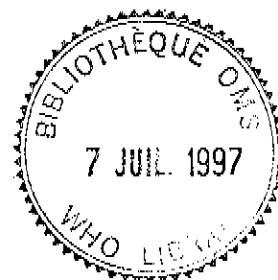


Kit de conversion des réfrigérateurs ménagers servant à la conservation des vaccins

Conception, principes et
résultats des tests



PROGRAMME MONDIAL DES VACCINS ET VACCINATIONS
PROGRAMME ELARGI DE VACCINATION



Organisation mondiale de la Santé
Genève
1997

Le Programme mondial des Vaccins et Vaccinations
remercie les donateurs dont les noms suivent de leur généreux appui
à destination non précisée et à objet non désigné en 1996,
qui a rendu possible la production du présent document.

Fédération des fondations pour la Santé mondiale
UNICEF

ainsi que les Gouvernements des pays suivants :

Australie
République populaire de Chine
Irlande
Norvège
Pays-Bas
République de Corée

*Numéro de référence pour les commandes : WHO/EPI/LHIS/94.04
Imprimé en français en juin 1997
(Version anglaise imprimée en novembre 1994)*

Catalogue disponible sur Internet :
<http://www.who.ch/programmes/gpv/gEnglish/avail/gpvcatalog/catlog1.htm>

Pour commander des exemplaires, s'adresser à :
Organisation mondiale de la Santé
Programme mondial des Vaccins et Vaccinations
Programme élargi de Vaccination
CH-1211 Genève 27, Suisse
Télécopie : +41 22 791 41 93/791 41 92 • E-mail : gpv@who.ch

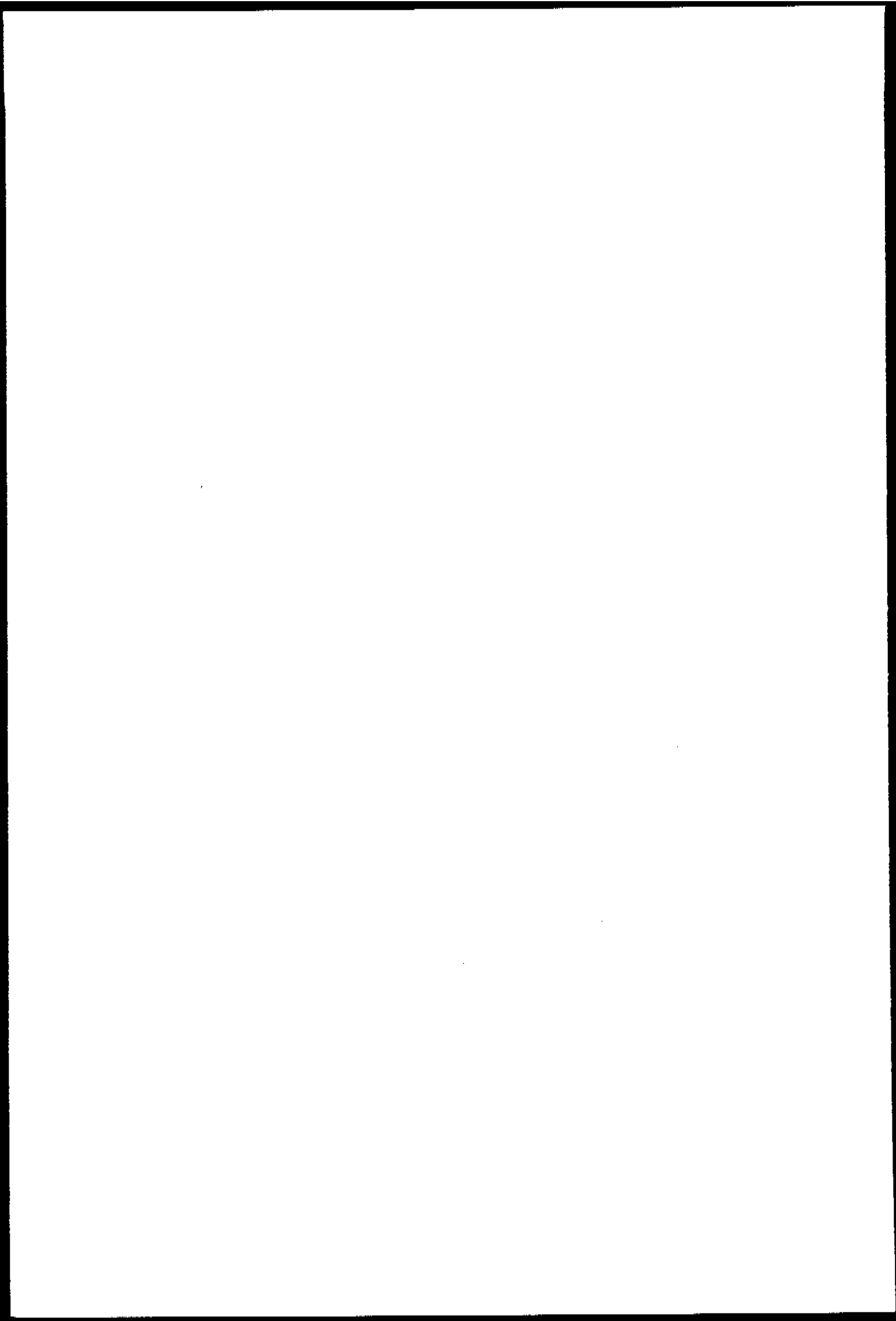
© Organisation mondiale de la Santé 1997

Ce document n'est pas une publication officielle de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et tous les droits y afférents sont réservés par l'Organisation. S'il peut être commenté, résumé ou cité sans aucune restriction, il ne saurait cependant être reproduit ni partiellement ou en totalité, pour la vente ou à des fins commerciales.

