



UNIVERSITÉ PARIS 1 PANTHÉON SORBONNE

UFR 09 / Département d'Histoire

Master TPTI

Techniques, Patrimoine, Territoires de l'industrie :
Histoire, Valorisation, Didactique

Mémoire de Master

Étude comparative du fonctionnement technique des glaciers de Meybod (Iran) et de
Pivaut (France)

Comparative study of the technical functioning of the Meybod (Iran) and Pivaut (France)

Ice houses

Anahita Oyar Hossein

Sous la direction de
Valérie Nègre

2018-2019

Étude comparative du fonctionnement technique des glacières de Meybod (Iran) et de Pivaut (France)

Résumé

Ce mémoire propose une étude comparative des glacières construits en Iran et en France entre les années à partir de deux cas d'études : [glacière de Meybod en Iran et glacière de Pivaut en France]. Les glacières sont des édifices destinés à conserver la glace. La glace était produite en hiver et se réservait jusqu'à la saison chaude pour garder la viande, les fruits et les produits laitiers frais pendant l'été. La glace était également très commune pour avoir des boissons froides et fraîches. Ces édifices jouaient donc un rôle important dans le confort des personnes, en particulier dans les régions chaudes où la situation climatique est difficile. La production traditionnelle de glace, qui a été principalement utilisée dans les villes chaudes et arides d'Iran jusqu'en 1970, a été totalement dépendante des glacières traditionnelles. Le mémoire propose une approche technique et matérielle. Il vise à rendre compte de la production de glace depuis sa récupération jusqu'à son stockage. L'objectif de ce travail est de comparer les techniques de conservation de la glace en Iran et en France.

Les questions auxquelles ce mémoire entend répondre sont :

- Où et comment était récupérée ou produite la glace ?
- Comment était choisi l'emplacement de la glacière ?
- Comment étaient construits les glacières ?
- Comment et combien de temps était stockée la glace ?
- Qui construisait ces structures ?

Mots-clés

Glacière – Glace- Meybod- Pivaut

Comparative study of the technical functioning of the Meybod (Iran) and Pivaut (France) ice houses

Abstract

This thesis proposes a comparative study of ice houses built in Iran and France from two case studies: [Meybod in Iran and Pivaut in France]. Ice houses are buildings designed to conserve ice. Ice was produced in the winter and was reserved until the hot season to keep meat, fruit and dairy products fresh during the summer. These buildings therefore played an important role for the comfort of people, especially in hot regions where the climatic situation is difficult. Traditional ice production, which was mainly used in hot, arid cities of Iran until 1970, was totally dependent on traditional ice houses. The thesis proposes a technical and material approach. It aims to report ice production from recovery to storage. The objective of this work is to compare ice conservation techniques in Iran and France.

Keywords

Ice house – Ice – Meybod - Pivaut

PLAN

INTRODUCTION

Définition du sujet

Présentation de la problématique

Etat de la question

Sources et méthodes d'étude

I. CONSTRUCTION DES GLACIÈRES

1-1 : Introduction générale

1-1-1 : Contexte géographique

2-1-1: Sources visuelles

2-1: Glacière de Meybod

1-2-1 : Situation géographique de Meybod

1-1-2-1 : Situation climatique

2-2-1 : Situation historique

1-2-2-1 : Narin qale (La citadelle)

3-2-1 : Glacière de Meybod dans un complexe architectural

1-3-2-1 : Le caravansérail

2-3-2-1 : le réservoir d'eau

3-3-2-1 : le Chapar khaneh (ancien service postal)

3-1 : Construction des glaciers en France

1-3-1 : 1-3-1 : Glacière de Saint Baume

II. L'ÉTUDE TECHNIQUE ET ARCHITECTURALE

1-2 : Les relevés architecturaux

2-2 : Analyse d'éléments architecturaux

1-2-2 : Le bassin d'approvisionnement

2-2-2 : Le mur d'ombrage

3-2-2 : Dépôt de glace

3-2 : Analyse d'éléments architecturaux (Glacière de Pivaut)

4-2 : Processus constructif

III. PRODUCTION DE LA GLACE

1-3 : Fournir de l'eau

2-3 : Production de la glace en hiver

3-3 : Utilisation de la glace en été

4-3 : Production et utilisation de la glace dans la glacière de Pivaut

1-4-3 : Le déchargement de glacière de Pivaut

5-3 : Propriété et gestion de glacière

6-3 : Commerce de la glace en France

CONCLUSION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

Définition du sujet

Le présent sujet de recherche constitue un travail dédié à l'étude comparative des glaciers construits en Iran et en France à partir de deux cas d'études : [glacière de Meybod en Iran et glacière de Pivaut en France]

Les glaciers étaient l'une des structures remarquables des villes du désert iranien qui ont fourni de la glace au cours des siècles dans une situation climatique difficile. Meybod est l'une des principales villes du désert qui abrite un certain nombre de monuments historiques. La construction du glacier de Meybod remonte au 17^{ème} siècle et il a été inscrit sur la liste du patrimoine national en 1996.

Meybod glacier n'est pas seulement un édifice destiné à conserver la glace, Il comprend également le système de production de glace. Ce glacier comprend un compartiment de congélation composé d'un bassin d'eau et de murs d'ombrage, ainsi que d'une structure en forme de dôme recouvrant le réservoir de glace. Ce type d'architecture des glaciers est plus courant dans la région désertique en Iran, où l'accès aux montagnes et aux rivières pour l'extraction de la glace est impossible. Les glaciers de ces régions chaudes et arides sont donc composés d'éléments producteurs de glace.

Il n'existe pas suffisamment de recherches ni d'études approfondies sur différents aspects du glacier de Meybod, alors que cet édifice est l'un des rares glaciers restants dans sa province à être construit en adobe et en boue. Il est donc important d'étudier ce glacier, tels que les techniques de construction, le stockage de la glace et les différentes caractéristiques qui lui sont associées.

L'objectif principal de ce travail est de comparer les techniques de production et conservation de la glace en Iran et en France. En ce qui concerne cet objectif, glacier d Pivaut est étudié comme une étude de cas française afin de réaliser les différences de ces édifices en Iran et en France.

Glacier de Pivaut est bâti dans les années 1880 et fait partie d'un ensemble de 17 glaciers qui ont fonctionné entre la deuxième moitié du XVII^e siècle et le début du XX^e siècle. Il se trouve sur le territoire de la commune de Mazaugues, à 7km en direction du Plan d'Aups. Ces ensembles de glaciers ont produit la glace pour les villes Toulon et Marseille. Glacière de Pivaut accompagné des équipements liés à la production de glace tels que des bassins d'eau. Comme le glacier de

Meybod, après la congélation de l'eau dans les bassins, la glace a été stockée dans un grand réservoir couvert.

Présentation de la problématique

La consommation de glace en Europe n'appartient pas à longtemps, et ce n'est qu'après la Renaissance que la consommation de glace et de neige en été atteint la partie nord de la France. Cette recherche, en comparant deux études de cas iranienne et française, tente de déterminer s'il existe un transfert de connaissances, de savoir-faire et de techniques de construction de glaciers et de production de glace d'Iran vers la France. En ce qui concerne les similitudes d'éléments architecturaux dans deux études de cas, la comparaison des glaciers définit les différences entre la production de glace, les techniques de construction et d'autres aspects liés au même type de glaciers en Iran et en France. La consommation de glace en Europe n'appartient pas à longtemps, et ce n'est qu'après la Renaissance que la consommation de glace et de neige en été atteint la partie nord de la France. Le dictionnaire universel Oxford indique qu'en 1678, le terme « ice house » a été utilisé pour la première fois en anglais, alors qu'en Iran, il existe des traces de production de glace remontant à 500 av. J.-C.

Cette recherche, en comparant deux études de cas iranienne et française, tente de déterminer s'il existe un transfert de connaissances, de savoir-faire et de techniques de construction de glaciers et de production de glace d'Iran vers la France.

Le mémoire propose une approche technique et matérielle. Il vise à rendre compte de la production de glace depuis sa récupération jusqu'à son stockage.

Les questions auxquelles se mémoire entend répondre sont :

- Où et comment était récupérée ou produite la glace ?
- Comment était choisi l'emplacement du glacier ?
- Comment étaient construits les glaciers ?
- Comment et combien de temps était stockée la glace ?
- Qui construisait ces structures ?

État de la question

Dans le domaine des recherches comparatives, il n'existe pas d'étude spécifique consacrée aux techniques de production de glace et des glaciers en Iran et en France.

La majorité des études sur le sujet des glaciers en Iran ont davantage axées sur les aspects architecturaux des glaciers. L'un des travaux importants et récents sur les glaciers en Iran est un livre d'un chercheur danois Hemming Jorgensen intitulé : "*Ice houses of Iran*" publié en 2012.

Au cours de la période allant de 1964 à 1978, il a travaillé pendant huit ans sur divers projets d'infrastructures en Iran et s'est familiarisé avec le pays, ses habitants et sa langue. Il vit sa première glacière iranienne à Kerman en 1966, mais ce n'est qu'en 2007 - après une brillante carrière internationale dans l'ingénierie et le financement de projets - qu'il put retourner dans les glacières iraniennes presque oubliées et rédiger une thèse de doctorat qui constitue la base de ce livre. Ce livre est le premier rapport complet sur les glaciers iraniens. Hemming Jorgensen a tenté de documenter les derniers glaciers iraniens en parcourant plus de 20 000 kilomètres en marge du désert au centre de l'Iran. Il a classé les différents types de glaciers en Iran ainsi que la forme, les dimensions, les méthodes de construction, les matériaux et les décorations de ces bâtiments. Il a également étudié le contexte, les schémas de travail et les aspects liés à la protection et à la conservation des glaciers. L'intérêt particulier de ce travail est de répertorier les glaciers dont la plupart sont abandonnés et en ruine.

Un autre livre, écrit en 2016 par deux chercheurs iraniens en architecture et conservation de patrimoine, Nooshin Nazarieh et Nima Vali Beig, intitulé : "*Les glaciers iraniennes, froides et stables dans le temps*", est principalement consacré à l'architecture et aux techniques de construction de différents types de glaciers iraniens. Les aspects sociaux et économiques liés à la production de glace en Iran sont également expliqués brièvement dans ce livre.

Le livre "*La production de glace naturelle et traditionnelle en Iran*" (2010) est un livre technique écrit par Mehdi bahadori nezhad, ingénieur en mécanique, qui définit principalement les principes du processus de production de glace à travers les règles de la physique et les formules mathématiques. Ce livre a une approche technique de l'ingénierie des glaciers iraniens.

Le glacier de Meybod n'a pas fait l'objet d'une étude spécifique, mais deux articles importants sont consacrés aux techniques de synthèse de la construction des glaciers dans différentes régions d'Iran. L'article "*Analyse de l'effet des conditions climatiques sur la forme architecturale générale et les composants des glaciers traditionnels en Iran*" est écrit par Nima Vali Beig et al. En 2016. Pour la première fois, le rôle du climat dans la formation de la forme définitive des glaciers en Iran a été étudié dans cet article. Dans cette recherche, différentes régions d'Iran sont classées en fonction du climat. Dans chaque climat, les villes où plus de glaciers sont trouvés ont été sélectionnées pour analyse. Les climats étudiés comprennent des zones froid, désertique et semi désertique. Cette recherche est importante car elle inclut le climat de la ville de Meybod (région désertique).

Un autre article comparatif est "*Analyse de la capacité des architectes locaux en processus de Construire des glaciers (Comparaison des méthodes exécutives du centre à l'est et au sud-est de l'Iran)*" écrit par Nooshin Nazarieh et al en 2016. L'article examine la capacité des architectes locaux à construire des glaciers dans les villes de l'est et du sud-est de l'Iran. Dans cet article, la comparaison des détails des techniques de construction des glaciers dans deux parties différentes de l'Iran est remarquable.

Sources et méthodes d'étude

Les glaciers sont l'un des meilleurs exemples d'architecture durable qui répond aux conditions environnementales difficiles par l'application de matériaux simples et disponibles dans le désert.

Ce système a été développé dans un contexte historique et géographique spécifique. Le contexte historique des dépôts de glace en Iran n'est pas entièrement clair avant l'ère safavide (1501-1736). Pendant l'ère safavide, lorsque pour la première fois les voyageurs étrangers ont commencé à explorer l'Iran et ont écrit de nombreux documents et fait des croquis de différents éléments architecturaux dans différentes villes d'Iran, nous pouvons trouver des informations sur les glaciers. Des documents historiques, faits par les voyageurs étrangers sur le processus de stockage de la glace nous donnent des indices sur la façon dont ce système fonctionnait. Il est donc nécessaire de citer ces types de sources historiques pour approcher leurs origines.

De cette manière, l'étude commence par la consultation de différentes sources historiques telles que des livres, des plans et des dessins. La prochaine étape pour aborder le sujet après avoir analysé les sources historiques est les livres et les articles scientifiques relatifs aux glaciers iraniens du monde entier. A partir de la consultation de différents documents, les matériaux les plus utiles sont sélectionnés, l'information est affinée afin de trouver les références les plus pertinentes et ayant le plus de contenu afin d'avoir une vision plus large et plus claire sur l'histoire, les techniques de construction et le fonctionnement des glaciers. L'information est confrontée pour trouver les éléments les plus importants du sujet et une synthèse de chaque source est faite après avoir recueilli des données générales sur les glaciers, l'un des glaciers iraniens est choisi comme meilleur exemple pour des recherches plus approfondies. Afin d'avoir une information plus précise sur l'état actuel de glacier sélectionné, des visites sur le terrain sont effectuées pendant la période des vacances. Lors de ces visites, des entretiens avec les populations locales seront réalisés afin d'obtenir plus d'informations sur le sujet. Une étude comparative est faite entre l'exemple iranien et un exemple européen pour comparer les différentes techniques de construction et le fonctionnement de deux types de structure. Les informations collectées et sélectionnées sont traitées de manière à pouvoir présenter des comparaisons graphiques claires et brèves permettant de comprendre facilement son historique, ses caractéristiques et son statut actuel.

I. CONSTRUCTION DES GLACIÈRES

1-1 : Introduction générale

Les déserts iraniens, qui représentent une part relativement importante de la superficie totale du pays, sont l'une des conditions météorologiques les plus violentes. Les hivers rigoureux, les étés très secs et chauds, les différences de température élevées entre le jour et la nuit, les très faibles précipitations annuelles et, partant, le manque de ressources en eau, ont créé des conditions spéciales pour cette région

En raison des conditions climatiques mentionnées, la survie dépendait de l'eau. L'eau revêt depuis longtemps une signification particulière et une sainteté dans de nombreux aspects de la culture iranienne, y compris l'architecture. L'importance de cet élément précieux dans l'architecture du plateau central iranien a trouvé une particularité. Les innovations telles que les Qanats (aqueducs), les réservoirs d'eau (Ab Anbar) et les glaciers (Yakhchal) qui sont toutes destinées à maintenir et à faciliter la vie dans cette région, sont conçues avec les méthodes vernaculaires.

On pense que la source des glaces est semblable à celle des Qanats. Les Qanats sont des voies d'eau souterraines qui fournissent souvent de l'eau avec une pente douce, allant des bassins versants situés aux altitudes les plus élevées, jusqu'aux contreforts. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 35). La longueur de ces voies d'eau souterraines, parfois due à l'éloignement de l'approvisionnement en eau des colonies de peuplement, a atteint plusieurs kilomètres. La construction et l'exploitation, ainsi que leur maintenance tout au long de l'année, sont très complexes et nécessitent une habileté particulière. Les Qanats iraniens, datant de plusieurs milliers d'années, figurent également sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

L'introduction des Qanats avait pour but de relier ces systèmes d'eau à l'idée initiale de l'émergence des glaciers. Compte tenu de la faible demande d'irrigation pendant l'hiver, il est naturel d'accumuler cette eau abondante dans des étangs profonds pendant l'hiver et, si possible, de la stocker pour une utilisation future sous forme de moules à glace. L'idée de stocker de gros morceaux de glace dans un endroit frais a conduit à l'utilisation de fosses souterraines et d'entreposage, ce qui a permis de conserver la glace sans fondre jusqu'à l'été. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 38) L'idée générale et fondamentale des glaciers iraniennes traditionnelles est un bâtiment en forme de dôme et en adobe, dans lequel de la glace est stockée à

l'intérieur de celui-ci pour être utilisée les chaudes journées d'été. C'est le cas si les glaciers étaient un ensemble d'éléments et de composants fonctionnant comme un système de production. Le fait de considérer les glaciers comme des bâtiments singuliers entraîne un manque de compréhension de leur nature principale, ce qui entraîne des décisions inefficaces et une conversation imparfaite. La production de glace dépend d'abord de l'exploitation des Qanats disponibles, de la mise en place d'un réseau de voies navigables conduisant l'eau, de la construction de réservoirs d'eau pour y geler l'eau, de la construction de murs d'ombrage pour éviter la lumière directe du soleil sur les réservoirs d'eau. Construction d'un réservoir à glace en forme de dôme pour le stockage et la vente de glace. Bien que l'on trouve différents types de glaciers avec différentes architectures dans différentes parties du plateau central de l'Iran et dans les zones où l'accès aux montagnes était possible, au lieu de produire de la glace, celle-ci a été extraite des montagnes et stockée uniquement dans un réservoir.

L'arrivée des glaciers industriels en Iran depuis le début des années 1940 a progressivement mis fin à la vie des glaciers traditionnels. Malheureusement, en raison du manque de reconnaissance générale des glaciers traditionnelles, ces sont dégradés et démolis, et seuls quelques exemples d'architecture de plus grande envergure ont été restaurés et conservés, et certains d'entre eux ont accepté de nouvelles fonctions telles que lieux de rassemblement culturel, salles de conférence, etc. Il est vrai qu'aujourd'hui, grâce aux progrès de la technologie, il n'est plus nécessaire de fournir de la glace de manière traditionnelle, mais de reconnaître, valoriser et, par conséquent, la protection de ces bâtiments est nécessaire en tant que précieux patrimoine du passé.

1-1-2 : Contexte géographique

Comme dans les régions du sud de l'Iran, la température descend rarement en dessous de zéro, la construction des glaciers n'était pas possible. De même, sur les rives de la mer Caspienne, dans le nord de l'Iran, en raison de l'humidité et des faibles fluctuations de température pendant la journée et la nuit, aucune glacière n'est visible. Sur ces rivages, il est très rare de traverser le point de congélation et la température ne gèle jamais suffisamment pour fournir de la glace. Certaines des caractéristiques écologiques des déserts en Iran où les glaciers sont trouvées, sont un fort ensoleillement, relativement peu d'humidité, peu de précipitations et une vaporisation excessive. Selon la distance d'un point par rapport aux altitudes plus élevées, la température varie. Un point éloigné des altitudes peut atteindre jusqu'à 70 degrés Celsius durant l'été. La température moyenne en janvier et en mai est respectivement de 24 et 42 degrés Celsius.



Figure 1: La région où se trouvent les glaciers en Iran, (www.atlas-monde.net/asia/iran/)

2-1-1 : Sources visuelles

Selon un dessin de *Jean Chardin* (16 novembre 1643 - 5 janvier 1713), bijoutier et voyageur français, l'un des dépôts de glace était près de la ville de Kashan. Le contexte historique de cette structure date des années 1600, il y a environ 400 ans.



Figure 2: Croquis par Sir Chardin de la ville de Kashan, la glacière conique est distinguable. (Hosseini et al.2012)

La plupart des dépôts de glace existants sont des vestiges de la période post-safavide. Les documents les plus fiables sur ces bâtiments sont les croquis d'un explorateur pendant le règne de safavide. Voici quelques exemples de ce qui reste de ces dessins. *Krenelin Bervin* était un voyageur néerlandais qui est venu en Iran et a dessiné un des dépôts de glace dans la ville de Qom. Cette figure est l'un des documents historiques les plus importants de l'ère safavide. Sur cette photo, la glacière a un dôme conique avec un grand mur.

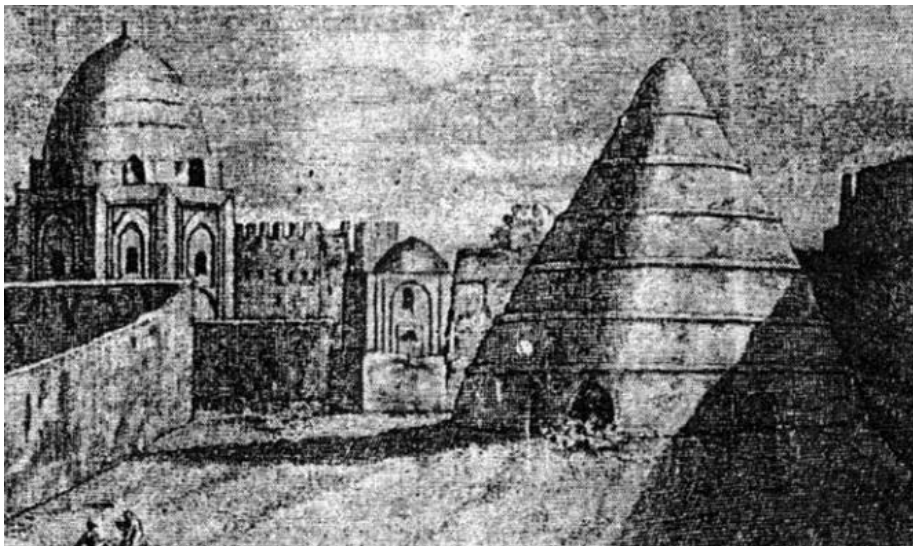


Figure 3: Un croquis de Krenelin Bervin de la ville de Qom. La glacière et son grand mur d'ombrage sont visibles à droite. (Mokhlesi, 1985).

Une autre image est l'une des œuvres de *Jules Lawrence* en 1884 qui montre l'un des caravansérails safavides près de la ville de Garmsar. Une grande glacière avec son mur d'ombre presque détruit est reconnaissable.



Figure 4: Un des safavid caravanserais près de la ville de Garmsar dessiné par Jules Lawrence. La glacière conique est distinguable (Mokhlesi, 1985).

2-1 : Glacier de Meybod

La ville de Meybod est l'une des villes les plus anciennes du plateau central de l'Iran. L'antiquité et le développement des siècles suivants dans cette région qui souffre de certaines limitations en raison de son emplacement dans une région aride et désertique témoignent du travail acharné de ses habitants qui ont su incompatibilités de la nature et créé un développement durable. L'un des plus importants glaciers désertiques d'Iran se trouve à Meybod. La date exacte de sa construction n'est pas évidente, mais des fouilles archéologiques démontrent que la première construction a eu lieu au 17^{ème} siècle. Aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles ce glacier était le plus gros fournisseur de glace de la province. La glacière de Meybod est constituée d'éléments de production de glace encore présents. Ces éléments sont importants à étudier car ils démontrent les techniques anciennes de production de glace et de stockage au cours des dernières années. Une autre caractéristique de ce glacier, c'est qu'il faisait partie d'un complexe très important qui ont fonctionné ensemble au

cours des siècles. Un Caravansérail, réservoir d'eau et un ancien service postal constituaient les autres éléments de cet ensemble architectural situé au milieu d'une route importante allant du centre au sud de l'Iran traverse par la ville de Meybod.



Figure 5: L'emplacement du glacier de Meybod dans la ville de Meybod. (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019).

Ce bâtiment est entièrement constitué de briques et de boue, qui sont les matériaux les plus adaptables pour la construction en milieu désertique. La glacière a été restaurée en 1996 par les architectes locaux de la ville de Mebod. L'intégrité du bâtiment a été réalisée après le processus de restauration, mais son authenticité a été endommagée, comme l'ont fait les architectes locaux sans accorder une attention particulière aux documents archéologiques et architecturaux. Le glacier fonctionne maintenant comme un musée ouvert au public.



Figure 6: Facade principale de glaciere de Meybod, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)



Figure 7: Glacier de Meybod, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)



Figure 8: Restauration du dôme du glacier
(Archives du bureau du patrimoine culturel
de ville de Meybod, 25,01,2019)



Figure 9: Glacier de Meybod avant restauration sans les bassins
d'eau, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de
Meybod, 25,01,2019)

1-2-1 : Situation géographique de Meybod

Meybod (Persan: میبند), est une ville de la Province de Yazd en Iran, située à environ 70 kilomètres au nord-ouest de Yazd. Fin 2012, sa population est estimée à environ 70 000 habitants. L'origine de Meybod est antérieure à l'ère sassanienne; cependant, c'est durant cette période que cette ville a été étendue et que sa structure morphologique ou forme urbaine a été établie (Puya, 1992, p:15).



Figure 10: la province de Yazd en carte d'Iran.
(www.wikipedia.com)



Figure 11: L'emplacement de Meybod en Yazd.
(www.wikimedia.org)

Malgré ses 6000 ans d'existence, Meybod n'est jamais devenue une grande ville. C'est la deuxième plus grande ville de la province de Yazd. Il a un climat aride, une superficie de près de 3181 ha et L'eau est rare et uniquement fournie par un système de Qanat, un ancien système d'eau souterraine développé dans les conditions climatiques extrêmes et arides du centre de l'Iran, probablement dans la première moitié du premier millénaire avant notre ère. Meybod est une ville oasis et un exemple notable d'adaptation à l'environnement. L'ancienne ville de Meybod est composée de trois parties principales: Narin qale (la citadelle), Sharistan (la ville fortifiée, comprenant une mosquée et le bazaar et les faubourgs (plusieurs quartiers dispersés dans l'oasis et entourés de jardins). La ville a commencé à s'étendre depuis le château de : Narin qale (la citadelle) et s'est poursuivie au nord. (Esfanjari,2014)

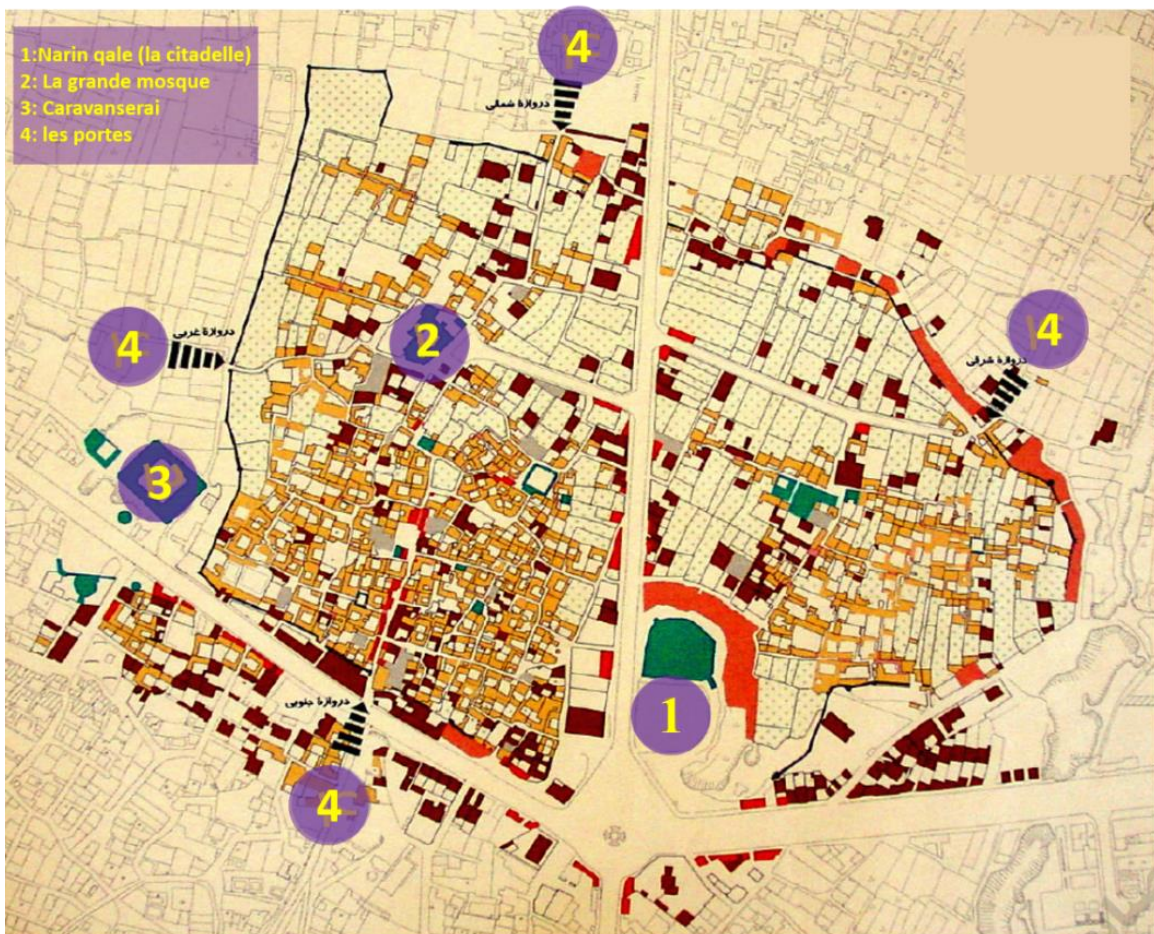


Figure 12: Localisation des principaux centres urbains de Meybod, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

