moins possible de matière organique, un bâtiment décapé est comme neuf.

La maîtrise des différentes étapes du protocole et des méthodes de contrôle conditionne l'efficacité et le coût du nettoyage-désinfection. Elle est à la fois :

- **mécanique** par ses actions, de curage, de dépoussiérage, de lavage et de nettoyage ;
- **chimique** par les réactions sur certains agents ;
- **biologique** par la mortalité des germes qu'elle entraîne ;
- et doit être complétée par la destruction des vecteurs contaminants (rongeurs, mouches...) et leur prévention.

III.3. Désinfection des bâtiments d'élevage :

La désinfection du sol et des murs est une étape importante dans le contrôle des maladies. Réalisée régulièrement, elle réduit la pression infectieuse exercée sur les animaux par les bactéries, les virus, les moisissures et les parasites présents dans leur environnement.

Désinfectant :

Un désinfectant est un produit chimique ou physique qui tue ou inactive des micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, sur des surfaces inertes (sols, murs..etc)

Le désinfectant peut avoir trois actions :

- inhibition de la croissance des germes ;
- Action létale (mortelle) sur les germes et les microbes ;
- Empêcher les germes de recoloniser la surface nettoyée (rémanence : persistance de l'action).

Modes d'action : Coagulation des organites intracellulaires, altération de la membrane.

- Quelques désinfectants

Oxyde de calcium ou chaux vive reconnue efficace dans le domaine de la désinfection dans le cas de maladies contagieuses. Elle est utilisée majoritairement de par son faible coût dans les pays et régions d'élevage du bétail. Elle est utilisée mélangée à de l'eau dans la proportion de 10 % et fraîchement éteinte. Ainsi on bénéficie d'une « peinture » au caractère très alcalin propre à assainir les étables, les bergeries, les murs de fermes.

Hypochlorite de sodium ou eau de Javel, utilisée pour désinfecter, ajouté en petites quantités dans l'eau potable pour empêcher le développement bactérien dans les poches d'eau stagnant trop longtemps dans les canalisations.

Dioxyde de chlore

Chlorite de sodium, chlorate de sodium et chlorate de potassium. Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée). Iode, Ozone (O₃) : un gaz utilisé pour la désinfection de l'eau. Phénol et autres composés phénoliques. Permanganate de potassium utilisé pour désinfecter les aquariums. Sels d'ammonium quaternaire (quats). Hypochlorites. Parvo-Virucide. Toluène. Vinaigre ou acide acétique.

En plus de ces méthodes chimiques, il existe des méthodes physiques telles que:

- La lumière ultra-violette pour désinfecter l'eau.
- La vapeur d'eau pour désinfecter une surface.

1. Les qualités attendues d'un désinfectant :

On attend d'un désinfectant une gamme de qualités :

- un large spectre d'activité
- une action rapide

- être efficace à faible concentration
- ne pas être toxique pour l'homme et les animaux
- ne pas être agressif pour l'environnement
- ne pas être corrosif
- être pénétrant
- être insensible aux substances interférentes (matières organiques...)
- être biodégradable
- être compatible avec l'eau utilisée
- ne pas laisser de résidus
- être stable en température
- être conforme aux différentes réglementations

Classification des désinfectants

La grande variété des produits est sans doute la meilleure preuve que le désinfectant idéal n'existe pas. Les qualités énumérées ci-dessus sont souvent contradictoires entre elles. Les spécialités commerciales sont, pour la plupart, des associations de matières actives des grandes familles de bases :

- les dérivés halogénés, les aldéhydes, les ammoniums quaternaires, les phénols et dérivés, les acides et bases forts, les peroxydes, les amphotères.

Conclusion

La désinfection est une nécessité. Elle demande beaucoup de rigueur dans sa préparation et sa réalisation. C'est un maillon incontournable comme moyen de prévention sanitaire dans un milieu où l'hygiène est entretenue au quotidien.

Elle doit être systématiquement complétée par la destruction des vecteurs contaminants (rongeurs, insectes...) et leur prévention par la mise en place de barrières sanitaires.

Les échecs tiennent souvent à différents facteurs liés notamment à l'état des surfaces, aux choix et à l'utilisation des produits désinfectants.

La désinfection a une utilité non négligeable car elle permet de limiter les risques de propagation de certaines maladies. Une désinfection bien menée passe par un choix judicieux de la méthode d'application et du désinfectant qui doit prouver son efficacité en ayant passé avec succès les tests normalisés.

