

ETUDE DES PERFORMANCES THERMIQUES D'UN RIDEAU D'AIR EN SIMULATION DE LIVRAISON



Cemafroid SAS
50 Avenue de Verdun - BP 2
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 4000
Email : cemafroid@cemafroid.fr

Contenu

CONTEXTE.....	3
DEMANDEUR DE L'ESSAI	3
DESCRIPTIF DE L'ENGIN	4
DESCRIPTIF DU MATERIEL SOUMIS AU TEST.....	5
CONDITIONS D'ESSAIS ET INSTRUMENTATION de la MESURE	6
I. Conditions d'essais.....	6
II. Tableau d'affectation des capteurs de températures.....	6
III. Instrumentation	7
ESSAIS de PERFORMANCES et de COMPARAISONS du RIDEAU D'AIR.....	8
I. Protocole de test.....	8
II. Essais en température à -25°C intérieur et +30°C extérieur :	9
A. Comparaison essais à 2 battants avec et sans rideau d'air :	9
B. Comparaison essais à 1 battant avec et sans rideau d'air :	11
III. Essais en température à -2°C intérieur et +30°C extérieur :	13
A. Comparaison essais à 2 battants avec et sans rideau d'air :	13
B. Comparaison essais à 1 battant avec et sans rideau d'air :	15
CONCLUSION	17

Cemafruid SAS

50, avenue de Verdun - BP 3

33612 CESTAS CEDEX

Tél. +33 5 56 07 40 00

SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

CONTEXTE

La société RKcom représenté par M. KLINGEN Roland, a fait appel au Cemafröid afin de qualifier les performances thermiques de son rideau d'air « RKair » en fonctionnement pendant une simulation de livraison dans des conditions d'essais maîtrisées en tunnel d'essais.

Le rideau a été monté dans un engin frigorifique type pour la distribution de denrées périssables « frais ou congelés ».

Plusieurs simulations ont été effectuées à une température de +30°C extérieure : des comparaisons avec et sans rideau d'air à température négative de -20°C et positive à 0°C, pour différentes ouvertures de portes totales (2 battants) ou partielles (1 battant).

DEMANDEUR DE L'ESSAI

Le demandeur de l'essai :

SARL RKcom

La Gerменаie

35500 Saint M'Hervé

Mail : roland.klingen@wanadoo.fr

La station d'essai :

CEMAFROID SAS

50 Avenue de Verdun

33612 CESTAS Cedex

Mail : contact@cemafröid.fr

Cemafröid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

DESCRIPTIF DE L'ENGIN

Type :	Porteur RENAULT 19T – Immatriculation : CN-824-PV – N° de châssis : YV2VH40A2DB639334
Cellule Isotherme :	Caisse CHEREAU Type : INOGAM P0906 – N° de série : 90000 – Coefficient K : 0,40 W/ m².K
Dimensions principales :	Externes (L x l x h) : 7748 x 2591 x 2500 mm Internes (L x l x h) : 7590 x 2300 x 2250 mm
Caractéristiques de la cellule :	- 1 Cloison fixe longitudinale sur toute la longueur séparant la caisse en deux parties. - 1 Cloison mobile à course réduite à l'arrière droit. - 1 Cloison mobile à course réduite à l'arrière gauche. - La cloison longitudinale est munie de deux portes amovibles à l'avant et l'arrière permettant de passer d'un compartiment à l'autre. - 1 Porte Triple battant à l'arrière de l'engin
Caractéristiques du groupe frigorifique :	- 1 Groupe CARRIER SUPRA 950 MT° avec 7,8Kg de R404A – N° de série : GC240005. - 1 Evaporateur MTS 1450 H Splitté Plafonnier à l'arrière gauche. - 1 Evaporateur MTS 700 H Splitté Plafonnier à l'arrière droit.



a) Illustration du compartiment gauche.



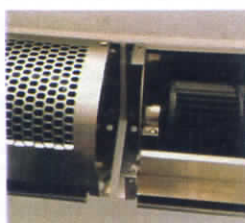
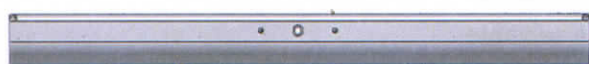
b) Illustration des portes arrières.

Cemafrroid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

DESCRIPTIF DU MATERIEL SOUMIS AU TEST

Type :	Rideau d'air soufflant à prise d'air ambiant
Dimension du rideau d'air :	2 unités de 800 x 100 x 100 mm fixés ensembles
Tension d'alimentation (V) :	24V à 1,85 Hz
Vitesse des ventilateurs (tr/min) :	2400 tr/min
Vitesse d'air, vélocité (m/s)	De 8 à 10 m/s
Augmentation de la température du moteur (°C)	≤ 75°C
Type de ventilation :	Tubulaire
Diamètre de roue (mm) et matériau :	Ø 71 mm en aluminium
Conception :	Matériau de la coque en acier inoxydable, sans peinture.

Cemafrroid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z



c) Plans techniques

d) Montage du rideau dans l'engin.

CONDITIONS D'ESSAIS ET INSTRUMENTATION de la MESURE

I. Conditions d'essais

Les essais ont été effectués dans un tunnel d'essai sous températures dirigés à $+30^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Les consignes de températures intérieures ont été volontairement mise plus basses afin d'avoir un plus grand contraste et une inertie maximale pour de meilleurs résultats.

