

Projet tutoré du semestre 2 : Mesures Physiques

Année 2007

La récupération de la rosée



MOREAU Sandra

MP1, groupe D2

SOMMAIRE

Introduction.....	2
Qu'est ce que la rosée ?	3
<i>Définition.....</i>	<i>3</i>
<i>Les conditions de formation de la rosée :.....</i>	<i>3</i>
Comment récupérer ces précieuses gouttes ?.....	6
<i>Les différentes techniques :.....</i>	<i>6</i>
L'OPUR	7
<i>Qu'est ce que l'OPUR ?.....</i>	<i>7</i>
<i>La découverte des puits aériens :.....</i>	<i>8</i>
<i>Les développements technologiques :.....</i>	<i>10</i>
<i>Les projets :.....</i>	<i>11</i>
Conclusion.....	15
<i>Informations complémentaires :.....</i>	<i>15</i>
Bibliographie.....	16
<i>Livres :.....</i>	<i>16</i>
<i>Liens Internet :.....</i>	<i>16</i>

Introduction

A l'heure où l'on commence à se poser des questions sur notre environnement, on se rend compte que la nature n'est pas généreuse partout. L'eau que l'on considérait jusqu'à maintenant comme inépuisable et abondante devient une richesse à préserver.

Avec le réchauffement planétaire on remarque déjà les canicules et le manque d'eau qui s'accroît dans certains endroits. De nombreux scientifiques se posent donc des questions pour notre avenir : Comment préserver l'eau ? Par quels moyens pouvons nous récupérer de l'eau notamment dans les pays où la pluviométrie est moindre ? Sont-ils applicables à grande échelle ?

Parmi ces nombreux scientifiques, certains se sont ardemment penchés sur la récupération de la rosée qui se forme dans des conditions bien particulières mais dans des lieux où les autres sources d'eau sont peu nombreuses. En effet, comme le fait remarquer Daniel Beysens (dont on fera souvent allusion dans ce dossier), notre atmosphère contient presque autant d'eau sous forme de vapeur ($12\,900\text{ km}^3$) que nous en disposons sous forme liquide sur les terres habitées ($12\,500\text{ km}^3$). Il paraît alors logique de chercher à récupérer cette eau qui apparaît finalement être à notre portée.

Grâce à de nombreux documents, en m'appuyant surtout sur les recherches du professeur Beysens et de ses collègues, j'ai cherché à comprendre et à expliquer ce qu'est la rosée, les moyens de la récupérer ainsi que leurs applications actuelles et futures. Je me suis aussi penchée sur l'histoire de ces découvertes et sur ce qui a poussé les scientifiques à s'attarder sur la question et à trouver des innovations technologiques afin de rendre aujourd'hui la rosée une source d'eau potable.

Qu'est ce que la rosée ?

Définition

Chacun de nous connaît ce phénomène que l'on observe le matin, de fines gouttelettes d'eau apparaissent dans l'herbe, les toiles d'araignées... dans nos jardins et nos campagnes sans même qu'il n'est plu. C'est ce phénomène naturel qu'on appelle la rosée.

Mais d'où vient donc cette eau ? Qui ne s'est jamais posé la question ?

La rosée est en réalité due à des conditions d'humidité et de températures bien précises. Dans ces conditions bien définies, une étrange réaction se produit : l'eau de l'air se condense et passe ainsi de l'état gazeux à l'état liquide sous forme de fines gouttelettes...



Les conditions de formation de la rosée :

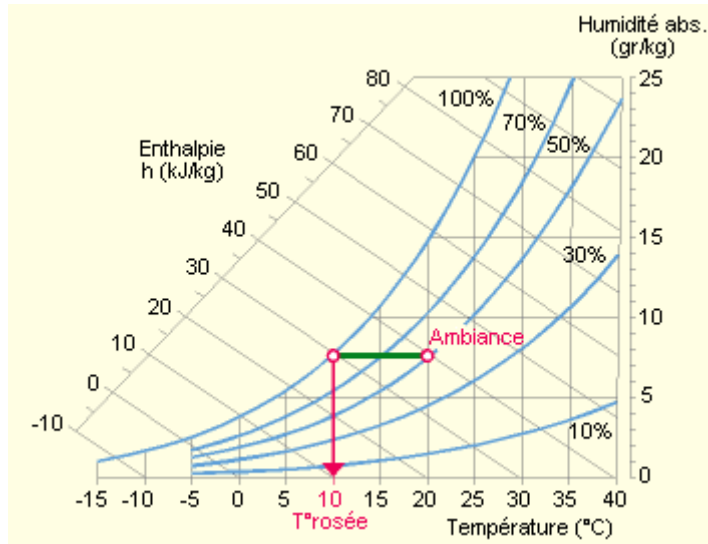
Etude générale :