Les étapes de l'élaboration d'un plan de biosécurité

- Identifier les facteurs de risques potentiels.
- Faire la liste des points critiques à maîtriser dans l'exploitation agricole.
- Déterminer des limites ou des normes.
- Mettre en place un calendrier de surveillance et décider des procédures à suivre.
- Garder des registres détaillés.
- Les agriculteurs d'aujourd'hui ont recours à la biosécurité pour protéger leurs terres, leurs animaux et leur mode de vie. Tout visiteur doit respecter les exigences particulières de chaque ferme et les directives applicables à chaque denrée. Les progrès actuels dans la plupart des denrées au niveau local et national dans le domaine de l'assurance de la qualité devraient être adoptés et clairement affichés pour les visiteurs.

En résumé :

L'importance de la biosécurité en production agricole se résume en:

- Avantages de la biosécurité :

- * constitue un élément essentiel de nombreux programmes de salubrité des aliments sur la ferme
- * augmente la confiance du consommateur au sujet de la qualité et de la salubrité du secteur de la production alimentaire
 - assure que les animaux sont en bonne santé, et donc plus productifs
 - améliore le bien-être des animaux
 - accroît l'efficacité et la rentabilité de l'exploitation agricole.

La biosécurité est d'importance cruciale, qu'il s'agisse des installations à environnement contrôlé d'un poulailler ou simplement le pâturage facilement accessible d'une ferme laitière ou d'une exploitation de bovins de boucherie. Au cours de la dernière décennie, la salubrité des aliments, la santé publique et la santé des animaux sont devenues des préoccupations majeures partout dans le monde. Les programmes d'assurance de la qualité et HACCP (analyse des risques et maîtrise des points critiques) sont adoptés au stade de la production primaire, c'est-à-dire de l'exploitation agricole, avec la biosécurité jouant un rôle clé pour tout le secteur de la production alimentaire et de la transformation des aliments.

Chapitre IV : Biotechnologie

IV.1 Notions générales

La biotechnologie, au sens large du terme, désigne toute technique utilisant des organismes vivants pour fabriquer des produits, améliorer des végétaux ou des animaux, ou développer des microbes pour des applications spécifiques. Cette définition recouvre les techniques traditionnelles de sélection végétale, d'élevage et de fermentation dont les origines remontent à des milliers d'années, mais aussi les méthodes de la biotechnologie moderne, telles que l'utilisation industrielle de l'ADN recombinant, la fusion de cellules et les techniques nouvelles de la biotransformation.

IV.2. Définition de la biotechnologie

Bio = Vie, **Techno** = Outils, **Logis** = Maîtrise : La maîtrise des outils du vivant.

Les biotechnologies sont l'ensemble des méthodes et des techniques qui utilisent comme outils des organismes vivants (cellules animales et végétales, micro organismes...) ou des parties de ceux-ci (gènes, enzymes, ...). Elles sont situées au carrefour de trois domaines de compétences :

- Santé,
- Agro-alimentaire,
- Environnement.

Elles permettent la mise au point et le développement de nouveaux produits pour la santé de l'Homme, pour la qualité et la sécurité de son alimentation, et pour la protection de son environnement.

IV.3.. Biotechnologie: première génération

IV.3.1. Insémination artificielle :

L'insémination artificielle (IA) à partir de sperme congelé de taureau est une des plus anciennes biotechnologies. Elle consiste à déposer le sperme au moyen d'un instrument, au moment le plus opportun et à l'endroit le plus approprié du tractus génital femelle.

Chez les bovins : le nombre de spermatozoïdes libérés par un éjaculat de taureau est de l'ordre de 5 milliards; il est très largement supérieur aux besoins de la fécondation. Avec l'IA, une dose de 3 millions de spermatozoïdes, voire beaucoup moins, suffit. Par mesure de sécurité, en pratique, une dose d'insémination congelée en contient 20 millions. Le résultat est qu'un seul éjaculat peut féconder quelques centaines de femelles. Un taureau peut alors, théoriquement, engendrer dans sa vie de reproduction 100 000 descendants. Aujourd'hui, certains taureaux dépassent largement ce chiffre mais la moyenne est de 6 à 8 000.

L'insémination artificielle pris réellement son essor en 1952 grâce à la mise au point de la technique de congélation du sperme par Poldge et Rowson.. Elle s'est à l'heure actuelle généralisée et concerne non seulement l'espèce bovine mais les espèces équine, ovine, caprine, porcine, cunicoles, volailles, abeilles...etc.

IV.3.2. Avantages

Les principaux avantages de l'insémination artificielle sont: - la création et la diffusion du progrès génétique, en transformant la sélection en une activité collective. - la garantie d'une sécurité sanitaire de la reproduction côté mâle (réduction du risque de transmission des maladies dites vénériennes) - la suppression du risque de l'infertilité du taureau - la suppression des lésions provoquées chez les vaches - la suppression du risque lié à la dangerosité du taureau pour l'éleveur.

