

Les puits aériens de Théodosia, de Montpellier et de Trans

Alain Gioda
Hydrologue,
ORSTOM, BP 5045,
34032 Montpellier Cedex
01, France.
avec la collaboration de
Andrés N. Acosta
Baladón
Expert Principal Honoraire
de l'OMM,
Paseo Canalejas 57/61,
7A, 37001
Salamanque, Espagne.

Entre 1905 et la Seconde guerre mondiale, des scientifiques russes, français et belges tentèrent de capter la vapeur d'eau atmosphérique autour de la Méditerranée avec des tas de cailloux et cela à cause de la belle histoire des fontaines de Théodosia en Crimée.

J'ai essayé par un montage d'articles anciens et peu accessibles de vous conter leurs recherches et, en faisant des petites enquêtes, de reconstituer la fin de ces expériences en France.

Les fontaines sans source

M. Vinogradoff, ingénieur russe réfugié en Yougoslavie à la suite de la Révolution d'Octobre, envoya une communication à M. de Zvorikine, correspondant de la Société d'Agriculture du Nord de la Russie. M. de Zvorikine en fit part ensuite à M. Henri Hiier qui la présenta à l'Académie d'Agriculture de Paris. Le texte suivant parut en 1925 dans les comptes rendus de cette vénérable institution [1]. Je me suis permis simplement de censurer les passages les plus fleuris.

« La Crimée, l'ancienne Tauride, comme écrivit Hérodote était au V^e siècle avant Jésus-Christ, un pays couvert de cultures faisant partie des colonies grecques de la mer Noire, le Pont-Euxin. La viticulture y prospérait, ce que confirment les amphores de grès découvertes en grandes quantités dans les fouilles de Kertch, ancienne Ponticapée » (figure 1).

Théodosia était une brillante cité, colonie de Milet, fondée vers 600 avant Jésus-Christ. Elle fut détruite par les Huns (IV^e siècle après J-C) alors qu'elle était devenue colonie romaine. Sur ses ruines, une très prospère cité, Kaffa ou Cafra, fut fondée par Gènes en 1266 qui acheta l'emplacement au khan de la Horde d'Or. Elle devint une grande étape de la route de la soie et de la route des épices. Kaffa reçut le nom de Kefe après sa prise par les Turcs en 1475 soit 22 ans après la chute de Constantinople et de l'Empire Romain d'Orient. Les Ottomans en firent la capitale de la Crimée. Pillée lors de la guerre russo-turque en 1771, elle fut rattachée à la Sainte Russie sous le nom de Féodosia ou Féodosiya, lors de l'annexion de la Crimée (1783). Un siècle plus tard, ce pays connaissait

une terrible sécheresse. Le gouvernement russe fut fort préoccupé et en 1888 fut construite la première conduite d'eau. Elle amenait 500 m³/jour d'eau à Féodosiya d'une source de la montagne Aguer-Mikh, située à 30 km. De plus, il fut élaboré un vaste plan de reboisement des montagnes de la Crimée, la Chaîne Taurique.

L'exécution des travaux fut confiée à l'ingénieur Zibold et commença en 1871. En 1903, plusieurs centaines d'hectares étaient déjà boisés.

Toutefois, pendant les travaux on découvrit tout un réseau de tuyaux de grès de 5 à 7 cm de diamètre qui alimentait les 114 (?) fontaines tarées de Théodosia. Sans doute, faut-il lire les 14 fontaines. M. Zibold constata que les tuyaux prenaient l'eau des crêtes des montagnes environnantes à une altitude de 300-320 m, mais dans aucun de ces endroits, il ne trouva trace de source. En revanche, il y trouva des monceaux formant des cônes de pierres calcaires concassées dont l'ensemble de l'entassement mesurait environ 30 m de longueur, 25 m de largeur et 10 m de hauteur. Les pierriers se trouvaient sous 5 à 10 cm de terre. Il trouva ainsi sur une distance

d'environ 3 km, 13 autres de ces appareils gigantesques qui alimentaient les fontaines.

