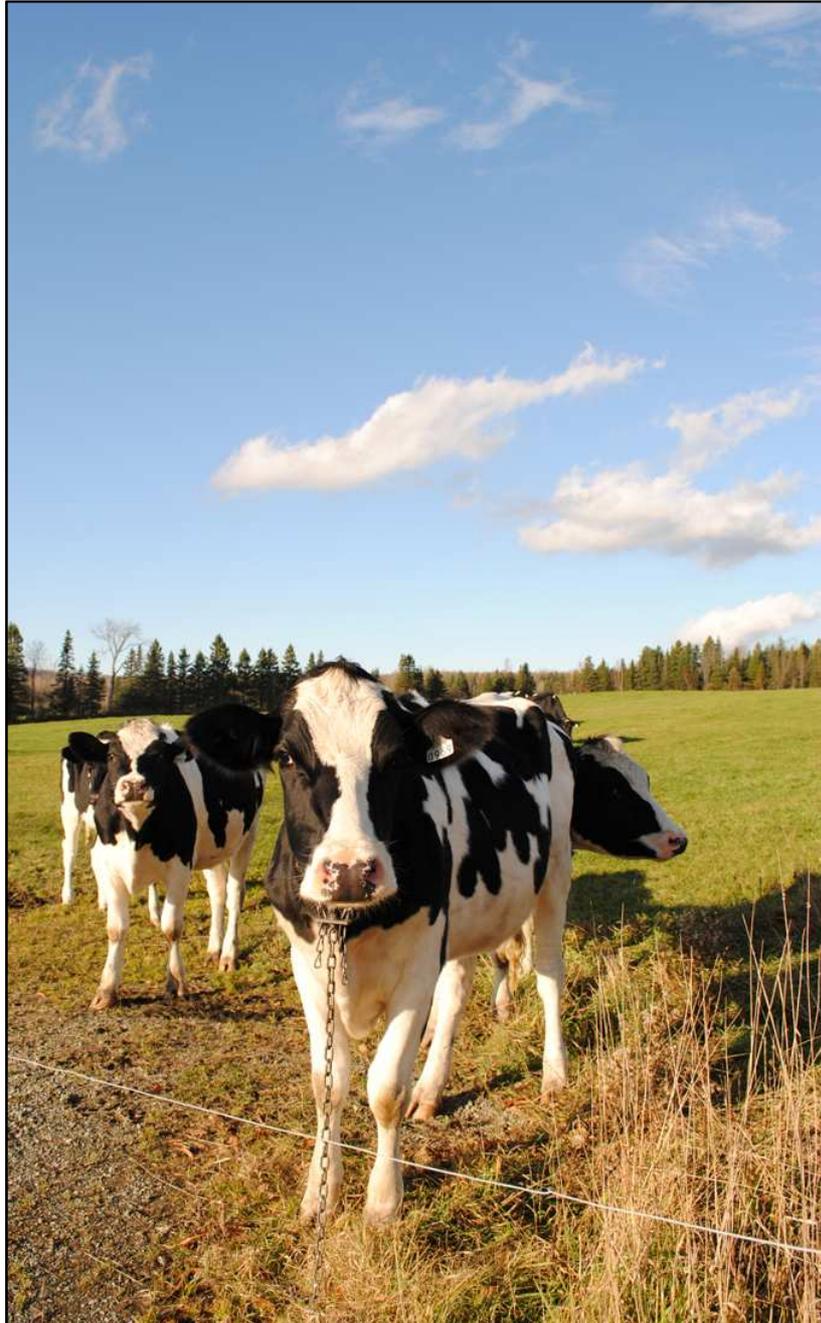


AGRI.TECTURE

Le confort des bovins laitiers par le retour à la nature de l'architecture rurale



Essai (projet) soumis en
vue de l'obtention du
grade de M. Arch.

Anthony L. Beaudoin

Superviseur:
Claude Demers

École d'architecture
Université Laval
2011

AGRI.TECTURE

Le confort des bovins laitiers par le retour à la nature de l'architecture rurale

Essai (projet) soumis en vue de l'obtention du grade de M. Arch.

Anthony L. Beaudoin

Superviseur

Claude Demers: _____

École d'architecture

Université Laval

2011

Résumé

Cet essai (projet) cherche à développer une nouvelle manière d'intervenir en milieu rural en proposant un modèle de ferme laitière plus adapté aux besoins des animaux qui y vivent. Le confort des bêtes est à la base d'une production stable et est grandement influencé par les ambiances physiques lumineuses et thermiques. Ce travail vise donc à bien intégrer les systèmes passifs liés à ces ambiances pour ainsi permettre une gestion sensible du confort des bêtes tout en limitant la consommation énergétique de la ferme située en climat nordique. La qualité de vie à l'intérieur du bâtiment est aussi d'une grande influence pour les bêtes qui y vivent et les hommes qui y travaillent. Cette qualité peut et doit être liée au développement du projet pour offrir des espaces adaptés sur le plan de la sécurité et de la santé des occupants.

Dans l'essai (projet), une attention particulière est aussi portée à la nature du site et des éléments qui la compose. Ces éléments ont une influence particulièrement importante dans l'élaboration du projet. Ils permettent l'établissement de la notion de relation intérieur/extérieur qui offre de nouvelles possibilités de développement rarement exploré dans les bâtiments de ferme habituels. Un nouveau type de gestion de troupeau est ainsi mis de l'avant et offre des solutions adaptées aux animaux, à l'homme et au site où le projet prend place.

Superviseur

Claude Demers

Professeur, École d'architecture de l'Université Laval

Membres du jury

Tania Martin

Professeur, École d'architecture de l'Université Laval

Marc Grignon

Professeur en histoire de l'art, Université Laval

Maurice Martel

Architecte

Avant-propos

J'aimerais tout d'abord remercier Claude Demers pour les conseils apportés tout au long du développement du projet et pour sa disponibilité.

Merci à tous les producteurs agricoles qui m'ont accueilli et permis de visiter leurs installations et d'en apprendre plus concernant le domaine de la production laitière. Vos commentaires m'ont fourni des informations d'une grande importance pour mes recherches. Un merci particulier à mon père Antoine Beaudoin pour son temps, son expertise et ses conseils sur le milieu agricole.

Un remerciement tout spécial à ma famille et ma copine Kathy qui m'ont toujours soutenu et encouragé lors de ces années passées à l'école d'architecture.

Merci

Cet essai(projet) a reçu l'appui financier du projet de recherche-crédation «Adaptive Architecture: Experiencing Visual and Thermal Delight in Architecture », Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH) du Canada, dont les titulaires sont C Demers et A Potvin.

Table des matières

Résumé	I
Membres du jury	II
Avant-propos	III
Table des matières	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VII

Introduction **1**

Chapitre 1 - Confort et production **3**

<u>1.1 - Ambiances physiques</u>	<u>3</u>
<u>1.1.1 - Ambiances lumineuses</u>	<u>3</u>
<u>1.1.2 - Ambiances thermiques</u>	<u>10</u>
<u>1.2 - Performance énergétique / Éléments mécaniques</u>	<u>15</u>
<u>1.2.1 - Éléments naturels</u>	<u>16</u>
<u>1.2.2 - Éléments mécaniques</u>	<u>18</u>
<u>1.3 - Qualité de vie liée au bâtiment</u>	<u>19</u>
<u>1.3.1 - Qualité de vie et santé</u>	<u>20</u>
<u>1.3.2 - Qualité de vie et sécurité</u>	<u>21</u>
<u>1.4 - Besoins des agriculteurs / gestion du troupeau</u>	<u>22</u>

Chapitre 2 - Le projet:

AGRI.TECTURE - Le confort des bovins laitiers par le retour à la nature de l'architecture rurale **24**

<u>2.1 - Méthodologie</u>	<u>26</u>
<u>2.2 - Le site</u>	<u>28</u>
<u>2.3 - Le programme</u>	<u>31</u>

Conclusion **35**

<u>Retour sur la critique finale</u>	<u>35</u>
--------------------------------------	-----------

<u>Bibliographie</u>	37
<u>Webographie</u>	38
<u>Annexe 1: Planches de présentation du projet</u>	39
<u>Annexe 2: Fiches de visite, questions et réponses des producteurs</u>	42
2.1 – Ferme A. et L. Beaudoin	42
2.2 – Ferme Léo Couture et fils	45
2.3 – Ferme Ste-Sophie	48
2.4 – Ferme Couture Holstein	51
<u>Annexe 3: Relevé sur les ambiances</u>	54
3.1 – Tableau de notes	54
3.2 – Images thermiques, photos HDR et rendus fausses couleurs	56
3.3 – Plan de la position des points de mesure	58
<u>Annexe 4: Étude combinées des ambiances: lumineuses, thermiques et acoustiques</u>	59
<u>Annexe 5: Analyse de site</u>	60
5.1 – Localisation et bâti agricole à proximité	60
5.2 – Panorama et photos	61

Liste des tableaux

<u>Tableau 1: Bilan de l'agriculture, sommaire, selon le type de ferme</u>	<u>1</u>
<u>Tableau 2: Durée de la photopériode pour la région de Québec</u>	<u>4</u>
<u>Tableau 3: Photopériode - Effet sur le rendement laitier</u>	<u>4</u>
<u>Tableau 4: Humidité relative limite par temps chaud</u>	<u>13</u>
<u>Tableau 5: Consommation d'énergie des fermes laitières du Québec (1997)</u>	<u>16</u>
<u>Tableau 6: Du site aux éléments bâtis</u>	<u>30</u>

Liste des figures

<u>Figure 1: Ferme ancienne versus ferme moderne</u>	<u>2</u>
<u>Figure 2: Photos relevés lumineux</u>	<u>5</u>
<u>Figure 3: Localisation vaches hors production</u>	<u>6</u>
<u>Figure 4: Débord de toit et marquise</u>	<u>7</u>
<u>Figure 5: Étable de Lignièrès (Suisse)</u>	<u>8</u>
<u>Figure 6: Ferme laitière à Bâle (Suisse)</u>	<u>8</u>
<u>Figure 7: Plantation de sapin du site et structure du projet</u>	<u>9</u>
<u>Figure 8: Panorama du site et élévation sud-est du projet</u>	<u>10</u>
<u>Figure 9: Simulation lumineuse d'une aire de vie</u>	<u>10</u>
<u>Figure 10: Ventilation naturelle (effet vent et effet cheminée)</u>	<u>11</u>
<u>Figure 11: Ventilation mécanique (effet tunnel)</u>	<u>12</u>
<u>Figure 12: Mur en «ramé» (étable de Lignièrès)</u>	<u>14</u>
<u>Figure 13: Mur et puits de lumière faits de branches (ferme laitière à Bâle)</u>	<u>14</u>
<u>Figure 14: Coupe bioclimatique d'un espace de vie</u>	<u>15</u>
<u>Figure 15: Relevés thermiques</u>	<u>17</u>
<u>Figure 16: Rideau d'air</u>	<u>19</u>
<u>Figure 17: Vue vers cour extérieure de la mezzanine</u>	<u>21</u>
<u>Figure 18: Schéma d'évolution vers la nature</u>	<u>22</u>
<u>Figure 19: Ferme A. et L. Beaudoin</u>	<u>24</u>
<u>Figure 20: Systèmes de traite observés</u>	<u>27</u>
<u>Figure 21: Mélangeur RTM et raclette de surface</u>	<u>28</u>
<u>Figure 22: Localisation ferme A. et L. Beaudoin</u>	<u>29</u>
<u>Figure 23: Vents selon les saisons</u>	<u>30</u>
<u>Figure 24: Organigramme des espaces</u>	<u>32</u>
<u>Figure 25: Allée d'alimentation et panneaux mobiles</u>	<u>34</u>

Introduction

L'architecte est très peu souvent consulté et impliqué dans le processus de conception et de réalisation des bâtiments de ferme, qu'elles soient laitières ou d'un tout autre genre. Pourtant, ces bâtiments ruraux pourraient bénéficier de l'expertise des architectes. L'objectif de cet essai est de découvrir les éléments qui influencent la production et l'efficacité énergétique des fermes laitières en milieu nordique pour ensuite proposer une nouvelle manière d'intervenir. Il traite plus particulièrement des différents flux entrants et sortants qui jouent un rôle dans la gestion du confort des occupants bovins ainsi que des systèmes architecturaux permettant d'y répondre.

L'agriculture et la production laitière sont deux ressources primordiales pour permettre une bonne alimentation de notre société. Le tableau 1 présente l'évolution des exploitations laitières du Canada de 2004 à 2008 en rapport au nombre d'entreprises et à leurs valeurs financières. On remarque que la tendance dans le domaine de la production laitière est tournée vers une diminution du nombre de producteurs qui est représentée ici par une perte de tout près de 2 200 élevages en quatre ans. Malgré cette diminution, la valeur nette moyenne des fermes restantes augmente de plus de 600 000 \$ pour la même période. Ces faits permettent de croire que ce sont les élevages de petites dimensions qui n'ont pu investir dans leurs installations et augmenter leur production qui ont dû mettre un terme à leur exploitation. Pour le futur, les fermes qui subsistent devront donc être plus efficaces pour augmenter leur production, demeurer compétitives et subvenir à la demande du marché qui ne cesse de s'accroître. Comment l'architecte peut-il développer un tel bâtiment tout en étant respectueux des animaux, des gens qui y travaillent et du site où il s'implante?

Tableau 1

Bilan de l'agriculture, sommaire, selon le type de ferme (Élevage de bovins laitiers et production laitière)

	2004	2005	2006	2007	2008
	nombre				
Élevage de bovins laitiers et production laitière					
Exploitations agricoles	15 710	14 665	14 010	14 090	13 515
	moyenne par exploitation (\$)				
Total de l'actif	2 485 245	2 743 914	2 882 515	3 131 425	3 418 274
Total de l'actif à court terme	73 586	88 419	88 977	93 880	118 978
Total de l'actif à long terme	2 411 659	2 655 495	2 793 538	3 037 545	3 299 297
Total du passif	617 183	684 012	679 539	805 615	941 214
Total du passif à court terme	41 345	50 450	45 353	53 388	54 100
Total du passif à long terme	575 838	633 562	634 186	752 226	887 114
Valeur nette	1 868 062	2 059 903	2 202 976	2 325 810	2 477 060
Sources : Statistique Canada, CANSIM, tableaux (payant) 002-0065 et produit n° 21F0008X. (Dernières modifications apportées : 2010-09-29.)					

Selon l'époque de construction, les bâtiments de ferme sont plus ou moins difficiles à adapter aux nouvelles technologies et aux méthodes de travail qui sont en constante évolution. Les nouvelles technologies et méthodes touchent notamment les systèmes de traite, d'alimentation ou de nettoyage des espaces de vie des animaux. Les bâtiments anciens présentent des limites liées aux interventions possibles pour en améliorer le fonctionnement. Les plafonds bas et la stabulation entravée forment des bâtiments très compacts ne permettant pas la transformation de l'espace en stabulation libre éclairée naturellement. Les bâtiments récents sont plus faciles à adapter aux nouvelles méthodes et technologies, car leurs aménagements sont plus flexibles. Cependant, ces derniers utilisent beaucoup plus les éléments mécaniques pour contrôler les ambiances intérieures, ce qui implique une grande consommation d'énergie et donc, une diminution des profits. La figure 1 présente une photo de chacun de ces deux types de ferme observée lors des visites en vue de la préparation de l'essai (projet).



Figure 1: Ferme ancienne versus ferme moderne - source: photo de l'auteur

La question qui se pose: Comment concevoir un bâtiment de ferme qui favorise la production animale et humaine tout en limitant sa consommation énergétique? Pour répondre à ces questions, il est primordial de bien comprendre le domaine de la production laitière et de connaître les besoins des occupants bovins et humains.

Chapitre 1. Confort et production

Pour demeurer compétitive, une ferme laitière doit absolument pouvoir tirer le maximum de la production de chaque animal. Il est donc primordial que le bâtiment qui les accueille soit adapté à leurs besoins et qu'il leur offre la meilleure qualité de vie possible (Anderson 2002). Pour y parvenir, une attention particulière doit être portée aux besoins physiologiques des bovins laitiers qui sont en lien direct avec les ambiances physiques intérieures. Le bien-être des bêtes, qui se traduit par la santé du troupeau et le sentiment de sécurité à l'intérieur des espaces de vie, joue aussi un rôle important dans l'efficacité de la production animale.

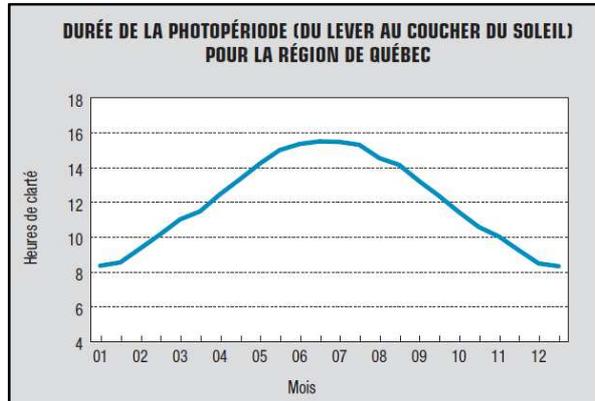
1.1 Ambiances physiques

Les besoins des animaux touchent quatre dimensions des ambiances physiques; la luminosité, la ventilation, la température et l'humidité. Pour offrir des espaces adaptés et propices à la production, il est important de connaître la zone de confort des bovins laitiers dans chacune de ces dimensions. La connaissance de ces flux permettra l'élaboration des différents systèmes présents dans le bâtiment tout en faisant ressortir les défis qui s'y rattachent.

1.1.1 Ambiances lumineuses

La luminosité à l'intérieur des bâtiments d'élevage représente une notion très importante pour la production de lait et le confort des animaux. Autant la quantité de lumière que la durée d'exposition doivent être contrôlées selon le stade de production des bovins. Plusieurs auteurs s'entendent pour dire qu'une intensité lumineuse d'au moins 200 lux est propice à une meilleure production (Dubreuil 2007, Lefebvre 2006). Ce chiffre s'explique en partie par le fait que les bovins laitiers sont dix fois moins sensibles à la lumière que les humains. Le temps d'exposition à la lumière est appelé photopériode. Il y en a deux types: le cycle naturel présenté au tableau 2 qui varie de 8,5 heures de luminosité à tout près de 16 heures en fonction des saisons et le cycle dit artificiel qui consiste à contrôler les ambiances lumineuses intérieures à l'aide de différents éléments d'éclairage.

