



**Centre de
développement du
porc du Québec inc.**

**ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT**

Présenté à Agri-spec

Par

**Stéphane Godbout, ing. et agr.
Henri Guimont, agr.**

Avril 2000

**ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT**

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
REMERCIEMENTS.....	iii
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 BUT ET OBJECTIFS	
2.1 But de l'expérimentation.....	1
2.2 Les objectifs.....	1
3.0 DESCRIPTION DES LAMPES	
3.1 Incandescentes.....	2
3.2 Halogène.....	2
4.0 MÉTHODOLOGIE	
4.1 Généralités.....	4
4.2 Description du montage expérimental.....	4
4.3 Dispositif expérimental.....	6
4.4 Déroulement des essais.....	7
5.0 ANALYSE ET DISCUSSIONS	
5.1 Commentaires généraux.....	8
5.2 Analyse énergétique.....	8
5.3 Distribution de la température.....	10
6.0 SOMMAIRE ET CONCLUSION.....	17
7.0 RECOMMANDATIONS.....	18
RÉFÉRENCES.....	19
ANNEXE A : Données brutes.....	A.1
ANNEXE B : Isocourbes de la distribution de la température au sol pour une hauteur de lampe de 18 pouces.....	B.1
ANNEXE C : Isocourbes de la distribution de la température au sol pour une hauteur de lampe de 21 pouces.....	C.1
ANNEXE D : Isocourbes de la distribution de la température au sol pour une hauteur de lampe de 24 pouces.....	D.1

ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

	<u>Page</u>
Figure 1 : Ampoule incandescente dans un diffuseur Canarm conventionnel à double intensité	2
Figure 2 : Ampoule halogène et diffuseur spécialement conçu pour l'ampoule.....	3
Figure 3 : Ampoule halogène avec adaptateur installé dans un diffuseur conventionnel	3
Figure 4 : Disposition des balles de ping pong.....	5
Figure 5 : Vue des différentes composantes du montage expérimental.....	5
Figure 6 : Illustration du montage expérimental en cours d'essai.....	7
Figure 7 : Effet de la position des lampes à haute intensité (« high ») sur la température lue par le thermocouple central.....	11
Figure 8 : Patron de distribution de températures pour les ampoules incandescentes (Philips) en position high (ICH) et low (ICL) et où Tmax est la température enregistrée par la balle no 1	12
Figure 9 : Patron de distribution de températures pour les lampes halogènes à haute intensité dans un abat-jour conventionnel (HCH) et un nouveau (HNH) et où Tmax est la température enregistrée par la balle no 1	14
Figure 10 : Patron de distribution de températures pour les lampes halogènes à basse intensité dans un abat-jour conventionnel (HCL) et un nouveau (HNL) et où Tmax est la température enregistrée pour la balle no 4.....	15
Tableau 1 : Ensemble des équipements et paramètres d'essais	6
Tableau 2 : Modèle statistique pour les essais	6
Tableau 3 : Besoin énergétique des ampoules en fonction de l'intensité.....	9
Tableau 4 : Valeurs comparatives de l'énergie au sol en °Cpo ²	10
Tableau 5 : Température radiante (°C) au sol à différentes distances du centre et pour différentes hauteurs.....	16

REMERCIEMENTS

Le Centre de développement du porc Québec inc. tient à remercier la compagnie Agri-Spec pour sa confiance dans la réalisation de ce projet.

Également nous tenons à remercier nos collaborateurs : M. Alfred Marquis, ing., Ph.D., professeur, Département des sols et de génie agroenvironnemental, Université Laval; M. Rolland Larochelle, ing., Agence de l'efficacité énergétique; Mme Diane Massicotte, Coopérative fédérée de Québec, Trois-Rivières; M. Louis Jalbert, technicien agricole, M. Régis Boily, ing. Ph.D., professeur et M. Martin Belzile, Département des sols et de génie agroenvironnemental, Université Laval ainsi que tous ceux et celles qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

1.0 INTRODUCTION

L'utilisation de lampes à infrarouge dans les maternités et les pouponnières est très répandue aujourd'hui. Ces lampes utilisent le principe de la radiation (réchauffe les corps sans avoir recours au support de l'air) en émettant des ondes de la région des infrarouges. Principalement, ces ampoules sont de type incandescent et surmontées d'un abat-jour métallique. L'utilisation de l'incandescence est répandue puisque la majeure partie de l'énergie générée par ce type d'ampoule est composée d'infrarouges.

L'uniformité de la répartition de la chaleur au niveau du porcelet est un point très important et déjà passablement étudié. D'ailleurs, un rapport des consultants Choinière relate une de ces études (Choinière *et al.*, 1996). Plusieurs paramètres influencent cette répartition, tels : les sondes et leur position, la hauteur des lampes, le contrôle (de type variable ou marche/arrêt), le type des diffuseurs (abat-jour) et la qualité de l'émission de lumière (la longueur d'onde) des lampes.

Dans le but d'améliorer les performances de ce système de chauffage pour les porcelets, une compagnie (Agri-spec) a mis sur le marché une lampe infrarouge utilisant une ampoule halogène. Celle-ci est supposée plus durable, plus énergétique et plus résistante à l'humidité et aux chocs que les ampoules actuellement disponibles sur le marché. Cependant, cette ampoule est un peu plus chère et afin d'avoir des arguments supplémentaires de vente, une meilleure caractérisation de la performance de ces nouvelles lampes est souhaitable.

C'est dans ce contexte qu'une responsable de la quincaillerie de la Coop Fédérée de Trois-Rivières et le promoteur du produit nous ont contactés.

2.0 BUT ET OBJECTIFS

2.1 But de l'expérimentation

Afin de bien informer les acheteurs de lampes à porcelets, il est important de bien connaître les différentes performances et les caractéristiques des nouvelles lampes. Le but du présent essai est d'obtenir des résultats comparatifs entre l'ampoule halogène distribuée par Agri-spec et incandescence couramment utilisée dans les maternités et pouponnières.

2.2 Les objectifs

- Caractériser l'uniformité de la radiation des différentes ampoules.
- Évaluer la distribution de la radiation et de la chaleur d'une ampoule halogène dans un diffuseur conventionnel.
- Évaluer la distribution de la radiation et de la chaleur d'une ampoule conventionnelle dans un diffuseur conventionnel.
- Évaluer la distribution de la radiation et de la chaleur d'une ampoule halogène dans le diffuseur développé pour l'ampoule halogène.

- Comparer le rendement des deux types d'ampoule.
- Vérifier la possibilité de remplacer une ampoule incandescente par une ampoule halogène de puissance inférieure.
- Vérifier les besoins énergétiques.

3.0 DESCRIPTION DES LAMPES

3.1 Incandescentes

La principale lampe infrarouge utilisée dans les porcheries est la lampe incandescente. En effet, une large part du marché est occupée par la lampe Philips de 175 watts. Cette ampoule a la forme des incandescentes pour l'extérieur de forme ronde et de couleur rouge (figure 1). Selon le fabricant, cette lampe à infrarouge de 175 watts a un rendement égal à celui d'une ampoule de 250 watts et une espérance de vie de 5 000 heures.

Ce type d'ampoule est utilisé avec un abat-jour en acier inoxydable (Canarm modèle HL ; CSA avec contrôle d'intensité « Low » et « High ») très répandu dans les bâtiments actuels.



Figure 1 : Ampoule incandescente dans un diffuseur Canarm conventionnel à double intensité

L'ampoule incandescente de 175 watts se détaille 8,22 \$ et l'abat-jour Canarm à deux intensités, tels qu'utilisé dans le présent test, se détaille entre 20,99 \$ et 23,77 \$.

3.2 Halogène

La lampe infrarouge Ryu-Arm comporte une ampoule de haute qualité d'une puissance de 175 watts (modèle HB-01, S/N 19905, CSA, lampe type J- 118 mm) fabriquée de façon spéciale, qui absorbe le maximum de rayons visibles afin d'émettre des rayons infrarouges à ondes moyennes ou courtes. L'ampoule infrarouge dure longtemps parce qu'elle irradie l'ensemble de

l'énergie calorifique et offre une protection accrue contre les bris causés par l'eau lorsqu'elle est allumée. Toujours selon le fabricant, la durée de vie est d'environ 10 000 heures.

La compagnie fournit un nouveau type d'abat-jour spécialement adapté pour l'ampoule halogène (figure 2). Cependant, le fabricant offre également un adaptateur pour fixer l'ampoule halogène dans un abat-jour courant utilisé pour les ampoules incandescentes (figure 3).

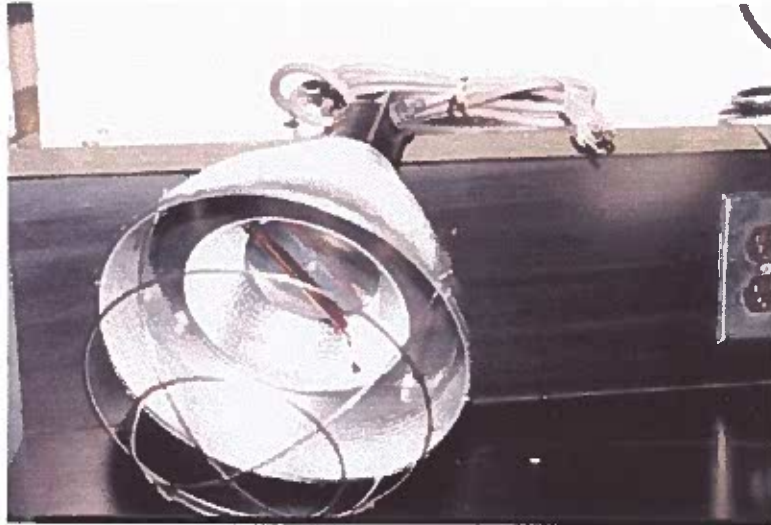


Figure 2 : Ampoule halogène et diffuseur spécialement conçu pour l'ampoule

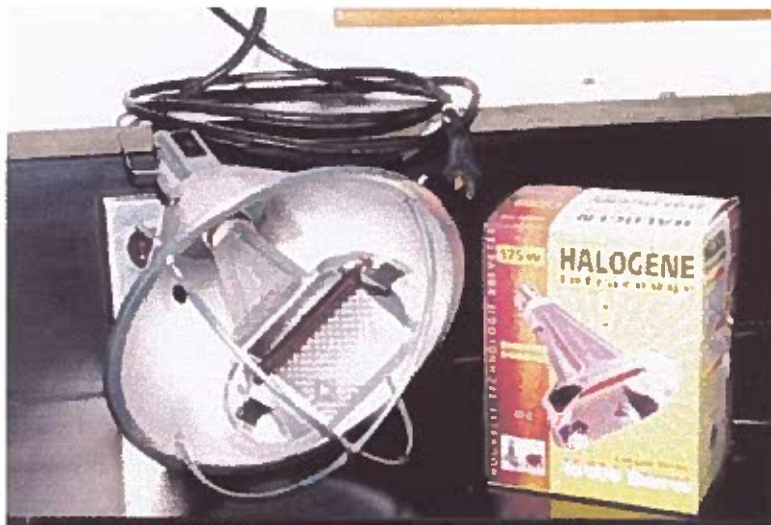


Figure 3 : Ampoule halogène avec adaptateur installé dans un diffuseur conventionnel

L'abat-jour deux intensités se détaille environ 35 \$ et l'ampoule halogène à infrarouge se détaille 9,88 \$ pour une 175 watts. L'adaptateur et l'ampoule halogène pour abat-jour standard se détaillent 17,22 \$ (enquête de prix de mars 2000).

