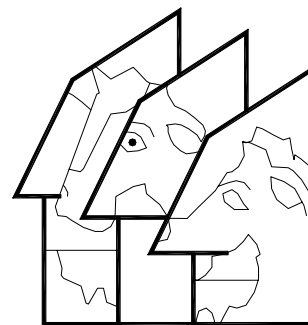


L'ÉCLAIRAGE DES ÉTABLES LAITIÈRES



20912

2005-01

M. FORTIER¹, M. DUSSAULT², D. NAUD³

INSTRUCTIONS COMPLÈTES



Photo : Marcel Dussault (MAPAQ)

1. MICHEL FORTIER, ingénieur, Direction régionale Chaudière-Appalaches du MAPAQ
2. MARCEL DUSSAULT, ingénieur et agronome, Direction régionale Estrie du MAPAQ
3. DENIS NAUD, ingénieur, Direction de l'environnement et du développement durable du MAPAQ

L'ÉCLAIRAGE DES ÉTABLES LAITIÈRES

Michel Fortier, ingénieur
Marcel Dussault, ingénieur et agronome
Denis Naud, ingénieur

La Direction de l'environnement et du développement durable et les Directions régionales Chaudière-Appalaches et Estrie du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) ont mis en commun leur expertise pour réaliser le présent document technique.

Un bon système d'éclairage est très important dans les étables laitières. En effet, un éclairage approprié, outre qu'il facilite le travail du producteur, procure une sécurité et efficacité accrues des diverses tâches, et améliore la qualité de l'environnement de façon générale.

Pour ce qui est des animaux, des recherches indiquent qu'un éclairage de 108 à 215 lux (10 à 20 pieds-bougies) durant une période de 16 à 18 heures, suivi d'une période de noirceur de 6 à 8 heures, a les effets suivants : accroissement de la production de lait de 5 à 16 % (8 % en moyenne), comparativement à 13,5 heures d'éclairage et moins par jour; augmentation de la prise alimentaire d'environ 6 %; amélioration de la reproduction ; meilleur développement possible des taures. Durant la période de noirceur, les animaux dorment entre 4 et 6 heures. Il est donc important de maintenir un environnement calme en s'assurant de toute absence d'activité mécanique durant cette période (distributeur d'aliments, etc.).

L'éclairage adéquat des étables laitières est donc crucial. Les bons choix techniques doivent être faits.

PERFORMANCE DES SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE

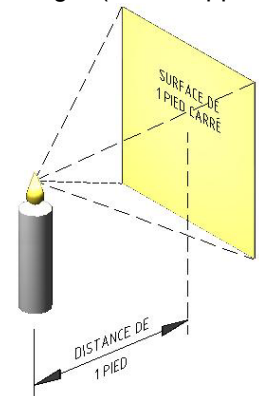
L'intensité lumineuse, l'uniformité, la brillance, l'efficacité et la longévité sont les principales caractéristiques dont il faut tenir compte pour le choix et la conception d'un système d'éclairage. La couleur de l'éclairage ainsi que l'effet de réflectance des surfaces éclairées (murs et plafonds) ont aussi une grande influence sur l'efficacité de l'éclairage. Ainsi, des murs et plafonds de couleur blanche et luisante réfléchiront mieux la lumière ambiante et seront davantage efficaces que des surfaces sombres.

À titre d'exemple, un fini intérieur en plastique blanc et luisant («palruf» ou contreplaqué plastifié utilisé dans les fermes) aura une meilleure efficacité de dispersion de l'éclairage qu'une tôle galvanisée. La distance entre la lampe et l'objet ou la surface éclairée est l'un des facteurs les plus importants à considérer, puisque l'intensité lumineuse varie en

fonction de l'inverse du carré de la distance séparant la surface à éclairer et le luminaire. Il faut absolument éviter l'éblouissement créé par certains types de lampe. Nous n'étudierons pas dans ce texte de toutes les notions d'éclairage, nous limitant à celles fondamentales.

L'INTENSITÉ LUMINEUSE :

L'intensité lumineuse, qui se mesure avec un appareil appelé **photomètre**, est exprimée en lux (système international d'unités) ou en pieds-bougies (système impérial). Un pied-bougie (mieux appelé *pied candela*) représente, l'énergie lumineuse reçue par une surface d'un pied carré qui serait située à un pied d'une source de lumière d'un candela (unité correspondant approximativement au flux lumineux d'une bougie ordinaire). De même, un lux se définit en référence à une surface d'un mètre carré.