Les opinions exprimées dans les documents par des auteurs cités nommément n'engagent que lesdits auteurs.

Table des Matières

<i>Résumé</i>	1
1. Introduction	2
2. Objectifs	3
3. Conception	4
4. Principe de fonctionnement	5
4.1 Intérieur du caisson	5
4.2 Intérieur du réfrigérateur	5
4.3 Surveillance de la température	5
5. Intérieur du réfrigérateur	6
6. Conclusions	8
Tableaux et Schémas	9
Tableau 1: Spécifications techniques de l'OMS et de l'UNICEF relatives au réfrigérateurs	9
Tableau 2: Caractéristiques comparées de réfrigérateurs avant et après modification (deux phases de développement)	10
Figure 1: Vue d'ensemble	11
Figure 2a: Les divers éléments du dispositif	12
Figure 2b: Le dispositif achevé et installé	14
Figure 3: Flux thermiques	15
Figure 4: Emplacement des capteurs (Modèle Icasa E3-2064)	16
Figure 5: Emplacement des capteurs (Modèle Icasa E3-2037)	17
Figure 6: Dimensions et charge d'eau (Modèle Icasa E3-2064)	18
Figure 7: Dimensions et charge d'eau (Modèle Icasa E3-2064)	19
Bibliographie	20



Résumé

Les réfrigérateurs ménagers ne conviennent pas pour la conservation des vaccins. Pourtant, certains pays en développement les utilisent à cet effet.

Chargée par le Programme élargi de vaccination de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de trouver une solution peu onéreuse pour mettre à niveau ces appareils, la Cámara Ambiental de l'Université del Valle de Colombie a conçu un dispositif qui présente de multiples avantages:

- les réfrigérateurs qui en sont équipés satisfont aux spécifications de l'OMS et de l'Unicef en matière de conservation des vaccins;
- sa mise en œuvre est suffisamment simple pour ne pas exiger de qualifications particulières;
- ses composants sont faits de matériaux qu'on peut se procurer sur place.

On trouvera ici d'une part une description du kit de conversion proprement dit et du principe sur lequel repose son fonctionnement, et d'autre part le bilan des essais effectués avec divers réfrigérateurs ménagers qui en ont été dotés.

1. Introduction

Les programmes de vaccination requièrent qu'on administre des vaccins efficaces aux femmes et aux enfants du monde entier.

Parce que les vaccins se détériorent s'ils sont trop longtemps exposés à la chaleur, ils doivent être conservés à des températures comprises entre 0 et 8°C, et cela depuis le moment où on les fabrique jusqu'à celui où on les administre. Les équipements servant au transport et à l'entreposage des vaccins doivent être conformes aux *Spécifications techniques* de l'OMS et de l'Unicef¹. Pour conserver les vaccins dans les centres de santé, certains pays en développement choisissent, pour des motifs essentiellement économiques, de s'équiper de réfrigérateurs ménagers de fabrication locale. Les essais de laboratoire effectués à la Càmara Ambiental selon les protocoles définis par l'OMS et l'Unicef démontrent cependant que les réfrigérateurs ménagers ne parviennent pas à maintenir leur température intérieure dans une plage satisfaisante. Les coupures de courant et les variations de la température ambiante sont responsables de très importantes fluctuations de la température intérieure pouvant endommager les vaccins.

C'est en 1990 et 1991, dans le cadre du projet intitulé « Amélioration des réfrigérateurs ménagers pour la conservation des vaccins », qu'a eu lieu la première phase de développement du dispositif de mise à niveau. On était parvenu alors à des améliorations importantes qui ne satisfaisaient toutefois pas encore entièrement aux spécifications de l'OMS et de l'Unicef.

Lors de la phase suivante, l'équipe de la Càmara Ambiental a repris la conception et a procédé à une série de tests en vue d'affiner sa démarche. Elle a finalement réussi à concevoir un dispositif permettant d'obtenir un système thermique stable et uniforme.

¹ *Spécifications techniques du Programme élargi de Vaccination, WHO/EPI/LHIS/91.1*

2. Objectifs

S'agissant de concevoir un dispositif de mise à niveau pour que les vaccins puissent se conserver dans des réfrigérateurs ménagers, il fallait que:

- la formule retenue soit universelle, c'est-à-dire qu'on puisse l'appliquer à tous les types de réfrigérateurs ménagers;
- sa mise en œuvre soit suffisamment simple pour ne pas exiger de qualifications particulières;
- les composants fassent appel à des matériaux peu onéreux et disponibles sur place.

3. Conception

Le dispositif (Fig. 1 et 2) est composé:

- d'un caisson doté d'une porte sur sa face antérieure, le tout en tôle d'aluminium;
- de trois étagères destinées à recevoir les vaccins; celles-ci, constituées de grilles en aluminium de forme carrée (on trouve des grilles de ce genre ajourées au pas d'un demi-pouce) sont disposées dans le caisson et conçues de manière que l'air circule librement;
- de briquettes d'eau en matière plastique disposés verticalement dans la partie inférieure du caisson;
- d'un bac en tôle d'aluminium fermant la face supérieure du caisson, qui, une fois le caisson placé dans le réfrigérateur, se trouvera immédiatement en dessous du compartiment de congélation. Ce bac, garni de briquettes de congélation empilées sur trois niveaux, remplira la fonction d'accumulateur de froid principal;
- à l'extérieur de la porte du caisson, d'un thermomètre à bilame dont la sonde se trouve à l'intérieur du caisson.

4. Principe de fonctionnement

4.1 Intérieur du caisson

La libre circulation de l'air ainsi que la conductivité élevée de l'aluminium facilitent les échanges thermiques à l'intérieur du caisson, ce qui fait que les températures s'y uniformisent très rapidement.

Par ailleurs, les briquettes, parce qu'elles augmentent l'inertie thermique de l'espace clos, jouent le rôle de « volant thermique ».

