

G – LA REFRIGERATION PUIS LA CONGELATION

G1 : LES DIFFERENTES SOURCES DE FROID

Dès la Préhistoire, des quartiers de viandes étaient stockés dans la glace. Puis vinrent les glaciers naturels avant les glaciers construits entre le XVIIe et le XIXe siècle, dans des lieux aménagés situés naturellement au frais. Les glaciers artificiels suivront à la fin du XXe siècle et les réfrigérateurs qui sortiront en France après 1930 se généraliseront à partir de 1950/1960.

G11. Les glaciers naturels ou « trous à glace ».

Ce sont essentiellement *des grottes, des cavités où la glace se forme* aussi en été pendant les fortes chaleurs qui règnent à l'extérieur. De nombreuses glaciers de ce type ont été signalés en Europe. En France, ces glaciers ne sont pas rares. Citons quelques unes d'entre elles : glacier de la Grâce-Dieu (Doubs)- de Corrençon et de Font d'Urle dans le Vercors et dans les Pyrénées - en Auvergne, près de Clermont-Ferrand où elles sont appelées des « Cheires ».



Ancienne *glacière naturelle* de Corrençon- en-Vercors



Glacière de St George – Jura, vue de l'intérieur



Glacière de Lurs – Entrée, Alpes de Hte Provence

Ces trous à glace ont généralement une cavité dont la température moyenne est autour de 0°C toute l'année. Elles sont situées le plus souvent dans des régions froides et enneigées durant l'hiver. La température est sèche et fraîche durant l'été. La cavité subit un minimum d'influences extérieures.

G12. Les glaciers construits

Celles en bois ont disparu. Seules celles construites en brique, moellons ou pierres de taille peuvent encore être visibles dans un état variable suivant leur entretien ou leur restauration. La plupart ont un trou circulaire, profond de 5 à 6 mètres et large de 5 à 10 mètres, dont les parois sont maçonnées. Dans le bas des parois, des pierres disjointes ou des grilles récupèrent l'eau de fonte ou de ruissellement. Celle - ci est dirigée vers un puisard communiquant par un drain avec une fosse extérieure recevant la glace, ventilée et protégée de la chaleur. Les accès à ces constructions, situés au nord ou à l'est, sont de petite dimension.

Parfois, un long couloir mène à la fosse de stockage de la glace. **Dans le vallon de Fontbrège situé dans le massif de la Ste Baume (Var), sept glaciers construits sont encore remarquablement conservés.** Le travail autour des glaciers avait lieu été comme hiver (hôpitaux, brasseries). Il apportait un revenu d'appoint aux paysans embauchés comme main- d'œuvre.



L'une des sept glaciers bâties du vallon de Fontbrège, Massif de Ste Baume (Var).



Glacière bâtie de Pivaut à Mazaugues (Var). Capacité de 3 000 m³ de glace



En bas : Glacière bâtie de la commune d'Avilly-St Léonard - (Oise)

En Provence, au pied du massif de la Ste Baume, seule celle de Pivaut sur la commune de Mazaugues, impressionnante par sa taille, a été restaurée. « La chaîne de production entièrement naturelle débutait l'hiver dans des bassins de congélation où l'eau des sources retenues se transformait en glace, fournissant la matière première. Les blocs de glace prélevés étaient ensuite stockés dans des glaciers, des puits de pierre profonds coiffés d'un toit de tuiles de forme circulaire, aménagés dans les zones les plus fraîches de la montagne. A la saison chaude, la glace était débitée et transportée nuitamment vers Toulon et Marseille pour y être commercialisée ». [Selon http://www.transenprovence.org/](http://www.transenprovence.org/)

En milieu rural comme en ville, pendant des siècles, la glace prélevée en montagne et stockée dans des glacières fut utilisée pour le rafraîchissement de boissons, le transport des produits de la mer et la conservation de quelques denrées alimentaires à destination des pèlerins ou des voyageurs. **Cette glace n'était pas destinée à tous les publics. Aussi, dans les maisons paysannes, le garde-manger accroché au frais dans un cellier fut un pis-aller très apprécié.**

G13 – Les glacières artificielles

Dans la seconde moitié du XIXe siècle, l'industrialisation permit la mise en place de glacières industrielles et des glacières domestiques firent leur apparition dans quelques maisons privilégiées. Un gros bloc de glace était livré deux fois par semaine en été. On le plaçait dans la partie supérieure du meuble. L'air froid dégagé par la glace descendait dans l'armoire et refroidissait le bas. L'intérieur de ces meubles était en acier galvanisé. Il était muni d'un système d'écoulement pour diriger l'eau résultant de la fonte de la glace vers l'extérieur du meuble.



Glacière en tôle, 1908



Glacière en bois, 1920



Glacière en bois - 1930

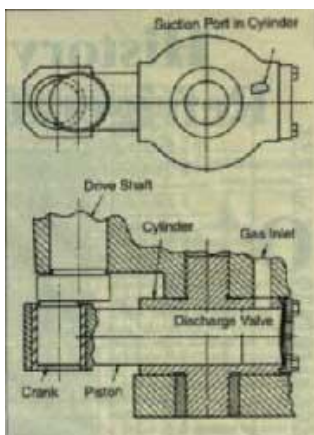
G14. Les réfrigérateurs et les congélateurs

En ce qui concerne le froid, le premier réfrigérateur domestique Domelre inventé à Chicago et fabriqué industriellement en 1913, ne fut pas un succès commercial, contrairement aux modèles américains suivants : Kelvinator fabriqué en série en 1918, puis Frigidaire en 1919.

En France et en Europe, le réfrigérateur arriva vers 1930 et le congélateur inventé par le canadien Birdseye en 1923, fut introduit à partir des années 1960. Il suffit de lire les pourcentages des taux d'équipement des ménages (voir Partie 4.13, p. 419) pour situer l'évolution des réfrigérateurs à partir de 1954 et celle des congélateurs à partir de 1975.

G 2 : EVOLUTION DES REFRIGERATEURS MENAGERS

Dès 1755, un écossais William Cullen obtint de la glace par vapeur d'eau sous une cloche à vide, puis en 1805, à Philadelphie Olivier Evans présenta un prototype d'une machine frigorifique à compression d'éther. Enfin en 1851 un médecin américain de Floride inventa l'obtention de froid artificiel en utilisant le principe de détente d'air déjà connu au XVIIIe siècle.