Dans son rapport au Ministère de l'Agriculture, M. Zibold suppose que les vapeurs atmosphériques, en pénétrant entre les interstices des pierres dans les profondeurs fraîches de ces appareils, se refroidissaient et se transformaient en eau qui s'écoulait vers les fontaines.

D'après un calcul approximatif de M. Zibold, en supposant que ces condensateurs ne fonctionnaient que 8 heures par jour et prenant en considération la capacité de la tuyauterie, chacun de ces condensateurs était en état de produire 55,4 m³ par jour soit environ 2 l/s pendant 8 heures (en admettant un diamètre moyen de 6 cm pour les conduites, on obtient une vitesse moyenne du flot de l'ordre de 0,7 m/s) « de sorte que les citernes aménagées au-dessus des 14 fontaines pouvaient être alimentées par presque 720 m³ par jour [1] ».

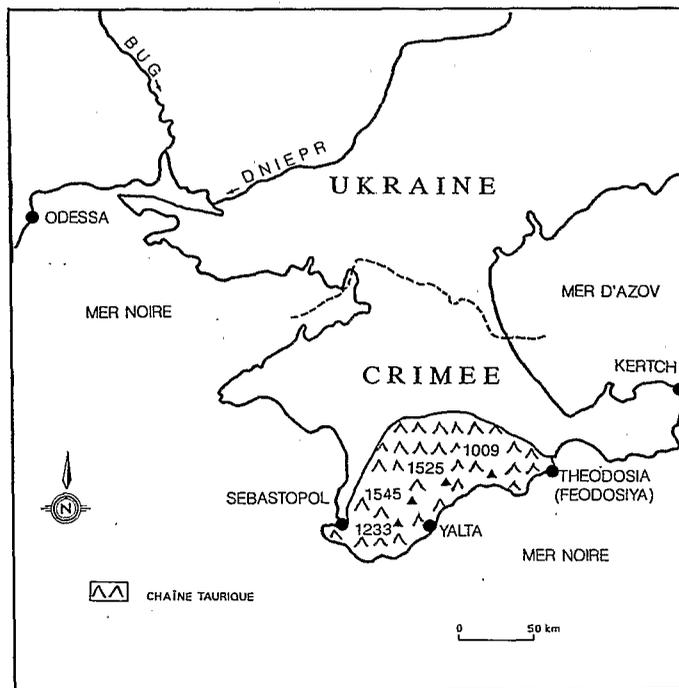


Figure 1. Esquisse de la localisation de Théodosia.