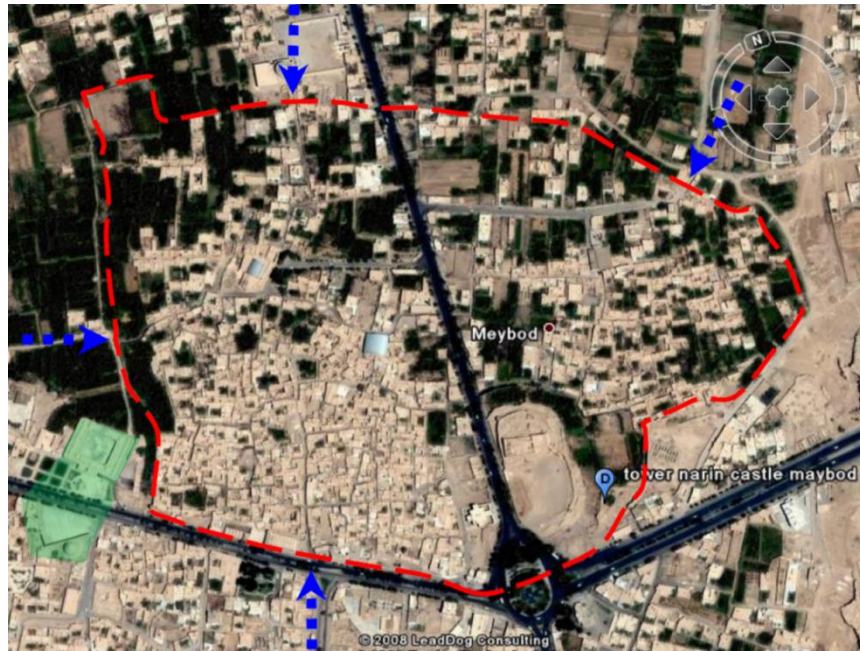


Figure 13: limite du sharistan dans la ville de Meybod, (google earth, 12.02.2019)

1-1-2-1: Situation climatique

Meybod est doté d'un climat désertique. Il n'y a pratiquement aucune précipitation toute l'année dans Meybod. La classification de Köppen-Geiger est de type BWh. Meybod affiche 19.5 °C de température en moyenne sur toute l'année. Il tombe en moyenne 58 mm de pluie par an. Au mois de Juillet, la température moyenne est de 32.4 °C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 6.7 °C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	6.7	9.5	14.1	19.1	25.1	29.9	32.4	30.8	26.3	20.1	12.8	7.7
Température minimale moyenne (°C)	0.2	2.8	7.4	11.9	17.4	22.2	24.5	22.6	17.8	11.9	5.4	0.8
Température maximale (°C)	13.2	16.3	20.9	26.4	32.8	37.7	40.3	39	34.8	28.4	20.2	14.6
Température moyenne (°F)	44.1	49.1	57.4	66.4	77.2	85.8	90.3	87.4	79.3	68.2	55.0	45.9
Température minimale moyenne (°F)	32.4	37.0	45.3	53.4	63.3	72.0	76.1	72.7	64.0	53.4	41.7	33.4
Température maximale (°F)	55.8	61.3	69.6	79.5	91.0	99.9	104.5	102.2	94.6	83.1	68.4	58.3
Précipitations (mm)	11	11	9	10	6	0	0	0	0	2	4	5

Figure 14: Tableau climatique Meybod, (www.fr.climate-data.org/asia/iran/yazd/meybod)

2-2-1 : Situation historique

En plus du grand âge de Meybod, son importance pour la recherche morphologique reflète sa position stratégique sur un réseau de routes et le fait qu'elle fut la patrie du Muzaffarid dynasty entre 1314 et 1393, et le principal centre pendant une longue période de la céramique et les industries textiles. En raison de ses caractéristiques environnementales et de ses ressources naturelles, Meybod est un établissement relativement stable. Il y a des anciens vestiges, tels que tessons préhistoriques et ouvrages en métal datant de 3000 à 4000 av. J.-C., scories de l'âge du fer, vestiges architecturaux sassanides (de la période comprise entre le troisième et le septième siècle après JC à Narin qal'a et à la mosquée Jami) remontant aux premiers siècles de l'islam. Il y avait aussi un développement urbain important au milieu de la période islamique. La ville a connu une croissance constante au début de la période islamique et son influence a été au XIVe siècle, lorsque la concentration du pouvoir sous la famille Muzaffarid a brièvement transformé Meybod en une capitale. La période de Muzaffarid a été caractérisée par un boom de la construction extraordinaire créé en grande partie par des patrons locaux. Cette prospérité s'est maintenue jusqu'à la fin du XVe siècle, lorsque le pouvoir politique et économique de la ville a progressivement diminué. (Esfanjari, 2014)

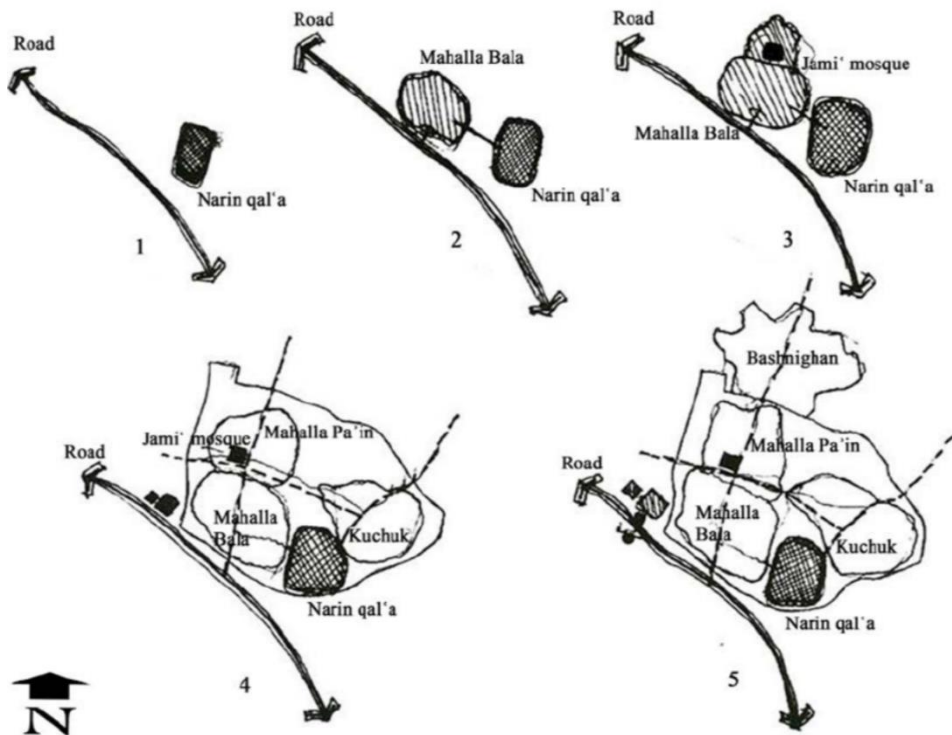


Figure 15: Développement morphologique du sharistan de la période préislamique au quinzième siècle, (Esfanjari, 2014: 69)

1-2-2-1: Narin qale (la citadelle)

Dans la structure des anciennes villes d'Iran, la citadelle est considérée comme le point le plus stratégique de la ville. La citadelle a joué un rôle clé dans la gestion, l'organisation et la sécurisation de la région. à l'époque, les villes ont été élargies de la citadelle. Cette construction de pisé, appelée familièrement Narin qale (château de Narenj), est l'une des reliques les plus importantes de la province et remonte à la période antérieure à l'avènement de l'islam en Iran. les étages supérieurs du bâtiment aient été reconstruits et appartiennent à la période islamique. Une partie de la citadelle a été détruite au cours de la construction de routes sous le règne des Pahlavi II.



*Figure 16: Narin Ghale (la citadelle),
(Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)*



Figure 17: Narin Ghale (la citadelle), (www.wikipedia.com)



Figure 18: Ville de Meybod en 1956,
(Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

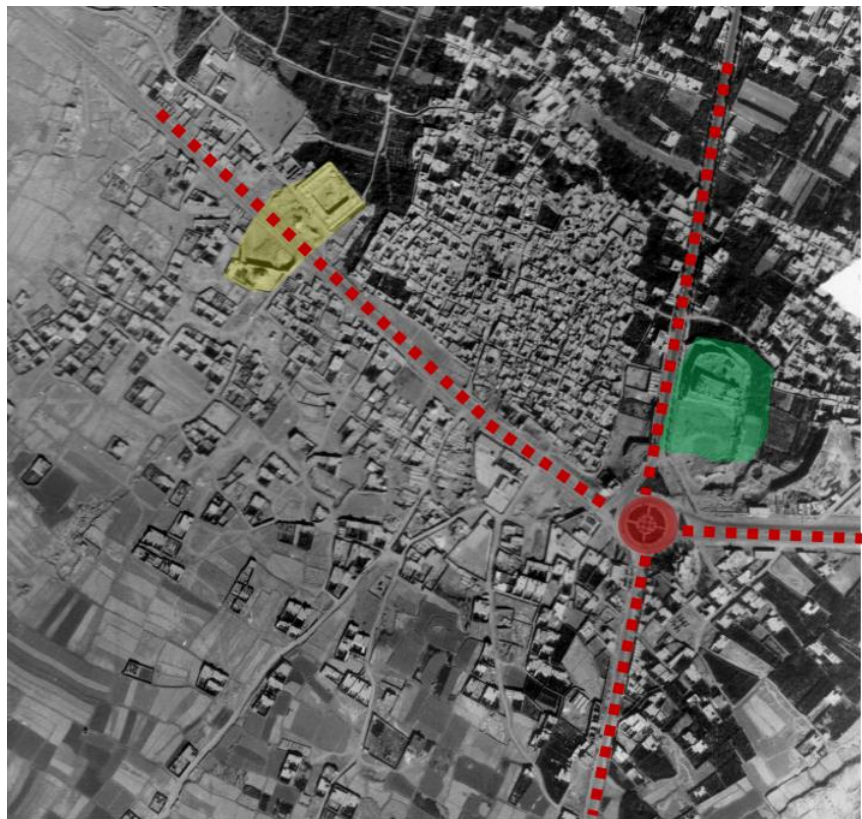


Figure 19: Ville de Meybod en 1967,
(Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

3-2-1 : Glacier de Meybod dans un complexe architectural

Le complexe de caravansérails de Meybod est un complexe architectural historique dont la fonction principale était d'assurer le bien-être des caravanes et des voyageurs et de constituer un centre de communication postale important. Le complexe a été construit le long de l'ancienne route (Ray-Kerman) et a été utilisé du 18^{ème} siècle (dynastie Qajar) jusqu'à il y a 50 ans. Cette route avait été le passage principal de marchands, d'armées militaires et de pèlerinages. En fonction des besoins des caravanes et des passagers de la route, différents éléments architecturaux ont été construits le long du Caravansérail, formant ainsi le complexe caravansérail. Ces éléments architecturaux sont :

1. Qanat (canaux d'eau souterrains)
- 2- Caravansérail
3. Ab-anbar (réservoir d'eau)
5. Chapar Khaneh (ancien service postal)
6. Glacière
- 7- cimetière



Figure 20: La carte des anciennes routes du Sharestan de Meybod (Rapport d'études Meybod, Centre de documentation de l'organisation du patrimoine culturel de Yazd)



Figure 21: Photo aérienne du complexe caravanserai,
(Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

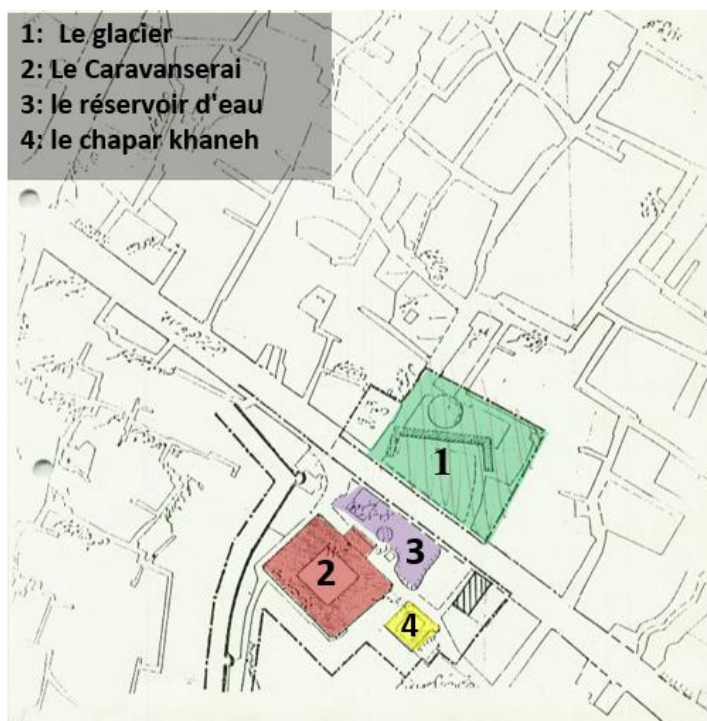


Figure 22: L'ensemble architecturaux de glacier de Meybod,
(Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

1-3-2-1 : Le caravansérail



Figure 23: Le cour de Caravansérail, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

2-3-2-1 : le réservoir d'eau



Figure 24: Le réservoir d'eau de Meybod, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

3-3-2-1 : le Chapar khaneh (ancien service postal)



Figure 25: Le Chapar khaneh, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

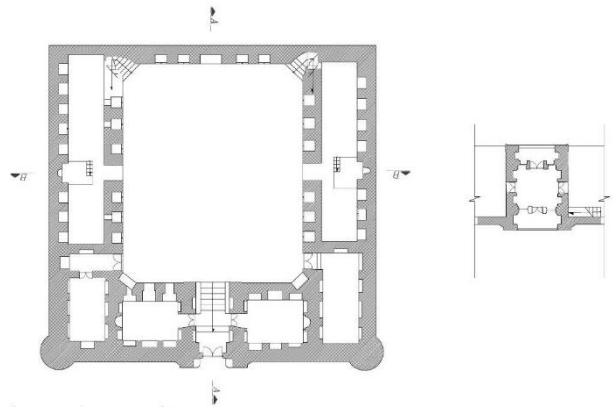


Figure 26: Plan du Chapar khaneh, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

3-1 : Construction des glaciers en France

Les glaciers sont également bien connus en Europe depuis près de 400 ans. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 20) Le dictionnaire universel d'Oxford indique que l'année 1687 a été l'apparition la plus ancienne du terme "Ice House" en anglais. Beazely proposa que le roi d'Angleterre Charles II (1661-1700 apr. J.-C.) introduisit l'idée de garder la glace dans une glacière à son retour d'exil. Cependant, Baxbaum note dans son livre (Icehouses, 2014) que la première glacière enregistrée à Londres a été construite à Greenwich en 1619. Elle a été construite sous la forme d'un puits en briques de 9 mètres de profondeur et de 4,8 mètres de diamètre, recouvert d'une structure de chaume en bois. cette glacière était également utilisée au Danemark, même avant cette époque.

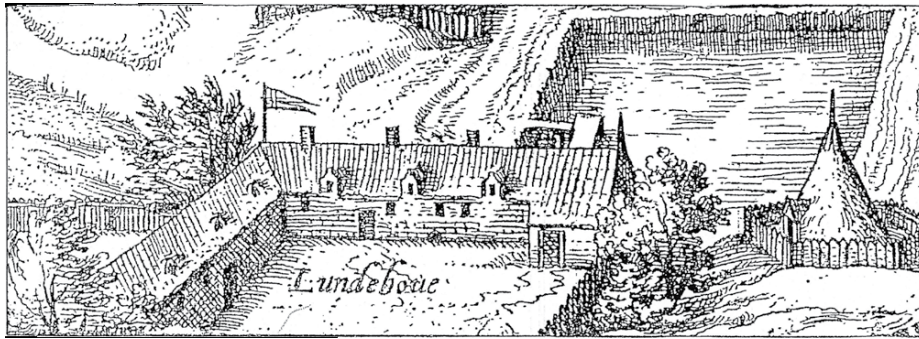


Figure 27: Lundeboie mansion, Elsinore, Danemark. 17^{ème} siècle. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015,20)

Les voyageurs européens ont rapporté pour la première fois l'utilisation populaire de la glace et des glaciers en Iran au 17^{ème} siècle. Ces observations ont eu lieu à un moment où la construction de glaciers dans les châteaux et les manoirs devenait de plus en plus courante en Europe, notamment en Angleterre et au Danemark. Les glaciers iraniennes étaient d'usage public, alors que les exemples européens étaient particulièrement destinés aux familles royales de cette époque. Au XVI^e siècle le commerce à grande échelle de la glace se développe en France et en Espagne. Le nombre de glaciers augmente et leur type se fixe suivant les régions, selon des critères climatiques et géologiques.

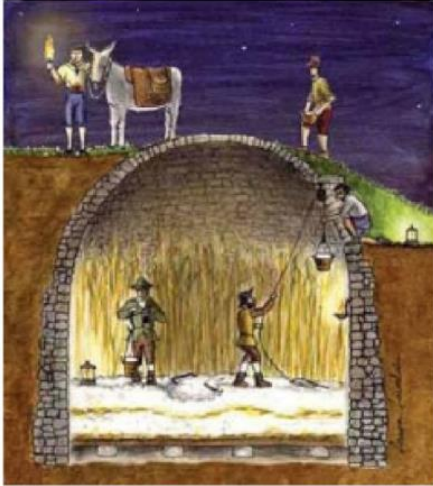


Figure 28: Les neveros espagnols (ramasseurs de glace) découpent une couche de glace dans la chambre et la soulèvent avec un seau et la tirent jusqu'au niveau du sol où ils sont chargés dans les sacs d'une mule pour le transport de nuit. (Baxbaum, 2014 : 5)

1-3-1: Glacière de Saint Baume

Un des meilleurs exemples de glaciers en France sont les glaciers de Sainte Baume. Du XVII au XIX s. les glaciers de la Sainte-Baume, approvisionnaient Marseille et Toulon en glace fabriquée l'hiver et stockée dans ces immenses puits. La présence de ces villes consommatrices dans un rayon de 40 à 60 km est un facteur qui a favorisé la production et le commerce de la glace artisanale. L'histoire des glaciers de la Sainte Baume est très directement tributaire de l'évolution de la demande : les premières glaciers apparaissent au XVIIIe siècle, se développent dans la seconde moitié du XVIIIe, prennent une place prépondérante au XIXe, période pendant laquelle l'ensemble de Fontfrège occupe la toute première place dans la production de la glace, à l'échelle régional.

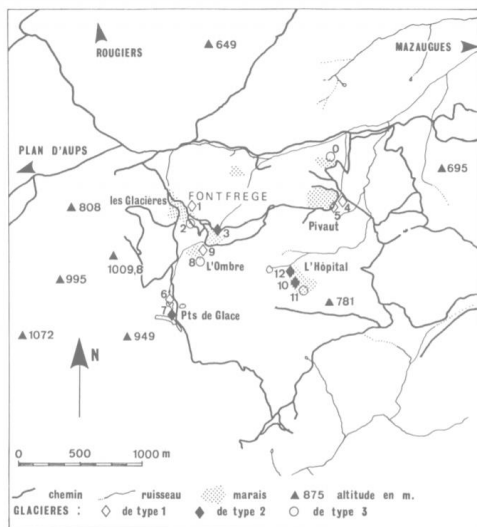


Figure 29: Les glaciers de Fontfrège, (Nedonsel, 1981: 104)

Principaux lieux de production de la glace : ▲

Principaux lieux de consommation de la glace : ■

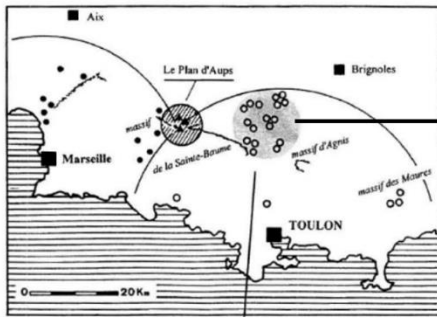


Figure 30: Carte de localisation, (Acovitsioti-Hameau, 2001 :146)

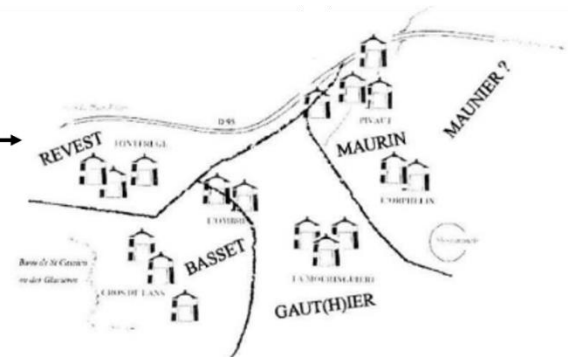


Figure 31: Le groupement des glaciers dans la partie orientale de l'ubac de la Sainte-Baume et les propriétés des principaux marchands-glaciers de la fin du XIX^e siècle, (Acovitsioti-Hameau, 2001 :146)

Une *glacière* est ici un réservoir, une construction partiellement enterrée où la glace formée dans la nature est stockée pendant l'hiver pour être consommée pendant l'été. Les fortes chaleurs estivales des basses terres autour de la Sainte-Baume (les écarts de température entre plaines et plateau peuvent atteindre 5 °C) garantissent l'écoulement du produit.

La situation géographique et climatique de ces glaciers (massif de la Sainte-Baume) est complètement différente de la ville désertique de Meybod où se trouvent la glacière de Meybod. Du fait de son emplacement (parallèle et proche de la côte), la montagne piège les pluies et canalise les vents. Ces spécificités climatiques jointes à des particularités du paysage et de la végétation font que les parties nord et orientale du massif rappellent la « moyenne montagne alpestre ». Celui-ci réunit donc les conditions idéales pour la fabrication et la conservation de la glace. Modestement mais régulièrement venté, il reçoit près du double de précipitations que les plaines environnantes. La circulation et la combinaison des eaux et des vents créent des situations propices pour obtenir des gelées persistantes. La configuration du relief (terrasses naturelles et nombreux talwegs, pentes à facettes diversement orientées) facilite l'installation d'ensembles techniques pour emmagasiner la glace sur des sites bien circonscrits, disposant de bassins de gel et de réseaux de circulation (sentiers) qui leur sont propres.

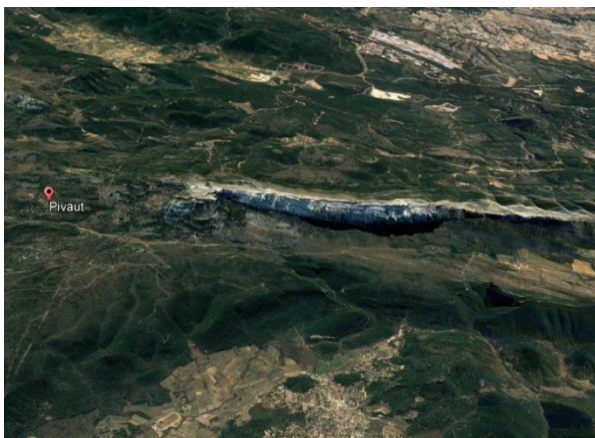


Figure 32: Massif de la Saint-Baume, (Google Earth 2016)



Figure 33: Massif de la Saint-Baume, (www.mariemadeleine.net)

Une vingtaine de glaciers subsistent à l'est du massif, principalement sur des terrains privés de la commune de Mazaugues. Avec ses 23 m. de haut, 19 m. de diamètre et une capacité de stockage de 3600m³, la glacière Pivaut est aujourd'hui la plus remarquable. Elle a été restaurée en 1997 par le Conseil Général du Var, soutenu par l'ASER.

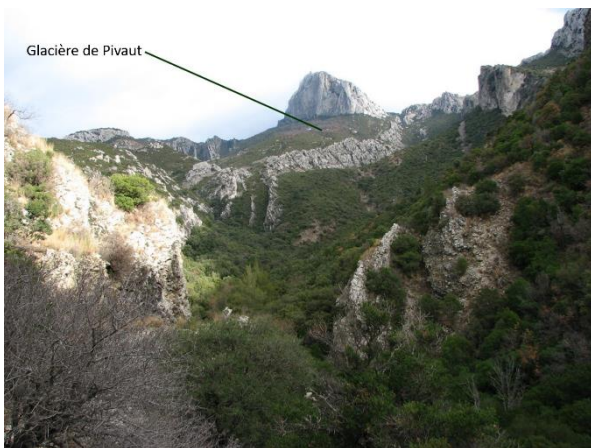


Figure 34: Massif de la Saint-Baume, (Google Earth 2016)



Figure 35: Glacière de Pivaut, (randojp.free.fr)

II. L'ÉTUDE TECHNIQUE ET ARCHITECTURALE

1-2 : Les relevés architecturaux

Lors de ma visite sur le site de la glacière de Meybod, j'ai constaté que les documents architecturaux du Bureau du patrimoine culturel ne correspondaient pas à l'état actuel de la glacière. En conséquence, j'ai fait des relevés architecturaux et conçu les nouveaux plans, élévations et coupes qui correspondent exactement à la situation actuelle du site.

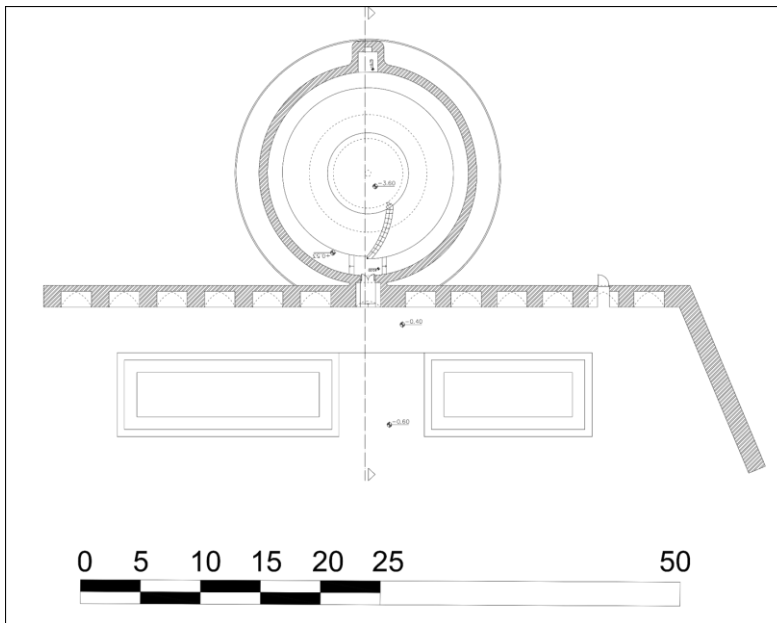


Figure 36: Plan de glacier Meybod, (relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)

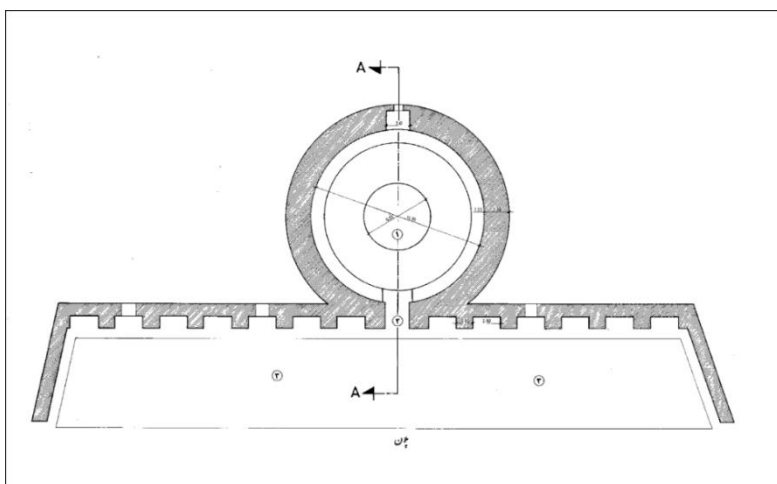


Figure 37: Plan de glacier Meybod, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

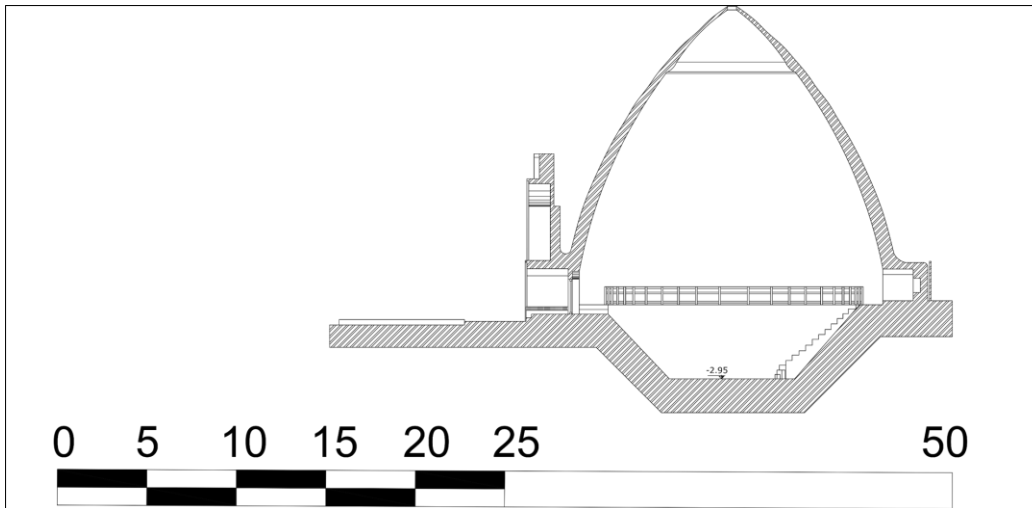


Figure 38: Section de glacier Meybod, (relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)