L'eau des briquettes du bas demeure à l'état liquide, ce qui empêche un refroidissement excessif. S'il advient pour une raison quelconque que la température intérieure s'abaisse, l'air froid gagne le bas du caisson; là, il se réchauffe au contact des contenants d'eau et une convection se produit alors, avec pour effet que la température ne peut tomber sous 0°C (Fig. 3).

4.2 Intérieur du réfrigérateur

Le flux de chaleur qui traverse les parois isolées du réfrigérateur entraîne une élévation de la température dans l'espace compris entre le caisson et les parois intérieures de l'appareil; il s'établit dans cet espace une circulation par convection. A mesure que l'air s'élève, il entre en contact avec les briquettes réfrigérantes, qui en absorbent la chaleur. A l'intérieur du caisson, les températures sont donc stables.

4.3 Surveillance de la température

Les indications que fournit le thermomètre à bilame fixé sur la porte permettent au personnel de régler le thermostat et de vérifier la température qui règne dans le caisson sans ouvrir celui-ci (Fig. 1).

5. Intérieur du réfrigérateur

Pour valider le concept de ce dispositif, la Càmara Ambiental a utilisé trois réfrigérateurs ménagers. Deux d'entre eux, l'ICASA E3-2037 et l'ICASA E3-2064, ont subi les tests avec succès après avoir été dûment modifiés; le troisième — un General Electric E3-2078 — ayant subi une panne de compresseur, n'a pas pu être testé.

Les figures 4 et 5 montrent les emplacements des sondes utilisées pour mesurer les températures à l'intérieur des réfrigérateurs durant les essais.

On trouvera au tableau 1 les spécifications établies par l'OMS et l'Unicef.

Le tableau 2, quant à lui, permet de comparer les caractéristiques des réfrigérateurs tels que:

- dans leur configuration initiale;
- modifiés à l'issue de la première phase de développement;
- équipés du dispositif final.

Les températures minimales et maximales (T_{\min} et T_{\max}) sont les valeurs extrêmes enregistrées pour un lot de vaccins. Les résultats, présentés au tableau 2, révèlent que:

- les réfrigérateurs de série ou modifiés selon la première formule ne satisfont pas aux spécifications;
- les mêmes appareils, équipés du dispositif final, satisfont aux spécifications.

Après modification, on constate:

- qu'en toutes circonstances les températures fluctuent dans les limites fixées, et cela en conservant une marge raisonnable;
- qu'on parvient à une excellente régulation de la température, même lors des essais les plus poussés (variation jour/nuit de 43°C à 15°C), ce à quoi on n'était jamais parvenu précédemment;
- que le temps de fonctionnement du compresseur est invariablement moindre, avec donc une diminution de la consommation d'énergie;
- qu'en conditions d'utilisation stables les températures à l'intérieur du caisson sont substantiellement plus uniformes, et qu'il en va de même à l'intérieur du réfrigérateur, les écarts passant de $4,6^{\circ}\text{C}$ - $5,3^{\circ}\text{C}$ à $1,4^{\circ}\text{C}$ - $2,7^{\circ}\text{C}$.

La conservation des vaccins est d'autant plus sûre que l'uniformité thermique se traduit par l'absence de zones froides ou chaudes;

- que la masse congelable utile est améliorée: pour l'E3-2037, elle double; pour l'E3-2064, elle quadruple. Ces résultats sont légèrement supérieurs aux spécifications de l'OMS;
- que la durée de conservation du froid des appareils, si importante pour les pays en développement, est allongée. Au cours des tests correspondants, on a constaté qu'elle était multipliée par quatre, ce qui va au-delà des spécifications. Ce très bon comportement a été obtenu sans recourir à des briquettes de congélation supplémentaires. On a par ailleurs procédé à des essais avec 9 kg de glace d'appoint, les durées de conservation respectives des réfrigérateurs passant alors à 16 et 20 heures, soit 10 et 13 fois mieux que les valeurs d'origine — soit environ un triplement de ce que prévoit l'OMS.

On notera enfin que les thermostats des appareils ayant servi aux tests étaient en position intermédiaire, ce qui suggère qu'on pourrait disposer au besoin d'une plage de régulation plus large.

6. Conclusions

Les résultats obtenus suite à l'installation du kit de conversion ont confirmé les prédictions fondées sur les considérations théoriques.

- La modification est simple et facile à effectuer sur n'importe quel réfrigérateur ménager.
- On peut se procurer sur place les matériaux nécessaires à la fabrication du kit.
- L'installation ne requiert pas d'outillage spécial ou de formation particulière.
- Les températures variant peu, on peut conserver les vaccins dans des conditions acceptables.
- L'installation d'un thermomètre à cadran sur la porte du caisson facilite la surveillance et le réglage de la température régnant à l'intérieur de celui-ci.
- Le dispositif donne satisfaction et devrait donc équiper les réfrigérateurs ménagers en service dans la chaîne du froid.

Tableaux et Schémas

Tableau 1: Spécifications techniques de l'OMS et de l'UNICEF
relatives au réfrigérateurs²

TESTS	AMPLIT/JOURN (43/15°C)	MASSE CONGELABLE UTILE (kg/24 h)	DUREE DE CONSERVATION DU FROID (heures)
Valeurs	0 à 8 °C	2,5 kg/50 l de volume brut de réfrigérateur/24 h E3-2037: 1.3kg/24 h E3-2064: 1.3kg/24 h	≥ 6 h