1895 - la machine réfrigérante d'Audiffren-Singrun brevetée en 1895 à Epinal (Vosges) : l'ancêtre français du réfrigérateur domestique à compression. Elle supprima la fuite du liquide réfrigérant dans les compresseurs et fut rachetée par la Société américaine General Electric qui en fabriqua jusqu'en 1928



1913 – Le Domelre

Premier réfrigérateur domestique en série, mis au point à Chicago, par Fred W. Wolf, qui le baptise sous le nom de Domelre pour Domestic Electric Refrigerator – à partir des travaux d'un ingénieur allemand, Carl Von Linde, qui découvre dès 1876, les principes du réfrigérateur à compression, tel qu'on le connaît encore aujourd'hui



1925 - Réfrigérateur IHC (International Harvester Company). Le dispositif de réfrigération est posé sur l'appareil. Ce modèle est très proche du « Monitor-Top » développé par General Electric. C'est également un modèle à compression avec moteur électrique



1918 - Réfrigérateur Kelvinator, production américaine à succès. Brevet de Nathaniel Wales (US) **Apparition du bac à légumes.** Les deux premiers fabricants de réfrigérateurs domestiques à la chaîne : Kelvinator et Frigidaire



1919 - Frigidaire : une marque créée par General Motors dont le succès a été tel que le nom est encore utilisé pour désigner un réfrigérateur - Brevet de Munters et B. Von Platen (Suède). **On distingue le freezer, mais la porte intérieure n'est pas équipée.**



1926 : réfrigérateur à absorption, Servel silencieux, fonctionnant au gaz, mis au point en 1922 par les étudiants suédois Carl G. Munters, d'origine suédoise et Baltzar Von Platen d'origine allemande. Le Brevet fut vendu à la firme suédoise Electrolux.

En 1922, des étudiants suédois Balthazar Von Platen et Carl G. Munters inventèrent **une variante de frigo : le fameux frigidaire à absorption de gaz qui fonctionne sans électricité, à partir d'une source de chaleur (pétrole ou gaz).** Au début tous les frigidaire étaient isolés avec de la laine de verre. Le réfrigérateur Sibir fut le premier à être isolé avec de la mousse de polyuréthane injectée in situ, ce qui doubla la valeur de l'isolation. Ce procédé est encore utilisé de nos jours.



GE, 1927



WestingHouse, 1937



WestingHouse, 1940

Le premier réfrigérateur qui fut largement répandu était le « **Monitor-Top** », développé par General Electric. Environ un million d'exemplaires ont été produits, surtout pour les besoins de l'industrie. Il faut tout de même attendre la fin de la Seconde Guerre Mondiale avant de voir une production de masse de frigo pour les particuliers ; cela grâce à l'introduction de fréon comme gaz de refroidissement.

La fabrication en grande série des réfrigérateurs ménagers débuta en 1931 avec Electrolux à Stockholm et Servel aux Etats-Unis. La société américaine General Electric sortit en **1939 le premier réfrigérateur à deux températures qui permettait de conserver les aliments congelés dans l'un des compartiments.** De même apparut assez rapidement le modèle de **réfrigérateur dit américain** : grande taille, compartiment congélation vertical et équipements supplémentaires : distributeur d'eau fraîche, de glace pilée.... Ce dernier est réputé gourmand en énergie.

Il faudra attendre la fin de la seconde guerre mondiale pour que les frigos entrent en masse dans les foyers européens. Dans les années 1950/1960, la technique se perfectionne. Le dégivrage automatique est mis au point. Les années 70 et 80 ont également été consacrées à l'amélioration de l'efficacité des frigos : évolution des rangements, stabilité, moins de vibrations ... Leur longévité est reconnue et le petit format de la table top dure toujours.



1923 : invention du procédé de congélation des aliments par le canadien Clarence Birdseye.

1939 : sortie du réfrigérateur à deux compartiments.

La photo date de 1947. Modèle mis au point par Erie Plant, de General Electric. Le congélateur est en haut.



1947 – Réfrigérateur Brandt
Forme bombée et arrondie sur le dessus et sur la porte



1950. Le freezer est protégé par une petite porte. Des rangements équipent la porte du réfrigérateur.



1950 - Frigidaire de General Motors



1950 – Réfrigérateur Frigeco



1959 – Réfrigérateur Bonnet
Parfait état de fonctionnement.

Le réfrigérateur américain présente des spécificités : **froid ventilé** qui répartit l'air froid de façon homogène et l'assèche pour éviter le givre, les odeurs et moisissures, **contrôle précis de la température** grâce au tableau électronique permettant d'adapter automatiquement la température de chaque compartiment sans ouvrir la porte,

2 bacs à légumes, de grands balconnets dans la contre-porte, distributeur d'eau fraîche, de glace pilée et de glaçons, alarme sonore si remontée température.

De grande capacité, il demande de l'espace, **reste bruyant et consomme en rapport avec ses performances.**



Réfrigérateur américain

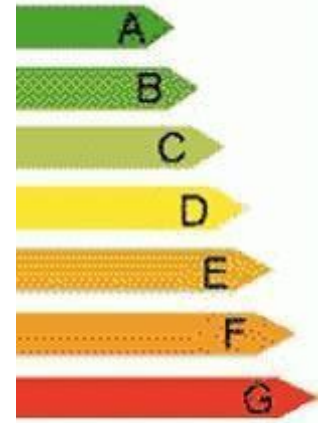


Dernières innovations :
Réfrigérateur avec TV LCD

Depuis les années 2000, les fabricants mettent l'accent sur :

- * le réglage des températures selon les zones
- * les faibles consommations énergétiques affichées dans une échelle de 6 lettres entre A (économique) et F (cher en énergie) ¹
- * les joints amovibles
- * les colonnes de lumière
- * les tiroirs nombreux et transparents
- * les ventilateurs de brassage d'air et d'humidité
- * les capteurs réactifs permettant de stabiliser le froid et l'humidité
- * l'affichage digital des températures à l'extérieur de la porte
- * l'esthétique ou « le design »
- * le « must » : l'affichage sur la porte de la télévision LCD
- * la vente de caves à vins
- * la vente de réfrigérateurs de type américain

¹ d'après une enquête de Que Choisir, le surcoût d'un appareil économe en énergie n'est pas amorti avec les économies d'électricité



Étiquette énergétique depuis 1992

Enfin, on tend à valoriser dans les pays en voie de développement le réfrigérateur écologique. C'est un réfrigérateur à absorption qui utilise le soleil comme générateur.