La rosée se forme le matin, au lever du jour, quand la température du sol ou de toute autre surface (herbe, toile d'araignée, feuille...) baisse au point de déclencher la condensation de la vapeur d'eau.

Les conditions idéales pour l'apparition de la rosée sont : une nuit claire et calme, un air humide près du sol, un faible degré d'humidité de la couche d'air supérieure et, en général, un vent calme (moins de 5 km/ h). En effet, l'absence de vent et de nuages permet un refroidissement plus rapide de l'air.

Etude thermodynamique :

Les conditions de formation de la rosée correspondent à une courbe appelée courbe de rosée qui dépend des températures sèches et humides de l'air et donc de l'humidité relative (pourcentage d'eau dans l'air ambiant). On construit pour cela des diagrammes psychrométriques comme celui-ci :



On prend la température ambiante (en abscisses) et l'humidité relative (en **bleu**), on cherche ensuite à atteindre la courbe de rosée (courbe **100%**) et on trouve ainsi la température de rosée.

Ces conditions peuvent être regroupées pour former un tableau tel que celui ci-dessous :

		Température de l'air ambiant (en $^{\circ}\text{C}$)										
		-6,67	-1,11	4,44	10	15,56	21,11	26,67	32,22	37,78	43,33	48,89
Humidité relative (en %)	90	-7,78	-2,22	2,78	8,33	13,89	19,44	25,00	30,56	36,11	41,66	47,22
	85	-8,33	-3,33	2,22	7,22	12,78	18,33	23,87	28,89	35,00	40,00	45,00
	80	-8,89	-3,89	1,11	6,67	12,22	17,22	22,78	27,78	33,89	38,88	43,33
	75	-9,44	-4,44	0,56	5,56	11,11	16,67	21,67	26,67	32,78	37,78	42,22
	70	-10,56	-5,56	-0,56	4,44	10,00	15,55	20,00	25,56	31,11	35,56	40,56
	65	-11,11	-6,67	-1,67	3,33	8,33	13,89	18,89	24,44	29,44	33,89	39,44
	60	-11,67	-7,22	-2,78	2,22	7,22	12,78	17,78	22,78	28,33	33,33	38,33
	55	-12,78	-8,33	-3,89	1,11	6,11	11,67	16,11	21,11	26,67	31,67	36,67
	50	-14,44	-9,44	-5,00	-0,56	4,44	10,00	15,00	19,44	25,00	30,00	34,44
	45	-15,56	-10,56	-6,11	-1,67	2,78	8,33	13,33	17,78	22,78	27,78	32,78
	40	-17,22	-11,67	-7,78	-3,33	1,66	6,11	11,11	16,11	20,56	25,56	30,56
	35	-18,89	-13,33	-8,89	-5,00	-0,56	4,44	8,89	13,89	18,33	23,33	28,33
30	-21,11	-15,56	-10,56	-6,67	-2,22	2,22	6,67	11,11	16,11	20,56	25,00	

On a ici deux exemples :

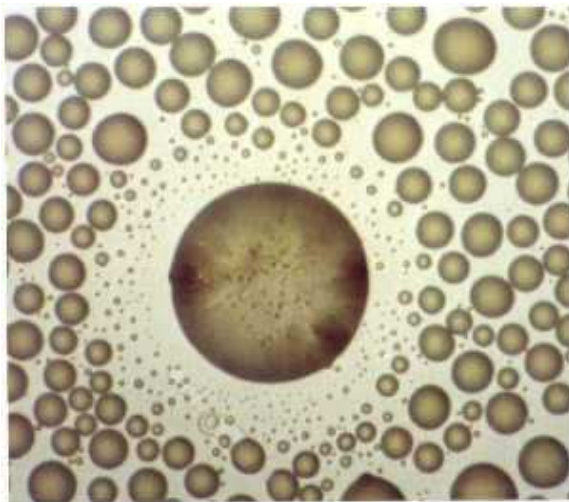
Si la température sèche ambiante est de $15,56^{\circ}\text{C}$ et que l'air contient 55% d'humidité, la rosée se formera si la température est de $6,11^{\circ}\text{C}$ (cas difficile à atteindre)

