



MÉTHODOLOGIE

Évaluation de l'intérêt technico-économique et social potentiel de la mécanisation-automatisation-robotisation

Cette évaluation a nécessité dans un premier temps de définir des cibles d'opérations unitaires et de déterminer pour chaque opération unitaire son coût global. Ce coût est ensuite comparé à celui de la même opération mais mécanisée, automatisée ou robotisée (à partir d'hypothèses d'effets de la mécanisation-automatisation – robotisation).

La sélection des cibles est basée sur une interrogation d'industriels (entreprises de la filière viande et d'équipementiers-construc-teurs de matériel) afin de définir de manière concertée les opérations unitaires à prendre en compte lors de l'analyse économique. Les résultats de la première interrogation de la méthode DELPHI sont également utilisés pour cette sélection.

Les réponses fournies par les experts DELPHI, les industriels de la filière et par les équipementiers et constructeurs de matériels sont traitées, synthétisées et classées afin de retenir au final 20 opérations unitaires cibles.

Une définition précise de ces opérations cibles est ensuite donnée au travers d'une étude bibliographique et d'une enquête réalisée auprès d'une sélection d'entreprises représentatives des filières viandes toutes espèces et permettant de recouvrir l'ensemble des opérations.

Le coût actuel des opérations cibles sélectionnées est approché au travers de données recueillies auprès du même panel d'industriels que pour la définition des opérations.

Les paramètres pris en considération sont :

- le coût de personnel (main-d'œuvre et équipement),
- le coût renouvellement génie civil et matériel,
- le coût entretien/maintenance.

La définition et les coûts des innovations technologiques pour les opérations cibles sont calculés à partir des informations obtenues à partir :

- d'une consultation d'équipementiers de la filière dans le but d'évaluer le coût de la nouvelle technologie,
- d'une réunion de réflexion entre technologues et experts en MAR permettant de définir les technologies à mettre en œuvre au cas par cas et donc leurs performances et contraintes.

La confrontation du coût de la solution actuelle avec celui de la nouvelle technologie est abordée par le retour sur investissement de la nouvelle technologie.

Analyse des évolutions prévisibles des activités d'abattage – découpe – transformation des viandes

Cette analyse est basée sur la mise en œuvre d'une méthode de prévision en avenir incertain (DELPHI).

Le principe de cette méthode est d'interroger de manière anonyme et individuelle un panel d'experts de manière itérative (3 à 4 itérations) en fournissant à chaque expert la synthèse des réponses du panel issue de l'itération précédente. Ainsi, il est attendu, à l'issue de ces interrogations, des consensus ou dissensus qui permettent d'anticiper les évolutions des métiers des filières viandes. Les résultats de cette analyse sont insérés lors de la synthèse finale pour la hiérarchisation des cibles de mécanisation – robotisation.

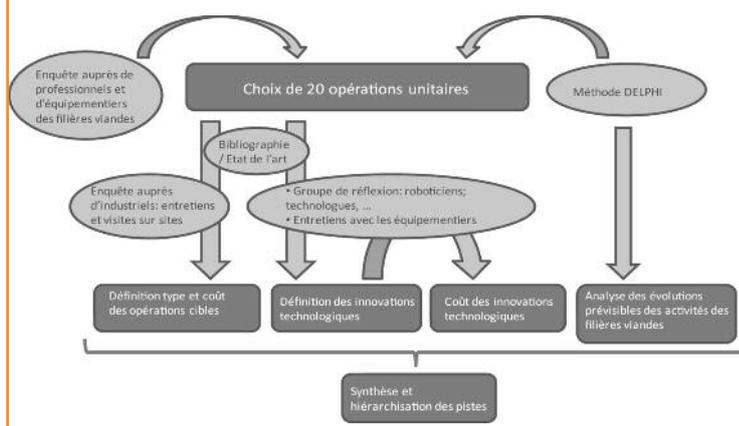
De par cette situation, les professionnels de la filière bovine se sont engagés dans une démarche de relance des programmes de recherche sur la thématique de la robotisation et ont identifié des cibles prioritaires de robotisation par rapport à leur difficulté à satisfaire leur besoin de main-d'œuvre (principalement sur les opérations de désossage et de découpe).