IV.3.3. Inconvénients

Les principaux inconvénients de la technique d'insémination artificielle sont: - la méthode est conditionnée par la détection des chaleurs sans quoi elle est nulle. Or, la détection des chaleurs n'est pas du tout évidente - coût de reviens élevé dans certaines conditions de production (frais de la semence, frais inhérents à l'IA, frais liés à la détection des chaleurs, ...)

- coûts liés au stockage dans l'azote liquide - faible taux de récupération des spermatozoïdes conservés (50 %)

IV.4. Congélation et transfert d'embryons

On définit un embryon comme un organisme en voie de développement, depuis l'œuf fécondé jusqu'à la réalisation d'une forme capable de vie autonome et active, le fœtus chez les mammifères. La transplantation d'embryons est une méthode de reproduction qui consiste à faire naître par des vaches porteuses (appelées receveuses) des veaux issus d'une même mère génétique sélectionnée comme donneuse d'embryons, dans le but d'augmenter sa descendance. La donneuse est conditionnée ou non par un traitement hormonal dans le but d'induire plusieurs ovulations, inséminée avec un mâle ou de manière artificielle. Selon les espèces, les embryons ainsi produits sont récoltés par un lavage de l'utérus de la donneuse entre le 5^{ème} et le 7^{ème} jour suivant l'insémination. Les embryons sont transférés dans des femelles appelées receveuses, dont la valeur économique est de moindre importance, permettant d'utiliser à nouveau la donneuse pour la production d'embryons. Le transfert d'embryons est utilisé en pratique dans les élevages depuis le début des années 80. Cependant, le premier transfert d'embryons rapporté a été réussi chez la lapine par Walter Heape de l'Université Cambridge en ...1890! Ce n'est que 40 ans plus tard, soit en 1930, qu'on a pu reproduire les mêmes travaux chez les autres animaux domestiques.

La transplantation d'embryons est étroitement associée à la congélation, le plus souvent au stade blastocyste, par des méthodes compatibles avec une décongélation réalisée juste avant la transplantation. La congélation des embryons a induit de multiples avantages : - réduction du coût des interventions puisque le nombre de femelles receveuses qu'il faut préparer peut être ajusté au nombre d'embryons collectés - procéder à des échanges nationaux et mondiaux de matériel génétique. Le principal avantage vient du fait que c'est le moyen le plus sécuritaire du point de vue sanitaire pour lutter contre l'introduction de nouvelles maladies dans un pays souhaitant tout de même l'introduction de meilleures lignées génétiques ou de nouvelles espèces animales. - conserver la diversité génétique des races domestiques (cryobanques) - gérer de façon plus économique des receveuses.

Chez la vache où cette technique d'élevage est largement répandue, elle se pratique par les voies génitales: la moyenne d'embryons recueillis peut varier de zéro à cinquante avec une moyenne d'environ six embryons viables. Ces embryons peuvent être soit transférés

immédiatement dans des receveuses, soit congelés pour utilisation ultérieure et possiblement exportés dans un autre pays, soit micro manipulés afin de les diviser en deux ou, grâce aux biotechnologies mises au point sur l'identification de l'ADN, en déterminer le sexe avec une précision de plus de 90%. Toujours chez l'espèce bovine où cette technique est la plus utilisée, on obtiendra généralement un veau à tous les 2 embryons produits.

IV.4.1. La récolte des embryons *in vivo*

Le prélèvement des embryons s'effectue, en général, 7 ou 8 jours après la fécondation. La technique consiste à introduire par les voies naturelles, une sonde dans la corne utérine de la donneuse. Cette sonde maintenue en place à l'aide d'un ballonnet, va permettre le "lavage" de la corne par des injections et des récupérations répétées de milieux de culture (PBS supplémenté par un apport protéique de sérum fœtal de veau). Chacune des deux cornes est perfusée séparément avec environ 500 ml de PBS au total. L'opération dure en moyenne 40 mn.

IV.4.2. Transfert d'embryons

Les embryons sont transférés dans le tractus génital de la receveuse dont l'état physiologique leur est compatible (7 ou 8 jours après l'œstrus). La technique de transfert dite "transcervicale" qui emprunte elle aussi les voies naturelles, tend aujourd'hui à se généraliser. L'embryon, au préalable conditionné dans une "paillette", est déposé dans la corne utérine à l'aide d'un "pistolet" de transfert protégé par une gaine stérile. La corne utérine adjacente à l'ovaire porteur d'un corps jaune fonctionnel recevra l'embryon.