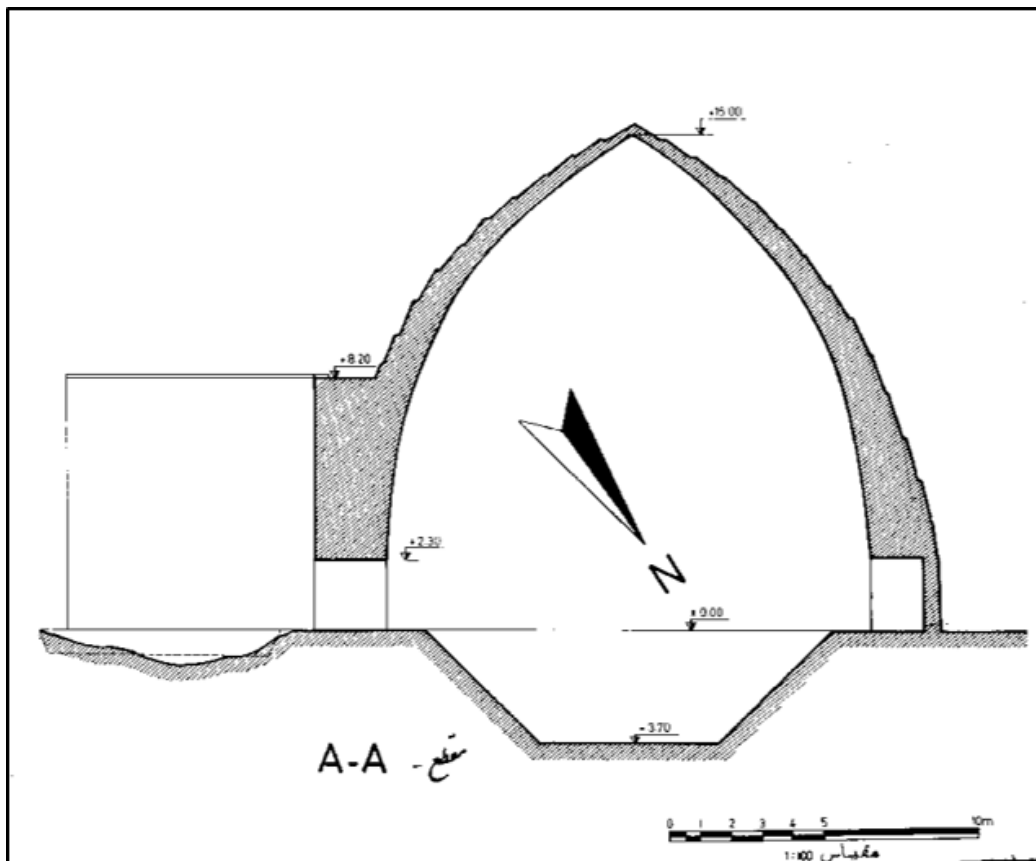


Figure 39: Section de glacier Meybod, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

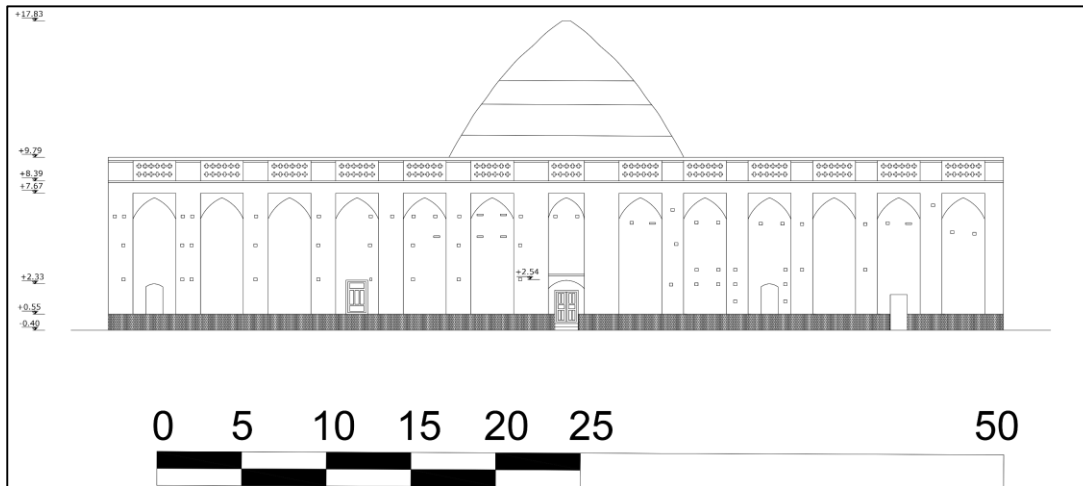


Figure 40: Élévation de glacier Meybod, (relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)

2-2 : Analyse d'éléments architecturaux (Glacière de Meybod)

En général, les glaciers ont trois parties principales : les bassins d'approvisionnement, les murs d'ombrage et les réservoirs pour stocker la glace. Le réservoir de glace, dans la plupart des villes, est une structure en forme de dôme qui représente les glaciers traditionnels. Cependant, les parties les plus importantes de ces unités de production de glace sont les bassins d'approvisionnement et leurs murs d'ombrage. En raison du temps et de la compréhension insuffisante du mécanisme des glaciers et, par conséquent, de manque de conservation appropriée, les bassins d'approvisionnement et les murs d'ombrage sont en train d'être détruits dans de nombreuses glaciers en Iran.



Figure 41: Restes d'un mur d'ombrage en ruine d'un glacier près de Téhéran, (Anahita OyarHossein, 26.7.2018)

1-2-2 : Le bassin d'approvisionnement

L'eau supplémentaire provenant des Qanats (des canaux d'eau souterrain) a été acheminée vers les bassins d'approvisionnement. ces bassins ont été construits à proximité de la structure en forme de dôme pour recueillir l'eau pendant les nuits froides d'hiver et produire la glace. les bassins d'eau du glacier de Meybod ont été détruits au fil du temps. il n'existe aucune preuve (images ou plans architecturaux) des bassins d'eau d'origine, mais lors des grands travaux de restauration du glacier de Meybod en 1996, les nouveaux bassins ont été construits devant le réservoir de glace selon les traces archéologiques des bassins précédents. les nouveaux bassins d'eau sont construits en briques et ont les dimensions suivantes:

1: 18,5 cm * 7 cm

2: 14 cm * 7 cm

En règle générale, les bassins d'eau ne sont pas profonds, de sorte que l'eau peut facilement être gelée et convertie en glace. la hauteur des bassins d'eau Meybod est de 30 centimètres. ces bassins étaient directement reliés aux eaux provenant des Qanats (canaux d'eau souterrains), ce qui sera expliqué en détail au troisième chapitre. (production de glace)

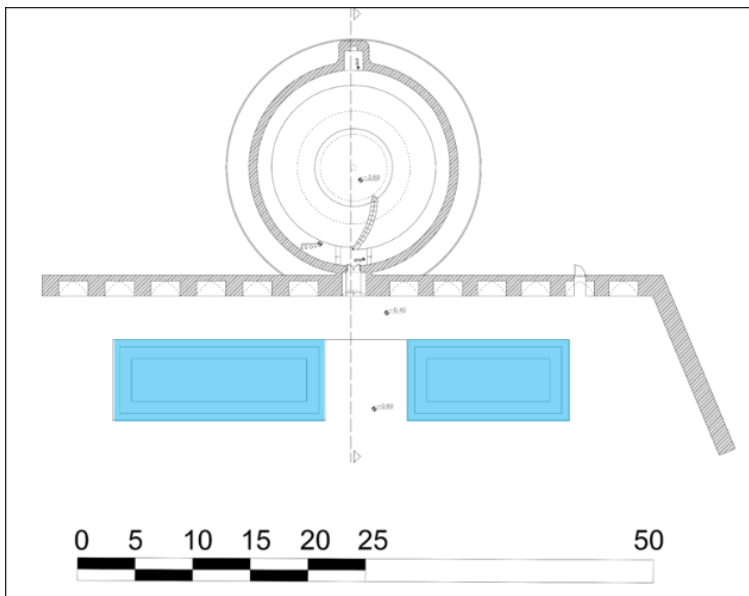


Figure 42: Les bassins d'approvisionnement de glacier Meybod, (relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)



Figure 43: Glacier Meybod avant restauration sans les bassins d'eau, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)



Figure 44: Glacier Meybod après restauration avec les bassins d'eau, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

2-2-2 : Le mur d'ombrage

Dans de nombreux glaciers, il y avait de hauts murs en adobe appelés murs d'ombrage (traduction de Persan) qui empêchaient la lumière du soleil de pénétrer dans les bassins d'eau. La hauteur du mur d'ombrage était liée à la taille du bassin de glace. Comme le mur était plus haut, la largeur du bassin de glace augmentait également. Les murs d'ombrage ont des formes différentes. Certains d'entre eux ont des formes en spirale et dans certaines régions, il y a plus d'un mur d'ombrage autour des bassins d'eau.



Figure 45: Murs d'ombrage incurvés des glaciers de Sirjan, (www.kojaro.com)

Ces murs ont toujours été construits dans une direction qui évite au mieux la lumière du soleil sur les bassins. Sur certains glaciers, afin de parfaire la protection du bassin contre la lumière solaire, les murs latéraux ont été construits à gauche et à droite, perpendiculairement au mur d'ombrage principal. Les murs latéraux ont normalement la même hauteur que le mur d'ombrage principal. Le glacier Meybod se composait à l'origine d'un mur principal et de deux murs latéraux à l'est et à l'ouest de celui-ci. Comme le montre l'ancien plan architectural du glacier, deux murs ont été

fixés au mur principal nord pour protéger les bassins du fort rayonnement solaire de la ville désertique de Meybod. lors de la modernisation de la ville en 1964 et du changement de son urbanisme, le mur est fut détruit afin de créer un espace urbain pour la construction de ruelle.

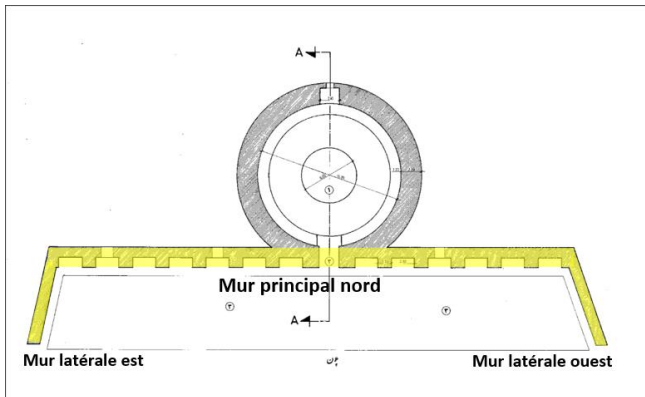


Figure 46: 3 murs d'ombrage de glacier Meybod, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

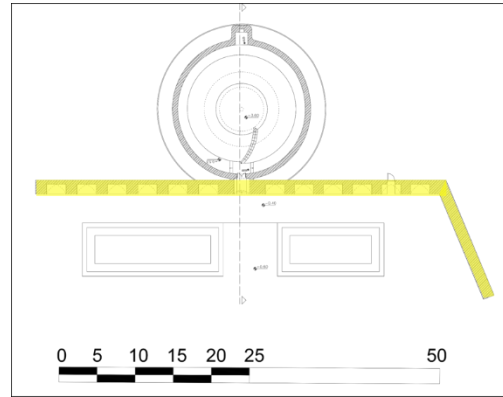


Figure 47: 2 murs d'ombrage de glacier Meybod actuel, (relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)



Figure 48: Nouvelle ruelle construite dans la partie est du glacier. (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019).

Le mur est a été complètement détruit. Avant la restauration du glacier, le mur principal et le mur ouest n'étaient pas en bon état et étaient presque en ruines. ces murs restants ont été restaurés et leur dimension est comme ci-dessous :

1- mur principal : 52 m * 9 m * 2 m

2- mur ouest : 20 m * 9 m * 2 m



Figure 49: Murs d'ombrage un ruins avant restauration, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)



Figure 50: Murs d'ombrage après restauration, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

Les murs d'ombrage, en plus de créer des ombres sur les bassins, permettent de capter l'air froid dans les bassins d'approvisionnement.

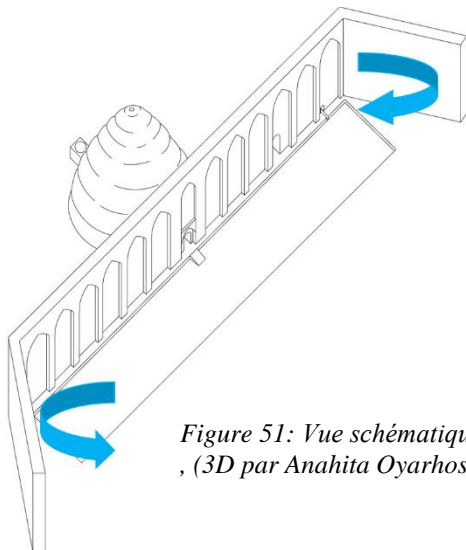


Figure 51: Vue schématique de la capture du vent par les murs d'ombrage, (3D par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)

Comme la plupart des murs d'ombrage sont longs et par conséquent lourds, plusieurs arches ont été construites à la surface des murs afin de réduire la pression et d'alléger les murs. Cette solution, en plus de contribuer à la stabilisation du mur, crée des ombres dans la vue du mur et réduit leur uniformité.



Figure 52: Les arches des Murs d'ombrage de glacier Haji Abad Rafsanjan, (gardeshgari724.com)



Figure 53: Les arches des Murs d'ombrage de glacier Zarisef Kerman , (www.arianica.com)

3-2-2 : Dépôt de glace

Derrière le mur d'ombrage principal se trouve le dépôt de glace. les glaces produites dans les étangs de glace ont été collectées et stockées dans ce bâtiment. Le dépôt de glace a deux parties principales: La fosse pour stocker la glace et le dôme. La hauteur du dôme est de 18 mètres avec un diamètre de 23 mètres et la capacité de la fosse est de 1200 m³. Un escalier intérieur est situé dans la fosse de stockage pour permettre l'accès à la fosse. Les couches de glace sont stockées les unes sur les autres dans la fosse. afin d'éviter la fonte des couches de glace, on y a mis de la paille

qui joue le rôle d'isolant. Glacier de Meybod a une entrée dans sa façade principale et une sortie de l'autre côté. les morceaux de glace ont été livrés à la fosse de stockage par l'entrée principale. l'autre sortie était utilisée pour sortir des glaces à l'heure d'été. de sorte qu'en hiver, cette sortie était bloquée par des matériaux isolants tels que la paille et les fibres végétales.



Figure 54: (Entrée et sortie dans la fosse, Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

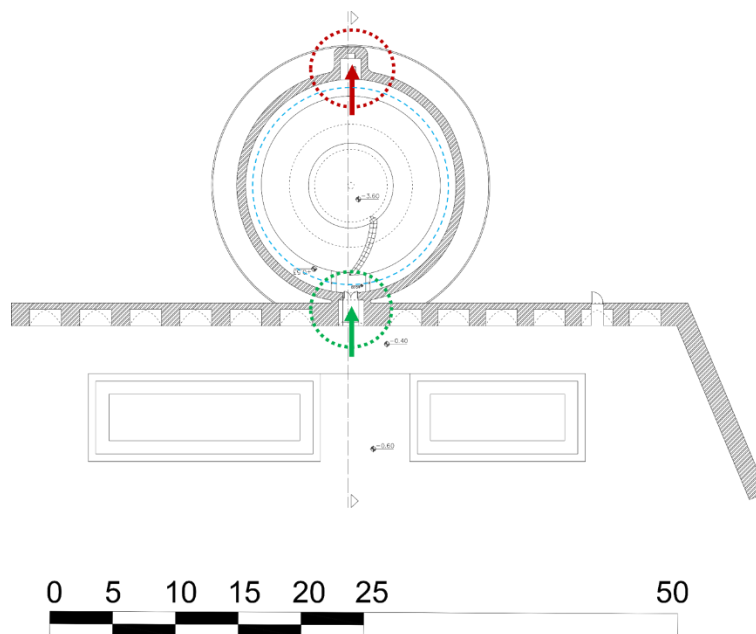


Figure 55: (Entrée et sortie dans la fosse, relevé par Anahita Oyarhossein, 19,01,2019)

L'arc utilisé pour former le dôme de glacier de Meybod est un type d'arc iranien appelé : «Bastu». La raison de l'utilisation de cet arc est que ce type d'arc a la capacité de supporter une charge élevée dans les larges ouvertures. Pour cette raison, l'arc Bastu est utilisé à l'intérieur du dôme de certains glaciers afin de supporter une pression importante. La pente du dôme est de 70 degrés.



Figure 56: Voûte intérieure de glacier de Meybod, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)



Figure 57: Voûte intérieure de glacier de Meybod, (www.flickr.com)

L'arc utilisé pour former le dôme de glacier de Meybod est un type d'arc iranien appelé : « Bastu». La raison de l'utilisation de cet arc est que ce type d'arc a la capacité de supporter une charge élevée dans les larges ouvertures. Pour cette raison, l'arc Bastu est utilisé à l'intérieur du dôme de certains glaciers afin de supporter une pression importante. La pente du dôme est de 70 degrés.

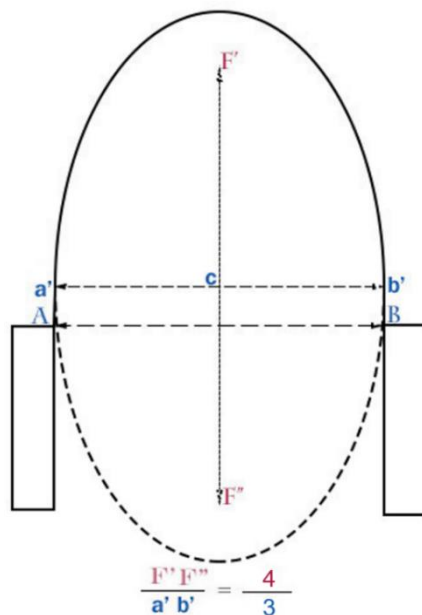


Figure 58: Voûte Bastu, (fa.wikipedia.org)

La partie haut du dôme est pointue. Les raisons de choisir des voûtes pointues pour la partie extérieure du dôme étaient :

- *Le dôme pointu est plus rigide que le dôme sphérique et peut tolérer plus de pression.*
- *Pour avoir le minimum de poids possible, le dôme supérieur tranchant convient mieux que le dôme sphérique. Pour la construction de dômes sphériques, il faut également davantage de matériaux.*
- *Le dôme pointu est moins exposé au soleil que le dôme sphérique donc l'intérieur de la glace est donc plus frais.*

Au sommet du dôme, un grand trou laisserait sortir l'air chaud. Laissez l'air frais entrer dans la zone de stockage par le bas. Pendant les jours pluvieux ou venteux, le trou pourrait être recouvert d'un tissu résistant comme le gunny. L'accès au trou était facile car le dôme extérieur était construit en forme d'escalier.



Figure 59: Dôme extérieur en forme d'escalier, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

3-2 : Analyse d'éléments architecturaux (Glacière de Pivaut)

La glacière de Pivaut comprend un grand dépôt de glace et un bassin d'approvisionnement tel que la glacière de Meybod. En raison des différences climatiques et géographiques entre la ville de

Meybod et le massif de Sainte-Baume, il n'existe pas de murs d'ombrage pour les glaciers de cette région. Il existe trois typologies différentes de glaciers dans cette région.

- 1- **Glacière de type I à demi enterrée** : Ces glaciers sont enterrées au deux tiers et ne présentent généralement qu'une seule ouverture. Ce sont actuellement les plus délabrées, et les voûtes de certaines se sont même écroulées.*
- 2- **Glacière de type II à demi enterrée au milieu de ses bassins** : Elles sont pourvues d'une porte de chargement supérieure et de fenêtres ; certaines, les plus importantes, possèdent déjà une porte intermédiaire.*
- 3- **Glacière de type III à dossée au rocher**: Elles paraissent avoir été construites pour répondre au «boum » de la demande du XIXe siècle. Elles sont soit à demi enterrées soit simplement adossées au rocher. Le nombre des ouvertures est beaucoup plus important, notamment celui des fenêtres de chargement. Elles comportent de plus une porte supérieure et une porte intermédiaire ou inférieure selon leur situation.*

Glacière de Pivaut est à demi enterrées au milieu de ses bassins.

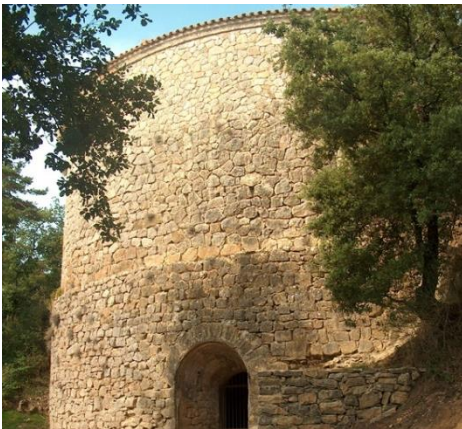


Figure 60: Glacière de Pivaut, (www.passionprovence.org)



Figure 61: Glacière de Pivaut, (www.flickr.com)



Figure 62: Glacière de Pivaut au milieu de ses bassins, (ASER centre VAR)

Du point de vue de l'architecture de la forme, des matériaux et des techniques de construction, il ne semble pas qu'il y ait de différence significative entre les différents types. Il s'agit de constructions circulaires dont les dimensions sont variables. Elles sont généralement creusées en partie dans le rocher, ce qui d'une part répondait à des impératifs géologiques, et de l'autre semblait correspondre à une certaine idée de l'isolation, selon laquelle plus un mur est épais plus il est isotherme. Un des avantages des fondations rocheuses était de limiter les risques d'infiltrations d'eaux de ruissellement qui auraient fondu la glace. Cela permettait, de plus, de prendre appui et, parfois, de servir de mur à toute une partie de l'édifice.

Les murs sont constitués de pierres de taille appareillées dont l'épaisseur varie en fonction du terrain et ou de la dimension. Ils ont de 2 m à 2,50 m d'épaisseur à la base et de 1,25 m à 1,75 m à la hauteur de la porte de chargement. La voûte a de 75 cm à 1 m d'épaisseur et est surmontée d'une couche de 15 à 45 cm de terre et de sable sur laquelle reposent directement les tuiles rondes de la toiture, fixées avec du mortier à la chaux.

Elle est composée de trois bassins dont le fond est imperméabilisé par la présence d'argile et qui sont séparés par des butées de terre et de murettes. Celles-ci permettent la circulation du personnel qui transporte la glace extraite et offre la possibilité de remplir les bassins individuellement. L'hauteur de glacière de Pivaut est 25 m dont la moitié est enfouie. Un mur écran enveloppe la

partie hors sol du bâtiment. Le vide entre ce mur écran et le mur du réservoir est rempli de terre argileuse. Ces murs ont d'épaisseur des de 2,50 mètres. Cette épaisseur était en effet nécessaire pour supporter le poids de voûte. Son Diamètre extérieur est 19,80 m et elle a une capacité de stockage de 3600m³.

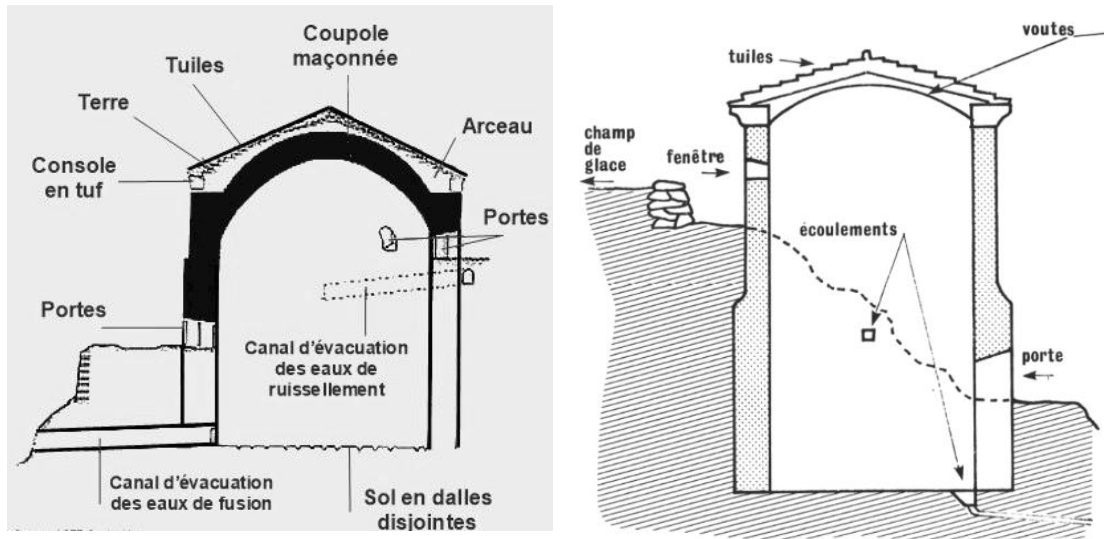


Figure 63: Coupe de glacière de Pivaut, (ASER centre VAR)

Tous les matériaux de construction proviennent des abords de la glacière. Les murs sont en blocs de calcaire et de grès ajustés au mortier de chaux.

4-2 : Processus constructif

La première étape consistait à sélectionner le lieu approprié pour construire la glacière. Ces trois facteurs principaux ont joué le rôle le plus important dans le choix du meilleur emplacement :

- *Accès à l'eau* : les glacières étaient généralement construites dans des endroits où il était possible d'accéder à l'eau douce par les canaux souterrains (Qanats).

- *Santé environnementale* : En raison de l'emplacement des bacs à glace en plein air, la question de la santé était importante, de sorte que les glacières étaient généralement à l'extérieur de la ville et à l'écart des cimetières.

- *Sol* : la qualité et la résistance du sol étaient un facteur important pour tolérer le poids lourd de la cuve à glace et des murs d'ombrage.

Après avoir choisi l'endroit approprié, le processus de construction du glacier commence. Les méthodes de construction traditionnelles diffèrent selon la situation géographique des glaciers et les capacités et les connaissances des experts locaux. Dans certaines zones, le dôme a été construit en même temps que le trou de glace a été creusé, et dans d'autres régions, le dôme a d'abord été construit, puis le réservoir a été excavé. La raison de cette différence peut être attribuée à la différence de qualité du sol dans chaque région, à sa résistance et à sa nature statique. Dans l'est et le sud-est de l'Iran (Yazd et Kerman), l'excavation du réservoir de glace et la construction du dôme ont été effectuées simultanément, de sorte que le sol de l'excavation du réservoir de glace a été utilisé simultanément pour la construction de l'argile. Le matériau pour la construction du dôme. Mais dans les régions centrales de l'Iran (Kashan), les experts locaux ont estimé que le dôme devait être construit dans un premier temps, puis qu'une période de temps devait être passée pour son éventuelle installation. Passé ce délai, le réservoir de glace peut être creusé. Les images ci-dessous montrent deux types de construction différents. dans le diagramme de gauche, la construction du dôme et du réservoir de glace est en train de se faire simultanément (technique de l'est et du sud-est de l'Iran). la droite montre la construction du réservoir de glace une fois le dôme terminé. (technique de la partie centrale de l'Iran)

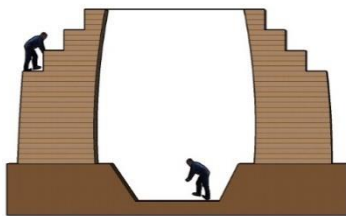
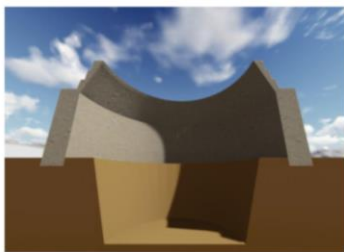


Figure 64: La construction du dôme et du réservoir de glace,



Figure 65: La construction du réservoir de glace,

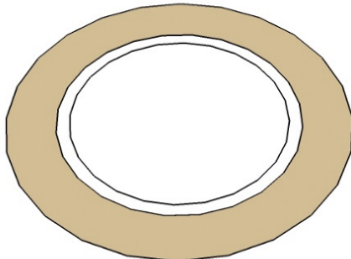
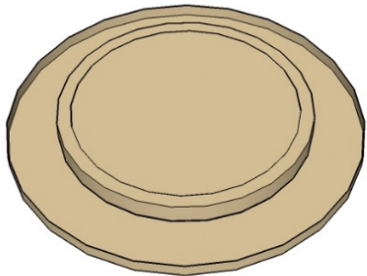
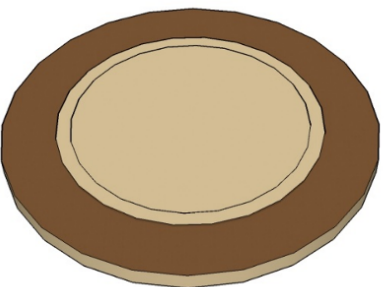
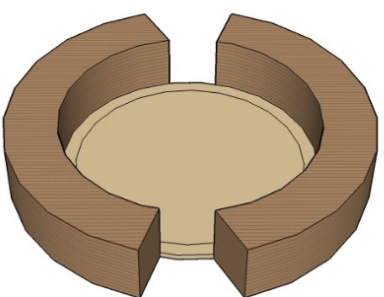


3D par (Nazarieh et.al, 2016)



3D par (Nazarieh et.al, 2016)

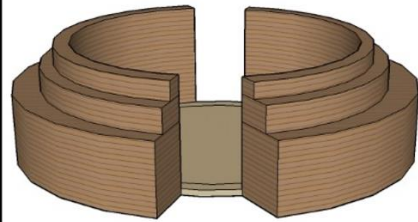
Dans le cas de glacier de Meybod, le dôme est construit à la première étape et une fois le dôme est terminé, le réservoir de glace est construit à l'étape suivante.

chaîne opératoire	
<p>1: Mise en œuvre du plan du dôme</p> <p>Premièrement, le plan du réservoir de glace est tracé sur le sol. Ce plan comprend la taille de la fosse à glace, l'épaisseur de la paroi du dôme et la distance interne entre les fosses et la paroi du dôme (Gholam Gard). L'épaisseur de la paroi du dôme était généralement comprise entre 1:40 cm et 1:80 cm et l'espace intérieur entre eux était compris entre 50 et 52 cm.</p>	
<p>2: Construire la fondation du dôme</p> <p>Pour construire la fondation, l'épaisseur du mur, avec 30 cm du sol derrière celui-ci, s'élève à une hauteur de 60 cm à 1 m et est remplie de chaux. Dans ce mortier, le rapport de la matière est le suivant: 2 jauges de chaux, 2 jauges d'argile et 1 jauge.</p>	 <p style="text-align: center;">I</p>  <p style="text-align: center;">II</p>
<p>3: paroi de dôme</p> <p>Sur certains glaciers, les architectes locaux ont construit entre 1 et 1,20 m de paroi de dôme en briques. et puis ils ont continué avec de l'argile. Après avoir terminé la paroi du dôme, l'architecte considérait généralement 2 à 3 semaines jusqu'à ce que les mouvements probables de celle-ci s'arrêtent. Après cela, il a commencé à construire un dôme.</p>	

chaîne opératoire

4: construction du dôme

Pour construire un dôme en forme d'escalier, l'architecte commence les travaux par l'extérieur du dôme. Après avoir mis une ou deux rangées d'argile, il place la rangée suivante à environ 4 à 7 cm. Cette procédure était généralement effectuée dans 5 à 7 rangées d'argile (environ 35 cm) de la même manière. En conséquence, tous les 35 cm, une rangée d'argile de l'épaisseur du dôme est diminuée. Ce processus ne modifie pas la composition de la partie intérieure du dôme, mais consiste à former un dôme en forme d'escalier de l'extérieur. la restauration future et la conservation du dôme seraient plus faciles si celui-ci était construit en forme d'escalier. Le processus se poursuit de cette manière, de sorte que l'épaisseur de la paroi du dôme soit de 1,5 à 2 argiles au point le plus élevé du dôme. tous les dômes n'ont pas été construits en forme d'escaliers. certains dômes ont des formes différentes et leur accès est possible par des escaliers extérieurs qui ont été ajoutés au dôme après sa construction.