Cependant, si aujourd'hui certaines cibles de mécanisation-robotisation (désossage – découpe bovine) apparaissent dans les besoins exprimés par les entreprises, il est également indispensable d'engager une démarche rationnelle pour identifier et hiérarchiser de nouvelles cibles de mécanisation-automatisation-robotisation dans l'ensemble des filières viandes.

C'est le sens du volet (B) du projet SRD Viand labellisé pôle de compétitivité Innoviandes.

Ce volet financé par Interbev et les régions Auvergne et Rhône-Alpes a pour objectif d'évaluer et de comparer l'intérêt socio-économique potentiel d'une mécanisation-automatisation-robotisation de différentes opéra-

Synopsis de la démarche



Synthèse et hiérarchisation des cibles de mécanisation-automatisation-robotisation

Les résultats issus de l'analyse technico-socio-économique et de l'enquête DELPHI sont confrontés pour établir une liste d'opérations unitaires dont la mécanisation-robotisation présente un intérêt économique et/ou social par rapport au travail actuel.

Quatre indicateurs ont été retenus pour juger de l'intérêt de la MAR :

- La faisabilité technique exprimée en durée de temps nécessaire pour développer la dite technologie. Chaque solution est classée ensuite selon trois catégories : court terme (< 2 ans), moyen terme (entre 2 et 5 ans), long terme (> 5 ans).
- L'intérêt économique basé sur le retour sur investissement à savoir le temps nécessaire pour amortissement du coût de l'investissement de la technologie proposée compte tenu du budget annuel disponible. Les technologies envisagées ont été classées en cinq catégories : court terme (≤ 2 ans), moyen terme (entre 3 et 5 ans), long terme (> 5 ans), non significatif, non disponible.
- L'intérêt social : les technologies envisagées ont été classées en prenant en compte les améliorations qu'elles peuvent apporter en termes de pénibilité (TMS, accident du travail,...) et d'attractivité du travail (facilité de recrutement, turn-over,...). Cet indicateur a été évalué à partir d'entretiens auprès des industriels de la filière et les technologies classées selon trois catégories : grand intérêt, intérêt moyen, faible intérêt.
- Les perspectives d'avenir : cet indicateur permet de classer les opérations selon l'importance du rôle qu'elles auront dans l'avenir de la filière viande. Les données ont été récoltées par le biais de l'enquête DELPHI, elles sont classées en trois grandes catégories : grand intérêt, intérêt moyen, faible intérêt pour l'avenir de la filière.



Tableau 1
SÉLECTION DES 20 OPÉRATIONS UNITAIRES CIBLES

N° ordre	Type de transformation	Espèce concernée ou type de fabrication	Opérations unitaires
1	Découpe	Gros Bovins	Désossage quartier avant
2	Découpe	Gros Bovins	Désossage quartier arrière
3	Abattage	Gros Bovins	Fente en ½ carcasse
4	Découpe	Gros Bovins	Grosse coupe
5	Découpe	Gros Bovins	Séparation en quartiers
6	Abattage	Ovins	Éviscération abdominale
7	Abattage	Porcs	Pesée Classement Marquage
8	Transformation	Saucissons secs	Mise sur barres (manutention)
9	Abattage	Ovins	Dépouille
10	Transformation	Jambons secs	Désossage
11	Abattage	Veaux	Dépouille
12	Abattage	Veaux	Pesée Classement Marquage
13	Transformation	Jambons cuits	Désossage
14	Transformation	Jambons cuits	Épluchage
15	Découpe	Veaux	Désossage
16	Abattage	Gros Bovins	Éviscération
17	Transformation	UVCI	Tranchage
18	Transformation	Viandes hachées	Conditionnement
19	Transformation	UVCI	Conditionnement
20	Abattage	Ovins	Saignée

tions unitaires de l'abattage-découpe-transformation des viandes. Cette analyse économique a été menée par rapport aux modes actuels de travail mais également en tenant compte de l'évolution prévisible des activités d'abattage-découpe-transformation des viandes.

L'objectif final est de fournir aux professionnels une hiérarchisation stratégique des cibles de mécanisation-automatisation-robotisation dans les filières viandes basée sur une analyse de gains socio-économique potentiels et prenant en compte les évolutions possibles des activités dans les années à venir.