Les tableaux 1 et 2 illustrent les intensités lumineuses conseillées pour les étables laitières et leurs dépendances. De façon générale, une intensité lumineuse de 160 à 215 lux (15 à 20 pieds-bougies) au niveau des yeux des animaux est conseillée.

Tableau 1 Intensité lumineuse conseillée pour les étables à attaches à stabulation entravée et les dépendances

Endroit	Intensité lumineuse	
	Pied-bougie	Lux
Allée d'alimentation	15 - 20	160 - 215
Aires de traite (allées centrales)	20 - 50	215 - 538
Laiterie :		
Éclairage général	20	215
Aires de lavage (évier, intérieur du réservoir à lait, etc.)	100	1076
Local technique (groupes frigorifiques)	20	215
Bureau	50	538
Salle de toilette	20	215

Source : ASAE 1997, EP344.2 (modifié)

Tableau 2 Intensité lumineuse conseillée pour les étables à logettes et leurs dépendances

Endroit	Intensité lumineuse	
	pied-bougie	lux
Dans l'étable :		
Aires d'alimentation et de couchage Général	15 - 20* 10	160 - 215 108
Salle de traite :		
Général	20	215
Puits de traite	50	538
Aire d'attente, laiterie, local technique (groupes frigorifiques)	10 - 20	108 - 215
Aire de traitement et de maternité :		
Général	10 - 20	108 - 215
Traitement et infirmerie	10 - 20	108 - 215

* Selon Dahl, J.E., (2001), une intensité de 160 lux (15 pieds-bougies) est nécessaire au niveau des yeux des vaches pour assurer une photopériode optimale.

SOURCE : CHASTAIN, J.P.

PRINCIPAUX TYPES D'ÉCLAIRAGE

Dans les fermes laitières, on trouve surtout :

- l'éclairage incandescent classique
- l'éclairage halogène
- l'éclairage fluorescent
- l'éclairage aux halogénures métalliques
- l'éclairage au mercure (vapeur de mercure)
- l'éclairage au sodium (vapeur de sodium)
- l'éclairage à induction

Les lampes d'éclairage sont classées selon trois grandes catégories ;

- les lampes incandescentes (halogène et/ou quartz)
- les lampes fluorescentes (tubulaires et compactes)
- les lampes à décharge à haute intensité (aux halogénures métalliques, au mercure et au sodium)

Chaque type de lampe a des propriétés spécifiques, une efficacité, une longévité et un entretien particuliers ainsi qu'un coût d'achat et d'utilisation variable. Tous ces facteurs doivent être pris en considération lors du choix de l'éclairage.

Dans le cas des lampes fluorescentes, il est important de choisir le bon diffuseur (matière comme « acrylique ou polycarbonate ») et d'opter pour un bon régulateur de tension (ballast) qui convient à la température à laquelle il sera soumis. Notez que certaines lampes fluorescentes sont plus lumineuses et plus durables que d'autres.

Le tableau 3 nous indique les caractéristiques des principales sources d'éclairage utilisées en agriculture.

Tableau 3 Caractéristiques des principales sources d'éclairage

Type de lampe	Puissance (watt)	Efficacité (lumen/watt)	Longévité type des lampes (h)
Incandescente	40 – 200	15 - 20	750 - 2000
Halogène	42 – 150	15 - 24	2000 - 3500
Fluorescent, Tubulaires (A)	30 – 110	40 - 70	12 000 - 20 000 *
Fluorescent Compact (A)	5 – 55	50 - 80	10 000 *
Aux halogénures métalliques (B)	175 – 400	50 - 80	10 000 - 20 000 *
Au mercure (B)	50 – 400	20 - 50	16 000 - 24 000 *
Au sodium haute pression (B)	35 – 400	50 - 100	12 000 - 24 000 *

* Ce type de lampe doit être allumé pour une durée supérieure à 3 heures (A) ou à 10 heures (B) sinon sa longévité pourrait être réduite.

Pour minimiser les risques de tension parasite, les luminaires auront préférentiellement une tension d'alimentation de 240 volts.