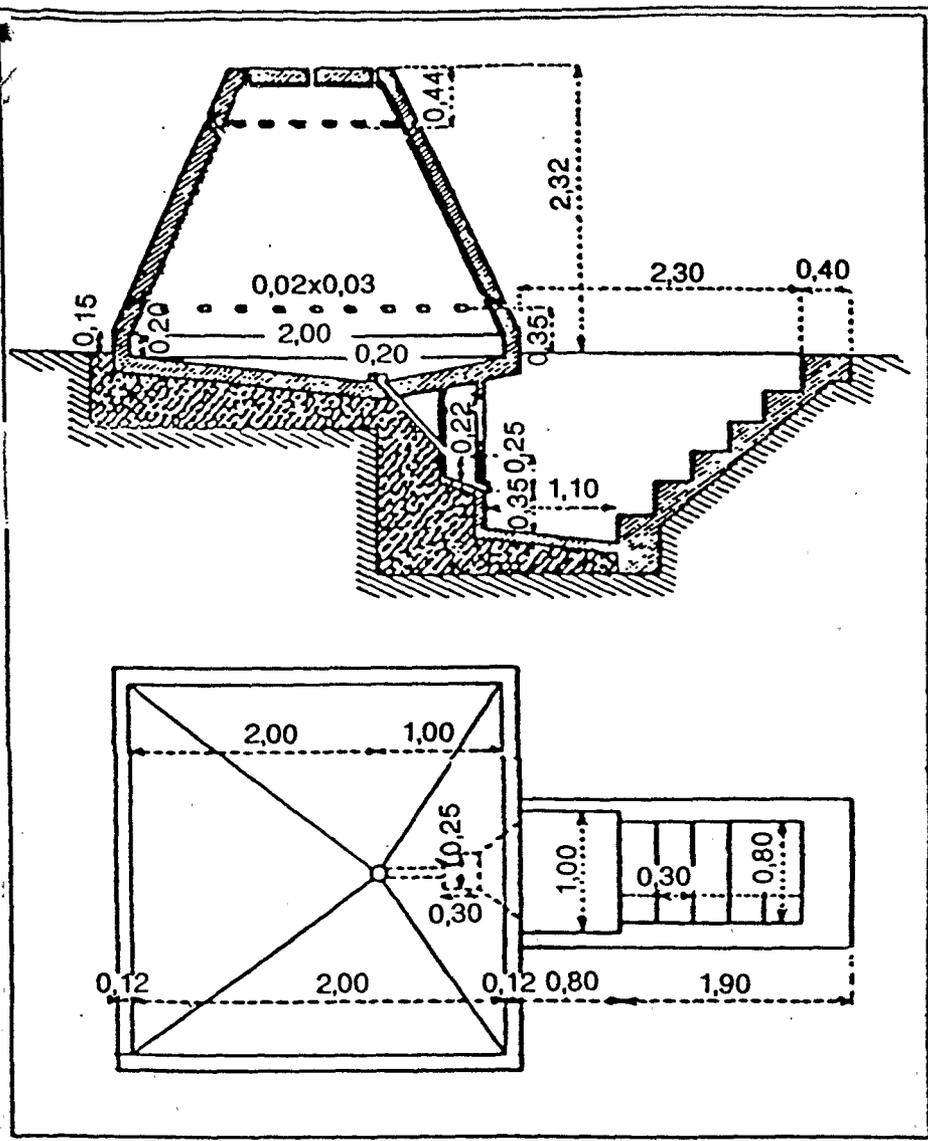


Figure 2. Croquis du capteur de Chaptal [4].

Références

1. Hitier H. Condensateurs des vapeurs atmosphériques dans l'Antiquité, Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture, Paris, 1925 ; 679-83.
2. Chaptal L. Contribution à l'étude de la rosée et des sources secondaires d'humidité du sol, *Annales de la Science Agronomique*, 1928 ; 134-54.
3. Chaptal L. La rosée et les dépôts aqueux de l'atmosphère, *Annales de la Science Agronomique*, 1930 ; 69-77.
4. Chaptal L. La lutte contre la sécheresse. La captation de la vapeur d'eau atmosphérique, *La Nature* n° 2893, 60^e année, 2^e semestre, 15 novembre, 1932 ; 449-54.
5. Reis F. Cunha. O problema da captação da água do nevoeiro em Cabo Verde, Garcia de Orta, Lisboa, 1964 ; vol. 12, n° 4, 719-56.

6. Sensidoni F. Contributo al problema idrico nelle regioni costiere a clima caldo-arido, *Giornale del Genio Civile*, Roma, 1945 ; Fasc. 1 : 84-107.
7. Masson H. Condensations atmosphériques non enregistrables au pluviomètre. L'eau de condensation et la végétation, *Bulletin de l'IFAN*, Dakar, 1948 ; Tome X : 1-181.
8. Chaptal L. Importance que présentent pour l'agriculture les sources secondaires d'humidité. In : *Kommission für Landwirtschaftliche Meteorologie*, OMM, Genève, 1937, Sonderabdruck aus Publikation 36, XV : 82-6.
9. Damagnez J. Les sources secondaires d'humidité et l'approvisionnement en eau des sols de la France méditerranéenne, *Symposium Rosée*, Assemblée Générale de l'UGGI, 3-4 septembre 1957, AISH n° 44, Genbrugge (Belgique), 1958 ; vol. II, 446-57.