L'ÉVALUATION DE L'INTÉRÊT TECHNICO – ÉCONOMIQUE ET SOCIAL POTENTIEL DE LA MÉCANISATION-AUTOMATISATION-ROBOTISATION

Deux enquêtes ont été réalisées afin de sélectionner des opérations unitaires cibles : une auprès des industriels (42) et une auprès des constructeurs/fournisseurs (28) de matériels et équipements.

Les réponses fournies (taux de réponses : 50%) ont été traitées et

synthétisées par une analyse statistique selon deux caractéristiques :

- **Spécificité métier** : nombre de citations d'une opération unitaire par rapport au nombre d'entreprises de l'échantillon concernées par l'activité à laquelle appartient l'opération. Cette caractéristique « spécificité métier » est le premier critère de choix des opérations unitaires jugées prioritaires à mécaniser-automatiser-robotiser.
- **Degré de citations** : nombre de citations d'une opération unitaire par rapport au nombre d'entreprises de l'échantillon qui ont citées l'activité à laquelle appartient l'opération. Il s'agit donc du degré de citations de l'opération pour l'ensemble des industriels interrogés.

Les opérations citées ont ensuite été hiérarchisées et triées selon trois niveaux de classements :

- importance du critère « spécificité métiers »;
- pourcentage obtenu sur la caractéristique « spécificité métier »;
- selon la hiérarchisation issue de l'interrogation DELPHI menée en parallèle.

Une vingtaine d'opérations unitaires cibles a ainsi été sélectionnée et classée (Tableau 1).

Une synthèse bibliographique a permis de faire un tour d'horizon des possibilités techniques qu'offrent les équipementiers agroalimentaires pour les opérations unitaires identifiées en termes de mécanisation – automatisation - robotisation.

Cet état de l'art a été réalisé par consultation des sites internet et des documentations techniques des principaux équipementiers mais aussi par recherche dans la presse spécialisée (articles RIA, Process,...) ou participation à des conférences (ICOMST – Copenhague; Meat'in – Clermont-Ferrand).

L'enquête réalisée auprès d'une sélection de 27 entreprises représentatives des filières viandes toutes espèces (taux de réponses 60%) a permis, de plus, de définir l'opération type représentative en termes de volume annuel, de cadence horaire, d'équipements et d'organisation de travail.

L'état de l'art et l'enquête auprès des industriels ont également mis en évidence le manque de pertinence de certaines opérations sélectionnées (4) en raison :

- de technologies performantes déjà existantes (ex : PCM des porcs ou conditionnement VH),
- d'un manque d'intérêt des industriels compte tenu des méthodes de travail actuelles (ex : grosse coupe des GB, conditionnement d'UVCI).

Le coût actuel des 16 opérations cibles retenues au final a été déterminé à partir des données recueillies auprès du même panel d'industriels que pour la définition des opérations. D'une manière générale, on constate que la répartition des coûts reste sensiblement identique d'une opération à l'autre : 90% du coût des opérations est directement lié au personnel.

La consommation de fluides et le coût de nettoyage représentent moins de 1% du coût global de production d'une opération, ils ne sont pas pris en considération.

Le coût de chaque opération unitaire a pu être exprimé au travers d'un budget annuel et par unité d'œuvre compte tenu de cadences moyennes.

Une réunion de réflexion entre technologues et experts en MAR a permis de définir les technologies à mettre en œuvre au cas par cas.



Les nouvelles technologies envisagées sont soit des solutions entièrement robotisées ou automatisées (ex : désossage complet du jambon sec), soit des améliorations de la technique actuelle (ex : aide mécanique pour désossage en suspendu des quartiers arrières de bovins). Une nouvelle organisation des opérations en termes de moyens humains et matériels a également été définie.

Les équipementiers ont indiqué que la phase de développement de telles technologies n'est envisageable qu'à travers un projet collectif avec un industriel de la filière. Ils ont donné un coût des innovations proposées. Ce coût correspond à un prix d'achat de la technologie par les industriels intéressés. Il comprend le prix de revient de fabrication, l'amortissement du coût de développement et la marge de l'équipementier.

Le coût de la nouvelle technologie (prix d'achat par l'industriel) a été confronté au budget annuel disponible pour cette dernière.