Types d'essais comparatifs réalisés :

Température de consigne T° Int	Ouverture de porte	Avec ou sans rideau d'air
-25°C	2 Battants	Avec
-25°C	2 Battants	Sans
-25°C	1 Battant	Avec
-25°C	1 Battant	Sans
-2°C	2 Battants	Avec
-2°C	2 Battants	Sans
-2°C	1 Battant	Avec
-2°C	1 Battant	Sans

- Les essais à 2 battants ont été réalisés avec l'ouverture complète du compartiment gauche, compartiment droit fermé. L'ouverture étant de (l x h) : 1,640 x 2,25 m
- Les essais à 1 battant ont été réalisés avec l'ouverture partielle (porte centrale) du compartiment gauche, compartiment droit fermé. L'ouverture étant de (l x h) : 1,335 x 2,25 m
- Pour tous les essais seul l'évaporateur principal du compartiment gauche était en fonctionnement, l'évaporateur secondaire du compartiment droit était éteint durant tous les tests.

II. Tableau d'affectation des capteurs de températures

L'affectation des capteurs de températures pour la mesure est la suivante :

Localisation	Nombres de sondes	Positions
Sondes extérieures	12	Aux 4 coins à l'avant et l'arrière de la caisse, et 4 capteurs au milieu de chaque face au centre du volume
Sondes intérieures	12	Aux 4 coins à l'avant et l'arrière de la caisse, et 4 capteurs au milieu de chaque face au centre du volume
Sondes sur le rideau d'air	4	4 sondes au soufflage du rideau d'air répartis uniformément sur la largeur
Sondes sur le rideau d'air	1	1 sonde à l'aspiration du rideau d'air
Sondes intérieures au seuil de l'ouverture de porte	4	4 sondes au seuil de porte au ras du plancher répartis uniformément sur la largeur

Cemafroid SAS

50, avenue de Verdun - BP 3

33612 CESTAS CEDEX

CEMAFROID SAS – 50 Avenue de Verdun 33612 CESTAS CEDEX / Tel. +33 5 56 07 40 00 / Fax. 05 57 89 01 98

SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

Numérotation des capteurs de températures :

Positions INT.	N° de sonde / Voies	Positions EXT.	N° de sonde / Voies
Avant Haut Gauche	VD13	Avant Haut Gauche	VD01
Avant Haut Droit	VD14	Avant Haut Droit	VD02
Avant Bas Gauche	VD15	Avant Bas Gauche	VD03
Avant Bas Droit	VD16	Avant Bas Droit	VD04
Milieu Haut Plafond	VD17	Milieu Haut Plafond	VD05
Milieu Centre Latérale Droit	VD18	Milieu Centre Latérale Droit	VD06
Milieu Bas Plancher	VD19	Milieu Bas Plancher	VD07
Milieu Centre Latérale Gauche	VD20	Milieu Centre Latérale Gauche	VD08
Arrière Haut Gauche	VD21	Arrière Haut Gauche	VD09
Arrière Haut Droit	VD22	Arrière Haut Droit	VD10
Arrière Bas Gauche	VD23	Arrière Bas Gauche	VD11
Arrière Bas Droit	VD24	Arrière Bas Droit	VD12
Moyenne Intérieure	VD86	Moyenne Extérieure	VD90
Positions Soufflage rideau	N° de sonde / Voies	Positions Seuil de porte	N° de sonde / Voies
Rideau 1 Gauche	VD25	Gauche	VD30
Rideau 1 Droite	VD26	Centre Gauche	VD31
Rideau 2 Gauche	VD27	Centre Droit	VD32
Rideau 2 Droite	VD28	Droite	VD33
Moyenne Soufflage	VD97	Moyenne Seuil Ouverture totale de VD30 à VD33	VD98
		Moyenne Seuil Centre VD32+VD33	VD99
Position Aspiration rideau			
Rideau 2 droite	VD29		

III. Instrumentation

Centrale de mesure en température	Marque CHESSEL 4250M
N° Inventaire	LTB009
Type de capteurs associés	Thermocouples de type T
Type de référence en température	Compensation par soudure froide : sonde PT100 4 fils.
Incertitude d'étalonnage K=2 (°C)	0,09
Incertitude d'utilisation de la centrale K=2 (°C)	0,52

ESSAIS de PERFORMANCES et de COMPARAISONS du RIDEAU D'AIR**I. Protocole de test**

Le scénario de simulation de livraison est le suivant :

4 Ouvertures de portes pendant 2 minutes avec simulation de 2 entrées et sorties d'une personne munie d'un carton (à la sortie). Fermeture de porte durant 5 minutes entre chaque ouverture. Ceci a été effectué avec 2 battants et 1 battant, à deux températures intérieures de -25°C et -2°C. Ces simulations ont été effectuées pour comparaison avec et sans rideau d'air. Soit 8 essais au total.

