

RAPPORT DE PROJET

COMPARAISON DE LA PERFORMANCE À L'HIVERNAGE DE NUCLÉI D'ABEILLES ENTRE DES RUCHETTES À CINQ CADRES EN POLYSTYRÈNE ET DES RUCHETTES EN HAUSSE STANDARD DIVISÉE EN DEUX

(CRSAD – octobre 2004 à mai 2005)



ÉMILE HOULE, technicien, CRSAD
JEAN NOREAU, chimiste, MAPAQ
JOCELYN MARCEAU, ingénieur, MAPAQ

Octobre 2005

REMERCIEMENTS

Ce projet a été réalisé grâce à la précieuse collaboration des personnes ou organisme suivants :

Jean-François Doyon, apiculteur ...

qui nous a prêté gratuitement six ruchettes et nucléi de polystyrène sur lesquels les observations ont été réalisées ;

Jean Noreau, chimiste...

qui a effectué de nombreux montages électroniques et la programmation de l'acquisiteur des données électroniques;

Émile Houle, technicien ...

qui a collaboré à toutes les phases du projet et aux manipulations des colonies ;

Au CRSAD...

qui nous a permis d'utiliser les infrastructures et de financer quelques achats nécessaires à la réalisation du projet.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. BUT DU PROJET	5
2. CARACTÉRISTIQUES DE LA RUCHETTE DE POLYSTYRÈNE SOUS ÉVALUTATION	6
3. RAPPEL SUR LE MÉTABOLISME D'UNE COLONIE EN HIVERNAGE	6
4. MATÉRIEL ET MÉTHODES	7
4.1 Établir un coefficient global de transfert de chaleur	8
4.2 Suivi thermique des deux types de ruches	9
4.3 Autres données à recueillir	10
4.4 Analyse	11
4.5 Matériel utilisé	11
5. RÉSULTATS	11
5.1 Colonies de départ	11
5.2 Observations à l'automne (extérieur)	12
5.3 Hivernage intérieur	14
5.3.1 Perte de nucléi	14
5.3.2 Force	14
5.3.3 Consommation	15
5.3.4 Métabolisme en chambre d'hivernage	16
5.3.5 Respiration et perte de chaleur par convection	17
5.3.6 Perte de chaleur par conduction	18
5.3.7 Humidité	20
5.4 Développement printanier	21
6. CONCLUSION	24

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

	Page
<i>Figure 1</i>	Montage de l'expérience photographié en septembre 2004 qui illustre quatre ruchettes de styrofoam et quatre ruche 5
<i>Figure 2</i>	Schéma illustrant l'importance relative de la perte de chaleur d'une ruche 7
<i>Figure 3</i>	Schéma des 2 types de ruchette et de leur valeur isolante 8
<i>Figure 4</i>	Pour les températures de paroi 10
<i>Figure 5</i>	Pour la température de la grappe 10
<i>Figure 6</i>	Évaluation des 6 nucléi de départ en date du 15 octobre 2004 12
<i>Figure 7</i>	Température interne moyenne des trois ruches avec abeilles comparée à celle d'une ruche sans abeille et munie d'une pierre chauffante ajustée à environ 5 w en fonction du temps 13
<i>Figure 8</i>	Force moyenne des nucléi évaluée à l'automne et à la sortie de la chambre d'hivernage 15
<i>Figure 9</i>	Différence de poids observée entre l'entrée en chambre d'hivernage et la sortie 15
<i>Figure 10</i>	Chaleur moyenne dissipée par conduction et par convection pour les ruchettes de bois et pour les ruchettes de polystyrène 18
<i>Figure 11</i>	Perte de chaleur moyenne par conduction à travers chaque paroi des ruchettes de polystyrène 19
<i>Figure 12</i>	Perte de chaleur moyenne par conduction à travers chaque paroi des ruchettes de bois 19
<i>Figure 13</i>	Évolution des populations et du couvain du 13 avril au 17 mai 2005 en ruchette de bois et en ruchette de polystyrène 22
<i>Figure 14</i>	Températures moyennes enregistrées dans le corps des ruchettes de bois et dans les ruchettes de polystyrène à chaque heure du jour entre le 13 avril et le 17 mai 2005 23
Tableau 1	Consommation du sucre, respiration et production de chaleur 6
Tableau 2	Caractéristiques de chaque paroi des ruchettes et transfert de chaleur prédit pour chaque degré Celsius d'écart entre l'intérieur et l'extérieur 9
Tableau 3	Évaluation à l'automne et au printemps pour la force des nucléi en population, en couvain non operculé, en couvain operculé, en couvain total en poids et en différence de poids à l'hivernage 14
Tableau 4	Caractéristiques moyennes reliées à la dépense énergétique des nucléi 16
Tableau 5	Illustration de la respiration d'une ruchette 17
Tableau 6	Résumé des pertes par conduction durant toute la période d'hivernage intérieure 20
Tableau 7	Humidité relative mesurée à 2 cm à l'intérieur de la paroi arrière de la ruche à la mi-hauteur de la hausse 21
Tableau 8	État de la population et du couvain à partir de la sortie de la chambre d'hivernage ... 22

Comparaison de la performance à l'hivernage de nucléi d'abeilles entre des ruchettes à cinq cadres en polystyrène et des ruchettes en hausse standard divisée en deux (CRSAD – octobre 2004 à mai 2005)

Suite au succès à l'hivernage dans des ruchettes en styrofoam certains producteurs ont remarqué que ce matériel pouvait être mieux adapté que la ruchette traditionnelle en bois pour former des nucléi. En 2003 et 2004, les pertes de ruches ont été très importantes, de sorte que la production de nucléi est de toute première importance dans la régie des entreprises apicoles afin de maintenir le cheptel. Cette ruchette en styrofoam est légère pour la manipulation, mais c'est surtout son facteur isolant qui pourrait avoir un effet positif sur le succès à l'hivernage.



Figure 1 Montage de l'expérience photographié en septembre 2004 qui illustre quatre ruchettes de styrofoam et quatre ruchettes en bois (deux hausses standards divisées en deux)

1. BUT DU PROJET

Comparer la performance à l'hivernage de ruchettes tout polystyrène à des ruchettes standards en bois sur les aspects de la thermorégulation, de la régie, de la consommation et du développement à partir du nourrissage d'automne jusqu'au transfert à la ruche standard (10 cadres) au printemps. L'instrumentation devrait permettre de suivre l'évolution de chaque colonie afin de comprendre les points faibles et les points forts de ces deux types d'équipement lorsque les nucléi sont à l'extérieur à l'automne et au printemps et lorsqu'ils sont en chambre d'hivernage de décembre à avril.

2. CARACTÉRISTIQUES DE LA RUCHETTE DE POLYSTYRÈNE SOUS ÉVALUATION

La ruchette est constituée de deux parties : une partie monocoque constituée du plateau et de la hausse pouvant contenir cinq rayons et un couvercle. Le tout est fait de polystyrène extrudé blanc à haute densité à 25 mm d'épaisseur avec des renforts intérieurs pour améliorer la résistance des ruchettes lorsque superposées l'une sur l'autre. L'avantage anticipé de cette ruchette concerne principalement le facteur isolant. Elle est légère pour le transport et assez résistante. On ne connaît pas pour l'instant les avantages à long terme à utiliser cette ruchette. Le plateau intégré à la hausse favorise le nourrissage en déposant le sirop directement sur le plateau, mais cela est moins favorable pour le dépistage du varroa.

3. RAPPEL SUR LE MÉTABOLISME D'UNE COLONIE EN HIVERNAGE

En saison estivale, le métabolisme de l'abeille domestique est similaire aux autres insectes. Ce sont des poïkilothermes, c'est-à-dire, que la température de leur corps fluctue avec les variations thermiques environnantes. Par temps froid (moins de 10° C), cet insecte social se distingue des autres insectes par son adaptation à se blottir avec ses congénères afin de conserver et d'utiliser beaucoup plus efficacement leur chaleur produite. C'est la formation de la grappe d'abeilles et ce comportement s'apparente à un organisme homéotherme comme les mammifères qui maintiennent une température corporelle constante. La production de chaleur provient essentiellement du sucre consommé par la colonie à partir duquel on peut faire le bilan énergétique alimentaire suivant :

Tableau 1 : Consommation du sucre, respiration et production de chaleur

Sucre	+	Oxygène	⇒	Eau	+	Gaz carbonique	+	Chaleur
$C_6H_{12}O_6$		$6O_2$		$6 H_2O$		$6 CO_2$		673 Kcal/mole 2818 KJ
sucre sec 180 g		192 g		108 g		264 g		2818 KJ 783 watt-heure
Sirop * 180 g		159 g		120 g		219 g		2333 KJ 648 watt-heure

*Le sirop est constitué de 17 % d'eau, donc seulement 149 g de sucre entre dans la réaction

Ainsi, une colonie, qui consomme 10 kg de sirop (83 % MS¹) pendant une période hivernale de 5 mois, produirait au total 129 611 KJ, soit en moyenne 10,0 watts de chaleur. Pour un nucléi, la production de chaleur devrait être inférieure à cette valeur puisque moins peuplée qu'une ruche standard.