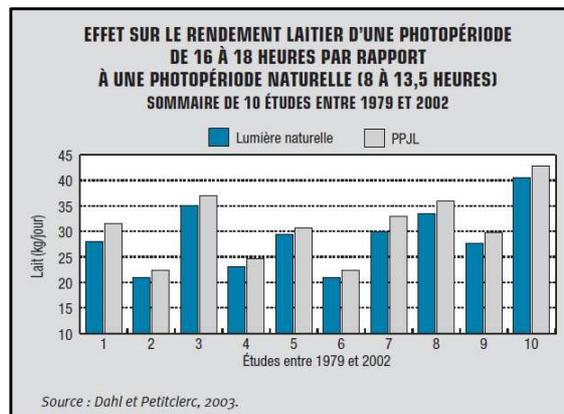
Tableau 2



tiré de Lefebvre (2006)

La photopériode artificielle permet aux producteurs d'avoir une période de luminosité plus constante et d'ajuster celle-ci aux différents besoins du troupeau. La photopériode dite longue (photopériode jour long - *PPJL*) qui consiste en une période de 16 à 18 heures de lumière suivie de 6 à 8 heures de noirceur quasi totale permet un rendement laitier plus important que la photopériode naturelle à elle seule. Le tableau 3 présente le sommaire de 10 études sur la variation du rendement en rapport à la photopériode. En moyenne, une augmentation d'environ 8 % de la production (2,0 à 2,5 kg par vache par jour) est observable. Il est évident que la consommation alimentaire des animaux va alors aussi augmenter, mais comme il est mentionné dans le texte de Lefebvre (2006), le coût d'augmentation de consommation des aliments et d'électricité est largement compensé par l'augmentation de la production. Une exposition longue accélère aussi le retour du cycle de reproduction et permet un développement plus rapide des animaux de relève ce qui représente un avantage important dans la gestion du troupeau.

Tableau 3



Source : Dahl et Petitclerc, 2003.

tiré de Lefebvre (2006)

Lors des visites de fermes laitières, une attention particulière fut portée aux ambiances lumineuses intérieures. Un relevé lumineux réalisé à l'aide d'un luxmètre a permis de constater que plusieurs fermes n'atteignent pas les 200 lux recommandés et même que certaines sont très loin d'y parvenir. Les photos en figure 2 présentent deux cas extrêmes observés. La première ferme est un bâtiment de grande ampleur qui compte plus de 400 vaches de traite et où la luminosité de l'allée d'alimentation centrale fut mesurée à environ 20 lux. La seconde est une petite production d'une cinquantaine de bêtes qui offre une luminosité de plus de 200 lux dans l'ensemble du bâtiment. On remarque ici que la grosse production a peut-être plus tendance à ne pas tenir compte du confort des bêtes et à compter sur la quantité, tandis que la petite production cherche à offrir les meilleures conditions pour récolter le maximum de chaque animal de son troupeau. Sur le plan du bâtiment, la dimension et la forme de celui-ci sont des facteurs qui influencent grandement la propagation de la lumière. Ces caractéristiques seront traitées subséquemment dans l'essai.

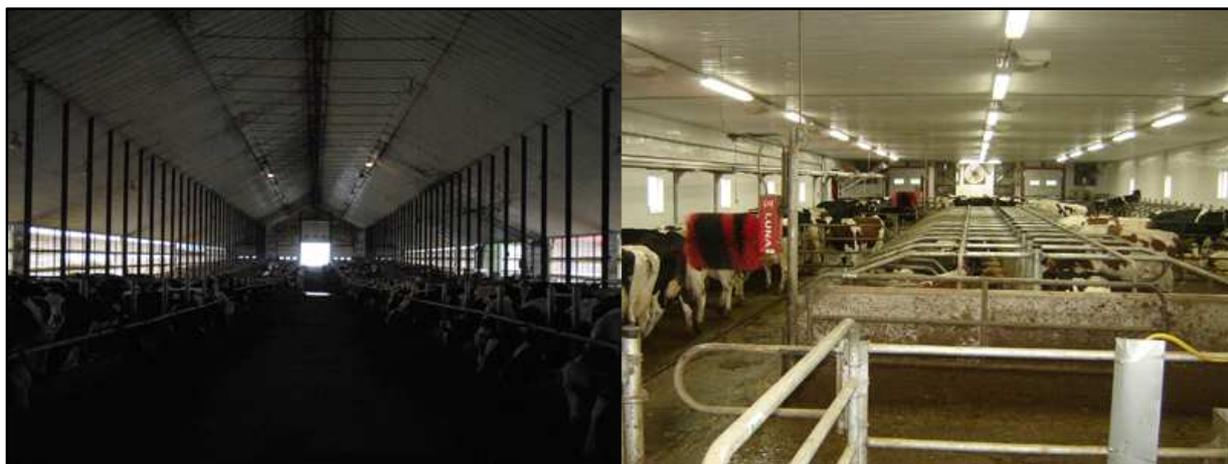


Figure 2: Photos relevés lumineux - source: photos de l'auteur

Le cycle court est quant à lui composé d'une période de 8 heures d'exposition à la lumière suivi de 16 heures de noirceur. Il est favorable pour les vaches tarées (hors production) qui sont en attente de mettre bas. Ce type d'exposition à la lumière contrôlée permet une augmentation de la production de 3,2 kg par vache par jour pendant les 120 premiers jours de la lactation suivants le vêlage. Le grand défi du cycle court est de limiter l'apport de lumière en été où le soleil est présent pendant tout près de 16 heures. La position de ce groupe d'animaux plus spécifique dans

le projet a donc une grande influence sur leur production future. La figure 3 présente en plan la localisation de ce groupe dans le bâtiment proposé. On y remarque que l'espace qui les abrite est en partie enclavé à l'Est et à l'Ouest, ce qui permet de limiter l'apport de lumière pendant une bonne partie de la journée, soit le matin et en fin de journée.

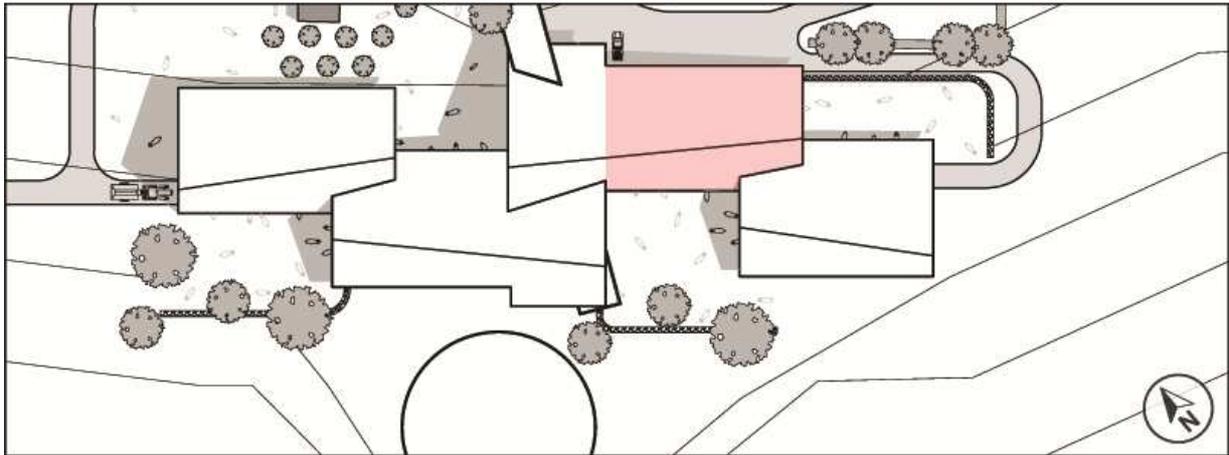


Figure 3: Localisation vaches hors production - source: illustration de l'auteur

De plus, la conception de façade pouvant s'adapter aux besoins intérieurs par l'ajout de brise-soleil ou d'autres systèmes est aussi très utile pour le développement de cette notion de photopériode. Les débords de toits et une marquise agissant comme tablette réfléchissante sur la face sud furent choisis pour remplir cette fonction de contrôle dans le projet. Ce type d'intervention permet en plus d'apporter de la lumière vers l'intérieur, de limiter les gains solaires directs pouvant causer une surchauffe du bâtiment. Ils offrent aussi une protection contre les éléments naturels, comme les précipitations, aux animaux qui se trouvent à l'extérieur à proximité de la façade. La figure 4 présente l'intégration de la marquise et du débord de toit en façade sud ainsi que leur impact sur les rayons solaires à différent moment de l'année.

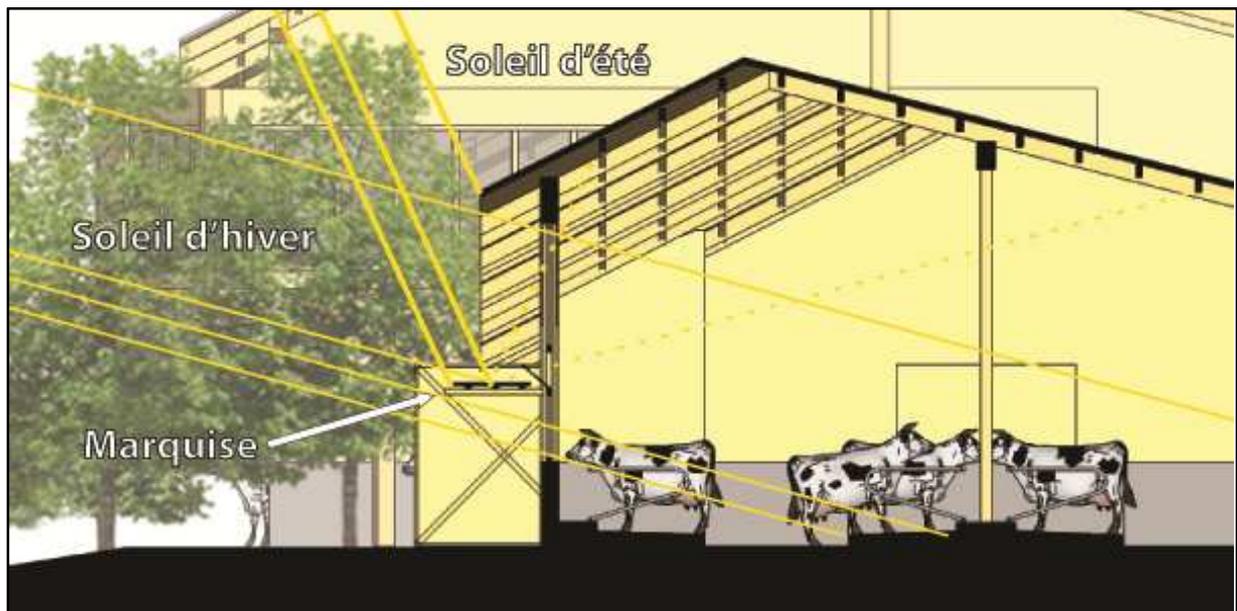


Figure 4: Débord de toit et marquise - source: illustration de l'auteur

Comment l'architecte peut-il concevoir un bâtiment qui maximiserait l'utilisation des ambiances lumineuses pour permettre une meilleure production? Il est évident que l'élaboration d'un système hybride qui inclut des éléments naturels et artificiels semble être la solution la plus prometteuse. L'orientation du bâtiment et le type d'ouverture permettant l'apport de lumière naturelle constituent les éléments clés pour minimiser l'utilisation des dispositifs artificiels qui consomment de l'électricité. Certains architectes se sont déjà penchés sur la question de l'éclairage naturel pour la réalisation de bâtiments de ferme. Localarchitecture, dans un projet d'étable à Lignières en Suisse, propose une membrane textile en façade sud-est qui permet un apport de lumière considérable à l'intérieur. La membrane est tout simplement fixée aux éléments de structure verticaux à l'aide de clous. Ce type d'intervention, qui occupe l'ensemble de la façade, offre un rendement lumineux d'une grande importance tout en demandant peu d'efforts lors de la construction. Elle procure aussi une signature visuelle fort intéressante qui n'est pas commune à ce type d'usage agricole. La figure 5 présente l'aspect de la façade textile de jour et de soir ainsi qu'une image démontrant l'ambiance intérieure.



Figure 5: Étable de Lignières (Suisse) - source: www.localarchitecture.ch

Un second projet réalisé par F.A.B. - Forschungs - und Architekturbüro présente une autre approche. La ferme laitière de Bâle en Suisse se caractérise par son intégration au paysage de la colline où elle s'implante. Pour accentuer cet effet, les façades de la ferme sont principalement composées de branches de noisetier que l'on retrouve à proximité du site. Ces branches sont simplement encastrées dans les murets de béton et forment ainsi les murs d'enceinte de la ferme. Ce type de mur très ajouré permet une pénétration importante de la lumière provenant de l'extérieur tout en rappelant le caractère du paysage de la colline où le bâtiment s'implante. Pour illuminer la partie centrale du bâtiment, un apport naturel est possible grâce à un puits de lumière situé au faîte du toit. La figure 6 illustre l'implantation dans la colline et l'ambiance lumineuse intérieure créée par les branches de noisetier.



Figure 6: Ferme laitière à Bâle (Suisse) - source: www.fab.ch

Pour illuminer l'intérieur du bâtiment, ces deux précédents architecturaux utilisent des traitements de façade peu conventionnels dans le domaine de la production laitière. Le climat de la Suisse étant moins rigoureux en hiver que celui du Québec, il leur est alors possible de supprimer entièrement le vitrage des façades pour le remplacer par un élément plus poreux. Pour le développement de l'essai (projet), il est évident que le verre se devra d'être présent pour permettre une certaine barrière entre l'intérieur et le climat extérieur, ce qui ne limite pas la possibilité de traiter les façades de façon moins traditionnelle. Pour y parvenir, la structure du bâtiment qui délimite la dimension des ouvertures fût développée en rapport aux éléments naturels présents aux abords de la ferme. Elle s'inspire ainsi d'une plantation de sapin du site qui présente plusieurs éléments verticaux (les troncs) qui sont plus ou moins espacés de façon aléatoire dans la forêt. La figure 7 présente une photo de la plantation ayant inspirée la structure et une image de la structure développée dans le projet. Sur l'élévation de la figure 8, il est possible d'observer le rythme irrégulier que crée la structure sur l'ensemble de la façade.



Figure 7: Plantation de sapin du site et structure du projet- source: photo et illustration de l'auteur

Pour offrir un apport de lumière convenable au confort des bêtes, la forme du bâtiment a été imaginée en fonction de la course du soleil. La principale intervention formelle liée au solaire se retrouve dans la génération des toitures. Par exemple, au coin sud-est la toiture se soulève et se déploie pour permettre des ouvertures plus hautes laissant entrer la lumière plus profondément dans le bâtiment. La figure 9 présente une simulation lumineuse de l'intérieur de cet espace et permet de constater les résultats obtenus. Cette simulation démontre aussi que l'intensité lumineuse pour un meilleur confort des bêtes d'au moins 200 lux est présente dans l'aire de vie en

entier. Ce travail en toiture permet aussi d'intégrer un lien sensible entre la forme générale de la ferme et le paysage environnant très montagneux. Il est possible de le constater sur la figure 7 qui présente un panorama du site et une élévation du projet final.



Figure 8: Panorama du site et élévation sud-est du projet - source: photo et illustration de l'auteur

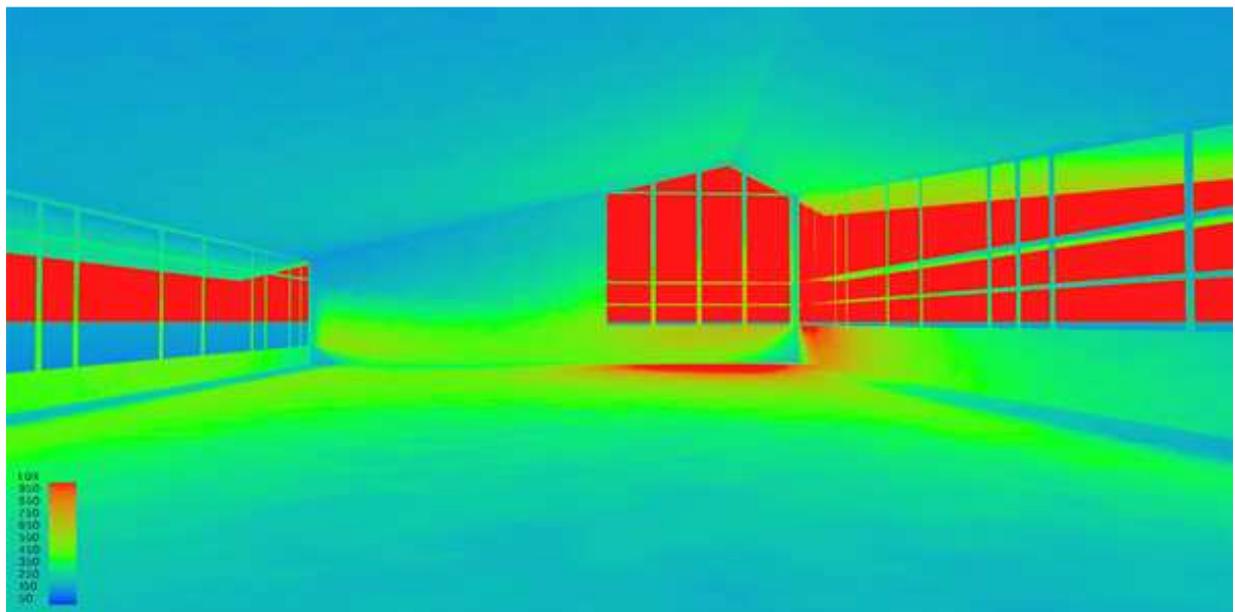


Figure 9: Simulation lumineuse d'une aire de vie (ciel couvert uniforme 21 décembre 12h00)
source: logiciel IES-VE Radiance

1.1.2 Ambiances thermiques

La ventilation, la température ambiante et l'humidité de l'air sont les trois éléments qui forment l'ambiance thermique d'un lieu. Cette ambiance influence de beaucoup les bêtes. Une température trop chaude ou trop froide, une vitesse de l'air trop rapide ou une humidité trop importante ont un impact majeur sur la production du troupeau.

Les bovins laitiers sont de gros animaux qui doivent consommer beaucoup d'eau pour produire du lait. Une partie de cette eau est retournée dans l'air sous forme de vapeur d'eau lors de la transpiration et dans les déjections. Certains auteurs dénotent des quantités allant jusqu'à 12 litres d'eau par vache par jour, ce qui correspond à un millimètre de pluie tous les jours à l'intérieur du bâtiment (BTPL 2001). Toute cette humidité doit être évacuée rapidement pour éviter la dégradation du bâtiment et limiter le développement de microbes pouvant affecter les animaux. Une humidité relative de 70 à 80 % constituerait le niveau recommandé à l'intérieur des bâtiments de ferme. Lorsque la température à l'intérieur diminue, il est préférable que l'air ambiant soit plus sec pour éviter les déperditions thermiques entre l'air humide et les animaux. Pour y parvenir, une ventilation adéquate et efficace doit permettre un renouvellement de l'air suffisant pour éliminer le surplus d'humidité et évacuer les gaz produits par la digestion des bovins. On retrouve deux grandes catégories de systèmes qui permettent d'y arriver. La ventilation naturelle, qui utilise deux principes, soit la ventilation transversale (effet vent) et la ventilation thermique (effet cheminée), lesquelles peuvent opérer avec peu ou pas d'éléments mécaniques. La figure 10 présente schématiquement ces principes de ventilation naturelle.