En 1905, M. Zibold, avec les crédits du Ministère de l'Agriculture Russe, reconstitua un ancien condensateur en utilisant les galets des plages de Féodosiya. Il échoua peut-être en partie à cause de la nature lithologique différente (mais non spécifiée) du matériau par rapport à l'original. Toutefois conclut M. Hitier, son système avait encore besoin d'être affiné quand éclata la Révolution de 1917 qui dispersa les hommes et les idées.

La pyramide tronquée

Les résultats des expériences antérieures de M. Chaptal [2, 3] sur la rosée et la fixation de la vapeur d'eau sur le sol, ainsi que les analogies existant entre les climats de Théodosia et de Montpellier amenèrent ce scientifique à essayer d'obtenir de l'eau potable par le procédé décrit en Crimée.

A cet effet, un dispositif du type tas de cailloux fut installé au début de 1929 à la Station de Physique et de Climatologie Agricoles de Bel-Air dans le quartier du Petit Bard à Montpellier ; M. Chaptal étant le Directeur de cette Station. L'ensemble était bien exposé aux vents marins.

« Sur une plate-forme carrée en ciment imperméabilisé, mesurant 3 m de côté, on a entassé sur une hauteur de 2,50 m des pierres calcaires non marneuses, débitées en morceaux irréguliers, ayant des dimensions comprises entre 5 et 10 cm (figure 2). L'ensemble qui a l'aspect d'un tronc de pyramide est recouvert par un revêtement en béton dans lequel sont ménagés, vers la base et le sommet, des trous d'aération (figure 3).

La plate-forme est légèrement inclinée vers le centre et de la partie la plus basse part un conduit aboutissant à un réservoir étanche creusé dans le sol.

Ce capteur a donné pendant la saison chaude de 1930 (avril-septembre) 87,8 l d'eau et, en 1931, 40,5 l ; les conditions ayant été moins favorables cette année-là. Le rendement quotidien maximal a été de 2,5 l le 10 mai 1930. 28 fois le capteur a fourni plus de 1 l en 24 h ; 4 fois plus de 2 l » [4].

Les dimensions du capteur étaient trop restreintes selon Chaptal pour que l'on puisse évaluer, même approximativement, les quantités d'eau que pouvaient donner des capteurs plus volumineux. Quand on augmente le volume, poursuit Chaptal, on augmente non seulement la surface de dépôt, mais aussi l'inertie thermique de l'ensemble et par suite le rendement par unité. Les résultats obtenus à Montpellier laissent toutefois suppo-

ser que la production serait assez élevée pour être pratiquement intéressante.

Le puits aérien

« C'est afin de bien déterminer les conditions de rendement maximum et de se rendre compte du rôle économique que peuvent jouer les capteurs que M. Achille Knapen, qui étudiait depuis de nombreuses années les diverses questions relatives à l'humidité de l'air et des constructions, a édifié à Trans, dans le département du Var, un condensateur qu'il a dénommé puits aérien (Photo 2).

Le puits aérien a l'aspect d'une vaste cloche en maçonnerie, mesurant 12 m de diamètre à la base et 12 m de hauteur (Photo 3). La paroi a une épaisseur de 2,5 m (figure 4) » tandis que celle de la voûte atteint 4 m. Cet ensemble très massif est constitué de roches calcaires assemblées selon la technique des pierres apparentes. « Cette paroi porte aux parties inférieure et supérieure plusieurs rangées d'ouvertures faisant communiquer l'extérieur avec l'intérieur (Photo 5). Sous la cloche, et séparée d'elle par un