G 3 : EVOLUTION DES CONGELATEURS

En 1915, le canadien Clarence Birdseye se rend compte que le poisson recouvert d'une solution salée et plongé dans le froid se conserve très bien. Il perfectionne sa découverte et met au point le procédé de la congélation des aliments en 1923. Dans les années 1960, le congélateur complète la gamme du froid domestique. Les agriculteurs achetèrent le *congélateur-bahut*, vaste coffre métallique aux dimensions adéquates pour engranger de grosses quantités de viande. Ils choisirent des appareils de grande taille (de 350 à 500 litres). Puis l'habitude fut prise d'élever tous les ans un veau et un porc pour le congélateur. Dans nombre de communes, les agriculteurs mirent sur pied un système collectif de congélation par l'intermédiaire d'une SICA (Société d'Intérêt Collectif Agricole).

Depuis les années 60, la recherche technologique a permis de mettre sur le marché le *congélateur-armoire*. Conçu comme une armoire-secrétaire à tiroirs superposés, le nouveau meuble suppose une conception différente de la réserve alimentaire. Elle s'éloigne de l'idée d'engrangement de pièces conséquentes et repose sur la notion de diversité, d'ordre, de classement. Le *congélateur-armoire* consomme davantage d'électricité que le coffre à cause du rapport entre la surface de la porte et celles des casiers de rangement. Mais il offre une plus grande souplesse dans l'utilisation de l'espace grâce à un cloisonnement plus sophistiqué et une possible modulation des températures selon les besoins. Certains agriculteurs ont d'ailleurs les deux systèmes.

En général, dans les congélateurs coffres, on place les produits de la ferme non transformés : morceaux de veau, de porc, volailles, lapins, gibiers. Dans les congélateurs –armoires, on met de préférence, les plats cuisinés maison et les produits du commerce achetés au super- marché ou livrés à domicile par des livreurs de marques de surgelés.

Il est bon de différencier les aliments congelés de ceux qui sont surgelés. Ces derniers sont abaissés très rapidement en température de -30° -à -40°. La différence réside donc dans la température et la vitesse à laquelle on l'atteint. La surgélation permet de mieux préserver la texture de l'aliment. En France, l'apparition de plats cuisinés surgelés ne date que de 1970. La congélation est un procédé domestique moins rapide et moins froid (-25°). Les deux types d'aliments sont à conserver à - 18°.



Congélateur coffre 365 litres



Réfrigérateur Congélateur combiné
Tiroirs et abattants transparents
Espace pizza dans la contre port



Congélateur armoire encastrable

G 4 : EVOLUTION DU TAUX D'EQUIPEMENT EN REFRIGERATEUR ET EN CONGELATEUR DES MENAGES FRANCAIS

Evolution du taux d'équipement des ménages toutes catégories confondues entre 1954 et 1997 – Source : Insee								
En pourcentage	1954	1962	1970	1975	1982	1988	1995	1997
Réfrigérateur	6,7	40,3	79,9	89,7	96,1	98	98	99
Congélateur				16,9	30,7	39	50	47
Taux d'équipement des agriculteurs exploitants en 2004 Source Insee, Conditions de vie 2004				Agriculteurs en 2004 ►			Réfrigérateur : 100% Congélateur : 90,5%	

Comme vous le constatez, la conservation des aliments par le froid est récente. Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que les « paysans » devenus cultivateurs puis agriculteurs en 1960 et leurs conjointes comprirent très vite l'intérêt du froid pour favoriser leur autoconsommation. A titre individuel ou collectif, ils firent augmenter à eux seuls la progression d'achat de ces deux équipements, sous l'accompagnement bienveillant de l'EDF dont les conseillères ménagères vulgarisèrent sur le terrain les techniques de congélation lors de sessions intitulées « La Congélation à la ferme ». Avec le recul, nous savons que la congélation à la ferme a entraîné une surconsommation de viande dans le monde agricole et qu'il a fallu entreprendre d'autres campagnes de sensibilisation à l'équilibre des repas...

En ce qui concerne **Maria Gérard**, je puis vous dire qu'elle a eu son premier réfrigérateur seulement en 1963, au moment de son installation à Tinténiac, quand son mari a pris sa retraite. Elle a pu se servir du freezer comme congélateur, mais comme elle n'en éprouvait pas le besoin, elle n'a jamais possédé ni congélateur seul, ni réfrigérateur équipé d'une partie congélateur.

Etant donné que le réfrigérateur et que le congélateur vous sont familiers, je ne détaillerai pas ici leur usage domestique. Rappelez-vous cependant qu'il est nécessaire de connaître les règles à respecter pour en faire bon usage. Des notices ou manuels accompagnant la mise en place de ces appareils ou des livres de cuisine spécifiques sont à votre disposition. Des cas récents d'intoxications alimentaires après ingestion d'aliments mal conservés dans des réfrigérateurs insuffisamment entretenus et surveillés ont eut lieu en France. **L'hygiène de base et le respect de la chaîne du froid sont des conditions impératives.**

Nous allons fidèles à la méthode annoncée dans cet ouvrage, parcourir l'évolution du réfrigérateur et résumer le principe de son fonctionnement.

G 5 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES REFRIGERATEURS ET DES CONGELATEURS

- **Un réfrigérateur** est un appareil domestique ou professionnel dont le compartiment principal maintient une température de 4 à 8 °C, en vue de la conservation des aliments et du rafraîchissement des boissons. Les appareils domestiques comportent souvent un autre compartiment de congélation à -18 °C, à trois ou quatre étoiles.
- **Un congélateur** est un appareil exclusivement réservé à la congélation domestique d'aliments frais ou cuisinés à - 25°C, ainsi qu'à la conservation d'aliments surgelés ou congelés à - 18°C.