Si la température sèche ambiante est de $21,11^{\circ}\text{C}$ et que l'air contient 85% d'humidité, la rosée se formera si la température est de $18,33^{\circ}\text{C}$ (cas beaucoup plus simple à obtenir car il suffit d'un différentiel de 3°C pour la condensation)

Pour obtenir ce différentiel de température on connaît un système simple de condensation qui est de mettre en contact l'air avec un support plus froid (plaque de métal ou de verre). Dans les meilleures conditions il suffit ainsi d'un différentiel de température de 2°C à 8°C pour obtenir de l'eau sous forme liquide.

La rosée se crée naturellement la nuit grâce aux échanges radiatifs, en effet les différentes surfaces émettent des rayonnements infrarouges qui les refroidissent, ces derniers sont plus importants lorsque le ciel est dégagé d'où les conditions de formation de la rosée durant les nuits claires et calmes.

Il existe un phénomène assez surprenant durant la réaction qui mène à la formation de la rosée. Une fois qu'une première gouttelette d'eau s'est formée, au moment précis où l'on atteint le point de rosée, elle est de taille microscopique. Les gouttes formées deviennent de plus en plus grosses car elles se regroupent, on dit qu'elles « coalescent ». Ce qu'il y a de plus surprenant est que sur une surface donnée, même si les gouttes deviennent de taille plus importante, la surface sèche (où il n'y a aucune présence d'eau) reste de même proportion soit environ 50%. En effet lorsqu'elles coalescent, les gouttes grossissent dans la 3^{ème} dimension et n'occupent pas une plus grande surface.



On voit ici des gouttes d'eau en coalescence

Comment récupérer ces précieuses gouttes ?

Les différentes techniques :

Celles exploitées à ce jour :

A ce jour les systèmes existants visent plutôt à une récolte du brouillard, qui est à différentier de la rosée. Le brouillard est déjà sous forme liquide, il se forme par condensation, tout comme la rosée, mais directement dans l'atmosphère sur les particules et poussières qui la compose, aussi appelés « sites de condensation ».

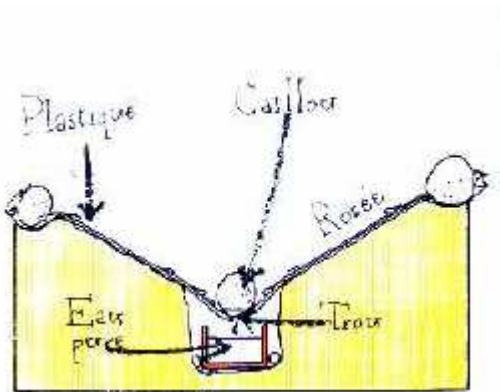
Il existe différentes techniques :

Au Chili, dans les régions de haute altitude, les montagnes bloquent les nappes de brouillard. Les habitants récupèrent donc cette eau grâce à des grillages en plastique à mailles fines sur lesquels elle se dépose.

En partant du même principe, en Namibie et aux Canaries, ont été installés des « filets attrape brouillard » qui permettent d'alimenter en eau les cultures locales.

Les systèmes de récupération de la rosée principalement existants aujourd'hui sont ceux développés par l'OPUR et ses partenaires que nous développerons plus loin dans ce dossier.

Petite expérience à réaliser chez soi :



Voici un petit montage assez facilement réalisable par soi-même (tout de même prévoir un lieu ou creuser un trou).

Comme montré sur le dessin ci-contre, il suffit de creuser un trou en V très ouvert puis un plus profond où placer le récipient pour récupérer notre eau. Ensuite, recouvrir de plastique le trou en laissant une ouverture au fond.

La nuit, si la température extérieure descend assez bas pour atteindre le bon différentiel, défini précédemment, avec la température du sol, de la rosée se forme sur les parois et coule doucement jusqu'au fond du trou. Le matin on peut ainsi récupérer quelques centilitres d'eau pure venue du ciel.