Source : Hydro-Québec, L'éclairage (4^e édition)
Chastain, J.P., NRAES-129, p. 115 à 129

Comme on peut le constater, même s'il est encore souvent utilisé dans les bâtiments de ferme, l'éclairage incandescent est le moins performant. L'efficacité de la grande majorité des lampes utilisées croît avec l'augmentation de puissance. On observe aussi que les lampes fluorescentes, les lampes aux halogénures métalliques et celles au sodium sont le plus efficace. À titre d'exemple, les fluorescents traditionnels et les lampes aux halogénures métalliques sont 4 à 5 fois plus efficaces que les lampes incandescentes. Pour ce qui est des lampes au sodium à haute pression, on remarque d'après le tableau 3 qu'elles ont la meilleure efficacité et la plus grande longévité de tous les types de lampes. Cependant, compte tenu du fait que la lumière produite est jaune et que la luminosité engendrée est médiocre (tableau 4), nous les déconseillons pour l'installation dans les étables laitières et les salles de traite.

Tableau 4 Indice de rendu des couleurs des principales sources d'éclairage

Type de lampe	Température de couleur (°K)	IRC *	Rendu des couleurs
Incandescente	2 500 - 3 000	100	Excellent
Halogène	3 000 - 3 500	100	Bon
Fluorescente	3 500 - 5 000	70 - 95	Bon à excellent
Aux halogénures métalliques	3 700 - 5 000	60 - 80	Bon
Au mercure		20 - 60	Passable
Au sodium haute Pression	2 000 - 2 700	20 - 80	Médiocre

* Indice de rendu des couleurs, donne la capacité d'une lumière à reproduire la couleur exacte des objets. Pour garantir un bon éclairage dans les étables à attaches, l'IRC devrait être supérieure à 80.

Pour les fermes laitières, les fluorescents et les lampes aux halogénures métalliques représentent des choix intéressants. La lampe au sodium sera utilisée à l'extérieur et dans les étables à logettes de grande superficie.

Tableau 5 Hauteur d'installation et distance séparatrice entre les luminaires pour obtenir 215 lux (20 pieds-bougies)

Type de lampe	Hauteur		Distance séparatrice	
	pi	m	pi	m
Fluorescente standard	7 - 8	2,1 - 2,4	10 - 16	3 - 4,8
Fluorescente à haut rendement	9 - 12	2,7 - 3,6	12 - 20	3,6 - 6
Aux halogénures métalliques (175 W)	11 - 14	3,3 - 4,2	24 - 28	7,2 - 8,4
Aux halogénures métalliques (250 W)	14 - 24	4,2 - 7,2	24 - 30	7,2 - 9
Aux halogénures métalliques (400 W)	20 - 35	6 - 10,5	25 - 40	7,5 - 12

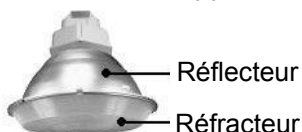
Pour déterminer plus précisément la distance séparatrice, il faudrait faire un calcul d'éclairement. Les fournisseurs de luminaires ont généralement des logiciels de calcul d'intensité lumineuse adaptés à leur matériel. Un électricien peut leur demander. La distance séparatrice dans les étables ne dépasse pas généralement 1,5 fois la hauteur d'installation du luminaire.

Tableau 6 Superficie de plancher recommandée pour différents types de luminaire pour les étables laitières

Type de lampe	Puissance de la lampe	Superficie de plancher ⁽¹⁾ par luminaire pour 108 lux (10 p.b. / pi ²)	Superficie de plancher ⁽¹⁾ par luminaire pour 215 lux (20 p.b. / pi ²)
Fluorescente ⁽²⁾	32 W - 1 x 1,2 m	8,08 (87) ⁽⁵⁾	4,08 (44) ⁽⁵⁾
	32 W - 2 x 1,2 m	16,16 (174) ⁽⁵⁾	8,08 (87) ⁽⁵⁾
	32 W - 4 x 2,4 m	32,33 (348) ⁽⁵⁾	16,16 (174) ⁽⁵⁾
	86 W - 2 x 2,4 m	53,19 (494) ⁽⁵⁾	26,60 (247) ⁽⁵⁾
Aux halogénures métalliques ⁽⁶⁾ (réflecteur et réfracteur)	100 W ⁽³⁾	23,22 (250)	11,61 (125)
	150 W ⁽³⁾	36,78 (396)	18,39 (198)
	250 W ⁽³⁾	76,92 (828)	38,46 (414)
	400 W ⁽⁴⁾	125,41 (1350)	62,70 (675)
Aux halogénures métalliques ⁽⁶⁾ (réflecteur seulement)	100 W ⁽³⁾	18,67 (201)	9,38 (101)
	150 W ⁽³⁾	29,63 (319)	14,86 (160)
	250 W ⁽³⁾	61,96 (667)	30,93 (333)
	400 W ⁽⁴⁾	101,07 (1088)	50,53 (544)