Dans tous ces appareils, un liquide circule dans un circuit de tuyaux qui passent à l'intérieur puis à l'extérieur de l'enceinte froide. Ce liquide subit continuellement des transformations : on le force à devenir gazeux (à s'évaporer) puis à devenir liquide (à se liquéfier) puis à s'évaporer à nouveau etc. Il en résulte des temps alternés de froid et de chaud. **Le principe du réfrigérateur est de capter de la chaleur à l'intérieur de ses compartiments pour la restituer à l'extérieur, dans la cuisine par exemple. Ce dispositif est celui de la pompe à chaleur qui produit dans une pièce soit du chaud (chauffage) ou du froid (climatiseur), selon l'emplacement des circuits chaud et froid désirés.**

En fait, il existe plusieurs procédés permettant d'obtenir du froid. Nous n'en retiendrons que les deux majoritaires commercialisés pour l'usage domestique (compression et absorption), plus un qui débute (solaire) :

- Les réfrigérateurs à compression.** Ils représentent la plupart des appareils domestiques et possèdent un excellent rendement. Ils ont un moteur qui fonctionne à l'électricité, ce qui explique les vibrations sources de bruit et peuvent être de grande taille. Un premier brevet pour une machine réfrigérante à compresseur à l'ammoniac fut émis en 1872 par David Boyle, un américain d'origine écossaise. En 1875, Charles Tellier triompha avec un réfrigérateur mécanique à compression. Ce n'est qu'en 1876 et 1877 que l'Allemand Karl Von Linde mit au point deux machines du même genre qui seront commercialisées.
- Les réfrigérateurs à absorption.** De petite taille en général, ils sont conçus pour le marché des caravanes, des camping-cars et des chambres d'hôtel. Ils fonctionnent sans moteur avec du gaz butane ou au pétrole ou du courant électrique et sont totalement silencieux. Bon marché, ils possèdent un rendement inférieur. Le procédé fut mis au point en 1856 par le français Charles Tellier. Une machine à fabriquer des glaçons selon le même principe (absorption à

l'ammoniac) fut brevetée en 1859 par un autre français, Ferdinand Carré, lequel présenta un second modèle fonctionnant à l'aide d'un brûleur au gaz propane ou d'un élément électrique, en 1862, à l'Exposition Internationale de Londres. Ce procédé également à absorption sera adopté par le monde entier pour produire de la glace artificielle.

C. **Les réfrigérateurs solaires** viennent d'apparaître sur le marché et l'argument commercial est de consommer moins d'énergie, puisqu'ils fonctionnent à l'énergie solaire. Actuellement, ces réfrigérateurs solaires n'existent qu'en petit nombre.

G 51 – FONCTIONNEMENT D'UN REFRIGERATEUR A COMPRESSION

Il utilise un *principe de thermodynamique qui porte le nom de cycle de Carnot, caractérisé par des échanges réversibles de chaleur en circuit continu, résultant de phases d'évaporation - liquéfaction d'un liquide de refroidissement dit frigorigène.*

Compte tenu des températures confrontées : - 5°C à l'intérieur du frigo et + 20°C dans la cuisine, *il faut utiliser un produit qui soit gazeux vers 20° et qui se transforme en liquide, ou se condense, vers - 6° C.*

Ce type de gaz appartient à la famille des CFC (chlorofluorocarbones), qui sont des dérivés chlorés du méthane ou de l'éthane. Autrefois on utilisait le fréon comme liquide réfrigérant. **Depuis 1997**, ils sont interdits et remplacés d'abord par le R134a ou tétrafluoroéthane, appartenant à la famille des HFC (hydrofluorocarbures) puis de plus en plus par le **R600a** ou **isobutane**. Ces derniers gaz ne portent pas atteinte à la couche d'ozone.

► **Voici les différentes phases du cycle, d'après le schéma de droite :**

De A vers B : le détendeur situé à l'extérieur diminue la pression du frigorigène en le rendant liquide.

De B vers C : l'évaporateur, situé à l'intérieur, fait passer le frigorigène de l'état liquide à l'état gazeux en absorbant de la chaleur, ce qui provoque du froid.

De C vers D: le compresseur, placé à l'extérieur, aspire le frigorigène gazeux et augmente sa pression, ce qui rend la zone chaude.

De D vers A : le condenseur, placé à l'extérieur, au-dessus du compresseur, fait passer le frigorigène de l'état gazeux à l'état liquide en évacuant de la chaleur.

Il existe de nombreux frigorigènes utilisés dans les systèmes de production du froid. Pour plus de détails, consulter le site www.inrs.fr/inrs.

► Autrement dit, **un réfrigérateur à compression est équipé de quatre principaux éléments**, le plus souvent présentés dans l'ordre suivant :

1. **Le compresseur** (ou moteur) qui sert à comprimer ou *augmenter la pression du gaz réfrigérant*, ce qui le réchauffe. Si on touche le tuyau à la sortie du compresseur, on ressent une chaleur qui peut être vraiment forte.
2. **Le condenseur**, sorte de radiateur visible à l'arrière des frigos, constitué d'un réseau de petits tuyaux, qui *reçoit le gaz comprimé et chaud* et cède peu à peu la chaleur à l'air extérieur. *En refroidissant, le gaz se condense et redevient liquide, mais toujours sous forte pression.*
3. **Le détendeur**, (ou capillaire dans un frigo domestique), qui régule ou *abaisse la pression du liquide*, comme à son point de départ. A la fin, le fluide est liquide et froid.
4. **L'évaporateur** qui reçoit le liquide froid *va capter de la chaleur au milieu ambiant* de l'intérieur du réfrigérateur ce qui entraîne la baisse de température dans l'enceinte ou se trouve l'évaporateur. *Comme le liquide se réchauffe, il se vaporise et le cycle recommence...*

Vous avez déjà expérimenté ce procédé, peut-être sans le savoir. En effet, si vous avez trop chaud, vous mettez de l'eau fraîche sur votre peau. L'eau passe de l'état liquide à l'état de vapeur (ou gaz). Vous ressentez du froid, car pour se transformer en vapeur, l'eau a pris de l'énergie à votre corps en captant la chaleur au milieu ambiant que représente votre peau. C'est le même phénomène qu'utilise votre corps en produisant de la sueur.

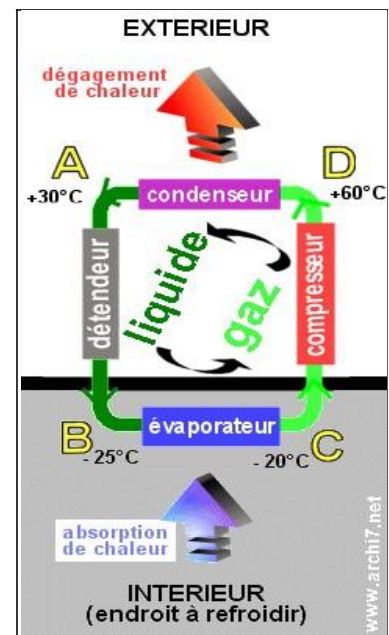


Schéma d'un circuit frigorifique à compression <http://www.archi7.net/>

► Si on regarde l'arrière d'un frigo, on peut observer les éléments suivants :

1. L'évaporateur

Il reçoit le fluide froid, absorbe de la chaleur au milieu ambiant, ce qui refroidit la t° intérieure du frigo. Pendant ce temps, le liquide se réchauffe et s'évapore totalement.