5: construction du réservoir de glace

Après avoir terminé le dôme, l'architecte considérait généralement quelques semaines jusqu'à ce que les mouvements probables de celle-ci s'arrêtent. Après cela, il a commencé à construire le réservoir de glace. comme le type précédent de glacier, un petit puits d'une profondeur de 1 m à 1,50 cm est creusé au fond du réservoir. Eau de fonte des glaces est conduite à la terre depuis ce puits.



Comme Les glaciers français étant différents des iraniens en termes de contexte géographique et de forme architecturale, par conséquent, leurs processus de construction sont également différents. Un texte découvert dans les archives paroissiales de Sainte-Marthe par Gilles Milhière donne la synthèse des éléments indispensables à sa réalisation.

'1- Premièrement faut avoir un lieu pour faire la glacière propre c'est à dire que soit à un endroit que ne soit point dominé à cause que les eaux pluviales ne lui puissent pas entrer dedans car si cela arrive la glacière ne vaudra rien.

2- Pour une glacière de 2000 quintals (env. 40 kilos --> 2000 quintals = 80000 kg = 80 tonnes) faut la faire de vingt sept à vingt huit pans (25 cm --> 28 pans = 7 mètres) profondeur. Faut quelle aye en haut au plan de la porte vingt trois pans large franc d'oeuvre.

3- Au fond de la glacière faut qu'elle aye aussy quatorze ou quinze pans largeur aussy franc d'oeuvre.

4- Faire la porte ou du côté mistral ou de la montagnière à cause que se sont les deux vents les plus frais.

5- Par ainsi l'ouvrier qui la fera prendra ses mesures de la retraindre de quatre pans par chaque canne (2 mètres) en ôtant la terre ou en fesant la massonerie.

6- Si la faire à cape de four (voûte) faut que l'ouvrier fasse les batayos (contrefort, butée) plus épaisses que sy la faites faire avec des saumies (poutres) c'est la connaissance de l'ouvrier.

7- Pour le couvert sy lon met des tuilles faudrait luy mettre des tuilles nié (rayé) à cause que le gel et le degel les brisent tous est estant come je dis nié avec du mortie mêlé avec du platre que les tuilles ne soit point en dure beaucoup davantage. '

Processus constructif est comme décrit ci-dessous.

1- Creusement du puit

Il faut essayer de trouver un terrain tendre pour creuser le puits. Il faut cependant qu'il ait une tenue suffisante afin de prévenir les éboulements qui nécessiteraient alors la mise en place d'étaisements.

2- Les murailles

Elles sont construites en blocs extraits dans l'environnement du site. Ceux-ci sont grossièrement équarris mais ajustés à la perfection. Ils sont liés au mortier de chaux ce qui permet de rendre la paroi étanche. Leur épaisseur constitue l'isolant principal pour la conservation de la glace. A la glacière de Pivaut cette épaisseur atteint de 2,50 mètres à la base.

Comme expliqué dans le mémoire ci-dessus la partie basse des parois est évasée vers l'intérieur. Pour assurer une bonne isolation thermique du bâtiment la partie centrale du mur est rempli de terre argileuse dans la partie hors-sol.

3- La couverture en tuiles

- Sur voûte

Le plus souvent les glaciers ont une couverture en voûte de pierres dite en "cape de four" et peuvent également être réalisées en pierres sèches. Une couche de sable provenant des déblais renforce l'isolation de la voûte et sert d'assise pour la pose de la couverture en tuiles.

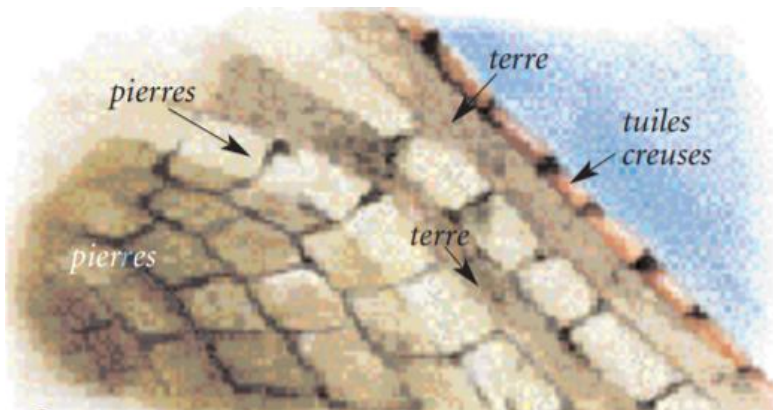


Figure 66: La couverture en tuiles, (Conseil général du Var, 2004)

4- Le fond de la glacière et sa vidange

Le sol est de forme concave afin de concentrer les eaux de fusion de la glace en un point particulier. Il est réalisé en dalles disjointes qui dirigent ces eaux vers un canal d'évacuation. Celui-ci part du fond de la glacière et sort à l'air libre au bas de la pente où celle-ci a été construite. Les caractéristiques de ce canal sont très variables selon les sites. Il est indispensable d'évacuer ces eaux car sinon cela accélérerait la fusion de la glace. La quantité d'eau fondue représente environ 10% du volume stocké dans la glacière pour une saison. Ce canal permet également d'évacuer les eaux qui servent à nettoyer le réservoir avant son remplissage.(histoire-eau-hyeres.fr)

III. PRODUCTION DE LA GLACE

1-3 : Fournir de l'eau

Le commerce de la glace à rafraîchir est documenté depuis le III^e millénaire avant J.-C. Les plus anciens vestiges de l'activité proviennent de la Grèce et de la vallée de l'Euphrate (actuel Irak). Ce commerce atteint son développement maximal entre 1600 et 1900. L'activité couvre alors le continent eurasiatique dans sa totalité, la zone méditerranéenne de l'Afrique et son arrière-pays, le continent américain où, dans la partie nord, elle atteint une intensité remarquable à partir du XIX^e siècle. (Acovitsioti-Hameau, La glace à rafraîchir. Acquisition, consommation et implications socioculturelles.)

Le premier élément nécessaire à la production de glace est l'eau. L'eau utilisée dans le processus de production de glace a été fournie par le système des *Qanats* en Iran.

Les qanats sont des voies d'eau souterraines qui fournissent souvent de l'eau avec une pente douce, des bassins versants situés aux altitudes les plus élevées jusqu'aux contreforts. La longueur de ces voies d'eau souterraines, parfois due à l'éloignement de l'approvisionnement en eau des agglomérations, a atteint plusieurs kilomètres. La construction et l'exploitation, ainsi que la maintenance tout au long de l'année, sont très complexes et nécessitent des compétences particulières. Les qanats constituent un témoignage exceptionnel des traditions culturelles et des civilisations dans les zones désertiques au climat aride. Les qanats iraniens, datant de milliers d'années, figurent également sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

Les structures liées à qanat sont classées parmi les structures architecturales les plus intéressantes, la plupart d'entre elles sont des vestiges du passé et sont actuellement considérées comme patrimoine historique du pays. Les moulins à eau traditionnels (ab anbars) étaient l'une des infrastructures utilisées dans les villes du désert pour stocker et fournir de l'eau potable aux citoyens. Considérant que l'eau de Qanat était disponible toute l'année et qu'il était un peu difficile de contrôler son débit et d'éviter le gaspillage de l'eau, en hiver et en automne, les gens stockaient l'eau supplémentaire pour en faire bon usage au besoin.



Figure 67: Chaîne de puits de Qanat dans le désert atteignant la ville, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

L'introduction des qanats visait à relier ces systèmes d'alimentation en eau à l'idée initiale de l'émergence des glaciers. Compte tenu de la faible demande d'irrigation en hiver, il est naturel d'accumuler cette eau abondante dans des étangs profonds en hiver et, si possible, de la stocker pour une utilisation future sous forme de moules à glace. L'idée de stocker des morceaux de glace dans un endroit frais a conduit à l'utilisation de fosses souterraines et de stockage, qui ont gardé la glace sans fondre jusqu'à l'été. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 38)

La valeur d'un qanat est directement liée à la qualité, au volume et la régularité du débit d'eau. Une grande partie de la population iranienne et d'autres pays arides d'Asie et d'Afrique du Nord, historiquement dépendait de l'eau des qanats ; les zones de population correspondaient étroitement aux zones où les qanats sont possibles. Bien que la construction d'un qanat coûte cher, sa valeur à

long terme à la communauté, et donc au groupe qui a investi dans sa construction et son entretien étaient considérables. (Saeidian,2013)

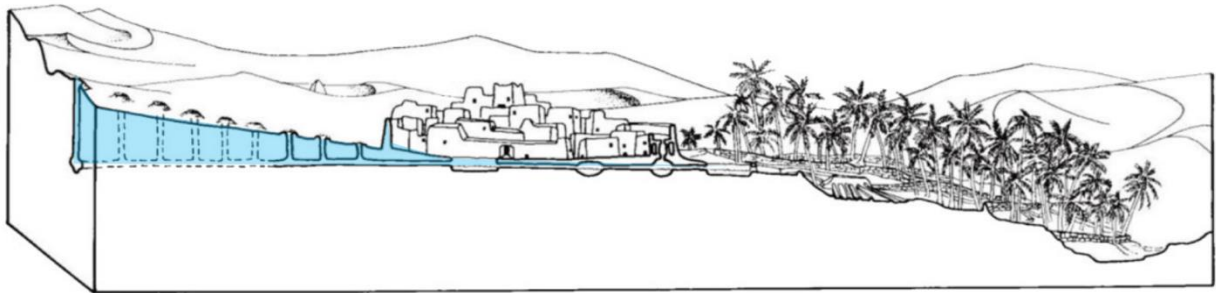


Figure 68: Coupe schématique d'une ville avec système de qanat, (dossier de proposition d'inscription de qanat perse sur la liste du patrimoine mondial, 2015)

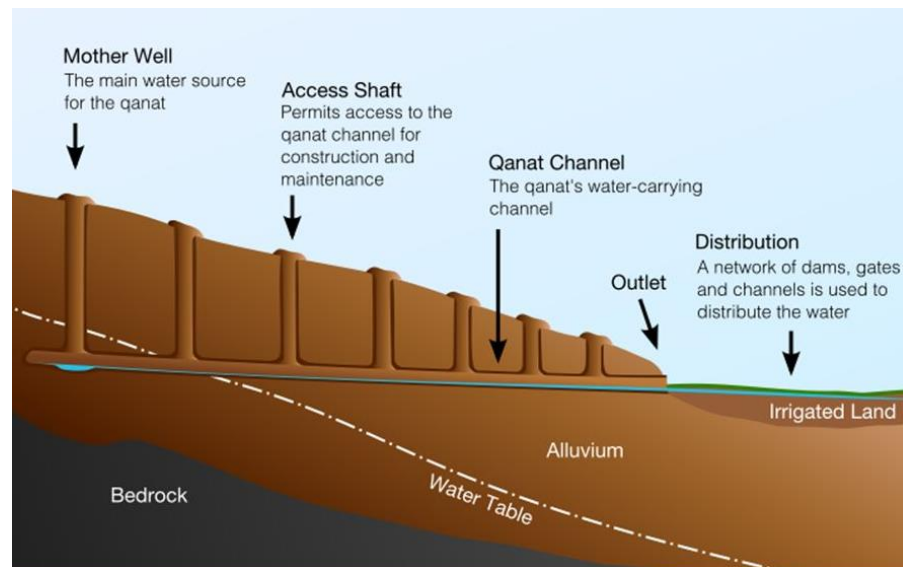


Figure 69: Coupe schématique d'un système de qanat, (www.azimuthproject.org)

Le rôle vital du qanat a également été reflété dans différents aspects des approches iraniennes de la vie, notamment la conception créative d'objets ménagers, de bâtiments résidentiels, publics et administratifs ainsi que d'installations dans les villes et les villages. Divers aspects culturels et naturels ont été combinés afin de refléter de manière significative les traditions, cultures et systèmes de croyance iraniens. La disposition générale du qanat, l'utilisation de techniques spécifiques et la conception des sources d'approvisionnement en eau ont également conduit à la mise au point d'une technologie durable et à une utilisation intelligente des ressources naturelles.

L'image ci-dessous montre la route de Qanat, où le puits principal est situé loin de la ville de Meybod. La source du puits principal est le bassin d'eau souterraine. La route de Qanat compte 4 stations avant d'atteindre la ville de Meybod, qui irrigue les villages environnants et les terres agricoles. Les eaux de Qanat remontent à la surface, dans la ville de Meybod, et irrigue différentes parties de la ville. une des branches principales de cette eau fait surface au caravansérai de Meybod ce qui conduit à la formation du grand complexe caravansérai (réservoir d'eau (Ab-Anbar), glacier (Yakhchal) et d'autres fonctions connexes.)

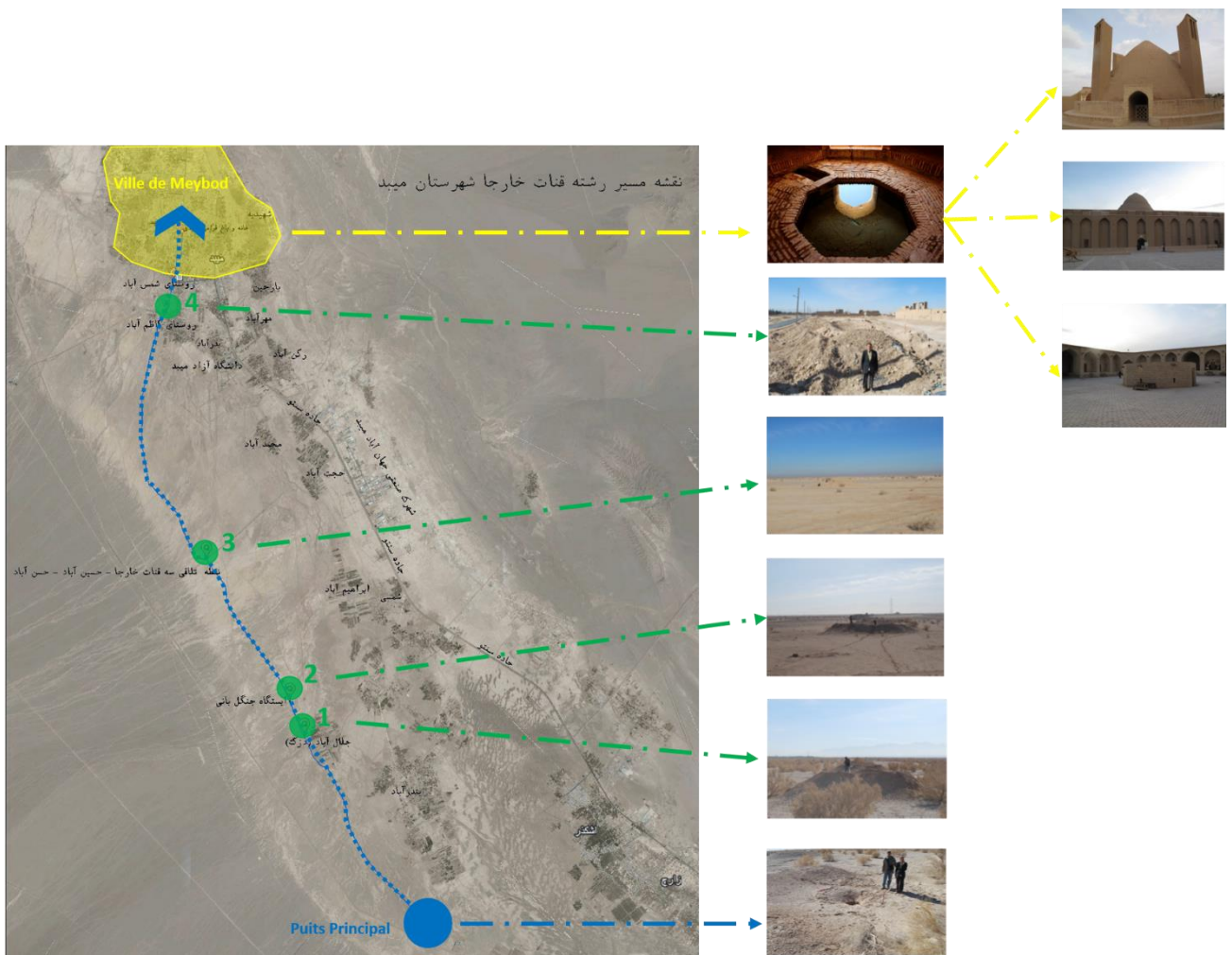


Figure 70: Chemin d'accès à l'eau à travers la chaîne de Qanats, du puits principal à la ville de Meybod, (Anahita Oyarhossein, 20,01,2019)

lorsque l'eau atteint la surface de la route de Qanat, elle se divise en différentes branches et irrigue différentes parties de la ville. Comme le montre la photo ci-dessous (carte de la ville de Meybod), le cercle bleu montre l'emplacement du complexe de caravansérails qui comprend également le glacier. il est à noter que deux branches d'eau passent du complexe caravansérail qui fournit la quantité suffisante d'eau pour l'irrigation, la stockant dans un réservoir d'eau et la production de glace.

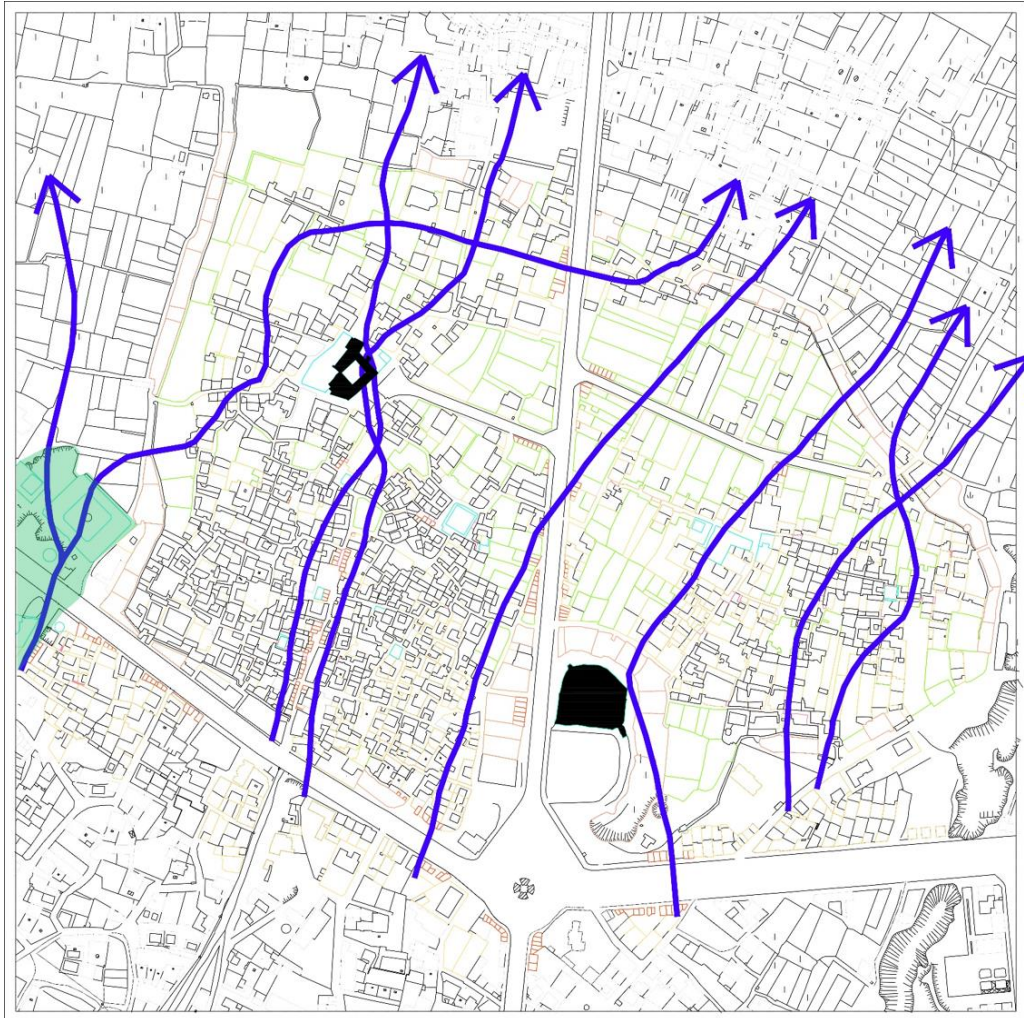


Figure 71: Voies d'eau de Qanat dans la ville de Meybod, (Archives du bureau du patrimoine culturel de ville de Meybod, 25,01,2019)

L'expansion et le développement de Meybod ont évolué au cours des siècles, du sud au nord, ce qui correspond aux voies d'approvisionnement en eau.

2-3 : Production de la glace en hiver

Les activités de production de glace ont été réalisées initialement sur deux périodes et à des intervalles relativement courts de l'année. Un en hiver et un autre en été. Une fois que l'eau est fournie par le système de qanat, l'excès d'eau est dirigé vers le bassin d'approvisionnement pour la production de glace. La première étape de la production de glace in situ a lieu dans ces bassins peu profonds en hiver. La production de glace nécessitait deux à quatre travailleurs en hiver. Les bassins ont été remplis d'eau jusqu'à 5 à 25 centimètres au cours de la période spécifique (quarante premières nuits de l'hiver), lorsque la température a atteint son plus bas degré. Le lendemain matin, la couche de glace s'est formée en fonction de la température bas de la nuit d'hiver. Les ouvriers ont brisé les couches de glace formées et ont rajouté de l'eau. Ils ont poursuivi ce processus en atteignant l'épaisseur souhaitable de la couche de glace, qui était de 30 centimètres. Pendant les nuits de gel, les ouvriers arrosent constamment de l'eau sur la glace de l'étang afin qu'elle gèle et que la couche de glace devienne de plus en plus épaisse. La surface de la glace était constamment balayée et égratignée à l'aide d'outils en bois ou en métal, de sorte que l'eau qui coulait ne cessait de geler. Le facteur le plus important pour la congélation de l'eau dans un bassin à l'air libre est la convection de l'air atmosphérique à une température inférieure à zéro. Le tableau ci-dessous indique les temps nécessaires à la formation d'une couche de glace en fonction de l'épaisseur de la feuille et de la température ambiante.

Layer Thickness cm	Air Temperature				
	~ 1 C	~4 C	~5 C	~ 10 C	~ 20 C
1	1.9 h	0.6 h	0.4 h	0.2 h	0.1 h
2	7.6 h	1.7 h	1.5 h	0.8 h	0.4 h
5	48 h	11.5 h	9.5 h	4.8 h	2.4 h
10	270 h	50 h	38 h	19 h	9.5 h

Figure 72: Les temps nécessaires à la formation d'une couche de glace en fonction de l'épaisseur de la feuille et de la température ambiante, (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 185)

Pour prendre un exemple, une profondeur d'eau de 2 centimètres, 0 degré, prend 7,6 heures à une température d'atmosphère -1 degré. Il ne prend que 1,7 heure si la température est (constant ou moyen) -4 degrés. Et si la température de l'air était de 10 degrés au-dessous de 0, le temps de congélation ne serait que de 0,8 heure. Il faut 11,5 heures pour geler une couche d'eau de 5 centimètres à une température moyenne de l'air de -4 degrés, c'est-à-dire qu'il faudrait en réalité plus d'une nuit. Avec une température moyenne de l'air de -1 degré, il faudrait 48 heures. Soit environ une semaine de nuits de gel successives. Il est difficile de geler des couches d'eau de 10 centimètres, car il faudrait environ une semaine de gel important (-4 degrés chaque nuit et aucun dégel pendant la journée) pour réussir. Par ciel clair, atmosphère sèche et grandes altitudes, comme on le trouve sur le plateau iranien, le rayonnement infrarouge (thermique) dans l'espace provoquera le gel des couches d'eaux peu profondes, même si la température de l'atmosphère est inférieure à zéro. Pendant les nuits sans nuage dans les déserts, la perte de chaleur par rayonnement suffisait souvent à geler l'eau, même lorsque la température de l'air n'avait pas complètement atteint le point de congélation. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 185). Après que la glace ait été formée dans la dimension désirée, les ouvriers ont cassé les couches et les ont emportées dans la structure en forme de dôme qui constitue le réservoir de glace. Le transfert des blocs de glace a été effectué par des crochets spéciaux.



Figure 73: Ouvriers brisent les couches de glace avec des outils spéciaux, (www.fardanews.com)

Chardin, un voyageur français a décrit une partie du processus de production de glace en Iran dans son carnet de voyage : "Les Iraniens creusent un trou profond dans le nord. Ils font ensuite des bassins peu profonds d'environ 40 ou 50 centimètres. Pendant les nuits froides de l'hiver, ils les remplissent d'eau. Le matin, lorsque l'eau est complètement gelée, ils cassent la glace en petits morceaux, parce que plus les morceaux sont petits, mieux ils sont gelés. Lorsque la couche de glace atteint une dimension préférable, ils transfèrent les morceaux de glace dans le réservoir de glace " (Danesh Yazdi, 2003) Les blocs de glace glissaient par la porte du dôme. Pour éviter que les blocs de glace ne deviennent boueux ou ne gèlent ensemble, de la paille et du foin ont été placés dans la porte, le long du fond et du mur de la fosse de stockage, et entre les blocs de glace. Processus de production de glace et de remplissage dans la fosse de stockage en hiver jusqu'à ce que la fosse de stockage soit remplie. Ensuite, la porte a été fermée au moyen de briquettes de boue et de mortier de boue afin de maintenir l'intérieur du dôme au froid. Au fond de la fosse de stockage de glace, il y avait un trou en forme de cône et un canal de drainage afin que l'eau de fusion puisse être évacuée pour être utilisée comme eau d'irrigation pour les champs.

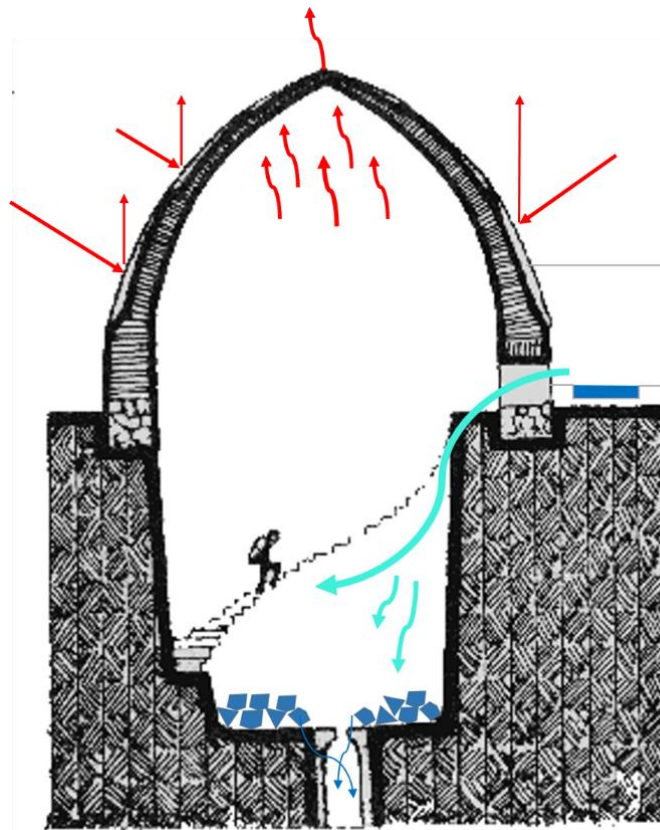


Figure 74: Transfert des morceaux de glace dans le réservoir de glace pendant les nuits d'hiver, (Ghobadian,1998)

La photo ci-dessous montre un terrain agricole devant un glacier près de Téhéran, irrigué par la même source d'eau que le glacier. Autrefois, alors que le glacier était encore utilisé, le champ était irrigué par l'eau de la glace fondue, qui était acheminée jusqu'aux champs par le petit puits situé au fond de la fosse de glace et son système de drainage. Comme les ressources en eau étant très limitées dans les régions désertiques du pays, les peuples ont constitué un moyen durable d'utiliser cet élément vital.