Nota. p.b.: Symbole de pied-bougie

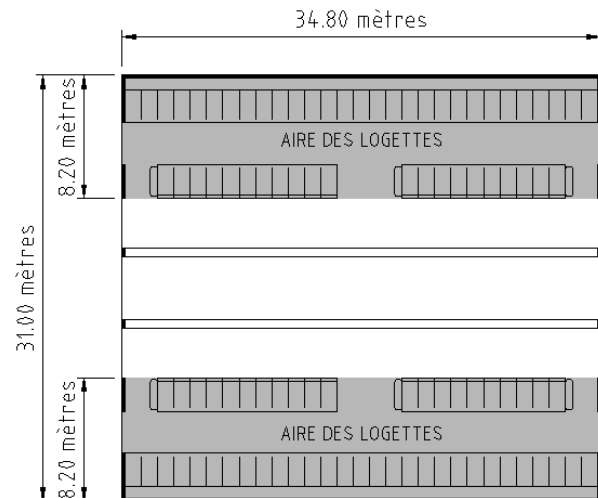
- Superficie de plancher exprimée en m² (pi²)
- Hauteur d'installation de 2,4 à 3,6 m (8 à 12 pi)
- Hauteur d'installation de 3 à 5 m (10 à 16 pi)
- Hauteur d'installation de 5 m et plus (16 pi et plus)
- La superficie de plancher s'applique pour une hauteur d'installation de 2,4 m (8 pi)
- Réflecteur : dispositif servant à orienter tous les rayons lumineux dans la même direction.
Réflecteur : dispositif dont la surface, composée d'un ensemble de prismes, permet une répartition étendue ou homogène de la lumière.



Exemple de calcul pour déterminer le nombre nécessaire de luminaires

Pour une étable à logettes de quatre rangées (100 vaches) mesurant 31 mètres sur 34,8 mètres, on peut utiliser des lampes de 250 watts aux halogénures métalliques (réflecteur et réfracteur) avec une intensité lumineuse désirée de 160 à 215 lux dans les aires à logettes. Dans l'aire d'alimentation, les lampes seront de 400 watts avec une intensité lumineuse désirée de 215 lux.

Aire des logettes (parties ombragées)



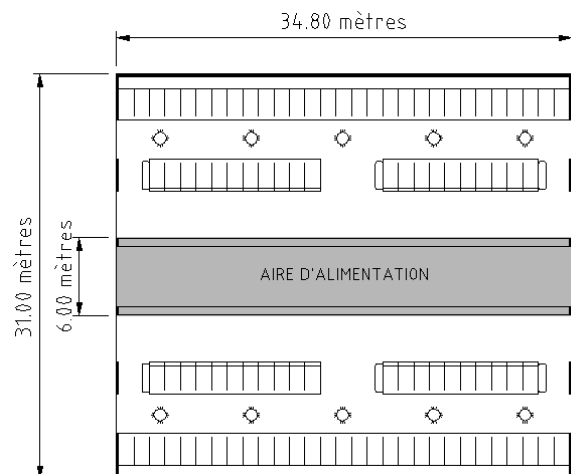
$$\text{Aire à logettes} = 8,20 \text{ m} \times 34,80 \text{ m} = 285,36 \text{ m}^2$$

$$285,36 \div 57,69^* = 4,94 \text{ luminaires}$$

$$^* (76,92 + 38,46) \div 2 = 57,69 \text{ pour environ 160 lux}$$

Il faudra donc 5 luminaires de 250 watts avec une tension de 240 volts au-dessus de chacune des aires à logettes.