2. Le compresseur

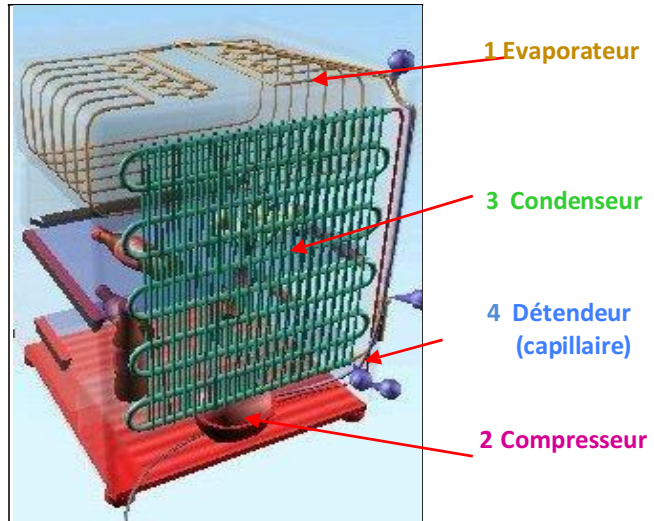
Il reçoit le fluide à l'état gazeux, sous basse pression et sous basse t° , puis augmente la pression du gaz, ce qui élève sa température.

3. Le condenseur

Il reçoit le gaz comprimé et chaud dans ses tuyaux, le laisse peu à peu se refroidir de quelques degrés et devenir liquide, ce qui dégage de la chaleur à l'extérieur.

4 Le détendeur

Il laisse le fluide se vaporiser partiellement, ce qui abaisse sa pression et le refroidit.



Face arrière d'un réfrigérateur à compression

Seul l'évaporateur est situé dans la partie froide. Les trois autres éléments se situent dans la partie chaude.

L'évaporateur et le condenseur se présentent sous la forme de tuyaux disposés en serpentins.

RAPPEL :

- POUR S'ÉVAPORER, TOUT LIQUIDE DEMANDE DE LA CHALEUR, DONC IL REFOIDIT LE MILIEU AMBIANT
- POUR SE LIQUEFIER, TOUT GAZ DÉGAGE DE LA CHALEUR, DONC IL RECHAUFFE LE MILIEU AMBIANT.

G 52 – FONCTIONNEMENT D'UN RÉFRIGÉRATEUR À ABSORPTION

Le réfrigérateur à absorption - sous-entendu de gaz - a été inventé par le français Ferdinand Carré en 1859. Son système utilisait l'ammoniac comme réfrigérant et l'eau comme absorbant. Dans ce système, on peut également utiliser un autre binaire : l'eau comme réfrigérant et le bromure de lithium comme absorbant. Un système plus complexe basé sur trois fluides fut inventé plus tard en 1922 par des étudiants suédois Baltzar von Platen et Carl Munters. La Compagnie fondée à Stockholm débuta en 1923 et fut rachetée par Electrolux en 1925. On compare le procédé à une distillation.

Pour faire tourner le cycle, ce type de réfrigérateur utilise une source de chaleur : générateur alimenté au gaz butane et non un compresseur fonctionnant à l'électricité comme dans le système à compression. Cette source de chaleur peut être de la vapeur à faible pression ou de l'eau chaude. On peut dire que l'absorption est une réaction chimique basée sur la chauffe d'un agrégat d'ammoniaque à l'intérieur d'un circuit étanche. Les réfrigérateurs de ce type doivent être placés dans une position parfaitement horizontale (pas pour les bateaux).

Désormais, on distingue deux catégories principales :

- les groupes à ammoniac et les groupes à bromure de lithium.

Dans chacune de ces catégories, on retrouve les six éléments suivants :

- * Le bouilleur (ou générateur).
- * Le séparateur séparant les vapeurs d'ammoniaque de l'eau.
- * Le condenseur.
- * La soupape de détente.
- * L'évaporateur.
- * L'absorbeur dans lequel les vapeurs d'ammoniaque sont dissoutes dans l'eau.

En résumé, le cycle commence par la distillation du mélange binaire dans le "générateur", pour produire du frigorigène pur et une solution apte à l'absorber. Le frigorigène liquide est détendu à basse pression. Il se vaporise alors et produit la réfrigération. Les vapeurs de fluide frigorigène progressent vers l'absorbeur pour être absorbées par la solution issue du générateur. Cette nouvelle solution riche en frigorigène est compressée et réinjectée dans le générateur pour être distillée à nouveau.

Schéma 1 : cas où le fluide réfrigérant est l'ammoniac et où l'absorbeur est l'eau.

1. Le générateur ou bouilleur. C'est un réservoir chauffé par une flamme qui contient une solution aqueuse très concentrée en ammoniac. Pendant la chauffe, l'ammoniac dont la pression et la t° augmentent s'évapore puis se dirige vers le séparateur.

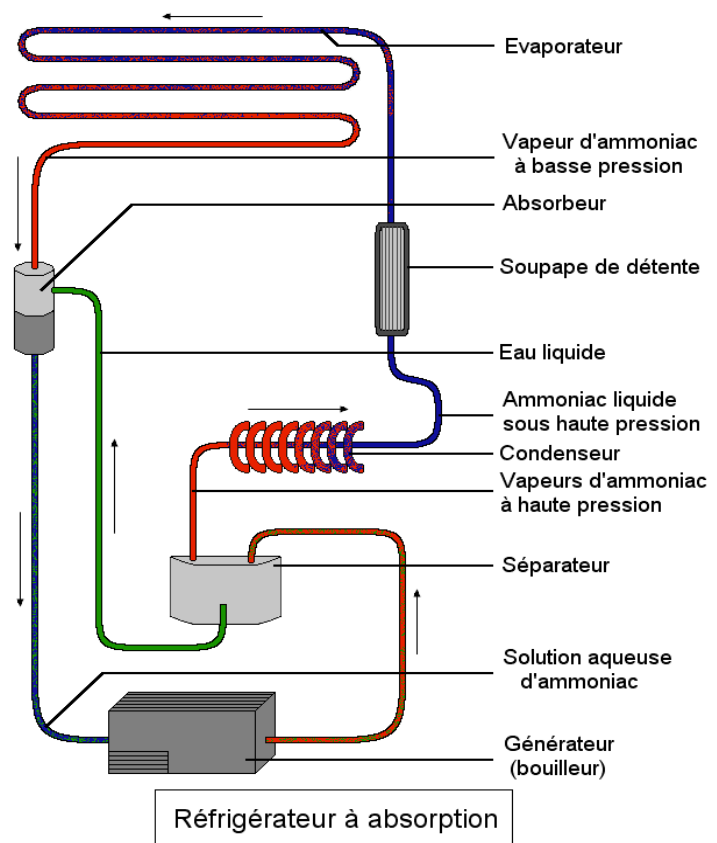
2. Le séparateur qui reçoit les vapeurs d'ammoniac et d'eau, sépare les vapeurs d'ammoniac.