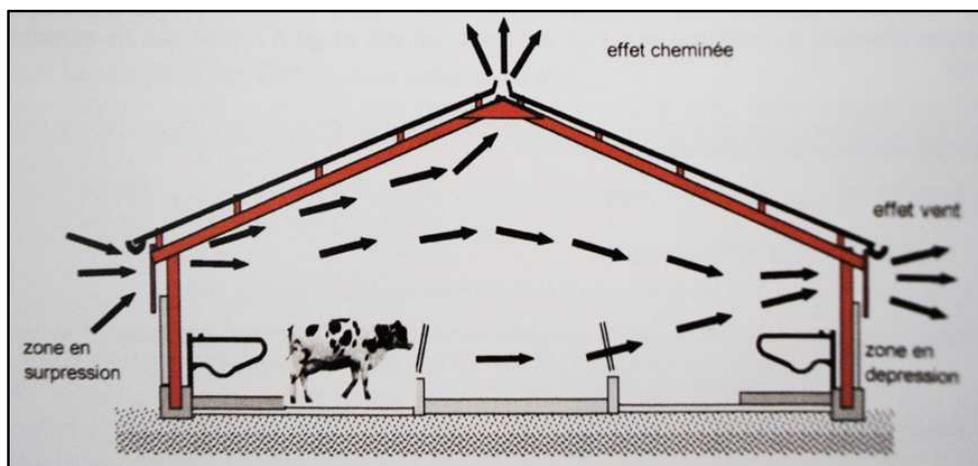


Figure 10: Ventilation naturelle (effet vent et effet cheminée)
source: Bureau Technique de Production Laitière (BTPL) (2001)

La ventilation thermique consiste à introduire de l'air froid provenant de l'extérieur qui se réchauffe au contact des animaux et se charge d'humidité pour ensuite ressortir par une ouverture au point haut du bâtiment. Pour que ce système soit efficace, l'écart de température et d'humidité entre l'intérieur et l'extérieur doit être suffisamment important. De plus, une certaine différence de

hauteur entre le point d'entrée et de sortie de l'air est aussi nécessaire. La ventilation transversale quant à elle utilise les vents dominants pour tempérer le bâtiment et s'avère efficace même si la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est faible, mais dépend bien évidemment des vents.

La seconde catégorie est la ventilation mécanique ou forcée qui utilise des ventilateurs pour créer une ventilation longitudinale (effet tunnel) à l'intérieur du bâtiment. La figure 11 en démontre un exemple qui consiste à installer des ventilateurs à une extrémité et à percer des entrées d'air à l'extrémité opposée. Ce type de ventilation crée un courant d'air qui peut incommoder certains animaux. Les courants d'air constituent le grand défi de la ventilation naturelle et artificielle. Les animaux à maturité supportent des vitesses allant jusqu'à 0,5 m/s (1,5 à 2 km/h) sans subir d'inconfort. Pour les plus jeunes, cette valeur ne doit pas dépasser 0,2 à 0,3 m/s. La circulation d'air doit se faire au-dessus des animaux pour ne pas entrer directement en contact avec eux et ainsi abaisser leur température.

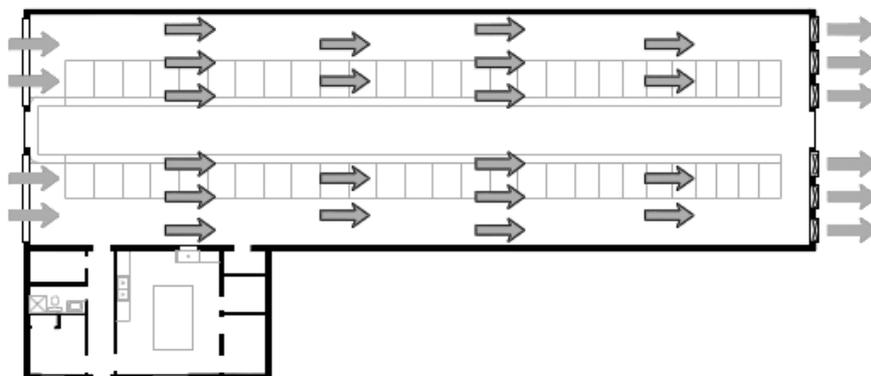


Figure 11: Ventilation mécanique (effet tunnel) - source: Dubreuil, Leblanc, Naud (2006)

La zone d'adaptation sur le plan de la température varie en fonction de l'âge des bêtes. Pour les nouveau-nés et les veaux allant jusqu'à un mois, elle se situe entre 5 et 25 °C et passe ensuite pour les adultes de -5 à 22 °C. Les vaches craignent moins les températures faibles que les températures élevées à condition qu'il n'y ait pas trop d'humidité dans l'air. Le tableau 4 présente l'humidité relative limite en relation avec la température qui cause une baisse de la production. Selon Naud, Leblanc et Dubreuil, la température idéale pour la production laitière oscillerait autour de 10 °C.

Tableau 4: Humidité relative limite par temps chaud

Température		Humidité relative limite*
°C	°F	
18	64	Aucune
24	75	90 %
27	80	50 %
32	90	29 %

* Lorsque l'humidité relative dépasse la valeur indiquée, il y a baisse de la production laitière.

SOURCE : JOHNSTON ET COLL. 1954

tiré de BTPL (2001)

Comment l'architecte peut-il concevoir un bâtiment où la température intérieure doit être plus faible que les bâtiments habituels? Quels sont les dispositifs autres que la climatisation qui permettraient de maintenir cette température la plus constante possible? L'incorporation de masse thermique au projet pourrait constituer une partie de la solution à apporter. Par exemple, en été, la masse thermique permet de capter la chaleur tout au long de la journée ce qui limite les hausses de température à l'intérieur. En hiver, la masse thermique libère la chaleur accumulée le jour pour réchauffer l'intérieur de la ferme pendant les nuits froides.

Les ambiances thermiques sont des éléments importants qui ont été pris en considération lors de la conception du projet. L'implantation d'un système passif implique une orientation en rapport aux vents dominants lesquels varient d'une saison à une autre et sont parfois absents. L'effet de cheminée n'est pas toujours efficace quand l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est faible. Pour ce qui est des systèmes mécaniques, ils sont plus coûteux, consomment de l'énergie pour fonctionner et produisent des courants d'air. Bien que plusieurs solutions soient envisageables, la ventilation naturelle demeure cependant la solution où l'architecte peut apporter sa contribution de par son expertise. Les deux projets présentés précédemment utilisent uniquement les principes de ventilation naturelle pour subvenir aux besoins thermiques des bâtiments de ferme. Dans le cas de l'étable de Lignières, une ventilation uniquement transversale (effet vent) est utilisée. La façade textile en plus de permettre l'entrée de lumière laisse passer l'air tout en limitant la vitesse des vents. De l'autre côté, un mur en «ramé» qui consiste en un mur de lamelles de bois ajourées typique des fermes de la région permet à l'air de ressortir. La figure 12 présente le mur arrière en «ramé» qui permet la ventilation transversale.



Figure 12: Mur en «ramé» (étable de Lignières) - source: www.localarchitecture.ch

Le second projet situé à Bâle utilise lui aussi la ventilation transversale grâce aux murs construits de branches qui laissent circuler l'air de chaque côté. En plus de ce type de ventilation, l'effet cheminée permet une circulation d'air lorsqu'il n'y a pas de vent. Cet effet est rendu possible grâce au puits de lumière situé au point le plus haut de la ferme. La figure 13 montre un des murs et le puits de lumière tous deux faits de branches de noisetier qui laisse passer l'air pour ventiler le bâtiment.



Figure 13: Mur et puits de lumière faits de branches (ferme laitière à Bâle) - source: www.fab.ch

Sur le plan thermique, le développement du projet se voulait le plus passif possible pour limiter la consommation d'énergie et profiter des éléments naturels. L'utilisation des principes bioclimatiques comme la ventilation transversale et thermique sont donc mises de l'avant dans

l'essai (projet). La figure 14 schématise le fonctionnement de ces systèmes à l'aide d'une coupe transversale d'un espace de vie. La forme de la toiture, en plus de capter et distribuer la lumière, joue aussi un rôle important au point de vue thermique. La ventilation par effet de cheminée (thermique) est rendue possible grâce à la hauteur de l'espace intérieur qui permet le déplacement de l'air chaud vers le haut pour ensuite être évacué à l'extérieur. L'ajout d'ouvrants au dessus des animaux sur les deux façades opposées permet aux vents de traverser le bâtiment sans créer de courant d'air directement en contact avec les animaux. La toiture par son profil surbaissé au nord permet la création d'un effet de succion du côté opposé à celui de l'arrivée des vents ce qui facilite la ventilation transversale. Une bonne ventilation n'est cependant pas suffisante pour offrir un confort thermique optimal aux bovins. Il est parfois nécessaire de conserver la chaleur plutôt que de l'expulser du bâtiment. Le plancher de la ferme étant fait de béton, il agit donc comme masse thermique lors des moments critiques de l'année. Par exemple, en hiver le soleil est suffisamment bas pour pénétrer profondément dans le bâtiment et réchauffer le béton qui la nuit venue, libère cette chaleur pour tempérer l'espace. Lorsque les rayons du soleil sont beaucoup plus chauds et hauts en été, il est préférable de limiter la surchauffe de la masse thermique. Pour y parvenir, un débord de toit et une marquise présentés précédemment empêchent les rayons d'entrer directement à l'intérieur. Une tablette réfléchissante positionnée sur la marquise permet tout de même à la lumière de pénétrer à l'intérieur de l'aire de vie par réflexion.

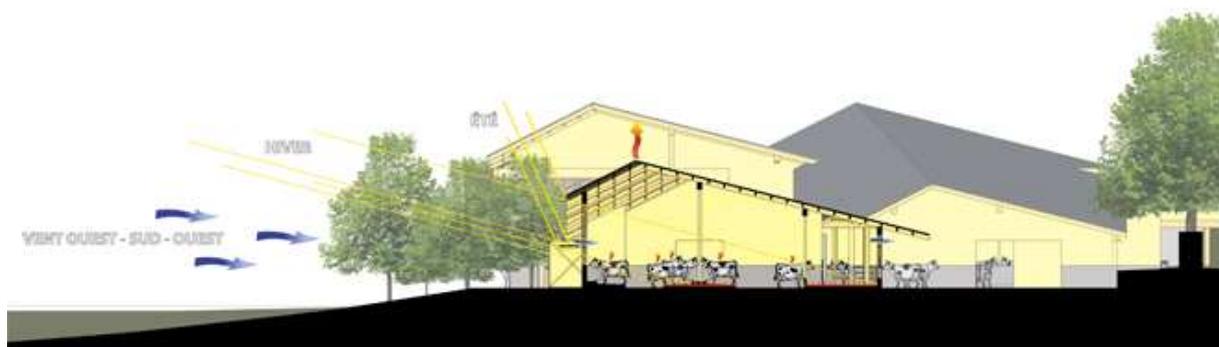


Figure 14: Coupe bioclimatique d'un espace de vie - source: illustration de l'auteur

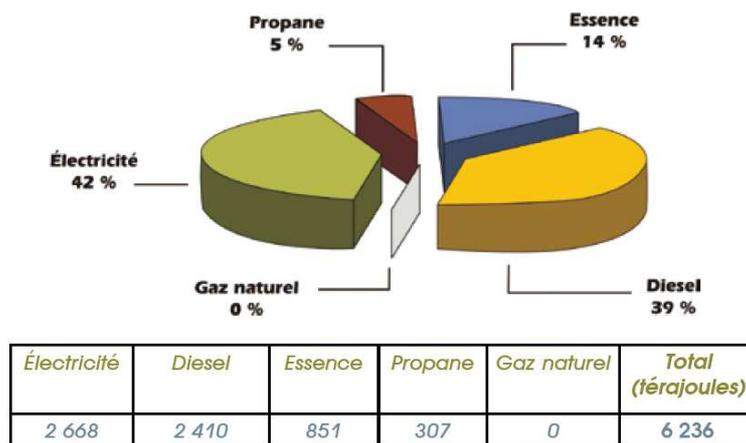
1.2 Performance énergétique

L'électricité est l'une des ressources énergétiques les plus consommées dans les fermes laitières au Québec soit 42% de la consommation énergétique. Le tableau 5 met en évidence les différents

types d'énergie ainsi que leur pourcentage d'utilisation. L'électricité est surtout utilisée, pour la réfrigération du lait, le fonctionnement du système de traite, la ventilation, les équipements d'alimentation et de nettoyage des déjections, le chauffage de l'eau et l'éclairage du bâtiment. Certains aspects plus critiques tels la réfrigération, la ventilation, les pompes à vide du système de lactation, l'éclairage et le chauffage de l'eau servant au lavage des équipements font l'objet d'une attention plus particulière. Pour être énergétiquement plus efficace, la production laitière doit profiter des bienfaits des éléments naturels qui permettent de réduire la consommation d'électricité.

Tableau 5

Consommation d'énergie des fermes laitières¹ du Québec
par type d'énergie, 1997 (en térajoules)



¹ Inclut la consommation pour usages non agricoles.
Source : CAEEDAC 2000. Compilation Groupe AGÉCO 2006.

1.2.1 Éléments naturels

Les principes de bioclimatiques permettent des économies d'énergie en limitant le nombre et le temps d'utilisation des dispositifs mécaniques. Une ventilation naturelle n'utilise aucun ventilateur et permet donc de diminuer au maximum la consommation d'électricité en comparaison à une ventilation mécanique forcée. Les projets de Localarchitecture et de F.A.B. - Forschungs - und Architekturbüro cités plus haut présentent des solutions architecturales intéressantes sur le plan de la ventilation naturelle.

Pour ce qui est de l'éclairage du bâtiment, il est possible de limiter l'utilisation des dispositifs artificiels pendant une partie de la journée en permettant aux rayons du soleil de pénétrer à l'intérieur. Pour y arriver, plusieurs méthodes sont à la disposition de l'architecte. L'orientation du bâtiment et le positionnement d'ouverture en fonction de la trajectoire du soleil, l'intégration de puits de lumière ou de tablettes réfléchissantes en sont quelques exemples. Comme présentée précédemment dans la section ambiances lumineuses, la photopériode naturelle qui compte de 8,5 à 16 heures d'ensoleillement dépendamment des saisons permet de ne pas utiliser les lumières pendant une partie de l'année. Un bâtiment qui limite l'utilisation de l'éclairage artificiel au strict minimum permet de bonnes économies sur la consommation d'électricité.

Pour ce qui est du chauffage des espaces, étant donné que la température confortable pour les animaux est aux environs de 10 °C et que ceux-ci produisent beaucoup de chaleur, aucun système de chauffage n'est requis dans l'aire de vie. Une ventilation adéquate, l'utilisation de masse thermique et des murs bien isolés sont les principaux éléments nécessaires à une bonne ambiance thermique intérieure. Il fut d'ailleurs possible de constater lors de visite de ferme laitière qu'aucun système de chauffage n'était présent dans les aires de vie des animaux, et ce, dans les quatre bâtiments observés. La figure 15 présente des images captées à l'aide d'une caméra thermique lors de ces visites. On remarque que ce sont les bêtes, les systèmes mécaniques et les hommes qui dégagent beaucoup de chaleur (couleur jaune) et qui vont chauffer le bâtiment.

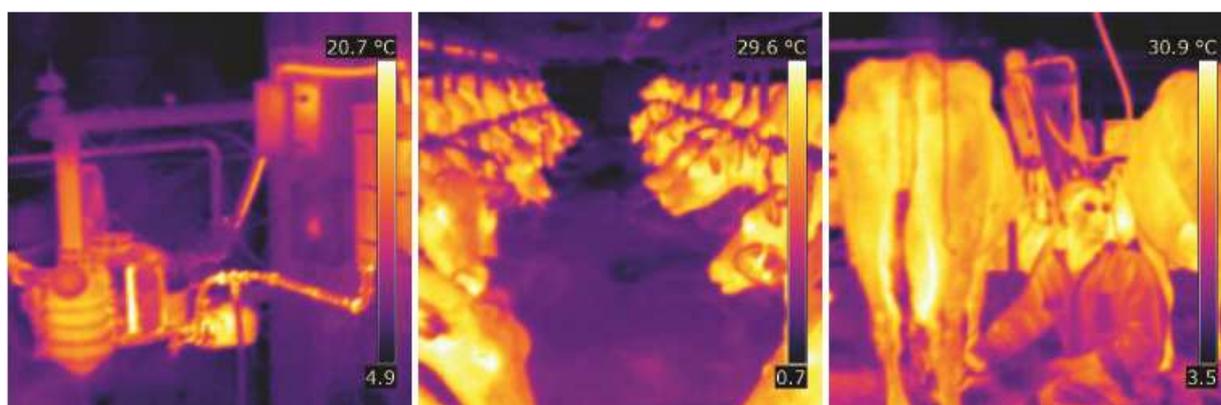


Figure 15: Relevés thermiques - source: photos thermiques de l'auteur

Pour le projet de l'essai, une nouvelle variable entre en jeu pour limiter la consommation d'énergie dans le bâtiment. Il s'agit de la récupération des eaux de pluie à l'aide des toitures spécialement conçues pour cet usage. Cette eau qui est emmagasinée dans un réservoir permet d'évacuer le lisier qui se trouve dans un dalot en utilisant la force de gravité, tout comme le ferait normalement un ruisseau avec les eaux de pluie. Cette simple intervention permet la suppression complète d'un système mécanique à chaîne qui consommerait de l'électricité, mais qui demanderait aussi beaucoup plus d'entretien que le système proposé.

1.2.2 Éléments mécaniques

Les systèmes passifs ont cependant leurs limites et doivent parfois faire place à des éléments mécanisés. Plusieurs dispositifs ont été développés en vue de rendre plus efficace la consommation énergétique des éléments mécaniques à l'intérieur de la ferme. Un point critique dans la production laitière est le refroidissement du lait. Cette opération consomme beaucoup d'énergie, près du quart de la consommation en électricité, et permet un lait de meilleure qualité quand l'opération est exécutée rapidement. Pour y parvenir plus rapidement tout en consommant moins d'énergie, un pré-refroidisseur ou un échangeur à plaque semble être la solution. Il s'agit d'un échangeur à plaque entre le lait et l'eau froide qui permet d'abaisser la température du lait de 36°C (pis de la vache) jusqu'à 13-20°C (Union des producteurs agricoles, Hydro-Québec et Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (2008)). En plus de refroidir le lait, l'eau tiède qui ressort du système peut être utilisée pour les abreuvoirs des animaux. Le récupérateur de chaleur est un autre type de dispositif qui agit de la même manière, mais qui cherche plutôt à préchauffer l'eau avant de la chauffer pour le lavage des équipements servant à la traite. Ce type d'équipement dépendamment de l'importance de la production permet des économies substantielles pouvant aller jusqu'à plus de 1000\$ sur la facture d'électricité des producteurs laitiers.