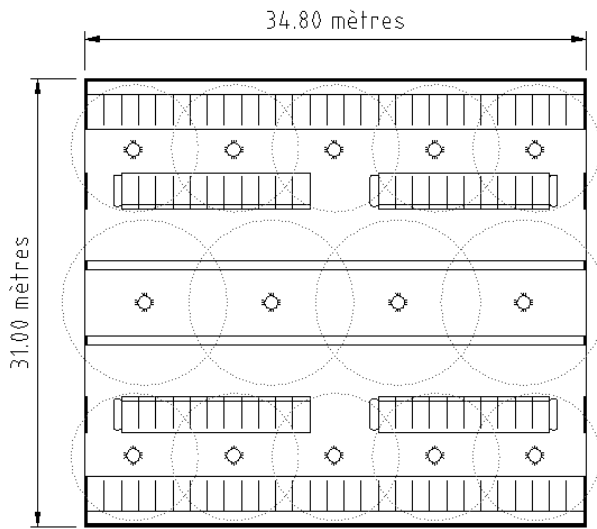
Aire d'alimentation (partie ombragée)



$$\text{Aire d'alimentation} = 6 \text{ m} \times 34,80 \text{ m} = 208,80 \text{ m}^2$$

$$208,80 \div 62,70 = 3,31 \text{ luminaires}$$

Puisque qu'une mangeoire nécessite environ 215 lux d'intensité lumineuse, nous utiliserons trois à quatre lampes de 400 watts avec une tension de 240 volts au-dessus de l'aire d'alimentation.



RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

Après analyse des divers modes ou types d'éclairage, compte tenu de l'efficacité, de la longévité, des coûts d'installation et d'utilisation, nous recommandons le système d'éclairage à tubes fluorescents ou à lampes aux halogénures métalliques pour l'éclairage des étables laitières.

Le choix entre les deux types de système d'éclairage doit donc être analysé cas par cas, selon plusieurs facteurs : la hauteur d'installation des luminaires (voir le tableau 5), la température de fonctionnement du luminaire, le mode d'éclairage, la réflectance des murs, la disposition des animaux, des allées d'alimentation et de nettoyage, etc. Le tableau 6 indique les superficies de plancher recommandées pour différents types de luminaire. Les lampes à décharge à haute intensité (aux halogénures métalliques) présentent un délai d'action ou d'attente avant d'éclairer au maximum (2 à 6 minutes). En cas de coupure de courant, un mécanisme de protection de la lampe l'empêche de se rallumer pendant 5 à 15 minutes.

Pour minimiser les risques de tension parasite, la tension d'alimentation des lampes à décharge à haute intensité devrait être de 240 volts.

Le photopériodisme des animaux demande le minutage de la durée d'éclairement (phase diurne de 16 heures) et de la durée d'obscurité (phase nocturne de 8 heures). Si des activités doivent avoir lieu durant la noirceur, utiliser seulement 15 % de l'éclairage ou faire appel à un éclairage incandescent à ampoules rouges pour les étables à

attaches (à stabulation entravée) ou pour les étables à logettes (à stabulation libre), à lampes fluorescentes compactes et étanches au-dessus des abreuvoirs. Selon une analyse des coûts de production laitière en Estrie et Centre du Québec en 2003, un profit de 0,80 \$ par jour, par vache sera généré grâce à la photopériode (sans investissement).

Selon le Code canadien de l'électricité, tous les luminaires devraient satisfaire à des conditions d'utilisation dans un lieu ou ambiance humide.

Pour maintenir une luminosité maximale, il faut nettoyer les luminaires tous les six mois.

Exemple d'éclairages pour vacherie :

1- Étables à attaches disposition « derrière à derrière », 12 mètres de largeur (Figure 1)

a) Plafond horizontal jusqu'à 3 mètres de hauteur

- Une rangée de luminaires à un tube fluorescent F32T8 (1,2 mètre de long) 32 watts, au centre transversal de chaque allée d'alimentation en face des vaches, espacés tous les 3 à 3,6 mètres centre à centre.
- Une rangée de luminaires à deux tubes fluorescents F32T8 (1,2 mètre de long) 32 watts, au centre de l'étable au-dessus de l'allée de nettoyage, espacés tous les 2,4 à 3 mètres centre à centre.

La hauteur maximale d'installation des luminaires par rapport au plancher est de 3,6 mètres (12 pieds). Pour des hauteurs de 4 à 4,8 mètres (14 à 16 pieds), on utilise des luminaires à quatre tubes fluorescents de type F32T8 ou F40T8 (2,4 mètres de long) ou, en remplacement, à deux tubes fluorescents de type F96T12/CW/HO à haute puissance (HO) de 59 watts ou 96 watts.

b) Plafond de type ciseau

- Une rangée de luminaires à deux tubes F32T8 (1,2 mètre de long) 32 watts, positionnés dans la ligne médiane de chaque allée d'alimentation, espacés tous les 2,4 mètres centre à centre.
- Une rangée de luminaires à lampe aux halogénures métalliques de 250 watts espacés tous les 3,6 à 4,8 mètres

centre à centre et positionnés dans la ligne médiane de l'étable, au-dessus de l'allée de nettoyage à une hauteur maximale de 5 mètres.

c) Toit cathédrale (chevrons d'acier, pente 4/12)

- Une rangée de luminaires à lampe aux halogénures métalliques de 400 watts espacés d'environ 10 mètres centre à centre et positionnés dans la ligne médiane de l'étable.