¹ MS : Taux de matière sèche

Au niveau de la ruche, le schéma suivant illustre de quelle façon se dissipe cette chaleur. La chaleur produite par rayonnement est négligeable puisque la température de surface est presque semblable à la température environnante. Un peu comme une maison en hiver, c'est principalement par conduction que la chaleur se dissipe d'une ruche, puisque la température interne se maintient plus élevée qu'à l'extérieur de celle-ci, ce qui provoque un transfert de chaleur à travers les différentes parois de la ruche.

Finalement, il y a les pertes par convection par les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur de la ruche. Ces échanges d'air sont fonctions du métabolisme de la colonie par ses besoins en oxygène et pour l'élimination du gaz carbonique. La vitesse d'air autour de la ruche peut être un facteur encore plus important dans les pertes par convection. Dans une chambre d'hivernage, ce facteur devrait être très faible, car le taux de recirculation d'air est faible et la vitesse de l'air autour des ruches ne devrait pas dépasser 0,1 m/s. Par contre, à l'extérieur où la vitesse du vent peut atteindre 10 m/s, ce facteur peut être très important.

Les pertes par conduction apparaissent être le facteur le plus important dans la dissipation de la chaleur. *Est-ce que la ruche ou le matériau utilisé pour la construction de la ruche peut modifier les pertes de chaleur de la ruche et par conséquent le métabolisme de la colonie ?*

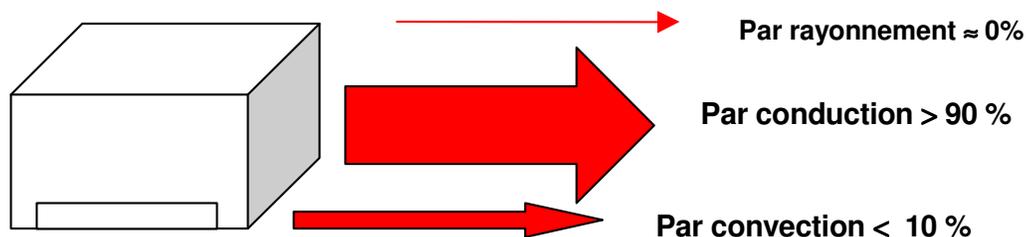


Figure 2: Schéma illustrant l'importance relative de la perte de chaleur d'une ruche

Dans le cadre de ce projet, nous avons tenté de comprendre si le type de ruche peut avoir une influence sur le métabolisme de la colonie et avoir des conséquences sur la performance en général de la colonie. Ce projet met en évidence uniquement les pertes de chaleur par conduction qui constitue plus de 80 %² de l'énergie produite lorsque les ruches sont en chambre d'hivernage puisqu'il y a peu d'effet de convection et que les pertes par rayonnement sont négligeables.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODES

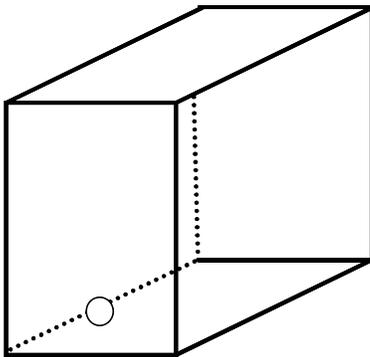
Afin de bien comprendre le stress thermique des colonies, un montage permettant d'enregistrer des températures en plusieurs points de la ruche a été réalisé. Au préalable, afin de faire un bilan de chaleur pour chaque situation, il fallait établir les facteurs isolants et réaliser un montage qui permettrait de faire le suivi.

² Cette valeur apparaît raisonnable compte tenu de la consommation observée pour établir la production théorique des ruches et les pertes par conduction calculées en fonction de l'écart de température (intérieure - extérieure) de chaque paroi de la ruche.

4.1 Établir un coefficient global de transfert de chaleur

À partir du matériel utilisé, le coefficient global de transfert de chaleur pour les deux types de matériel utilisé a été déterminé. Ce coefficient global est différent puisque dans un cas, le bois est l'unique matériau et pour la ruche de polystyrène, toutes les parois sont constituées de ce matériau. Ce coefficient global est fonction des dimensions mesurées des deux types de ruchette. Les trous de vols ou orifices seront aussi considérés.

Ruchette polystyrène



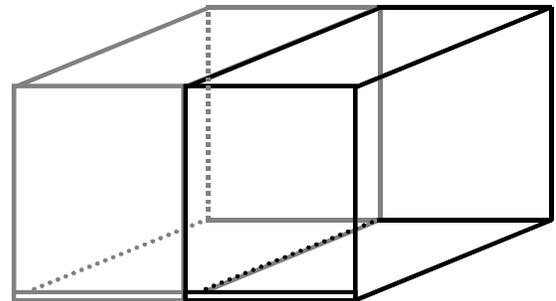
Dimensions intérieures
188 x 275 x 470 mm

Isolation RSI:

Polystyrène 25 mm: 0,88
Film air côté: 0,119
Film air plafond: 0,107
Film d'air extérieur: 0,029

Ruchette en pin

Hausse standard divisée en deux



Dimensions intérieures
202 x 250 x 463 mm

Isolation RSI:

Planche pin 19 mm: 0,165
Chambre entre-couv: 0,171
Film air côté: 0,119
Film air plafond: 0,107
Film d'air extérieur: 0,029

Figure 3: Schéma des 2 types de ruchette et de leur valeur isolante

Pour établir les pertes de chaleur par conduction, voici les valeurs qui ont été considérées pour la ruchette de bois³ et pour la ruchette de polystyrène. Globalement, par degré moyen d'écart entre la température interne et externe de la ruchette, le taux de perte de chaleur serait de 1,665 w/°C pour la ruchette de bois comparativement à 0,366 w/°C pour la ruchette de polystyrène. Globalement, la ruchette de polystyrène est 4,55 fois plus isolante que celle de bois.

³ Une ruchette = Équivalent à ½ volume de ruche standard à une hausse

Tableau 2 : Caractéristiques de chaque paroi des ruchettes et transfert de chaleur prédit pour chaque degré Celsius d'écart entre l'intérieur et l'extérieur

BOIS	Largeur mm	Longueur mm	Épaisseur moyenne mm de bois	Rsi-surf * mc-°C/w	Transfert w/°C
Plateau	188	470	12	0,24016	0,368
Côté gauche*	275	470	20	0,3216	0,402
Côté droit*	275	470	10	0,1608	0,804
Côté avant	275	187	20	0,3216	0,160
Côté arrière	275	187	20	0,3216	0,160
Couvercle	188	470	22	0,50996	0,173

*Pour la paroi mitoyenne (contreplaqué 10 mm) le facteur de transfert est de 0,804 w/°C

1,665

POLYSTYRÈNE	Largeur mm	Longueur mm	Épaisseur moyenne mm de polystyrène	Rsi-moyen * mc-°C/w	Transfert w/°C
Plateau	202	463	30	1,192	0,078
Côté gauche	250	463	38	1,4736	0,079
Côté droit	250	463	38	1,4736	0,079
Côté avant	250	202	40	1,544	0,033
Côté arrière	250	202	40	1,544	0,033
Couvercle	202	463	37	1,4384	0,065

0,366

4.2 Suivi thermique des deux types de ruches

Le montage a été réalisé en septembre et la compilation des données a débuté en octobre. Le montage consiste en 8 ruchettes instrumentées : 4 de bois et 4 de polystyrène. Six nucléi formés au début du mois d'août avec 6 reines 2004 provenant d'une même souche génétique. La répartition des nucléi dans les ruchettes est la suivante :

- S1, S2 et S3 : 3 nucléi en ruchette de 5 cadres en styrofoam ;
- B1, B2 et B3 : 3 nucléi en ruchette de bois de 5 cadres dans une demi-hausse standard à 10 cadres (division centrale) ;
- Sw : 1 ruchette styrofoam sans abeille et munie d'une pierre chauffante variant de 0 à 20 w ;
- Bw : 1 demi-hausse de bois sans abeille et munie d'une pierre chauffante (1 côté) variant de 0 à 20 w.

Afin de faire un bilan de chaleur pour chaque ruchette, la température moyenne de chacune des six surfaces intérieures pouvait être mesurée afin de déterminer les pertes de chaleur par conduction pour chacune des parois. Un réseau de quatre thermocouples (Type T) reliés en parallèle donnait la température moyenne de chacune des 6 parois. La position de chaque thermocouple représente la température centrale de quatre sections égales de chaque paroi.

Un autre réseau de thermocouples a été monté afin de déterminer la température interne moyenne du corps de la ruche. Douze thermocouples reliés en parallèle donneront la température interne de la grappe. Ces douze thermocouples étaient répartis uniformément dans le volume intérieur de la ruche entre les cadres 1-2, 2-3, 3-4 et 4-5. Finalement, un autre petit réseau de quatre thermocouples réparti uniformément donnait la température moyenne au niveau du trou de vol.

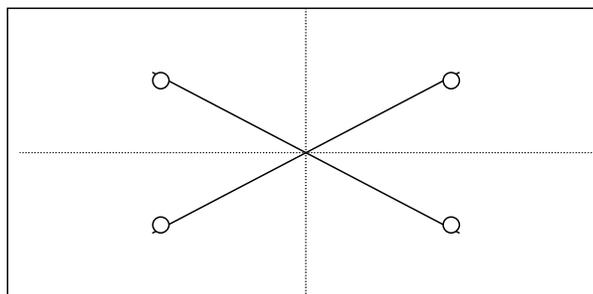


Figure 4 Pour les températures de paroi: Sur chaque paroi de la ruche, les quatre thermocouples sont reliés en parallèle. La longueur de chaque section à partir du centre correspond au $\frac{1}{4}$ de la diagonale à partir du centre.