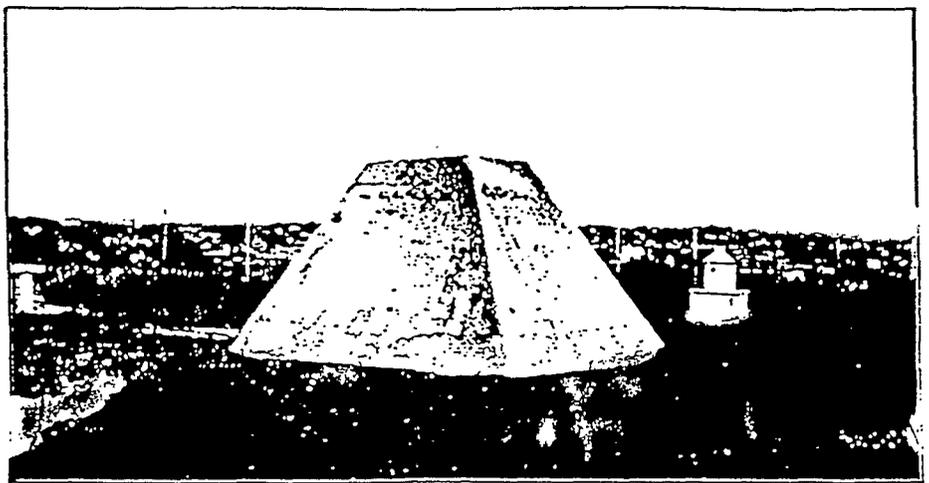


Figure 3. Vue d'ensemble du capteur de Chaptal [4].

assez grand espace, se trouve une masse de béton en grenaille de porphyre et mortier au ciment dans laquelle on a disposé, suivant des directions déterminées, des tubes poreux spéciaux connus sous le nom de siphons aériens (Photo 6) [4]. » Sur la face externe de cette masse bétonnée, on a implanté une grande quantité

de morceaux d'ardoises afin d'augmenter la surface de contact entre l'air et les solides destinés à recevoir les dépôts aqueux (Photo 4). Au centre, on trouve une cavité cylindrique de 1 m de diamètre et 9 m de hauteur, dont l'axe est occupé par un tube métallique de 30 cm de diamètre qui traverse la cloche et la dépasse de 50 cm. »

Voici comment M. Knapen concevait le fonctionnement de son puits : « la nuit, l'air froid pénètre dans le tube métallique central. Il remonte ensuite par le vide annulaire qui entoure ce tube, glisse le long de la masse externe de la cloche en béton et sort par les orifices inférieurs de la cloche. Le jour, l'air pénètre par les orifices supérieurs de l'enveloppe, il arrive au contact des ardoises et de la masse interne à basse température, se refroidit, laisse déposer une partie de son humidité et s'échappe par les ouvertures inférieures. Les gouttelettes formées à l'intérieur du condensateur tombent sur le plancher et elles sont conduites par des rigoles dans un réservoir souterrain [4]. »

Au Congrès des Ingénieurs Civils qui eut lieu à Paris en septembre 1931, M. Knapen avait fait savoir que la construction de son puits était à peu près terminée, mais qu'il fallait attendre que les maçonneries échauffées par la carbonation des mortiers aient repris leur température normale. Selon Chaptal [4], bien que cet état thermique ne soit pas encore atteint en septembre 1931, la condensation a commencé à se produire, faisant prévoir un prochain fonctionnement de l'installation.

En fait, rien ne parut dans les revues scientifiques selon Reis F. Cunha [5] et d'après notre petite enquête. Toutefois, F. Sensidoni évoquait les expériences de Théodosia, de Chaptal et de Knapen quand il parlait du développement du

