



VEGETALISATION: TOITURES ET FACADES

ALTERNATIVES A LA CLIMATISATION



ENVIROBAT INNOVATION SEM 6
à SALON DE PCE...le 29 SEPT 2011

INTERVENTION de:

Florence LOUP DARIO Architecte

PISTES ET ORIENTATIONS

1. Introduction
2. La végétalisation (façades, toitures, sols)
3. Les façades double peau ou pariéto -dynamiques
4. Le puits climatique (évoqué pour mémoire)
5. La chaleur latente: Les tours à vent et les cheminées solaires
6. Le rafraîchissement adiabatique
7. La brumisation

NOTA: a l'origine ce séminaire devait faire un tour d'horizon sur les alternatives à la climatisation, c'est pourquoi d'autres thèmes sont évoqués dans ce PowerPoint. Parce que le sujet est vaste, le sujet du séminaire du 29 sept 2011 a été recentré sur la végétalisation.

INTRODUCTION

UN SITE NATUREL

- UN EXEMPLE DE SITE NATUREL « les gorges de la Fou »
- UN TORRENT AU FOND D'UNE COMBE ROCHEUSE
UN ECLAIRAGE ZENITHAL ET UNE VENTILATION
NATURELLE... AU FINAL UN ABAISSEMENT DE LA TEMPERATURE
- DE PLUS DE 15°C PAR RAPPORT A L'EXTERIEUR à +35°C



UN SYSTÈME DE COOLING NATUREL
OU CLIMATISATION ADIABATIQUE
(par évaporation d'eau)

UNE VEGETATION QUI SERT D'ECRAN
AUX RAYONS SOLAIRES...

mais de là à habiter dans une grotte...



LA VEGETALISATION

➤ Façades végétalisées

1/ Les bacs **VELPLAN**® modulaires pré-cultivés sont en acier inoxydable. Fabricant **INO-VEGETAL**®

Encliquetés sur un châssis métallique indépendant

ils forment une panoplie totalement autonome ou pour être fixée sur une paroi.

Chaque bac est équipé de son système d'arrosage raccordé sur le réseau d'eau.

Des centaines de variétés de plantes ne reçoivent aucun engrais pendant trois ans.

VELPLAN® s'alterne aussi avec des modules de parement en métal ou d'autres matériaux.

FACADE HYDROPONIQUE

INO VEGETAL



2/ des câbles tendus pour une végétalisation à la carte: fixations et câbles inox

Par exemple Système JACOB



Bâtiment tertiaire
À Lagnes 84
URBAN
ARCHITECTURE

TROPHEE 2009
DEPARTEMENTAL
ARCHITECTURE
ET PAYSAGE



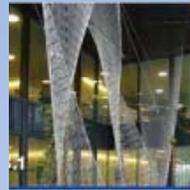
LA VEGETALISATION

➤ Façades végétalisées

3/JACOB SUITE



cables



webnet



GREENWALL
DE VEGETALIS



4/ GREENWALL DE VEGETALIS

Des éléments pré cultivés (greenbox) = supports métalliques en fil d'acier galvanisé contenant du substrat organique et 24 plantes au m², un système d'irrigation par des tuyaux à micro asperseurs, des rives latérales formant cheneau en partie basse pour récupération du ferti-irrigant et un pack « irrigation » composé d'un stérilisateur UV, d'une cuve tampon et d'une électrovanne pour l'alimentation en engrais à intégrer dans un local technique situé à proximité de la façade végétale.

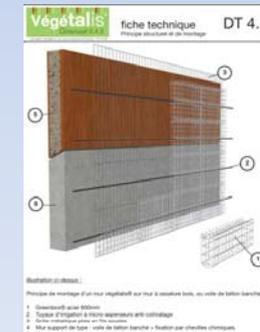
5/ WALLFLORE DE CHEZ WALLFLORE PER

Élément pré-végétalisé constitué de laine de roche horticole à haute densité enveloppée de fibres M1, installé sur des rails horizontaux de fixation et raccordé au système d'irrigation.

Combinaison d'eau en circulation, d'évaporation et de transpiration du feuillage formant une substance verticale de protection thermique.

Panneau proposé en 4 formats et 2 épaisseurs

WALLFLORE



LA VEGETALISATION

➤ Façades végétalisées

6/GABIONS SUPPORT VEGETAL

Les gabions sont autant de supports pour les végétaux

7/ VERTIGREEN F 150 DE CHEZ VERTIGREEN

- Constitués d'une âme en laine minérale maintenue par un encadrement en acier galvanisé, les modules sont fixés au mur qu'ils viennent doubler.
- Ils permettent le développement de sédums. La laine minérale sert de réserve d'eau et de support d'enracinement.
- Nécessite un arrosage automatique pour l'humidification régulière du support.
- Vertigreen est plus spécialement adapté aux situations ensoleillées