Pour ma part les résultats ont été peu probants étant donné qu'il pleuvait souvent et que les conditions étaient assez mauvaises. Mieux vaut tenter cette expérience en été.

L'OPUR

Qu'est ce que l'OPUR ?



Organisation Pour l'Utilisation de la Rosée

(Association Loi de 1901)

L'OPUR est donc le nom de l'association créée en 1999 par Iryna Mylymuk et Daniel Beysens pour promouvoir l'utilisation de la rosée comme source d'eau potable puis par élargissement toutes les sources d'eau alternatives. Les adhérents, qui se nomment les roséphiles, soutiennent toutes les actions qui visent à une diffusion des utilisations de la rosée. Ainsi l'OPUR soutient des projets tant scientifiques que littéraires ou artistiques.

Sa création est née des découvertes de Daniel Beysens, chercheur reconnu et très intéressé par l'eau, ses différentes facettes et utilisations. Après de multiples rencontres et péripéties en France et en Ukraine à la recherche des vestiges de ces « puits aériens » qui permettraient de récupérer l'eau de l'air ambiant sous forme de rosée, il s'associe avec Iryna Mylymuk pour créer l'OPUR. Ces aventures sont racontées dans leur livre récemment paru « *À la poursuite des fontaines aériennes* ».

L'OPUR est aujourd'hui la seule association ayant ce but et est devenue une référence dans le domaine de l'eau, sous toutes ses formes. Elle reste à l'écoute de tous les projets et de toutes les questions sur les condenseurs de rosée ; elle est ainsi citée dans de nombreux articles et participe à des expositions et des conférences.

OPUR
60, rue Emériau, 75015 Paris (France)
tel/fax : 33 (0) 1 45 77 42 66; email: opur@icmcb.u-bordeaux.fr
www.opur.u-bordeaux.fr

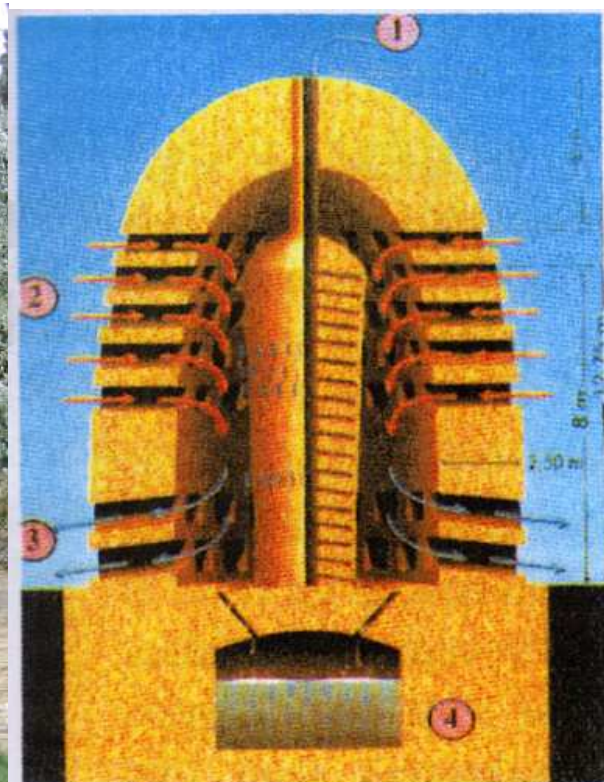
La découverte des puits aériens :

L'OPUR n'aurait sans nul doute jamais existé sans l'intérêt communicatif de D. Beysens pour ces « puits aériens ». Il en existe de nombreux à travers le monde bien qu'il semble qu'ils n'aient jamais fourni le rendement attendu. Cependant de nombreux « mythes » sont nés de ces constructions. Tentons de retracer le chemin que parcourut le professeur Beysens.

En France, à Trans en Provence, il existe une énorme construction dont l'utilité est longtemps restée inconnue. Il s'est avéré que c'était en réalité un « puits aérien » construit par un scientifique : M. Knapen. Même si cet édifice n'a, au final, pas produit les résultats escomptés se fut un point de départ important dans les recherches des chercheurs de l'OPUR.