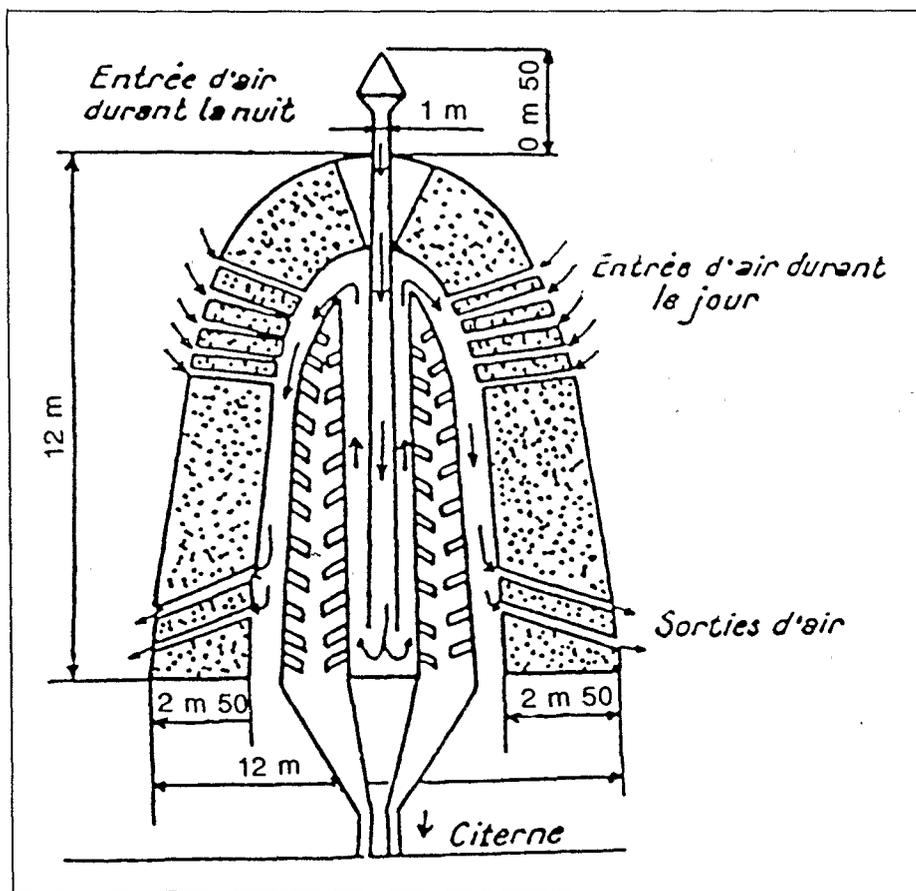


Figure 4. Coupe du puits aérien de Knapen (La Nature, Paris 1933, 1^{er} semestre : 300 in [7]).



Photo 1. Panneau indicateur du puits aérien de Trans qui se trouve à l'ouest du village, au-delà de la route menant à Draguignan (Var). (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).



Photo 2. Le puits aérien de Trans dans son cadre naturel. (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).

désert de la Libye [6]. D'autre part, H. Masson [7] rappelait que Knapen n'avait pas utilisé les calcaires poreux de Théodosia et de Montpellier ; d'ailleurs, il se proposait de continuer pareilles expériences en Mauritanie, mais ce ne fut pas le cas [7].

Il est important de savoir que la rigueur de M. Chaptal et la qualité de l'ensemble de ses travaux firent qu'en 1935 l'Organisation Météorologique Internationale, l'ancêtre de l'OMM, l'avait chargé, au cours de la réunion de Dantzig, d'effectuer une enquête sur l'intérêt des sources secondaires d'humidité et sur l'état d'avancement des recherches dans ce domaine [8, 9].

Conclusion

La guerre, à nouveau, dispersa les hommes notamment à cause du prétexte du corridor de Dantzig. L. Chaptal s'éteignit. Son capteur existait encore en 1962 et fut cité par Reis F. Cunha [5], chef du groupe de travail de bioclimatologie pour l'Outre-Mer portugais, qui le décrit lors d'un voyage d'études à Montpellier. En 1969, avant l'abandon par l'INRA de la Station de Physique et de Bioclimatologie Agricoles de Bel-Air, le capteur avait été détruit. Les rendements avaient toujours été très modestes. Les archives de la Station furent transfé-

rées à l'INRA-Montfavet, près d'Avignon où elles sont conservées aujourd'hui.