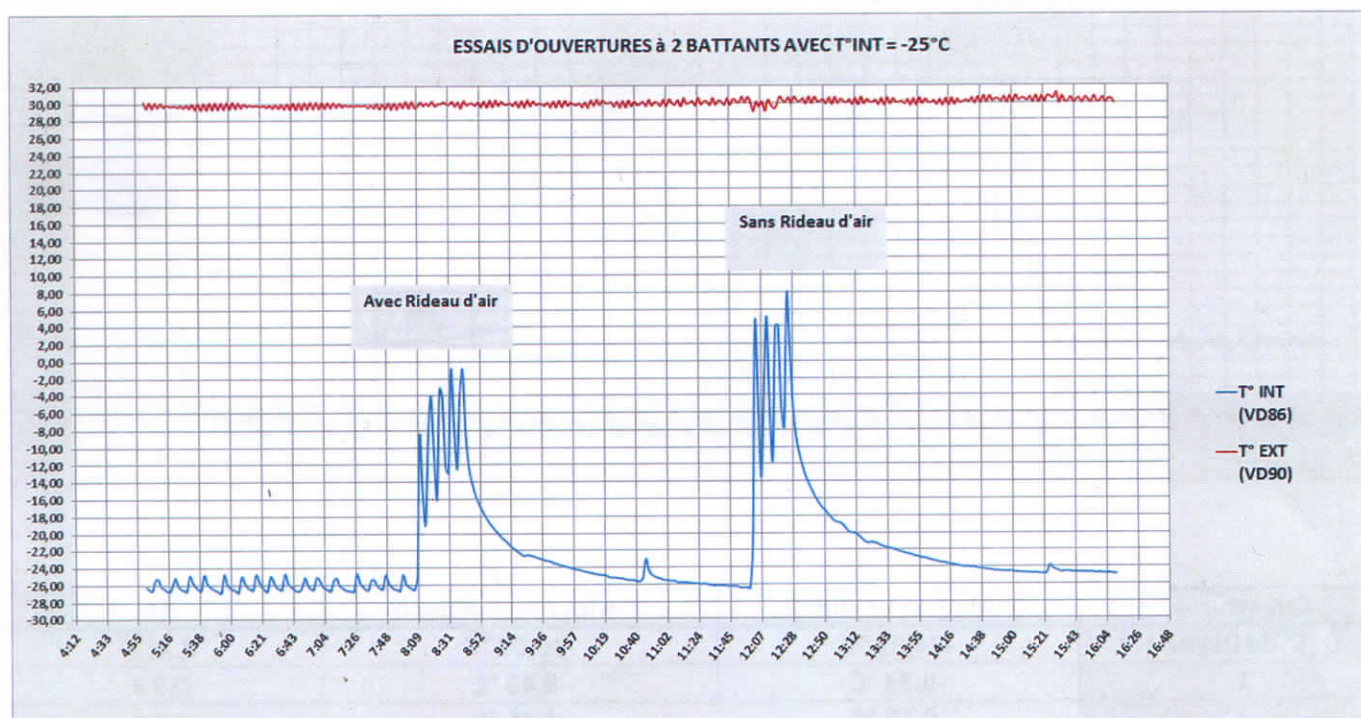
Cemafroid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

II. Essais en température à -25°C intérieur et +30°C extérieur :

A. Comparaison essais à 2 battants avec et sans rideau d'air :

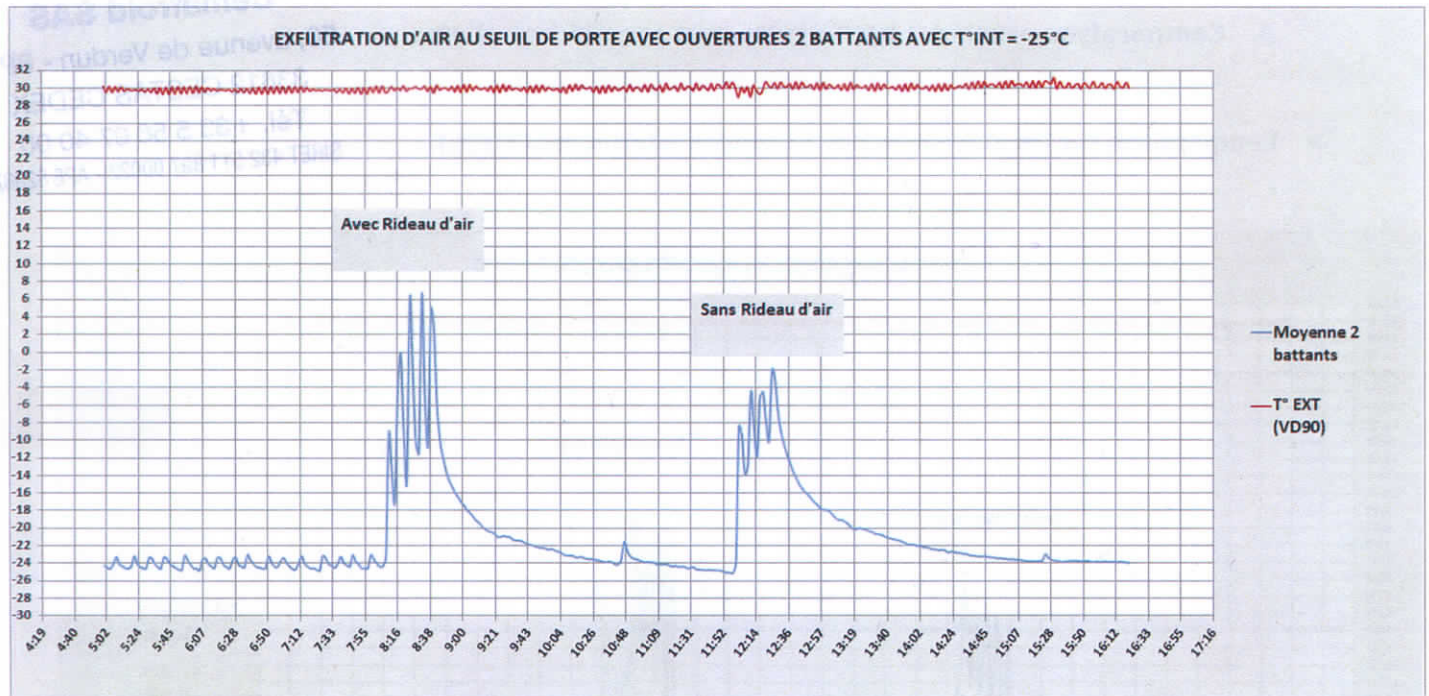
- Comparaison sur les moyennes des 12 sondes intérieures (VD86)

Cemafruid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-26,62 °C	-26,43 °C	0,19 K
1	-8,67 °C	+4,32 °C	12,99 K
2	-3,98 °C	+5,13 °C	9,11 K
3	-3,23 °C	+4,03 °C	7,26 K
4	-0,91 °C	+7,83 °C	8,74 K
5 (Retour à la T° cible)	25,1 °C en 02h44 min Jusqu'à -26°C (0,15°C/min)	32,8°C en 03h58 min jusqu'à -25°C (0,14°C/min)	