8/ PANNEAUX MODULAIRES DE CHEZ AMYTIS

- Modules en polypropylène expansé montés sur chassis inox et insérés sur une structure métallique légère suspendue au mur ou autoportée
- Substrat composé de roche minérale et d'argile expansée concassée
- Système équipé d'un goutte à goutte avec apport d'engrais
- Large palette végétale : vivaces, fougères, plantes grasses, mousses, bulbes, arbustes, plantes aromatiques

9/ MUR VEGETAL A SUBSTRAT MINERAL DE CHEZ GEOMOSS

- Habillage végétalisé (parement de façade extérieure).
Système constitué de briquettes en terre cuite non poreuse dans lesquelles s'insère
- un substrat minéral alvéolaire en céramique retenant une mousse végétale (famille des racomitrium)
- ne nécessitant ni taille ni engrais.
- Fixation des briques à l'aide de clips inox sur rails aluminium.
- Irrigation assurée par un goutte à goutte intégré en haut du mur restant coupé en période hivernale.
- Contribue à l'amélioration de la qualité de l'air par absorption dans le substrat des gaz à effet de serre (CO2, NOX etc...)

MUR EN GABIONS A AVIGNON



AMYTIS



VERTIGREEN



GEOMOSS

LA VEGETALISATION

➤ Façades végétalisées

10/ VIVAGREEN DE CHEZ SOPREMA

Système complet pour végétalisation modulaire de façades ou surfaces verticales urbaines. Constitué de caissons en tôle d'aluminium prêts à poser, fermés par grille inox à maille carrée (Modul'nature) et remplis d'un substrat de culture. Fixés par coulisses anti-vibrations sur une ossature de profilés en alu extrudé (oméga). Caissons proposés en 2 formats . Aspect verdoyant dès la mise en œuvre et système d'irrigation secondaire intégré

11/ EPS INTEMPER DE CHEZ INTEMPER

Module végétal pour parement vertical de façade. Constitué de panneaux en tôle laquée ou galvanisée avec perforations circulaires et d'un cadre en polystyrène expansé en face arrière. Système renfermant le substrat et permettant le goutte à goutte intégré. Interposition d'un filtre synthétique retenant le substrat (Feltemper) et facilitant la diffusion d'eau par capillarité. Amélioration de l'inertie thermique par ajout d'une couche isolante. Entretien gratuit la première année

12/ MUR VEGETAL DE CHEZ CANEVAFLOR

- Mur végétalisé constitué de modules à structure autoportante en acier galvanisé tapissé
- d'une toile tissée en polypropylène imputrescible en face avant
- et d'une tôle amovible en face arrière.
- Intègre un système d'irrigation.
- Livré avec substrat de plantation. Pose en intérieur comme extérieur.



VIVAGREEN



EPS INTEMPER



CANEVAFLOR

REALISATIONS DE FACADES VEGETALES

1/MUSEE DU QUAI BRANLY/

ARCHITECTE JEAN NOUVEL

Façade « hydroponique » de patrick BLANC

Avec un entretien par nacelle



MUSEE QUAI
BRANLY
PHOTOS
ED SCALA

2/ BATIMENT TERTIAIRE A AVIGNON

Une haie de bambous devant une façade vitrée

C'est aussi une conception de la
végétalisation comme écran solaire....

MUSEE
QUAI BRANLY
PHOTO Y.DEDEI

3/PARKING DES HALLES

réhabilité place pie à Avignon

4/ FONDATION CARTIER A PARIS

5/ habitation « enterrée » au Pays de Galles



PAYS DE GALLES



PARKING DES HALLES
AVIGNON



FONDATION
CARTIER
J. NOUVEL



AGROPARC
JM WECK
ARCHITECTE

REALISATIONS DE FACADES VEGETALES

6/ mur du BHV homme
Façade « hydroponique »
ou mur vivant de Patrick BLANC



BHV HOMME
PATRICK BLANC

7/ les immeubles « terrasses »
de l'architecte Renée GAILHOUSTET



ARCHITECTE R.GAILHOUSTET
1993 A GENTILLY



8/ architecte E.FRANCOIS?
tower flower

logements à Castelnau le lez ,

- A l'origine, les façade devaient être végétalisées.
- Mis en place d'un terreau spécifique et d'un système d'arrosage dans les gabions en pierre
- des façades. A l'arrivée, le système n'a pas fonctionné et l'immeuble est à ce jour sans végétation.



ARCHITECTE
EDOUARD FRANCOIS
Castelnau le lez



ARCHITECTE
EDOUARD FRANCOIS
TOWER FLOWER

9/ Physalia de Vincent CALLEBAUT architecte

Un jardin amphibien à énergie positive nettoyant les voies navigables européennes...



PROJET PHYSALIA
ARCHITECTE V.CALLEBAUT



La structure en acier, est revêtue d'une couche de dioxyde de titane (en réagissant aux ultra-violets, le dioxyde de titane permet de réduire la pollution de l'eau).

Grâce à sa toiture végétale, l'eau fluviale est filtrée et purifiée biologiquement.

L'objectif de Physalia est d'absorber les déchets chimiques et gazeux que produisent bateaux et industries.

Physalia est conçu comme un navire à énergie positive, c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.