4.0 MÉTHODOLOGIE

4.1 Généralités

Considérant que l'utilisation de la lampe Philips est très répandue, que le mode d'utilisation est connu et compte tenu qu'une expérimentation à la ferme est complexe et coûteuse, une approche en laboratoire fut proposée. Cette approche a pour but de comparer le patron de répartition de la chaleur fournie par la lampe halogène à celle incandescente. Ainsi, en connaissant le comportement de la lampe halogène, il sera facile de comparer et de proposer un mode d'utilisation fournissant le confort voulu basé sur les connaissances acquises par l'utilisation de la lampe incandescente.

De plus, une approche en laboratoire permet de faire plusieurs répétitions dans les mêmes conditions et ainsi, être capable d'isoler les paramètres voulus.

4.2 Description du montage expérimental

Tous les équipements ont été installés dans un laboratoire à l'Université Laval. Sur une table, trois sections de plancher en plastique pour cage de mise bas section porcelets de 445 mm x 1 060 mm ont été disposées sur un isolant rigide blanc de 50 mm d'épaisseur. Pour prendre la température radiante, des thermocouples de type T (cuivre-constantin) ont été implantés et centrés dans des balles de ping-pong (Pereira *et al.*, 1967) peintes en noir à l'aide de peinture mate (Armor Coat, haute température). Disposées sur différents rayons de 406 mm, les balles couvraient toute la région réchauffée par les lampes et étaient espacées symétriquement de 100 mm à 200 mm (figures 4 et 5). Les 27 balles et les thermocouples correspondant étaient maintenus en place par de la colle époxy. Également, deux thermocouples étaient collées sous la surface du plancher afin de valider et comparer avec les températures données par les thermocouples localisés dans les balles de ping-pong. La température de l'air était aussi mesurée. Entre l'acquisiteur de données et les balles, les thermocouples circulent sous l'isolant pour éviter que le réchauffement de l'enveloppe influence les résultats. Par ailleurs, les thermocouples ont été calibrés et leur précision est de + ou - 0,5°C.

Ces 30 thermocouples étaient reliés à un multiplexeur (multiplexeur 32, Myers Electric) puis à un système d'acquisition de données (21x Micrologger, Campbell Scientific S/N 9794). Le tout était par la suite acheminé à un ordinateur portable (Toshiba 310CDS) et les données étaient prétraitées à l'aide du logiciel de communication PC208W.

Une pince ampéremétrique (Clip-on Ac Power Meter Yokogawa 2433) permettait de mesurer le courant et le voltage utilisés par les lampes.

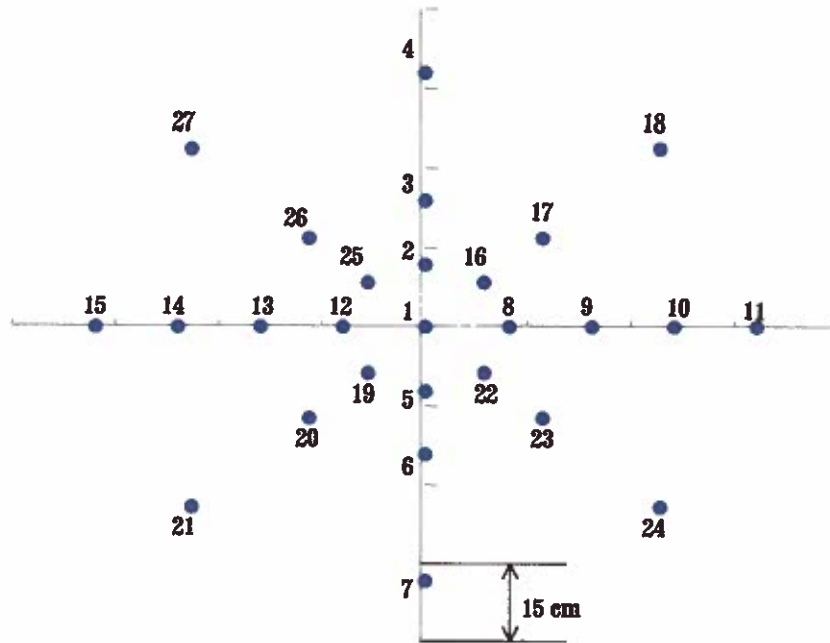


Figure 4 : Disposition des balles de ping pong (voir tableaux A.1 à A.3 pour les coordonnées complètes)



Figure 5 : Vue des différentes composantes du montage expérimental

4.3 Dispositif expérimental

Afin d'éliminer les effets de l'environnement ainsi que des ampoules (différence dans les lots de fabrication), il a été convenu d'utiliser 3 ampoules de chaque sorte pour réaliser l'expérience. Le tableau suivant illustre tous les essais et répétitions réalisés.

Tableau 1 : Ensemble des équipements et paramètres d'essais

Titre de l'essai	Type d'ampoule	Type de diffuseur*	No de l'ampoule	Hauteur (pouces)	Intensité
ICL24	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	24	basse
ICH24	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	24	haute
HNL24	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	24	basse
HNH24	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	24	haute
HCL24	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	24	basse
HCH24	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	24	haute
ICL21	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	21	basse
ICH21	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	21	haute
HNL21	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	21	basse
HNH21	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	21	haute
HCL21	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	21	basse
HCH21	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	21	haute
ICL18	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	18	basse
ICH18	Incandescente	Conventionnel	1, 2 et 3	18	haute
HNL18	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	18	basse
HNH18	Halogène	Nouveau	1, 2 et 3	18	haute
HCL18	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	18	basse
HCH18	Halogène	Conventionnel	1, 2 et 3	18	haute

* Conventionnel : Abat-jour pour les ampoules incandescentes couramment rencontrées.

Nouveau : Le diffuseur développé par Ryu pour les ampoules halogènes.

La hauteur de la lampe par rapport au plancher du montage est la distance entre l'ampoule et le dessus du plancher, on ne tient pas compte du diffuseur.

18 pouces = 45 cm; 21 pouces = 53 cm et 24 pouces = 60 cm

Le tableau 2 regroupe les différentes sources de variations. L'importance du nombre de degrés de liberté dénote la puissance de l'expérimentation. Les résultats devraient être très représentatifs.

Tableau 2 : Modèle statistique pour les essais

Source de variation	Degré de liberté
Répétition	2
Hauteur	2
Ampoule	2
Intensité	1
Erreur	46
Total	53

4.4 Déroulement des essais

Avant de débiter les essais, nous avons tenté d'évaluer le temps pour atteindre l'équilibre thermique. Après plusieurs essais, il s'est avéré que 50 minutes étaient nécessaires afin que la température se stabilise pour l'ensemble des balles de ping pong.

Dans un premier temps, le type d'ampoule, de diffuseur et la hauteur étaient sélectionnés. Le diffuseur était fixé au-dessus du montage à la hauteur voulue et centré sur la balle localisée au centre du montage (balle numéro 1). Une attention particulière était apportée à la ventilation et à l'éclairage de la pièce puisque ces paramètres ont une influence sur les résultats.

Puis, l'ampoule était allumée et les données étaient cumulées aux 10 minutes pour connaître l'évolution du comportement thermique. Une période de stabilisation (atteinte de l'équilibre thermique) de 50 minutes étaient nécessaire. Les résultats utilisés pour l'analyse sont donc ceux enregistrés après cette période.

Puis, le voltage, le courant et la puissance était enregistrés par le biais de la pince ampéremétrique.

Ce test était réalisé en positions « Low » (basse) et « High » (haute). Les mêmes étapes sont franchies pour les autres essais.



Figure 6 : Illustration du montage expérimental en cours d'essais

5.0 ANALYSE ET DISCUSSIONS

5.1 Commentaires généraux

Plusieurs essais ont été réalisés et certaines modifications ont dû être apportées au montage. Par exemple, il a fallu faire passer les thermocouples sous l'isolant. Dans un premier temps, nous avons disposé les fils de thermocouples reliant le 21 X aux balles entre le plancher et l'isolant. Cependant, le réchauffement de l'enveloppe amenait une erreur assez importante en haussant les lectures de façon non constante.

La hauteur de la lampe par rapport au plancher du montage est la distance entre l'ampoule et le dessus du plancher, la présence du diffuseur n'est pas pris en compte. Comme indiqué précédemment, la lampe est centrée sur la balle no 1, à chaque essai, la position de l'ampoule était vérifiée pour que la diffusion soit symétrique sur le plancher. Malgré cela, les résultats démontrent une asymétrie des températures et la forme elliptique n'est pas toujours dans l'axe.

Il a aussi été remarqué lors des essais que le protecteur métallique pour l'ampoule peut nuire à la diffusion symétrique de la chaleur. De plus, tous les adaptateurs pour fixer une ampoule halogène dans un diffuseur conventionnel comportaient un défaut qui rendait très difficile l'alignement des lampes pour les tests.

Également, il faut souligner que la ventilation et l'éclairage de la pièce influençaient les résultats. Le même constat a été fait pour la circulation du personnel autour du montage. La température moyenne de l'air enregistrée dans la pièce lors des essais étaient de 21,6 °C.

Finalement, il est donc posé que le dispositif expérimental (répétitions et montage) englobe toutes ces sources d'erreur, permettant ainsi de réaliser des analyses objectives.

5.2 Analyse énergétique

5.2.1 Besoin énergétique

Les lampes ont été testées en deux positions d'intensité, soit basse (« low ») et haute (« high ») intensités. Les mesures prises permettent d'illustrer la demande énergétique en fonction de la position.

Les résultats du tableau 3 sont des valeurs mesurées. La puissance (watts) est donnée théoriquement par :

$$\text{Puissance} = V * I * \text{FP} \quad [1]$$

Où FP est le facteur de puissance; I, le courant en ampères et V, le voltage. Malheureusement, cette valeur n'a pas été mesurée. Dans la majorité des cas habituels, le facteur de puissance est égal à 1,0 et l'équation 1 se réécrit comme suit :

$$\text{Puissance} = V * I \quad [2]$$

Lorsque le commutateur est en position « low », il y a un hachage de phase pour réduire la tension efficace et moyenne appliquée à la lampe, ce qui réduit le courant et la puissance. Alors, dans un tel cas, le facteur de puissance n'est pas égal à 1 et c'est pourquoi, dans le tableau 3, pour la position « basse intensité » la puissance théorique n'est pas égale à l'équation

2, mais bel et bien à l'équation 1. Pour la haute intensité, il n'y pas de hachage de phase et la puissance théorique est égale à l'équation 2.