- Comparaison sur la moyenne d'exfiltration d'air au plancher à l'ouverture de porte (VD98) :

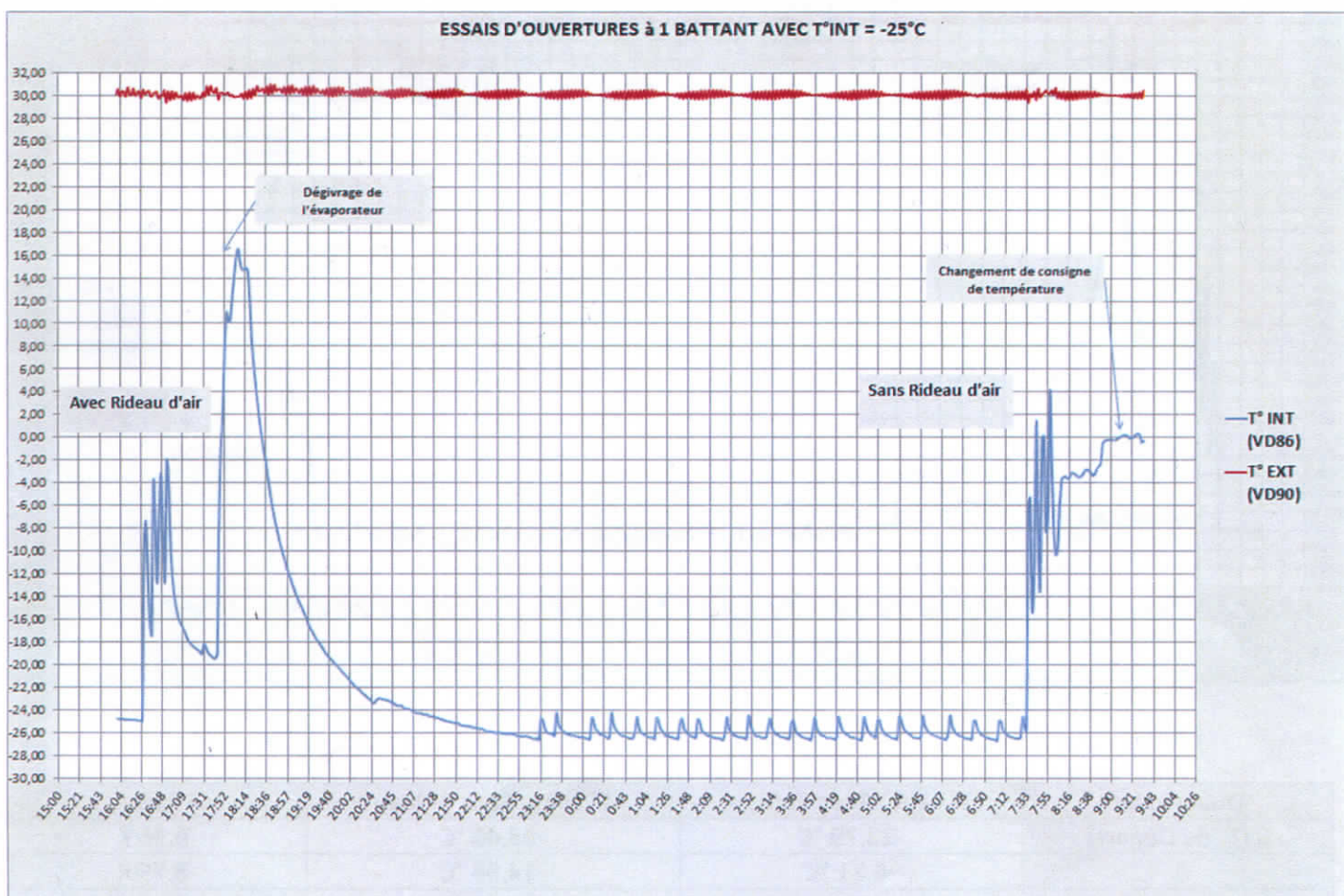


Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-24,35 °C	-25,07 °C	0,72 K
1	-9,33 °C	-8,43 °C	0,9 K
2	-0,15 °C	-4,45 °C	4,3 K
3	+6,15 °C	-4,53 °C	10,68 K
4	+2,61 °C	-1,98 °C	4,59 K

Ouvertures	Avec rideau		Sans rideau	
	T° Moy. Soufflage air du rideau	T° Aspiration air du rideau	T° Moy. Haut de porte	T° Plafond caisse
0 (T° de Départ)	-23,02 °C	-9,75 °C	-22,78 °C	-6,73 °C
1	+6,12 °C	+12,35 °C	+9,43 °C	+14,78 °C
2	+11,3 °C	+13,62 °C	+8,24 °C	+13,57 °C
3	+16,47 °C	+20,73 °C	+8,84 °C	+13,25 °C
4	+15,04 °C	+19,99 °C	+11,38 °C	+16,18 °C