Le budget annuel disponible est la base du calcul de retour sur investissement de la technologie. Il s'agit du différentiel de coût issu de la confron-

tation des coûts annuels de production de l'opération actuelle et de l'opération redéfinie hors coût de la technologie

$$\text{Budget annuel technologie} = \text{Coût annuel OPU actuelle} - \text{Coût annuel OPU redéfinie (hors coût technologie)}$$

Ce calcul permet de connaître le retour sur investissement d'une telle technologie, à savoir le temps nécessaire pour amortissement du coût de l'investissement compte tenu du budget annuel disponible.

$$\text{Retour sur investissement (ROI)} =$$

$$\frac{\text{Coût nouvelle technologie}}{\text{Budget annuel technologie}}$$

Les résultats de ces calculs sont donnés dans le Tableau 2.

ANALYSE DES ÉVOLUTIONS PRÉVISIBLES DES ACTIVITÉS D'ABATTAGE – DÉCOUPE – TRANSFORMATION DES VIANDES

La mécanisation-automatisation-robotisation dans le secteur des

vianades et produits carnés est moins développée que dans d'autres secteurs industriels. L'hétérogénéité des produits (matières premières et produits finis), les difficultés techniques des opérations pratiquées, l'importance du facteur humain (savoir faire technique, contraintes sanitaires,...) et les caractéristiques du secteur (moyens financiers insuffisants, entreprises à taille et volume limitées) sont autant de raisons qui expliquent cet état de fait. Ces facteurs sont cependant plus ou moins importants selon les espèces considérées.

Ainsi les process concernant les volailles et les porcins sont plus avancés en termes de mécanisation-automatisation-robotisation que les autres espèces. Les matières premières et produits fabriqués sont notamment plus standardisés et les cadences horaires plus importantes que pour les ovins et bovins. Ces facteurs (cadences, produits standardisés, entreprises adaptées,...) expliquent également que le degré de mécanisation-automatisation-robotisation du secteur viande soit considéré comme plus élevé dans certains pays étrangers (Pays nordiques, Australie, Nouvelle Zélande...).

Tableau 2
CONFRONTATION COÛT ACTUEL/COÛT NOUVELLE TECHNOLOGIE MAR DES OPÉRATIONS UNITAIRES CIBLES

N°	Type de transformation	Budget annuel technologie (€)	Coût technologie (€)	ROI (en années)
1	Désossage quartiers avant de GB	NS	15 000	-
2	Désossage quartiers arrière de GB	NS	15 000	-
3	Fente en ½ carcasse de GB	61 000	252 000	4,1
5	Mise en quartiers de GB	160 000	270 000	1,7
6	Éviscération abdominale des ovins	39 000	240 000	6,1
8	Mise sur barres des saucissons secs	88 000	140 000	1,6
9	Dépouille des ovins	NS	ND	-
10	Désossage des jambons secs	148 000	300 000	2
11	Dépouille des veaux	NS	ND	-
12	Pesée Classement Marquage des veaux	42 000	180 000	4,3
13	Désossage des jambons frais (pour cuisson)	233 000	300 000	1,3
14	Épluchage des jambons frais (pour cuisson)	225 000	ND	-
15	Désossage des veaux	65 000	200 000	3,1
16	Éviscération des gros bovins	2 000	230 000	115
17	Tranchage d'UVCI	280 000	300 000	1,1
20	Saignée des ovins	26 000	ND	-

NS (Non Significatif) : Le budget annuel est difficile à évaluer car la technologie a pour objectif principal de diminuer la pénibilité du poste. L'impact sur la productivité, et par conséquent sur l'intérêt économique, reste difficilement quantifiable.
ND (Non déterminé) : Le coût de la nouvelle technologie n'a pu être défini par défaut d'une proposition concrète. Cette incapacité à définir et chiffrer une nouvelle technologie est due soit à une opération complexe composée d'une multitude de sous-opérations, soit à une grande technicité de l'opération.