A Trans, entre les Arcs et Draguignan, le puits aérien existe toujours. Pour s'y rendre, sur l'autoroute La Provençale en direction de Nice, sortir au panneau Le Muy-Draguignan puis poursuivre vers Draguignan ; Trans est à moins de 10 km de la sortie de l'autoroute. Le puits aérien a même été restauré après avoir servi de vespasienne pendant des années. A l'adret parmi les villas de caractère, il domine, de son élégante silhouette de colombier, la petite ville arrosée par la Nartuby et il est devenu l'une des curiosités touristiques de la localité (Photo 1)

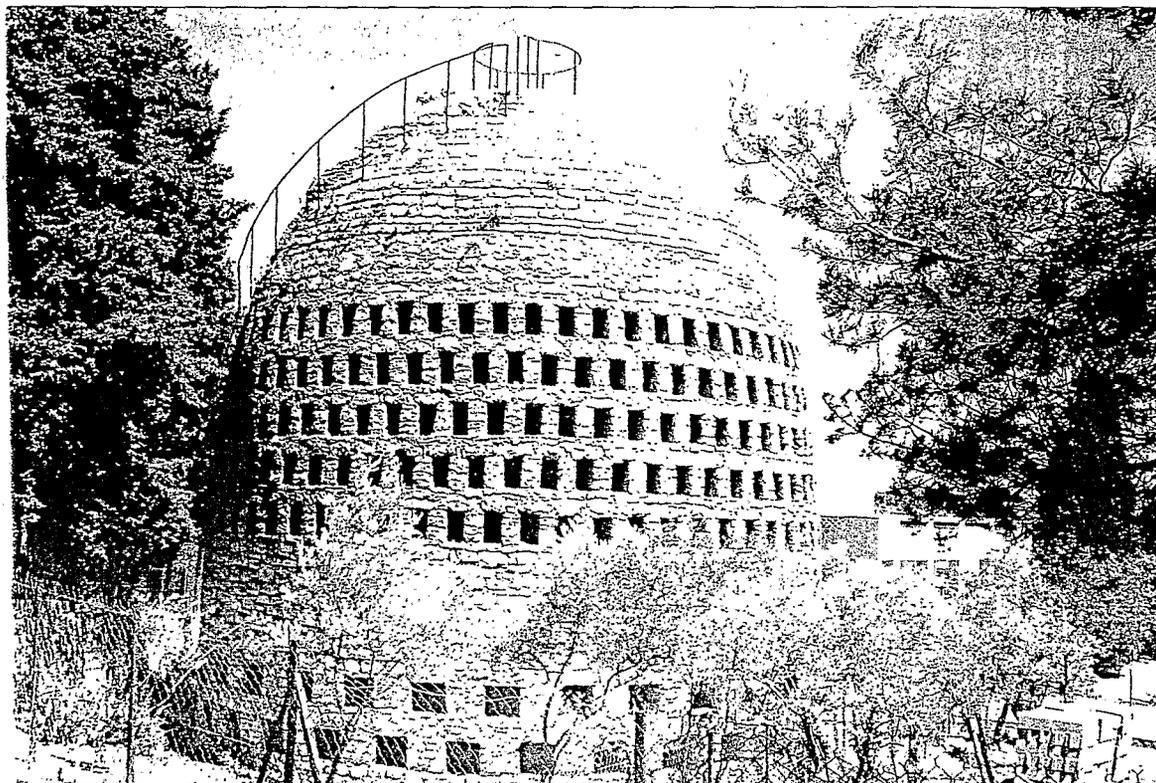


Photo 3. Vue d'ensemble du puits aérien de Trans-en-Provence (Var). (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).

Résumé

La découverte d'un réseau antique de tuyaux prenant leurs sources à partir de grands pierriers à Théodosia (aujourd'hui, Féodosiya - Crimée), a conduit l'ingénieur Zibold, au début du XX^e siècle, à reconstituer un condensateur naturel appelé puits aérien. Il s'agit de capter la vapeur d'eau de l'atmosphère grâce à une construction de cailloux en exploitant la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur pour atteindre le point de rosée c'est-à-dire la condensation dans le puits aérien. Interrompus en 1917, les essais furent repris à Montpellier par L. Chaptal, dans les années 1920 et 1930, grâce à une petite pyramide tronquée. Le rendement maximal fut de 87,8 l entre avril et septembre 1930 et la production d'eau journalière maximale fut de 2,5 l. Enfin, une cloche en maçonnerie de 12 m de diamètre et 12 m de hauteur a été construite selon ces schémas à Trans-en-Provence, au début des années 1930, par Knapen. Si l'ensemble ne produisit pas d'eau, l'édifice élégant et aujourd'hui unique au monde a été préservé et restauré.