² Ibid

TEST EN TEMPERATURE AMBIANTE DE 43°C													
Modèle	Test	Amplit. Journ. (43/15°C)			Stabilité			Masse congelable utile			Durée conserv. froid		
		Série	1ère Modif.	Modif. finale	Série	1ère Modif.	Modif. finale	Série	1ère Modif.	Modif. finale	Série	1ère Modif.	Modif. finale
ICASA E3-2064	Temp. max. (°C)	9.6	7.3	7.7	5.6	6.9	5.9	8.2	8.0	7.2	6.2 Orig.	6.0 Orig.	3.9 Orig.
	Temp. min. (°C)	-3.0	-1.0	1.1	1.0	1.0	4.5	0.6	-0.2	4.1	2.1 Orig.	2.1 Orig.	2.6 Orig.
	Durée (h)	N.A*									1.6	1.7	6.15
	Masse (k d'eau)							1.6	2.24	6.4			
	Temp de fonction. (%)				69.7	60.6	56.2						
	Consommation (kWh/h)				2.72	2.58	2.47	3.27	2.73	3.69			
	Réglage thermostat	5.0	3.0	3.0	6.0	5.0	4.0	6.0	5.0	4.0	6.0	6.0	4.0
	Temp. max. (°C)	7.0	N.A.	7.0	8.5	N.A.	5.0	11.0	N.A.	5.7		N.A.	2.9 Orig.
	Temp. min. (°C)	-2.5		1.2	2.8		2.3	2.5		0.7			1.0 Orig.
	Durée (h)										18.5	1.5	6.0
ICASA E3-2037	Masse (k d'eau)						2.2	2.24	4.4				
	Temp de fonction. (%)				45.0		42.65						
	Consommation (kWh/h)				2.92		2.73			4.13			
	Réglage thermostat	3.5	3.0	3.0	3.5		4.0	3.5		4.0	3.5		4.0

Tableau 2 : Caractéristiques comparées de réfrigérateurs avant et après modification (deux phases de développement)