L'implantation de systèmes automatisés activés par des minuteries ou des capteurs permet aussi des économies d'énergie. L'exemple le plus fréquent est la gestion de l'éclairage par minuterie qui offre la possibilité de gérer les lumières en fonction des heures de la journée. Ce dispositif évite la surconsommation d'électricité tout en satisfaisant une photopériode constante pour le troupeau. Sur le plan des façades, ces éléments pourraient amener la conception d'éléments mécaniques

automatisés qui répondraient aux stimuli intérieurs et extérieurs. Que ce soit des brise-soleil qui s'adaptent automatiquement ou des panneaux laissant entrer plus ou moins d'air pour la ventilation. Un système déjà présent sur le marché présente des solutions intéressantes sur le plan de la ventilation et de l'éclairage naturel. Il s'agit du système de rideau d'air de la compagnie Ventec Ventilation, une cloison de plastique laissant pénétrer la lumière et pouvant être gonflé ou dégonflé pour permettre l'entrée d'air dans le bâtiment. Lorsque le rideau est gonflé, il offre une barrière aux vents et une certaine isolation thermique. La figure 16 présente une vue du rideau d'air gonflé et dégonflé. Le système peut être contrôlé automatiquement ou manuellement grâce à un panneau de contrôle relié à des sondes analysant les ambiances intérieures. Il est intéressant de pouvoir observer les innovations dans le domaine du bâtiment agricole qui tentent d'améliorer la gestion des ambiances. Ce système ne sera pas utilisé dans le projet pour permettre le développement d'un système architectural plus complet. Cependant, il représente une alternative très intéressante au plan des ambiances physiques.



Figure 16: Rideau d'air - source: www.ventecventilation.ca

1.3 Qualité de vie liée au bâtiment

Le confort des bêtes est grandement lié aux besoins physiologiques de ceux-ci. Il ne s'agit cependant pas du seul facteur qui influence la production des animaux. Le sentiment de bien-être est associé à des besoins plus psychologiques comme la santé ou le niveau de stress qui est en lien direct avec les espaces de vie qui accueillent les bovins. L'objectif de l'essai n'étant pas de connaître tous les aspects de la production laitière en détail, la santé et la sécurité ne seront qu'effleurés pour démontrer l'importance qu'elles peuvent prendre dans un tel projet.

1.3.1 Qualité de vie et santé

Pour permettre une production maximale du troupeau, il est important que les animaux soient en santé. Des animaux malades produisent moins et risquent de contaminer le reste du troupeau. Les principales pathologies que l'on retrouve dans le domaine de la production laitière touchent le système respiratoire, le système locomoteur, l'appareil digestif, la mamelle et la reproduction (Fostier 1985). Les sources de problème de santé en lien avec le bâtiment doivent être connues pour permettre de les éviter lors de la conception. Les sources plus fréquentes sont les problèmes thermiques qui sont en lien avec la ventilation, les types de revêtements de sol, l'aménagement des logettes de repos, la quantité, la dimension et l'accès à la nourriture, ainsi que l'hygiène générale des installations. Tous ces éléments du bâtiment ont un rôle important à jouer dans la santé et la production du troupeau. La santé des gens qui travaillent dans ces lieux est aussi primordiale. Les problèmes les plus souvent rencontrés sont les traumatismes qui peuvent être liés aux chutes ou à la cohabitation avec les bovins.

La santé des habitants et des utilisateurs a donc dicté certains choix matérialisés dans le projet. Le premier étant de limiter les contacts directs entre les bêtes et les gens qui travaillent à la ferme en créant des espaces distincts pour chacun. Le bâtiment se divise donc en quatre espaces de vie accueillant les animaux et où l'homme n'a que très peu de manipulations à réaliser. Ces espaces de vie sont tous interreliés par une colonne vertébrale, l'allée d'alimentation, qui est réservée à l'homme et à la machinerie. Au centre du bâtiment, on retrouve les espaces où l'homme et les bêtes entrent en contact deux fois par jour lors de la traite. Une mezzanine au dessus de cet espace permet cependant de traverser le bâtiment sans avoir à côtoyer les animaux, tout en offrant la possibilité de les observer de haut. La figure 17 illustre la mezzanine qui permet d'observer les animaux qui se trouvent autant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Un élément souvent négligé sur le plan de la santé du troupeau dans les bâtiments de ferme est un espace spécialement prévu pour le traitement des bovins. L'aménagement d'une infirmerie dans le bloc central permet donc d'offrir des soins de meilleure qualité au troupeau tout en facilitant le travail des vétérinaires. Pour plus de détails, consulter les plans qui se trouvent sur les planches de présentation du projet en annexe 1.



Figure 17: Vue vers cour extérieure de la mezzanine - source: illustration de l'auteur

1.3.2 Qualité de vie et sécurité

Des animaux qui ne se sentent pas en sécurité et qui sont stressés mangent moins et produisent donc moins de lait. Les équipements mobiles, la cohabitation homme/bête et le comportement des animaux sont tous des éléments qui influencent la sécurité à l'intérieur d'une ferme. Connaître le comportement des vaches permet de prévoir des aménagements qui vont limiter leur niveau de stress. Un nombre convenable de places aux mangeoires, d'abreuvoirs et de logettes de repos permet d'éviter les affrontements entre les sujets dominants et les dominés. Des circulations suffisamment larges sans obstacles ni cul-de-sac permettent aussi de limiter ces situations (BTPL 2001). La configuration des espaces intérieurs offre la possibilité d'aménager des lieux où les gens qui y travaillent peuvent être séparés des animaux pour ainsi être en sécurité en limitant les contacts, tout comme il fût présenté dans la section précédente.

L'essai (projet) propose un nouveau modèle de ferme qui tente d'améliorer le confort des bêtes, mais aussi de diminuer leur niveau de stress grâce aux aménagements. Présentement la plupart des fermes modernes sont en stabulation libre, c'est-à-dire que les animaux sont libres de se déplacer, de manger et de se reposer quand ils le désirent à l'intérieur du bâtiment. Il s'agit déjà d'un grand pas sur le plan de la qualité de vie des animaux en comparaison aux bâtiments plus anciens où les bêtes étaient toutes attachées et n'avaient donc aucune liberté de mouvement. Dans le projet, l'innovation à ce niveau est de proposer une extension de la stabulation libre vers des cours extérieures attenantes aux aires de vie où les animaux seraient libres d'entrer et de sortir à

leur guise. Les animaux auraient aussi tous accès à l'allée d'alimentation de la cour extérieure ce qui offre plus de liberté au troupeau. Ce type d'aménagement amorce un retour des bêtes vers la nature et un mode de vie moins contraignant. L'ajout d'une cour extérieure permettra aux bovins de gérer leur confort et leur niveau de stress en leur offrant des espaces de vie plus diversifiés. La figure 18 présente le schéma d'évolution du projet vers la nature en se basant sur les éléments forts du site, comme les boisés, les champs et la rivière qui peuvent se traduire en espace architectural sensible dans le bâtiment. On constate donc que le modèle qui en résulte est beaucoup moins compact que la ferme traditionnelle, ce qui favorise l'insertion d'espaces intermédiaires protégés permettant d'optimiser le rapport intérieur-extérieur pour les usagés.

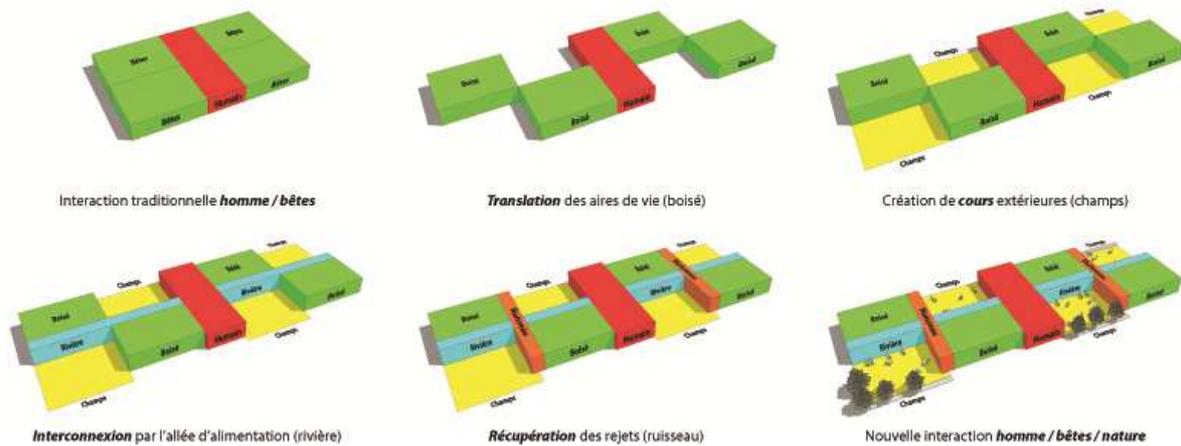


Figure 18: Schéma d'évolution vers la nature - source: illustration de l'auteur

1.4 Besoins des agriculteurs / gestion du troupeau

Au plan de la gestion d'une production laitière, plusieurs éléments doivent être pris en considération pour aider l'agriculteur à bien performer dans son entreprise. La régie de l'élevage doit lui permettre de bien faire son travail et facilement. Que ce soit par le choix du système de traite utilisé, du type de stabulation, du moyen de nourrir les bêtes ou par la méthode de gestion du lisier (BTPL 2001). Ces systèmes ne seront pas expliqués en détail pour ne pas surcharger ce travail d'éléments techniques. Cependant, ces choix auront une grande influence sur la forme que prendra le bâtiment qui les accueillera. Par exemple, un bâtiment où les animaux sont en stabulation libre et doivent circuler pour se rendre au salon de traite sera de plus grande dimension qu'une ferme où les animaux sont attachés et traités à l'aide d'un système portatif. Il doit

donc y avoir un travail de réflexion pour permettre au troupeau et au producteur de trouver leur compte dépendamment de la grosseur du troupeau ainsi que du type de régie désiré. L'élaboration et la programmation du bâtiment doivent servir et faciliter l'intégration de ces systèmes de gestion du troupeau. Pour y parvenir, des fermes présentant des aménagements et une régie de troupeau différente ont été observées lors de la préparation de l'essai (projet). Il fut alors possible d'étudier différents systèmes et leur fonctionnement. Une entrevue avec le propriétaire de chaque élevage fut aussi réalisée pour mieux comprendre les besoins de ceux-ci et connaître ce qu'ils aiment ou n'aiment pas de leur aménagement. Leurs réponses ont permis d'établir les besoins du projet et d'intégrer des aménagements qui ont fait leur preuve, comme le salon de traite et l'alimentation par système RTM (ration totale mélangée).

Chapitre 2. Le projet

AGRI.TECTURE - Le confort des bovins laitiers par le retour à la nature de l'architecture rurale

Le projet consiste à concevoir un nouveau modèle de ferme laitière plus flexible et mieux adapté aux besoins des animaux et des gens qui y travaillent, tout en s'inspirant du site d'intervention. Le bâtiment ainsi obtenu remplacera la ferme existante située à Irlande qui est en très mauvais état et qui s'adapte difficilement aux nouvelles méthodes de travail et aux technologies récentes. La figure 19 expose le bâtiment de ferme actuel datant des années 40. Pour ce faire, le bâtiment existant sera démonté et la structure de bois d'œuvre sera conservée pour ensuite être réutilisée dans le nouveau projet. La fosse à lisier actuelle étant un investissement d'importance sera conservée, ce qui engendre des contraintes pour l'implantation du futur bâtiment qui devra aussi être connecté à cette infrastructure. Pour ce qui est du silo vertical, élément signal de nos campagnes, il ne peut rester en place en raison de l'état dégradé de sa base. Les blocs de béton qui le forment pourraient cependant être réutilisés comme masse thermique à l'intérieur du bâtiment, ce qui donnerait une nouvelle vie à cette imposante structure rurale. Le nouveau bâtiment deviendra lui-même un élément marquant du paysage qui remplacera d'une certaine manière le silo démantelé.



Figure 19: Ferme A. et L. Beaudoin (Irlande, Québec)

La mission derrière ce projet est de créer une ferme laitière qui évolue vers la nature pour permettre aux animaux et aux gens à l'intérieur d'être plus confortables. Ici, le terme "retour à la nature" utilisé dans le titre représente le désir de s'inspirer de la nature même du site, de laisser les animaux libres de gérer leur confort et aussi d'implanter des systèmes passifs utilisant les éléments naturels pour contrôler les ambiances intérieures.

Il est important que le bâtiment soit conçu principalement pour le confort des bêtes étant donné qu'ils y vivent à plein temps. L'utilisation des principes bioclimatiques comme l'éclairage et la ventilation naturelle ainsi que l'emploi de masse thermique permettent de gérer les ambiances intérieures tout en limitant la consommation d'énergie. Pour maximiser l'emploi de ces principes, l'étude de site aura permis de positionner et d'orienter le bâtiment en fonction des conditions environnementales. En lien avec les éléments soulevés précédemment dans l'essai, le contrôle des ambiances lumineuses et thermiques doit offrir aux animaux des espaces confortables propices à la production. La toiture développée pour le projet aide à remplir cette tâche, que ce soit pour laisser pénétrer plus de lumière ou pour maximiser la ventilation naturelle.

Le programme de la nouvelle ferme intègre les principes de fonctionnalité et de sécurité pour faciliter le travail des agriculteurs et aussi permettre une très bonne cohabitation entre l'homme et la bête. Les différents choix associés à la gestion du troupeau affectent également le programme spatial de la ferme. Les éléments de base de la régie d'une production laitière peuvent être regroupés en quatre catégories soit le type de stabulation, la méthode de traite, le moyen d'alimenter le troupeau et le système de récupération des déjections. Les différentes options sont choisies en fonction des besoins du producteur. Dans ce cas-ci, les besoins sont l'amélioration et la diminution de la charge de travail pour permettre une meilleure production et des coûts de main-d'œuvre moins importants. Pour ce qui est des animaux, une attention particulière est portée à la qualité de vie de ceux-ci, ce qui rejoint le choix fait plus tôt d'étendre les aires de vie au-delà des murs du bâtiment. La liberté d'action des bêtes qui en résulte est un grand pas vers une gestion plus naturelle et respectueuse du troupeau.

Le projet d'aménagement d'une ferme laitière d'un nouveau genre qui est proposé à Irlande dans la région de Thetford Mines cherche donc à innover sur le plan de l'apport de l'architecture à la production laitière de par l'intégration des principes de bioclimatique, de programmation et d'interprétation de la nature du site.

2.1 Méthodologie

Pour mieux comprendre le fonctionnement et les différents types de gestion des fermes laitières, quatre visites de fermes comportant des aménagements différents ont été réalisées.

- **Ferme A. et L. Beaudoin** (Irlande) Producteur : M. Antoine Beaudoin
- **Ferme Léo Couture et fils** (Thetford Mines) Producteur : M. Réal Couture
- **Ferme Ste-Sophie** (Sainte-Sophie-De-Levrard) Producteur : M. Roger Beaudet
- **Ferme Couture Holstein** (Thetford Mines) Producteur : M. Guy Couture

Premièrement, pour chaque ferme une série de questions fut posée aux propriétaires pour en connaître un peu plus sur eux et sur leur entreprise. Par la suite, une visite complète des installations est réalisée accompagnée du propriétaire. Les principaux éléments observés sont le type de système de traite, le type de stabulation, le mode d'alimentation, le type d'appareils de nettoyage, le type d'éclairage, le type de ventilation, l'aménagement général du bâtiment et son fonctionnement. Pour chaque visite, M. Antoine Beaudoin propriétaire du bâtiment qui sert au projet de l'essai était présent pour poser des questions plus pointues grâce à son expérience dans le domaine. La prise de notes, de photos et le dessin d'un plan schématique du bâtiment permettent l'élaboration d'une fiche de visite complète pour chaque établissement. La fiche de visite, les questions ainsi que les réponses de chaque producteur sont jointes en annexe 2.

Lors de ces visites, il fut possible d'observer quatre types de système de traite soit la traite conventionnelle avec retrait automatique, le salon de traite avec retrait automatique, le carrousel de traite avec retrait automatique et un robot de traite complètement automatisé relié à un ordinateur. La figure 20 illustre les différents systèmes observés. Seule la traite conventionnelle demande que le producteur se déplace, pour tous les autres types ce sont les animaux qui le font, ce qui représente moins d'efforts de la part de l'agriculteur.



Figure 20: Systèmes de traite observés - source: photos de l'auteur

En terme de stabulation, deux types de régies furent observés, c'est-à-dire la stabulation entravée (attachée) et la stabulation libre. Il fut remarqué que le choix du type de stabulation influence grandement les dimensions du bâtiment. Des animaux libres demandent beaucoup plus d'espace étant donné qu'ils réalisent leur exercice à l'intérieur. L'observation de différents modes d'alimentation et de nettoyage de la ferme conclut les observations faites lors de ces visites. Pour ce qui est de l'alimentation, le type RTM (ration totale mélangée) semble très apprécié, il est possible de la distribuer à l'aide de machineries agricoles ou par convoyeurs automatisés. Le système de nettoyage quant à lui semble grandement tourné vers les raclettes de surface automatisées qui sont des installations simples d'utilisation et d'entretien. Les photos en figure 21 présentent un mélangeur RTM qui fonctionne grâce à un tracteur, ainsi qu'un système de raclette de surface tracté par un câble.



Figure 21: Mélangeur RTM et raclette de surface - source: photos de l'auteur

Pour pouvoir comparer les aménagements actuels de la ferme aux aménagements proposés dans le projet, un relevé des ambiances physiques et des aménagements fût réalisé. Il consistait en la prise de notes et de données sur la température, les vents et la quantité de lumière. Des photos prises à l'aide d'une caméra thermique ont permis l'analyse des ambiances thermiques que l'on retrouve dans la ferme. Des photos HDR (high dynamic range) et des rendus fausses couleurs¹ ont aussi été réalisés pour en savoir un peu plus sur les ambiances lumineuses. Vous trouverez en annexe 3 le tableau annoté, les images thermiques, photos HDR, rendus fausses couleurs et la position en plan des points de mesure. En complément de ces informations, vous trouverez en annexe 4 une étude plus exhaustive en lien avec le projet qui traite des ambiances lumineuses, thermiques et acoustiques réalisée dans le cadre du cour d'Ambiances physiques architecturales et urbaines.

2.2 Le site

Le site qui sert au projet est situé dans la région de l'Amiante sur la route Roberge dans la municipalité d'Irlande tout près de Thetford Mines. Le choix de ce site s'explique par le fait qu'il s'agit de la ferme familiale qui est exploitée depuis maintenant trois générations et que le propriétaire actuel démontre un désir de modifier ou de remplacer le bâtiment grandement désuet. La figure 22 présente la localisation de la ferme, ainsi que les principaux points d'intérêts que l'on retrouve à proximité. Le site est établi en milieu rural montagneux où l'agriculture est une

¹ Image qui permet de schématiser la luminosité par un gradient de couleur (jaune étant très lumineux et bleu peu)

activité très présente. On ne dénombre pas moins de 6 fermes laitières dans un rayon de 2 kilomètres à proximité du site choisi. En annexe 5, on retrouve une photo du caractère architectural de chaque ferme, ainsi qu'une analyse de site et des photos panoramiques présentant le paysage environnant.