Figure 75: champ agricole en face du glacier Ali Abad près de Téhéran, (Anahita Oyarhossein, 05,07,2018)

Il s'agissait également d'un autre procédé de production de glace, principalement utilisé dans la province d'Ispahan en hiver. Au début, un grand terrain de plusieurs hectares a été sélectionné. Sur cette terre, plusieurs bassins peu profonds ont été creusés. Ils mesuraient 50 * 20 mètres et avaient une profondeur d'environ 50 centimètres. à la fin de l'automne ou au début de l'hiver, lorsque l'eau est devenue froide, les ruisseaux ou les sources ont amené de l'eau dans les bassins au soir, afin qu'elle puisse se figer dans la glace. Successivement, les ouvriers ont versé plus d'eau sur la glace pour qu'elle devienne de plus en plus épaisse. Sur tout le côté sud de ces bassins ont été construits des murs épais de sol argileux ou de mortier, atteignant parfois une hauteur supérieure à 10 mètres. Séparément, dans un endroit proche. Un trou plus profond a été creusé, d'une taille de 30 * 6 mètres et d'une profondeur d'environ 2 mètres. Une rampe ou une volée de marches a été construite dans la fosse et le fond de la fosse recouvert de nattes de jonc ou de paille.

Au moyen de pioches ou d'outils similaires, les ouvriers ont brisé la glace des bassins en morceaux ou en barres et les ont transportés dans la fosse profonde.

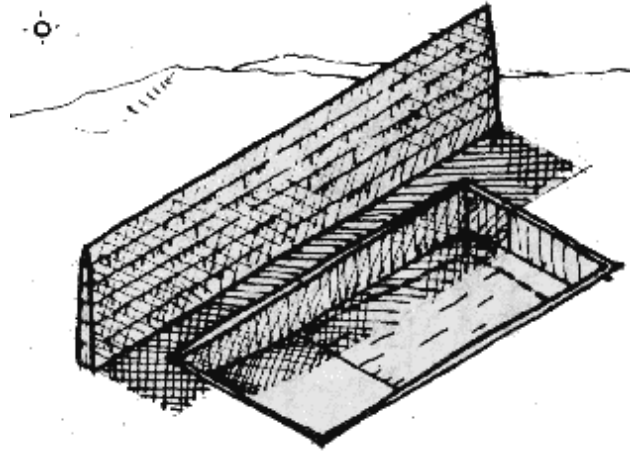


Figure 76: Une sorte d'un glacier sans toit qui était utilisé autour de la ville d'Ispahan. (Ghobadian, 1998)

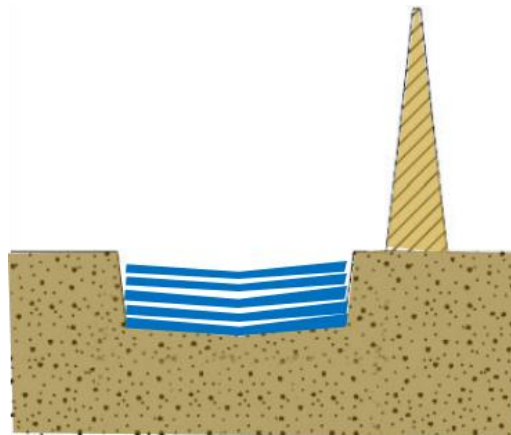


Figure 77: Coupe schématique d'un glacier sans toit. (Anahita Oyarhossein)

Ce processus s'est poursuivi pendant un certain temps jusqu'à ce que la fosse de stockage soit remplie. La glace a ensuite été recouverte de nattes, de paille et de terre afin que les rayons du soleil et l'air chaud extérieur ne puissent pas pénétrer dans la glace et la faire fondre. Lors du remplissage de la fosse à glace, il était important de tasser la glace le plus étroitement possible car la perte par la fonte se produisait à la surface de la glace, ce qui devait donc être réduit au minimum. La capacité de ce genre de glacier à Ispahan était si grande que la glace restait pour l'année suivante. Aujourd'hui il n'y a plus de glacier sans toit en Iran.



Figure 78: Les travailleurs travaillent dans des fosses de glace. (www.tasnimnews.com/fa/news)

La photo ci-dessous montre les restes d'un glacier sans toit à Ispahan, qui était un grand site de production pendant des années pour la ville d'Ispahan.



Figure 79: Restes d'un glacier sans toit à Ispahan. (Rapport de l'organisation du patrimoine culturel d'Ispahan sur les glaciers)

Un autre type de production et de stockage de glace était également courant dans certaines provinces iraniennes telles que Saveh et Téhéran. La production de glace a été réalisée dans des

glaciers souterrains. La majeure partie de ce type de glacier était située sous terre. Son mur épais était fait de brique et de mortier hydraulique semblable à la chaux, ciment de sable et Sarooj.

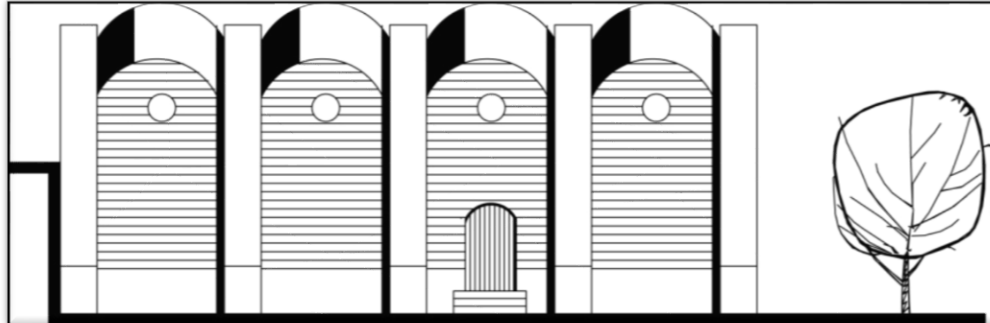


Figure 80: Élévation d'un glacier souterrain. (Mehdipour et Namazian, 2012 : 177)

Comme Dans l'ouest et le nord-ouest de l'Iran, le temps étant plus frais que les villes désertiques, la glace naturelle a été acheminée vers les glaciers souterrains depuis les contreforts ombragés. Cela signifie que les glaciers souterrains n'étaient pas équipés d'éléments de production de glace, tels que bassins d'eau, et qu'ils n'étaient que des dépôts de glace. Dans ce type de glaciers, les couches de glace ne sont pas recouvertes de paille en raison de la situation climatique appropriée, la glace est restée gelée sans avoir besoin de paille ou d'autres matériaux pendant l'été.



Figure 81: Vestiges de Glacier souterraine de Taghrud, (Jorgensen, 2015 :148)

3-3 : Utilisation de la glace en été

En été, lorsque la chaleur augmentait, les propriétaires des glaciers ouvraient les portes des glaciers et livraient de la glace aux clients. Pendant les mois d'été, la glace était distribuée par petits blocs, notamment dans des conteneurs ou des sacs, ce qui garantissait la fraîcheur de la glace pendant le transport de courte durée jusqu'à l'utilisateur. Dans les villages, la glace était distribuée tous les jours aux propriétaires et aux travailleurs, et le reste de la journée aux autres (les pauvres). Il n'y avait généralement pas d'argent impliqué qui sera expliqué en détail dans la partie Propriété et gestion du glacier. Pendant la saison chaude, la glace était évidemment utilisée pour refroidir les boissons, mais elle était également transformée en une large gamme de sorbets, de glaces et de glaces à l'eau parfumées à la grenade ou à la rose. (Jorgensen, 2015) La glace avec des éclats de terre et de bois - la qualité la plus basse - a été utilisée pour le refroidissement indirect. Par exemple, il a été mis dans un récipient avant d'être utilisé comme moyen de refroidissement. Une meilleure qualité a été vendue au boucher. La meilleure qualité (glace cristallique) était vendue aux ménages pour la fabrication de boissons.



Figure 82: Transporter la glace dans des conteneurs spéciaux à dos d'âne pour la distribution dans la ville et le village. (www.fardanews.com)

Comme le glacier de Meybod avait une grande quantité pour produire de la glace, celle-ci était distribuée à la ville de Meybod, aux villages alentours et à l'usage des voyageurs ayant séjourné dans le complexe du caravansérai.



Figure 83: Vente traditionnelle de glaces dans l'Iran passé. (www.asriran.com)

4-3 : Production et utilisation de la glace dans la glacière de Pivaut

A la glacière de Pivaut, la hauteur d'eau dans les bassins qui est d'environ 15cm à 20 cm, permet de produire 750 m³ lorsque la glace a entièrement prise. Dans la pratique, sauf par très grand froid, la glace est récupérée dès qu'elle atteint 3 à 5cm d'épaisseur. La scie permet de découper les blocs de glace au gabarit souhaité afin de les transporter jusqu'à la glacière à dos d'homme, avec des bêtes ou des wagonnets. Ce travail se fait essentiellement au petit matin lorsque la température est encore basse. La scène évoque l'organisation du travail autour du réservoir en période hivernale, avec des équipes qui cassent la glace sur les bassins, d'autres qui remplissent et conduisent les containers, d'autres encore qui les font basculer dans les puits où des confrères s'occupent du conditionnement par compactage. Les conditions météorologiques sont prédominantes. Il faut que l'hiver soit assez rigoureux. Un radoucissement mal venu de la température pouvait entraver les opérations.

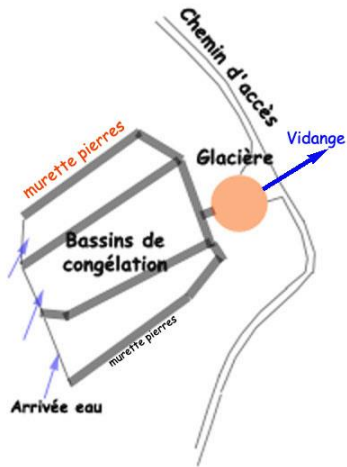


Figure 84: Schéma de fonctionnement de la glacière de Pivaut avec ses bassins de congélation situés juste au dessus de l'ouvrage. (histoire-eau-hyeres.fr)



Figure 85: Bassins de congélation à la glacière de Pivaut. A gauche, un des murs de séparation des bassins. (histoire-eau-hyeres.fr)

Il fallait renouveler quatre fois l'opération pour remplir totalement la glacière à la faveur des gelées hivernales fréquentes sur cet ubac froid et humide. Les bassins étaient séparés par des butées de terre et des murettes qui servaient à la circulation des ouvriers et qui permettaient un fractionnement des opérations de remplissage. Aucun arbre n'était présent sur les bassins qui étaient en glace l'hiver et en herbe à la belle saison. Dans certaines régions qui ne peuvent pas aménager de bassins de congélation, c'est la neige qui va être récupérée et stockée. Il y aura alors un travail de compactage plus important à réaliser.



Figure 86: Ouvriers sur un bassin au pied du Baou des Glacières- dessin au trait d'un des personnages travaillant avec le pic-crochet - Encart: les outils de l'ouvrier en glace: ciseau, piccrochet et batte à damer. (ASER centre VAR)



Figure 87: transport de la glace vers les glacières (histoire-eau-hyeres.fr)



Figure 88: sciage de la glace, (stpierreetmiquelon.com)

Dés l'ouverture de la glacière, en complément au bassins de congélation, les habitants des environs se mobilisent afin de récupérer de la glace sur tous les plans d'eau disponibles. Les paysans situés à proximité des glacières constituent la main d'oeuvre occasionnelle essentielle pour l'exploitation de celles-ci en hiver comme en été. Afin d'avoir une bonne qualité de glace, il faut que la glacière soit dans un état parfait de propreté. Tous les dépôts accumulés sont enlevés et l'ensemble est rincé à grande eau. Afin d'éviter que la glace ne soit au contact de l'eau de fonte, il est indispensable d'isoler la masse de glace du fond de la glacière. Pour cela plusieurs techniques vont être utilisées:

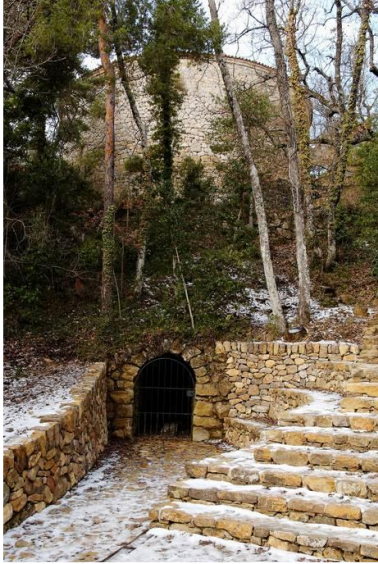
- La plus courante consiste à entreposer des sarments de saule constitués de branches droites entrelacées (1000 sarments pour une glacière de 700 m³).
- Une autre consiste à poser des troncs d'ifs les uns contre les autres.



Figure 89: Le puits de la glacière avec la Sortie du canal d'évacuation des eaux de fusion au fond, (randojp.free.fr)



Figure 90: Extrémité de la galerie d'évacuation des eaux de fonte de la glace qui sert également de galerie d'accès pour l'entretien de la glacière lorsque celle-ci est vide -, (randojp.free.fr)



*Figure 91: Boyau de vidange de la
glacière Pivaut, (randojp.free.fr)*



*Figure 92: Boyau de vidange de la
glacière Pivaut, (randojp.free.fr)*

Une fois que la glace est disposé, la première opération consistait à la découper à l'aide de ciseaux d'acier. Ensuite les blocs sont basculait avec le râteau à double pic, puis on tirait les charges et on les amenait à la porte de chargement. On le faisait à l'aide de brouettes et de wagonnets, après l'avoir fait dans un premier temps à dos de mulets, et avec des charrettes lorsque des chemins furent aménagés (20 hommes pour huit charrettes). Quand il s'agissait de neige, les ouvriers devaient veiller à ce qu'elle soit de bonne qualité, sans aucun mélange de pierres et d'immondices. La glace est ensuite descendue dans la glacière de différentes manières suivant la consistance de la glace (basculement direct, au moyen de cordes et poulies dans des récipients ou sur des plans inclinés). Les ouvriers accèdent au fond de la glacière à l'aide de grandes échelles. Là, c'est dans la pénombre froide et humide, juste éclairés par des lampes à huile, qu'ils vont réaliser ce travail pénible de "cavage" (compactage de la glace ou de la neige) par couche de 20 à 40 cm à l'aide de dames de bois. Chaque épaisseur est séparée par de la paille. Au fur et à mesure, un isolant constitué généralement de paille est placé verticalement entre les parois de la glacière et la glace. Lorsque le remplissage est terminé il faut alors réaliser la confection du "chapeau". Pour recouvrir l'ensemble, il faut une glace d'une qualité particulière qui doit être parfaitement lissée. Avant de fermer la glacière, l'espace compris entre le chapeau et la voûte doit être rempli de paille . Toutes les ouvertures sont alors condamnées au moyen de triple portes afin d'assurer une bonne isolation thermique. Pour augmenter celle-ci, l'espace ainsi laissé est également bourré de paille. Dans certaines glacières la porte principale ne s'ouvre pas directement sur l'extérieur mais dans un

sas semi-tempéré qui peut servir d'atelier ou de logement. Pour une glacière de 700 m³ cela représente environ 600 journées de travail sur une période de 3 semaines environ.

1-4-3 : Le déchargement de glacière de Pivaut

Les portes, calfeutrées en général vers février, sont ouvertes au début mai. La paille qui protège "le chapeau" a pourri sous l'effet de la glace qui a fondue. Il faut donc faire un bon nettoyage de celle-ci avant de commencer l'extraction. Les opérations nécessitées par le déchargement étaient moins importantes, tant du point de vue de la manipulation que la main-d'oeuvre employée. La variable temps était cependant tout aussi impérative car, lorsqu'une glacière avait été ouverte, il fallait écouler rapidement son contenu sous peine de devoir faire face à d'importantes pertes.



Figure 93: Transport de neige ou de glace à dos d'homme, ([histoire-eau-](#)



Figure 94: Porte principale de la glacière pour l'extraction de la glace, ([histoire-eau-hyeres.fr](#))

La glace est alors découpée en blocs et comprimé dans deux types de cornues

- La première technique semble avoir été le remplissage de cornues en bois équipées de deux poignées en bois afin de pouvoir les soulever avec un palan, les manipuler à la main et les attacher sur le dos des mulets. Ce moyen de transport est essentiellement employé jusque vers 1790.
- La deuxième technique consiste à comprimer la glace dans des moules métalliques cylindriques sans fond qui s'ouvrent verticalement avec des charnières. Ils sont hissés au moyen de poulies jusqu'à la porte de la glacière. Les pains de glace, qui pèsent 300 kg, sont alors démoulés et chargés sur des charrettes.

Le transport est assuré de nuit par des cortèges de mulets et de bourriques (ânes) afin de livrer la glace juste à l'aube, principalement dans les villes de Marseille et de Toulon. arrivés sont sûr de

vendre leur glace. Durant le parcours il y a une perte de 20 à 30% du volume.



Figure 95: Le transport avec mulet qui portait ainsi deux cornues de 70 kg, (histoire-eau-hyeres.fr)

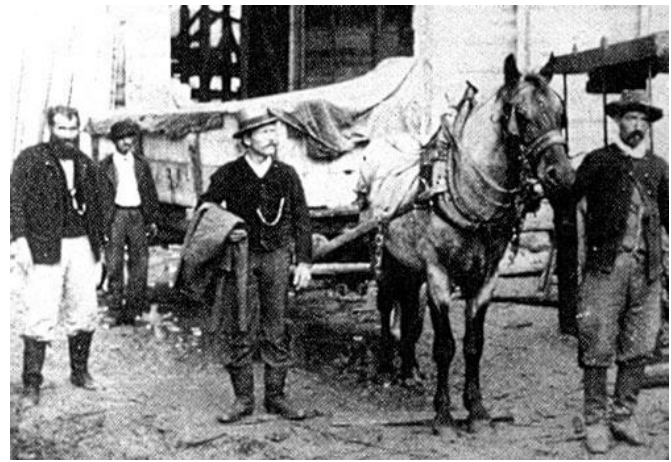


Figure 96: Avec l'amélioration du réseau routier le transport de la glace vers les sites de livraison peut se faire avec les charrettes, (histoire-eau-hyeres.fr)

5-3 : Propriété et gestion de glacière

Le système de production, de stockage et d'approvisionnement de glace à Meybod, outre sa valeur architecturale, sa valeur technique, sa valeur économique et sa valeur historique, comporte des valeurs immatériels liées aux aspects sociaux et identitaires de la société iranienne. La célébration et le rassemblement de la population locale lors de l'exploitation de la glace montrent l'importance de ce produit parmi les Iraniens.

Le système de gestion de ces bâtiments a été l'un des facteurs sociaux les plus importants qui ont conduit à l'émergence et au développement de nombreux systèmes de production de glace traditionnels en Iran.

Le système de gestion des glaciers suit les principes d'un concept appelé : "**waqf**"

waqf est, dans le droit islamique, une donation faite à perpétuité par un particulier à une œuvre d'utilité publique, pieuse ou charitable, ou à un ou plusieurs individus. Waqf est une institution influente qui existe pour satisfaire la vie de manière essentielle en fournissant à la communauté musulmane de vastes services sociaux, éducatifs et économiques. (Suleiman,2016)

La construction de services publics pour les personnes et par les personnes, requiert une conviction immatérielle forte pour un être humain dont le désir principal est de maximiser ses avantages individuels. Cette conviction pousse une personne à rechercher le confort public d'une société plutôt que de penser à ses propres avantages.

L'une des caractéristiques les plus importantes de ces bâtiments est que, en raison de la nature de Waqf, ils ne sont ni négociables ni transférables, qu'ils sont permanents et que leurs intérêts sont dans l'intérêt de tous les habitants d'une ville ou d'un village. En raison de la nature du Waqf, ces bâtiments ont été protégés du vol, de la fraude et du vol du gouvernement ainsi que de la cupidité personnelle. La résilience du système est en effet remarquable.

Waqf est diversifié et comprend tous les types de bâtiments sans exception, en plus de couvrir les activités qui se déroulent à l'intérieur immeubles. Les restitutions du waqf ont servi à financer les activités couvertes par le waqf et à rembourser la conservation du waqf lui-même, ce qui a contribué à la préservation d'un nombre important de monuments historiques jusqu'à aujourd'hui. (El Basyoni, 2011)

Il a été démontré que beaucoup d'*awqaf* (les bâtiments construits selon les principes du Waqf), avaient survécu pendant plus d'un demi millénaire et même plus d'un millénaire. (Çizakca, 1998)

La gamme fonctionnelle des bâtiments de dotation est très large et englobe un large éventail de fonctions religieuses (mosquées), d'éducation (écoles), de services (bains, réserves d'eau), etc.

Ce qui est intéressant à propos de Waqf en glaciers iraniennes traditionnelles, c'est que ces bâtiments ont une fonction industrielle et que leurs propriétaires et constructeurs, quels que soient leurs avantages économiques, les ont consacrés aux avantages des habitants de la ville ou du village. Par exemple, il y a une glacière nommée Abbas Abad à Kerman, où son propriétaire est un grand propriétaire foncier. La glace était gratuite pour tous les agriculteurs qui travaillaient sur ses terres. Les travailleurs payés à la journée bénéficient également de cet avantage. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 22)

Les habitants, en plus d'utiliser de la glace, avaient la possibilité de stocker leurs aliments et leurs boissons dans les glaciers afin de rester au frais. Le système de gestion du waqf est l'un des aspects sociaux les plus importants des glaciers iraniens traditionnels, ce qui indique la participation sociale des habitants à la construction et à la conservation de ces bâtiments dans le passé.

Alors que le concept de Waqf découlait de règles religieuses, il était profondément enraciné dans les croyances des gens. Pour cette raison, les gens essayaient de rendre tous les services d'Awqaf également accessibles à tous les habitants. Cette tentative incluait la disponibilité de glace pour tous les habitants du village ou de la ville, même les plus pauvres.

Voici quelques exemples montrant l'accessibilité de la glace pour tous :

- *L'utilisation de la glace est si courante que même les plus pauvres sont en mesure de la fournir...*

- *Dans les villages, la glace était distribuée quotidiennement entre les propriétaires et les ouvriers, et le reste de la part de chaque jour appartenait aux pauvres. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015,194- 195)*

- *La méthode de production de la glace iranienne était si développée que même les pauvres pouvaient utiliser de la glace pour refroidir leurs boissons. (Ghobadian, 329)*

- *Comme il y a beaucoup de glaciers autour des villes, la glace est bon marché tout l'été et les pauvres peuvent aussi l'utiliser pour refroidir de l'eau et des fruits. Le sirop et les fruits restent au frais dans tous les magasins avec de la glace. Ils en chargent de gros morceaux et le vendent partout dans la ville. (Mohammadi Soltani, 2016)*

Il est également important que tous les glaciers en Iran n'aient pas été consacrés au public et certains employeurs ont construit ces bâtiments dans un souci de rentabilité financière.

Chardin, un voyageur français qui s'est rendu en Iran au 17ème siècle, a décrit la production de glace de la manière traditionnelle en Iran: "Quand l'eau était gelée en parcelles carrées, ils les cassaient, les découpaient en morceaux et les jetaient dans la fosse, pour faire cela, la nuit, les habitants du quartier se rassemblent et cris de joie en ramenant des torches autour de la fosse et en coupant les gros morceaux de glace et en projetant de l'eau entre les deux morceaux de glace pour

les coller ensemble. Dans les six semaines, le réservoir est rempli de glace. “ (Shafaghi, 44 : 2007) Indépendamment de l'état de possession du glacier, un sentiment de solidarité sociale s'est formé entre les habitants autour des glaciers.

En hiver, ils produisaient de la glace et les stockaient dans des glaciers. Après le stockage, ils bloquaient les entrées de glacier avec des matériaux locaux jusqu'à l'arrivée de l'été. Au milieu de l'été, au moment de déverrouiller les portes et d'utiliser la glace, la majorité des habitants se sont rassemblés pour célébrer cet événement.

Ces événements démontrent l'importance de la glace dans la société iranienne et la solidarité des peuples pour la produire avant l'industrialisation. En plus de ce qui précède, la connaissance de la construction des glaciers dans chaque région fait partie des valeurs immatériels de ces bâtiments. Dans différentes villes du désert central iranien, différentes méthodes ont été appliquées pour la construction des glaciers. Dans chaque région, l'expert local (l'architecte) a choisi une méthode différente pour la construction des glaciers, en tenant compte des matériaux disponibles, du type de sol et de sa résistance, ainsi que des autres facteurs. Malheureusement, ces méthodes de construction locales n'ont pas été rassemblées par écrit et n'ont été transmises que verbalement. C'est la raison pour laquelle nous ne disposons pas d'informations précises à leur sujet. Il est nécessaire d'étudier et de valoriser les connaissances techniques de la construction traditionnelle des glaciers en tant qu'aspects immatériels importants de ces bâtiments.

6-3 : Commerce de la glace en France

En Occident, cette activité s'accroît considérablement à partir de la Renaissance. Plusieurs conditions ont été propices à cet essor: le développement des centres urbains et des modes de vie citadine, une relative stabilité politique, un refroidissement général de la planète observé entre 1550 et 1850 et qui a valu à cette période le nom de «Petit Âge de Glace». Au cours de cette époque, la production et la consommation de «neiges et glaces» connaissent souvent une organisation rigoureuse, rapidement contrôlée par les pouvoirs publics: les rois, les princes d'église, les gouverneurs des villes nommés ou élus. Les témoignages et les vestiges du «commerce du froid» (documents écrits et graphiques, récits, objets, bâtiments ...) deviennent alors de plus en

plus nombreux. En France, aux XVII et XVIII siècles, la distribution de la glace est généralement une “ferme”, c'est-à-dire une charge achetée à un pouvoir public ce qui donne à l'acquéreur des responsabilités (fourniture suffisante, qualité du produit, stabilité des prix) tout en lui accordant des avantages (exclusivité pour l'acquisition et la vente du produit) dans le périmètre du territoire concerné. L'intervention royale vient compliquer ce système commercial et institutionnel. la glace était utilisée de multiples façons: pour la conservation du poisson frais, des aliments, dans les hôpitaux, pour les boissons, en sorbets, etc. C'était un marché juteux, mais qui comportait des risques importantes. L'histoire des glaciers de la Sainte Baume peut se diviser en trois périodes, qui correspondent aux périodes de production définies plus haut. L'ensemble constitue une des plus importantes concentrations du périmètre méditerranéen et est historiquement connu depuis le milieu du XVIIe siècle.

1- Milieu du XVIIe siècle:

“Deux marchands marseillais obtinrent en 1648 les premiers privilèges et construisirent les premières glaciers, l'une à Gême-nos, sur le versant de la Sainte Baume, à 25 km de Marseille, 30 de Toulon, la seconde à Mimet, sur la chaîne de l'Etoile, à 20 km d'Aix, 30 de Marseille. Elles furent construites vers 1650 et leur exploitation commença vers 1653.”

2- Au début du XVIIIe, avec le développement du marché.

3- la période de la production massive.

“Mais la consommation augmente toujours, aussi vers 1790, il faut reprendre le problème et envisager la construction de glaciers par dizaines; cela demande de l'eau en abondance et des chemins en état de permettre des charrois groupés et fréquents. Une seule région pouvait répondre à de telles besoins... Fontfrège, situé sur la commune de Mazaugues, à l'est et en contrebas du Joug de l'Aigle [extrémité nord de la Sainte Baume,] qui possède de nombreuses sources à 800 m d'altitude.” (Nedonsel, 1981 : 105)

La production va continuer à se développer tout au long du XIXe siècle jusqu'à ce que, d'une part l'utilisation du chemin de fer, de l'autre l'apparition de fabriques de glace industrielle, viennent concurrencer, puis mettre un point final, à la production.

La glace était utilisée pour les différentes raisons :

- Les pains de glace à placer dans des armoires fermées hermétiquement afin de rafraichir les denrées alimentaires et les boissons (ancêtre du réfrigérateur),
- La glace concassée permet de rafraichir directement les étalages des poissonneries et autres,
- La glace pour rafraichir les couverts et verres avant un repas,
- La glace à immerger dans les boissons (glaçons),
- La glace pour réaliser des sorbets et glace (à l'ancienne),
- La glace à immerger dans des bacs d'eau pour refroidir les bouteilles et autres boissons,
- La glace pour des applications médicales (boissons fraîches ou applications locales sur les maux à soigner). La glace naturelle fabriquée à la Sainte-Baume a toujours été un produit de luxe relatif. Jusqu'au début du XXe siècle, le kilo de glace se vendait au prix du blé. Au total, Fontfrège offre l'exemple d'une industrie originale dont le développement, la fortune et l'ampleur ont été essentiellement tributaires de la consommation urbaine.