Figure 1 : Vue d'ensemble

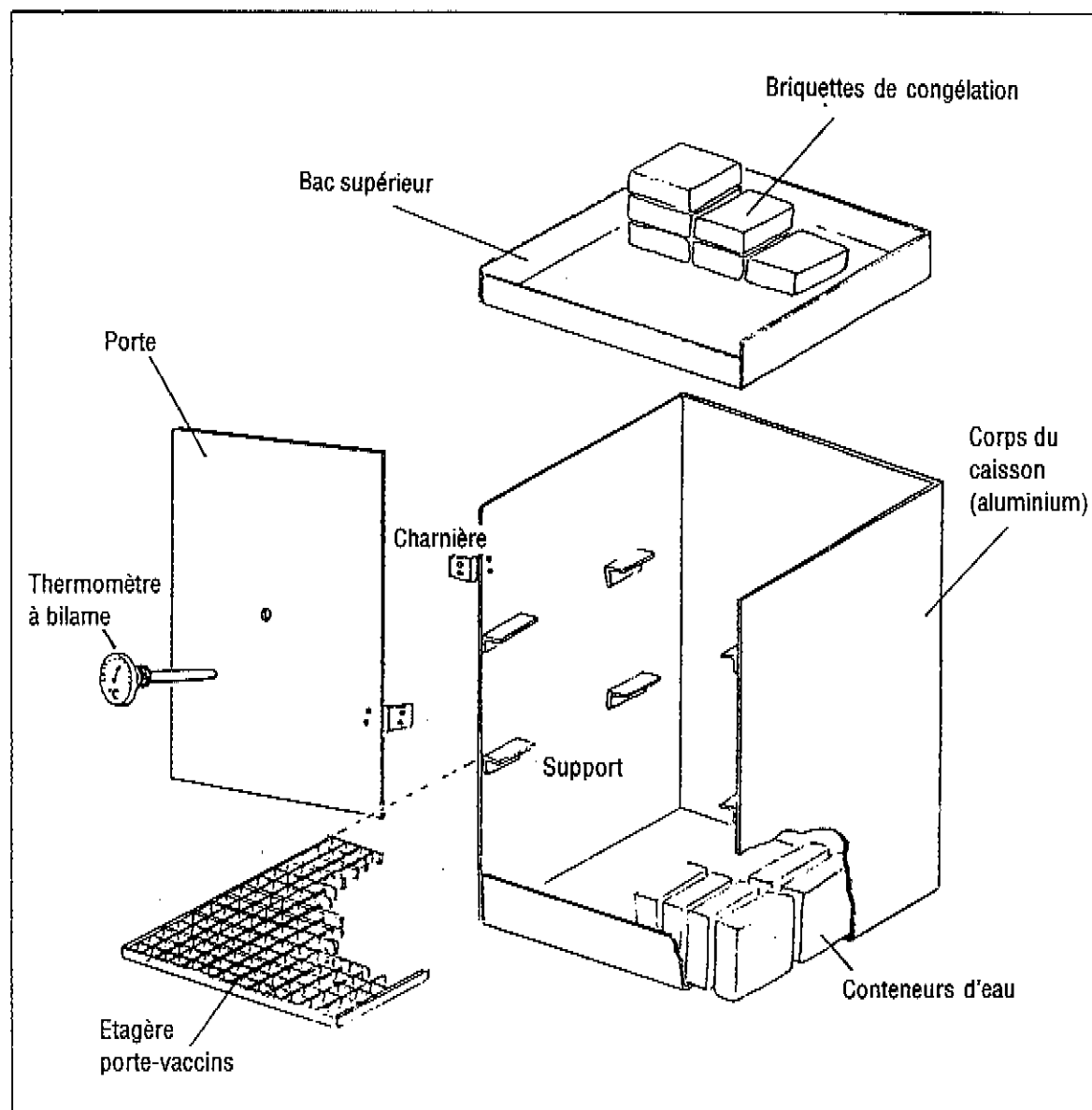


Figure 2 a: Les divers éléments du dispositif

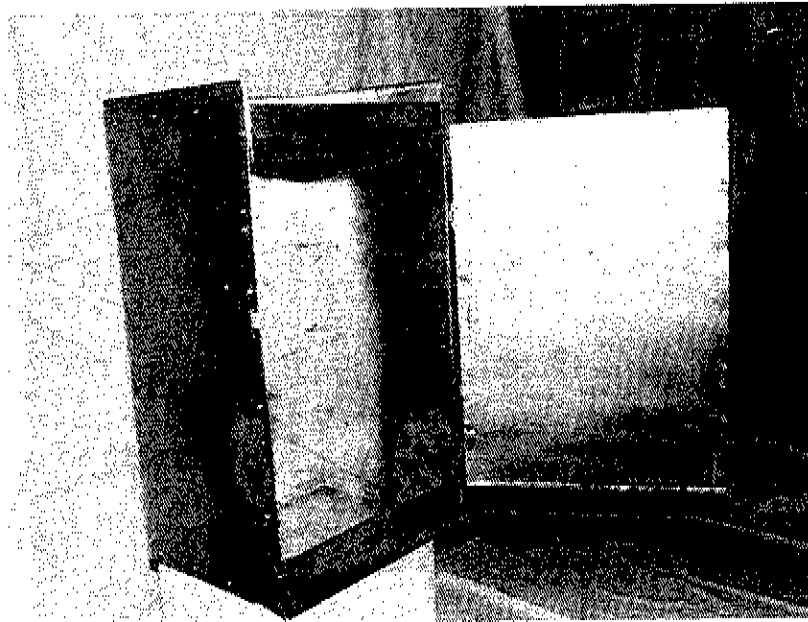


Figure 3 : Flux thermiques

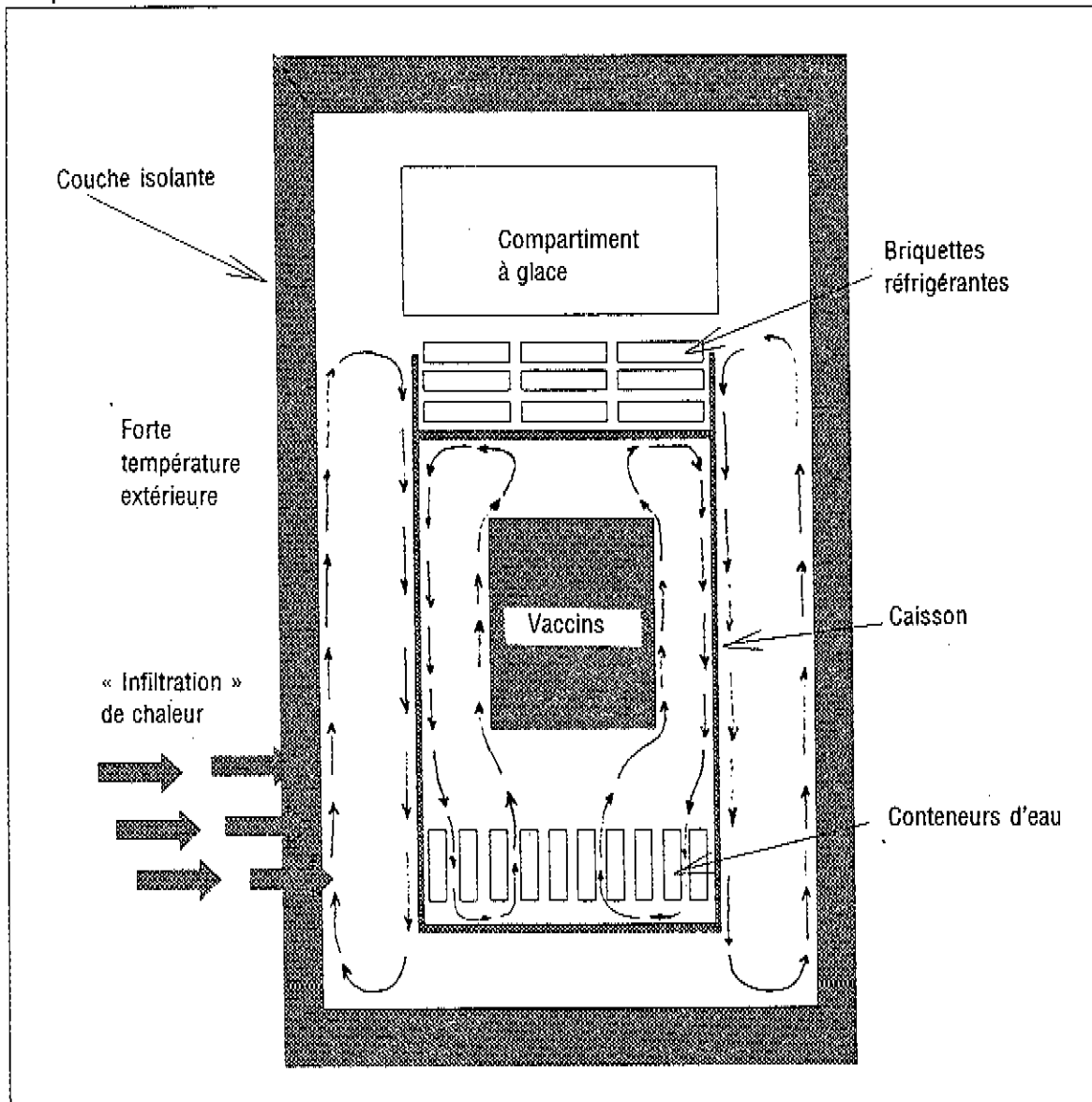


Figure 4 : Emplacement des capteurs (Modèle Icasa E3-2064)