2- Étables à attaches « tête à tête »

Pour les étables à attaches à disposition des vaches tête à tête, les recommandations sont les mêmes que pour celles à disposition derrière à derrière. Selon les normes, l'intensité lumineuse doit être plus élevée dans les allées latérales où se fait la traite.

3- Étables combinées (attaches et logettes)

Il s'agit d'étables dont la largeur se situe entre 18 et 20 mètres (60 à 66 pieds) et où on retrouve deux rangées de vaches, derrière à derrière, et une rangée latérale de logettes pour les sujets de remplacement. La toiture de ce genre d'aménagement est presque toujours de type cathédrale (à chevrons d'acier). Le dégagement central toit-plancher varie généralement de 6 à 8 mètres (20 à 26 pieds).

Dans ce cas, nous recommandons toujours l'installation de deux rangées longitudinales de luminaires à lampe aux halogénures métalliques disposées à environ 6 mètres (20 pieds) des murs extérieurs. On peut utiliser alors des lampes de 400 watts espacées longitudinalement de 7 à 12 mètres (23 à 40 pieds) pour des hauteurs de 4,5 à 10,5 mètres (15 à 35 pieds). Dans les cas des luminaires aux halogénures métalliques, l'espacement est d'environ 1,5 à 2,6 fois la hauteur, et ce, selon la photométrie du luminaire considéré.

4- Étables à logettes

Comme la plupart des étables à logettes qui se construisent présentement, notre modèle a une largeur variant de 25 à 36 mètres (82 à 118 pieds). Des constructions à chevrons d'acier de type cathédrale sont privilégiées. Les pentes de toit sont de 1:2,4 (5:12). La hauteur intérieure obtenue est de 7 à 11 mètres (23 à 36 pieds) au centre.

Des luminaires à lampe aux halogénures métalliques sont conseillés. Disposés sur trois ou quatre rangées longitudinales, ils sont espacés selon les puissances de lampes utilisées et aussi selon la hauteur d'installation (Figure 2).

5- Étables existantes

Pour les étables existantes, qui sont généralement à plafond plat et où l'éclairage se fait par luminaires à lampes incandescentes, une solution économique pourrait consister à remplacer les lampes incandescentes par des fluorescents compacts de 26 à 42 watts à ballast intégré. La luminosité sera améliorée de 4 à 6 fois tandis que les besoins énergétiques seront de 25 à 40 % ceux de luminaires à lampes incandescentes.

Un éclairage aux halogénures métalliques avec système optique diffuseur masquant la lampe (pour éviter d'aveugler les animaux) peut également convenir aux étables aussi basses que 2,7 mètres (9 pieds). Il remplace sans inconvénient des fluorescents de type T-32 munis de boîtiers non étanches à l'humidité. Les luminaires fourniront 30 % plus de lumière avec un économie d'énergie de l'ordre de 50% ; ils se rentabiliseront donc en 3 à 5 ans.

CONCLUSION

Comme on peut le constater, la conception de systèmes d'éclairage adéquats et performants est complexe et primordiale dans les étables laitières.

Il existe sur le marché plusieurs types d'éclairage mais tous ne sont pas satisfaisants pour une utilisation en bâtiments agricoles. Il importe donc de consulter des spécialistes avant le choix et l'installation de tout système d'éclairage. Ainsi que nous l'avons écrit précédemment, la réflectance des surfaces exposées est très importante même si elle n'est considérée qu'à 30 % dans les étables laitières.

Il ne faut pas oublier aussi que l'accumulation de poussière et de saleté, aussi bien sur les surfaces éclairées que sur les luminaires ou les lampes, réduit considérablement l'intensité lumineuse. Il est donc essentiel de nettoyer périodiquement les lampes et les surfaces éclairées si on veut prévenir les pertes de luminosité.