CONCLUSION

L'usage et le commerce de la neige et de la glace sont des habitudes et des savoir-faire connus et attestés depuis le III^e millénaire avant notre ère. Ils sont particulièrement vivaces et durables autour de la Méditerranée Orientale. Les plus anciens vestiges de l'activité proviennent de la Grèce et de la vallée de l'Euphrate (actuel Irak). Pendant l'empire romain, la glace était considérée comme essentielle pour luxe et santé. Comme la glace est recherchée depuis des milliers d'années, il a fallu mettre en place un système de stockage pour empêcher la glace de fondre trop rapidement. Ces installations de stockage ont évolué au fil du temps, des grottes aux granges. Des glaciers ont été construits dans le monde entier pour stocker la glace. En Occident, cette activité s'accroît considérablement à partir de la Renaissance. Cet essor est indissociable des évolutions démographiques et socioculturelles de la Renaissance (croissance des villes et valorisation des modes de vie citadins, changements dans les conceptions du confort et de la santé, confiance grandissante dans les progrès techniques).

Jusqu'en 1600, l'Iran, bien que réputé pour être une terre de grande antiquité et d'importance biblique, restait en grande partie inconnu des Européens. L'établissement de la dynastie Safavid au tournant du XVI^e siècle avait éveillé une nouvelle curiosité dans le pays. Au tournant du dix-septième siècle, les voyageurs européens ont commencé leur voyage en Iran. Leurs observations, publiées dans des dizaines de récits de voyage, ont considérablement amélioré le volume et la qualité des connaissances sur l'Iran en Europe, sortant le pays de son royaume fabuleux et le transformant en un lieu expérimental et décrit, perspective empiriste. Ces voyageurs ont répertorié différents aspects de la culture iranienne, dont le plus remarquable est l'architecture iranienne. Ce qui rend particulièrement remarquables les récits de voyage du XVII^e siècle, ce n'est pas seulement le niveau de détail qu'ils fournissent sur les aspects architecturaux, mais la nouvelle approche de la connaissance interculturelle qu'ils représentent. Les voyageurs européens ont rapporté pour la première fois l'utilisation populaire de la glace et des glaciers en Iran au 17^e siècle. Ces observations ont eu lieu à un moment où la construction de glaciers dans les châteaux et les manoirs devenait de plus en plus courante en Europe. La production et le stockage de glace en Iran, en raison de son climat particulier dans les régions désertiques et de ses conditions climatiques difficiles, nécessitent l'adoption et l'application de méthodes différentes. Ils ont réalisé des esquisses et des descriptions de différents éléments architecturaux de glaciers iraniens dans

différentes villes. Ils ont également décrit les aspects sociaux, économiques et autres liés à la production de glace et au stockage de la glace en Iran. Nous pouvons trouver des similitudes dans les éléments architecturaux, les méthodes de production de glace, le stockage de la glace et aussi des techniques de construction dans des exemples iraniens et européens. Certains éléments architecturaux tels que les "murs d'ombrage" sont particuliers pour les climats chauds et arides où la protection contre le soleil est essentielle pour les bassins. Comme la situation climatique est totalement différente dans les pays européens, ces murs ne constituaient pas un élément essentiel du système de production de glace. En étudiant les glaciers de la Sainte-Baume et le processus de fabrication de la glace, nous pouvons constater que les bassins hydrographiques d'eau ont fonctionné sans aucun mur d'ombrage. D'autres éléments tels que la structure de stockage en forme de dôme et les bassins d'eau étaient des éléments de base, principalement présents dans les glaciers de différentes régions. Il n'existe aucun document qui déclare officiellement l'influence particulière des techniques iraniennes dans la construction et le stockage de la glace en Europe, mais il est possible de penser que les échanges culturels entre l'Iran et l'occident aux XVIIe et XVIIIe siècles ont eu de nombreuses influences architecturales des deux côtés.

Une des principales différences entre les glaciers iraniens et leurs exemples européens est qu'en Europe, la production et le stockage de la glace étaient considérés comme une véritable industrie ayant des avantages financiers absolus. La glace a été produite et vendue aux villes environnantes à des fins différentes. En Iran, les glaciers ont été construits pour la plupart par le gouvernement ou des personnes riches à l'usage du public. Dans la plupart des cas, il n'y avait aucune idée du commerce ou de l'industrie et par conséquent, un avantage financier. Ceci était enraciné dans le système de gestion des villes islamiques qui était basé sur l'idée de "Waqf". Waqf est, dans le droit islamique, une donation faite à perpétuité par un particulier à une œuvre d'utilité publique, pieuse ou charitable, ou à un ou plusieurs individus. Ce concept a joué un rôle majeur dans la structure socio-économique des Iraniens. Les glaciers traditionnels en Iran ont non seulement une importance technique et architecturale, mais ils clarifient également les faits de la culture et de la société avant l'industrialisation dans certaines régions d'Iran. ces valeurs sont découvertes lors de l'étude des glaciers et comparées avec l'exemple européen. les valeurs matérielles et immatérielles de ces bâtiments sont décrites ci-dessous:

Valeurs matérielles :

- *Valeur architecturale* : Le système global de production et de stockage d'eau a été construit avec des matériaux locaux et simples. Dans chaque région, la construction de ce système a suivi les principes de l'architecture vernaculaire de la région. Les structures hautes en forme de dôme, qui sont en réalité des réservoirs de stockage de glace et ont été construites sans outils mécaniques ni d'échafaudages, ont des valeurs esthétiques et architecturales. Ces bâtiments fonctionnaient avec des sources d'énergie renouvelables.

- *Valeur technologique* : Dans la construction des glaciers, à l'instar des réservoirs d'eau souterrains (Qanats), les techniques et l'art d'utiliser une eau optimale dans un environnement désertique rude sont vraiment importants. L'architecture des Qanats dans la région chaude et aride de l'Iran et l'approvisionnement en eau par ces réservoirs pour la production de glace ont nécessité des techniques de construction sophistiquées. Les techniques de production de glace consistant à créer des bassins d'eau et de simples murs d'ombrage, puis à restaurer la glace dans des structures en forme de dôme en été, étaient également un processus technique.

- *Valeur économique* : Pendant la période estivale et après la collecte de glace, les habitants ont utilisé les bassins d'eau vides pour l'agriculture. Ces bassins, qui étaient liés aux Qanats, étaient utilisés pour la culture de légumes et de produits agricoles destinés à la vente à la population locale et aux villages environnants.

Valeurs immatérielles :

- *Valeur culturelle* : Mis à part l'importance technique et architecturale des glaciers traditionnelles, ces structures témoignent de la situation culturelle de la société iranienne avant l'industrialisation. L'importance de l'utilisation de la glace pendant les mois d'été chauds pour les Iraniens était très significative du fait que divers événements et rassemblements avaient eu lieu pendant la saison de collecte et de vente des glaces auprès de la population locale.

- *Valeur sociale* : Les glaciers, comme de nombreux bâtiments en Iran tels que les réservoirs d'eau, les Qanats, les bains publics traditionnels (Hammam), etc., se sont formés en respectant les lois du "Waqf". La dotation publique est l'un des principes de base de la société iranienne. Les

personnes ayant une bonne situation financière avaient construit les glaciers à l'usage du public pour les travailleurs, les agriculteurs et les pauvres. Construction de services publics pour les personnes.

Bibliographie

- ABDIL AZIM, P, (1993). «The ancient city of Meybod, a historical study of the construction of a desert city», Meybod; Meybod Azad university pub.
- ACOVITSIOTI-HAMEAU Ada, «*La glace à rafraîchir. Acquisition, consommation et implications socioculturelles*», Supplément n°1 au Cahier de l'ASER.
- ACOVITSIOTI-HAMEAU Ada, «*L'artisanat de la glace en Méditerranée occidentale*», Supplément n°1 au Cahier de l'ASER.
- ASGHARI MOGHADDAM, Mohammad Reza, «*Ice houses, forgotten urban structures*», Journal of Geographic Education 16 (59), pp. 48-52.
- BAHADARO NEJAD, M, ALIREZA Dehghani, (2010). «*Natural and traditional ice production in IRAN*», Yazda pub; 1st edition.
- BARSHAN, Mohammad, (2009). «*History of water and irrigation in Kerman province*», Kerman; Kerman Shenasi center pub.
- Beamon, S., & Roaf, S. (1990). *The Ice-Houses of Britain*. Routledge, London, England.
- BUXBAUM, Tim, (2014). «*Ice Houses*» Shire pub.
- CASALS, C, VICTOR Moussion, (1994). «*La glace naturelle et son commerce à Marseille sous l'Ancien régime*», Association découverte Sainte-Baume.
- CIZAKCA, Murat, (1998). «*AWQAF in history and its implications for modern Islamic economies*», journal of Islamic Economic Studies Vol. 6, No. 1.

- BEAZLEY, Elisabeth, (1977). « *Some vernacular buildings of the iranian plateau* », 15. pp.89-102.
- DANESH YAZDI, F, (2003). « *Ice house, The art of desert architecture* », Journal of Yazd culture 16-17, pp. 41-47.
- DEHQANI, A, (2009). « *Itinerary of Madam Diolafava* ». Yazda pub.
- DEHGHAN MEHRJERDI, E, (2011). "*Meibod in history mirror (excursion in history and culture of Meibod people)*", Semnan: Hable rood publication.
- DIOLAFAVA, M. J, (1990). « *Itinerary of Madam Diolafava* ».
- Documents of Nomination of Persian Qanat as UNESCO world heritage, (2016).
- DUBOIS, G, JEAN labadie, (2001). « *Les Glacières de La Sainte Baume. Patrimoine rural et sentiers de randonnée à travers le Réseau Vert départemental* », Las neveras y la artesanía del hielo : la protección de un patrimonio etnográfico en Europa, (ISBN 84-7820-637-X), pages671-674.
- EL BASYONI, M, (2011). « *Revitalization of the role of waqf in the field of architecture: activation of waqf to improve the function of public buildings* ».
- ERFAN FAR, M. (2005). « *Eternal life: documents set of endowed properties in Meybod* », Qom, Nasim Kosar pub.
- GHOBADIAN, Vahid, (1998). « *Climate study of traditional Iranian buildings* », Tehran; Tehran university pub.
- GILLISPIE, Elizabeth A, (2006). « *An Examination of an Ice House at Old Town Plantation* », B.A., GEORGIA SOUTHERN UNIVERSITY.

- «*Glacières et caves à neige du Rhône*», (2000). Département du Rhône, Pré inventaire des monuments et richesses artistiques, 99 p. (ISBN 2-910865-11-8).

- GOYON, Florence, (2002). « *Une glacière vénérable en Mâconnais* », revue Images de Saône-et-Loire, No. 131. pp. 22-23.

- HERBAGE, Bénédicte, (1992). « *Les Glacières de Strasbourg*», Strasbourg, (ISBN 2-9506376-5-5).

- HOSSEINI, B, ALI Namazian, (Septembre 2012). « *An overview of Iranian ice repositories, an example of traditional indigenous architecture* », METU journal of the faculty of architecture 29 (2), pp.223-234.

- JORGENSEN, Henri, (2012). « *Ice houses of Iran* », Mazda Pub; 1 edition.

- GOBLOT, Henri, (1963). « *Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire* », pp. 499-520.

- « *La glace et ses usages*», (1991). Presses Universitaires de Perpignan, 151 pages.

- MARTIN, Jean, (1997). « *Glacières françaises : histoire de la glace naturelle*», Éd. Errance, Paris, (ISBN 2-87772-138-8).

- MOHAMMADI SOLTANI, M, Mohammad Boluri Bonab, (2015). «The study of the physical structure of the glaciers in Nayin», ASAR trimestriel scientifique et artistique, No. 73. pp. 43-57.

- MOKHLESI, M. (1985) « *Traditional Refrigerators, the Forgotten Masterpieces*», the Second Congress on Architecture and Urban Planning History », (2), pp.68-98.

- « *Les Glacières de la Sainte Baume* », (exposition itinérante de l'Association pour la valorisation de l'accès aux sciences et techniques), CRDP, Marseille, 1986, pp. 147-176.
- MAHDAVINEJAD, M, KAVAN Javanrudi, (July 2012). « *Assessment of Ancient Fridges: A Sustainable Method to Storage Ice in Hot-Arid Climates* », Asian Culture and History, 4 (2).
- MONTJARDIN, Raymond, « Les glacières de l'Hérault et du Languedoc », in Ada Acovitsioti-Hameau, *De neiges en glaces : actes de la première rencontre internationale sur le commerce et l'artisanat de la glace, Brignoles, 6 au 9 juillet 1994*, supplément n° 5 au *Cahier de l'ASER*, 1996, pp. 177-187.
- NAZARIEH, N, NIMA Vali Beig, (2017). « *Ice houses of Iran, cold and stable over time* », Kerman shenasi center pub.
- NEDONSEL, Yves, (1981). « *Le massif de la Sainte Baume et la production de glace naturelle : les glacières de Fontfrège* », Monde alpin et rhodanien, Le Revue régionale d'ethnologie, 9-2-3 pp. 103-125.
- PAPELI YAZDI, M, MAJID Labaf Khaniki, (2008). « *Ice house and producing artificial ice* », Second regional conference of climate changing (Meteorological Organization of IRAN).
- PERENAU I LLORENS, Jaume, (2000). « *L'industrie des glacières à glace naturelle en Europe : le cas de la Catalogne* », Thèse de doctorat Histoire des techniques, École des hautes études en sciences sociales, Paris.

- PONCELET, Benoît, (1994). « *Les anciennes glacières de Saint-Gilles* », Domalco.
- SHAHABI, Mohammad Reza, «*The impact of public endowment in the formation of urban spaces*», Quarterly journal of geographic research, 72.pp. 135-150.
- HANACHI, Pirooz et.al, «*Towards Sustainable Earthen Architecture, with Special Reference to IRAN*», Sustainable Architecture and Urban Development, pp.129-145.
- JANEH-ELLAHI, M, (2006). "*Forty articles on Meybod ethnography*", Tehran: Ganje Honar publication
- WARD, Paul, « *Qanats and Lifeworlds in Iranian Plateau Villages* », YALE F&ES BULLETIN.
- VALI BEYG, Nima et.al, (2017). «*Analysis of the effect of shading wall geometry in the southeastern ice houses of Iran*», Journal of art university, (18), pp.148-165.
- SEYED HOSSEINI, Farshad, (1998). «*Archeological monuments of Meybod city*», Kerad Taft pub.
- SOLTANI MOHAMMADI, M, MOHAMMAD Boluri Bonab, (2016). «*Study of the physical structure of ice houses in Nayin city*», Asar quarterly, (73), pp.43-58.
- ZAKER AMELI, Leila et.al, (2006). «*Ancient city of the desert*», Naghshe Khorshid pub.



UNIVERSITÉ PARIS 1 PANTHÉON SORBONNE

UFR 09 / Département d'Histoire

Master TPTI

Techniques, Patrimoine, Territoires de l'industrie :
Histoire, Valorisation, Didactique

Projet tutoré

MIXITERRE (La terre comme matériau de construction)

Etude de cas : Glacières traditionnelles en Iran, exemples d'architecture en terre

Anahita Oyar Hossein
Luis Antonio Ibanez Gonzalez
Anastasie Gaël

Sous la direction de
Anne-Sophie Rieth

2018-2019

PLAN

I. ARCHITECTURE EN TERRE, ARCHITECTURE DURABLE

1-1 : En général

2-1 : En Iran

II. LES GLACIÈRES TRADITIONNELLES IRANIENNES

1-2-Méthodologie de recherche proposée

2-2-Contexte géographique

3-2-Contexte historique

4-2-Chaîne opératoire

5-2-Techniques de construction

6-2-Autres types de glaciers

III. CONSERVER LE PATRIMOINE DE L'ARCHITECTURE EN TERRE

1-3- État actuel des glaciers en Iran

2-3-Glacière de Ali Abad

3-3-Glacière de Jalali

CONCLUSION

IV. Entretien avec M. Majid Kafei (professeur d'architecture iranienne)

Bibliographie

1- Architecture de terre

1-1-En général

Depuis toujours, la Terre a fourni des réponses appropriées à la vie humaine. Dans les situations climatiques les plus difficiles, la Terre a montré différentes façons aux gens afin qu'ils puissent rendre leur vie confortable. Les différents procédés de construction en terre, permettent d'utiliser un matériau disponible sur place et gratuit. Le choix de la technique de mise en œuvre dépend de la culture et du savoir-faire des maçons ou charpentiers. (Solène Delahousse,2011) L'architecture en terre est l'une des plus originales et plus puissantes expressions de notre capacité humaine à créer un environnement construit en utilisant des ressources disponibles localement. Elle comprend une grande variété de manifestations architecturales et urbaines, qui toutes montrent le génie de leurs créateurs en raison de la situation climatique, géographique et économique de leur environnement. L'architecture en terre en raison de sa compatibilité avec son contexte et l'application du matériel simple disponible qui correspond le mieux aux conditions de l'environnement, est considérée comme une architecture durable. Dans différentes parties du monde, on peut voir divers types de constructions en terre qui sont différentes en termes d'échelle, de techniques et de matériaux et qui offrent toutes les meilleures conditions de vie à leurs habitants.



*Cité antique d'Ur, Irak,
(www.Imilyarbilgi.com/haber/ziggurat-nedir-haberi)*



*Cité de Chan Chan, Pérou,
(www.Imilyarbilgi.com/haber/ziggurat-nedir)*



*Cité antique de Shibam, yémen,
(vernaculaire.com/immeubles-antiques-de-shibam)*



*Yazd city, Iran
(www.flytoday.ir)*

"Actuellement, on estime que la moitié de la population mondiale - environ trois milliards de personnes sur six continents - vit ou travaille dans des bâtiments construits en terre". (Rael, 2008) Construire avec des matériaux terrestres, peut être un moyen d'aider à la gestion durable des ressources de la terre car elles peuvent être construites en utilisant des machines simples et l'énergie humaine. Les bâtiments en Terre évitent la déforestation et la pollution, et peuvent réaliser de faibles coûts énergétiques tout au long de leur cycle de vie fabrication et la construction initiales, à leur occupation, et finalement leur recyclage vers la nature. (Hanachi et.al, 2011)



Réparation des Musgums au Cameroun par les locaux, (www.pinterest.com/pin/483644447460020397/)

Les bâtiments en terre dureront pendant de nombreuses années avec un minimum de réparations nécessaires. Ces dernières sont simples et peu coûteuses à réaliser. Même si l'existence de sites historiques peut prouver que les sols sont aptes à durer des siècles, il est important de comprendre que le choix du sol pour une technique particulière n'a pas été fait par hasard. Très probablement, les civilisations anciennes ont essayé plusieurs techniques avant de perfectionner celles que nous connaissons maintenant. En outre, la survenance de catastrophes naturelles a probablement aidé les peuples anciens à modifier et à adapter les techniques pour mieux résister à ces catastrophes au fil du temps.

L'un des exemples remarquables de ce type d'architecture est le système hydraulique de Shushtar. Deux grands canaux dérivant l'eau de la rivière Kârun, creusée il y a au moins 18 siècles, ont contribué à la création de la ville de Shushtar et à l'irrigation de 40 000 hectares de terres agricoles dans un environnement semi-désertique. Ce remarquable travail de génie civil montre une belle appréciation des propriétés mécaniques des sols. choisir le meilleur type de sol et l'application de ce matériau pour la construction de ce système compliqué, exige grande connaissance des matériaux de la terre.



*Les moulins à eau et la zone des Cascades du système hydraulique historique de Shushtar,
(www.Wikipedia.com)*

Cet exemple est donné pour démontrer que l'architecture en terre avec des matériaux très simples, n'est pas un travail simple et non professionnel. L'architecture en terre est un processus technique qui nécessite une bonne connaissance des matériaux, de l'état de la terre et des techniques de construction. Le système hydraulique de shushtar, est un système très complexe qui est entièrement formé par des matériaux de terre et il fonctionne toujours.

Comme mentionné précédemment, la construction avec des matériaux en terre présente de nombreux avantages. Selon Hanachi, les avantages des matériaux en terre sont classés en trois parties. (Hanachi et.al, 2011)

1: Avantages environnementaux:

- Les matériaux en terre ne consomment aucune énergie non renouvelable. Tout ce dont ils ont besoin, ce sont l'énergie solaire et humaine.
- Les matériaux en terre ne produisent pas de déchets industriels ou chimiques et ont l'avantage supplémentaire d'être presque entièrement recyclables.
- Les matériaux en terre ne sont pas seulement non polluants dans leur utilisation, ils garantissent également l'absence d'effets nocifs dans le cadre de la vie quotidienne tels que l'absence d'émissions gazeuses ou d'autres composants chimiques toxiques, les émissions radioactives, etc.
- Les textures de surface, la couleur, la forme et la luminosité du matériau en terre en font un matériau attrayant pour les bâtiments sans ruiner l'environnement naturel.

2: Avantages économiques:

- Les matériaux en terre sont souvent comparables en termes de coût, voire plus économiques que les technologies concurrentes. Ils ne nécessitent aucun coût de transport important car il s'agit généralement d'une infrastructure de production légère.

3: Avantages climatiques

- En tant que matériau de masse élevée, les variations de température sont compensées par un relâchement temporel de l'énergie solaire absorbée fournissant ainsi une température interne stable et confortable (chauffage solaire passif).
- La Terre a la grande capacité d'absorber et de libérer l'humidité de l'air intérieur, stabilisant ainsi l'humidité à l'intérieur des pièces et offrant un cadre de vie sain.

Malgré de nombreux avantages, la construction par des matériaux en terre a quelques inconvénients inévitables.

- La construction en terre nécessite beaucoup de main-d'œuvre.
- Dépendance de la construction sur les conditions météorologiques.
- Limitation structurelle.
- Besoin d'entretien élevé et de résistance à l'eau.

2-1-En Iran

Les premiers signes de peuplement sur le plateau central de l'Iran remontent à 7000 BC. Des masses de boue formées les unes à côté des autres pour construire les premiers habitats humains. Bien que dix mille ans se soient écoulés depuis la construction des premières colonies, la boue est toujours utilisée comme agent de liaison approprié, dans un matériau coûteux et disponible qui a matérialisé le confort et le repos des Iraniens en l'espace de plusieurs millénaires.

La partie centrale de l'Iran, a une situation climatique difficile. La chaleur et l'aridité, ainsi que le manque d'eau dans cette région, entraînent des styles de vie différents par rapport à d'autres parties de l'Iran. Dans cette région chaude et aride, les chefs-d'œuvre de l'architecture iranienne ont été formés par les manières les plus simples possible.

La ville de Bam à Kerman qui est considérée comme l'une des régions les plus arides et désertiques d'Iran, est l'un des meilleurs exemples des capacités de la terre à répondre aux besoins de la vie dans des conditions environnementales difficiles. Bam est l'exemple le plus représentatif d'une ville médiévale fortifiée construite selon une technique vernaculaire, à l'aide de couches de terre. Le paysage culturel de Bam est une représentation importante de l'interaction entre l'homme et la nature. Il a conservé des canalisations antiques, des colonies et des forts comme points de repère et comme preuve tangible de l'évolution de la région. L'élément principal qui a formé cette immense ville est la matière. Le matériau qui est venu de la terre a répondu pleinement à toutes les conditions climatiques de la région.



La ville de Bam, Kerman, Iran, (www.kojaro.com)

L'utilisation de matériaux indigènes est l'un des principaux principes de l'architecture iranienne et a longtemps été présentée dans différents exemples de cet art. L'un des plus grands professeurs de l'architecture traditionnelle iranienne (Hasan Pirniya) croit que le terme *“autosuffisance”* est l'une des principes qui forment la notion de l'architecture traditionnelle iranienne .Il dit: *“Le matériau est l'endroit où le bâtiment est construit et utilisé autant que possible “* C'est ce que nous appelons aujourd'hui *“l'architecture durable”* dont l'un des principes repose sur l'autosuffisance. La terre, fournit le meilleur matériel pour l'homme et cette interaction efficace entre l'homme et la nature forme une architecture durable.

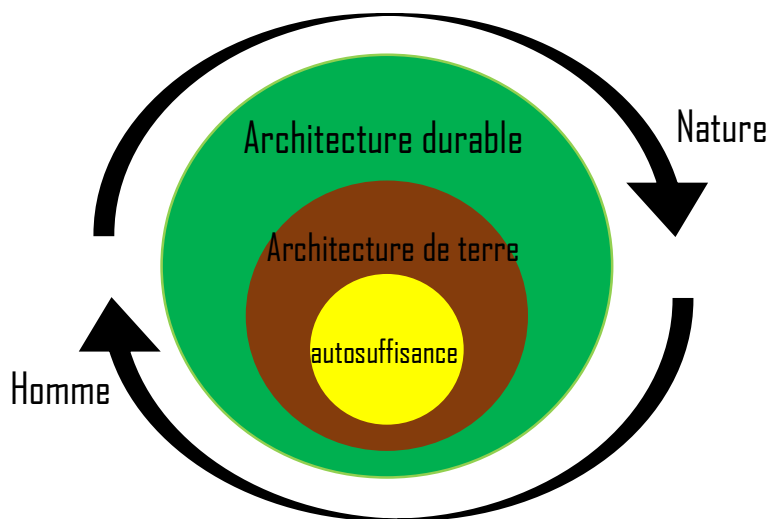


Diagramme montrant les relations d'éléments pour former le concept de « Autosuffisance », (auteur)

La Terre est considérée comme l'un des matériaux les plus anciens connus et utilisés dans la construction depuis environ 10,000 ans. Rien n'est plus répandu que des matériaux inépuisables et polyvalents tels que la terre, l'argile et le sol qui ont été utilisés pour construire plusieurs habitats dans différentes parties du monde. Partout dans le monde, les gens ont transformé ce matériau lourd, sombre et sans forme en un matériau de construction plus léger. Ils ont créé leurs espaces de vie et ils ont adapté leurs réponses architecturales et constructives en fonction du comportement et des propriétés du sol.

Chaque matériau de construction dans la ville du désert est composé de boue et de ses dérivés. En fait, rien d'autre que de la boue et du mortier peuvent être utilisés dans ces régions parce qu'il n'y a aucun autre matériau de construction dans la région qui réponde le mieux aux conditions climatiques. L'usage de la boue dans la construction a de nombreuses applications dans différents aspects de l'architecture en terre. Pendant les saisons froides, les chambres sont chauffées avec très peu de chaleur et même les murs de briques non cuites se transforment en blocs massifs et intacts après séchage et sont entièrement résistants. Ce simple mélange du matériau le plus disponible dans le désert, crée de magnifiques habitats et éléments architecturaux.



Préparation de la terre pour faire un mélange, (www.dirgodaz.com)

En raison de conditions climatiques différentes, les mélanges sont différents les uns des autres. Chaque élément du mélange joue un rôle important pour former le matériau efficace. L'Adobe est un matériau de construction composé d'eau, d'argile sableuse et de paille ou d'autres matériaux organiques, qui sont façonnés en briques à l'aide de cadres en bois et séchées au soleil. Les constructeurs vernaculaires dans certaines cultures ont également utilisé de nombreux composés organiques qui impliquent du fumier, de la paille, du sang et des jus de plantes. Les bâtiments en Adobe offrent également des avantages significatifs dans les climats chauds et secs, car ils restent plus frais en permettant de stocker et de libérer de la chaleur très lentement. Dans un usage plus moderne, le terme «Adobe» est devenu synonyme d'un style d'architecture populaire dans les climats désertiques du Moyen-Orient, en particulier en Iran.



*Préparation d'un mélange en ajoutant différents matériaux au sol pour le renforcer,
(www.downloadpolitics.com)*

2- Glacières traditionnelles iraniennes

L'architecture en terre ou en d'autres termes l'utilisation de la terre comme matériau de construction est pratiquée depuis longtemps dans différentes parties du monde. En Iran, la terre a été utilisée comme matériau de construction sous différentes formes et combinaisons. L'un des avantages notables de l'utilisation de la terre en tant que matériau de construction en Iran, réside dans les caractéristiques de ce matériau extrêmement réactif à la situation climatique des régions chaudes et sèches de l'Iran. Adobe bénéficie d'une capacité thermique élevée qui peut facilement être utilisée dans la construction de bâtiments et d'installations dans des zones désertiques. L'architecture bioclimatique iranienne a toujours fourni l'essentiel au peuple iranien. Par exemple,

à une température d'environ quarante degrés Celsius dans des villes comme Kerman, Shiraz ou d'autres villes de la zone aride et chaude, l'eau froide était toujours disponible pour les gens. En d'autres termes, l'architecture iranienne traditionnelle ou indigène remplissait les conditions climatiques intérieures appropriées pour ses habitants en toutes saisons. Cela a été possible avec l'utilisation de la terre comme matériau principal de construction dans ces régions.

Les glacières sont l'un des meilleurs exemples d'architecture durable en terre qui répond aux conditions environnementales difficiles par l'application de matériaux simples et disponibles dans le désert. Le matériau principal des glacières est la brique de boue qui est directement prise de la terre. Le mélange spécial appelé (*Sarooj*) est utilisé comme mortier dans la formation de piqûres de glace qui sont composées de sable, d'argile, de blanc d'œuf, de chaux, de poils de chèvre et de cendres dans des proportions spécifiques et hautement résistantes au transfert de chaleur. Ce mélange est également complètement impénétrable à l'eau. En raison de l'importance du rôle de l'architecture de terre dans la formation des glaciers en Iran, cet exemple a été choisi pour être étudié dans cette recherche.