Pour la durée des observations, l'élément chauffant des ruchettes Bw et Sw a été ajusté en voltage et en ampérage (rhéostat) de façon à égaliser le plus possible la température moyenne du corps des trois ruchettes correspondantes.

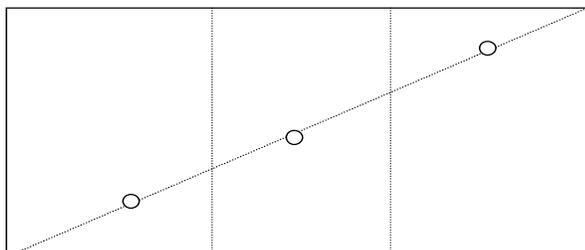


Figure 5 Pour la température de la grappe: Entre chaque cadre, trois thermocouples sur un support diagonal représentent le centre de chaque tiers verticalement et horizontalement. La diagonale est inversée pour chacun des quatre entre-cadres. La température moyenne du corps de ruche est représentée par la moyenne de ces douze thermocouples.

4.3 Autres données à recueillir

- 1- Évaluation des ruchettes en octobre : Population, Couvain operculé, Couvain non operculé, Poids de la ruche;
- 2- Poids des ruchettes au 15 octobre;
- 3- Évaluation des ruchettes 25 novembre (Entrée ruches en chambre d'hivernage): Population, Couvain operculé, Couvain non operculé, Poids de la ruche;
- 4- Humidité relative ou pression de vapeur dans la ruche (trois fois mi-hiver);
- 5- CO₂ (une fois mi-hiver);
- 6- Évaluation des ruchettes 15 avril (à la sortie ruches de la chambre d'hivernage): Population, Couvain operculé, Couvain non operculé, Poids de la ruche;
- 7- Évaluation des ruchettes 15 mai (au moment du transfert dans la ruche standard): Population, Couvain operculé, Couvain non operculé, Poids de la ruche.

4.4 Analyse

L'analyse portera sur trois périodes :

1. Automne lorsque les ruchettes sont à l'extérieur (octobre à décembre) ;
2. En chambre d'hivernage (décembre à avril) ;
3. Printemps (avril à mai).

Les analyses mettront en évidence les pertes de poids, les populations ou le développement des colonies en fonction du type de ruchette. Le projet visant principalement à comprendre le métabolisme et la thermorégulation dans chaque type de ruchette, des analyses des données de températures mesurées à différents endroits dans la ruche seront compilées. Ainsi, des analyses de comparaisons seront effectuées pour les différentes variables mesurées :

- 1- Températures comparatives de parois ;
- 2- Perte de chaleur à travers chaque paroi ;
- 3- Température de grappe ;
- 4- Humidité dans la ruchette ;
- 5- Bilan comparatif de perte de chaleur durant l'hivernage intérieur.

4.5 Matériel utilisé

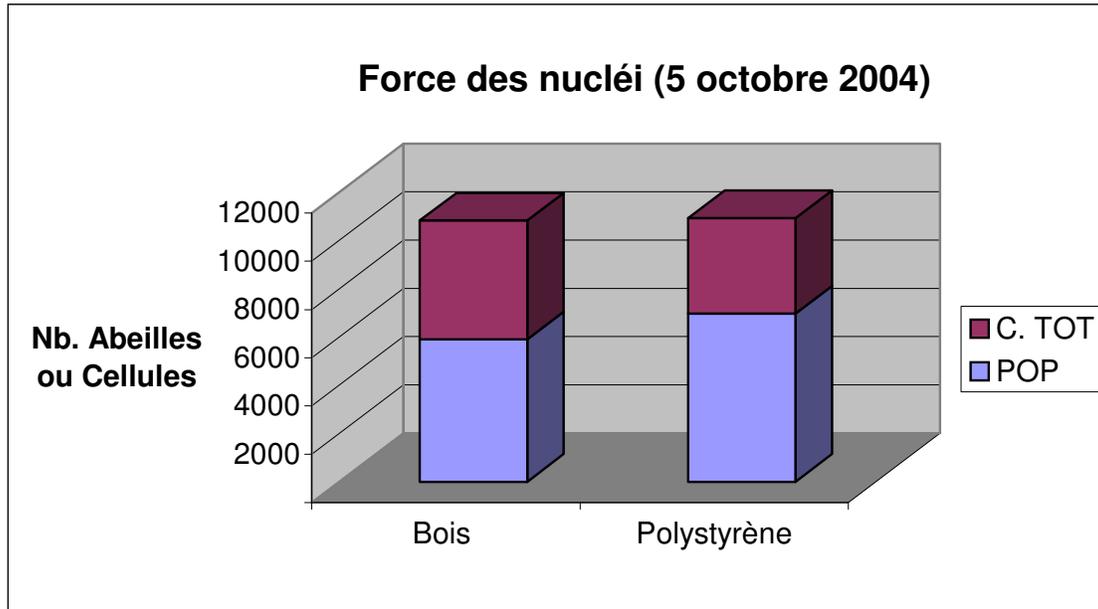
Donc, au total il y a huit températures distinctes (de 37 thermocouples de type "T") provenant de chaque ruche. Un seul type de thermocouple a été utilisé : type "T" 24 AWG de polyvényle # PR-T-24-SLE de Omega. Pour les huit ruchettes observées, il y avait donc 64 entrées analogiques et deux autres entrées pour la température ambiante et l'humidité relative. La vitesse de vent près des ruches a aussi été mesurée à l'automne et au printemps lorsque les ruchettes sont dans le rucher. Tous ces capteurs ont été reliés à un acquiiseur automatique de données de CR10 ou 21X de Campbell Scientific et un ou deux multiplexeurs. Les données ont été recueillies à toutes les heures du 15 septembre 2004 au 15 mai 2005.

- 1 acquiiseur de données CR10X
- 2 multiplexeurs AMS16/32
- 1 anémomètre MET ONE
- 1 sonde d'humidité relative au 21X - CS500
- 1 pompe échantillonnage de gaz Gastec
- 21 tubes d'échantillons Gastec de CO₂
- 1000 ' fil thermocouple type "T"

5. RÉSULTATS

5.1 Colonies de départ

Les six colonies ont été réparties dans les deux groupes expérimentaux de façon à ce que leur force moyenne soit égale dans chacun. À environ 6 000 abeilles et 4 000 cellules de couvain, ces six colonies ne sont pas très fortes, mais tout de même comparables au point de vue force. Au niveau du poids de départ, les ruchettes de styrofoam étaient plus lourdes de 1,4 kg, ce qui n'est pas un écart important.



	POP	C.O	C.N.O	C. TOT	Poids 20 oct. kg
Bois	5900	3363	1557	4920	10,2
<i>écart-type</i>	1386	1676	836	2426	0,4
Polystyrène	6967	2392	1561	3953	11,6
<i>écart-type</i>	513	509	410	372	2,3

Figure 6: Évaluation des 6 nucléi de départ en date du 15 octobre 2004

Les essais à vide du montage ont été complétés le 15 octobre et le début de l'acquisition des données a débuté le 20 octobre 2004 (jour 295). La pierre chauffante de Bw et celle de Sw ont été branchées à partir du 24 octobre (jour 299) à une valeur approximative de 5 w. Aucun autre ajustement n'a été apporté avant que les ruchettes soient déplacées en chambre d'hivernage. L'hivernage intérieur, d'une durée de 150 jours, a débuté le 12 novembre 2004 (jour 317) et les nucléi ont été sortis de la chambre le 13 avril 2005 (jour 103).

5.2 Observations à l'automne (extérieur)

En étant à l'extérieur du jour 295 au jour 317, cela nous a permis de constater de quelle façon réagissait les colonies lors de variations de température.

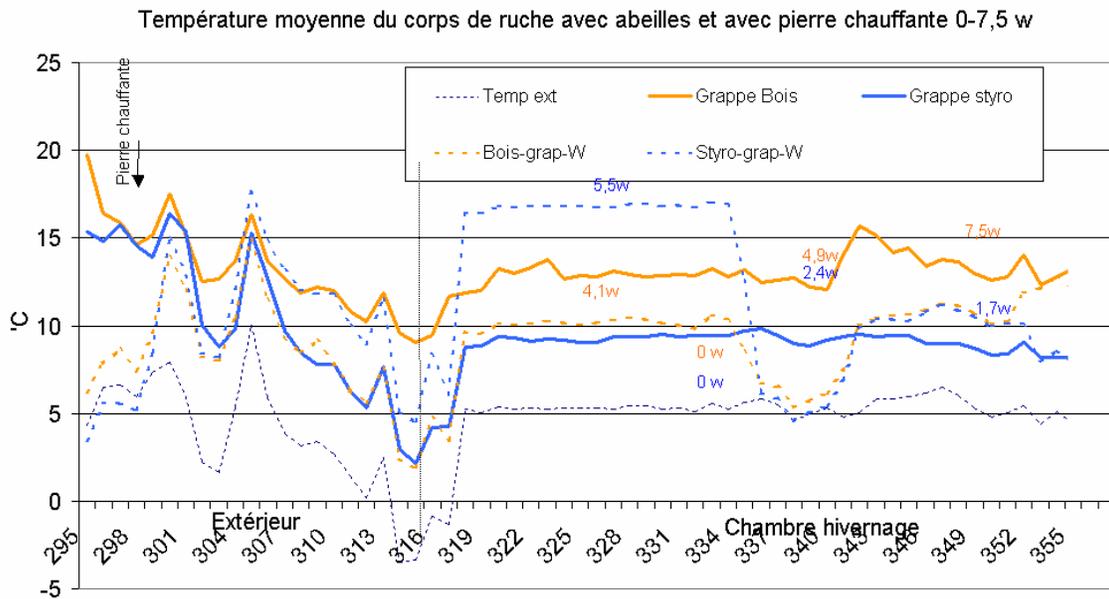


Figure 7 : Température interne moyenne des trois ruches avec abeilles (Grappe Bois et Grappe Styro) comparée à celle d'une ruche sans abeille et munie d'une pierre chauffante ajustée à environ 5 w en fonction du temps (Jour Julien ; 295 : 21 oct.).