3. Le condenseur qui reçoit les vapeurs d'ammoniac, les condense sous la pression, ce qui les refroidit et les rend liquides.

4. La soupape de détente abaisse la pression du liquide qui devient complètement froid.

5. L'évaporateur qui reçoit l'ammoniac liquide sous basse pression absorbe la chaleur au milieu ambiant, ce qui produit du froid dans le frigo en laissant le liquide se transformer en ammoniac gazeux.

6. L'absorbeur qui contient l'eau partiellement refroidie issue du séparateur absorbe à nouveau les vapeurs d'ammoniac pour former la solution concentrée du départ du cycle.



<http://aldoniel.free.fr>

Schéma 2 : autre schéma simplifié dans le cas où le fluide réfrigérant est l'ammoniac et où l'absorbeur est l'eau.

Le schéma est plus proche de la façade arrière d'un frigo. Le séparateur et la soupape de détente, pourtant indispensables, n'apparaissent pas.

1. Le générateur

Il reçoit le mélange binaire d'ammoniac et eau. Une fois chauffé, les vapeurs d'ammoniac sont extraites, puis condensées dans le condenseur.

2. Le condenseur

Il reçoit les vapeurs d'ammoniac, les condense pour les transformer en liquide refroidi.

3. L'évaporateur

Il reçoit le liquide froid, prend la chaleur au milieu ambiant, ce qui refroidit le milieu isolé. Comme le liquide se réchauffe, il se transforme en vapeur.

4. L'absorbeur

Il reçoit les vapeurs du fluide frigorigène qu'il absorbe et enrichit à nouveau la solution.

NB : La circulation du mélange s'effectue à l'aide des forces de gravité dues à la différence de masse moléculaire des solutions concernées.

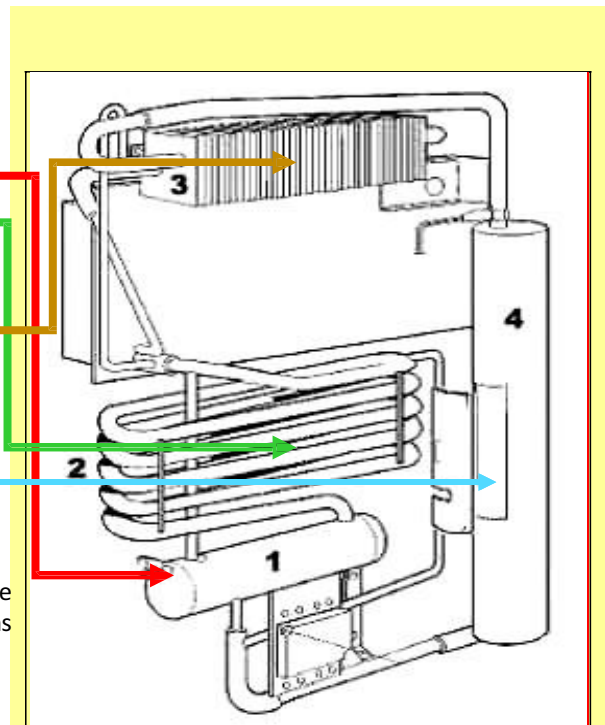


Schéma d'un circuit frigorifique à absorption ►

<http://www.casteilla.fr/>

G 53 – FONCTIONNEMENT D'UN REFRIGERATEUR SOLAIRE

Le réfrigérateur solaire offre une alternative « énergiquement propre » dans les zones dépourvues de réseau électrique. On parle alors d'un réfrigérateur à adsorption.* Selon le Laboratoire d'Energétique solaire et de Physique du Bâtiment d'Yverdon-les-bains dans le canton de Vaud en Suisse : l'adsorption est la réaction produite dans l'adsorbent solaire entre l'adsorbant (silicagel par exemple) et le fluide frigorigène (l'eau) appelé adsorbat.

Techniquement, sous le capteur thermique est située une matière adsorbante, ici de la zéolithe, qui trempe dans l'eau distillée.

Dans la journée, grâce à la chaleur, la matière adsorbante trempée dans l'eau, sèche et favorise l'évaporation. Au bout d'un certain temps, la température et la pression augmentent. La vapeur d'eau est dirigée vers le condenseur qui évacue les calories dans l'air ambiant. L'eau qui en résulte se dirige par gravité naturelle, vers un réservoir placé dans un circuit sous vide.

La nuit, lorsque la température du capteur baisse, ainsi que la pression dans le circuit, l'eau stockée passe de l'état liquide à l'état gazeux et la vapeur est absorbée par la zéolithe qui repompe les molécules d'eau stockées le jour. L'évaporation va produire l'effet frigorifique recherché, jusqu'au point de congélation et donc produire de la glace.

Le stock de glace maintient l'enceinte à basse température, sous réserve qu'il y ait du soleil dans la journée. Sans soleil, les frigos solaires de Solaref (en Savoie) peuvent rester à basse température pendant 2 ou 3 jours. Difficile alors, en tout cas pour le moment, d'envisager d'équiper nos cuisines.

* En France, on conserve le terme d'adsorption.