Tableau 3 : Besoin énergétique des ampoules en fonction de l'intensité

Titre de l'essai	Volts (v)	Ampères (a)	Puissance mesurée (watts)	Puissance théorique (V*I))
ICL (Philips low)	120,3	0,92	101	110,7*
HNL	119,6	0,93	102,6	111,2*
HCL	120,2	0,95	104,4	114,2*
ICH (Philips high)	119,7	1,44	172,8	172,4*
HNH	119,0	1,47	174,1	174,9*
HCH	119,8	1,49	178,9	178,5*

* Facteur de puissance égal à 1,0

Dans l'ensemble, les deux types d'ampoules dépendent l'énergie reliée à la puissance de la lampe, soit 175 watts lorsque l'intensité est maximale. En fait, la lampe incandescente semble être moins gourmande, mais la différence est faible et peu significative.

Lorsque le commutateur est en position « low », la puissance mesurée est d'environ 100 w. À nouveau, l'incandescente semble moins gourmande mais cette différence n'est pas significative.

Donc, peu importe le type d'ampoule, le fait de passer de la position « high » à la position « low » amène la puissance de 175 watts à 100 watts, soit une réduction de 40 %.

5.2.2 Énergie au sol (E_{sol})

Afin de connaître l'efficacité énergétique de l'ampoule halogène vs l'ampoule incandescente Philips, une comparaison à l'aide d'une unité en degrés Celsius par pouce carré a été réalisée. En fait, à l'aide des figures en annexes, la surface des différents cercles étaient multipliée par la température correspondant à cette surface pour obtenir une valeur en °C po². Deux grandes hypothèses ont été posées, soit que l'énergie en °C po² fournie est celle enregistrée au dessus de 22°C, qui est la température moyenne de l'air de la pièce, et en second lieu, que toutes les surfaces présentes sont parfaitement circulaires. Naturellement, ces hypothèses ne sont pas toujours vérifiables et par conséquent, les valeurs fournies ne sont qu'indicatives. L'équation suivante exprime mathématiquement la relation :

$$E_{sol} = ((T_i * R_i^2 - T_i * R_{i+1}^2) - 22^\circ C * R_1^2) * 3,1416 \quad [3]$$

De plus, il faut souligner que l'augmentation du nombre de porcelets nés vivants par truie favorise une zone plus grande et plus uniforme de température au sol. Ceci pourrait dans certains cas favoriser les ampoules halogènes. Le tableau 4 regroupe les valeurs obtenues.

Tableau 4 : Valeurs comparatives de l'énergie au sol en °C po²

Type de lampes	Hauteurs		
	24 pouces	21 pouces	18 pouces
ICH (Philips high)	2930	2938	3477
ICL (Philips low)	1625	1492	1914
HCH	3080	3399	3393
HCL	1815	1830	1739
HNH	2439	3179	2519
HNL	1271	1634	1384

Note : Ces valeurs ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif et comparatif. Elles ne peuvent être comparées à des valeurs provenant d'autres sources.

Selon le tableau 4, il apparaît que l'énergie au sol en position «high» est semblable d'une ampoule à un autre et varie de 2 500 à 3 500°C po². Les différences entre les lampes incandescentes (Philips) et halogènes dans un diffuseur conventionnel sont petites et non significatives. Seule la lampe halogène avec un nouveau diffuseur à 45 cm (18 pouces) de hauteur a un écart significatif sur les autres lectures. Cependant, nous sommes d'avis que cette donnée a été affectée d'une façon ou d'une autre par un facteur externe.

Également, ce même tableau illustre que la différence entre les positions « low » et « high » représente une variation de 47 %. Ceci vient confirmer la valeur de 40 % évaluée par le biais des puissances (voir section 5.2.1).

Finalement, selon les analyses, le ratio énergie fournie/énergie transmise au plancher des lampes incandescentes (Philips) et halogènes n'est pas significativement différent. Cela indique que ces deux lampes semblent avoir une efficacité similaire, seule la distribution de l'énergie au sol semble différente. Une analyse du spectre lumineux complet pourrait confirmer cette analyse.

5.3 Distribution de la température

5.3.1 Effet de la hauteur des lampes en position «high» sur la température centrale

Pour la lampe incandescente, à une hauteur de 60 cm (24 pouces), la température est de 32,5°C tandis qu'elle atteint 39,3°C à 53 cm (21 pouces) et 42,7°C à 45 cm (18 pouces), soit une différence de 10°C.

La lampe halogène avec le nouveau diffuseur est la lampe qui est la moins influencée par la hauteur. Pour une variation de la hauteur de 60 cm à 45 cm (de 24 à 18 pouces), la température passe de 28,7 à 33,4°C, soit une différence d'environ 5°C.

La température donnée par la lampe halogène avec l'adaptateur, pour la même différence de hauteur, varie de 30,3 à 35,4°C, soit une différence de 5°C.

Selon les données enregistrées, la lampe incandescente (Philips) est deux fois plus influencée par la hauteur que les lampes halogènes. Ces dernières, peu importe le diffuseur, ne varient que de 5°C pour une variation de la hauteur de 60 à 45 cm (de 24 à 18 pouces) et cette variation est presque parfaitement linéaire (figure 7), ce qui n'est pas le cas de l'ampoule incandescente (Philips).

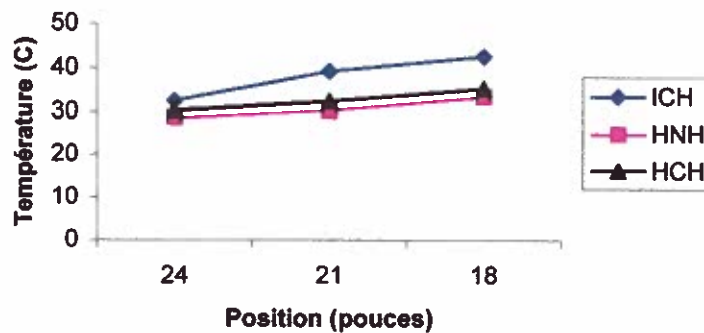


Figure 7 : Effet de la position des lampes à haute intensité («high») sur la température lue par le thermocouple central

ICH = ampoule incandescente Philips

HNH = halogène avec nouvel abat-jour

HCH = Halogène sur adaptateur dans abat-jour conventionnel

5.3.2 Analyse de la distribution de la température radiante au sol

Incandescence

➤ ICH ampoule Philips dans abat-jour conventionnel en position «high»

Comme indiqué précédemment, la température centrale passe de 42,7 à 36,5°C lorsque la lampe est soulevé de 45 à 60 cm (de 18 à 24 pouces).

L'analyse visuelle du patron de distribution indique, à un rayon de 40 cm (16 pouces), que la température au plancher est de 23°C lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces) de hauteur et d'environ 22°C lorsque la lampe est à 60 cm (24 pouces) de hauteur. Ceci démontre qu'à une distance de 40 cm (16 pouces) du centre, la variable hauteur de la lampe incandescente n'a plus d'effet. La hauteur a donc pour effet d'augmenter la température centrale sans influencer la température à 40 cm (16 pouces) du centre entraînant ainsi une plus grande stratification horizontale de la température au sol. En effet, sur un rayon de 40 cm (16 pouces), la température varie de 14,5°C (à une hauteur de 60 cm ou 24 pouces) par rapport à 19,7°C lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces) de hauteur.

➤ ICL ampoule Philips dans abat-jour conventionnel en position «low»

Comme indiqué précédemment, la température centrale passe de 36,1 à 32,2°C lorsque la lampe est soulevée de 45 à 60 cm (18 à 24 pouces).

L'analyse visuelle du patron de distribution indique à un rayon de 40 cm (16 pouces), que la température au plancher est de 22°C lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces) de hauteur et également d'environ 22°C lorsque la lampe est à 60 cm (24 pouces) de hauteur. Cette température est égale à la température moyenne de l'air de la pièce lors des essais. Ceci démontre à nouveau et de façon plus évidente qu'à une distance de 40 cm (16 pouces) du centre, la variable hauteur de la lampe incandescente (Philips) n'a plus d'effet. La hauteur a donc pour effet d'augmenter la température centrale sans influencer la température à 40 cm (16

pouces) du centre entraînant ainsi une plus grande stratification horizontale de la température au sol. En effet, sur un rayon de 40 cm (16 pouces), la température varie de 10°C (à une hauteur de 60 cm ou 24 pouces) par rapport à 14,1°C lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces).