Les pierres chauffantes ont été branchées et ajustées à 5 w de puissance à partir du jour 299 (25 oct.). Lorsque la température extérieure dépassait 7-8 °C, la température interne s'élevait autour de 15 °C peu importe le type de ruche. En d'autres termes, dans ces circonstances, la production de chaleur dans les ruchettes de bois comme celles en polystyrène devait se situer autour de 5 w, puisque les courbes étaient presque superposées dans ces circonstances.

Par contre, lorsque la température extérieure baissait sous 0 (jours 314 à 318), la température interne des ruches avec pierre chauffante suit avec un écart constant d'environ 5 °C (+ 5 °C p/r à l'extérieur). Dans la même circonstance avec des abeilles dans la ruche de bois, on remarque que l'écart avec l'extérieur passe à plus de 12 °C pour les ruchettes en bois alors que celles en polystyrène l'écart de 5 °C est maintenu.

Cela démontre assez clairement que le métabolisme des colonies en ruche de polystyrène reste inchangé même si la température extérieure baisse sous zéro alors que celles en ruchette de bois produisent beaucoup plus de chaleur dans les mêmes circonstances. **Ce comportement nous indique que sous le point de congélation (dans des valeurs de l'ordre de - 5 °C), les colonies en ruchette de bois vivent un stress alors que celles en ruche de polystyrène ne subissent aucune forme de stress.**

5.3 Hivernage intérieur

5.3.1 Perte de nucléi

Parmi les 6 nucléi hivernés, 4 ont survécu à l'hiver : 2 dans les ruchettes de bois et 2 dans les ruchettes de polystyrène. Le suivi thermique des températures nous montre que B3 est morte le 16 mars 2005 (jour 75) et la S2 est morte le 22 mars 2005 (jour 81). Pour la ruchette de styro (S2), le manque de sirop serait la cause de la perte.

Pour la B3, il ne semble pas que l'absence de nourriture ait causé leur perte, mais plutôt l'emplacement de la nourriture. Lors de l'inspection des ruchettes de bois, les grappes étaient localisées près de la paroi mitoyenne. Pour ce nucléi perdu, il restait un cadre avec beaucoup de réserve (plus de 1 kg), mais ce cadre était situé sur la paroi extérieure. La grappe avait tendance à s'accrocher à la paroi intérieure. Est-il possible que la non proximité de la nourriture puisse être néfaste pour une colonie ? Pour une ruche divisée en deux, à l'automne serait il avantageux de répartir les cadres de façon qu'il y ait plus de couvain du côté près de la paroi extérieure et un cadre plein de sirop près de la paroi mitoyenne, puisque la grappe migre inévitablement vers la paroi centrale ?

5.3.2 Force

Le tableau suivant montre les caractéristiques individuelles de chaque colonie et les moyennes pour les ruchettes de bois et celles de polystyrène en ce qui a trait à la population (POP), le couvain operculé (C.O), le couvain non operculé (C.N.O), le couvain totale (C.TOT= C.O + C.N.O), le poids net des cadres et des abeilles sans la hausse (PDS) et la différence de poids entre le 12 novembre 2004 et le 13 avril 2005 (D_PDS).

Tableau 3 : Évaluation à l'automne (12 novembre 2004) et au printemps (13 avril 2005) pour la force des nucléi en population, en couvain non operculé, en couvain operculé, en couvain total en poids et en différence de poids à l'hivernage.

		POP	C.O	C.N.O	C. TOT	PDS	D_PDS
		cel	cel	cel	cel	kg	kg
Automne 2004	B1	6700	3964	2296	6260	9,725	
	B2	4300	4655	1725	6380	9,725	
	B3	6700	1470	650	2120	10,55	
	MOY	5900	3363	1557	4920	10,0	
	S1	7100	1966	2034	4000	12,85	
	S2	6400	2255	1305	3560	8,2	
	S3	7400	2955	1345	4300	11,65	
MOY	6967	2392	1561	3953	10,9		
Printemps 2005	B1	2900	390	2430	2820	6,825	2,90
	B2	4200		3800	3800	6,825	2,90
	B3	morte 16 mars				6,35	4,20
	MOY	3550	195	3115	3310	6,7	3,33
	S1	2750		2045	2045	10,67	2,18
	S2	morte 22 mars				6,2	2,00
	S3	5050	150	3245	3395	9,15	2,50
MOY	3900	75	2645	2720	8,7	2,23	

La figure suivante montre qu'à l'automne le nombre d'abeilles auquel le nombre de cellules a été ajouté était équivalent pour les ruchettes de bois (10 820) et pour les ruchettes de polystyrène (10 920). Au printemps, pour les colonies qui ont hiverné avec succès, la population et le couvain étaient équivalents dans les 2 types de ruches soit de 6 860 pour les ruchettes de bois et de 6 620 pour les ruchettes de styrofoam. Le type d'équipement n'a pas semblé avoir d'effet sur la force des ruchettes immédiatement après la sortie de la chambre d'hivernage.

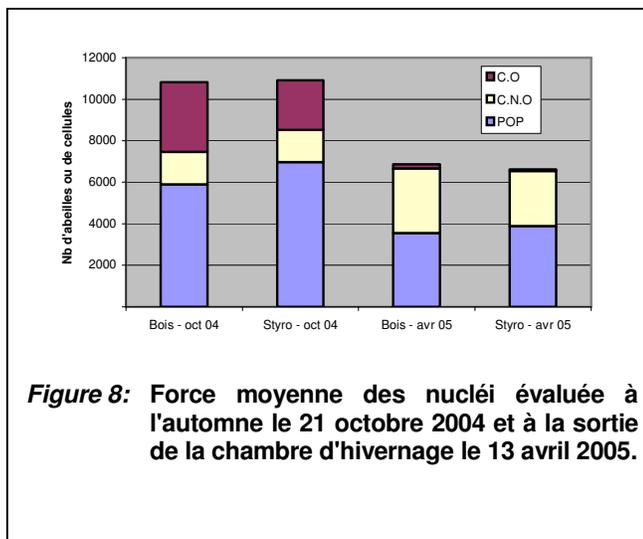


Figure 8: Force moyenne des nucléi évaluée à l'automne le 21 octobre 2004 et à la sortie de la chambre d'hivernage le 13 avril 2005.

À la sortie de la chambre d'hivernage, le couvain est légèrement supérieur dans les ruchettes de bois comparativement à celles de polystyrène (3 310 vs 2 720) soit 22 % de plus en cellules de couvain.

5.3.3 Consommation

Bien qu'une des 3 ruches de chaque groupe soit morte à l'hivernage, la différence de poids des trois a été considérée puisqu'elles sont mortes à quelques jours seulement de la sortie de la chambre d'hivernage. Ainsi, en moyenne les nucléi en ruchette de bois ont perdu 3,3 kg comparative-ment à 2,2 kg pour celles de polystyrène. Cela représente une marge de 1,1 kg ou une perte de poids supérieure à 50 % pour les ruchettes en bois.

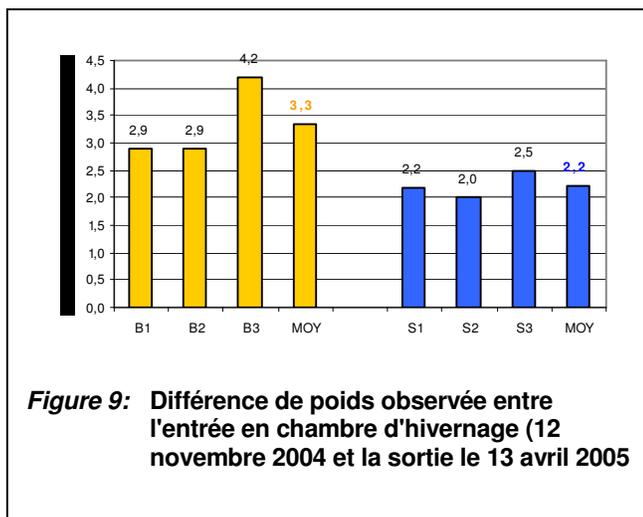


Figure 9: Différence de poids observée entre l'entrée en chambre d'hivernage (12 novembre 2004) et la sortie le 13 avril 2005

La consommation de sirop est assez près de la différence de poids observée. La perte d'abeilles peut influencer à la baisse cette valeur, puisque la valeur de la population et du couvain operculé a diminué entre le 25 octobre 2004 et le 13 avril 2005. Comme la valeur de la population et du couvain à l'automne s'approchait des 10 000 individus et qu'à la sortie, il restait approximativement 4 000 abeilles adultes, il faudrait considérer la perte de poids de 6 000 individus à une valeur maximale de 450 g. On sait qu'une bonne proportion des abeilles mortes tombent au fond de la ruche de sorte qu'il est raisonnable de croire à une perte de poids due aux abeilles mortes qui serait de l'ordre de 200 g. En d'autres termes, nous pouvons assumer une consommation de l'ordre de 3,1 kg pour la ruchette de bois et de 2,0 kg pour la ruchette de polystyrène.