Photo (nord) de la partie extérieure du puits aérien de Trans en Provence



Coupe schématique du puits aérien

- (1) le haut de la cloche avec le tuyau métallique qui prend l'air à l'extérieur
- (2) Cinq rangées d'ouvertures supérieures
- (3) Deux rangées d'ouvertures inférieures
- (4) Assise de l'ouvrage et citerne de stockage de l'eau

Document extrait de la brochure du Syndicat d'Initiative de Trans en Provence

Après la découverte de cette construction et de son fonctionnement théorique, Daniel Beysens et ses acolytes sont partis en Crimée (presqu'île du sud de l'Ukraine) dans la ville de Féodosia qui disait-on était, dans l'antiquité, alimentée en eau grâce à un système de récupérateurs de rosée. En effet des recherches ont prouvées qu'aucune source d'eau potable n'existait dans les montagnes environnantes étant donnée leur structure géologique. La présence de nombreux tumulus incita nos scientifiques à des recherches plus poussées. Bien que leur première piste se soit avérée fautive, ils découvrirent les vestiges d'un condenseur :



Etat actuel du condenseur de rosée de Féodosia. (Photo d'octobre 1993)



Maquette du condenseur de Féodosia réalisée après étude de la structure en 1995

Ce condenseur de rosée aux dimensions gigantesques était le projet de Zibold, un responsable forestier, au début du 20^{ème} siècle. Il faisait plus de 20m de diamètre pour un volume d'environ 600m³ ce qui représente des travaux de grande envergure même pour l'époque.

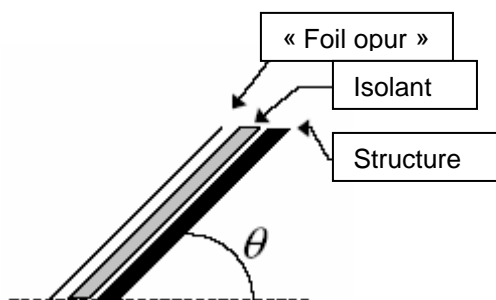
Après des recherches dans les anciens documents de la bibliothèque de Féodosia, on a découvert que ce puits avait fourni de grandes quantités d'eau (jusqu'à 360 litres d'eau par jour) durant plusieurs années avant d'être abandonné à cause d'une fuite dans la structure.

Les développements technologiques :

Après avoir étudié les différents « puits aériens » qu'ils avaient découverts les scientifiques de l'OPUR ont débutés leurs propres recherches sur un système plus léger et surtout plus fiable de récupération de la rosée. En effet ils ont découvert que le principe des constructions de Trans en Provence, de Féodosia et autres copies à travers le monde, était totalement correct, la maçonnerie atteignant au milieu de la nuit des températures assez froides pour condenser l'air qu'elle renfermait. Cependant, les rendements réels étaient de loin inférieurs aux rendements théoriques prévus comme dans toute expérience.

Il était donc nécessaire, pour obtenir de plus grandes quantités d'eau, de construire un modèle qui se refroidisse plus rapidement pour atteindre les conditions optimales du point de rosée. Donc utiliser un matériau moins épais et qui ait un fort pouvoir radiatif pour un plus grand refroidissement infrarouge et qui soit fortement hydrophile pour que l'eau s'y forme plus facilement. De plus ce système se devait d'être peu coûteux car principalement destiné aux régions pauvres.

Après de multiples recherches et tests, et grâce à tous les passionnés qui se sont investis dans ce projet ambitieux, un nouveau matériau a été créé. Ce nouveau matériau a été nommé « foil opur ». Bien que sa composition réelle reste en partie secrète, il est composé en grande partie de polycarbonate traité anti-UV.



On voit sur ce schéma le principe des condenseurs quels qu'ils soient, l'isolant et l'inclinaison peuvent varier en fonction des modèles.

Différents modèles sont dès à présent commercialisés sur leur site Internet :



Ce modèle (CRSQ-0.25 soit 0,25m²) permet de faire des « expertises de sites » et ainsi vérifier la production de rosée dans un lieu avant d'y implanter une plus grande structure.



Ce modèle ci (CRQ – 30 soit 30m²), exploité en Corse, est destiné à la récolte de grandes quantités d'eau.

Les projets :

Bien que les projets de l'OPUR soient multiples, les principaux sont tout de même de nature scientifique et surtout à but humanitaire, dans les pays où l'eau est un réel problème.