Figure 22: Localisation ferme A. et L. Beaudoin - source: Google maps adapté par l'auteur

L'étude des conditions climatiques propre au site permet de faire un choix d'implantation en vue d'utiliser le plus possible les systèmes passifs. La direction des vents ainsi que la course du soleil sont les deux principaux points à étudier pour permettre une ventilation et un éclairage naturel. La figure 23 illustre la direction et la fréquence des vents selon les saisons. On remarque une légère variation de la direction et de la fréquence selon les saisons, mais se sont les vents de l'ouest-sud-ouest qui sont les plus importants tout au long de l'année. Ce sont ces vents qui dictent l'implantation du bâtiment pour permettre une ventilation naturelle efficace. L'éclairage naturel étant lui aussi très important pour l'élaboration d'un bâtiment plus efficace énergétiquement, il est important que l'une de ces façades soit le plus possible orientée vers le sud. En observant l'orientation du bâtiment original de 1942 qui est au sud-ouest, on constate que cette orientation offre un compromis intéressant pour la ventilation et l'éclairage passif. Il fût donc choisi d'implanter le bâtiment proposé dans le même axe que l'existant. Ce choix implique que l'impact

sur le paysage rural actuel sera moins important qu'une toute nouvelle implantation ne respectant pas l'orientation de la ferme voisine.

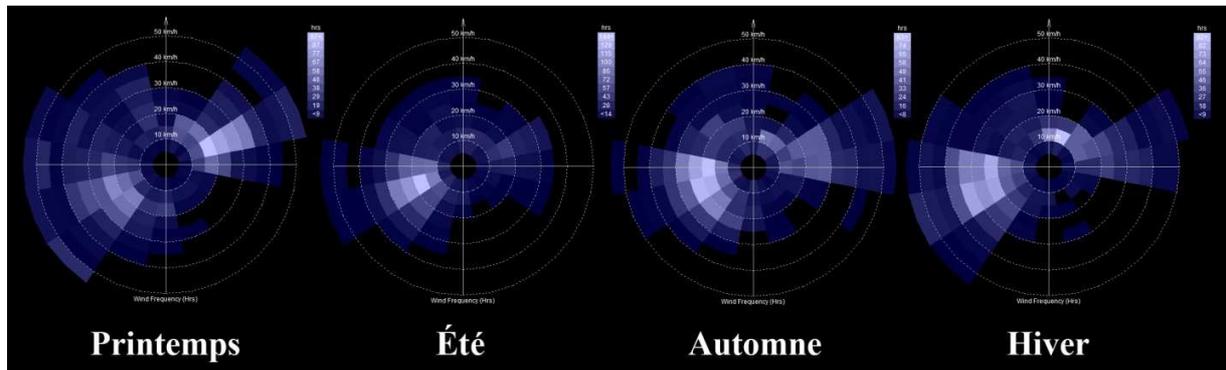
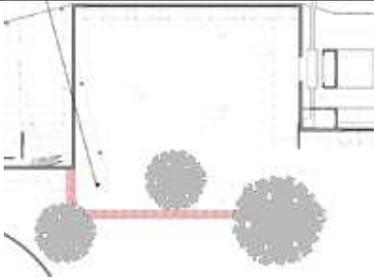
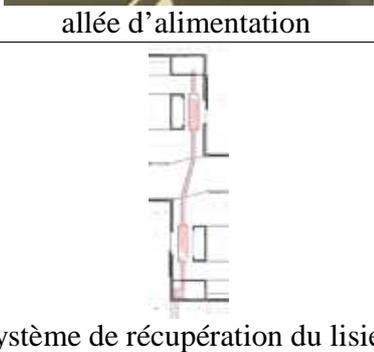
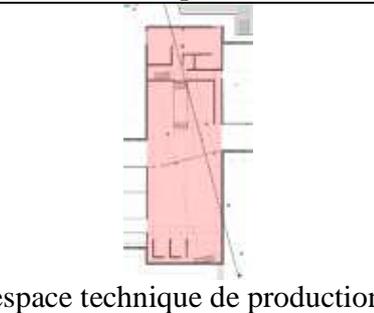


Figure 23: Vents selon les saisons - source: logiciel Ecotect

Le site étant bien connu de l'auteur par son caractère familial, facilite l'analyse et permet un développement du projet plus en lien avec celui-ci. Le désir d'intégrer des éléments du site dans la conception du projet a mené à l'association de différents lieux du site à des ambiances pouvant être recréées dans le bâtiment. Le tableau 6 présente ces associations entre le site et éléments du projet.

Tableau 6: Du site aux éléments bâtis		
Éléments du site	Ambiances relevées	Représentation dans le projet
 <p>Les champs</p>	<p>EXPOSITION (soleil / vent / pluie)</p>	 <p>cours extérieures</p>
 <p>Les digues</p>	<p>LIMITE (des champs)</p>	 <p>limite des cours extérieures</p>

	<p>PROTECTION (soleil / vent / pluie)</p>	
<p>La forêt</p>	<p>MOUVEMENT (de l'eau, point d'intérêt)</p>	
	<p>RÉCUPÉRATION (des eaux et drainage)</p>	
	<p>PRODUCTION (réalisé par l'homme)</p>	
		
<p>La rivière</p>		
<p>Les ruisseaux</p>		<p>aire de vie</p>
<p>Le construit</p>		<p>allée d'alimentation</p>
		<p>système de récupération du lisier</p>
		<p>espace technique de production</p>

2.3 Le programme

Pour ce qui est du programme, il dépend beaucoup des choix du producteur en fonction du nombre de bêtes et du type de gestion qu'il désire faire du troupeau. Le bâtiment proposé peut accueillir 180 bêtes, soit 80 en lactation, 20 hors production et environ 80 animaux de relève. Cela représente une augmentation d'environ 30 bêtes de plus que la production actuelle. Chacun de ces groupes requiert des espaces spécialement conçus selon leurs besoins pour faciliter le bon fonctionnement de la ferme. Comme mentionné plus haut, les animaux en production et hors

production ne requièrent pas la même photopériode, ce qui explique que certaines aires de vie sont au sud et que d'autres sont au nord. Pour ce qui est du programme général, il se divise en trois grandes catégories. Premièrement, les espaces pour les bêtes qui incluent quatre aires de vie ainsi que leur cour extérieure. En second, les espaces réservés à l'homme qui comprennent les bureaux, la laiterie, les salles mécaniques, l'atelier de réparation, l'allée d'alimentation et la mezzanine, laquelle sert aussi pour l'entreposage de la paille. Finalement, les espaces mixtes eux sont les endroits où l'homme et les bovins doivent cohabiter, et comprennent le salon de traite ainsi que l'aire d'attente, l'infirmerie et les enclos de vèlage. La figure 24 présente l'organisation des espaces du projet sous forme d'organigramme.

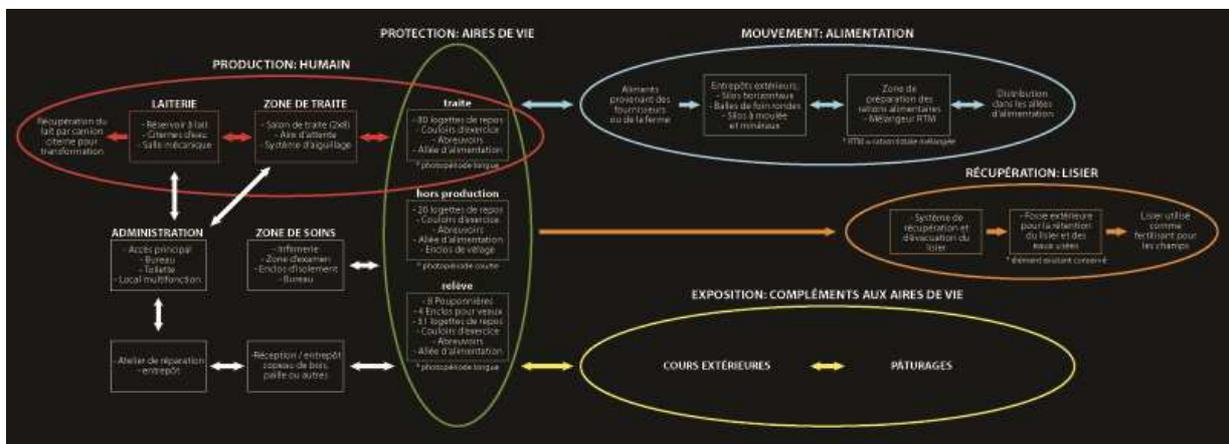


Figure 24: Organigramme des espaces - source: illustration de l'auteur

Une diminution de la charge de travail et des coûts de main-d'œuvre doit être visée pour permettre une production plus rentable, ce qui implique une programmation de l'espace sensible aux tâches et aux déplacements des gens à l'intérieur du bâtiment. Dans cette optique, la stabulation libre semble plus appropriée pour limiter les déplacements des employés lors de la traite tout en ne brimant pas la liberté de mouvement des animaux. Il en résulte un bâtiment aux dimensions plus importantes étant donné que l'aire réservée aux animaux inclut des circulations pour l'exercice de ceux-ci. Ce type de régie, couplé à des cours d'exercice extérieures, permet un confort maximal chez les animaux et risque donc d'augmenter leur production. Étant donné le nombre de vaches à traire et le désir de diminuer la charge de travail, le salon de traite de 16 places (2x8) semble être le plus approprié. Il permet de limiter la traite à un seul individu tout en permettant une position ergonomique sécuritaire et en limitant les déplacements à la fosse de

traite. Le robot de traite aurait aussi pu être une solution, mais 2 robots auraient été nécessaires pour l'ampleur du troupeau, ce qui représente des investissements importants. Ce type d'équipement limite aussi le contact avec les animaux et rend donc le suivi de leur santé plus difficile. De plus, les robots de traite requièrent un téléavertisseur qui avertit le producteur en cas de problème de fonctionnement, ce qui peut être contraignant. Le système d'alimentation du troupeau sera de type RTM (ration totale mélangée), permettant la préparation ainsi que la distribution de façon plus rapide et de grandes économies de main-d'œuvre. La distribution se fait à l'aide de machineries agricoles qui circulent au centre du bâtiment dans l'allée d'alimentation et qui permettent de desservir autant les aires de vie intérieure que les cours extérieures. Pour le système de nettoyage des aires de vie, les raclettes de surfaces semblent être le choix le plus approprié selon les observations faites lors des visites. Elles se déversent ensuite dans le dalot qui fonctionne grâce à la gravité et l'eau de pluie recueillie en toiture. Le dalot mène ensuite le lisier au système d'évacuation qui lui est relié à la fosse de rétention déjà présente sur le site.

Tous ces éléments techniques servent à diminuer la charge de travail et faciliter la gestion du troupeau. Pour permettre un confort optimal des animaux pendant toute l'année, il est important de bien comprendre le fonctionnement du bâtiment au fil du temps. Les cours d'exercices extérieures restent accessibles pendant toute l'année, ce qui permet aux animaux de prendre l'air et d'ajuster leur environnement selon leurs besoins respectifs. Pendant l'hiver, les panneaux mobiles de l'allée d'alimentation donnant sur les cours sont refermés pour conserver une température intérieure convenable pour les animaux. Au printemps et à l'automne, il est possible d'ouvrir une partie des panneaux pendant le jour et de les refermer lors des nuits fraîches. En été, les panneaux sont tous ouverts pour permettre une ventilation plus grande et offrir la possibilité aux animaux de se nourrir de l'extérieur. La figure 25 présente l'allée d'alimentation et les panneaux mobiles côté cour en partie ouverts.



Figure 25: Allée d'alimentation et panneaux mobiles - source: illustration de l'auteur

Conclusion

Le domaine de la production laitière est fortement influencé par le confort et le bien-être des animaux. Les ambiances thermiques et lumineuses sont à la base de ce confort et doivent être intégrées au processus de conception dès le début du projet. Ces mêmes éléments en plus de favoriser la production permettent de minimiser la consommation d'énergie si les moyens choisis lors de la création pour produire ces ambiances sont bioclimatiques. La qualité de vie des hommes et des bêtes qui se traduit par la santé et le sentiment de sécurité joue aussi un rôle important dans le bon fonctionnement d'un tel projet. Au plan de la gestion, les choix en lien avec la régie du troupeau comme le type de système de traite ou le type de stabulation auront beaucoup d'importance sur la forme du bâtiment, mais aussi sur la production des gens qui y travaillent. Le contact avec l'extérieur qui est délaissé depuis quelques années pour des bâtiments refermés sur eux-mêmes doit redevenir une variable permettant d'offrir de meilleures conditions aux animaux.

Ce processus de recherche-crédation qu'est l'essai(projet) a permis de faire avancer le développement d'un nouveau modèle de ferme québécoise en proposant des solutions adaptées autant aux besoins des animaux qu'aux gens qui y travaillent tout en recherchant un équilibre avec le site qui l'accueille.

Retour sur la critique

Suite à la présentation du projet lors de la critique finale, certains éléments ont soulevé des discussions et des commentaires. Le premier étant la toiture qui est très intéressante de par sa forme qui génère le bâtiment. La crainte d'un choix purement formaliste en lien avec le paysage est vite laissé de côté de par l'apport au projet de la toiture au plan de la lumière et du captage des eaux réutilisées à l'intérieur. Lors des critiques précédentes, la facture de la ferme avait un aspect industriel non désiré, le projet final a su se dégager de cette image en partie grâce aux matériaux utilisés et à la forme générale du bâtiment. La relation homme / bêtes / nature ouvre des portes intéressantes à développer dans le domaine de la production laitière et cherche à faire avancer les

modèles de fermes québécoises. L'allée d'alimentation qui est la colonne vertébrale du projet lie bien les aires de vie autant intérieure qu'extérieure par le principe de la nourriture. Elle aurait cependant pu être signifiée davantage dans la forme du bâtiment ou en toiture. Un autre point à améliorer qui fut soulevé lors de la critique, est le manque de contreventement de la structure. Une étude plus poussée de la plantation de sapin qui a inspiré cette structure pourrait permettre de trouver un élément qui agirait comme contreventement tout en respectant le concept de base. Un commentaire portait sur l'intégration du système d'éclairage artificiel à l'architecture, détail qui n'était pas développé dans le projet, mais qui nécessiterait une attention particulière pour ne pas dénaturer l'ensemble. Le dernier point soulevé est en lien avec le phasage du projet en vue de la construction. Il serait intéressant de ne pouvoir réaliser qu'une partie du bâtiment ou de penser à la connexion avec l'existant. L'implantation d'un système de cours extérieures fonctionnant autant avec le nouveau que l'existant semble être un défi très intéressant pour la suite du projet.

Bibliographie

- Biboud, Émilie. (2006) *Une ferme pour l'avenir: aménagement d'une ferme laitière caprine tournée vers le développement durable*. Essai (projet) en architecture, École d'architecture Université Laval, 53 p.
- Bureau Technique de Production Laitière. (2001) *Le logement du troupeau laitier: Conseiller et concevoir*. Paris: France Agricole, 192 p.
- Cloutier, Hélène. (2008) *Intégration au paysage rural naturel et bâti: Une exploitation agricole laitière en Beauce*. Essai (projet) en architecture, École d'architecture Université Laval, 120 p.
- Fortier, Michel. (1992) *Étude d'ambiance dans une étable solaire*. Québec: Le service, 31 p.
- Fostier, B. (1985) *Pathologie et logement des bovins: recommandation pour la conception, l'aménagement et l'équipement de bâtiments sains*. Paris : Institut technique de l'élevage bovin, 107 p.
- Guertin, Pierre S. (1989) *Méthodologie d'implantation des bâtiments et d'aménagement de la cour de ferme: le cas des établissements laitiers de Honfleur, comté de Bellechasse, Québec*. Québec : Université Laval : Service du génie du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, 101 p.
- Lafortune, Guylaine. (2004) *Un modèle architectural de ferme laitière adapté au développement des entreprises agricoles modernes selon la perspective du développement durable*. Essai (projet) en architecture, École d'architecture Université Laval, 59 p.

Livres consultés

- Bentley, Ian. (1985) *Responsive environments: a manual for designers*. London: Architectural Press, 151 p.
- Brown, G. Z. (2001) *Sun, wind & light: architectural design strategies*. New York: Wiley, 382 p.
- Duerk, Donna P. (1993) *Architectural programming: information management for design*. New York: Wiley, 258 p.
- Fernandez, Pierre. (2009) *Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements & méthodes*. Paris : Moniteur, 430 p.

Webographie

- Anderson, Neil. (2002) *Le comportement, le confort et la santé de la vache laitière*. Université de Sherbrooke : CRAAQ, 29 p. (Centre de référence en agriculture agroalimentaire du Québec)
(Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>
- Brodeur, Catherine et Durox, Claire. (2008) *Audit énergétique sommaire en production laitière*. CRAAQ (Document informatique) – <http://www.craaq.qc.ca>
- Cloutier C, Higgins R, Couture Y, Gagné N et Paradis P. (2000) *La prévention c'est pas si bête*. Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec
(Document informatique) – <http://www.csst.qc.ca>
- Dubreuil, Luc. (2006) *Luminosité et étables laitières*. Journées partenaires en production laitière : MAPAQ, 35 p. (Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec)
(Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>
- Lafontaine, Sylvia et Lefebvre, Daniel. (2007) *Le stress thermique: Produire du lait en été, c'est hot!* Valacta, 3 p. (Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>
- Lefebvre, Daniel. (2006) *Un nouvel éclairage sur l'importance de la lumière: Une bonne dose de vitamine L!* Valacta, 3 p. (Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>
- Lévesque, Pierre. (2004) *Comment les bâtiments et l'équipement influencent-ils la qualité du lait?* Symposium sur les bovins laitiers : CRAAQ, 18 p.
(Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>
- Prévost, Johanne. (2008) *La prévention des troubles musculo-squelettiques dans le secteur de l'agriculture*. Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec
(Document informatique) – <http://www.csst.qc.ca>
- Naud, Denis, Leblanc, Richard et Dubreuil, Luc. (2006) *La ventilation longitudinale dans les étables laitières*. MAPAQ, 8 p. (Document informatique) – <http://www.csst.qc.ca>
- Union des producteurs agricoles, Hydro-Québec et Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec. (2008) *L'efficacité énergétique dans le secteur laitier*. 6 p.
(Document informatique) – <http://www.agrireseau.qc.ca>

Annexe 1: Planches de présentation du projet

AGRI.TECTURE - le confort des bovins laitiers par le retour à la nature de l'architecture rurale

Etat actuel et à la fin de l'étude de préconception - Anthony J. Lussier

OPPORTUNITÉS ET DÉFIS

Existant (150 bêtes)

- Énergie consommée
- Maintien
- Aliments
- Le produit
- Ventilation artificielle
- Ventilation naturelle
- Lumière artificielle
- Lumière naturelle
- Eau

CONFORT et PRODUCTION

Projeté (180 bêtes)

- Ventilation: 0,24 à 0,5 fois
- Jour: 10h à 250 lux
- Nuit: 8h
- Humidité: 70 à 80%
- Température: 10°C

PRÉCÉDENTS

Thermique

photo HDR

rendu bases couleur

caméra thermique

Mise d'insolation

Circulation secondaire

Étable, Lignères, Suisse (Localarchitecture)

Structure de bois

Ferme laitière, Bâle, Suisse (P.A.B. - forschungs- und Architekturbüro)