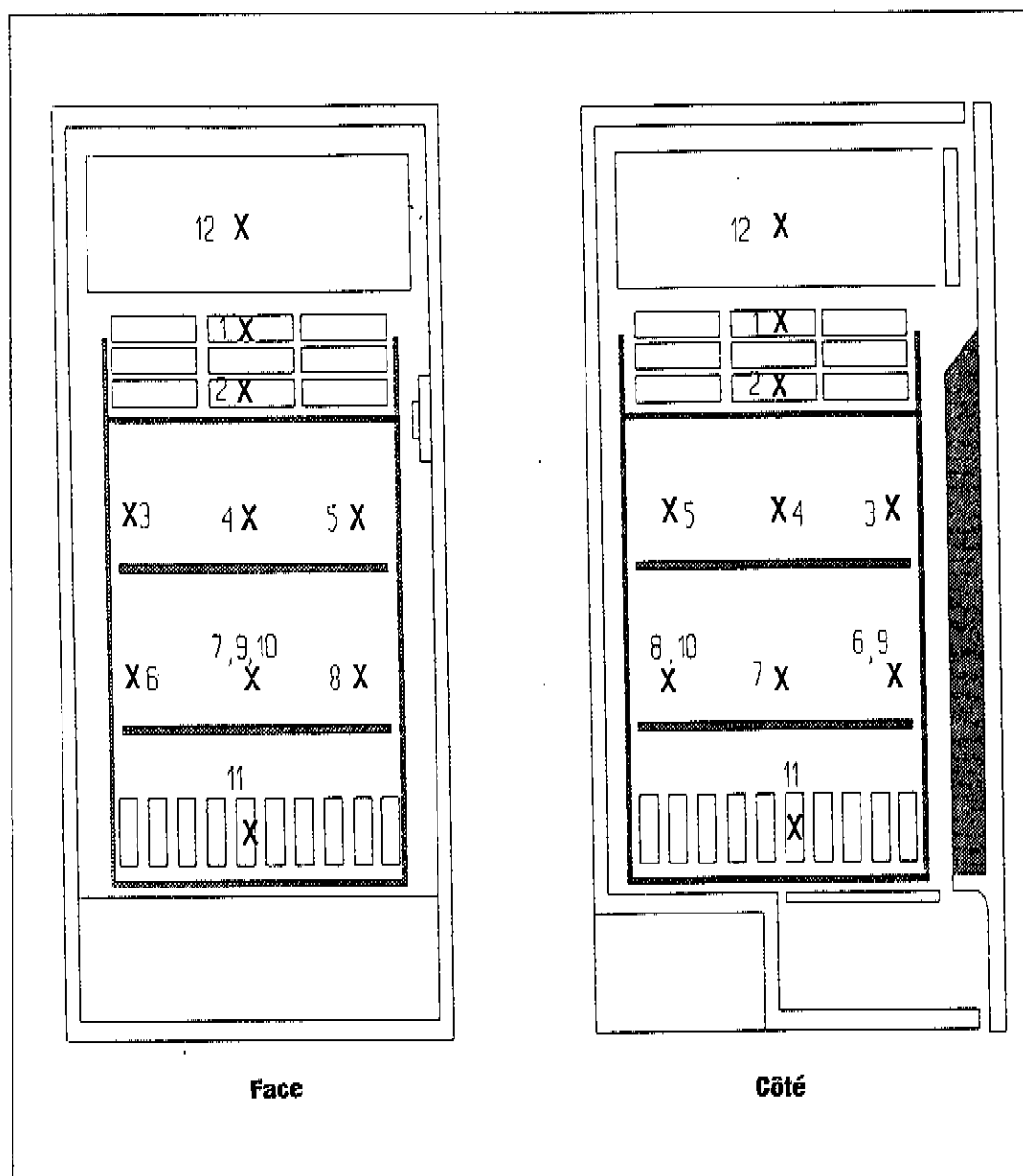


Figure 5 : Emplacement des capteurs (Modèle Icasa E3-2037)