IV.5- Biotechnologie: deuxième génération

IV.5.1. Production d'embryons en culture

Trois étapes jalonnent la longue période qui a permis à la production d'embryons bovins *in vitro* de pouvoir être considérée comme une biotechnologie parvenue à maturité : - la définition de milieux synthétiques adaptés aux besoins métaboliques de l'embryon bovin au début de son développement - les premiers succès dans la mise en œuvre des techniques de

fécondation in vitro, (FIV) initialement à partir d'ovocytes collectés in vivo, puis eux-mêmes produits in vitro par ponctions d'ovaires récupérés en abattoir - le développement d'une méthode de récolte des ovocytes sur animal vivant par ponction échoguidée des follicules ovariens. Cette méthode, dite OPU "Ovum PickUp", est directement dérivée de celle utilisée en routine en clinique humaine.

IV.5.2. Sexage

La détermination du sexe des embryons bovins n'est envisageable qu'à l'âge où s'effectue habituellement le transfert embryonnaire, soit 7-8 jours, âge lui-même conditionné par le fait qu'il s'agit du stade optimum pour la congélation de l'embryon à -196°C . Les premières tentatives de sexage datent des années soixante dix, mais aucune technique ne fait l'unanimité jusqu'à ce jour. Pour répondre aux exigences de l'industrie du transfert d'embryons, la méthode de sexage doit être totalement fiable, rapide, efficace sur un grand nombre et ne pas entraîner d'effets préjudiciables sur la survie embryonnaire.

IV.6. Biotechnologie troisième génération

IV.6.1. Transgénèse :

La transgénèse consiste à ajouter, remplacer ou inactiver un gène dans le génome d'un individu. Cette manipulation génétique, courante chez les végétaux, est largement employée chez la souris, mais beaucoup plus confidentiellement chez les mammifères domestiques. Afin que le transgène soit présent dans le plus grand nombre possible de tissus, il est nécessaire d'obtenir son intégration au génome lors des stades précoces du développement embryonnaire. Les premières techniques de génie génétique sont nées pour l'essentiel au début des années 1980.

IV.6.2. Définition de la transgénèse

- La transgénèse est définie comme l'intégration d'un (ou plusieurs) gène(s) dans le génome d'une plante (ou d'un animal) par des procédés artificiels, c'est-à-dire en dehors de la voie sexuée.

- La transgénèse est, donc, un processus de transfert, dans le patrimoine génétique d'un organisme vivant, d'un gène qui lui est étranger. Le résultat de la transgénèse est un Organisme Génétiquement Modifié (OGM).
- En pratique, la technique ne permet pas d'introduire le seul gène d'intérêt mais elle nécessite le transfert d'une construction génétique complexe, et notamment de marqueurs qui permettent de s'assurer que ce transfert d'ADN a bien eu lieu.

IV.6.3. Intérêts de la transgénèse

L'intérêt de cette technique appelée transgénèse réside principalement dans la possibilité d'accroître les potentialités génétiques des êtres vivants et permet de franchir la barrière des espèces chose qui est impossible par la reproduction sexuée. Tous les caractères d'intérêt zootechnique, que ce soit la fertilité, la production laitière ou encore le développement musculaire, dérivent de processus de développement et de différenciation qui font intervenir des mécanismes épigénétiques fortement influencés par l'environnement.

Exemples d'impact de la transgénèse sur l'élevage :

- 1- La transgénèse peut permettre de modifier la proportion des différentes caséines et ainsi d'augmenter la qualité fromagère des laits.
- 2- d'améliorer l'état sanitaire de la glande mammaire en y faisant s'exprimer des protéines qui ont la propriété d'inactiver des agents bactériens (lysozyme, lysostaphine, anticorps monoclonaux, etc...).
- 3- Le transfert des gènes de microorganismes permettant la transformation de la sérine en cystéine rendrait les moutons, moins dépendant de la cystéine de la ration pour la croissance de la laine.

Par ailleurs, elle est utilisée dans la production de protéines d'intérêt pharmaceutique : Certaines protéines, trop complexes, ne peuvent être synthétisées complètement par des bactéries. On cherche donc à en obtenir la synthèse dans le lait ou le sang (voire l'urine) d'un animal transgénique. Étant donné son niveau de production, la vache est donc tout spécialement intéressante. L'obtention de ruminants transgéniques producteur de protéines d'intérêt pharmaceutique (facteurs VIII et IX de la coagulation, antithrombine III, alpha 1 antitrypsine, sérum albumine humaine...) représente aujourd'hui un intérêt financier considérable. Certaines de ces protéines produites par la transgénèse d'un animal sont actuellement en phase III de la procédure de mise sur le marché (antithrombine III produite chez la chèvre).