Branches de boisier

Intégration au paysage

ANALYSE DE SITE

DU SITE AUX ÉLÉMENTS BATIS

- Les champs = EXPOSITION soleil / vent / pluie
représentation = cours extérieures
- La forêt = PROTECTION soleil / vent / pluie
représentation = aires de vie
- La rivière = MOUVEMENT de l'eau, point d'intérêt
représentation = allées d'alimentation
- Les ruisseaux = RÉCUPÉRATION des eaux et drainage
représentation = système de récupération du lisier
- Le construit = PRODUCTION réalisée par l'homme
représentation = Espace technique de production

ORGANISATION DES ESPACES

PRODUCTION HUMAIN

- LAITIÈRE: Recupération du lisier, production de lait, zone de traite
- ADMINISTRATIVE: Accueil, bureau, local machines
- Zone de traite: Accueil, zone de traite, zone de traite
- Zone de soins: Accueil, zone de soins, zone de soins
- Recupération / entretien: Accueil, zone de maintenance, zone de maintenance

PRODUCTION LIÈRE

- Zone de production: Zone de production, zone de production
- Zone de stockage: Zone de stockage, zone de stockage
- Zone de distribution: Zone de distribution, zone de distribution

PROTECTION AIRES DE VIE

MOUVEMENT HUMAIN

MOUVEMENT LIÈRE

EXPOSITION: COMPLÈMENTS AUX AIRES DE VIE

COUIRS EXTÉRIEURS

PATURAGES



PAYSAGE ENVIRONNANT

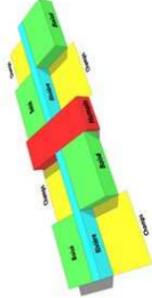


ACCÈS NORD - EST

ÉVOLUTION VERS LA NATURE



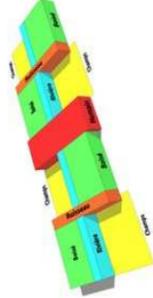
Interaction traditionnelle **homme / bêtes**



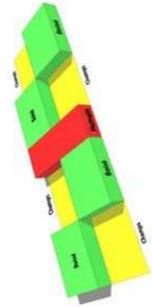
Interconnexion par l'allée d'alimentation (rivière)



Translation des aires de vie (boisé)



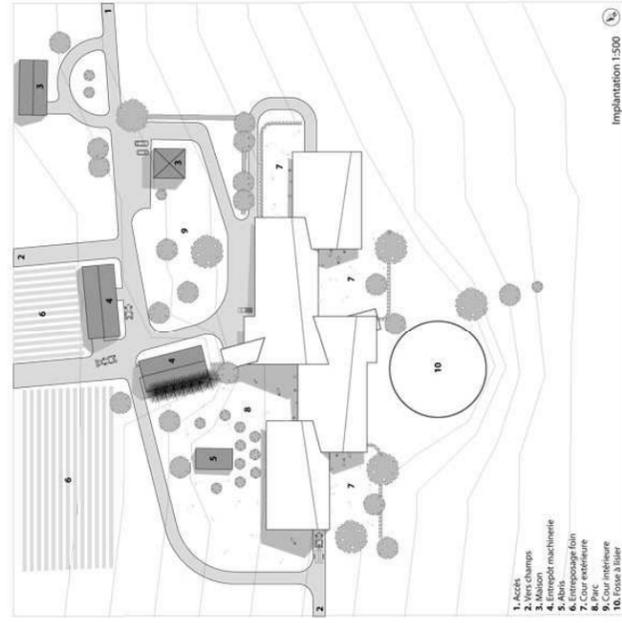
Récupération des rejets (ruisseau)



Création de **cours** extérieures (champs)



Nouvelle interaction **homme / bêtes / nature**



ACCÈS SUD - EST



SUD - OUEST 1:200



COURINTÉRIEURE - 21 avril 10h



SUD - EST 1:200



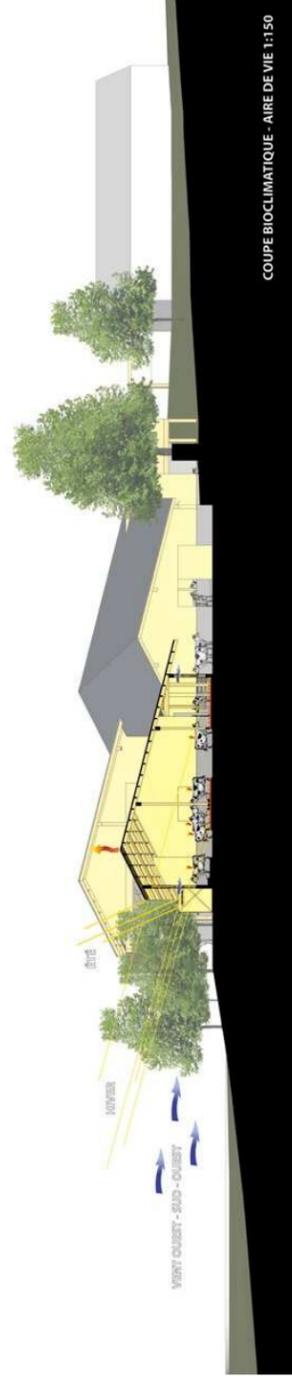
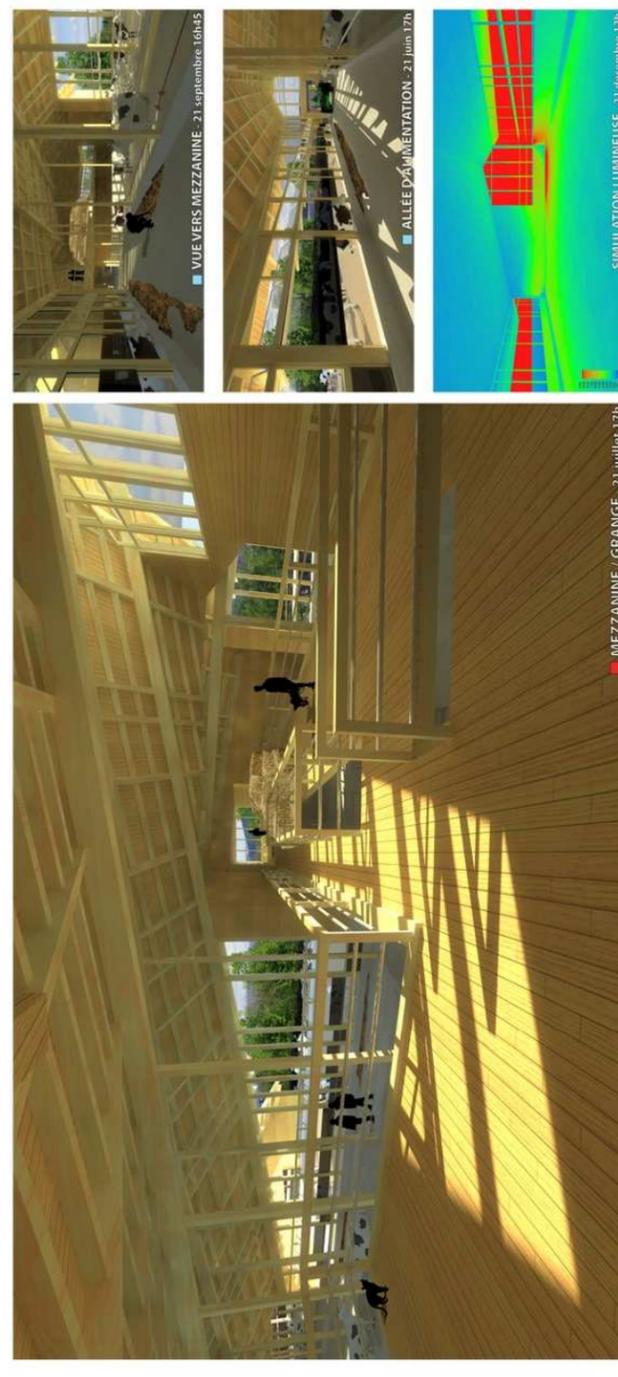
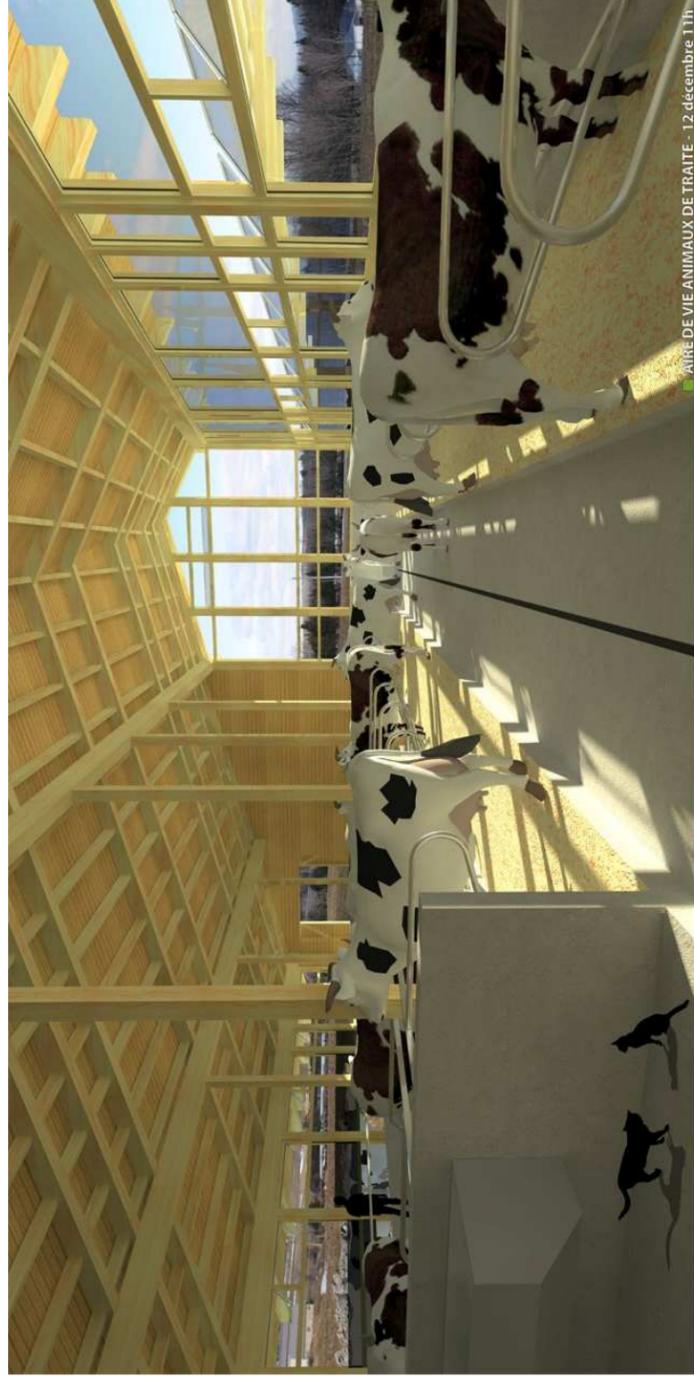
NORD - EST 1:200



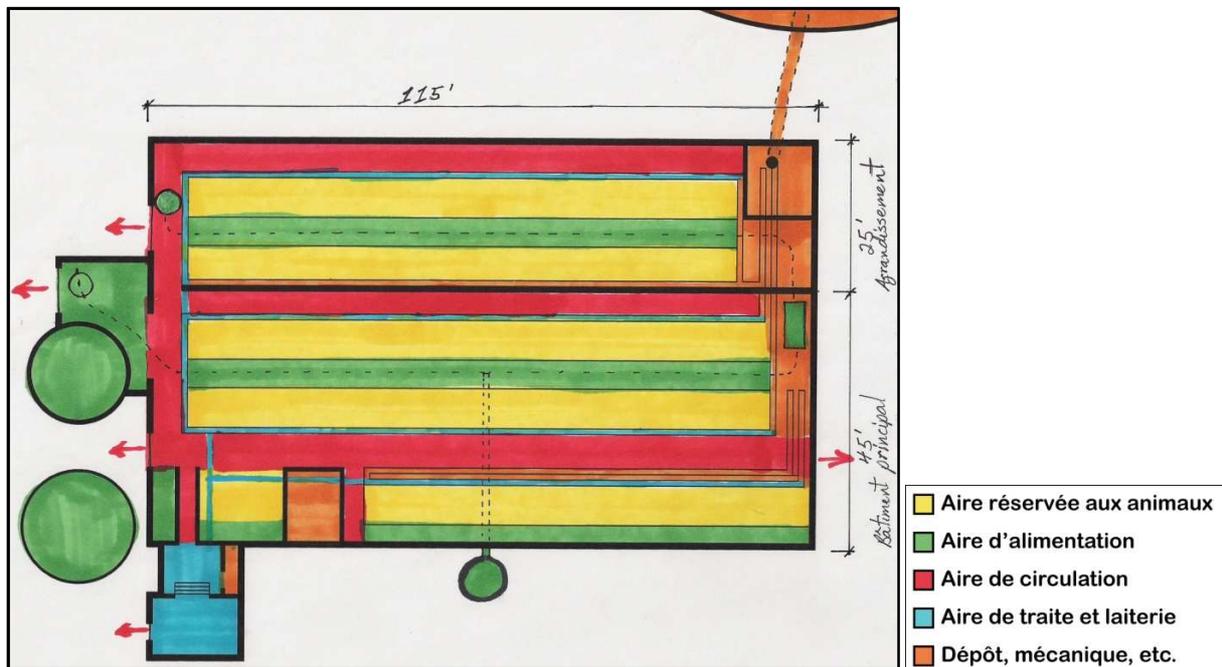
COUR EXTERIEURE - 21 mars 10h



NORD - EST 1:200



Annexe 2.1: Fiche de visite (Ferme A. et L. Beaudoin - Irlande)



Bâtiment principal 1942 et agrandissement 1997

Troupeau de 150 bêtes

- 70 en lactation
- 15 tarées (hors production)
- 65 animaux de relève

2 employés temps plein (de fin de semaine 1/2).

Stabulation: entravée (1 logette / animal).

Type de traite: 7 retraits automatiques portatifs (dois déplacer le retrait pour chaque vache).

Alimentation: distribué par robot, par chariots mécaniques et à la main.

Nettoyage: litière de paille, système à palettes et dalots.

Lumière: 100% artificiel (200 lux au centre des allées d'alimentation).

Ventilation: mécanique, effet tunnel (4 ventilateurs).

Annexe 2.1: Questionnaire au producteur (Ferme A. et L. Beaudoin - M. Antoine Beaudoin)

1. Depuis combien de temps travaillez-vous sur une ferme? (employé, propriétaire)

Depuis sa jeunesse, il a été élevé sur la ferme familiale. Vers l'âge de 16 ou 17 ans, il commence le travail à temps plein (depuis maintenant 34 ans). Il est propriétaire depuis 1983 et a acquis la ferme à l'âge de 23 ans.

2. Avez-vous fait des études spécialisées en agriculture ou suivi des formations sur le sujet?

Plusieurs formations dans le domaine; santé animale, comptabilité 1 et 2, taillage de sabot et alimentation.

3. Comment avez-vous acquis votre ferme? (ferme familiale ou autre)

Il s'agit de la ferme familiale (3es générations).

4. Quel type de production opérez-vous? (combien d'animaux en production, vache tarie, relève)

Production laitière d'environ 70 animaux pour la traite, 15 vaches hors production et 65 animaux de relève. Troupeau total d'environ 150 têtes.

5. Avez-vous des employés? Si oui, combien et quels sont leurs horaires? (temps plein, soir, fin de semaine.)

Oui, deux employés temps plein qui travaillent une fin de semaine sur deux. Un travail l'avant-midi et l'autre le soir pendant la majeure partie de l'année. L'horaire est plus chargé lors de la période des travaux dans les champs.

6. Quel type d'équipements utilisez-vous à l'intérieur de la ferme? (type de traite, alimentation, nettoyage)

Pour la traite, il s'agit de retraits automatiques portatifs (il doit se déplacer pour chaque animal). Pour l'alimentation, un robot s'occupe de la moulée pour chaque animal et un autre distribue le repas de foin. Un chariot motorisé permet de faciliter la distribution de l'ensilage qui est entreposé dans un silo vertical. Pour le nettoyage, 3 systèmes à palette se déplacent dans des dalots qui mènent les déjections vers l'évacu-air et la fosse.

7. Quels moyens utilisez-vous pour contrôler les ambiances intérieures? (lumière, ventilation, chauffage)

Les néons sont la principale et pratiquement la seule source de lumière à l'intérieur. Une ventilation mécanique de type tunnel est possible grâce à 4 ventilateurs situés à une extrémité du bâtiment. Aucun chauffage n'est utilisé dans l'espace des animaux, les murs sont uniquement isolés (chauffage dans la laiterie). Aucun dispositif n'est présent pour le contrôle de l'humidité.

8. Avez-vous modifié la ferme? (changement dans l'aménagement, agrandissement, nouveaux bâtiments)

Installation du système d'alimentation robotisé (1991). Modification à une allée pour permettre d'y traire des animaux (1993). Agrandissement de 115pi x 25pi sur le côté et installation de la fosse à lisier et équipements connexes (1997). Modification à l'agrandissement pour permettre la traite (2004).

9. Est-ce que l'aménagement de votre ferme est adapté à vos besoins et facilite le travail et les déplacements?

+ ou - beaucoup de déplacement pour la traite, mais moins pour l'alimentation.

10. Qu'est-ce que vous aimeriez changer à vos aménagements actuels pour améliorer votre ferme?

Positionner les vaches de façon à n'avoir qu'une allée pour traire deux rangées de vache (moins de déplacement) ou le mieux serait un salon de traite et des animaux en stabulation libre (les animaux se déplacent pour la traite). Une autre étable à stabulation libre pour les animaux hors production et la relève (moins d'entretien). Pour l'alimentation un système RTM (ration totale mélangée) pour accélérer l'alimentation.

11. Qu'est-ce qui selon vous fonctionne bien sur votre ferme?

L'alimentation du troupeau est rapide dû à aux animaux qui se font face (une allée permet de nourrir deux rangées).

12. Avez-vous déjà entendu parler de développement durable dans le domaine de l'agriculture?

(À quoi cela vous fait-il penser?)

La protection des cours d'eau, la gestion des émissions de phosphore et les engrais chimiques.