- ✓ Études
- Installation condenseurs (toits, cône)
- Projet industriel



Aboutis :

USINE DE ROSEE EN INDE

Le plus grand projet de l'OPUR à ce jour est cette usine de rosée dans le nord de l'Inde.

Dans cette région en effet, la pluviométrie est très faible (300mm/an) et les nappes phréatiques se vident à grandes vitesses amenant un risque de pollution si le niveau des nappes atteint celui de la mer.

Le professeur Girja Sharan ayant déjà obtenu de bons résultats dans cette région où la rosée semble être fréquente, il entreprit, en partenariat avec l'OPUR la construction d'un condenseur de rosée sur le toit d'une grange de 300m² et obtint une moyenne de 23L/jour pour le meilleur mois. Cela encouragea et les chercheurs et le gouvernement indien à projeter la construction d'une immense usine de rosée sur le lieu d'une ancienne mine à ciel ouvert et qui pourrait produire jusqu'à 1000L/jour pour les habitants de la région.



On voit ici les travaux en cours. Cette eau récupérée est destinée à être mise en bouteille et distribuée à la population.

Ce projet étant un grand succès, il se développe en Inde une politique de multiplication de ces initiatives et notamment des condenseurs situés sur les toits des maisons. L'OPUR a maintenant de nombreuses demandes pour la réalisation d'autres usines de rosée dans ce pays où l'eau est réellement un problème.

En cours :

PROJETS EN CROATIE

Depuis quelques années déjà, les scientifiques de l'OPUR procèdent à des tests et mesures en différents sites croates pour y implanter des condenseurs produisant de grandes quantités d'eau. Il existe en effet des îles dalmates où les ressources en eau sont quasiment inexistantes et où l'arrivée de touristes pose de nombreux problèmes.

Ils implantent alors des toits optimisés comme en Inde pouvant condenser la vapeur de l'air et ensuite stocker l'eau obtenue.



Si ces toits s'avèrent être performants, les habitants sont déjà prêts à élargir l'expérience sur des surfaces plus importantes.

Le projet de départ a donc presque abouti reste à le faire perdurer et grandir.

ANTENNE OPUR A TAHITI

L'île de Tahiti est aussi lieu de mesures préparatoires à l'installation de condenseurs de rosée. En effet, bien que l'eau ne manque pas à certaines périodes de l'année, il en est d'autres où elle manque, notamment à la fin de la saison sèche.

COLLECTE DE ROSEE EN ISRAEL

En Israël deux projets sont menés en parallèles pour comparer les résultats et rendements de condenseurs de rosée en deux points climatiquement différents dans un même pays.

Ainsi les scientifiques de l'OPUR font des mesures à la fois à Jérusalem, en zone urbaine, et dans le désert du Néguev qui est une zone aride par définition.

Des mesures sont faites depuis juin 2003 sur le toit de l'Université Hébraïque de Jérusalem (altitude : 780 m). Ces trois années de données démontrent que la meilleure période pour la collecte de rosée (qui correspond à 4-6 L/m²/mois) est la période chaude d'été avec une faible pluviométrie (juillet à septembre), en dépit des nuits courtes ne favorisant pas le refroidissement radiatif.

Les volumes maximum quotidiens de rosée se sont également produits pendant ces mois, atteignant parfois quasiment 0,6 L/nuit/m² - un record absolu à OPUR

Prévus :

RECUPERATION DE ROSEE EN NAMIBIE

En collaboration avec le Dr. J. Henschel, le directeur du Centre de formation et de recherches de Gobabeb, en Namibie Centrale, l'OPUR prévoit une campagne de mesures sachant déjà que la moyenne pluviométrique annuelle est très basse : 27 millimètres et donc que l'aide est nécessaire et rapidement. Ils envisagent donc une utilisation comme source supplémentaire d'eau potable la rosée obtenue par condensation.

ETUDES DE ROSEE EN AFRIQUE DU SUD

Le Dr. Mills s'est intéressé au rôle de la rosée dans l'activité microbienne du sol et son cycle nutritif, ainsi que par son influence sur les fynbos et la végétation de karoo de l'Afrique du Sud occidentale. Il cherche ainsi à savoir si l'eau de la rosée a des propriétés particulières comparées à l'eau de pluie ou des puits servant à l'irrigation des cultures.