5.3.4 Métabolisme en chambre d'hivernage

Compte tenu des températures observées, voici une analyse de la production de chaleur des nucléi et les pertes de chaleur des 2 types de ruches. Cette analyse est basée sur la moyenne observée des 3 ruchettes de bois et la moyenne des 3 ruchettes de polystyrène pour la période d'hivernage intérieur seulement, soit du 12 novembre 2004 (jour 317) au 13 avril 2005 (jour 103).

Tableau 4 : Caractéristiques moyennes reliées à la dépense énergétique des nucléi (Moyenne \pm Écart-type selon le cas)

	Ruchettes bois	Ruchettes polystyrène
Nombre de ruchettes (n)	3	3
Jours d'hivernage intérieur (j)	151	151
(1)Température – corps de ruche ($^{\circ}$ C)	11,1 \pm 1,6	8,7 \pm 1,2
(2)Température – chambre ($^{\circ}$ C)	5,3 \pm 0,6	5,3 \pm 0,6
Écart de température (1) - (2)	5,8	3,4
Perte de chaleur – conduction (w)*	3,13 \pm 0,44	1,80 \pm 0,37
Consommation nette (kg)	3,13	2,03
Énergie théorique consommée (w)**	3,11	2,01

* Somme des pertes de chaque paroi de la ruchette – se référer au Tableau 2

** Énergie calculée à partir de la consommation de sucre – se référer au Tableau 1

Au point de vue thermorégulation, le comportement des colonies dans les deux types de ruches diffère passablement. Ainsi, on remarque que la température interne de la ruchette se situe à 11,1 $^{\circ}$ C comparée à seulement 8,7 $^{\circ}$ C. Même si la ruche de polystyrène est 4,5 fois plus isolée que la ruche conventionnelle en bois, on remarque que la température moyenne interne y est 2,4 $^{\circ}$ C plus bas. Cet état de fait démontre que le métabolisme des colonies en ruchette de polystyrène y est inférieur.

D'ailleurs, la consommation hivernale est inférieure pour les colonies en ruchette de polystyrène. Ces dernières n'ont consommé en moyenne que 2,03 kg comparativement à 3,13 kg pour les ruchettes de bois (-35 %). La production énergétique moyenne sur la base de l'énergie disponible du sucre est de 2,01 w pour les ruchettes de polystyrène comparativement à 3,11 w pour celles en bois (-35 %).

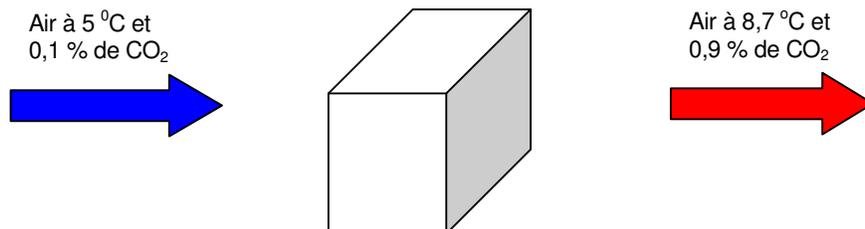
Un autre élément qui démontre que les colonies en ruchette de polystyrène dégagent moins de chaleur, ce sont les pertes par conduction. En effet, ces pertes mesurées sont de 1,8 w pour les ruchettes en polystyrène comparativement à 3,13 w pour les ruchettes de bois. Ces valeurs sont très près de l'énergie théorique consommée. C'est effectivement le cas pour les ruchettes de polystyrène qui ont en moyenne dissipée 1,8 w des 2,01 w produit (90 %). Par contre au niveau de la ruchette de bois, on a mesuré une valeur un peu supérieure à l'énergie théorique consommée, soit 3,13 des 3,11 w produits. Cette valeur devrait en principe être légèrement inférieure à l'énergie théorique consommée, puisqu'une petite partie devrait être perdue par convection. Il se peut que les hypothèses sur les caractéristiques des parois au Tableau 2 aient causé un léger biais. Un autre facteur qui peut avoir influencé ce biais est l'emplacement des thermocouples.

En principe, la température devait être mesurée à 1 mm de la paroi de façon à obtenir la température dans le film d'air intérieur. Lors de l'installation des abeilles, il se peut que certaines jonctions de thermocouples aient été poussées sur la paroi, ce qui fait que parfois la température de paroi aurait été enregistrée plutôt que la température du film d'air.

5.3.5 Respiration et perte de chaleur par convection

En consommant du sucre, les colonies produisent du gaz carbonique (CO₂). Des mesures de concentration de CO₂ ont été réalisées le 19 janvier dans la chambre d'hivernage et dans chacune des ruchettes expérimentales. Ces mesures peuvent servir à déterminer de façon assez juste la quantité de chaleur dissipée par les nucléi par l'évaluation du taux de renouvellement d'air dans le corps de la ruchette.

Tableau 5 : Illustration de la respiration d'une ruchette. Le premier tableau présente les concentrations de CO₂ mesurées le 19 janvier 2005 et le second tableau présente les valeurs calculées de respiration et des pertes de chaleur par convection



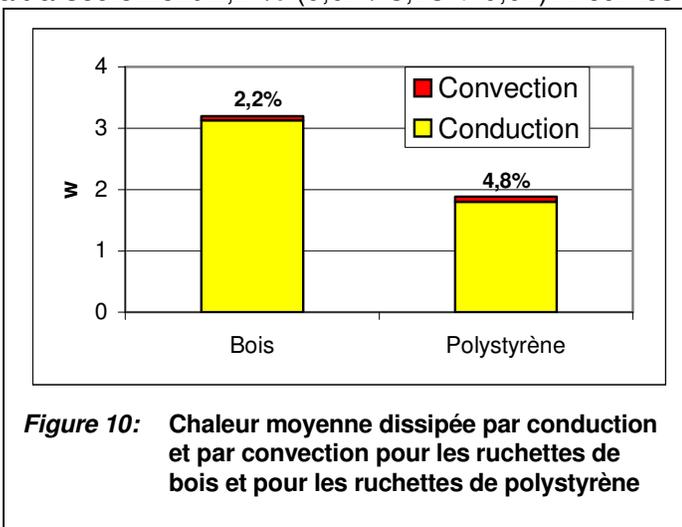
Air chambre d'hivernage à 0,1 % de CO₂

% CO ₂ (19 jan. 05)	Bois	Polystyrène
B1 et S1	1,95	0,5
B2 et S2	1,2	2,1
B3 et S3	4,7	0,9
MOY.:	2,6	1,2
E.T.:	1,8	0,8
Respiration et Convection (Compilation moyenne de 151 jours)	Bois	Polystyrène
Consommation (kg)	3,13	2,03
Production CO ₂ /an (g/an)	4591	2977
Production CO ₂ /h (g/h)	1,27	0,82
Température int. ruchette (°C)	11,2	8,7
Changements d'air (ch/h)	2,4	4,8
Volume (L/h)	33,6	67,6
Perte convection (w)	0,07	0,09

Le premier tableau montre que le taux de CO₂, qui était 0,1 % dans la chambre, était beaucoup plus élevé dans les ruchettes. Dans les ruchettes de bois, le taux était en moyenne de 2,6 % comparativement à seulement 1,2 % pour les ruchettes en polystyrène. On sait que le métabolisme des ruchettes était inférieur pour les nucléi en ruchette de polystyrène. Cela peut expliquer en partie que le taux de CO₂ peut être inférieur. D'autre part, le trou de vol a aussi de l'importance, puisque la ruchette de styrofoam, le trou de vol rond était d'une surface de 5 cm² alors que celui pour la ruchette de bois était d'environ 3 cm². Cette différence a certainement contribué à une concentration plus élevée de gaz carbonique dans la ruchette de bois.

Le second tableau présente des valeurs de différents paramètres mesurés ou calculés qui nous indique la quantité de chaleur perdue dans les échanges d'air ou par convection. Ces estimations sont basées sur le taux de renouvellement de l'air dans la grappe compte tenu des concentrations de CO₂ mesurées. Ainsi, on a pu évaluer que les ruchettes de bois auraient un taux de renouvellement de 2,4 changements par heure comparativement à 4,8 pour les ruchettes de polystyrène. Compte tenu des températures internes moyennes mesurées (11,1 °C pour bois et 8,7 °C pour polystyrène), le taux de dissipation de chaleur par convection aurait été en moyenne de 0,07 w pour les ruchettes de bois et de 0,09 w pour les ruchettes de polystyrène.