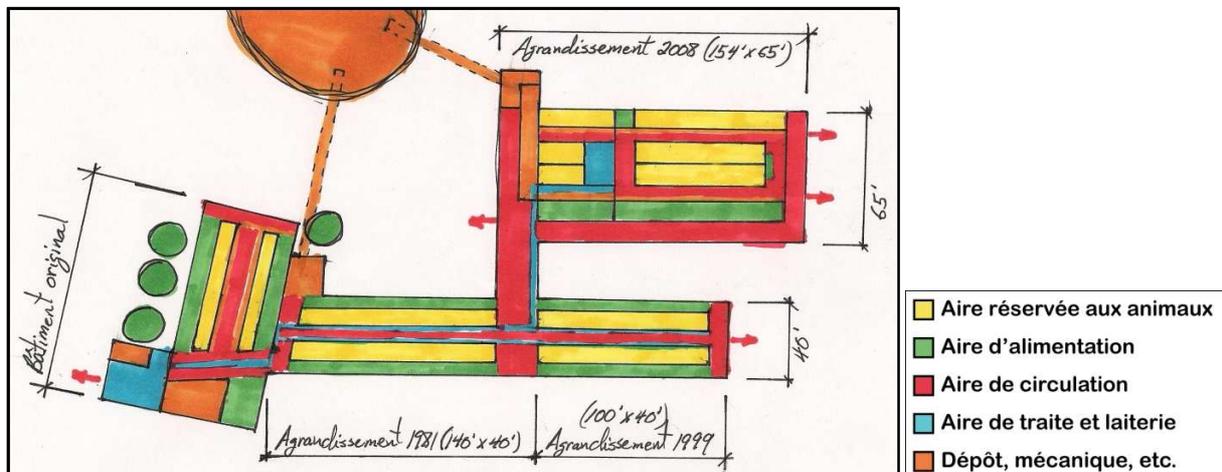
13. Appliquez-vous des principes de développement durable sur votre ferme? (bâtiments, aménagement)

Pour la protection des cours d'eau = bandes riveraines et abreuvoirs dans les champs. Respect des dates et des quantités pour l'épandage du lisier (selon les recommandations de l'agronome). Pré refroidisseur à plaque pour le refroidissement du lait permet une diminution de la consommation d'électricité. Changement des ballasts et néons pour l'économie d'énergie grâce à une subvention d'Hydro-Québec.

14. À quoi ressemblerait la ferme idéale à votre avis?

Cela dépend de la grosseur et du type de régie que l'on veut avoir. Une étable à stabulation libre avec un salon de traite et un système de RTM serait une solution très intéressante pour les besoins de l'entreprise.

Annexe 2.2: Fiche de visite (Ferme Léo Couture et fils - Thetford Mines)



Bâtiment original transformé pour la relève + agrandissements 1981, 1999 et 2008

Troupeau de 245 bêtes

- 115 en lactation
- 20 tarées (hors production)
- 110 animaux de relève

2 employés temps plein (de fin de semaine 1/2)

1 employé temps partiel

Stabulation: libre dans l'agrandissement de 2008 et entravé pour le reste.

Type de traite: : retraits automatiques sur rail (l'opérateur n'a pas à soulever le retrait) et robot de traite automatique avec relevé informatique dans le dernier agrandissement.

Alimentation: distribué par robot, par chariots mécaniques et à la main.

Nettoyage: litière de paille, système à palettes et dalots dans les parties plus anciennes. Raclettes de surface 2008.

Lumière: système hybride naturel/ artificiel (panneaux vitrés au mur et fluorescents) 150 lux près de l'allée d'alimentation.

Ventilation: 100% naturelle, de type transversal et par effet de cheminée (panneaux mobiles au mur et cheminées d'extraction au toit).

Annexe 2.2: Questionnaire au producteur (Ferme Léo Couture et fils - M. Réal Couture)

1. Depuis combien de temps travaillez-vous sur une ferme? (employé, propriétaire)

Depuis sa jeunesse, employé par son père vers l'âge de 17 ans. Il est propriétaire depuis 1981.

2. Avez-vous fait des études spécialisées en agriculture ou suivi des formations sur le sujet?

Quelques formations. (Étude pour être machiniste avant d'être agriculteur)

3. Comment avez-vous acquis votre ferme? (ferme familiale ou autre)

Ferme familiale

4. Quel type de production opérez-vous? (combien d'animaux en production, vache tarie, relève)

Production laitière d'environ 115 animaux pour la traite, 20 vaches hors production et 110 animaux de relève. Troupeau total d'environ 245 têtes.

5. Avez-vous des employés? Si oui, combien et quels sont leurs horaires? (temps plein, soir, fin de semaine.)

Oui, deux à temps plein et un à temps partiel. Une fin de semaine sur deux pour la traite.

6. Quel type d'équipements utilisez-vous à l'intérieur de la ferme? (type de traite, alimentation, nettoyage)

Deux systèmes de traite: retraits automatiques sur rail et robot de traite automatique avec relevé informatique. Pour l'alimentation, trois chariots motorisés pour les aliments situés dans quatre silos verticaux. Une moulange pour la préparation de la moulée qui est distribuée par un robot ou des distributeurs automatisés. Le foin est donné à la main. Pour le nettoyage, un système à palette et dalots dans les parties plus anciennes. Dans le dernier agrandissement, un système de raclette qui mène à un dalot et ensuite vers un piston et la fosse.

7. Quels moyens utilisez-vous pour contrôler les ambiances intérieures? (lumière, ventilation, chauffage)

Pour la lumière, un système hybride de lumière naturelle et artificielle est utilisé. La ventilation naturelle de type transversale (panneaux mobiles au mur) et par effet de cheminée.

8. Avez-vous modifié la ferme? (changement dans l'aménagement, agrandissement, nouveaux bâtiments)

Plusieurs agrandissements; 1981 ajouts d'une aile de 140pi x 40pi à la vieille ferme familiale. 1999 allongements de 100pi à l'ajout de 1981. 2008 ajouts d'un nouveau bâtiment à stabulation libre et d'un robot de traite.

9. Est-ce que l'aménagement de votre ferme est adapté à vos besoins et facilite le travail et les déplacements?

Le dernier agrandissement ne demande pas beaucoup de travail ce qui est bien (une allée d'alimentation et traite automatisée).

10. Qu'est-ce que vous aimeriez changer à vos aménagements actuels pour améliorer votre ferme?

Un deuxième robot de traite pour ne plus avoir de traite avec retrait (un seul type de traite). Les animaux de relève ne seraient plus attachés (stabulation libre = moins d'entretien).

11. Qu'est-ce qui selon vous fonctionne bien sur votre ferme?

Le nouvel agrandissement à stabulation libre et robot de traite.

12. Avez-vous déjà entendu parler de développement durable dans le domaine de l'agriculture?

(À quoi cela vous fait-il penser?)

Les fosses à lisier pour la gestion des senteurs et du phosphore.

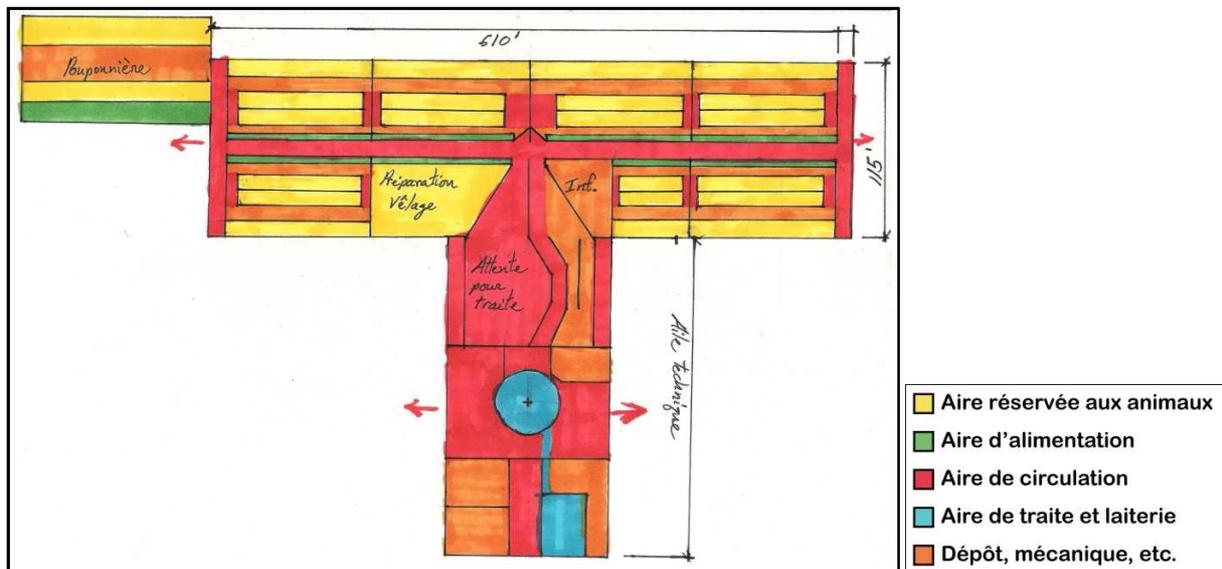
13. Appliquez-vous des principes de développement durable sur votre ferme? (bâtiments, aménagement)

Utilisation de la ventilation naturelle.

14. À quoi ressemblerait la ferme idéale à votre avis?

Un convoyeur pour la distribution des rations alimentaires RTM (ration totale mélangée). Robot automatique pour la traite et enclos pour les différents groupes d'animaux. Ventilation tunnel mécanique pour éliminer les mouches.

Annexe 2.3: Fiche de visite (Ferme Ste-Sophie - Sainte-Sophie-De-Levrard)



Bâtiment original transformé en pouponnière + agrandissements 2002

Troupeau de 920 bêtes

- 400 en lactation
- 60 tarées (hors production)
- 460 animaux de relève

12 employés temps plein (de fin de semaine 1/2) et 2 employés temps partiel

Stabulation: libre même dans la pouponnière.

Type de traite: Carrousel de traite avec retraits automatiques de 36 places.

Alimentation: ration totale mélangée distribuée à l'intérieur avec un tracteur. 5 recettes différentes sont distribuées une fois par jour. Les aliments sont entreposés dans des silos horizontaux.

Nettoyage: litière de sable, les allées sont nettoyées par un système à l'eau qui envoie les déjections dans un bassin de rétention à l'extérieur. (Les planchers doivent être inclinés)

Lumière: système hybride naturel/ artificiel (rideau d'air au mur et halogène) 10 lux au centre de l'allée d'alimentation et 60 lux près des rideaux d'air. (Beaucoup trop faible selon les écrits)

Ventilation: 100% naturels, de type transversal et par effet de cheminée (rideau d'air au mur et cheminées d'extraction au toit)

Annexe 2.3: Questionnaire au producteur (Ferme Ste-Sophie - Roger Beaudet)

1. Depuis combien de temps travaillez-vous sur une ferme? (employé, propriétaire)

Depuis sa jeunesse, lui et ses deux frères ont été élevés sur la ferme. Actuellement, il y a quatre propriétaires. Le père (80 ans) et ses trois fils.

2. Avez-vous fait des études spécialisées en agriculture ou suivi des formations sur le sujet?

Pas vraiment de formation, il a étudié en mécanique avant de se lancer en agriculture.

3. Comment avez-vous acquis votre ferme? (ferme familiale ou autre)

Il s'agit de la ferme familiale.

4. Quel type de production opérez-vous? (combien d'animaux en production, vache tarie, relève)

Production laitière d'environ 400 animaux pour la traite, 60 vaches hors production et 460 animaux de relève. Troupeau total d'environ 920 têtes.

5. Avez-vous des employés? Si oui, combien et quels sont leurs horaires? (temps plein, soir, fin de semaine.)

Oui, une dizaine à temps plein et deux à temps partielle (travaille une fin de semaine sur deux). Deux Guatémaltèques s'occupent de deux des trois traites quotidiennes. Ils travaillent 6 jours sur 7.

6. Quel type d'équipements utilisez-vous à l'intérieur de la ferme? (type de traite, alimentation, nettoyage)

Pour la traite, un carrousel avec retraits automatiques de 36 places (un employé lave et l'autre met la trayeuse). Pour l'alimentation, un système RTM (ration totale mélangée) distribué avec un tracteur à l'intérieur de la ferme (5 groupes reçoivent une recette adaptée à leurs besoins une fois par jour). L'entreposage des aliments se fait dans plusieurs silos horizontaux situés à l'extérieur. Pour le nettoyage, les animaux ont tous accès à des logettes ou la litière est faite de sable. Un système à l'eau crée une vague qui transporte les déjections dans un bassin de rétention (le plancher doit avoir une pente d'une certaine importance pour l'écoulement de l'eau).

7. Quels moyens utilisez-vous pour contrôler les ambiances intérieures? (lumière, ventilation, chauffage)

Pour la lumière, un système hybride naturel et artificiel (Halogène) est utilisé (Remarque: Manque de lumière constatée avec le luxmètre = 10 lux). Un système de cloison gonflable (ballons) permet une ventilation naturelle pouvant être ajustée au besoin.

8. Avez-vous modifié la ferme? (changement dans l'aménagement, agrandissement, nouveaux bâtiments)

En 2001 et 2002, construction du nouveau bâtiment de 115pi x 610pi à stabulation libre ainsi que le carrousel de traite.

9. Est-ce que l'aménagement de votre ferme est adapté à vos besoins et facilite le travail et les déplacements?

Oui tout à fait.

10. Qu'est-ce que vous aimeriez changer à vos aménagements actuels pour améliorer votre ferme?

Une meilleure gestion de la litière de sable, à certains endroits un espace un peu plus large éviterait l'accumulation. Le bâtiment est bien en général, c'est la régie du troupeau qui doit être amélioré pour être plus performant.

11. Qu'est-ce qui selon vous fonctionne bien sur votre ferme?

Le bâtiment en général. L'alimentation du troupeau est rapide et le système de traite est bien.

12. Avez-vous déjà entendu parler de développement durable dans le domaine de l'agriculture?

(À quoi cela vous fait-il penser?)

Aux émissions de phosphore dans les champs.

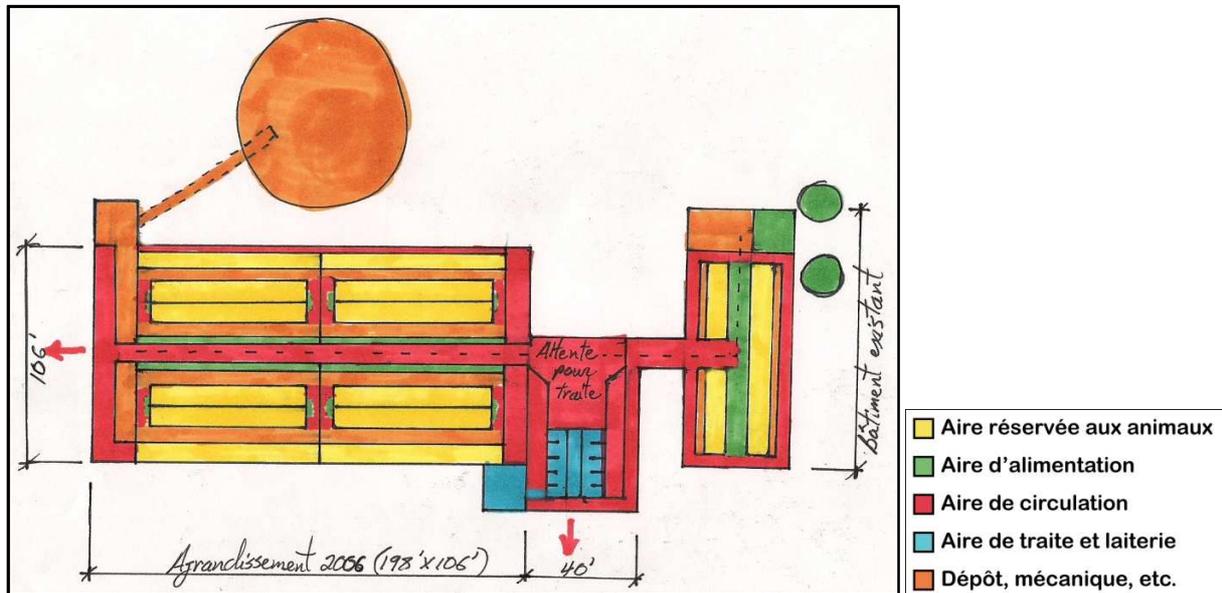
13. Appliquez-vous des principes de développement durable sur votre ferme? (bâtiments, aménagement)

Oui, les eaux sont récupérées. Après avoir lavé le carrousel, l'eau est utilisée pour la vague qui nettoie les déjections.

14. À quoi ressemblerait la ferme idéale à votre avis?

Une ferme qui permet de bien vivre de son travail sans avoir trop d'endettement (mégaferme = endettement).

Annexe 2.4: Fiche de visite (Ferme Couture Holstein - Thetford Mines)



Bâtiment original transformé pour la relève + agrandissements 2006

Troupeau de 277 bêtes

- 145 en lactation
- 22 tarées (hors production)
- 110 animaux de relève

2 employés temps plein (de fin de semaine 1/2) et 3 employés temps partiel (secrétaire, ménage)

Stabulation: libre dans l'agrandissement et entravée dans l'existant.

Type de traite: Salon de traite avec retraits automatiques de 16 places. (besoins de seulement une personne pour faire la traite)

Alimentation: ration totale mélangée distribuée par convoyeurs automatisés. Les aliments sont entreposés dans des silos verticaux.

Nettoyage: litière de paille, système à palettes et dalots dans la partie plus ancienne. Raclettes de surface dans l'agrandissement.

Lumière: système hybride naturel/ artificiel (fenêtres / halogène et fluorescent) 130 lux au centre de l'allée d'alimentation. Système de minuterie pour l'éclairage artificiel.

Ventilation: ventilation mécanique de type tunnel (10 ventilateurs)

Annexe 2.4: Questionnaire au producteur (Ferme Couture Holstein - Guy Couture)

1. Depuis combien de temps travaillez-vous sur une ferme? (employé, propriétaire)

Depuis sa jeunesse, il a été élevé sur la ferme (1986 travaille comme employé). Il est propriétaire depuis 1994.

2. Avez-vous fait des études spécialisées en agriculture ou suivi des formations sur le sujet?

Plusieurs formations et équivalents d'attestation.

3. Comment avez-vous acquis votre ferme? (ferme familiale ou autre)

Il s'agit de la ferme familiale.

4. Quel type de production opérez-vous? (combien d'animaux en production, vache tarie, relève)

Production laitière d'environ 145 animaux pour la traite, 22 vaches hors production et 110 animaux de relève. Troupeau total d'environ 277 têtes.

5. Avez-vous des employés? Si oui, combien et quels sont leurs horaires? (temps plein, soir, fin de semaine.)

Oui, deux à temps plein (travaillent une fin de semaine sur deux).
Trois à temps partiel donc une secrétaire et une femme de ménage.

6. Quel type d'équipements utilisez-vous à l'intérieur de la ferme? (type de traite, alimentation, nettoyage)

Pour la traite, un salon de traite avec retraits automatiques de 16 places (traite seule facilitée). Pour l'alimentation, un système RTM (ration totale mélangée) sur convoyeur automatisé. Pour le nettoyage, un système de raclette qui mène à un dalot flottant et un piston vers la fosse à lisier.

7. Quels moyens utilisez-vous pour contrôler les ambiances intérieures? (lumière, ventilation, chauffage)

Pour la lumière, un système naturel (fenêtres) et artificiel (halogènes actionnés par une minuterie). Une ventilation de type tunnel est possible grâce à 10 ventilateurs placés à une extrémité. Les entrées d'air sont gérées manuellement par des panneaux au mur ou au toit dépendamment de la saison.

8. Avez-vous modifié la ferme? (changement dans l'aménagement, agrandissement, nouveaux bâtiments)

Oui, il y a eu plusieurs petites modifications à l'ancien bâtiment. Le nouveau bâtiment construit en 2006 de 106pi x 198pi + le salon de traite de 48pi x 80pi qui permettent d'avoir une gestion en stabulation libre.