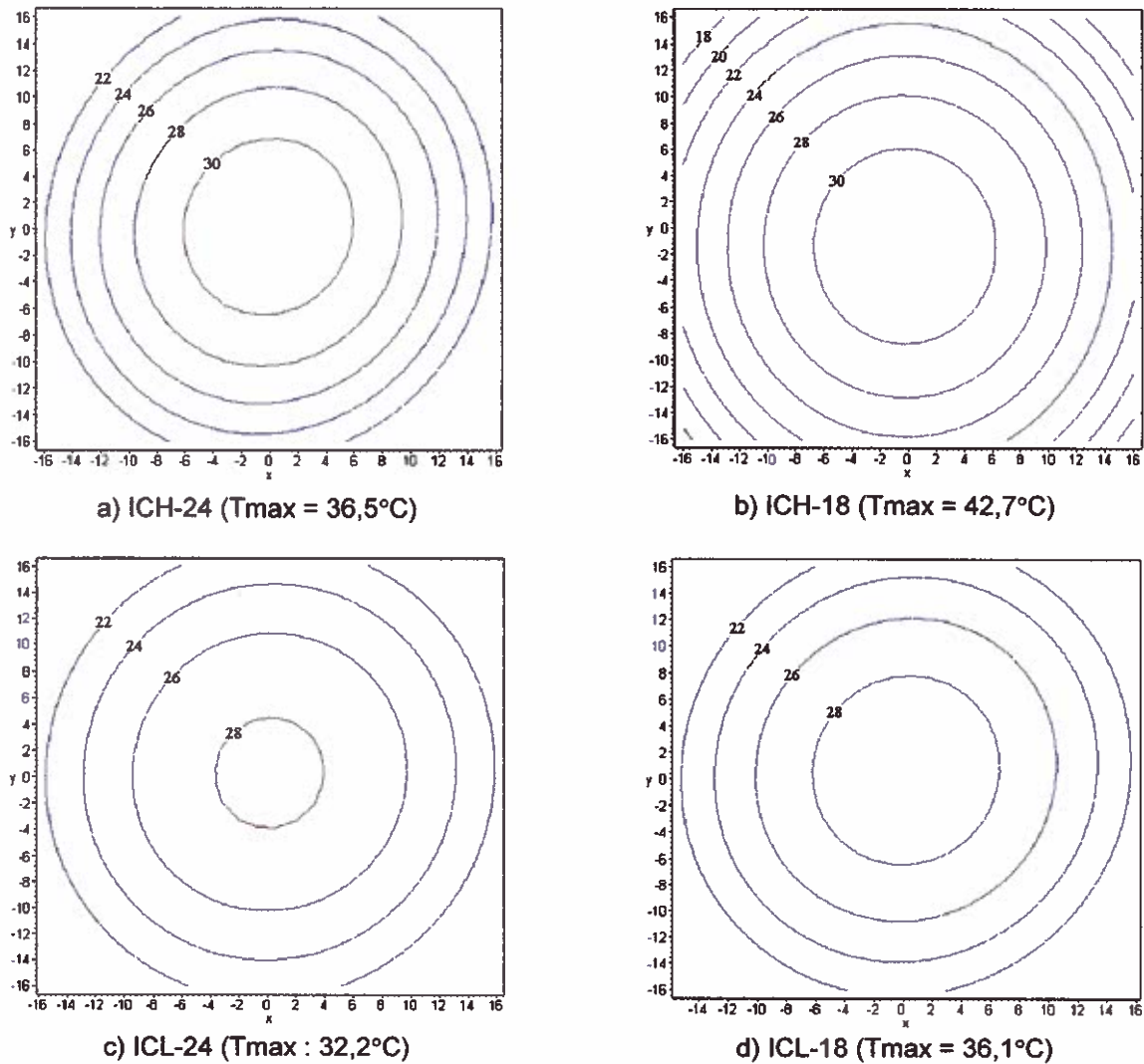


Figure 8 : Patron de distribution de températures pour les ampoules incandescentes (Philips) en position high (ICH) et low (ICL) et où T_{max} est la température enregistrée par la balle no 1

Halogène (et diffuseur)

- Ampoule halogène dans un abat-jour nouveau (HNH) et un conventionnel (HCH) respectivement en position « high »

Comme indiqué précédemment, la température centrale passe de 33,4 à 28,7°C lorsque la lampe est soulevée de 45 à 60 cm (de 18 à 24 pouces). Ces valeurs sont respectivement de 34,5 et 30,3°C pour les lampes avec adaptateur et diffuseur conventionnel. Ce diffuseur conventionnel n'affecte donc à la hausse les températures centrales que de 1°C.

L'analyse visuelle du patron de distribution indique à un rayon de 40 cm (16 pouces), que la température au plancher est de 22°C (23°C dans le cas du diffuseur conventionnel) lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces) de hauteur et d'environ 26°C (environ 24,5°C dans le cas du diffuseur conventionnel) lorsque la lampe est à 60 cm (24 pouces). Ceci démontre que lorsque la lampe s'éloigne du plancher, la température centrale diminue, mais la surface chaude agrandie est plus constante. En effet, sur un rayon de 40 cm (16 pouces), la température ne varie que de 3,0°C (à une hauteur de 60 cm ou 24 pouces) par rapport à 11,4°C lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces). Dans le cas du diffuseur conventionnel, sur ce même rayon, la température varie de 5,8°C à une hauteur de 60 cm (24 pouces) par rapport à 11,5°C à 45 cm (18 pouces). Donc, l'agencement adaptateur-diffuseur conventionnel, distribue la température de façon moins uniforme.

Une distribution plus uniforme peut être intéressante, puisque pour les poupons, dans une cage de mise bas, la largeur n'est que de 60 cm (24 pouces) et que sur cette largeur, la variation de température est faible surtout dans le cas des mesures prises avec la HNH. Donc, les porcelets devraient moins se concentrer sous la lampe qu'avec les lampes incandescentes dont la distribution est plus centrée.

De plus, il est intéressant de remarquer que la forme longiforme du tube halogène ovalise les isocourbes. Ceci est de plus en plus visible lorsque la lampe s'éloigne du plancher (figure 9).

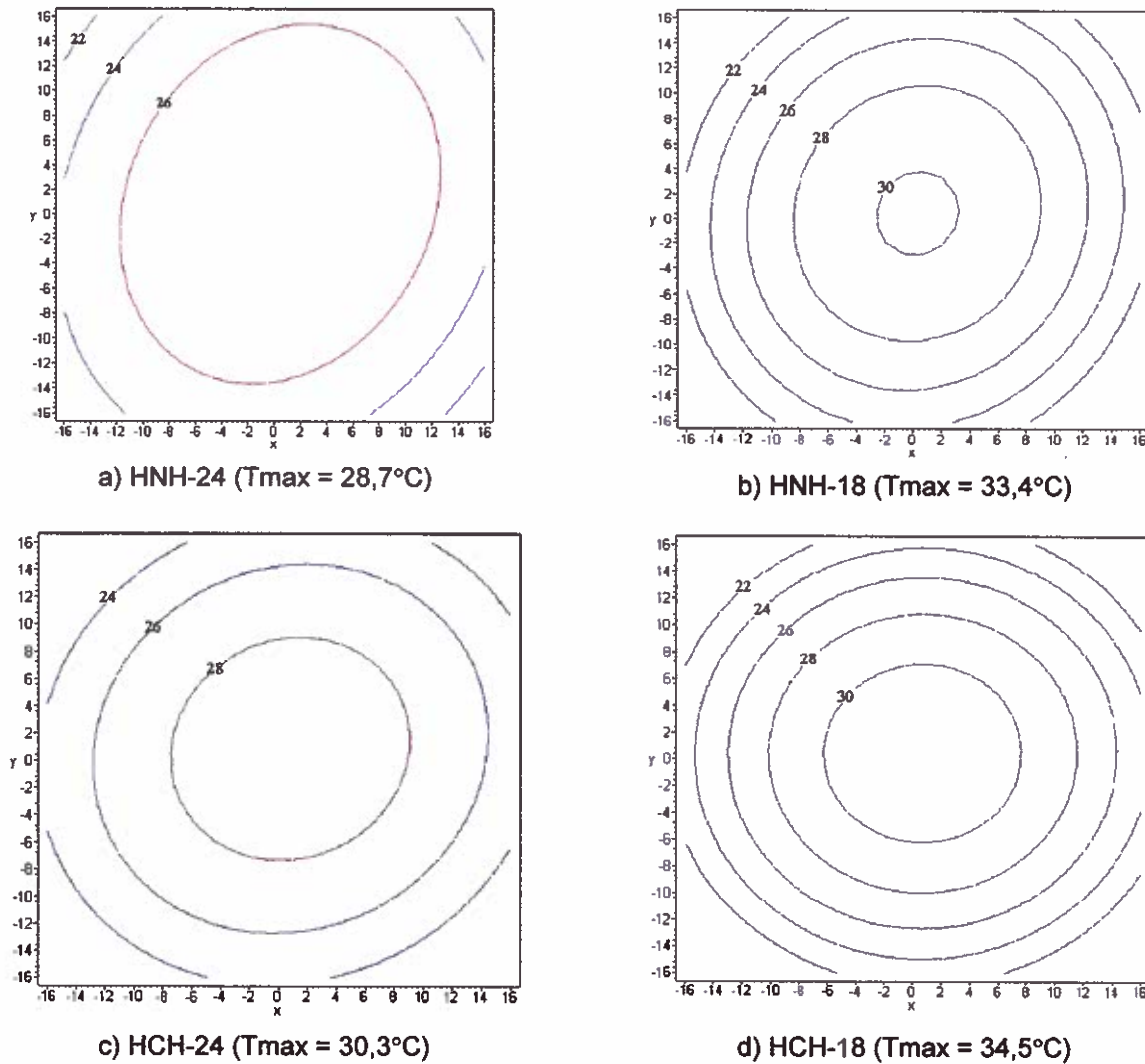


Figure 9 : Patron de distribution de températures pour les lampes halogènes à haute intensité dans un abat-jour conventionnel (HCH) et un nouveau (HNH) et où T_{max} est la température enregistrée par la balle no 1

➤ *Ampoule halogène dans un abat-jour nouveau (HNL) et un conventionnel (HCL) respectivement en position «low»*

La température centrale passe de 28,7 à 27,3°C lorsque la lampe est soulevée de 45 à 60 cm (de 18 à 24 pouces) et de 30,4 à 27,8°C dans le cas du diffuseur conventionnel.

L'analyse visuelle du patron de distribution des températures pour la HNL indique à un rayon de 40 cm (16 pouces), que la température au plancher est de 22°C (soit environ la température de la pièce) lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces) de hauteur et d'environ 23°C lorsque la lampe est à 60 cm (24 pouces) de hauteur. Pour la lampe halogène avec un diffuseur conventionnel, ces températures sont de 24°C et de 23°C, respectivement. Ceci démontre à nouveau, de façon moins marquée cependant, que lorsque la lampe HNL s'éloigne du plancher, la température centrale diminue, mais la surface chaude agrandie est plus constante. En effet,

sur un rayon de 40 cm (16 pouces), la température ne varie que de 4°C pour la HNL et de 4,8°C pour la HCL (à une hauteur de 60 cm ou 24 pouces) par rapport à 6,7°C pour la HNL et de 6,4°C pour la HCL lorsque la lampe est à 45 cm (18 pouces). Donc, l'intensité semble réduire l'effet de la hauteur sur l'écart des températures entre le centre et le pourtour et le diffuseur ne joue qu'un rôle mineur sur cette distribution.

Le même constat qu'en haute intensité peut être fait quant à la forme ellipse épousée par les isocourbes (figure 10).