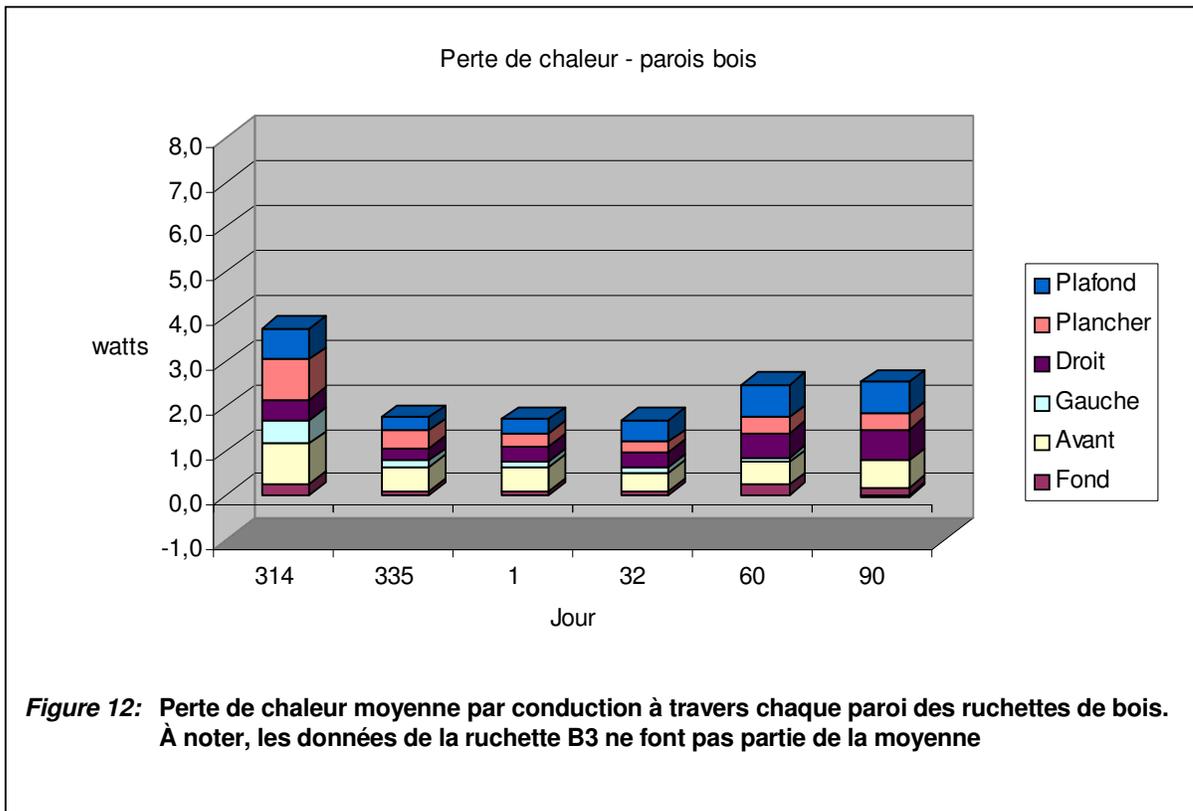
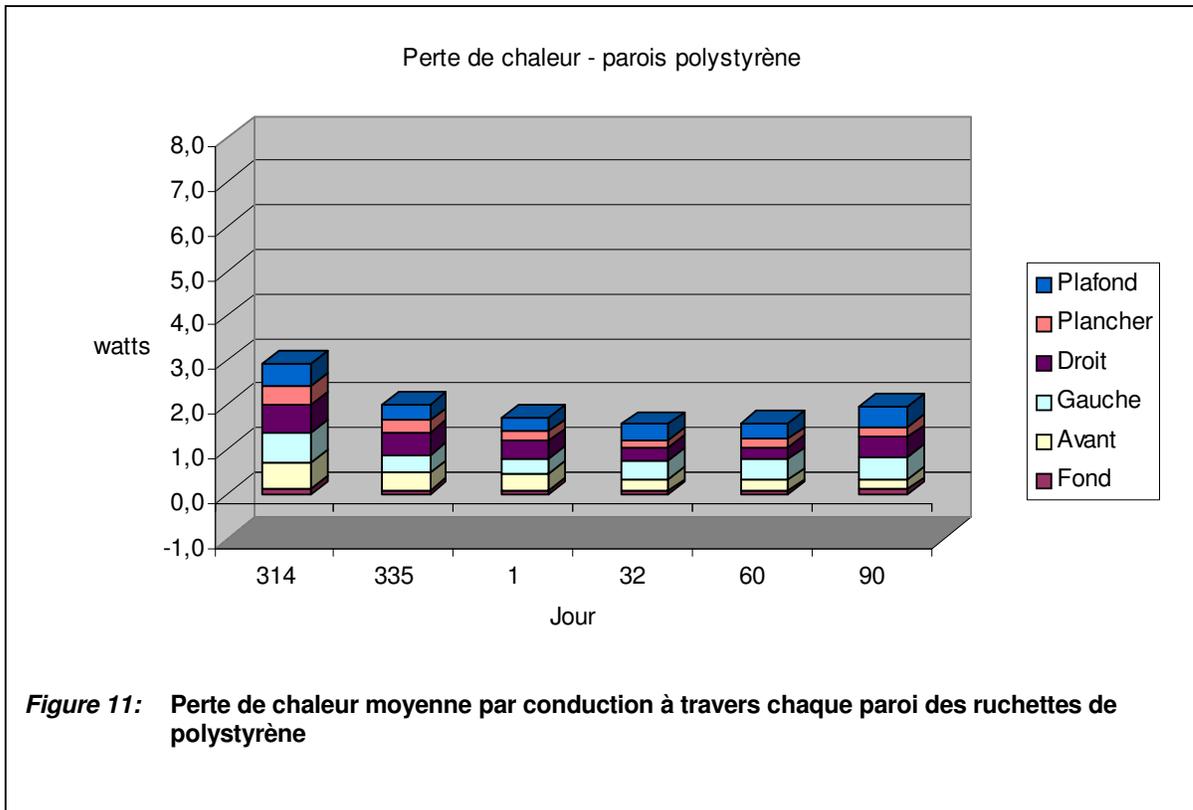
Ceci indique clairement que la presque totalité de la chaleur produite par une colonie est dissipée principalement par conduction. Pour les ruchettes de bois, la chaleur perdue par convection correspondrait à seulement 2,2 % ($0,07 / 3,13 + 0,07$). Pour les ruchettes de styrofoam, les pertes par convection correspondraient à 4,8 % ($0,09 / 1,8 + 0,09$). Ces valeurs sont très faibles, mais il faut se rappeler que dans une chambre d'hivernage, la vitesse de l'air autour des ruches est très faible (autour de 0,1 m/s), de sorte que l'échange d'air avec la chambre est minimal. Pour des ruches qui seraient hivernées à l'extérieur, compte tenu des forces de vents parfois forte, il faudrait s'attendre à ce que les pertes de chaleur par convection soit beaucoup plus importantes.



5.3.6 Perte de chaleur par conduction

Les figures 11 et 12 montrent l'intensité moyenne de la perte de chaleur par conduction tout au long de la saison (premier de chaque mois au cours de la durée de l'hivernage) pour les ruchettes de bois et celles de polystyrène.

Ces graphiques nous indiquent, qu'en tout temps, les pertes par conduction sont plus élevées pour les ruchettes de bois comparativement à celles de polystyrène. Les données de la ruchette B3 ont été retirées de cette analyse puisque cette ruchette présentait des températures anormalement élevées au cours des mois de décembre à mars. À l'exception de la ruchette B3, la production maximale de chaleur est maximale en novembre (314), puis diminue au minimum en janvier et février (1 et 32). On s'aperçoit aussi que le métabolisme s'accroît à partir du mois de mars (60) et s'intensifie en avril (90).



On aurait pu croire que les parois avant (Avant) et arrière (Fond) auraient été celles avec le moins de perte de chaleur puisqu'elles sont les plus petites surfaces. C'est le cas pour la paroi arrière. Par contre, pour la paroi avant, les pertes de chaleur sont toujours très importantes (21 et 17 %). Cela indique que les abeilles sont grappées près de cette paroi. Après une observation ruche par ruche, ce phénomène est vrai pour toutes les ruchettes. Pour les ruchettes de bois, les pertes de chaleur par le plateau (Plancher) plus sont importantes que pour les ruchettes de polystyrène. Quant aux pertes par le couvercle (Plafond), elles sont importantes tout au long de la saison. Pour la durée de l'hivernage, les pertes ont été de l'ordre de 21 % à travers le couvercle pour les ruchettes de bois et de 20 % pour celles de polystyrène, donc très comparables peu importe le type de matériel. Ce tableau nous informe que les pertes de chaleur sont importantes et souvent proportionnelles à la surface des parois.

	Bois		Polystyrène	
	w	%	w	%
Fond	0,29	9%	0,08	4%
Avant	0,66	21%	0,31	17%
Gauche	0,49	16%	0,43	24%
Droit	0,45	15%	0,38	21%
Plancher	0,57	18%	0,23	13%
Plafond	0,67	21%	0,37	20%
	3,13	100%	1,80	100%

Tableau 6 : Résumé des pertes par conduction durant toute la période d'hivernage intérieure

Ce tableau nous informe que les pertes de chaleur sont importantes et souvent proportionnelles à la surface des parois.