En règle générale, il faut toujours (sauf cas particuliers) choisir des lampes à haut rendement énergétique.

La maîtrise de la photopériode est toujours rentable pour les fermes laitières. Comme l'intensité lumineuse de l'éclairage naturel à l'intérieur des étables à attaches est généralement inférieure à 15 pieds-bougie, il faut laisser les lampes allumées 16 à 18 heures par jour.

Les lampes contiennent pour la plupart du mercure. Il faut les éliminer de façon réglementaire et écologique afin de réduire les risques de pollution de l'environnement.

À noter que bon nombre des éléments traités dans le présent document technique seront utiles pour bien d'autres bâtiments de ferme.

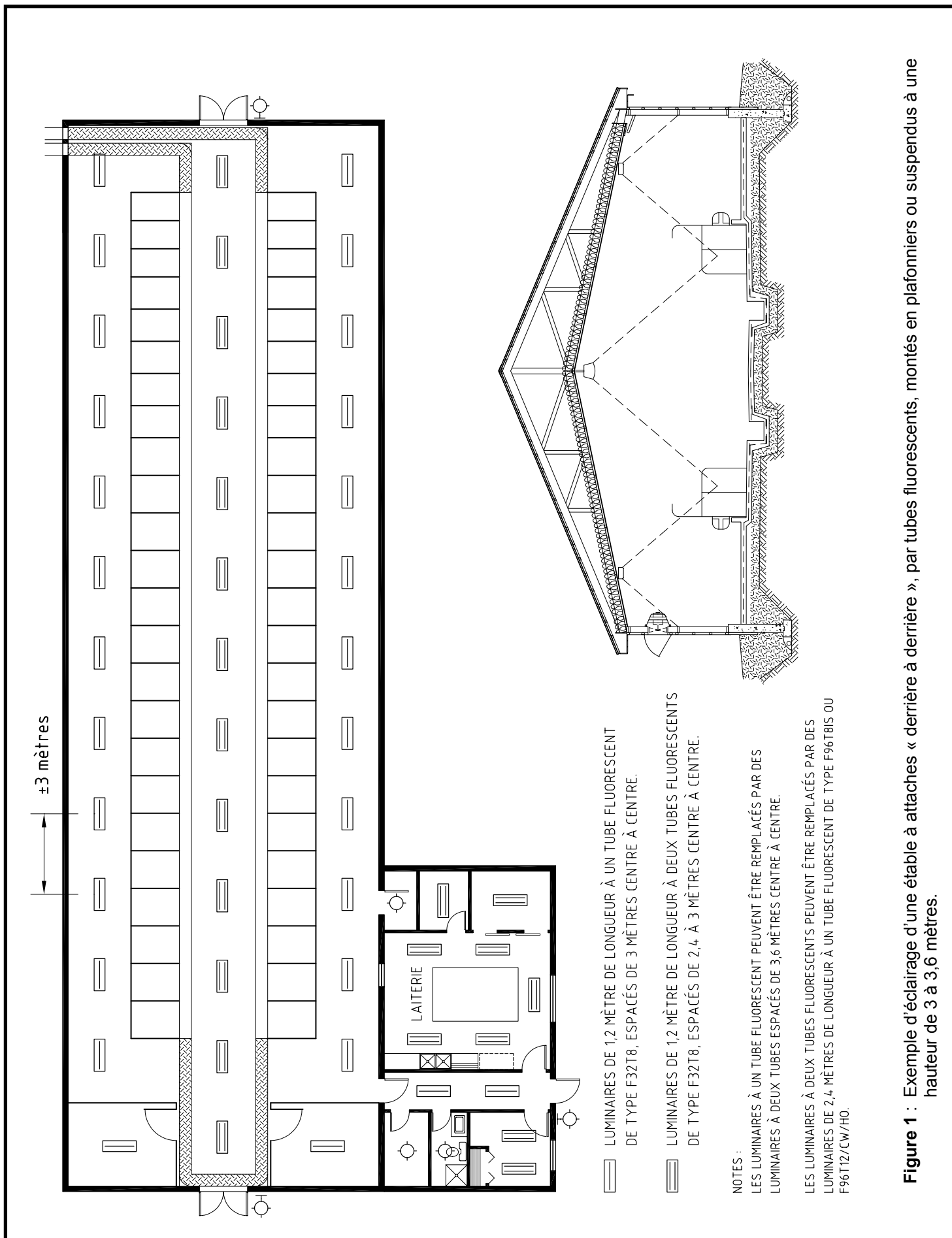


Figure 1 : Exemple d'éclairage d'une étable à attaches « derrière à derrière », par tubes fluorescents, montés en plafonniers ou suspendus à une hauteur de 3 à 3,6 mètres.