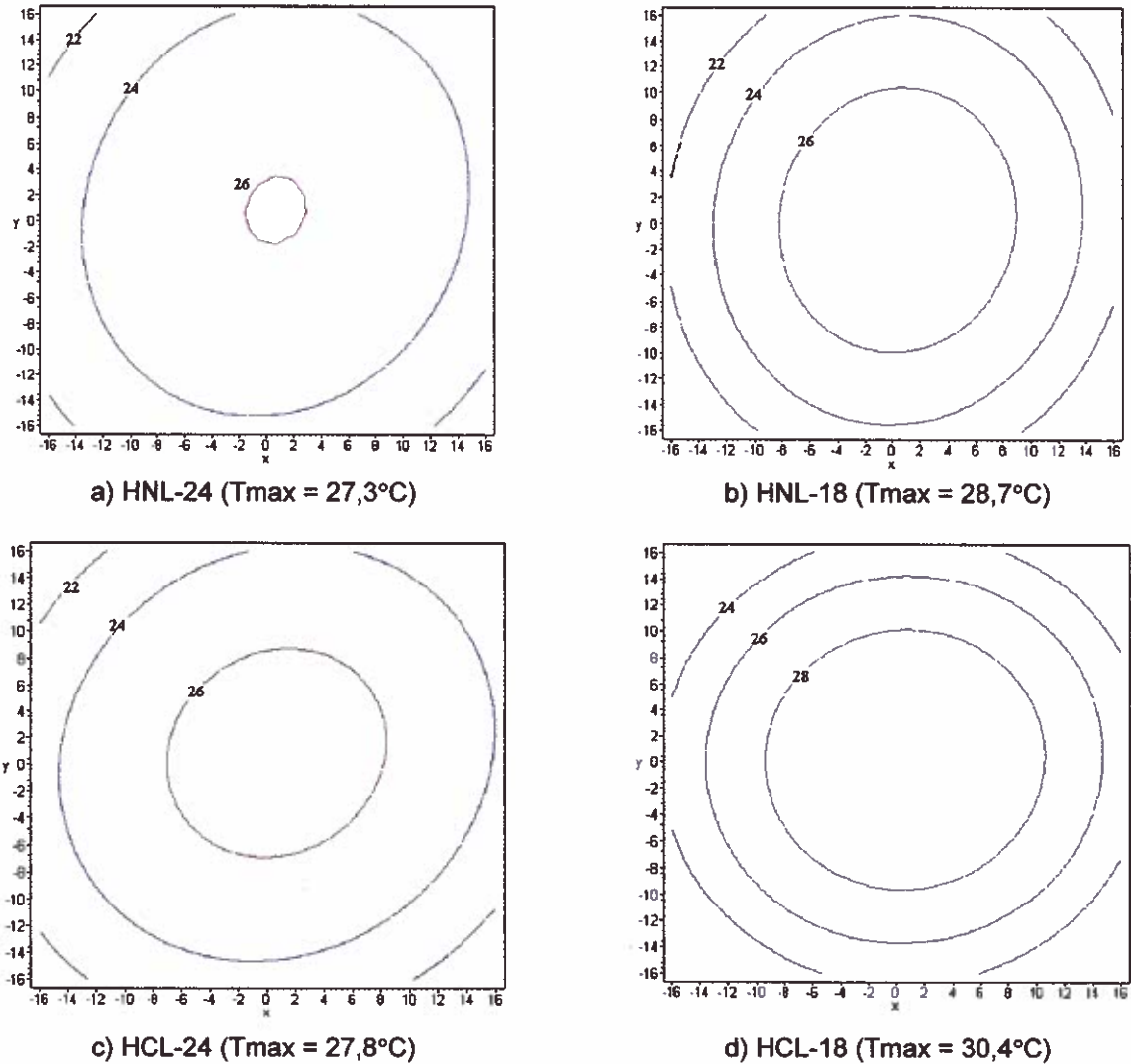


Figure 10 : Patron de distribution de températures pour les lampes halogènes à basse intensité dans un abat-jour conventionnel (HCL) et un nouveau (HNL) et où T_{max} est la température enregistrée pour la balle no 4

5.3.3 Comparaison d'utilisation

Puisque l'espace pour les porcelets dans la cage de mise bas est de 445 mm de largeur de chaque côté de la truie en général, il est intéressant de connaître la distribution de la température sur cette largeur. En posant que la lampe est localisée au centre de la section des poupons, il nous faut connaître la température à 30 cm (12 pouces) de chaque côté de la lampe. Le tableau 5 regroupe les différentes températures au centre, à 15 cm et 30 cm (6 et 12 pouces).

Si une température au sol de 30,5°C est désirée sur la surface voulue, le tableau 5 peut aider à la sélection de la lampe et de la hauteur. Il faut cependant être prudent, puisque le porcelet a une épaisseur et que cela rapproche la surface de sa peau de la lampe.

Le tableau 5 illustre bien l'avantage de la lampe halogène sur la distribution de température, donc, pour avoir une température désirée de 30,5°C, un bon choix serait la HCH à 60 cm (24 pouces) de hauteur. La différence entre le centre et les bords n'est que de 4°C. En plus d'offrir une bonne distribution de température, ce choix permet d'insérer des halogènes dans des diffuseurs conventionnels.

Un autre choix pourrait être l'incandescente en position « low » (ICL) qui donne quand même une bonne distribution (écart de 8,2°C) et permettrait d'économiser 40 % d'énergie, soit 70 watts par lampe incandescente. Pour économiser également l'énergie, la lampe halogène HNL (basse intensité) positionnée à 45 cm (18 pouces) de hauteur pourrait faire un bon travail.

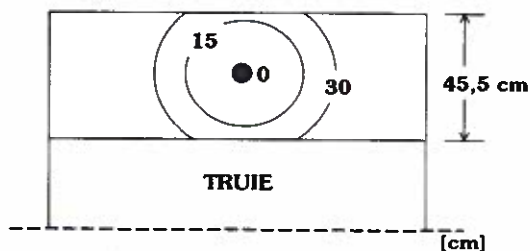
Tableau 5 : Température radiante (°C) au sol à différentes distances du centre et pour différentes hauteurs

Position au sol	60 cm (24") de hauteur			53 cm (21") de hauteur			145 cm (18") de hauteur		
	0 cm	15 cm (6")	30 cm (12")	0 cm	15 cm (6")	30 cm (12")	0 cm	15 cm (6")	30 cm (12")
Lampes									
➤ ICH	36,5	29,1	24,5	39,3	30	24,5	42,7	30,2	26
➤ ICL	32,2	26,9	24	33,6	26,8	23,5	36,1	27,3	24
➤ HCH	30,3	28,5	26,5	32,4	29,6	26,8	34,5	30,5	26,8
➤ HCL	27,8	26,3	24,9	29,2	26,3	24,9	30,4	28,7	26,5
➤ HNH	28,7	28,5	27	30,3	38,5	26	33,4	28,7	25,1
➤ HNL	27,3	25,5	24,5	28,1	26,3	24,7	28,7	26,6	24

ICH et ICL : incandescente Philips en modes « high » et « low »

HCH et HCL : halogène en abat-jour conventionnel, en modes « high » et « low »

HNH ET HNL : halogène en abat-jour nouveau, en modes « high » et « low »



6.0 SOMMAIRE ET CONCLUSION

Dans l'ensemble, le projet s'est bien déroulé. Cependant, la prise de données a été plus complexe que prévu. Les sources de variations, l'attention à apporter lors du montage, les répétitions supplémentaires et l'alignement des lampes ont été les principales raisons de cette complexité. De plus, dans le cas des tests avec l'adaptateur halogène pour abat-jour conventionnel, un défaut d'alignement du tube par rapport à la douille a augmenté les difficultés d'expérimentation.

La demande énergétique a été également étudiée. Il est apparu que, peu importe le type d'ampoule, en position « high » la puissance demandée était d'environ 175 watts et d'environ 100 watts en position « low », soit une réduction d'environ 40 %. Les analyses de l'énergie transmise au sol indiquent que l'efficacité à transformer l'énergie utilisée en énergie au sol est similaire dans tous les cas. Cela signifie, peu importe le type de lampe, que la conversion de watts en température est équivalente. Cependant, une analyse complète du spectre lumineux est nécessaire afin de confirmer cette conclusion. De même, cette dernière analyse a démontré qu'il y avait une réduction de 47 % entre les positions «low» et «high». Cette valeur concorde, à 7 % près, avec celle déterminée par le biais de la puissance. Il est à noter qu'une économie d'énergie pourrait être possible en utilisant la position «high» durant une courte durée pour ensuite passer en mode «low» pour une longue période.

Selon l'analyse effectuée, la lampe incandescente (Philips) est deux fois plus influencée par la hauteur que les lampes halogènes. Ces dernières, peu importe le diffuseur, ne varient que de 5°C pour une variation de la hauteur de 60 cm à 45 cm (de 24 à 18 pouces) et cette variation est linéaire, ce qui n'est pas le cas de l'ampoule incandescente.

Dans l'ensemble, peu importe l'intensité, la hauteur ou le diffuseur, la température centrale est plus élevée sous une ampoule incandescente et cette différence peut atteindre 8°C. Cependant, l'incandescente tend à concentrer davantage la chaleur au centre que l'halogène entraînant une plus forte stratification horizontale de la température. Cette stratification peut atteindre 12°C sur une distance de 30 cm (12 pouces) pour l'incandescente. Dans le cas de l'halogène, cette différence de température sur une même distance ne dépasse pas les 5°C.

Également, la distribution de la température n'est pas circulaire dans le cas de l'ampoule halogène, ceci dû au tube longiforme de l'halogène. En effet, les isocourbes sont ovales dans la majorité des cas.

Finalement, la forme du tube et le diffuseur semblent avantager la lampe halogène en distribuant la température de façon plus uniforme que l'incandescente, mais en atteignant une température centrale beaucoup moins élevée. Ainsi, l'ampoule halogène pourrait remplacer avantageusement une ampoule incandescente (Philips). Le tableau 5 peut aider le producteur à disposer les nouvelles lampes. Cependant, aucune étude économique et de durabilité n'a été réalisée.

De plus, puisque la lampe halogène semble mieux distribuer la chaleur, une validation de l'amélioration du confort du porcelet par un suivi à la ferme pourrait être effectuée en observant la distribution des porcelets sous les lampes halogènes et incandescentes (Philips).

7.0 RECOMMANDATIONS

Les essais ont permis de cerner quelques recommandations, soit :

- qu'un suivi dans les maternités utilisant ces deux types d'ampoules soit fait afin de connaître la distribution des porcelets sous la lampe. Selon les essais, il est pressenti que les porcelets devraient être plus uniformément répartis sous les lampes halogènes;
- que des tests de résistance (chocs, lavage, etc.) et de longévité soient réalisés afin d'obtenir les données nécessaires à une analyse économique complète;
- qu'une analyse complète du spectre lumineux soit réalisée;
- que le fabricant aurait intérêt à redessiner ou à modifier les adaptateurs.

RÉFÉRENCES

- Choinière, Y., B. Marquis et G. Gingras. 1996. Conditions d'ambiance en pouponnière pour sevrage hâtif. Fédération des producteurs de porc du Québec, Centre de développement du porc du Québec et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 17 pages.
- Pareira, N., Bond, T.E. et S. Morrison. 1967. Ping-pong ball into black-globe thermometer. Agricultural engineering, ASAE, p. 341.

**ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT**

ANNEXE A

DONNÉES BRUTES

Tableau A.1 : Données brutes du test à 18 pouces de hauteur

	X (pouce)	Y (pouce)	18ihi	18ilo	18hconhi	18hconlo	18hnewhi	18hnewlo
1	0	0	42,7	36,09	34,497	30,39	33,39	28,677
2	4	0	38,453	33,317	32,26	29,057	32,223	27,993
3	8	0	29,207	27,143	29,013	26,287	28,953	26,62
4	16	0	23,93	23,34	24,123	23,177	24,917	23,997
5	-4	0	34,257	29,397	30,36	27,517	30,487	27,5
6	-8	0	27,017	25,097	27,887	25,747	27,777	26,277
7	-16	0	23,463	22,927	23,393	22,9	24,363	23,65
8	0	-4	34,6	30,497	32,513	28,707	30,92	27,8
9	0	-8	26,443	25,013	28,257	25,8	27,097	25,483
10	0	-12	24,447	23,573	26,4	24,47	25,073	23,95
11	0	-16	23,313	22,813	24,41	23,263	23,503	22,757
12	0	4	33,387	28,86	32,073	28,313	29,793	27,207
13	0	8	26,32	24,693	29,14	26,267	26,803	25,757
14	0	12	24,353	23,447	27,12	25,053	25,11	24,317
15	0	16	23,203	22,66	24,76	23,47	23,463	22,913
25	2,82	2,82	18,687	31,033	31,88	28,37	30,787	27,34
26	5,66	5,66	27,43	25,847	28,59	25,87	28,007	25,983
27	11,31	11,31	23,833	23,197	24,32	23,243	24,747	23,773
16	2,82	-2,82	32,83	28,163	30,883	27,537	29,54	27,067
18	5,66	-5,66	26,143	24,383	27,973	25,403	26,677	25,747
18	11,31	-11,31	22,767	22,317	23,177	22,43	23,21	22,847
22	-2,82	-2,82	32,293	28,1	29,73	26,997	29,427	26,883
23	-5,66	-5,66	26,16	24,6	26,947	25,103	27,123	25,46
24	-11,31	-11,31	27,786	22,813	23,66	22,967	24,213	23,437
19	-2,82	2,82	27,895	29,36	31,567	27,967	29,99	27,387
20	-5,66	5,66	28,004	25,18	29,307	26,287	27,683	26,153
21	-11,31	11,31	28,113	22,7	24,043	23,123	23,967	23,427

Tableau A.2 : Données brutes du test à 21 pouces de hauteur

	X (pouce)	Y (pouce)	21ihi	21ilo	21hconhi	21hconlo	21hnewhi	21hnewlo
1	0	0	39,267	33,607	32,433	29,167	30,337	28,107
2	4	0	35,287	30,35	31,617	28,24	29,837	27,087
3	8	0	28,497	26,017	29,487	26,547	29,26	26,48
4	16	0	23,907	23,013	25,117	23,983	25,833	24,427
5	-4	0	33,893	29,603	29,57	26,933	29,573	27,007
6	-8	0	27,493	25,303	27,803	25,677	28,317	25,99
7	-16	0	23,573	22,757	24,317	23,477	25,147	23,983
8	0	-4	32,75	28,607	31,597	28,14	29,677	27,02
9	0	-8	26,18	24,5	28,233	26,013	27,61	25,59
10	0	-12	24,247	23,223	26,653	24,887	26,073	24,487
11	0	-16	23,25	22,59	25,193	23,947	24,5	23,487
12	0	4	33,177	29,08	30,41	27,663	29,057	26,697
13	0	8	26,993	24,963	28,1	26,167	27,68	25,803
14	0	12	24,687	23,493	26,897	25,183	26,32	24,96
15	0	16	23,447	22,637	25,073	23,937	24,387	23,593
25	2,82	2,82	32,827	28,947	31,483	27,937	29,517	26,787
26	5,66	5,66	26,86	24,983	29,06	26,387	28,637	26,14
27	11,31	11,31	23,657	22,837	25,503	24,16	25,83	24,323
16	2,82	-2,82	32,8	28,723	29,527	26,93	28,823	26,413
18	5,66	-5,66	26,72	24,87	27,153	25,48	27,673	25,633
18	11,31	-11,31	22,767	22,317	23,593	23,073	24,1	23,383
22	-2,82	-2,82	31,43	27,907	29,383	26,553	29,067	26,383
23	-5,66	-5,66	26,167	24,503	27,363	25,303	27,723	25,47
24	-11,31	-11,31	23,357	22,663	24,683	23,653	25,11	23,91
19	-2,82	2,82	32,253	28,027	30,823	27,547	28,933	26,46
20	-5,66	5,66	27,127	25,077	28,773	26,35	28,117	25,937
21	-11,31	11,31	23,42	22,7	24,877	23,767	24,89	23,793

Tableau A.3 : Données brutes du test à 24 pouces de hauteur

	X (pouce)	Y (pouce)	24ihi	24ilo	24hconhi	24hconlo	24hnewhi	24hnewlo
1	0	0	36,533	32,163	30,31	27,75	28,673	27,353
2	4	0	34,003	30,4	30,02	27,403	28,36	26,387
3	8	0	28,44	26,51	28,507	26,247	28,367	25,937
4	16	0	23,883	23,127	25,363	24,277	25,74	24,217
5	-4	0	33,343	29,167	28,4	26,243	28,16	26,033
6	-8	0	27,703	25,567	27,01	25,28	27,357	25,323
7	-16	0	23,66	22,933	24,417	23,63	25,07	23,797
8	0	-4	33,117	29,29	29,917	27,253	28,37	26,18
9	0	-8	26,793	24,963	27,64	25,89	27,003	25,117
10	0	-12	24,463	23,45	26,393	24,817	25,997	24,413
11	0	-16	23,373	22,753	25,19	23,973	24,65	23,58
12	0	4	30,557	28,373	29,043	26,39	27,397	25,703
13	0	8	25,9	24,87	27,503	25,553	26,677	25,09
14	0	12	24,193	23,533	26,51	24,923	26	24,587
15	0	16	23,213	22,81	25,087	23,883	24,423	23,563
25	2,82	2,82	32,997	29,2	29,993	27,227	28,057	25,987
26	5,66	5,66	27,523	25,5	28,317	26,193	27,87	25,63
27	11,31	11,31	23,787	22,99	25,593	24,293	25,753	24,207
16	2,82	-2,82	30,52	27,937	28,247	25,867	27,347	25,463
18	5,66	-5,66	25,993	24,81	26,623	24,92	26,583	24,897
18	11,31	-11,31	22,85	22,487	23,85	23,153	24,043	23,217
22	-2,82	-2,82	32,057	28,36	28,367	26,127	27,743	25,577
23	-5,66	-5,66	27,003	24,96	26,783	25,18	26,937	24,96
24	-11,31	-11,31	23,523	22,79	24,663	23,76	25,093	23,687
19	-2,82	2,82	30,297	28,29	29,193	26,61	27,677	25,793
20	-5,66	5,66	26,303	25,337	27,817	25,473	26,957	25,127
21	-11,31	11,31	23,277	22,853	25,043	23,813	24,86	23,747

**ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT**

ANNEXE B

**ISOCOURBES DE LA DISTRIBUTION
DE LA TEMPÉRATURE AU SOL
POUR UNE HAUTEUR DE LAMPE DE 18 POUCES**

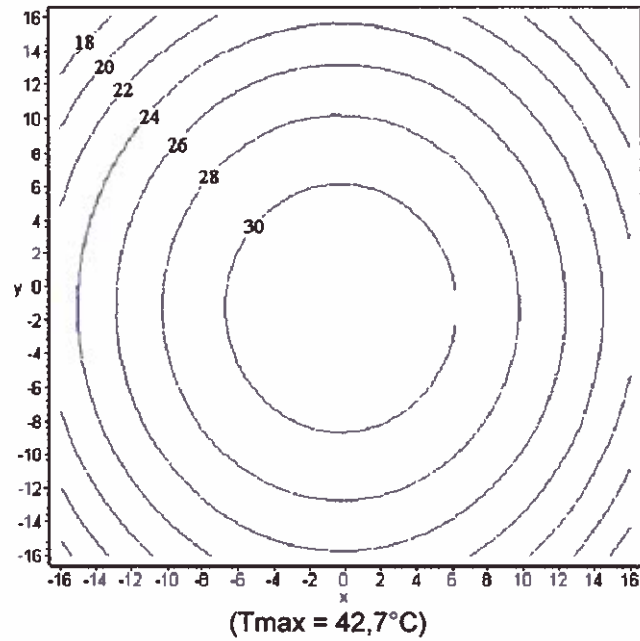


Figure B.1 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à haute intensité et à une hauteur de 18 pouces (ICH-18) (Incandescente (Philips) en position high à 18 pouces de hauteur)

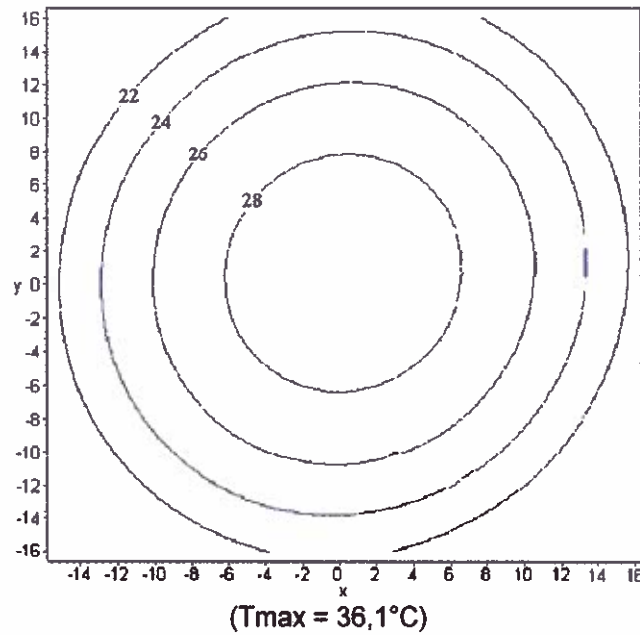
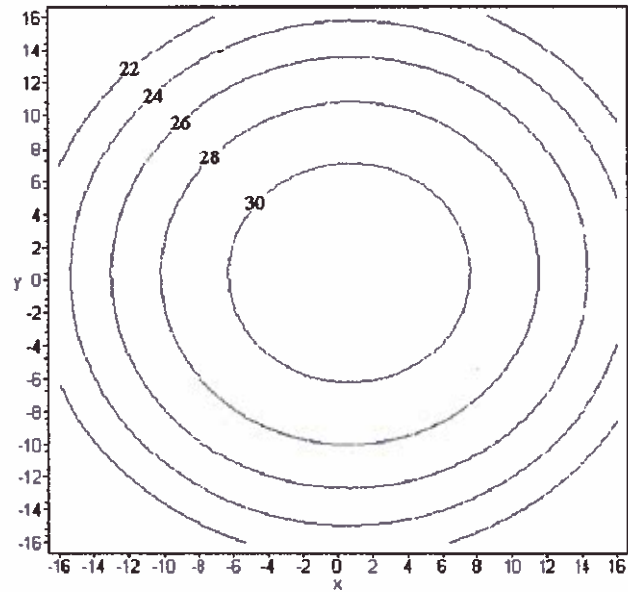
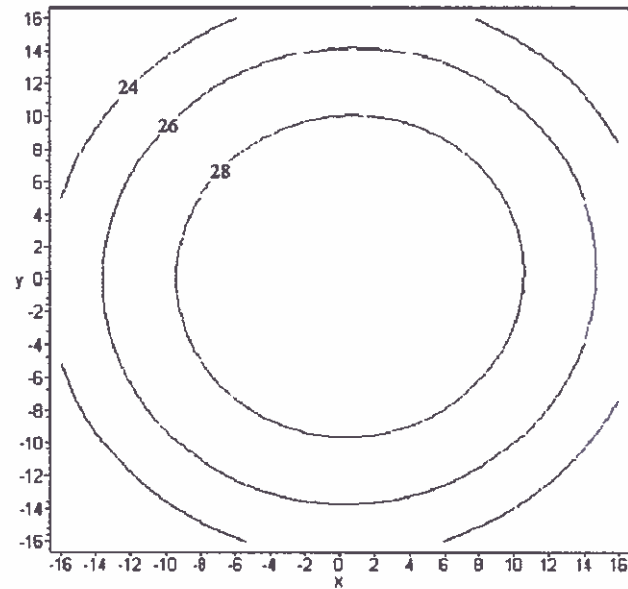