B. Comparaison essais à 1 battant avec et sans rideau d'air :

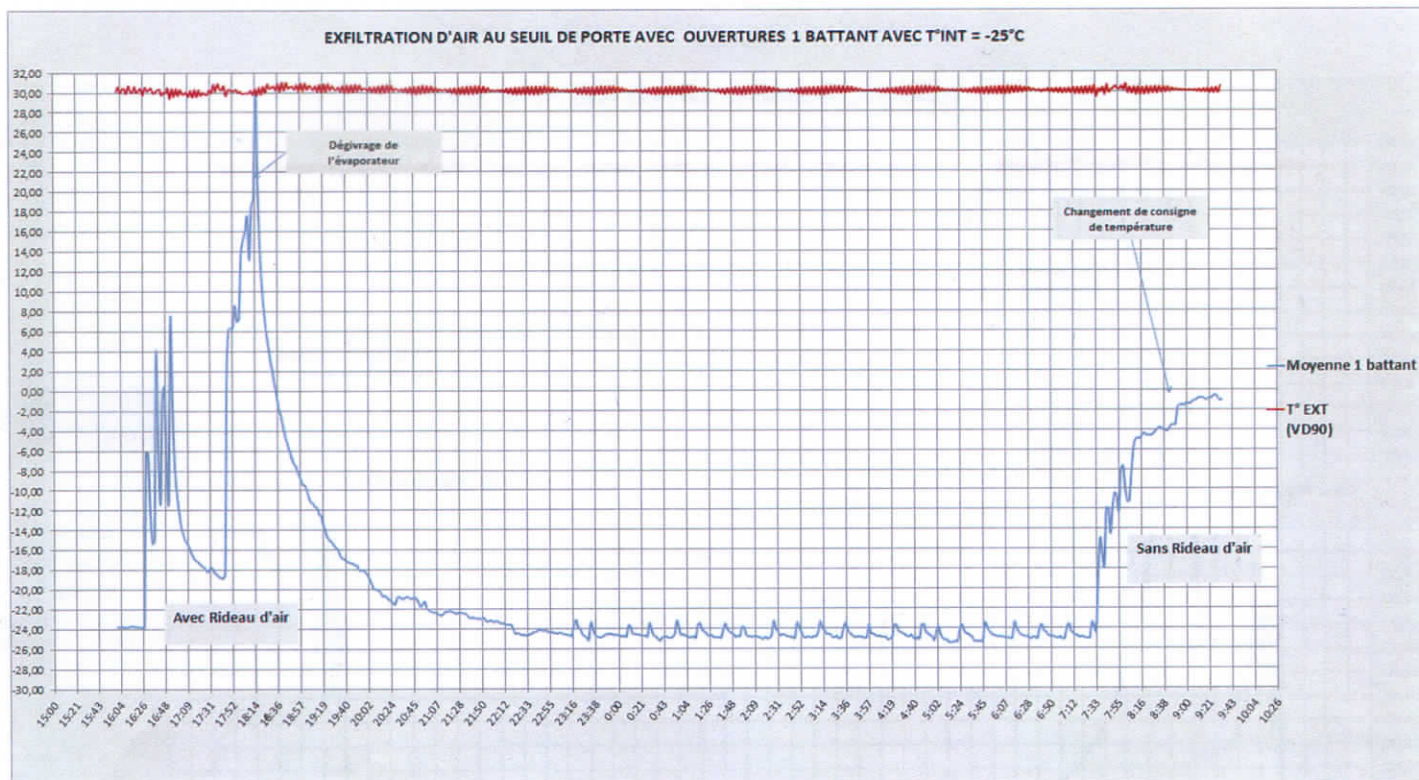
- Comparaison sur les moyennes des 12 sondes intérieures (VD86)



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-25 °C	-24,64 °C	0,36 K
1	-7,39 °C	-5,30 °C	2,09 K
2	-7,22 °C	+1,44 °C	8,66 K
3	-3,15 °C	+ 0,01 °C	3,16 K
4	-2,14 °C	+ 4,12 °C	6,26 K

Cemafroid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

- Comparaison sur la moyenne d'exfiltration d'air au plancher à l'ouverture de porte (VD98) :



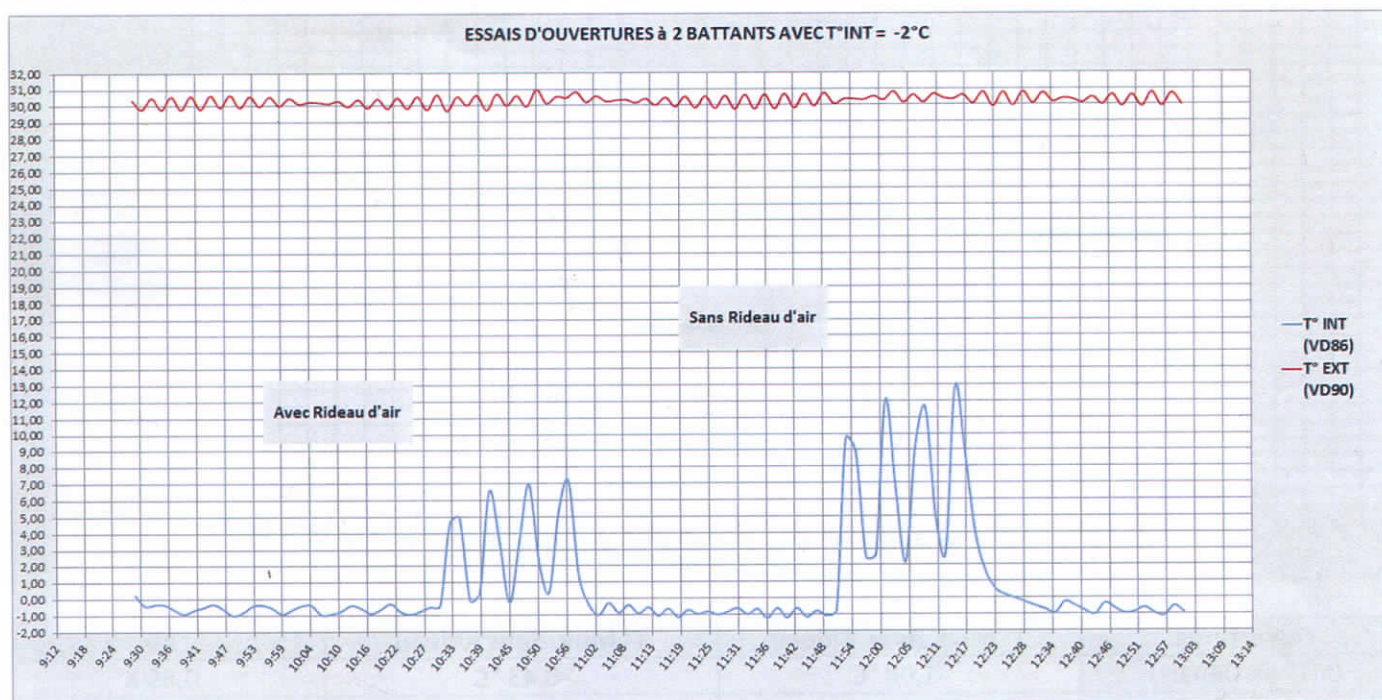
Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-23,79 °C	-23,43 °C	0,36 K
1	-6,21 °C	-14,96 °C	8,75 K
2	-6,00 °C	-11,92 °C	5,92 K
3	+0,42 °C	-11,79 °C	12,21 K
4	+7,41 °C	-8,04 °C	15,45 K