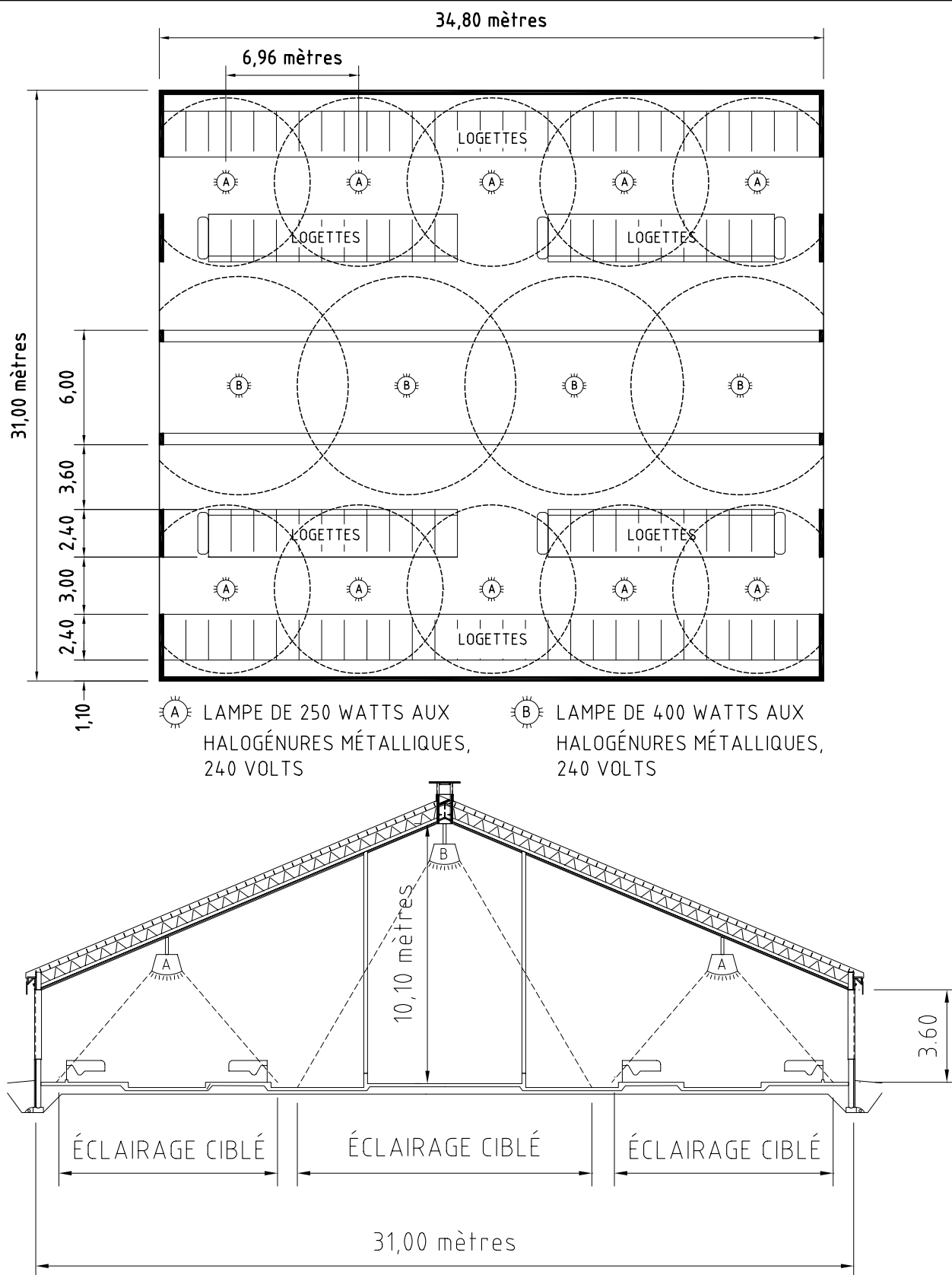


Figure 2 : Exemple d'éclairages ciblés d'une étable à logettes quatre rangées (100 vaches)