Figure B.2 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à basse intensité et à une hauteur de 18 pouces (ICL-18) (Incandescente (Philips) en position low à 18 pouces de hauteur)



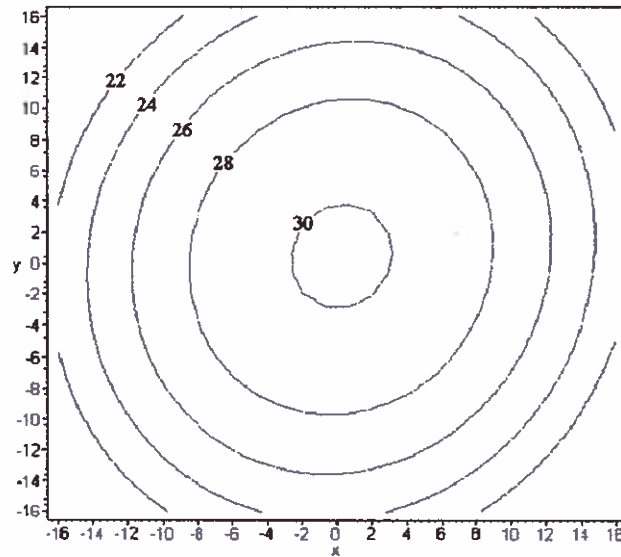
(Tmax = 34,5°C)

Figure B.3 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute Intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 18 pouces (HCH-18) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position high à 18 pouces de hauteur)



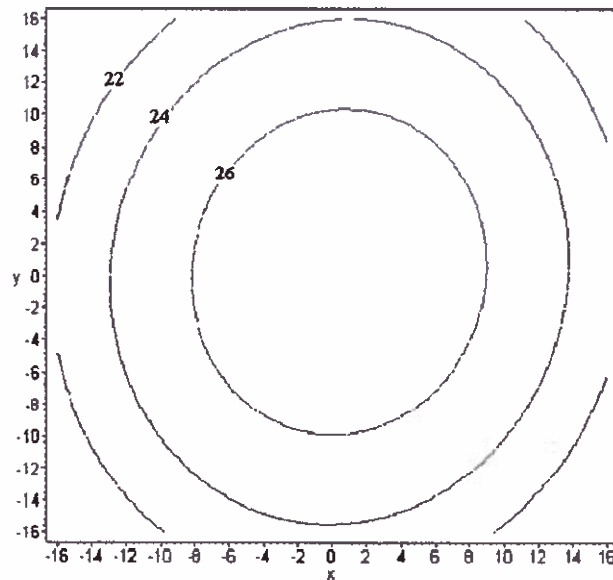
(Tmax = 30,4°C)

Figure B.4 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 18 pouces (HCL-18) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position low à 18 pouces de hauteur)



(Tmax = 33,4°C)

Figure B.5 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 18 pouces (HNL-18) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position high à 18 pouces de hauteur)



(Tmax = 28,7°C)

Figure B.6 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 18 pouces (HNL-18) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position low à 18 pouces de hauteur)

**ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT**

ANNEXE C

**ISOCOURBES DE LA DISTRIBUTION
DE LA TEMPÉRATURE AU SOL
POUR UNE HAUTEUR DE LAMPE DE 21 POUCES**

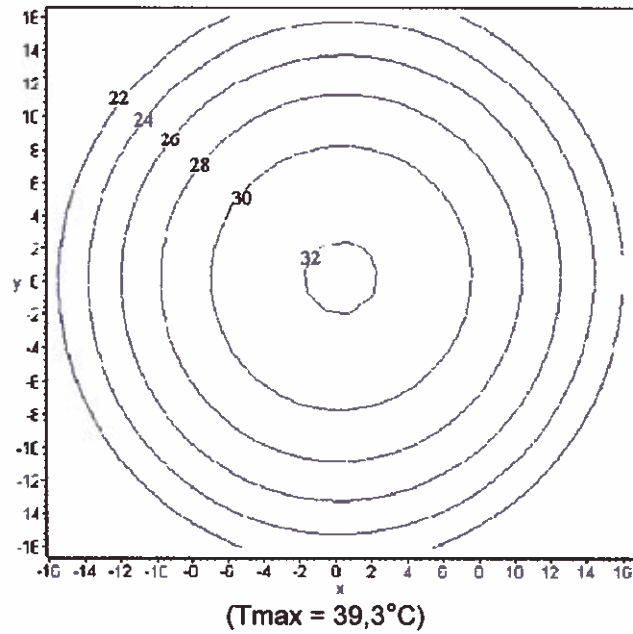


Figure C.1 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à haute intensité et à une hauteur de 21 pouces (ICH-21) (Incandescente (Philips) en position high à 21 pouces de hauteur)

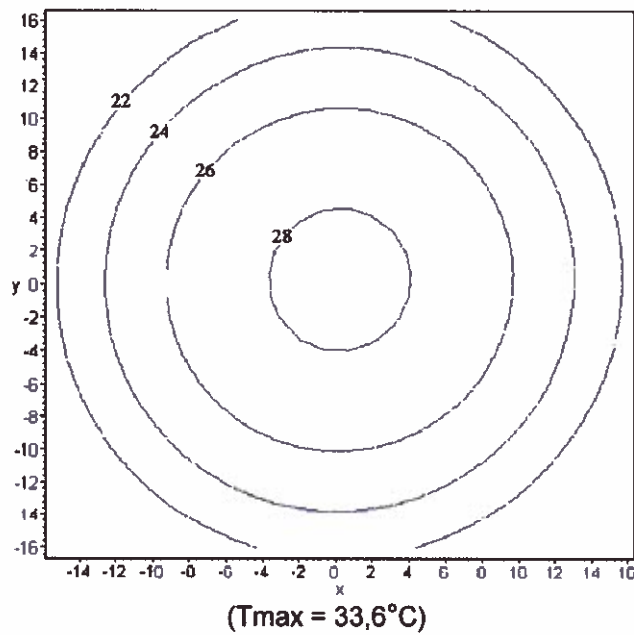
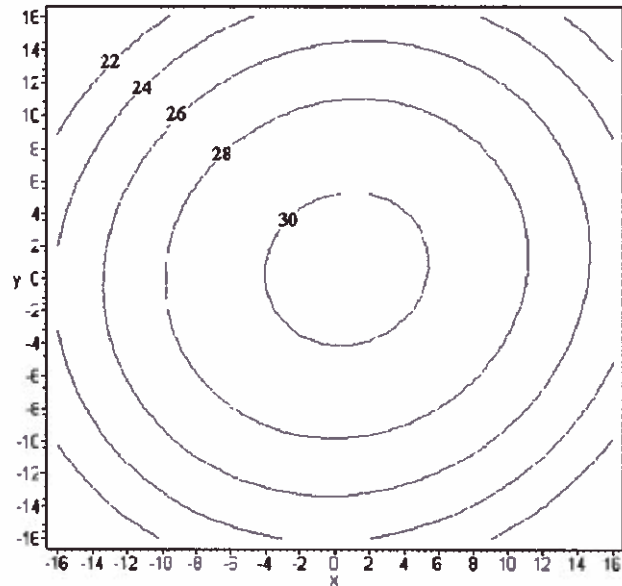
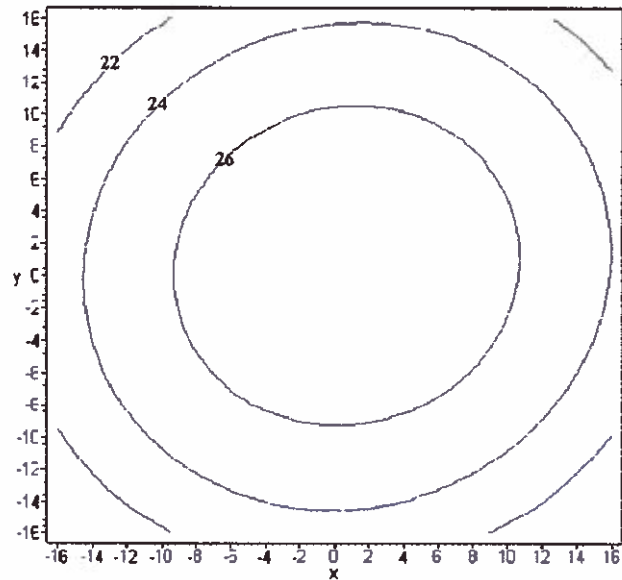


Figure C.2 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à basse intensité et à une hauteur de 21 pouces (ICL-21) (Incandescente (Philips) en position low à 21 pouces de hauteur)



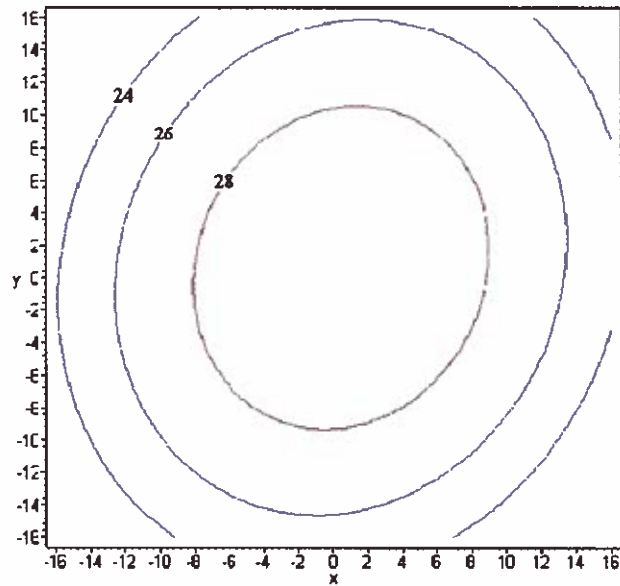
(Tmax = 32,4°C)