Ouvertures	Avec rideau		Sans rideau	
	T° Moy. Soufflage air du rideau	T° Aspiration air du rideau	T° Moy. Haut de porte	T° Plafond caisse
0 (T° de Départ)	-20,99 °C	-10,12 °C	-22,44 °C	-14,59 °C
1	+15,49 °C	+15,92 °C	+4,79 °C	+8,71 °C
2	+12,87 °C	+15,50 °C	+11,08 °C	+14,28 °C
3	+20,05 °C	+18,79 °C	+10,29 °C	+1,86 °C
4	+25,35 °C	+22,80 °C	+13,24 °C	+17,26 °C

III. Essais en température à -2°C intérieur et +30°C extérieur :

A. Comparaison essais à 2 battants avec et sans rideau d'air :

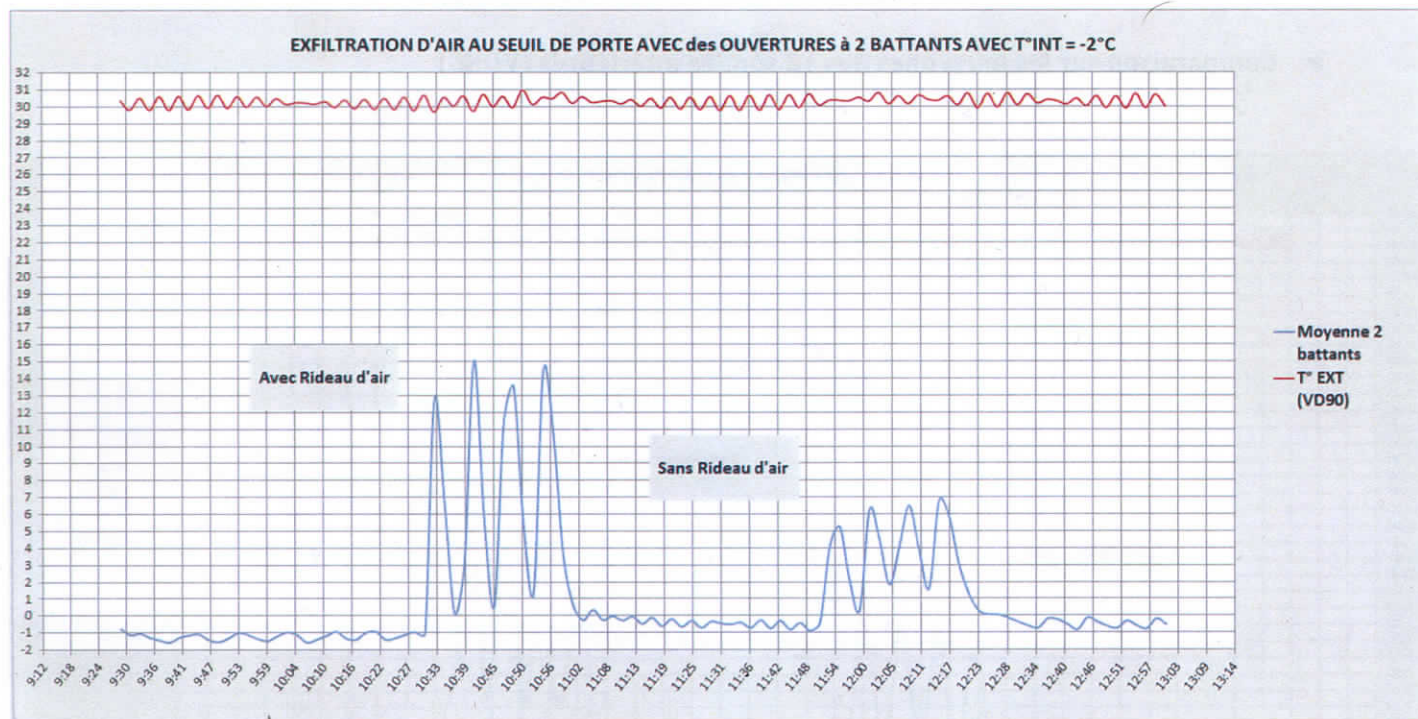
- Comparaison sur les moyennes des 12 sondes intérieures (VD86)



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-0,41 °C	-0,77 °C	0,36 K
1	+4,90 °C	+9,68 °C	4,78 K
2	+6,55 °C	+12,07 °C	5,52 K
3	+6,95 °C	+11,61 °C	4,66 K
4	+7,16 °C	+8,77 °C	1,61 K
5 (Retour à la T° cible)	8,17 °C en 00h06 min Jusqu'à -1,01°C (0,73 °C/min)	9,72 °C en 00h18 min Jusqu'à -0,95°C (0,54 °C/min)	