Remerciements :

Les remerciements iront à M. Jean-Pierre Porthelet, Maire de la commune de Trans-en-Provence (83720), pour avoir pris la décision de mettre en valeur le puits aérien. MM. Bernard Seguin (INRA-Montfavet) et Hubert Chamayou (INRA-Montpellier) ont facilité la recherche bibliographique.

Photo 5. Espace intérieur du puits aérien de Trans. A gauche, sont visibles les ouvertures carrées de 50 cm de côté des cavités de 2,50 m de long qui sont destinées à la sortie de l'air froid nocturne. A droite, se trouve la masse bétonnée interne avec les restes des bouts d'ardoises fichées dans celle-ci. (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).

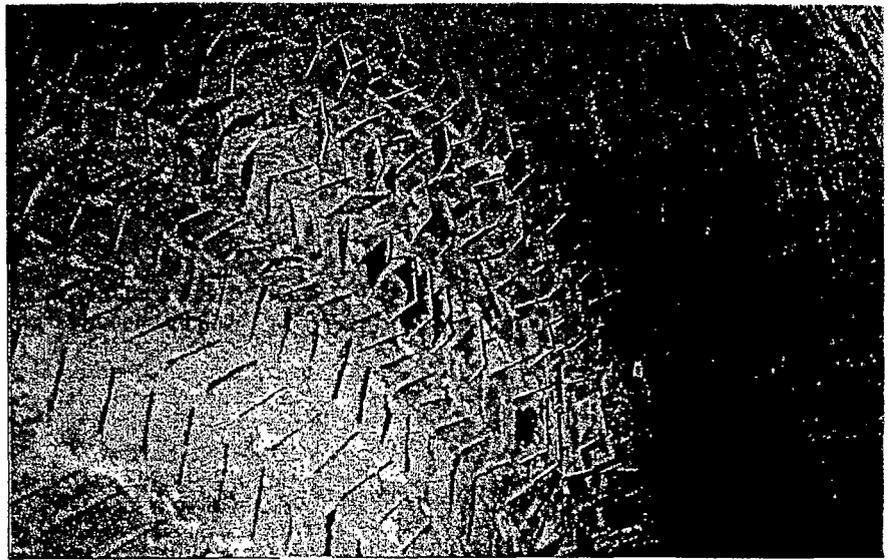


Photo 4. Vue de la voûte du puits aérien de Trans et de la masse bétonnée interne avec ses ardoises qui sont intactes en hauteur. (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).

Summary

An antique supply channel network without any spring was discovered in the mountains above Feodosiya (formerly, Theodosia - Russian Crimea) almost at the beginning of the XXth century. The discovery of huge stone heaps at the network head led the engineer Zibold to think it was possible to rebuild a natural water condenser called atmospheric well. The aim is to catch the atmospheric vapor with the help of a building using temperature differences between the inside and the outside until the dew point is reached i.e. until the condensation begins. Works in Russia were stop-

ped by the Soviet Revolution but Chaptal, Head of the Montpellier Bioclimatological Centre in France, went on with this research using a small pyramid. The maximum water production was 87.8 litres over the period April-September 1930 and the maximum daily discharge was about 2.5 litres. Another big construction (12 m high and a diameter of 12 m) was built by Knapen in Trans (Provence) in early thirties. It never produced water but it is an elegant-looking structure and unique in the world today. Hence it has been preserved and restored.

Photo 6. Masse bétonnée interne du puits aérien de Trans. Les siphons aériens d'un diamètre de 20 mm sont visibles. Par contre, les ardoises ont été très abîmées lorsqu'elles étaient à hauteur d'homme. (Cliché Alain Gioda, ORSTOM).