1-2-Méthodologie de recherche proposée

Les glaciers ont été développés dans un contexte historique et géographique spécifique. Le contexte historique des dépôts de glace en Iran n'est pas entièrement clair avant l'ère safavide (1501-1736). Pendant l'ère safavide, lorsque pour la première fois les voyageurs étrangers ont commencé à explorer l'Iran et ont écrit des documents et fait des croquis de différents éléments architecturaux dans différentes villes d'Iran, nous pouvons trouver des informations sur les glaciers. Des documents historiques, faits par les voyageurs étrangers sur le processus de stockage de la glace nous donnent des indices sur la façon dont ce système fonctionnait. Il est donc nécessaire de citer ces types de sources historiques pour approcher leurs origines.

De cette manière, l'étude commencera par la consultation de différentes sources historiques telles que des livres, des plans et des dessins. La prochaine étape pour aborder le sujet après avoir analysé les sources historiques sera les livres et les articles scientifiques relatifs aux glaciers iraniens. A partir de la consultation de différents documents, les matériaux les plus utiles seront sélectionnés, l'information sera affinée afin de trouver les références les plus pertinentes et ayant le plus de contenu afin d'avoir une vision plus large et plus claire sur l'histoire, les techniques de

construction et le fonctionnement des glaciers. L'information sera confrontée pour trouver les éléments les plus importants du sujet et une synthèse de chaque source sera faite après avoir recueilli des données générales sur les glaciers, des visites sur le terrain seront effectuées pendant la période des vacances. Lors de ces visites, des entretiens avec les populations locales seront réalisés afin d'obtenir plus d'informations sur le sujet. Les informations collectées et sélectionnées seront traitées de manière à pouvoir présenter des idées pour sauvegarder et conserver des glaciers.

2-2-Contexte géographique

Comme dans les régions du sud de l'Iran, la température descend rarement en dessous de zéro, la construction des glaciers n'était pas possible. De même, sur les rives de la mer Caspienne, dans le nord de l'Iran, en raison de l'humidité et des faibles fluctuations de température pendant la journée et la nuit, aucune glacière n'est visible. Sur ces rivages, il est très rare de traverser le point de congélation et la température ne gèle jamais suffisamment pour fournir de la glace. Certaines des caractéristiques écologiques des déserts en Iran où les glaciers sont trouvées, sont un fort ensoleillement, relativement peu d'humidité, peu de précipitations et une vaporisation excessive. Selon la distance d'un point par rapport aux altitudes plus élevées, la température varie. Un point éloigné des altitudes peut atteindre jusqu'à 70 degrés Celsius durant l'été. La température moyenne en janvier et en mai est respectivement de 24 et 42 degrés Celsius.



La région où se trouvent les glaciers en Iran
(www.atlas-monde.net/asie/iran/)

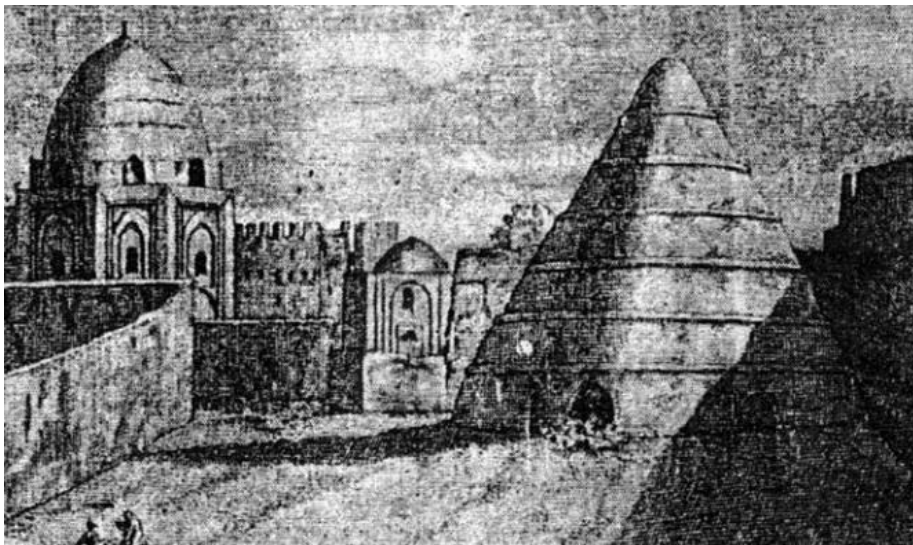
3-2-Contexte historique

Selon un dessin de *Jean Chardin* (16 novembre 1643 - 5 janvier 1713), *bijoutier et voyageur français*, l'un des dépôts de glace était près de la ville de Kashan. Le contexte historique de cette structure date des années 1600, il y a environ 400 ans.



Croquis par Sir Chardin de la ville de Kashan, la glacière conique est distinguable. (Hosseini et al.2012)

La plupart des dépôts de glace existants sont des vestiges de la période post-safavide. Les documents les plus fiables sur ces bâtiments sont les croquis d'un explorateur pendant le règne de safavide. Voici quelques exemples de ce qui reste de ces dessins. *Krenelin Bervin* était un voyageur néerlandais qui est venu en Iran et a dessiné un des dépôts de glace dans la ville de Qom. Cette figure est l'un des documents historiques les plus importants de l'ère safavide. Sur cette photo, la glacière a un dôme conique avec un grand mur.



Un croquis de Krenelin Bervin de la ville de Qom. La glacière et son grand mur d'ombrage sont visibles à droite. (Mokhlesi, 1985).

Une autre image est l'une des œuvres de *Jules Lawrence* en 1884 qui montre l'un des caravansérails safavides près de la ville de Garmsar. Une grande glacière avec son mur d'ombre presque détruit est reconnaissable.



Un des safavid caravanserais près de la ville de Garmsar dessiné par Jules Lawrence. La glacière conique est distinguable (Mokhlesi, 1985).

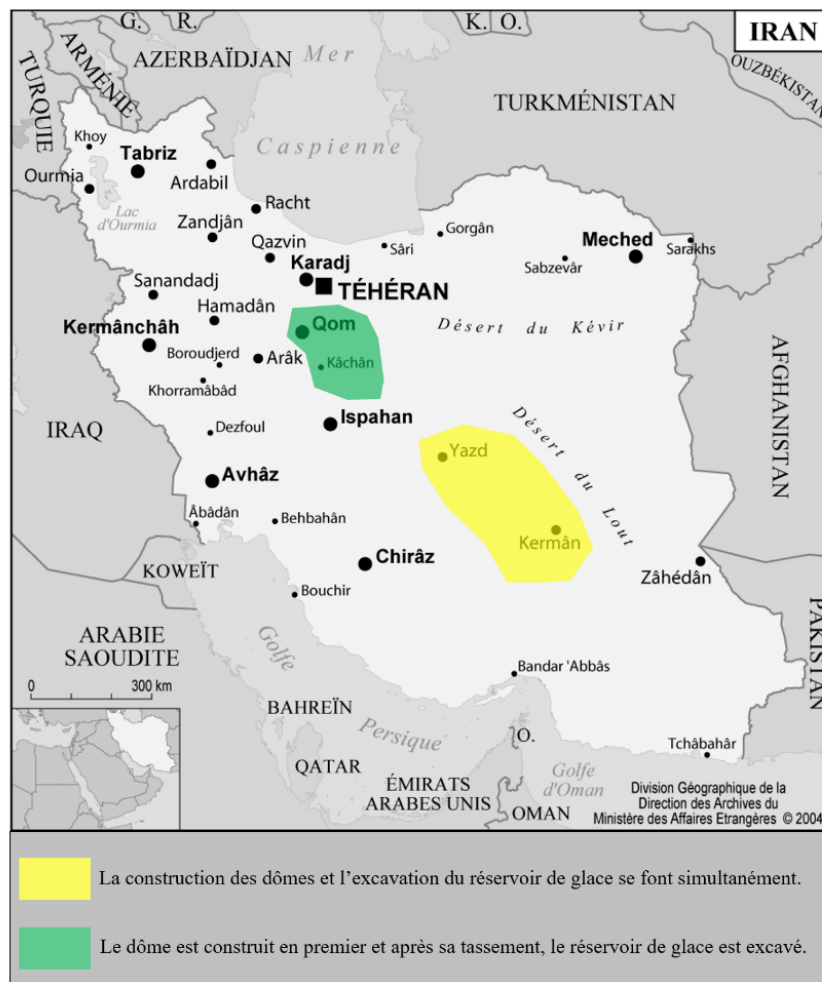
4-2-Chaîne opératoire

La première étape consistait à sélectionner le lieu approprié pour construire la glacière. Ces trois facteurs principaux ont joué le rôle le plus important dans le choix du meilleur emplacement :

- Accès à l'eau : les glacières étaient généralement construites dans des endroits où il était possible d'accéder à l'eau douce par les canaux souterrains (Qanats).
- Santé environnementale : En raison de l'emplacement des bacs à glace en plein air, la question de la santé était importante, de sorte que les glacières étaient généralement à l'extérieur de la ville et à l'écart des cimetières.
- Sol : la qualité et la résistance du sol étaient un facteur important pour tolérer le poids lourd de la cuve à glace et des murs d'ombrage.

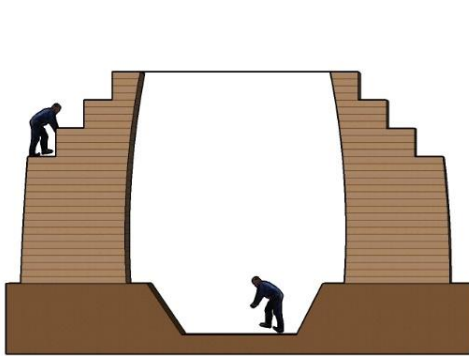
Après avoir choisi l'endroit approprié, le processus de construction du glacier commence. Les méthodes de construction traditionnelles diffèrent selon la situation géographique des glaciers et les capacités et les connaissances des experts locaux. Dans certaines zones, le dôme a été construit en même temps que le trou de glace a été creusé, et dans d'autres régions, le dôme a d'abord été

construit, puis le réservoir a été excavé. La raison de cette différence peut être attribuée à la différence de qualité du sol dans chaque région, à sa résistance et à sa nature statique. Dans l'est et le sud-est de l'Iran (Yazd et Kerman), l'excavation du réservoir de glace et la construction du dôme ont été effectuées simultanément, de sorte que le sol de l'excavation du réservoir de glace a été utilisé simultanément pour la construction de l'argile. Le matériau pour la construction du dôme. Mais dans les régions centrales de l'Iran (Kashan), les experts locaux ont estimé que le dôme devait être construit dans un premier temps, puis qu'une période de temps devait être passée pour son éventuelle installation. Passé ce délai, le réservoir de glace peut être creusé.

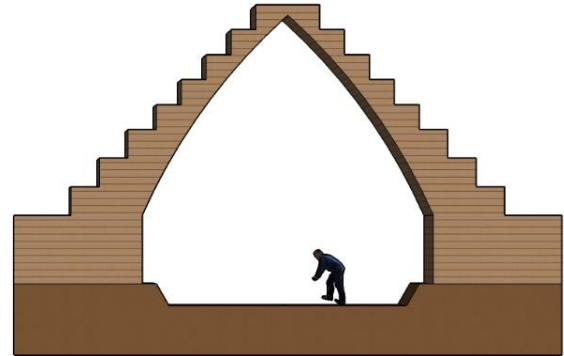


(www.atlas-monde.net/asieliran/)

Les images ci-dessous montrent deux types de construction différents. Dans le diagramme de gauche, la construction du dôme et du réservoir de glace est en train de se faire simultanément (technique de l'est et du sud-est de l'Iran). La droite montre la construction du réservoir de glace une fois le dôme terminé. (technique de la partie centrale de l'Iran)



*La construction du dôme et du réservoir de glace,
(Auteur)*



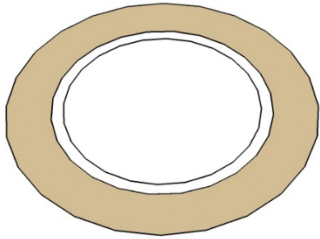
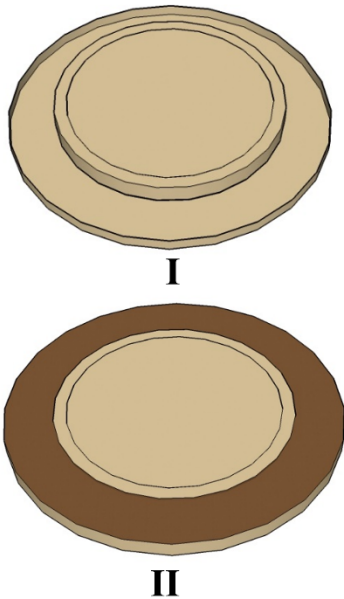
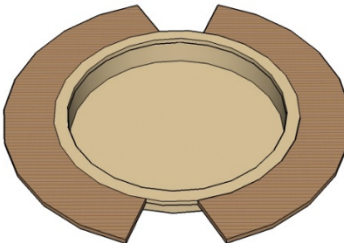
*La construction du réservoir de glace
(Auteur)*

Il est important de mentionner que nous ne pouvons pas classer tous les glaciers iraniens dans ces deux catégories. Dans chaque région, il existe des techniques ou processus de construction qui sont spécifiques à cet endroit. Ces deux types de construction sont les plus répandus en Iran. Par exemple, nous pouvons voir que certains glaciers n'ont pas de dôme en forme d'escalier (glacier Ali Abad-Téhéran) et qu'un escalier en colimaçon est construit sur la surface extérieure du dôme pour permettre l'accès au sommet du glacier pour des raisons de restauration.



Glacière de Ali Abad. (Anahita OyarHossein, 26.7.2018)

chaîne opératoire d'une glacière dont le dôme et les réservoirs de glace sont construits en même temps.¹

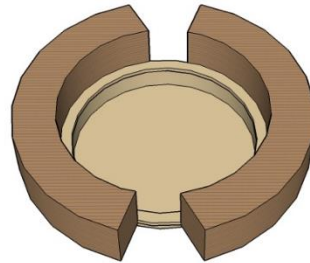
chaîne opératoire	
<p>1: Mise en œuvre du plan du dôme</p> <p>Premièrement, le plan du réservoir de glace est tracé sur le sol. Ce plan comprend la taille de la fosse à glace, l'épaisseur de la paroi du dôme et la distance interne entre les fosses et la paroi du dôme (Gholam Gard). L'épaisseur de la paroi du dôme était généralement comprise entre 1:40 cm et 1:80 cm et l'espace intérieur entre eux était compris entre 50 et 52 cm.</p>	
<p>2: Construire la fondation du dôme</p> <p>Pour construire la fondation, l'épaisseur du mur, avec 30 cm du sol derrière celui-ci, s'élève à une hauteur de 60 cm à 1 m et est remplie de chaux. Dans ce mortier, le rapport de la matière est le suivant: 2 jauges de chaux, 2 jauges d'argile et 1 jauge.</p>	
<p>3: construction du réservoir de glace et du dôme</p> <p>Dans l'étape suivante, tout d'abord, la fosse est creusée à une hauteur de 1 mètre et le sol de la fouille est utilisé pour fabriquer des argiles. ces argiles sont le matériau principal pour la construction du dôme.</p>	

¹ Certaines parties de la chaîne opératoire sont extraites de l'article "Analyse de la capacité des architectes locaux à construire des glacières de transition (Comparaison des méthodes d'exécution du centré à l'est et au sud-est de l'Iran, 2016).

chaîne opératoire

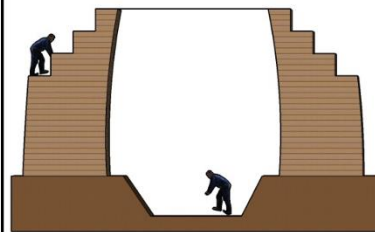
4: paroi de dôme

Sur certains glaciers, les architectes locaux ont construit entre 1 et 1,20 m de paroi de dôme en briques. et puis ils ont continué avec de l'argile. Après avoir terminé la paroi du dôme, l'architecte considérait généralement 2 à 3 semaines jusqu'à ce que les mouvements probables de celle-ci s'arrêtent. Après cela, il a commencé à construire un dôme.

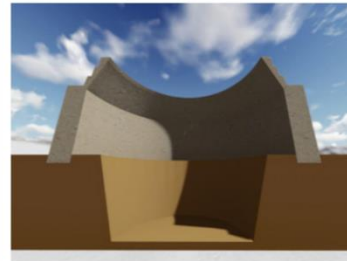


5: construction du dôme en forme d'escalier

Pour construire un dôme en forme d'escalier, l'architecte commence les travaux par l'extérieur du dôme. Après avoir mis une ou deux rangées d'argile, il place la rangée suivante à environ 4 à 7 cm. Cette procédure était généralement effectuée dans 5 à 7 rangées d'argile (environ 35 cm) de la même manière. En conséquence, tous les 35 cm, une rangée d'argile de l'épaisseur du dôme est diminuée. Ce processus ne modifie pas la composition de la partie intérieure du dôme, mais consiste à former un dôme en forme d'escalier de l'extérieur. la restauration future et la conservation du dôme seraient plus faciles si celui-ci était construit en forme d'escalier. Le processus se poursuit de cette manière, de sorte que l'épaisseur de la paroi du dôme soit de 1,5 à 2 argiles au point le plus élevé du dôme.



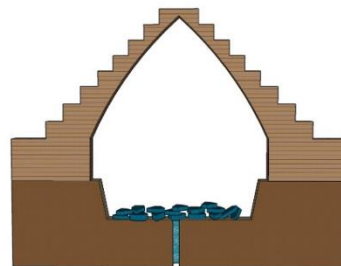
I



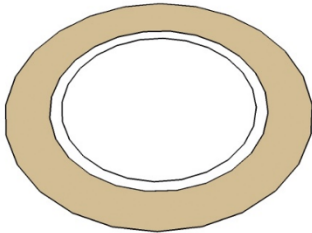
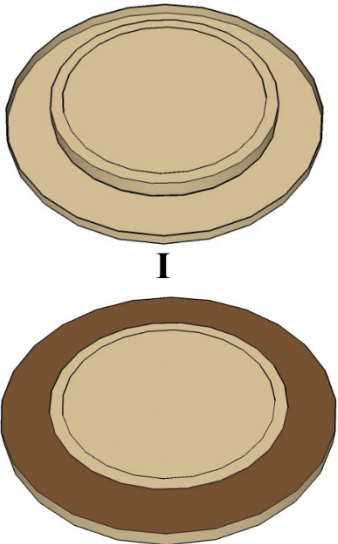
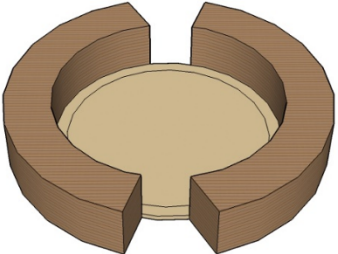
II

6: La couverture finale du réservoir de glace

Après la construction du dôme ainsi que la superposition finale du réservoir de glace, avec des briques ou des gravats et, dans certains cas, avec un sol solide et sablonneux, un petit puits d'une profondeur de 1 m à 1,50 m est creusé au fond du réservoir. l'eau de la fonte des glaces est conduite à la terre depuis ce puits.



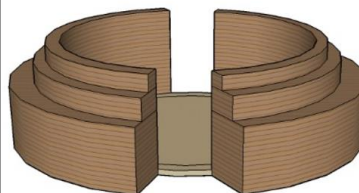
Chaîne opératoire du glacier dont le dôme est construit à la première étape et une fois le dôme terminé, le réservoir de glace est construit à l'étape suivante.

chaîne opératoire	
<p>1: Mise en œuvre du plan du dôme</p> <p>Premièrement, le plan du réservoir de glace est tracé sur le sol. Ce plan comprend la taille de la fosse à glace, l'épaisseur de la paroi du dôme et la distance interne entre les fosses et la paroi du dôme (Gholam Gard). L'épaisseur de la paroi du dôme était généralement comprise entre 1:40 cm et 1:80 cm et l'espace intérieur entre eux était compris entre 50 et 52 cm.</p>	
<p>2: Construire la fondation du dôme</p> <p>Pour construire la fondation, l'épaisseur du mur, avec 30 cm du sol derrière celui-ci, s'élève à une hauteur de 60 cm à 1 m et est remplie de chaux. Dans ce mortier, le rapport de la matière est le suivant: 2 jauges de chaux, 2 jauges d'argile et 1 jauge.</p>	 <p style="text-align: center;">I</p> <p style="text-align: center;">II</p>
<p>3: paroi de dôme</p> <p>Sur certains glaciers, les architectes locaux ont construit entre 1 et 1,20 m de paroi de dôme en briques. et puis ils ont continué avec de l'argile. Après avoir terminé la paroi du dôme, l'architecte considérait généralement 2 à 3 semaines jusqu'à ce que les mouvements probables de celle-ci s'arrêtent. Après cela, il a commencé à construire un dôme.</p>	

chaîne opératoire

4: construction du dôme

Pour construire un dôme en forme d'escalier, l'architecte commence les travaux par l'extérieur du dôme. Après avoir mis une ou deux rangées d'argile, il place la rangée suivante à environ 4 à 7 cm. Cette procédure était généralement effectuée dans 5 à 7 rangées d'argile (environ 35 cm) de la même manière. En conséquence, tous les 35 cm, une rangée d'argile de l'épaisseur du dôme est diminuée. Ce processus ne modifie pas la composition de la partie intérieure du dôme, mais consiste à former un dôme en forme d'escalier de l'extérieur. la restauration future et la conservation du dôme seraient plus faciles si celui-ci était construit en forme d'escalier. Le processus se poursuit de cette manière, de sorte que l'épaisseur de la paroi du dôme soit de 1,5 à 2 argiles au point le plus élevé du dôme. tous les dômes n'ont pas été construits en forme d'escaliers. certains dômes ont des formes différentes et leur accès est possible par des escaliers extérieurs qui ont été ajoutés au dôme après sa construction.



5: construction du réservoir de glace

Après avoir terminé le dôme, l'architecte considérait généralement quelque semaines jusqu'à ce que les mouvements probables de celle-ci s'arrêtent. Après cela, il a commencé à construire la réserve de glace. comme le type précédent de glacier, un petit puits d'une profondeur de 1 m à 1,50 cm est creusé au fond du réservoir. Eau de fonte des glaces est conduite à la terre depuis ce puits.



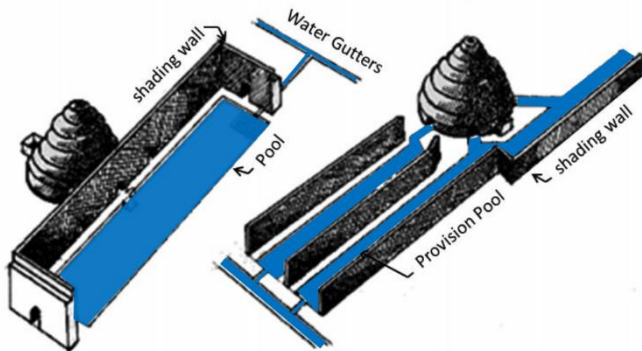
En raison des recherches menées par un chercheur danois (Jorgensen Hemming), sur les glaciers iraniens, tous les glaciers traditionnels ne disposaient pas des installations nécessaires pour produire la glace à cet endroit. La structure en forme de dôme est en fait pour stocker la glace. Ainsi, dans certaines régions, la glace a été apportée d'autres endroits et vient tout juste d'être stockée dans une structure en forme de dôme pour une utilisation locale pendant l'été. Les glaciers qui avaient un système de production de glace, étaient accompagnés d'autres structures et systèmes, ainsi que :

1 : Qanats "canaux d'eau souterraine" : On pense que la source des glaces est semblable à celle des qanats. Les qanats sont des voies d'eau souterraines qui fournissent souvent de l'eau avec une pente douce, allant des bassins versants situés aux altitudes les plus élevées, jusqu'aux contreforts. (Jorgensen, traduction de Moradi, 2015, 35). La longueur de ces voies d'eau souterraines, parfois due à l'éloignement de l'approvisionnement en eau des colonies de peuplement, a atteint plusieurs kilomètres. La construction et l'exploitation, ainsi que leur entretien tout au long de l'année, sont très complexes et nécessitent une habileté particulière. La production de glace dépend initialement de l'exploitation des qanats disponibles, de la mise en place d'un réseau de voies navigables permettant d'alimenter l'eau et de la construction de réservoirs d'eau pour y geler l'eau.



Chaîne de puits Qanats, (www.peykeiran.com)

2 : Le bassin d'approvisionnement : L'eau supplémentaire provenant des Qanats a été acheminée vers les piscines d'approvisionnement. ces bassins ont été construits à proximité de la structure en forme de dôme pour recueillir l'eau pendant les nuits froides d'hiver et produire la glace. Aujourd'hui, en raison du manque de sensibilisation sur le système traditionnel de production de glace et du manque de conservation appropriée des glaciers, les bassins d'approvisionnement sont ruinés et ne sont plus disponibles.

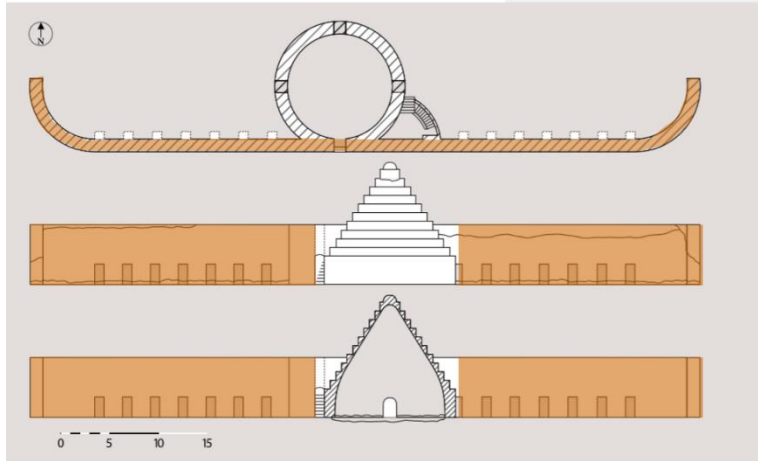


Les différents types bassins d'approvisionnement, (Mehdipour, 2012)



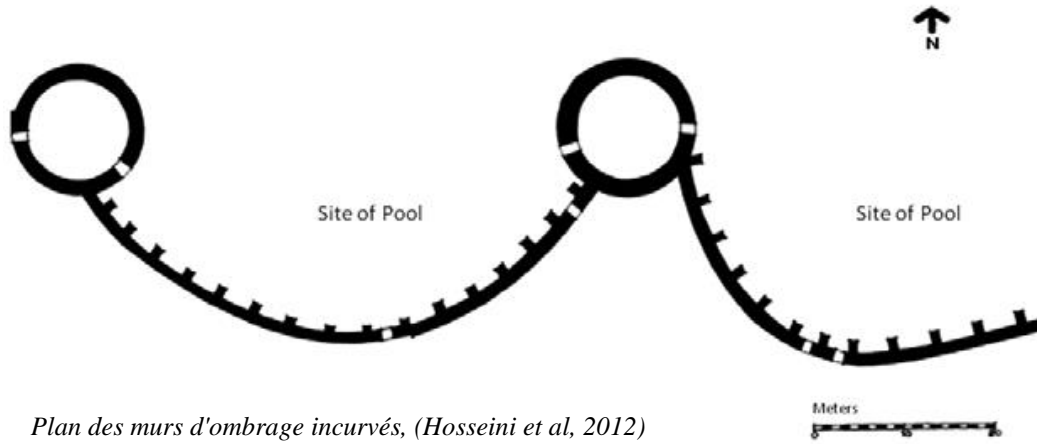
Un glacier et ses bassins d'approvisionnement, (Mehdipour, 2012)

3 : Le mur d'ombrage : Dans de nombreux glaciers, il y avait de hauts murs en adobe appelés murs d'ombrage qui empêchaient la lumière du soleil de pénétrer dans les bassins de glace. La hauteur du mur d'ombrage était liée à la taille du bassin de glace. Comme le mur était plus haut, la largeur du bassin de glace augmentait également. Les murs d'ombrage ont des formes différentes. Certains d'entre eux ont des formes en spirale et dans certaines régions, il y a plus d'un mur d'ombrage autour des bassins de glace. Mais ces murs ont toujours été construits dans une direction qui évite au mieux la lumière du soleil sur les bassins de glace. Après que la glace se soit formée dans les bassins avec l'aide de murs d'ombrage, elle a été déplacée vers la structure en forme de dôme pour le stockage.