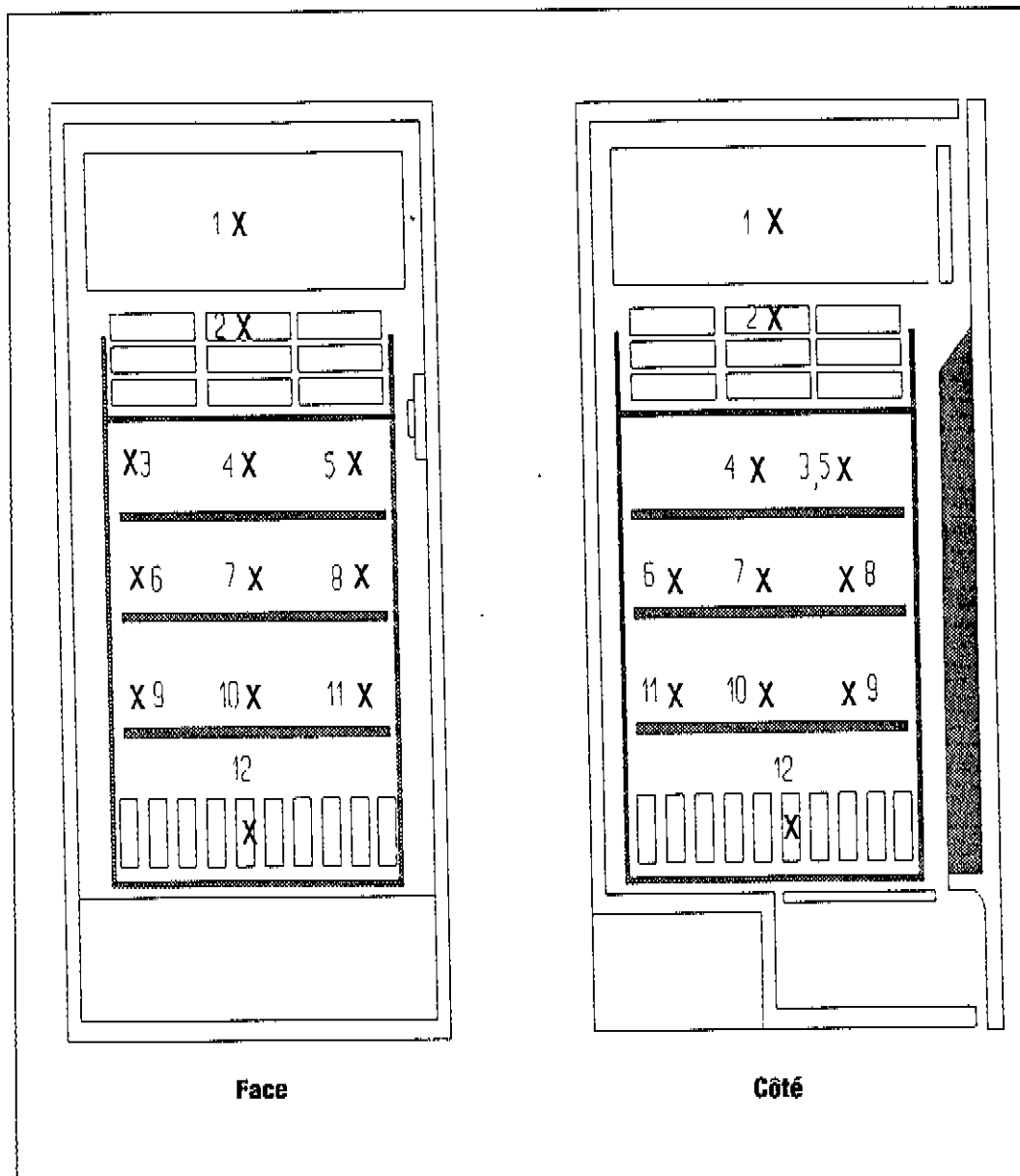


Figure 6: Dimensions et charge d'eau (Modèle Icasa E3-2064)

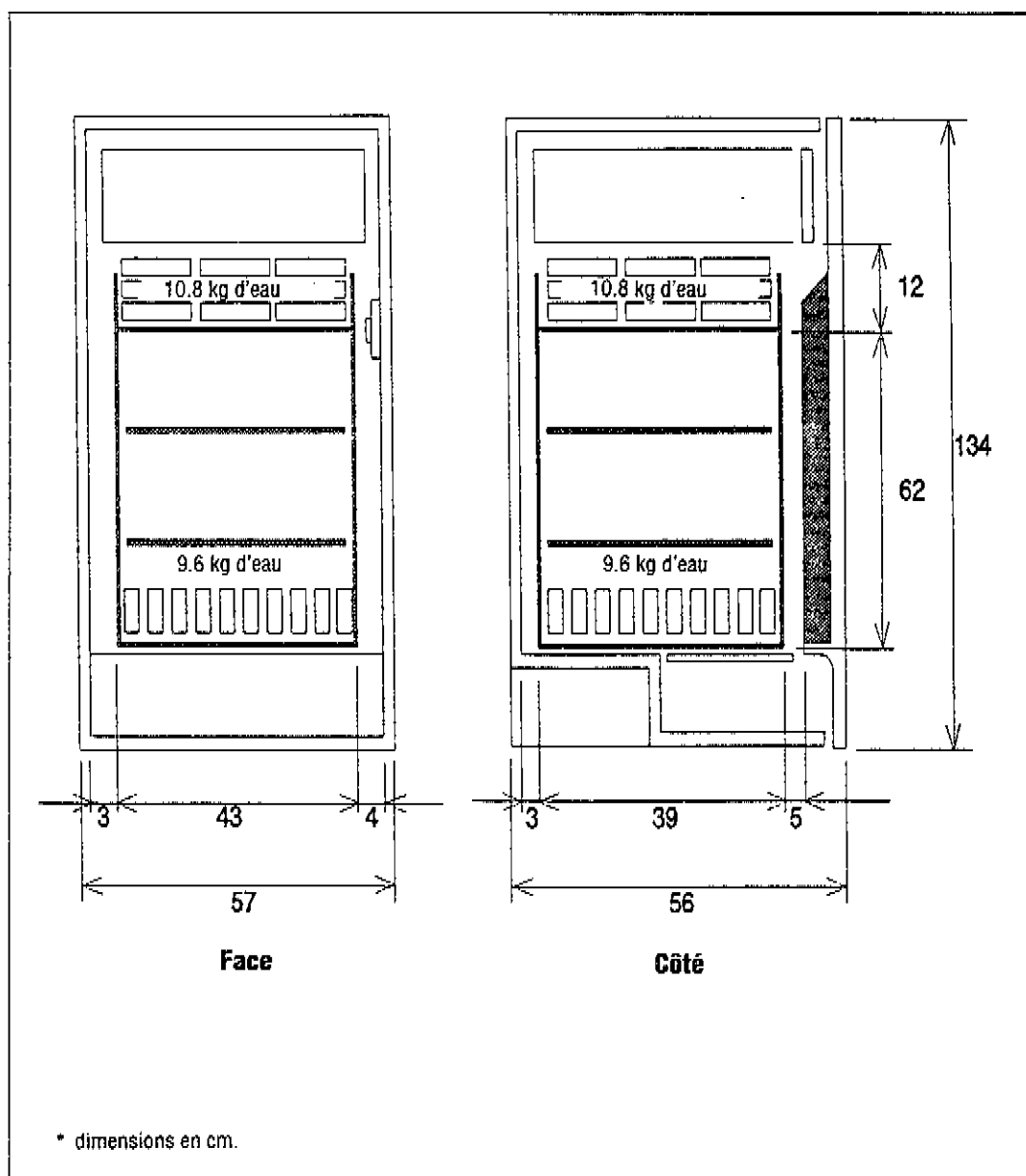
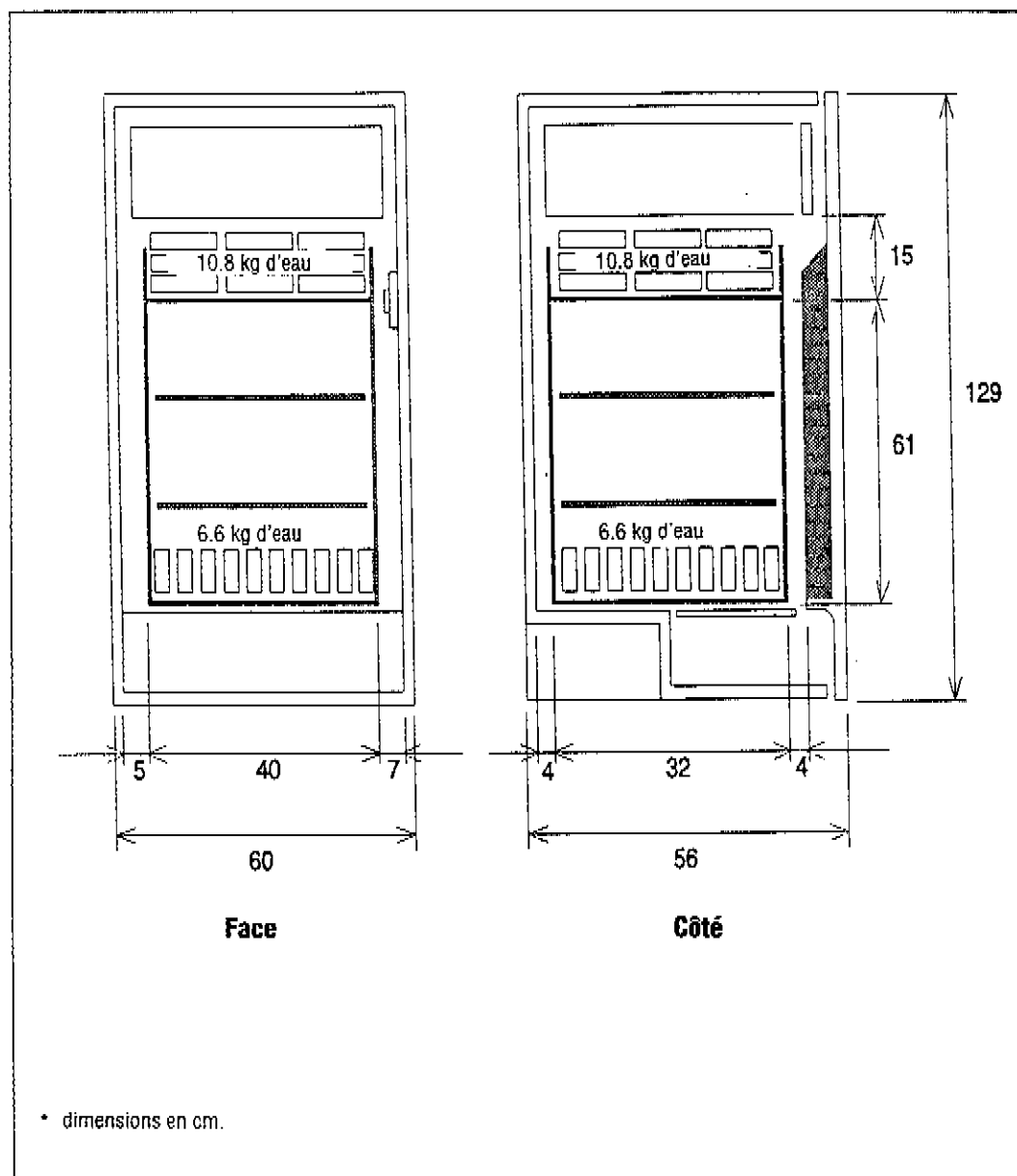