Figure 1 :
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE ACP

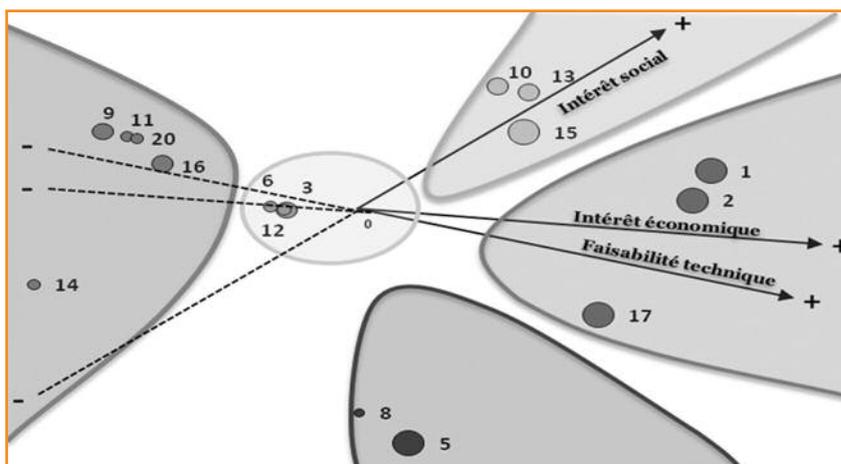


Tableau 3 : CORRÉLATION ENTRE INDICATEURS

	Faisabilité technique	Intérêt économique	Intérêt social
Faisabilité technique	1	0,823	0,277
Intérêt économique	0,823	1	0,454
Intérêt social	0,277	0,454	1

En orange, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha = 0,050 (test bilatéral)

Les caractéristiques économiques et financières des entreprises constituent donc un frein au développement de la mécanisation-automatisation-robotisation. Pourtant certaines modifications de l'environnement macro-économique du secteur comme la puissance accrue de la grande distribution, la concentration des entreprises ou le prix élevé des produits carnés et le manque de main-d'œuvre pourraient constituer rapidement des opportunités pour ce développement. Il est vrai que, quel que soit le niveau de filière considéré (abattage-découpe-transformation), la mécanisation-automatisation-robotisation répond avant tout à des enjeux socio-économiques (amélioration des conditions de travail, manque de main-d'œuvre, réduction des coûts et la recherche de rentabilité).

Un développement de l'offre technologique serait également moteur dans l'évolution de la mécanisation-automatisation-robotisation dans la filière et principalement sur les opérations de découpe de bovins. La mécanisation-automatisation-robotisation de ces opérations mais également le tranchage et conditionnement d'UVCI permettraient de répondre aux attentes des consommateurs vis-

à-vis des viandes et produits carnés notamment en termes de services incorporés, praticité, sécurité sanitaire et prix adapté.

SYNTHÈSE ET HIÉRARCHISATION DES CIBLES DE MÉCANISATION-AUTOMATISATION-ROBOTISATION

L'objectif final est de fournir aux professionnels (industriels, équipementiers) une hiérarchisation stratégique des cibles de MAR dans les filières viandes basée sur une analyse de gains socio-économique potentiels et prenant en compte les évolutions possibles des activités dans les années à venir.

De façon à apporter des réponses objectives, quatre indicateurs avaient été retenus pour juger de l'intérêt de la MAR : la faisabilité technique, l'intérêt économique, l'intérêt social et les perspectives d'avenir.

Un traitement des résultats par statistique, analyse en composante principale (ACP), permet de représenter graphiquement toutes les opérations selon différents axes, propres à chaque indicateur (cf. Figure 1).

Il a été choisi d'utiliser le coefficient de corrélation de Spearman (ACP normée). Cette analyse rend possible l'identification de groupes d'opérations ayant les mêmes caractéristiques.

Cet outil statistique permet de modéliser graphiquement les critères pris en compte dans cette étude. Chaque facteur est représenté par un axe, le positionnement de chaque axe est fonction de sa corrélation par rapport aux autres axes. Sur le graphique, les axes représentant la faisabilité technique et l'intérêt économique sont relativement proches, ils sont donc fortement corrélés (coefficient de corrélation = 0,823). À l'inverse, l'axe représentant l'intérêt social est éloigné des deux autres axes, il y a donc une faible corrélation (cf. Tableau 3).

Chaque axe fléché représente un gradient allant d'un intérêt (ou faisabilité) faible (représenté par « - ») à un intérêt (ou faisabilité) important (représenté par « + »).

Le critère « Perspective d'avenir » a été volontairement écarté lors du traitement statistique. En effet, il était fortement corrélé avec la « faisabilité technique » (coefficient de corrélation > 0,95).

Dans un souci de pertinence de l'analyse, le facteur « Perspective d'avenir » est cependant représenté dans le graphique par la taille des points :

- taille importante : grande perspective d'avenir;
- taille moyenne : perspective d'avenir moyenne;
- petite taille : faible perspective d'avenir.