Murs d'ombrage du glacier d'Anar, (Jorgensen, 2015,92)

32

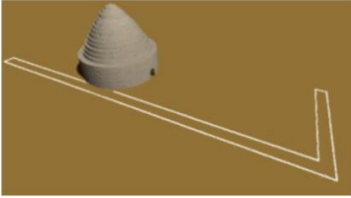
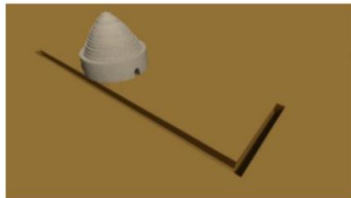
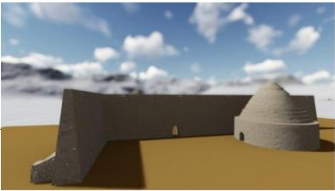



Plan des murs d'ombrage incurvés, (Hosseini et al, 2012)



Murs d'ombrage incurvés des glaciers de Sirjan, (www.kojaro.com)

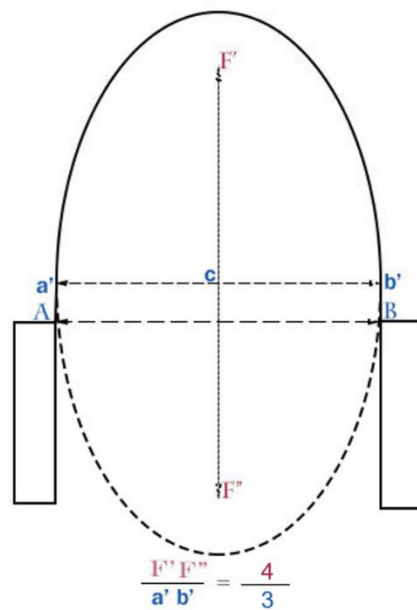
La construction de murs d'ombrage comportait également différentes étapes. Dans le tableau ci-dessous, la chaîne opératoire des murs d'ombrage est expliquée.

chaîne opératoire	
<p>1: Mise en œuvre le plan de mur d'ombrage et sa fondation</p> <p>La première étape de la construction du mur d'ombrage consistait à déterminer sa direction. leur direction était vers les vents froids de l'hiver. La largeur de ces murs varie entre 1,5 m et 3 mètres. Habituellement, ces murs ont été construits sans fondation. Mais dans certains cas, les murs ont une base à base de chaux. Après avoir appliqué les dimensions du mur au sol, si nécessaire, pour créer la fondation, la largeur du mur avec 30 cm de chaque côté était creusée à une profondeur de 60 cm à 1,20 m, puis était remplie avec le chaux.</p>	 <p style="text-align: center;">I</p>  <p style="text-align: center;">II</p>
<p>2: construire la base du mur d'ombrage</p> <p>Dans certains murs, cette partie est faite de gravats ou de briques. Dans certains murs, pour empêcher la pénétration de l'eau, ils utilisent de l'eau salée au lieu de l'eau naturelle. Cette partie du mur est très forte et résistante à l'humidité. La hauteur du mur d'ombrage est comprise entre 7 et 15 mètres. Dans toutes ces parois, l'épaisseur est réduite de haut en bas. Cela a été fait pour réduire l'utilisation de matériaux, l'allègement du mur et ainsi avoir un mur plus stable.</p>	
<p>3: construction des murs de support</p> <p>Dans la plupart des murs d'ombrage, le mur d'origine a été construit puis les murs de support ont été construits ensuite. Dans certains cas, lorsque la hauteur du mur d'ombre est élevée, après la construction du mur principal à une certaine hauteur, ils ont construit les murs de support, puis prolongé le mur principal.</p>	

5-2-Techniques de construction

Une des techniques les plus remarquables dans la construction des glaciers, est la technique de la voûte utilisée dans un réservoir en forme de dôme.

Sur certains glaciers, l'arc utilisé pour former le dôme est un type d'arc iranien appelé: « Bastu». La raison de l'utilisation de cet arc est que ce type d'arc a la capacité de supporter une charge élevée dans les larges ouvertures. Pour cette raison, l'arc Bastu est utilisé à l'intérieur du dôme de certains glaciers afin de supporter une pression importante.



Voûte Bastu, (fa.wikipedia.org)

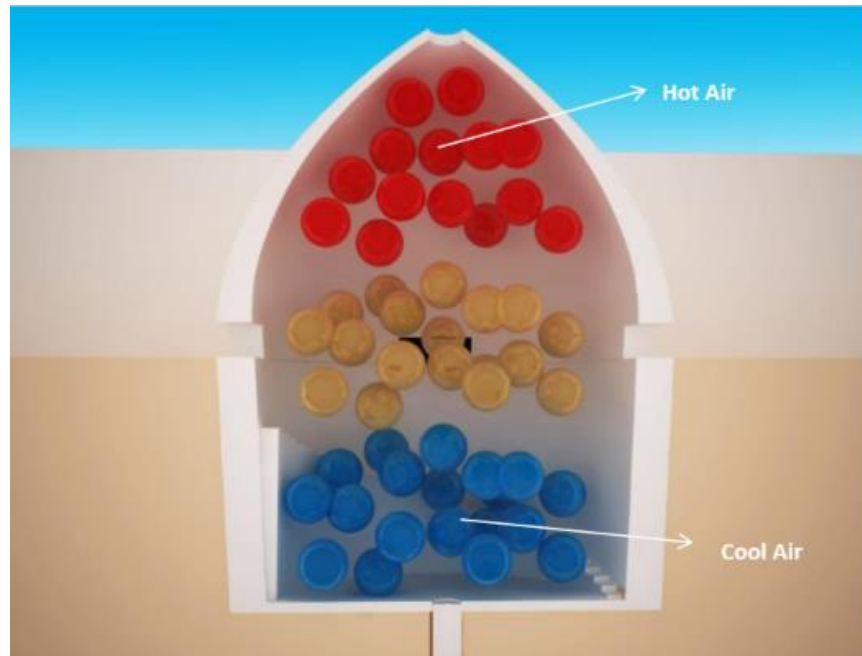


Voûte intérieure de glacier de Jalali, (www.flickr.com)



Voûte intérieure de glacier de Meybod, (www.flickr.com)

Plus le dôme est long, meilleur sera l'effet de refroidissement au fond. Pour cette raison. Les constructeurs ont essayé de construire le dôme aussi haut que possible. Toutefois, selon les recherches menées par Hemming Jorgensen sur les glaciers iraniens, les dômes ne pourraient pas dépasser 18 mètres.



*Condition thermique à l'intérieur du glacier,
(Khaleghi, Iranian ice houses as thermal mass building)*

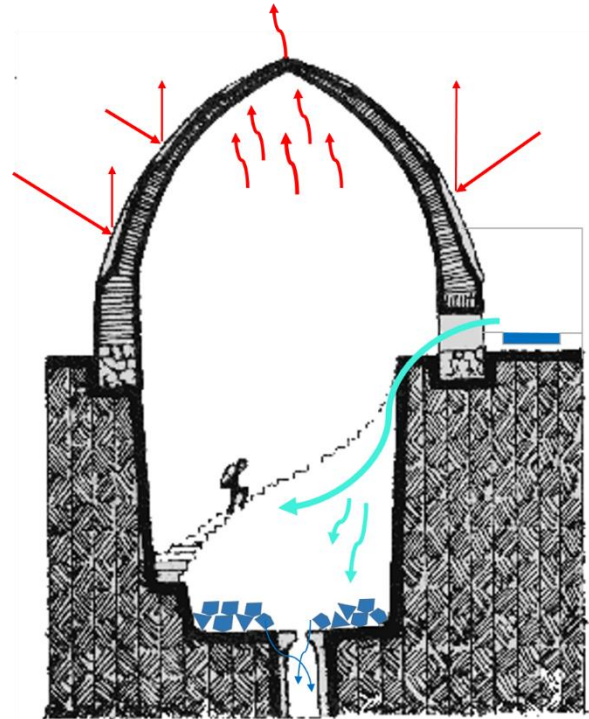
La couverture extérieure de n'importe quel dôme n'est pas sphérique et tous les dômes ont été construits dans une forme supérieure tranchant. Les raisons de choisir des voûtes pointues pour la partie extérieure du dôme étaient :

- *Le dôme pointu est plus rigide que le dôme sphérique et peut tolérer plus de pression.*
- *Pour avoir le minimum de poids possible, le dôme supérieur tranchant convient mieux que le dôme sphérique. Pour la construction de dômes sphériques, il faut également davantage de matériaux.*
- *Le dôme pointu est moins exposé au soleil que le dôme sphérique donc l'intérieur de la glace est donc plus frais.*

Au sommet du dôme, un grand trou laisserait sortir l'air chaud. Laissez l'air frais entrer dans la zone de stockage par le bas. Une telle forme est idéale pour une glacière. Pendant les jours pluvieux ou venteux, le trou pourrait être recouvert d'un tissu résistant comme le gunny. L'accès au trou était facile car le dôme extérieur était construit en forme d'escalier.



Yakhchal d'Abarkuh avec un grand trou Au sommet du dôme, (<http://biotoprak.com>)



Sortie d'air chaud de l'ouverture au-dessus du dôme, (Ghobadian,1998)

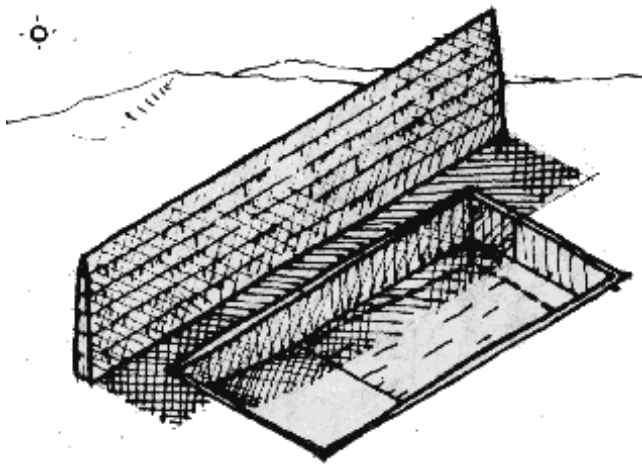
6-2-Autres types de glacières

Il existe également deux autres types de glaciers en Iran dont les structures sont complètement différentes des réservoirs en forme de dôme. Dans la province d'Ispahan, il y avait des types spéciaux de glaciers. Comme d'autres types de dépôts de glace, cette glacière a été utilisée jusqu'à il y a 40 ou 50 ans. Il se composait de seulement deux parties principales, le mur d'ombrage et les piscines en face de lui. Dans cette méthode, les bassins de provision étaient considérés comme le lieu de stockage de la glace. Le mur d'ombrage, d'une hauteur de 4 à 5 mètres, avait une longueur de 12 mètres.



(www.atlas-monde.net/asia/iran/)

Au nord, les gens avaient construit une piscine de 5x5x12m. Comme le souligne « Sir Chardin » dans son itinéraire, les gens versaient de la glace sur le glacier. D'abord, ils la cassaient en morceaux plus petits, puis ils y versaient de l'eau pour obtenir une masse de glace homogène. Ensuite, ils mettaient de l'osier ou de la paille dessus et ensuite une autre couche de glace.



*Une sorte de glacière sans toit qui était utilisé autour de la ville d'Ispahan.
(Ghobadian, 1998)*

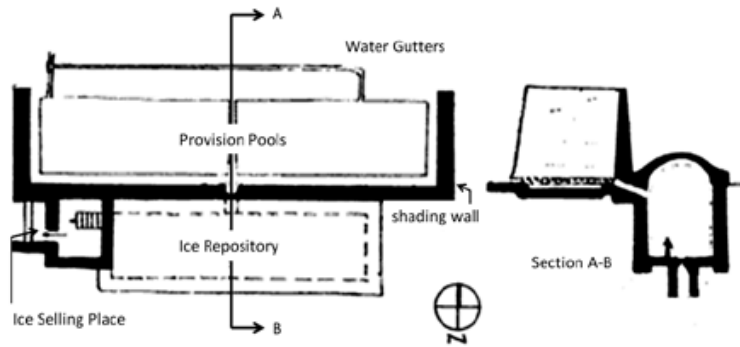
Durant les étés pendant le pic des vents, il était plus facile de casser les couches de glace que lorsqu'elles étaient stockées dans une piscine entière. De plus, quand ils voulaient ramasser une

couche de glace, l'osier fonctionnait comme un non-conducteur pour le reste de la glace dans la piscine. Mettre de la paille et de l'osier entre les couches de glace était également courant lors de l'utilisation de glacier voûté. À la fin des vents, les gens couvraient la surface de glace de 1 à 2 m. de paille et progressivement l'utilisaient par temps chaud. La capacité de ce genre de glacier à Ispahan était si grande que d'habitude de la glace restait pour l'année suivante. Aujourd'hui il n'y a plus de glacières sans toit en Iran.

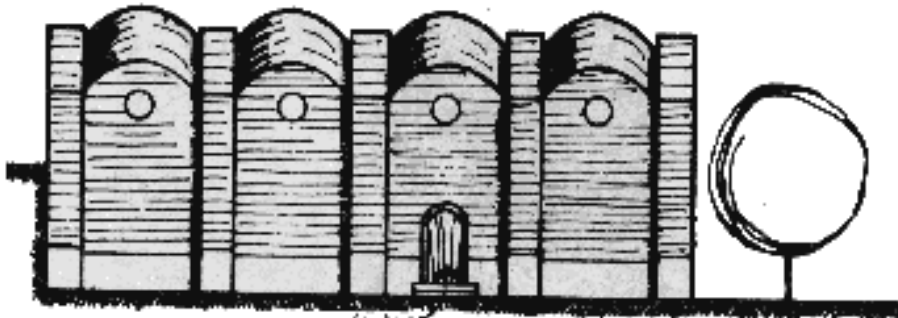


*Les travailleurs travaillent dans des fosses de glace.
(<https://www.tasnimnews.com/fa/news>).*

Un autre type de glacier a été construit dans les parties nord-centre et nord-ouest de l'Iran et sa fonction était similaire à celle des glaciers voûtés, mais son apparence physique était différente. La plupart des parties de ce type de glacières sont situées sous terre. Sa paroi épaisse était faite de briques et d'éclats de mortier hydraulique comme la chaux, le sable, le ciment et le *sarooj* (qui est un mortier vernaculaire en argile, eau et partie blanche de l'œuf). Son toit était souvent en brique en forme de voûte en berceau ou en voûte nervurée et ressemblait habituellement à un tunnel. Après avoir été congelée dans des étangs, la glace était ensuite versée dans le glacière. Chaque fois que de la glace était versée, ils l'aspergeaient d'eau pour la rendre homogène. Dans ce genre de Yakhchal, les couches de glace n'étaient pas recouvertes de paille en raison du climat froid de la région, ce qui rendait la glace facile à ramasser, même pendant les étés.



Plan et section d'une glacière souterraine, (Ghobadian, 1998)



Glacière souterrain de Saveh, (Ghobadian, 1998)



Arches de la glacière souterrain de Saveh. Les événements d'air de ce type de glacier étaient ouverts pendant les saisons froides et fermés pendant les saisons chaudes. (Ghobadian, 1998)

3- Conserver le patrimoine de l'architecture en terre

1-3- État actuel des glacières en Iran

Malheureusement, en raison du manque de reconnaissance générale des glaciers traditionnelles, ces précieux bâtiments iraniens sont dégradés et démolis, et seuls quelques exemples d'architecture de plus grande envergure ou de plus grande architecture ont été restaurés et conservés, et certains d'entre eux ont accepté de nouvelles applications et applications. Fonctions telles que lieux de rassemblement culturel, salles de conférence, etc. Il est vrai qu'aujourd'hui, grâce aux progrès de

la technologie, il n'est plus nécessaire de fournir de la glace de manière traditionnelle, mais de reconnaître, valoriser et, par conséquent, la protection de ces bâtiments est nécessaire en tant que précieux patrimoine du passé.

Lors de mes visites sur le terrain en Iran afin d'analyser l'état actuel des glaciers, j'ai découvert que, dans la plupart des régions, les gens n'ont gardé que le bâtiment en forme de dôme et qu'ils n'étaient pas conscients de l'importance des murs d'ombrage et des bassins d'eau qui constituaient partie principale du processus de production de glace.

2-3-Glacière de Ali Abad

Le premier glacier que j'ai visité était le glacier Ali Abad dans un village près de Téhéran construit au XIXe siècle. Le glacier Ali Abad a été inscrit sur la liste patrimoine national d'Iran, mais cet enregistrement n'a pas conduit à la valorisation et à la conservation de ce bâtiment.

Le réservoir en forme de dôme n'a été restauré que de l'extérieur. La partie intérieure a été totalement changée et la fosse de stockage la glace a été recouverte d'une surface en ciment. Les murs d'ombrage ne sont pas en très bon état et il ne reste aucune trace de Le bassin d'approvisionnement d'eau devant les murs d'ombrage.



Glacière de Ali Abad.(Anahita OyarHosseini, 26.7.2018)



*Mur d'ombrage de glacière de Ali Abad.
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*



*Mur d'ombrage de glacière de Ali Abad.
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*

Les murs ombragés ont été érodés au cours des années en raison de facteurs naturels tels que le vent et la pluie.



*Entrée de glacière,
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*



*Le reservoir a été recouvert de ciment,
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*

Il y a des terres agricoles tout autour du glacier Ali Abad. Devant le glacier, il existe un grand terrain pour la production de pastèque. Comme la pastèque est un fruit qui a besoin de beaucoup d'eau pour pousser, il y a suffisamment de canaux d'eau dans la région pour irriguer les terres.



*Plantation de pastèque devant la glacière,
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*

En raison des canaux existants, il est possible de rétablir le système traditionnel de production de glace dans la région. Essayer de préserver la manière artisanale de produire la glace peut être une stratégie pour sauver ce bâtiment précieux de la détérioration. Pour cet objectif, les bassins d'eau peuvent être construits devant les murs d'ombrage. L'eau des canaux d'irrigation existants peut être guidée vers ce bassin afin de geler pendant les nuits d'hiver. Les murs d'ombrage peuvent être restaurés afin de prévenir efficacement la lumière du soleil sur les bassins d'eau.



*Glacière Ali Abad,
(Anahita OyarHossein, 26.7.2018)*

la partie intérieure du glacier devrait être modifiée en fonction de son architecture d'origine. le revêtement de ciment doit être enlevé de la surface afin de laisser de la place pour stocker la glace dans le réservoir. En conséquence, nous pouvons créer un écomuséum qui contribue à préserver les valeurs matérielles et immatérielles de la production de glace traditionnelle.

3-3- Glacière de Jalali

Mon prochain arrêt était à Kashan. Kashan est divisé en deux parties, montagneuses et désertiques. La partie orientale de la ville, s'ouvre sur le désert central de l'Iran pour lequel la ville est célèbre. Dans cette partie chaude et aride de la ville, il y a deux glaciers nommés : Jalali

Les glaciers de Jalali sont situés dans les anciens remparts qui ont protégé la ville au cours des siècles. Une grande forteresse de boue a été construite à l'intérieur des murs au 11ème siècle et deux glaciers ont été construits près de la forteresse pour fournir de la glace aux gens.



Localisation des glaciers de Jalali à Kashan (Google maps,2018)



*Glacière de Jalali 1,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*



*Glacière de Jalali 2,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*

Ces glaciers sont dans la même situation que le glacier de Ali Abad. Seule leur partie extérieure a été restaurée de manière très simple récemment. En comparant les photos précédentes de ces glaciers avec leur position réelle, il est remarquable que même la restauration extérieure n'a pas été effectuée correctement et que la forme des dômes a été modifiée en raison de cette restauration.



*État actuel de glacière de Jalali 1,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*



*État actuel de glacière de Jalali 1,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*

Les murs d'ombrage sont en ruines et il n'y a aucune trace de bassins d'eau dans les deux glaciers. La partie antérieure des glaciers (réservoir de glace) est visible et n'est pas recouverte comme le Glacière d'Ali Abad, mais elle n'est pas en bon état et devient un lieu non fonctionnel qui se détériore avec le temps.



*État actuel de mur d'ombrage de glacière de Jalali 1,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*



*État actuel de réservoir de glace de glacière de Jalali 1,
(Anahita OyarHossein, 11.7.2018)*

CONCLUSION

Kashan est l'une des villes historiques les plus importantes d'Iran. Il y a de nombreux bâtiments importants tels que des mosquées, des maisons traditionnelles, une forteresse, un bazaar historique et des jardins persans dans cette ville qui attire de nombreux touristes chaque année.

En ce qui concerne l'emplacement des glaciers de Jalali qui se trouvent dans les anciens vestiges de la ville, ils ont un grand potentiel pour devenir un lieu important de Kashan. En raison du manque de canaux d'eau dans la région et de l'intégration de la ville avec d'anciens remparts en raison d'expansion de Kashan, il est impossible de reproduire le système traditionnel de production de glace avec les glaciers de Jalali.

"**Sharbat Khaneh**" est l'une des meilleures fonctions que l'on puisse imaginer pour ces glaciers. Sharbat Khaneh étaient les endroits en Iran où les gens pouvaient prendre la boisson fraîche appelée "sharbat" tout en se rencontrant et en discutant. "**sharbat**" était normalement frais et froid et principalement utilisé dans les villes chaudes et désertiques. sharbat khaneh était aussi un lieu de rassemblement où les gens pouvaient avoir des relations sociales tout en ayant leur sharbat. Les glaciers peuvent fournir un endroit frais où les gens peuvent rester et partager leur sharbat. Les sharbats peuvent également être conservés froids et frais dans le réservoir des glaciers. Cette fonction n'est pas si éloignée de la véritable identité des glaciers, car ceux-ci étaient également des endroits où les gens pouvaient conserver leurs boissons et leurs aliments dans le passé.

**4-Entretien avec M. Majid Kafei (professeur d'architecture iranienne) à Téhéran:
10/08/2018**

1/ dans votre pratique professionnelle, qu'évoque pour vous l'usage de la terre dans la mixité des matériaux?

we can look at earthen architecture from different aspects. soil can be used as construction material, as decorations or simply as structure.the earthen architecture or in other term the use of earth as construction material, have been practiced from long time a go in different regions of the World. Troglodyctic architecture, Earth shelter or Earth cover design or any kind of architecture which is tighly associated with the Earth. these kinds of architecture are still in use and have the potentials to respond to the people needs. hand-dug houses in Meymand village in Kerman, IRAN, Osku in Tabriz, IRAN and Cappadocia in Turkey are the examples of genius Earthen Architecture which have provided comfortable living conditions for their habitans during many years.

so we can put the Earthen architecture in two different categories:

- 1: Using the Earth as material for construction. (Mixture of soil with other ingredients)
- 2: Using the Earth as main structure for construction.

nous pouvons examiner l'architecture en terre sous différents aspects. le sol peut être utilisé comme matériau de construction, comme décoration ou simplement comme structure. l'architecture en terre ou en d'autres termes l'utilisation de la terre comme matériau de construction, sont pratiqués depuis longtemps dans différentes régions du monde. Architecture troglodytique, conception de la couverture terrestre ou de la couverture terrestre ou tout type d'architecture étroitement associée à la Terre. ces types d'architecture sont toujours utilisés et ont le potentiel nécessaire pour répondre aux besoins des utilisateurs. Les maisons creusées à la main dans le village de Meymand à Kerman, IRAN, Osku à Tabriz, IRAN et la Cappadoce en Turquie sont des exemples d'architecture terrestre géniale qui ont procuré de nombreuses conditions de vie confortables à leurs habitants.

afin que nous puissions mettre l'architecture en terre dans deux catégories différentes:

- 1: Utiliser la Terre comme matériau de construction. (Mélange de terre avec d'autres ingrédients)*

2: *Utiliser la Terre comme structure principale pour la construction.*

2/ dans votre pratique professionnelle, quel savoir technique associez vous à l'usage de la terre dans la mixité des matériaux?

mud and adobe buildings or any kind of buildings which their main material is derived from the Earth, have been formed by a very simple formula at first. people realised that if they mix the soil with water, they would have an efficient formable material. adobes were formed firstly by hand without molds, after that, people used different molds for having adobs in different shapes of square and rectangle. the adobes were made very simply without the heat and they were dried under the sunlight. they used the clay as mortar among the layers of adobe. as a result, they had a solid structure made by simple material from the Earth. different techniques of Earthen construction like pisé and torchis were developed by raising of knowledge about this kind of architecture. the weakness of adobe buildings was their vulnerability against natural factors. cracking of the adobe structures were one of the main problems of this architecture. so people started to add other materials to adobe in order to increase its resistance. one of the basic additives was straw which was easily available. goat hair and palm leaves were the other materials used as additives. these simple additives are still used for restoration of adobe buildings.

Les bâtiments de boue et de pisé ou tout type de bâtiment dont le matériau principal est dérivé de la Terre ont été formés par une formule très simple au début. les gens se sont rendus compte que s'ils mélangeaient le sol avec de l'eau, ils disposeraient d'un matériau formable efficace. Les adobes étaient formés d'abord à la main, sans moules, après quoi les gens utilisaient différents moules pour avoir des adobs de formes différentes, carrées et rectangulaires. les adobes ont été fabriqués très simplement sans chaleur et ils ont été séchés au soleil. ils ont utilisé l'argile comme mortier parmi les couches de pisé. en conséquence, ils avaient une structure solide faite d'un simple matériau de la Terre. différentes techniques de construction en terre comme le pisé et les torchis ont été développées en augmentant les connaissances sur ce type d'architecture. la faiblesse des bâtiments en adobe était leur vulnérabilité face aux facteurs naturels. La fissuration des structures en pisé était l'un des principaux problèmes de cette architecture. Alors, les gens ont

commencé à ajouter d'autres matériaux à Adobe afin d'augmenter sa résistance. l'un des additifs de base était la paille qui était facilement disponible. les poils de chèvre et les feuilles de palmier étaient les autres matériaux utilisés comme additifs. ces simples additifs sont encore utilisés pour la restauration de bâtiments en adobe.

3/ d'après vous, pensez vous que l'usage de la terre dans la mixité des matériaux puisse ou doive être valorisé patrimoniallement?

It is evident that historic adobe buildings are considered as valuable cultural heritage. They form part of our identity. As Earthen architecture was very common in Iran in past, passing by these kind of buildings gives us a sense of nostalgia and attachment to them. historic city center of Yazd in IRAN which is also registered as Unesco world heritage, is one of the best examples of earthen architecture.

It is a quote saying that: "the Sun realized its beauty when it shined on the bricks" which indicates the beauty and importance of earthen materials like brick.

It is necessary to conserve and safeguard the earthen architecture as it has been the main concerns of many Unesco meetings and other organizations all around the world.

Il est évident que les bâtiments en pisé historiques sont considérés comme un patrimoine culturel précieux. Ils font partie de notre identité. L'architecture terrestre étant très répandue dans le passé en Iran, le fait de passer par ce type de bâtiments nous procure un sentiment de nostalgie et d'attachement à ceux-ci. Le centre-ville historique de Yazd en Iran, également inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco, est l'un des meilleurs exemples d'architecture en terre.

C'est une citation qui dit que "le soleil a réalisé sa beauté quand il brillait sur les briques", ce qui indique la beauté et l'importance des matériaux en terre comme la brique.

Il est nécessaire de conserver et de préserver l'architecture en terre, car c'est l'une des préoccupations principales de nombreuses réunions de l'Unesco et autres organisations du monde entier.

- ASGHARI MOGHADDAM, Mohammad Reza, « *Ice houses, forgotten urban structures* », Journal of Geographic Education 16 (59), pp. 48-52.
- BAHADARO NEJAD, M, ALIREZA Dehghani, (2010). « *Natural and traditional ice production in IRAN* », Yazda pub; 1st edition.
- BARSHAN, Mohammad, (2009). « *History of water and irrigation in Kerman province* », Kerman; Kerman Shenasi center pub.
- BEAZLEY, Elisabeth, (1977). « *Some vernacular buildings of the iranian plateau* », 15. pp.89-102.
- DANESH YAZDI, F, (2003). « *Ice house, The art of desert architecture* », Journal of Yazd culture 16-17, pp. 41-47.
- DEHQANI, A, (2009). « *Itinerary of Madam Diolafava* ». Yazda pub.
- DIOLAFAVA, M. J, (1990). « *Itinerary of Madam Diolafava* ».
- GHOBADIAN, Vahid, (1998). « *Climate study of traditional Iranian buildings* », Tehran; Tehran university pub.
- GILLISPIE, Elizabeth A, (2006). « *An Examination of an Ice House at Old Town Plantation* », B.A., GEORGIA SOUTHERN UNIVERSITY.
- HOSSEINI, B, ALI Namazian, (Septembre 2012). « *An overview of Iranian ice repositories, an example of traditional indigenous architecture* », METU journal of the faculty of architecture 29 (2), pp.223-234.

- JORGENSEN, Henri, (2012). «*Ice houses of Iran*», Mazda Pub; 1 edition.
- GOBLOT, Henri, (1963). «*Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire*», pp. 499-520.
- «*La glace et ses usages*», (1991). Presses Universitaires de Perpignan, 151 pages.
- MOHAMMADI SOLTANI, M, Mohammad Boluri Bonab, (2015). «*The study of the physical structure of the glaciers in Nayin*», ASAR trimestriel scientifique et artistique, No. 73. pp. 43-57.
- MOKHLESI, M. (1985) «*Traditional Refrigerators, the Forgotten Masterpieces*», the Second Congress on Architecture and Urban Planning History», (2), pp.68-98.
- MAHDAVINEJAD, M, KAVAN Javanrudi, (July 2012). «*Assessment of Ancient Fridges: A Sustainable Method to Storage Ice in Hot-Arid Climates*», Asian Culture and History, 4 (2).
- NAZARIEH, N, NIMA Vali Beig, (2017). «*Ice houses of Iran, cold and stable over time*», Kerman shenasi center pub.
- PAPELI YAZDI, M, MAJID Labaf Khaniki, (2008). «*Ice house and producing artificial ice* », Second regional conference of climate changing (Meteorological Organization of IRAN).
- HANACHI, Pirooz et.al, «*Towards Sustainable Earthen Architecture, with Special Reference to IRAN* », Sustainable Architecture and Urban Development, pp.129-145.

- VALI BEYG, Nima et.al, (2017). « *Analysis of the effect of shading wall geometry in the southeastern ice houses of Iran* », Journal of art university, (18), pp.148-165.
- SOLTANI MOHAMMADI, M, MOHAMMAD Boluri Bonab, (2016). « *Study of the physical structure of ice houses in Nayin city* », Asar quarterly, (73), pp.43-58.
- ZAKER AMELI, Leila et.al, (2006). « *Ancient city of the desert* », Naghshe Khorshid pub.