ETUDE D'UNE NOUVELLE ARCHITECTURE DE CONDENSEUR



Le centre de développement de l'OPUR situé en Corse expérimente une nouvelle forme de condenseur : un cône formé de 10 panneaux triangulaires.

Il s'avère que pour un panneau droit de même surface, le cône permet une augmentation de 40% du rendement en eau collectée. Cela représente une avancée majeure dans les recherches même si la taille du condenseur est, sous cette forme, forcément plus

réduite.

Cette découverte permettra peut être de nouvelles innovations et applications dans les projets précédemment décrits.

Les projets de l'OPUR restent nombreux et évoluent sans cesse, il reste encore de grandes choses à réaliser.

Conclusion

Il apparaît évident que nous devons penser à notre futur et donc à préserver nos ressources en eau. On ne peut nier, après lecture de ce dossier, que la collecte de rosée est une grande avancée technologique même s'il s'avère qu'elle date de plusieurs centaines d'années. En effet, cette technique peut être considérée comme une nouvelle source d'eau potable, car il ne faut pas l'oublier, le but premier de ces systèmes est d'obtenir une eau qui puisse être consommée par les habitants des pays arides.

L'OPUR est une organisation déjà connue qui tend à l'être encore plus étant donné ses multiples initiatives, projets et campagnes d'information. Non seulement elle peut être considérée comme une association à but humanitaire mais elle a créé une technique de préservation de notre planète par des moyens simples. Il n'empêche que l'eau reste un bien précieux même si l'on trouve de nouveaux moyens de l'obtenir, il faut encore penser à la retraiter pour qu'elle reste réutilisable.

Travailler sur ce projet m'a beaucoup appris. Les scientifiques de l'OPUR ont une telle passion et une telle générosité, il existe en fait des solutions relativement simples et abordables pour aider les pays en difficultés et qui manquent d'eau. J'ai trouvé le livre « *À la poursuite des fontaines aériennes* » très instructif, notamment sur la façon dont une expédition scientifique peut être menée et sur la communication d'une passion et de cette soif de savoir, de trouver qu'a Daniel Beysens.

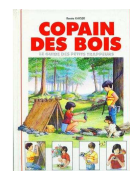
Informations complémentaires :

La 4e Conférence Internationale sur le Brouillard, la Récupération du Brouillard et la Rosée (4th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew) aura lieu du 22 au 27 juillet 2007 à La Serena, Chili.

Bibliographie

Livres :

- Iryna MYLYMUK / Daniel BEYSENS, 2005, « A la poursuite des fontaines aériennes ou Les Incroyables aventures de Français en Ukraine » édition Book-e-book.com, collection zététique, 155 pages.
- Renée KAYSER / Pierre BALLOUHEY, « Copains des bois, le guide des petits trappeurs » page 230, 1994, édition Milan



Liens Internet :

- www.opur.u-bordeaux.fr (site de l'association et principale source d'informations et d'illustrations) et liens :
 - **les bulletins d'information de l'OPUR :**
 - http://www.opur.u-bordeaux.fr/fr/Bulletin11_fr.pdf (novembre 2006)
 - http://www.opur.u-bordeaux.fr/fr/Bulletin10_fr.pdf (février 2006)...
 - http://www.opur.u-bordeaux.fr/fr/Bulletin3_fr-final.pdf (septembre 2001)
 - **2 petits reportages très instructifs :**
 - <http://www.opur.u-bordeaux.fr/fr/opur-fr-st.wmv>
 - <http://www.opur.u-bordeaux.fr/fr/opurinde.wmv>
- [www.palais-decouverte.fr/index.php?id=631&no_cache=1&sword_list\[0\]=ros%C3%A9e](http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=631&no_cache=1&sword_list[0]=ros%C3%A9e) consulté le 25/03/07
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A9e> consulté le 25/03/07
- www.histoire-eau-hyeres.fr/612-puits_aerien.html consulté le 25/03/07
- www.benjaminmoore.ca/professionals/manual/fr/12-03.pdf consulté le 5/05/07
- <http://mrw.wallonie.be/energieplus/CDRom/Climatisation/theorie/cligrandhygro-metrique.htm> consulté le 16/05/07
- www.ent-montecristo.org/marc.muselli/index.php?preaction=joint&id_joint=1679 consulté le 19/05/07