5.3.7 Humidité

L'humidité à l'intérieur de la ruchette est fonction du taux de renouvellement de l'air. Pour quatre dates différentes, au cours de l'hivernage intérieur, des mesures d'humidité relative ont été réalisées à l'intérieur de chaque ruchette. Comme pour l'évaluation du CO₂, les mesures de l'humidité relative ont été prises à un seul endroit à l'intérieur de chaque ruchette, soit à la mi-hauteur de la paroi arrière.

Dans la chambre d'hivernage, l'humidité relative moyenne pour les 4 jours d'observation a été de 46,4 %. L'humidité relative moyenne mesurée dans les ruchettes de bois a été de 92,6 % alors qu'en moyenne elle a été de 82,4 % pour les ruchettes de polystyrène et ce, même si la température interne y était inférieure. Il est à remarquer qu'à trois reprises des valeurs de plus 100 % ont été mesurées dans les ruchettes de bois. Ces valeurs ont été ramenées à 100 %. Cela indique que très souvent, les conditions intérieures des ruchettes sont vraiment trop humides et cela peut expliquer la formation de moisissures sur les rayons que l'on retrouve fréquemment au printemps.

Ce phénomène ne s'est jamais produit dans les ruchettes de polystyrène.

Tableau 7 : Humidité relative mesurée à 2 cm à l'intérieur de la paroi arrière de la ruche (côté opposé à l'entrée) à la mi-hauteur de la hausse. La température correspond à celle du thermistor accolé à la sonde

	7 décembre		12 décembre		20 janvier		26 janvier		Moyenne	
	Temp	HR	Temp	HR	Temp	HR	Temp	HR	Temp	HR
Chambre	5,1	42,1	6,4	54,9	6,2	56,5	5,0	32,0	5,7	46,4
B1	7,0	100,0	7,6	91,0	6,2	99,3	5,7	97,0	6,6	96,8
B2	7,2	88,4	7,6	82,0	6,2	97,4	5,8	88,4	6,7	89,1
B3	7,3	81,5			9,8	100,0	12,0	100,0	9,7	93,8
MOY-Bois	7,1	90,0	7,6	86,5	7,4	98,9	7,8	95,2	7,5	92,6
B4 -chauffée			9,6	54,2	9,8	34,7	5,1	31,8	8,1	40,2
S1	7,6	99,1	7,3	73,8	6,7	96,3	6,4	88,6	7,0	89,5
S2					6,6	97,4	6,9	98,2	6,7	97,8
S3	7,1	87,1	7,1	68,1	6,5	57,1	6,5	59,4	6,8	67,9
MOY-Styro	7,4	93,1	7,2	71,0	6,6	83,6	6,6	82,1	6,9	82,4
S4-chauffée	8,0	46,3	8,4	48,6	6,7	28,8	6,1	26,2	7,3	37,5

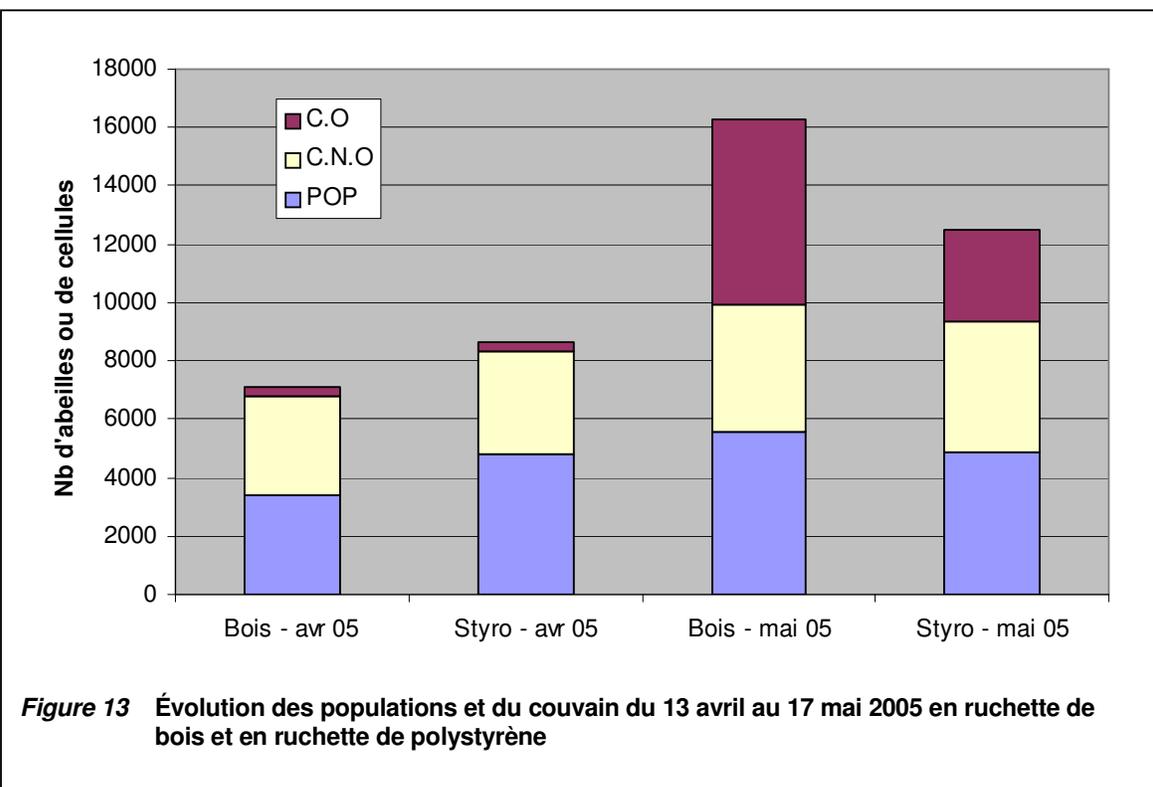
L'écart d'humidité entre les ruchettes de bois et celles de styrofoam peut s'expliquer par le nombre de changements d'air qui est 2 fois plus élevé dans les ruchettes de polystyrène comparativement à celles de bois (Polystyrène : 4,8 ch/h vs - Bois : 2,4 ch/h). De plus, il faut aussi rappeler que les nucléi en ruchette de polystyrène consommaient 35 % moins et donc le niveau de production de vapeur d'eau devait aussi être inférieur de 35 %. Les échanges d'air se font principalement par le trou de vol des ruchettes. La surface du trou de vol des ruchettes de polystyrène et celles de bois était équivalente, soit 5 cm². Il a été observé que le couvercle des ruchettes de polystyrène était moins bien propolisé, ce qui aurait fait en sorte de le rendre moins étanche. Les surfaces de contact entre la hausse et le couvercle sont en plastique et ce matériel semble moins facile à colmater. Bref, les conditions d'humidité étaient meilleures dans les ruchettes de polystyrène.

5.4 Développement printanier

Les colonies B3 et S2 qui sont mortes en chambre d'hivernage ont été remplacées par 2 autres nucléi qui avaient été hivernés dans du matériel standard. Ces colonies ont été évaluées le 13 avril puis à nouveau le 17 mai, avant leur transfert en ruche standard.

Tableau 8: État de la population et du couvain à partir de la sortie de la chambre d'hivernage le 13 avril 2005 jusqu'au transfert dans une hausse standard le 17 mai 2005

		POP	C.O	C.N.O	C. TOT	PDS	Gain
		cel	cel	cel	cel	kg	kg
Sortie-hiv -avr. 2005	B1	2900	390	2430	2820	6,8	
	B2	4200	0	3800	3800	6,8	
	B3	3150	558	3882	4440	6,4	
	MOY	3417	316	3371	3687	7	
	S1	2750	0	2045	2045	10,7	
	S2	6550	828	5402	6230	6,2	
	S3	5050	150	3245	3395	9,2	
MOY	4783	326	3564	3890	9		
Evaluation 17 mai 2005	B1	2350	2877	2388	5265	6,7	-0,2
	B2	7900	9258	6772	16030	6,7	-0,2
	B3	6400	6921	3944	10865	5,1	-1,3
	MOY	5550	6352	4368	10720	6,1	-0,5
	S1	1400	898	2242	3140	7,8	-2,9
	S2	6550	828	5402	6230	7,2	1,0
	S3	6750	7634	5676	13310	8,6	-0,6
MOY	4900	3120	4440	7560	7,9	-0,8	



La colonie de S1, qui était la plus faible à la sortie d'hivernage, ne s'est pas très bien développée. On remarque même que le groupe Styro était légèrement avantagé au 13 avril. Les ruchettes de bois se sont un peu mieux développées pour la période allant jusqu'au 17 mai. La ruche S1 a eu un effet négatif sur la moyenne du groupe Styro. Ces résultats nous indiquent tout de même que les nucléi en ruche de polystyrène n'ont pas favorisé un meilleur développement pour cette période d'observation. Ce sont même les ruchettes de bois qui ont eu le meilleur rendement sur ce point de vue.