Cemafrroid SAS
50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX
Tél. +33 5 56 07 40 00
SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

- Comparaison sur la moyenne d'exfiltration d'air au plancher à l'ouverture de porte (VD98) :



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	Δθ
0 (T° de Départ)	-1,08 °C	-0,43 °C	0,65 K
1	+6,68 °C	+4,08 °C	2,6 K
2	+15,07 °C	+6,24 °C	8,83 K
3	+13,51 °C	+6,48 °C	7,03 K
4	+10,91 °C	+5,89 °C	5,02 K

Ouvertures	Avec rideau		Sans rideau	
	T° Moy. Soufflage air du rideau	T° Aspiration air du rideau	T° Moy. Haut de porte	T° Plafond caisse
0 (T° de Départ)	+0,92 °C	+3,17 °C	+1,27 °C	+6,04 °C
1	+15,25 °C	+18,78 °C	+10,45 °C	+16,59 °C
2	+19,78 °C	+23,64 °C	+13,77 °C	+19,14 °C
3	+18,66 °C	+21,09 °C	+14,42 °C	+18,88 °C
4	+19,74 °C	+23,55 °C	+13,41 °C	+18,30 °C

Cemafrroid SAS

50, avenue de Verdun - BP 3

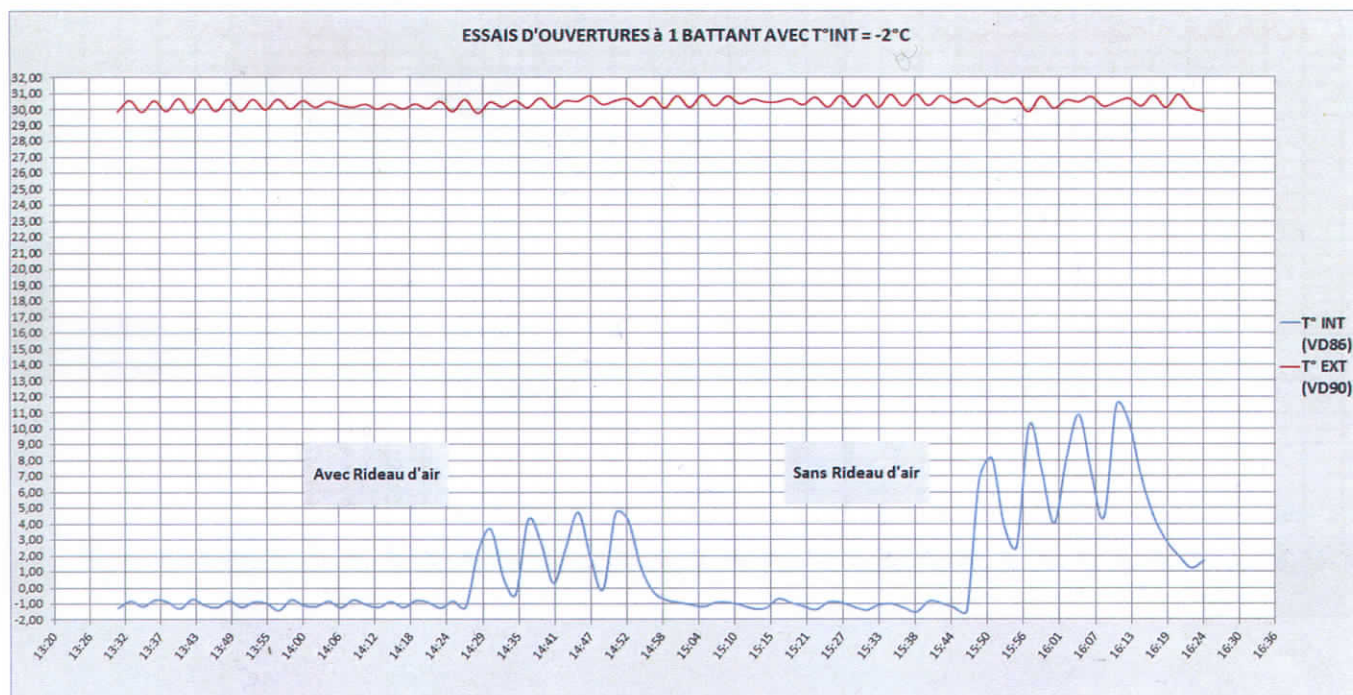
33612 CESTAS CEDEX

Tél. +33 5 56 07 40 00

SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

B. Comparaison essais à 1 battant avec et sans rideau d'air :

- Comparaison sur les moyennes des 12 sondes intérieures (VD86)



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-1,20 °C	-1,49 °C	0,29 K
1	+3,66 °C	+8,14 °C	4,48 K
2	+4,25 °C	+10,18 °C	5,93 K
3	+4,73 °C	+10,84 °C	6,11 K
4	+4,67 °C	+11,47 °C	6,8 K