Figure C.3 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 21 pouces (HCH-21) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position high à 21 pouces de hauteur)



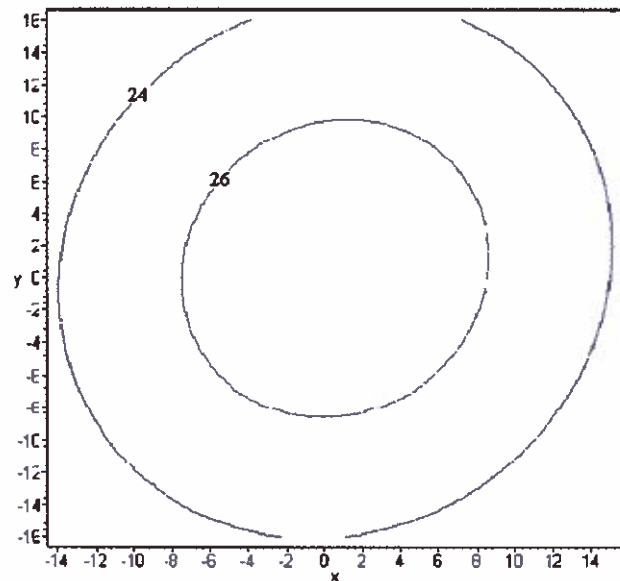
(Tmax = 29,2°C)

Figure C.4 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 21 pouces (HCL-21) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position low à 21 pouces de hauteur)



(Tmax = 30,3°C)

Figure C.5 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 21 pouces (HNH-21) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position high à 21 pouces de hauteur)



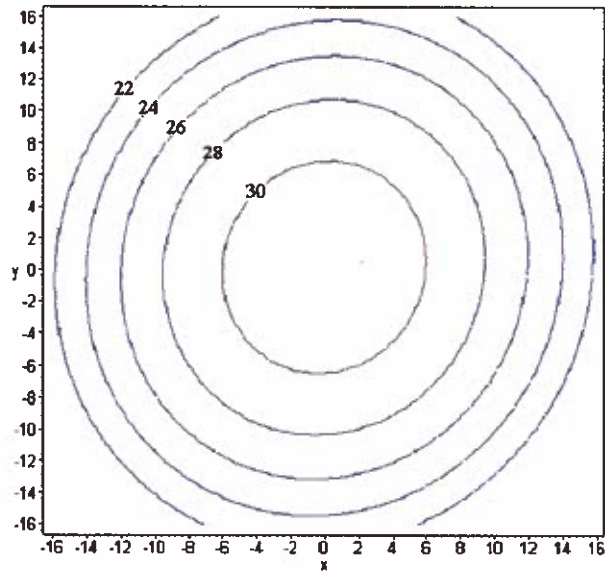
(Tmax = 28,1°C)

Figure C.6 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 21 pouces (HNL-21) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position low à 21 pouces de hauteur)

*ÉTABLISSEMENT D'UN MODE D'UTILISATION
DES LAMPES INFRAROUGES HALOGÈNES
PAR L'ÉTUDE DE LEUR RAYONNEMENT*

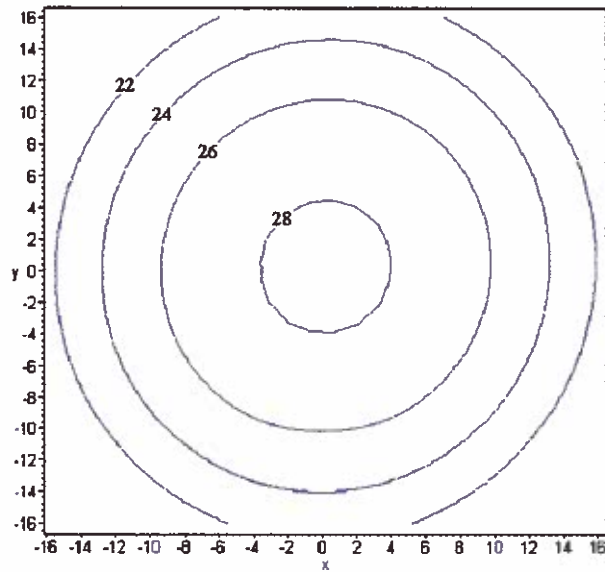
ANNEXE D

*ISOCOURBES DE LA DISTRIBUTION
DE LA TEMPÉRATURE AU SOL
POUR UNE HAUTEUR DE LAMPE DE 24 POUÇES*



(Tmax = 36,5°C)

Figure D.1 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à haute intensité et à une hauteur de 24 pouces (ICH-24) (Incandescente (Philips) en position high à 24 pouces de hauteur)



(Tmax = 32,2°C)

Figure D.2 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule incandescente utilisée à basse intensité et à une hauteur de 24 pouces (ICL-24) (Incandescente (Philips) en position low à 24 pouces de hauteur)

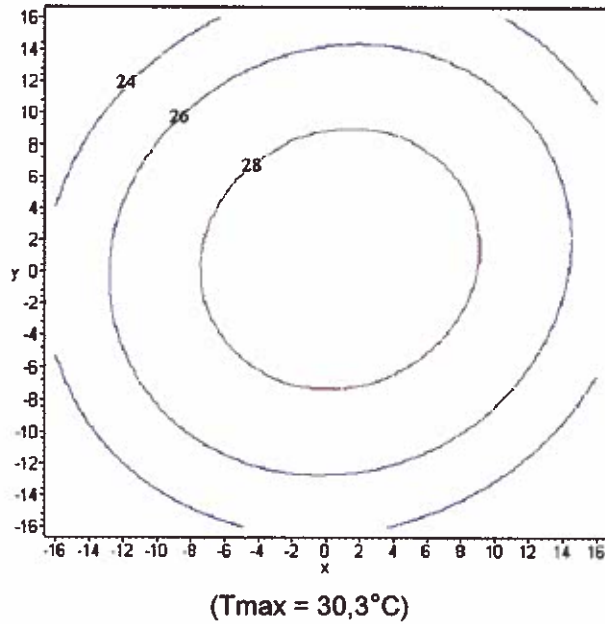


Figure D.3 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 24 pouces (HCH-24) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position high à 24 pouces de hauteur)

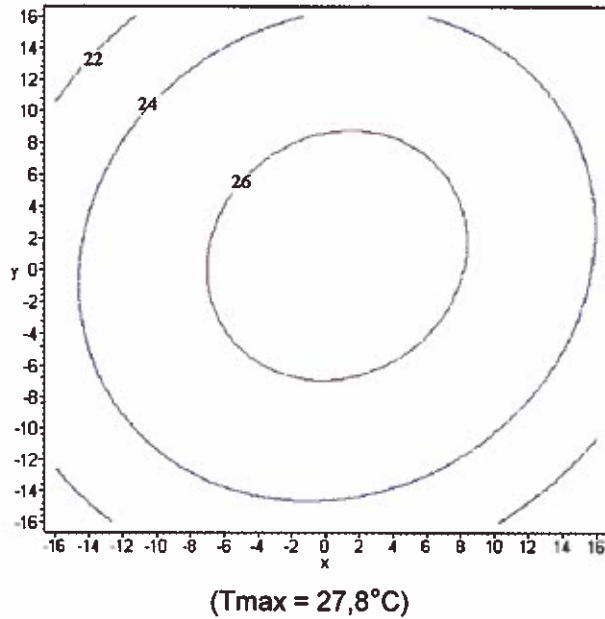
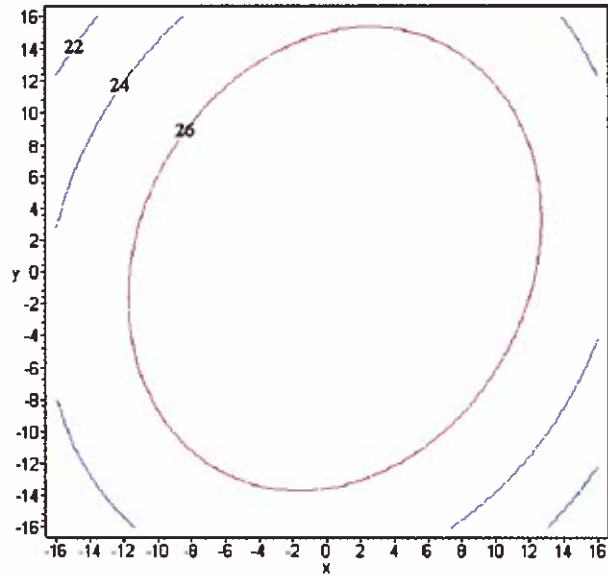
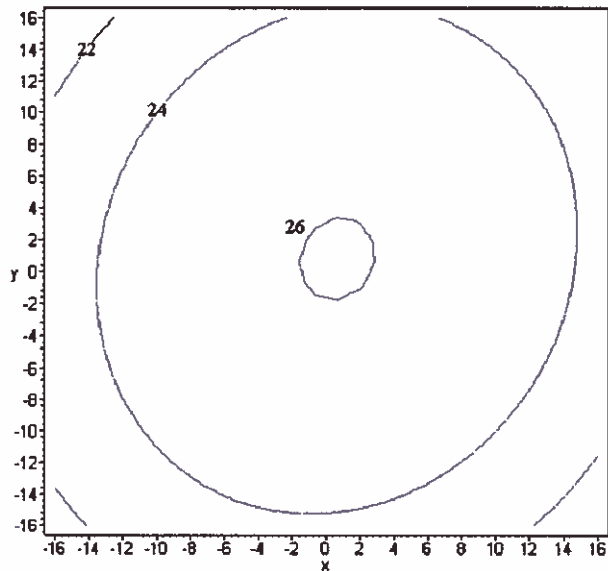


Figure D.4 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un diffuseur conventionnel et à une hauteur de 24 pouces (HCL-24) (Halogène avec adaptateur dans un abat-jour conventionnel en position low à 24 pouces de hauteur)



(Tmax = 28,7°C)

Figure D.5 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à haute intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 24 pouces (HNN-24) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position high à 24 pouces de hauteur)



(Tmax = 27,3°C)

Figure D.6 : Température en °C mesurée sur le plancher avec une ampoule halogène utilisée à basse intensité, avec un nouveau diffuseur et à une hauteur de 24 pouces (HNL-24) (Halogène dans le nouvel abat-jour en position low à 24 pouces de hauteur)