9. Est-ce que l'aménagement de votre ferme est adapté à vos besoins et facilite le travail et les déplacements?

Oui tout à fait.

10. Qu'est-ce que vous aimeriez changer à vos aménagements actuels pour améliorer votre ferme?

Un salon de traite un peu plus large pour faciliter les déplacements des animaux. Une circulation vers le salon de traite un peu plus efficace pour ne pas déranger les autres groupes. Avoir des silos horizontaux pour accélérer la préparation des rations d'alimentation.

11. Qu'est-ce qui selon vous fonctionne bien sur votre ferme?

Le confort des animaux dans les logettes et la stabulation libre. Le coût le moins cher possible au pi² tout en respectant mes besoins (moins de mécanique = moins cher).

12. Avez-vous déjà entendu parler de développement durable dans le domaine de l'agriculture?

(À quoi cela vous fait-il penser?)

Oui, une gestion des eaux efficaces, le semi-direct pour ménager l'utilisation de la machinerie.

13. Appliquez-vous des principes de développement durable sur votre ferme? (bâtiments, aménagement)

Oui, l'eau sert à 4 objectifs dans le bâtiment. Dans le refroidisseur à plaques ensuite vers les abreuvoirs ou au lavage des équipements et ensuite dans le dalot flottant pour être rejeté dans la fosse. La minuterie pour les lumières permet une gestion efficace de l'éclairage artificiel. Aux champs, le semi-direct permet de diminuer la consommation de diesel en éliminant l'étape du labourage.

14. À quoi ressemblerait la ferme idéale à votre avis?

Un salon de traite qui permet de faire tout seul (pas un robot, car besoins d'une pagette s'il y a des problèmes). Des silos horizontaux, car ils permettent de faire le mélange pour l'alimentation plus rapidement.

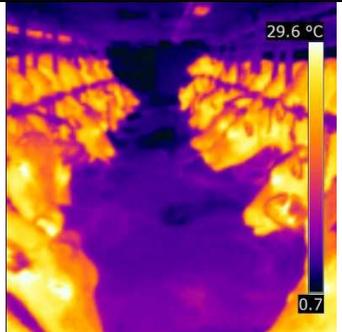
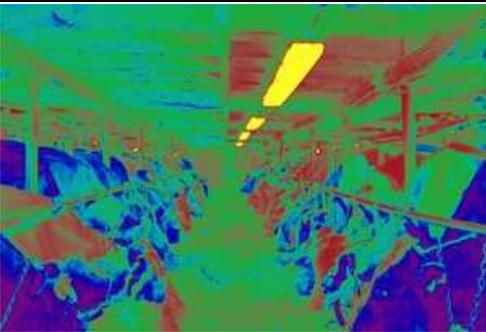
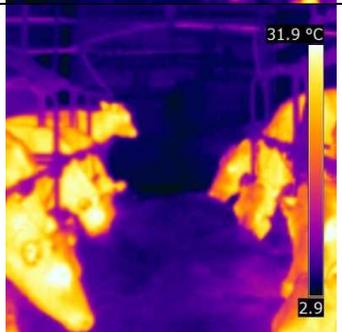
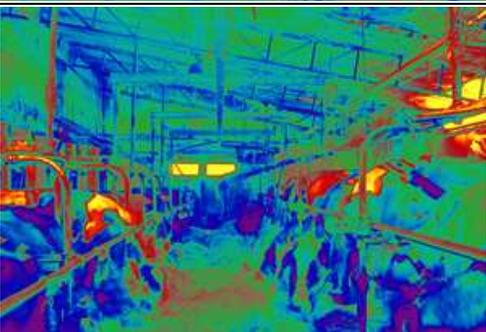
Annexe 3.1: Relevé sur les ambiances (Tableau de notes) [Ferme A. et L. Beaudoin - 25 octobre 2010]

Localisation sur le plan	Notes qualitatives sur les ambiances (humidité, lumière, température, vent, etc.)	Photos #	°C	Vents m/s	Lux	Caméra Thermique #	HDR # photos	Notes
#1 Extérieur près de l'entrée 8h20	- Pluie fine avec brouillard - Lumière uniforme - Température fraîche - Vent très faible - Peu de bruit (oiseaux)	1	3,9	1,6	≈ 3000	n.d.	n.d.	
#2 Laiterie 8h35	- Plus chaud que l'extérieur, mais frais. - Lumière artificielle (fluorescent) suffisante - Bruit fort de mécanique pendant la traite	2 à 5	10,2	0,2	862 sous fluo.	185 à 187	6 à 8	- Petit espace éclairé par 2 puissants fluorescents.
#3 Entrée aire de vie (étable) 9h00	- Peu de changement de température - Lumière 100% artificielle (fluo compact) - Vent minime (loin de la ventilation mécanique) - Bruit des animaux, musique à la radio	13 à 15	9,1	0,2	67 sous lumière	192 à 194	16 à 18	- Perte de chaleur par porte de bois non étanche (brisée) . - Courant d'air à proximité de la porte.
#4 Allée de circulation 9h30	- Température semble idem - Lumière artificielle et naturelle par l'ouverture pour la ventilation. - Bruit des ventilateurs, radio - Petit courant d'air (ventilation)	19 à 20 + 22, 23	11.9	2,4	49 entre deux lumières	195, 196	19 à 21	- Porte non étanche. - Fenestration apporte peu de lumière (saleté). - Ventilateur = trou important dans le mur.

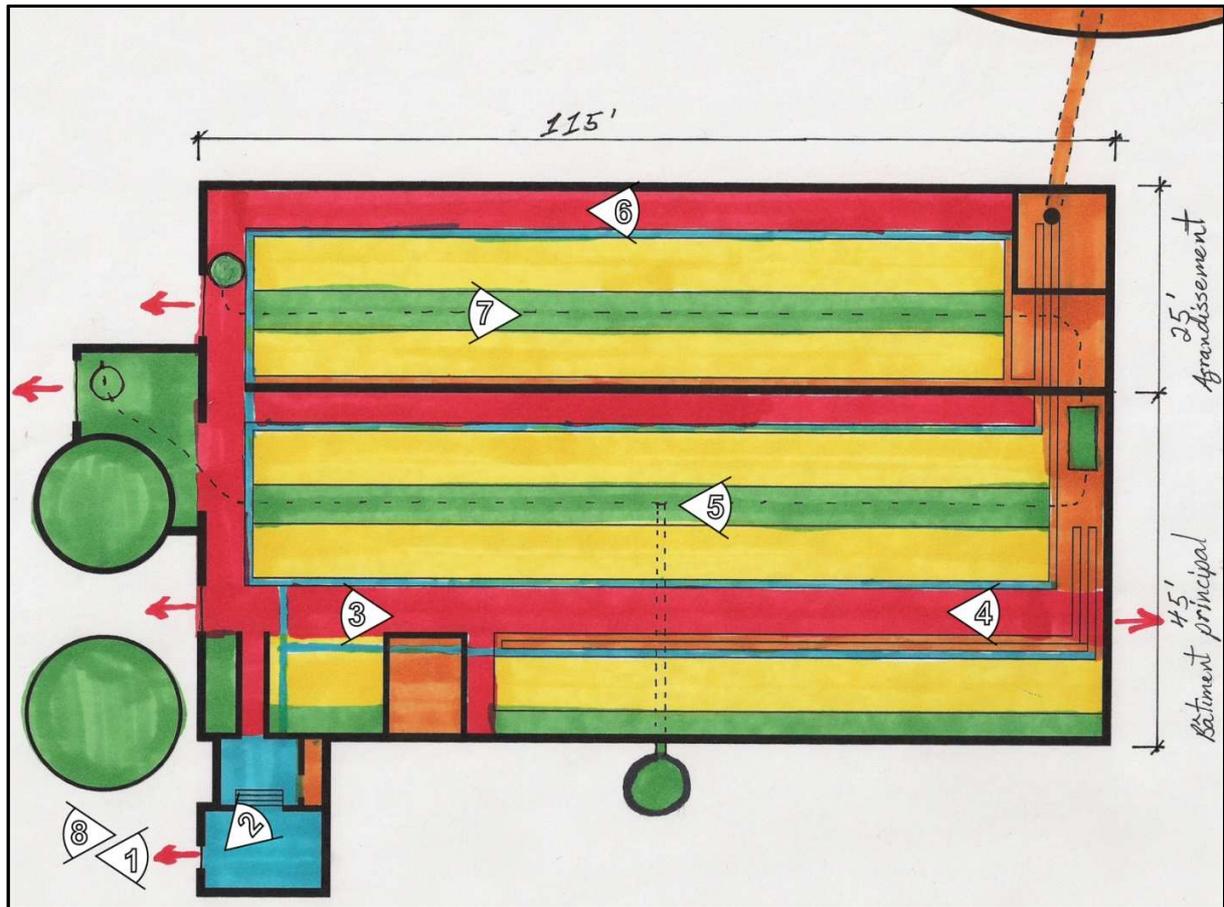
#5 Centre allée alimentation #1 9h50	- Température idem - Ventilation non ressentie - Lumière artificielle plus puissante (fluorescent) - Bruit de la radio et du robot d'alimentation	24	11,2	0,2	448 vers le haut 200 de côté	197	26 à 28	- Lumière beaucoup plus intense qu'ailleurs même si l'on tourne le capteur de côté pour prendre la lumière qui arrive aux yeux des animaux.
#6 Allée de circulation mur ext. 10h15	- Température semblable - Ventilation non ressentie - Lumière artificielle 100% (fluorescent) - Bruit de ventilation et radio	29	9,3	0,2	280 au centre de l'allée	204	30 à 32	
#7 Centre allée alimentation # 2 10h30	- Moins de lumière dans cette allée (de type halogène plus ponctuel) - Bruit de ventilation et radio - Porte non étanche au bout de l'allée = courant d'air	33, 37 et 38	10,8	Varie de 0,3 à 0,7	415 vers le haut 146 à 215 de côté	205	34 à 36	- Lumière moins puissante, car brûlé. - Vitesse de l'air plus grande, car aligné avec ventilateur et porte non étanche.
#8 Extérieur près de l'entrée 11h00	- La pluie a cessé et le brouillard c'est dissipé - La température est plus fraîche qu'à l'intérieur	n.d.	6,8	3,0	≈ 8500	n.d.	n.d.	- La lumière et la température extérieure sont beaucoup plus élevées qu'au début du relevé.

Annexe 3.2: Relevé sur les ambiances (Images thermiques, photos HDR et rendus fausses couleurs)

Localisation sur le plan	Caméra Thermique	Photos HDR	Rendu fausses couleurs
#2 Laiterie 8h35			
#3 Entrée aire de vie (étable) 9h00			
#4 Allée de circulation 9h30			

<p>#5 Centre allée alimentation #1 9h50</p>			
<p>#6 Allée de circulation mur extérieur 10h15</p>			
<p>#7 Centre allée alimentation # 2 10h30</p>			

Annexe 3.3: Relevé sur les ambiances (Plan de la position des points de mesure)



Points de mesure se référant au tableau de notes

Annexe 4: Étude combinées des ambiances: lumineuses, thermiques et acoustique

AGRI.TECTURE - le cabinet des bœufs, initié par le retour à la nature de l'architecture rurale

ÉQUIPE DE CONCEPT CHEZ LES BŒUFS LUTHERS

10,5 à 17,00h
2,2 à 3,2°C
70 à 80%

10,5 à 17,00h
2,2 à 3,2°C
70 à 80%

CONFORT et PRODUCTION

10,5 à 17,00h
2,2 à 3,2°C
70 à 80%

10,5 à 17,00h
2,2 à 3,2°C
70 à 80%

AMBIANCES THERMIQUE ET LUMINEUSE - ADJUSTEMENT DE FORME EXISTANT

La base de projet était le confort de la construction pour les animaux et leur bien-être. Les conditions de confort pour les humains ont été prises en compte lors de la conception de la structure.

ESPACE ÉTOUÉ - JUNE DE VIE DES MILANNA DE TIBET

17-133 (études combinées des ambiances: lumineuses, thermiques et acoustiques)
100-844 (ambiances physiques architecturales et urbaines)
Julien L. Renaud - Roger Berni Collier



LUMIÈRE

Distribution des ombres portées sur le site



1 Février (7h, 8,12%)
1 Mars (10h30, 9,24%)
1 Novembre (7h30, 1,54%)

Simulations d'illuminance: modifications au bâtiment

Logiciel: ES-VE Radiance (Ciel couvert uniforme - 21 Décembre 12h00)

1. Option original

On constate un rayonnement irrégulier de l'illuminance sur le site et ce qui entraîne une répartition inégale de la lumière. L'ajout de la toiture permet d'obtenir une répartition plus homogène de la lumière sur le site.



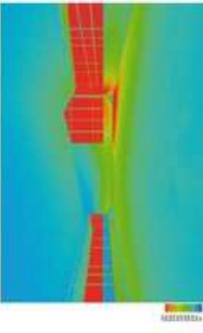
2. Option défilé de toiture déclinée

On constate un changement important de l'éclairage du bâtiment et du site. Le défilé de la toiture permet d'obtenir une répartition plus homogène de la lumière sur le site.



3. Option ouverture agrandie de 1 m

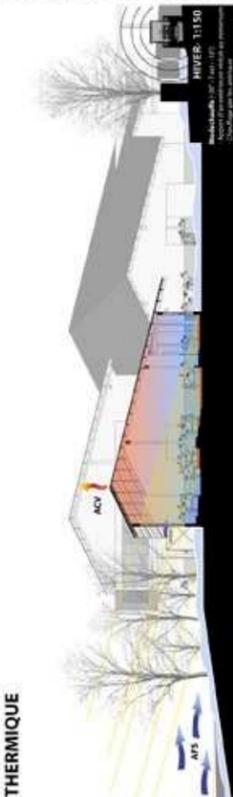
Tout comme l'option 2, on remarque une forme particulière de la lumière projetée sur le site. L'ajout de la toiture permet d'obtenir une répartition plus homogène de la lumière sur le site.



THERMIQUE

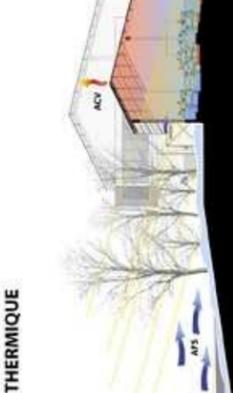
HIVER - 11/150

Simulation thermique pour l'hiver. Le bâtiment est conçu pour résister aux températures basses et maintenir un confort intérieur.



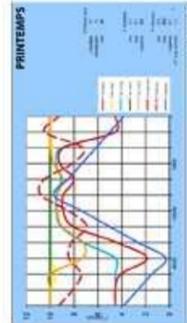
MIS SAISON - 11/150

Simulation thermique pour la saison intermédiaire. Le bâtiment est conçu pour résister aux températures modérées.



PRINTEMPS AUTOMNE ÉTÉ

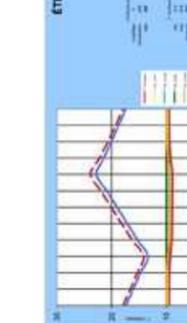
PRINTEMPS



AUTOMNE



ÉTÉ



La simulation présente bien que la température intérieure est presque toujours dans la zone de confort de 19 à 22°C. Les températures extérieures sont plus élevées que les températures intérieures, ce qui est normal pour un bâtiment bien isolé.

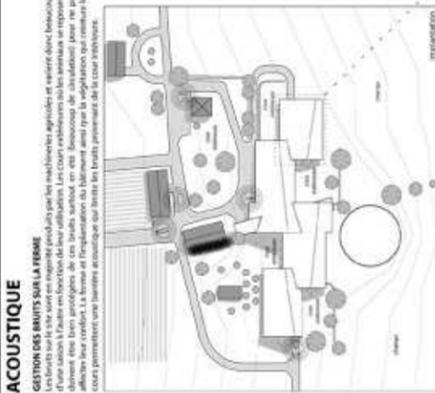
ACoustIQUE

GESTION DES BRUITS SUR LA FERME

Le bruit est un enjeu majeur pour les éleveurs agricoles et leurs animaux. Les simulations acoustiques ont été réalisées pour évaluer le niveau de bruit à l'intérieur du bâtiment et à l'extérieur.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES SUR LES TEMPS DE RÉVÉLATION

Les temps de révélation sont les temps nécessaires pour que le bruit se propage à l'intérieur du bâtiment. Les simulations ont été réalisées pour évaluer ces temps de révélation.



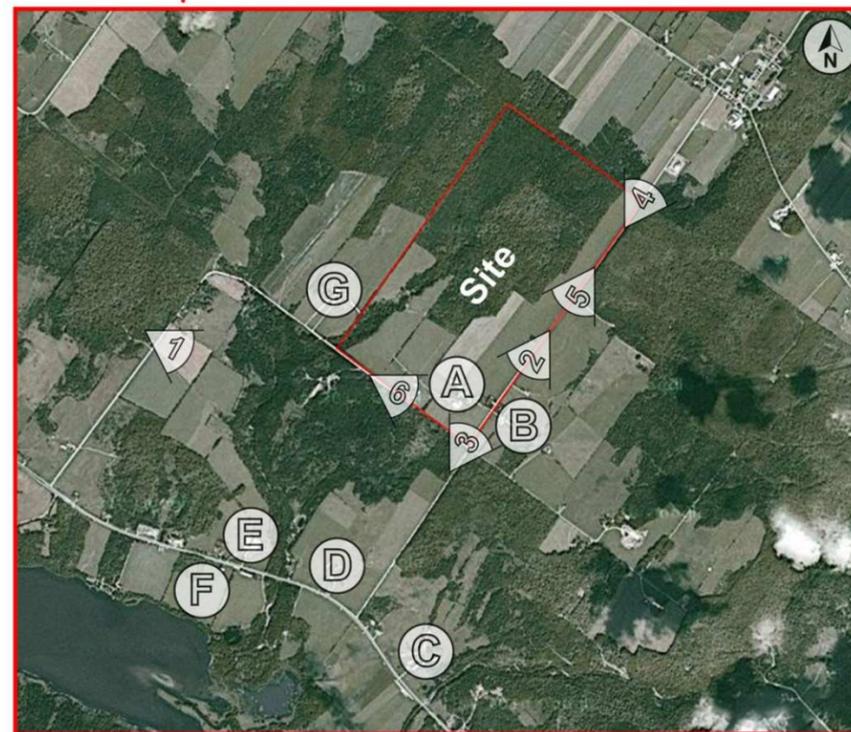
Annexe 5: Analyse de site (Localisation et bâti agricole à proximité)



Site de 361 acres au total:
 - 205 de forêt
 - 156 de terre agricole

15 acres de large = 1528m
 24 acres de long = 955m

Vents dominants provenant
 du sud-ouest la majeure
 partie de l'année.



Bâtiments de ferme à proximité



Annexe 5: Analyse de site (Panorama et photos)



4
Limite du site nord: vue vers le village de St-Adrien-d'Irlande



5
Vue de la route Roberge



6
Limite de site sud: le rang 6 et la forêt