Figure 7 : Dimensions et charge d'eau (Modèle Icasa E3-2064)



Bibliographie

- (1) OMS & UNICEF, *Normes de performance du PEV*, 1991, Programme élargi de Vaccination. Document de l'OMS WHO/EPI/LHIS/91.01.
- (2) OMS & UNICEF, *Fiche signalétiques d'article*, 1993/1994, Programme élargi de Vaccination. Document de l'OMS WHO/UNICEF/EPI.TS/93.01.
- (3) Dierolf C.F.: *ICASA E3-2064*. Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, Refrigerators 4, Versión 03/85, Universidad del Valle, Sección de Ciencias Térmicas, Cali, Colombia.
- (4) Garcia, H.: *ICASA E3-2037*. Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, Refrigerators 11, Versión 12/88, Universidad del Valle, Sección 12/88. Ciencias Térmicas, Cali, Colombia, 1990.
- (5) Garcia, H.: *Refrigerator 12, Versión 03/90 (APO 37495)*, Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, Universidad del Valle, Sección de Ciencias Térmicas, Cali, Colombia 1990.
- (6) Garcia, H.: *Refrigerators 13*, Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, Universidad del Valle, Sección de Ciencias Térmicas, Cali. Colombia, 1990.
- (7) Garcia, H.: *Kit for domestic Refrigerator Test Update, V.10.91*, Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, Universidad del Valle, Sección de Ciencias Térmicas, Cali, Colombia, 1991.
- (8) Garcia, H.: *Kit for Domestic Refrigerator Improvements for Action, V.02.93*, Reporte de proyecto *CAMARA AMBIENTAL*, universidad del Valle, Sección de Ciencias Térmicas, Cali, Colombia, 1993.
- (9) OMS, *Selection Technet Informations*, Programme élargi de Vaccination. Document de l'OMS WHO/EPI/LHIS/93.05.
- (10) Garcia, H.: *Mejoramiento de Neveras Domésticas para Conservación de Vacuna*, Tesis de Grado, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 1991.