- Modification de la composition du lait

- caséines k et b : l'augmentation de la concentration dans le lait de caséine k permet de diminuer la taille des micelles et donc d'améliorer la qualité technologique du lait pour la transformation en fromages, ainsi que d'augmenter la quantité des fromages produite.
- B-lactoglobuline : à l'inverse, ici, le but est de diminuer sa concentration, car elle participe à l'intolérance au lait dont souffre une grande partie de la population mondiale.
- Lactoferrine humaine : il s'agit d'un composant important du lait humain qui est absent chez la vache, joue un rôle de transporteur de fer mais aussi un rôle antibactérien (protection du tube digestif chez le nouveau-né). Le taureau hollandais HERMANN est un mâle fondateur transgénique pour ce gène.
- Anticorps, lysozyme : un lait ainsi enrichi devient protecteur du tube digestif et pourrait être utilisé chez les nourrissons.

IV.7. Le clonage

Le clonage consiste à permettre la naissance d'un organisme vivant en dehors de la reproduction sexuée. Chez les animaux, le clonage est possible en transférant le noyau d'une cellule de l'organisme adulte à un ovule dont on a préalablement retiré le noyau et en implantant ensuite cet ovule chez une femelle porteuse.

Le mot clone vient du grec (*klon*) et désigne une petite branche ou une jeune pousse. Chez de nombreux végétaux les cellules embryonnaires présentes dans les bourgeons des branches de la plante adulte sont utilisées pour le marcottage et le bouturage, techniques maintenant étendues à la multiplication in vitro à partir de cellules somatiques en culture. Un clone désigne donc un ensemble d'organismes tous issus d'un organisme unique. Cloner signifie reproduire à l'identique, en plusieurs exemplaires.

C'est, en biologie, le contraire de la reproduction sexuée qui permet la naissance d'organismes génétiquement différents. Le clonage chez les mammifères a d'abord été réalisé par une simple division d'un embryon à un stade précoce de son développement. Cette technique ne permet d'obtenir que deux individus génétiquement identiques, mais à une fréquence élevée puisque un embryon manipulé sur quatre, voire sur deux, donne naissance à une paire de jumeaux.

En janvier 1997, des chercheurs écossais, annoncèrent la naissance de la brebis Dolly (fig.2) issue d'un noyau de cellule de glande mammaire. Cette annonce a fait brutalement sortir du laboratoire une technologie pourtant encore balbutiante. Une alternative se présentait à la

reproduction sexuée considérée jusqu'alors comme la seule voie de reproduction pour les mammifères.



Fig.2. Le Pr Ian Wilmut, responsable de l'Institut Roslin à Edimbourg (Ecosse) avec la brebis " Dolly".

IV.8. Différence entre transgénèse et clonage :

Ces deux techniques sont fondamentalement différentes :

- la transgénèse consiste à introduire dans un organisme vivant un gène - qui devient ainsi un transgène :
 - de façon à lui conférer une nouvelle caractéristique génétique qu'il transmettra à sa descendance ;
 - le clonage, au contraire, s'oppose à la création naturelle de biodiversité qui caractérise la reproduction sexuée. Le clonage permet donc de ne pas subir l'inconnu que représente inévitablement la reproduction sexuée. Ces deux techniques ont donc des buts totalement opposés, même si dans certains cas la technique de clonage rend la transgénèse plus efficace.

Références bibliographiques

- Afssa (Association française de la sécurité sanitaire des aliments) septembre 2008.
- A l'heure de la pandémie de #COVID19, site consulté le 04/04/2020, www.inrs.fr
- Houdebine L.M. 1998. La transgénèse animale et ses applications. INRA Prod. Anim., 11, 81-94.
- Mesures minimales de biosécurité lors de la visite de fermes bovines, 2001, <http://www.agr.gouv.qc.ca>
- Plans de biosécurité dans les élevages de bovins laitiers : élaboration et application *bulletin des gtv - n°54 JUIN 2010*.
- Vignon A., (2008). Biotechnologies de la reproduction : le clonage des animaux d'élevage, INRA Prod. Anim., 2008, 21 (1), 33-44

- Vincent, C. 2001. Biosécurité pour les visiteurs de bâtiments d'élevage. *Raizo Bulletin zoosanitaire*.
No 33, 31 octobre 2001.

Le manuel de biosécurité, 2011, N° de dépôt: D/2011/2505/25, www.wiv-isp.be