Cemafrroid SAS

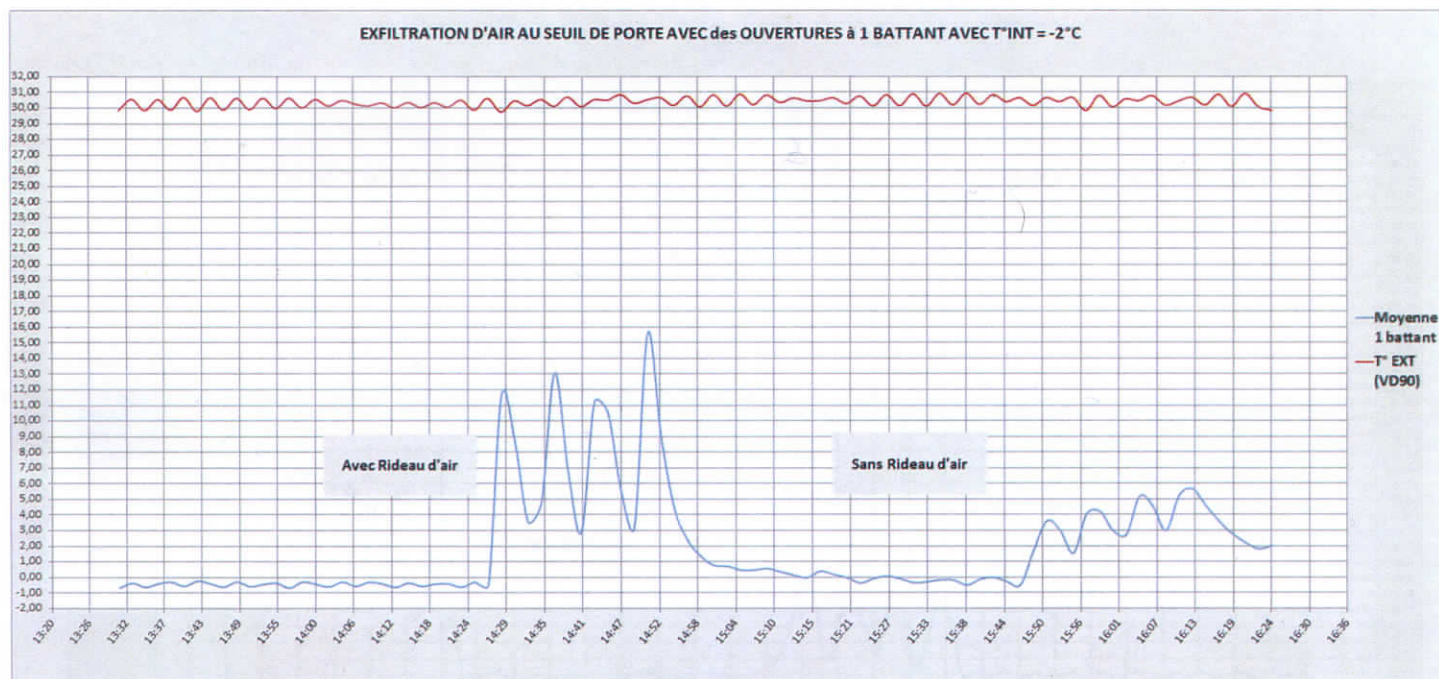
50, avenue de Verdun - BP 3

33612 CESTAS CEDEX

Tél. +33 5 56 07 40 00

SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

- Comparaison sur la moyenne d'exfiltration d'air au plancher à l'ouverture de porte (VD98) :



Ouvertures	T° Moy. Avec Rideau	T° Moy. Sans Rideau	$\Delta\theta$
0 (T° de Départ)	-0,54 °C	-0,52 °C	-0,02 K
1	+8,70 °C	+3,59 °C	5,11 K
2	+13,08 °C	+4,04 °C	9,04 K
3	+10,53 °C	+5,18 °C	5,35 K
4	+15,60 °C	+5,23 °C	0,37 K

Ouvertures	Avec rideau		Sans rideau	
	T° Moy. Soufflage air du rideau	T° Aspiration air du rideau	T° Moy. Haut de porte	T° Plafond caisse
0 (T° de Départ)	+1,18 °C	+5,24 °C	+1,38 °C	+6,35 °C
1	+20,40 °C	+22,90 °C	+13,11 °C	+19,27 °C
2	+25,75 °C	+26,34 °C	+16,09 °C	+21,61 °C
3	+22,88 °C	+24,76 °C	+17,57 °C	+21,64 °C
4	+27,86 °C	+28,45 °C	+17,82 °C	+23,11 °C

Cemafrroid SAS

50, avenue de Verdun - BP 3
33612 CESTAS CEDEX

Tél. +33 5 56 07 40 00

CEMAFROID SAS – 50 Avenue de Verdun 33612 CESTAS Cedex Tél. 05 56 07 4000 / Fax 05 57 89 01 98

SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

CONCLUSION

Pour toutes les configurations d'ouvertures de portes et de fonctionnement du rideau, à différentes températures, les essais sont concluants pour le rideau d'air, les résultats démontrent clairement que pour tous ces cas de figures, le rideau d'air apporte un gain considérable en température pendant les livraisons. Ce gain est exprimé dans un tableau récapitulatif ci-dessous :

Synthèse des résultats :

$\Delta\theta$ sur la T° Moy 12 sondes (°C)			$\Delta\theta$ sur la T° Moy. Seuil de porte (°C)
2B (-25°C)	12,99		0,9
	9,11		4,3
	7,26		10,68
	8,74		4,59
1B (-25°C)	2,09		8,75
	8,66		5,92
	3,16		12,21
	6,26		15,45
2B (-2°C)	4,78		2,6
	5,52		8,83
	4,66		7,03
	1,61		5,02
1B (-2°C)	4,48		5,11
	5,93		9,04
	6,11		5,35
	6,8		0,37
Moyenne générale	6,1		6,6
Max	13,0		15,5
Min	1,6		0,4

Le Responsable des essais:


R. OVALLE
Responsable des essais

Cemafrroid SAS
 50, avenue de Verdun - BP 3
 33612 CESTAS CEDEX
 Tél. +33 5 56 07 40 00
 SIRET 432 511 897 00022 - APE 8299Z

Le Responsable de l'étude:


N. BOUDET
Chef d'unité

***** FIN DU DOCUMENT *****