Mais pourquoi le polystyrène n'aurait-il pas été avantageux lors du développement printanier ? Comme la ponte de la reine a repris, les abeilles ne sont plus en grappe et par conséquent leur métabolisme augmente. De plus l'élévation des températures agit comme stimulant pour la ponte de la reine. *Le fait que la paroi de polystyrène ait un facteur isolant beaucoup supérieur au bois pourrait empêcher les abeilles de ressentir la chaleur diurne et cela aurait pour conséquence d'être moins favorable pour la ponte de la reine. Le graphique suivant montre d'ailleurs que la température interne dans les ruchettes de bois se maintenait plus élevée le jour de 8h00 à 19h00 comparativement à celles de polystyrène.* Évidemment le petit nombre de ruches sous observation ne nous permet pas de valider complètement cette hypothèse, mais ce phénomène aurait été observé en Ontario⁴ où on a laissé des ruches isolées sur une longue période au printemps. On y avait alors remarqué un développement ralenti par rapport aux ruches sans isolant.

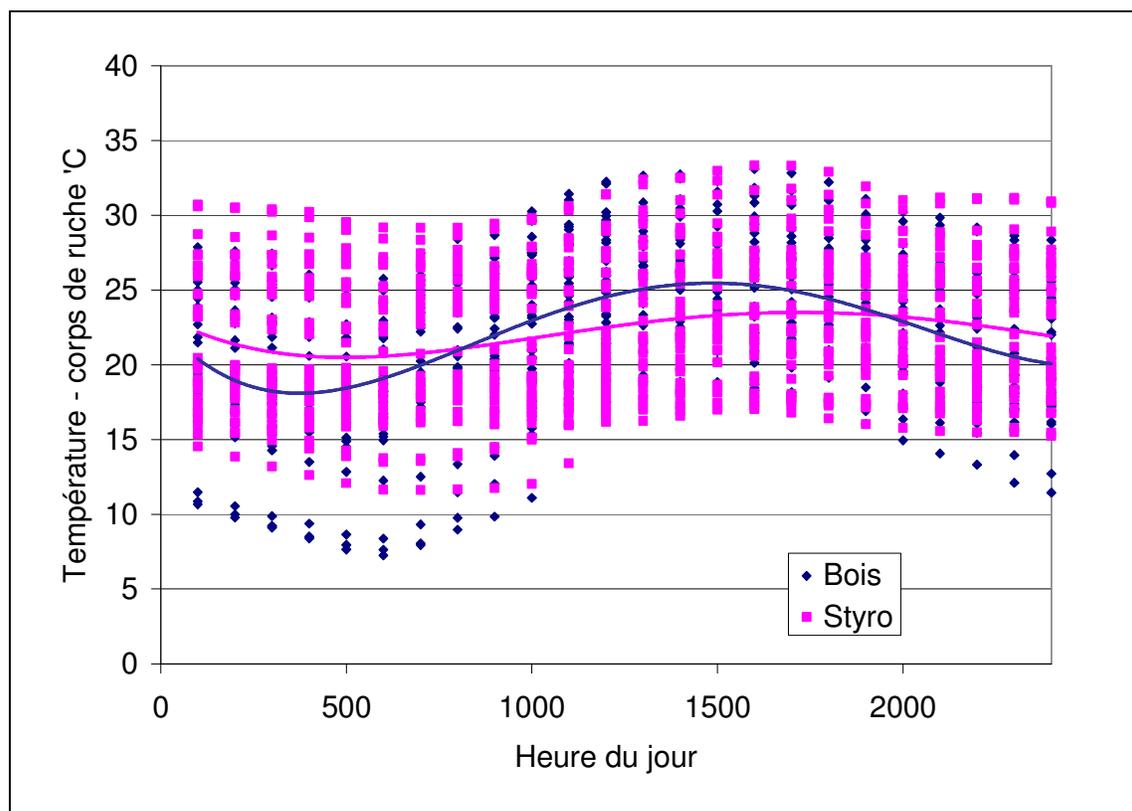


Figure 14 : Températures moyennes enregistrées dans le corps des ruchettes de bois et dans les ruchettes de polystyrène à chaque heure du jour entre le 13 avril et le 17 mai 2005

⁴ Communication personnelle

6. CONCLUSION

Ce projet visait à mieux comprendre le comportement à l'hivernage et à cerner des différences entre les 2 types de ruchettes. Il est toutefois difficile de conclure sur la performance des ruchettes de polystyrène par rapport à la ruchette de bois alors que seulement 6 ruchettes (3 pour chaque groupe) ont été observées. Les conclusions en terme de comportement thermique sont évidentes, mais les performances apicoles ont été plutôt ordinaires et mériteraient d'être validées sur un plus grand nombre de ruchettes et sous différentes conditions printanières.

D'abord, le taux de survie s'est avéré équivalent dans les deux types de ruchette, puisqu'une colonie est morte en cours d'hivernage dans chacun des deux groupes.. Une ruchette bois B3 est morte au jour 74 (15 mars) et une ruchette polystyrène S2 est morte au jour 83 (23 mars).

Au niveau du développement printanier, ce sont les ruchettes de bois qui se sont le mieux comportées. En considérant ensemble la population et le couvain, pour les ruchettes de bois, le nombre d'individus est passé de 7 104 à 16 270, soit une augmentation de 229 % entre le 13 avril et 17 mai. Pour le groupe Styro, l'évaluation est passée de 8 673 à 12 460, soit une augmentation de seulement 144 %. La période de développement printanier a été assez favorable, avec peu de temps froid, de sorte que le facteur isolant des ruchettes de polystyrène n'a pas été avantageux. Il se peut que d'autres facteurs aient contribué au développement lent de ces ruchettes. Pour l'instant, il est difficile de les identifier.

Au point de vue comportement de la grappe à l'extérieur en automne et en cours d'hivernage, nous avons toutefois été en mesure de constater d'importantes différences. À l'extérieur, lors des journées froides d'automne, les colonies en ruchette de polystyrène ont semblé subir beaucoup moins de stress que celles de bois. Suite à ces jours froids ($< -5^{\circ}\text{C}$), le métabolisme des colonies en ruchette de polystyrène est resté presque inchangé alors que celles de bois ont réagi en produisant davantage de chaleur par la suite.

Au niveau de la consommation pour la durée d'hivernage intérieur, les ruchettes en polystyrène ont consommé 35 % moins que les ruchettes en bois. Fait étonnant, la température intérieure a toujours été inférieure dans les ruchettes de styrofoam comparée à celles en bois ($8,7$ vs $11,1^{\circ}\text{C}$). Lorsque les abeilles sont en grappe, la température enregistrée au niveau de la couche extérieure d'abeilles est constante à 8°C . En principe, les abeilles en périphérie commandent les abeilles au centre de la grappe à générer plus ou moins de chaleur de façon à respecter une température constante de 8°C en périphérie. En d'autres termes, puisque la température moyenne du corps de ruchette était inférieure de $2,4^{\circ}\text{C}$, cela suppose que le coeur de la grappe des ruches en polystyrène devait en tout temps se maintenir à une température très inférieure à celle des ruches de bois et donc faire en sorte que leur métabolisme soit significativement moindre.

La concentration de CO_2 s'est maintenue deux fois plus élevée dans les ruchettes de bois que celles de polystyrène et l'humidité relative s'est maintenue très près du point de rosée (92,6 %) dans les ruchettes de bois alors qu'elle se situait à une moyenne de

seulement 82,4 % dans celles de polystyrène. Ces écarts sont explicables par le fait que le métabolisme est inférieur pour les colonies en ruchette de polystyrène, ce qui contribue à une plus petite concentration de gaz carbonique.

En principe, le polystyrène a un effet coupe-vapeur comparé au bois. Or, l'humidité s'est maintenue plus élevée dans la ruchette de bois. Le métabolisme plus élevé des colonies en ruchette de bois peut expliquer en partie cette situation. La surface de trou de vol est de 5 cm² et comparable pour les 2 types de ruchette. Or, nous avons remarqué que les abeilles ont moins tendance à « *propoliser* » le couvercle de polystyrène dont la finition intérieure est faite de plastique. D'ailleurs, l'appui de la hausse est aussi faite en plastique. Cela aurait peut-être pour effet de favoriser plus d'échanges d'air pour ce type de ruchette.

Bref, il existe des avantages thermiques à utiliser ce type de ruchette et dans notre suivi les avantages se sont faits principalement ressentir tard à l'automne lorsque la température descend sous le niveau de congélation. En termes de résultat apicole, il n'y a eu aucun avantage comparativement à la ruchette de bois (hausse standard divisée en deux). C'est du moins le résultat obtenu pour le printemps 2005 alors que les conditions climatiques ont été assez clémentes. Ces résultats de développement printanier ont été réalisés sur un très petit nombre de nucléi. Pour vérifier l'avantage de la ruchette en polystyrène pour le développement printanier, il faudrait le valider sur un plus grand nombre et sur quelques saisons. L'utilisation de la ruchette de polystyrène semble amoindrir les effets de stress thermique de l'automne et réduit la consommation hivernale. D'autre part, ce type de matériau qui a un facteur isolant 4,5 fois supérieur au bois pourrait être intéressant pour l'hivernage extérieur de ruche standard. La proximité de l'isolant près de la grappe pourrait être avantageux comparativement à envelopper le pourtour de la ruche tel qu'on le pratique aujourd'hui.