Sources : <http://www.habiter-autrement.org> et <http://www.ddmagazine.com>

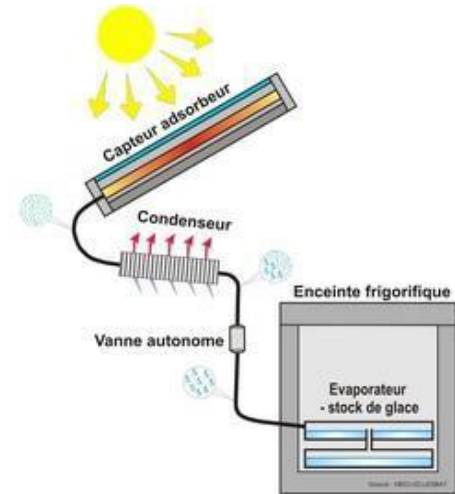
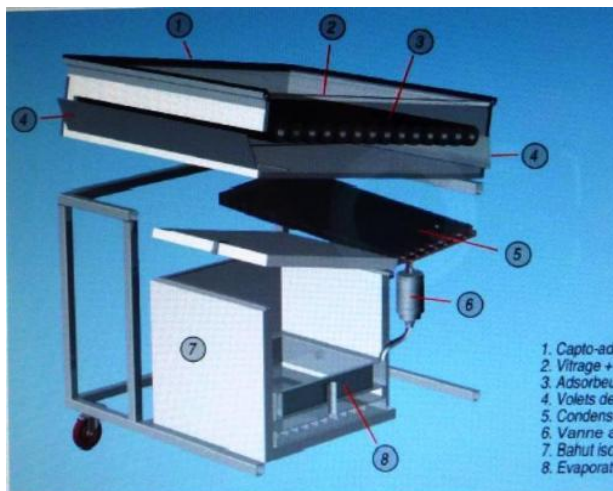


Schéma de fonctionnement d'un réfrigérateur solaire à adsorption transportable



Vue en coupe du réfrigérateur solaire
<http://www.habiter-autrement.org>



Premier réfrigérateur solaire à adsorption entièrement fabriqué au Burkina Faso
<http://www.habiter-autrement.org>

Remarque : DIFFERENCE ENTRE REFRIGERATEUR ET CONGELATEUR

Au plan technique, le congélateur ressemble beaucoup au réfrigérateur. Il s'en distingue essentiellement par sa puissance supérieure et son isolation renforcée.

G 6 : LES DIFFERENTS MODELES DE REFRIGERATEURS ET DE CONGELATEURS MENAGERS EN 2010

G 61 : LES TYPES DE REFRIGERATEURS DOMESTIQUES

G 611 : REFRIGERATEURS A COMPRESSION

Ils sont de loin les plus nombreux à être vendus pour les cuisines ou les offices parce qu'ils sont performants et leurs modèles variés s'adaptent aux besoins et à la place des demandeurs. Dans les modèles proposés, on peut distinguer :

- Les **mini-réfrigérateurs**, destinés aux bureaux ou aux chambres d'hôtel, pour faire office de mini-bars.
- les **réfrigérateurs top**, d'une hauteur de 85 cm, destinés aux petites cuisines qui peuvent éventuellement être *encastrés* sous un plan de travail après suppression du top.
- les **réfrigérateurs à 1 porte** dotés ou non d'un freezer (compartiment qui permet de faire des glaçons et de conserver des surgelés sur une courte période). Leur capacité varie de 120 litres à 400 litres.
- les **réfrigérateurs à 2 portes (appelés double froid ou combinés)** disposant d'un véritable **Congélateur** 4 étoiles de petite dimension dans la partie supérieure de l'appareil. Leur capacité varie de 180 à 440 litres.
- les **réfrigérateurs combinés**, à un ou deux moteurs, comprenant un **Congélateur** 4 étoiles situé sous le réfrigérateur et possédant des tiroirs ou abattants. Leur capacité totale peut aller de 250 à 450 litres. Ils sont souvent proposés en version 2/3 frigo et 1/3 congélateur ou ½ frigo et ½ congélateur. Si le combiné est équipé de deux moteurs, le réfrigérateur et le congélateur fonctionnent indépendamment.

Les réfrigérateurs **intégrables dans un meuble de cuisine en colonne ou sous plan** sont fabriqués spécialement pour cet usage. Ils possèdent un système de fixation particulier qui peut recevoir une porte dont l'épaisseur peut atteindre jusqu'à 22 mm.

- les **réfrigérateurs américains** pour certains types de familles (nombreuses ou exigeantes), disposant également d'une grande cuisine ; ce sont des modèles de très grande taille, à deux portes, à **froid ventilé** qui évitent la formation de givre et assurent un refroidissement plus rapide. Les compartiments réfrigérateur et congélateurs peuvent être positionnés côte à côte, en « syde by side ». Leur capacité totale varie de 540 à 750 litres. Certains sont encastrables, d'autres sont proposés avec un kit d'habillage en option.

Source : texte <http://www.gralon.net/> étoffé de renseignements complémentaires.



En haut : Minibar : 47 l
En bas : Réfrigérateur
Top de 130 l, h 85 cm

Réfrigérateur simple
1 porte 225 l avec
freezer

Réfrigérateur 2
portes 330 l, haut
congélateur 62 l

Combiné 337 l
Réfrigérateur 245 l
Bas Congélateur 92 l

Réfrigérateur/Congélateur américain,
côte à côte. Total 516 l dont 357 l pour le
frigo et 159 l pour le congélateur

G 612 – REFRIGERATEURS A ABSORPTION

A l'origine, ils étaient de petite dimension pour des caravanes. On en trouve désormais qui atteignent 190 litres. Au début, ils ne concernaient que les lieux où manquait l'électricité : camping-cars, caravanes, régions non électrifiées.

La technologie aidant, les grands camions de transport et les véhicules de camping-caravaning sont désormais équipés de courant. Aussi est-il *recommandé de choisir des modèles tri-énergie ou tri-mixtes (gaz, 220 V et 12V) afin de pouvoir l'utiliser dans toutes les situations. Le 12 volt correspond à des batteries. Ils sont absolument silencieux et la plupart ont le dégivrage automatique.*



Modèle à absorption de 80
litres avec compartiment de
conservation



Modèle à absorption de 190 litres
dont 31 litres de conservation

C : REFRIGERATEURS SOLAIRES

Les deux premiers modèles commercialisés en 2009, ont été mis au point par une entreprise savoyarde : Solaref . Ils ont une capacité de 80 l et 200 l et sont surtout réservés aux pays en voie de développement. En août 2011, leur prix élevé était de 5 500^E à 8 400^E , mais il devrait baisser.

En janvier 2012, un modèle de fabrication allemande, le STECA PF 166, est vendu à 1.099^E port inclus ! C'est un modèle coffre ou bahut pouvant être utilisé soit comme réfrigérateur soit comme congélateur, qui possède un compresseur et est présenté comme le modèle réfrigérant solaire le plus performant jamais conçu.