Tableau 4 :
HIÉRARCHISATION DES OPÉRATIONS UNITAIRES CIBLES

Groupes	Critères	Faisabilité technique	Intérêt économique	Intérêt social	Perspective d'avenir
OPU 1 et 2 : Désossage quartier avant et arrière de gros bovins		+++	+++	+++	+++
OPU 17 : Tranchage UVCI					
OPU 10 : Désossage jambon secs					
OPU 13 : Désossage jambon cuits		++	++	+++	++
OPU 15 : Désossage veaux					
OPU 5 : Mise en quartiers gros bovins		++	++	-	+
OPU 8 : Mise sur barres saucissons					
OPU 3 : Fente en ½ carcasse gros bovins					
OPU 6 : Éviscération abdominale ovins		=	=	=	=
OPU 12 : Classement veaux					
OPU 9 : Dépouille ovins					
OPU 11 : Dépouille veaux					
OPU 14 : Épluchage jambons cuits		-	-	=	=
OPU 16 : Éviscération gros bovins					
OPU 20 : Saignée ovins					

Les points sont donc positionnés selon leur résultat obtenu pour chacun des trois critères auxquels on rajoute l'effet « taille des points » pour représenter le critère perspective d'avenir. Le libellé des points reprend le numéro de chaque opération.

Cette représentation graphique indique cinq groupes d'opérations présentant les mêmes caractéristiques en termes de faisabilité technique, intérêt économique, intérêt social et perspective d'avenir.

Le Tableau 4 récapitule les caractéristiques de chaque groupe.

CONCLUSION

La hiérarchisation des cibles de mécanisation-automatisation-robotisation proposée est basée sur une analyse de gains socio-économique potentiels et prenant en compte les évolutions possibles des activités dans les années à venir.

Les opérations cibles et les avancées technologiques étudiées ont été déterminées au travers de l'interrogation d'équipementiers et d'industriels (abattage-découpe-transformation) du secteur. Ainsi près d'une quarantaine de professionnels a été consultée sur l'ensemble de l'étude pour la sélection des opérations cibles, le choix de nouvelles technologies et la comparaison entre le coût actuel de l'opération cible et celui de

la même opération mais mécanisée, automatisée ou robotisée.

Une analyse des évolutions prévisibles des activités d'abattage – découpe – transformation des viandes basée sur la méthode (DELPHI) est également intégrée à la hiérarchisation des cibles lors de la synthèse finale.

La méthode employée (interrogation de professionnels, synthèse bibliographique, groupe experts) a donc permis de retenir des avancées technologiques en rapport avec les préoccupations des industriels mais également réalistes en termes de faisabilité technique et économique. De simples aides mécanisées ont ainsi pu être préconisées si plus pertinentes qu'une solution robotisée pour l'heure hypothétique.

Il ressort donc de l'étude cinq groupes d'opérations :

- **Les opérations à fort potentiel global** au cœur des préoccupations de toute la filière viande (surtout bovine) pour lesquelles la mécanisation-automatisation-robotisation constituera une avancée technologique et économique capitale pour l'industrie carnée. Il s'agit d'opérations concernant le désossage et le tranchage de viande bovine. La mécanisation-automatisation-robotisation de ces opérations présente un intérêt quel que soit l'indicateur pris en considération.

- **Les opérations à fort potentiel social** caractérisées par une grande technicité de l'opération, des difficultés de recrutement et un taux de maladie professionnel élevée. La mécanisation-automatisation-robotisation constitue une solution à cette problématique. On retrouve essentiellement des opérations de désossage.

- **Les opérations à potentiel économique** car répétitives, sans valeur ajoutée pour le produit, à faible technicité. La mécanisation-automatisation-robotisation est une solution pour gagner en rentabilité économique.

- **Les opérations présentant peu d'intérêt économique et/ou social.** Leur MAR ne semble donc pas être prioritaire.

- **Les opérations où MAR est difficilement concevable** d'un point de vue technique et/ou économique.

L'étude a permis également de confirmer les pistes de mécanisation-automatisation-robotisation en cours de développement notamment sur la mise en quartier de gros bovins et le désossage du jambon pour le porc (Projet SRD Viande - volet A).