On peut penser que l'innovation solaire n'est qu'à ses débuts. Vous, mes petits-enfants, verrez sans doute des équipements encore inconnus à ce jour.

Il a fallu une dizaine d'années de recherche pour les commercialiser. On peut les acheter sur Internet ou dans des boutiques de camping. Néanmoins ces appareils ne sont pas totalement solaires, car seule l'installation sur laquelle on branche le frigo l'est vraiment. Au final, on consomme moins de batteries. D'après : <http://www.over-blog.com>



Réfrigérateur solaire
114 l
avec freezer



Réfrigérateur ou Congélateur
solaire STECA en 12V ou 24V.
166 l. Classé A++. Ecran d'af.

G 62 : CRITERES DE CHOIX D'UN REFRIGERATEUR

Le premier critère est le **volume** du réfrigérateur, qui se mesure **en litres**. On recommande de compter **150 litres pour une personne seule et 50 litres de plus par personne supplémentaire**.

La **classe énergétique**, qui correspond au rapport entre le volume de l'appareil et sa consommation électrique, est un autre élément à prendre en compte. Les appareils les plus économes **A+** ou **A** sont recommandés, même s'ils sont plus chers à l'achat, car les réfrigérateurs consomment de l'énergie 24/24h et représentent **le quart de votre facture d'électricité** (hors chauffage).

Le **froid brassé** et le **froid ventilé** assurent une plus grande homogénéité de température dans le compartiment, pour une meilleure conservation des aliments. Vous devrez également tenir compte de l'**aménagement intérieur** de l'appareil, qui est plus ou moins pratique et astucieux.

G 63 : LES TYPES DE CONGELATEUR SEULS

On peut distinguer deux types :

- **LE CONGELATEUR COFFRE OU BAHUT**

C'est un modèle répandu dans les familles où le stockage d'aliments congelés est une habitude. Il a une **structure rectangulaire et une seule porte d'ouverture sur la partie supérieure**, ce qui facilite le maintien du froid (quand on ouvre, c'est l'air le plus chaud qui s'évacue). Compte tenu de sa grande taille, il est souvent installé dans une arrière-cuisine ou un garage ou un cellier...

Son utilisation demande un rangement raisonné des produits, car malgré la présence de petits paniers coulissants au-dessus, l'absence de compartiments dans le grand espace rend le rangement aléatoire. Il faut donc veiller à ne pas laisser les aliments les plus anciens au fond et ranger les plus récents en dessous...

- **LE CONGELATEUR VERTICAL**

Il se présente comme un réfrigérateur, avec des compartiments ou tiroirs qui permettent un **rangement des aliments par catégories** : viandes, poissons, légumes, desserts... Il est donc commode à utiliser et prend peu de place. Cependant chaque ouverture de porte entraîne une réelle perte de froid sur tous les compartiments, ce qui exige d'en contrôler l'usage.



Petit congélateur coffre 284 l. à 3 paniers.

Congélateur coffre à 6 paniers 431 l

Congélateur armoire de 80 l, à insérer sous plan de travail – 4 tiroirs

Congélateur armoire de 180 l. - 6 compartiments avec portes vitrées

Congélateur armoire de 304 l. 7 tiroirs avec portes transparentes

Les congélateurs sont prévus pour une température ambiante allant de 10° à 43°. Les congélateurs armoires peuvent être ventilés, ce qui supprime le dégivrage et maintient une température constante et plus homogène.

G 64 : CRITERES DE CHOIX D'UN CONGELATEUR

Si vous utilisez peu de surgelés et préparez peu d'aliments congelés, contentez-vous d'un compartiment congélateur combiné avec un réfrigérateur (voir paragraphe précédent). C'est généralement le cas de personnes qui vivent seules et qui reçoivent occasionnellement.

Pour justifier l'achat d'un congélateur, il vaut mieux estimer d'abord ses habitudes de consommation : volumes et fréquences des achats de surgelés d'une part, préparation à la maison d'aliments congelés dans toutes les catégories, en fonction de votre motivation et de votre temps, utilisation de produits de jardin ou de saison... Voir ensuite la place dont vous disposez et le prix à investir.

Généralement, ce sont les grandes familles avec ou sans jardin, stockant de grandes quantités d'aliments surgelés et congelés qui choisissent le congélateur coffre, car il a une grande capacité et il est économique en consommation d'énergie.

Par ailleurs certains ménages adeptes des aliments surgelés livrés à domicile ou non apprécieront sans doute davantage un congélateur armoire, de même que si vous habitez en ville et souhaitez profiter de promotions ou cuisiner des produits en pleine saison de production.

Enfin, le **nombre d'étoiles** présentes sur le congélateur indique sa capacité à congeler à des températures plus ou moins basses. Exemple : 4 étoiles signifient que l'appareil peut descendre en-dessous de 30°, donc on peut y congeler des aliments frais – avec 3 étoiles, l'appareil descend à – 18° seulement, ce qui permet la conservation d'aliments déjà congelés ou surgelés, mais pas la congélation d'aliments frais.

Si un jour vous pratiquez la congélation d'aliments frais, il vaut mieux respecter les conseils de préparation. Chaque aliment a sa structure et sa teneur en eau particulière. Il en résulte des différences dans le traitement avant congélation. Vous pouvez aussi préparer à l'avance des plats cuisinés, que vous apprécierez le jour où il vous arrive des amis à l'improviste ou les jours où vous êtes pressés.

La marraine de Pauline Elise Lepage prépare régulièrement des plats cuisinés. Elle accommode même des restes qu'elle congèle ensuite. Tout en étant très occupée par ses activités, elle a gardé des réflexes du monde agricole où rien ne doit être perdu. Quant à moi qui ai enseigné l'art de congeler des aliments, cette occupation a été très ponctuelle et occasionnelle. Maintenant que je suis une mamie-qui-commence-à-se-fatiguer, j'en prépare si je dois m'avancer pour des repas destinés à mes enfants et petits-enfants. Je reste une adepte de l'utilisation occasionnelle de plats surgelés, ce qui permet de gagner du temps. Mais pour moi, au niveau du goût, rien ne vaut le frais.

Ici se termine le chapitre sur la conservation des aliments et son évolution. On peut observer que ce domaine qui a commencé par l'apprentissage de savoir-faire relève davantage aujourd'hui de l'éducation à la consommation, compte tenu de la profusion d'aliments préparés.