REALISATIONS DE FACADES VEGETALES

10/ facade marseillaise au Prado
CCD architectes Daniel REGIS



MARSEILLE 2010 photo FLD
CCD ARCHITECTES

SHANGAI 2010 photo MD
PAVILLON FRANCAIS

11/ SHANGAI
Pavillon français
Des jardins à la française en vertical...

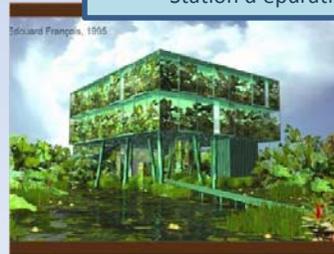
Pavillon anglais UK
Sur les plantes en milieu urbain...

Ecole d'art à Singapour
par le cabinet d'architectes
WOHA
(ed Batiactu)

Ecole d'art à Singapour
WOHA Architectes



Tour de ventilation la défense
Edouard François Architecte
Station d'épuration



SHANGAI 2010 photos MD
PAVILLON UK



REALISATIONS DE MURS VEGETALISES

12/ mur végétal support type « sphaigne » ou tourbe hydro rétenteurs
Méthode « Yves Grangier » St Gobain 84300



St gobain CREE 84300



SITES INTERNET

www.Murmurevegetal.com

URBAN GARDEN



Tableaux vegetaux
URBAN GARDEN



Soleil végétal 2008

PACK
TABLE
M 2,00 x 2,30m (300 végétaux)
3200 €

- ▶ Mur végétal 4m2 autoportant
- ▶ Livraison & installation (moins de 2h)
- ▶ Prévégétalisé sous-serre (3 semaines)
- ▶ Garantie de 3 ans structure

LA VEGETALISATION DANS QUELS BUTS ET A QUEL COUT?

SURFACES végétalisées POURQUOI

- La présence de toitures végétalisées contribuerait à atteindre plusieurs des objectifs Agenda 21 : EXEMPLE DE LA REGION DE NANCY
Préserver, rétablir la biodiversité, valoriser son importance et son rôle
- Lutter contre les nuisances et les atteintes à la santé dans tous les domaines de compétence
- Economiser l'espace, maîtriser l'étalement urbain et réduire les consommations énergétiques naturelles non renouvelables
- Promouvoir et mettre en oeuvre la démarche Qualité Environnementale sur les projets d'aménagement, de rénovation urbaine, de logements sociaux, d'espaces publics...

LES ARGUMENTS DE « PRIORITERRE »:

- - Intégration des façades dans leur environnement, qualité de l'espace urbain
- - Retenue des eaux de précipitation
- - protection des murs
- - Régulation hygrothermique
- - amélioration de la qualité de l'air (plantes « dépolluantes »)
- - développement biodiversité
- - isolation acoustique (tests CSTB en cours)

SURFACES végétalisées COUT ET SUBVENTIONS

Une toiture végétale extensive coûte environ 45 €/m² de plus qu'une toiture non végétale

Mais le CSTB souligne que la végétation prolonge la durée de vie de l'étanchéité

Donc sur le cycle de vie du bâtiment, on peut estimer que le surcoût est négligeable.

La région IDF (Ile de France) et le Conseil Général des Hauts de Seine subventionnent les toitures végétales

Ces subventions en HDS sont de 80% maximum du montant des travaux et plafonnés à 60€HT/m²

La Région Ile de France aide à 50% des travaux plafonnés à 45€ HT/m²

L'agence de l'eau Seine Normandie étudie une possibilité d'aide en raison de la capacité des

toitures végétales à retarder le transfert des eaux de pluie vers les réseaux d'eau

(limitation de la saturation des réseaux et donc des inondations).

En Lorraine, les subventions seraient de 3000 à 4000€HT par logement social.

Les professionnels regrettent surtout que le Grenelle de l'environnement n'est pas donné à la végétalisation de toiture la place qui lui revient. *Pas une seule fois le mot végétal n'apparaît dans le projet de loi du Grenelle de l'environnement*, ont déploré les professionnels de l'Union nationale des entrepreneurs du paysage (UNEP) en septembre dernier. En effet, estime Emmanuel Mony, le président de l'UNEP, *le projet de loi du Grenelle de l'environnement, a largement délaissé le végétal au profit d'autres secteurs comme ceux du Bâtiment ou des Transports*

ET EN PACA?

On notera que certaines régions incluent dans leur plan d'urbanisme la notion d'emprise au sol liée à la capacité d'infiltration des eaux de pluie (IDF, mais aussi Grenoble etc...). Cela n'est pas le cas à ma connaissance en PACA ou rarement. C'est pourtant un critère important à plus forte raison quand le sol est très sec en fin d'été les orages ont des effets d'autant plus désastreux

LA VEGETALISATION DES SUBVENTIONS DISPARATES SELON LES REGIONS

EN CORSE

Solaire Thermique

Aide forfaitaire pour les chauffe-eau solaires. environ **1050€ pour 4m², 600€ pour 2m²**

- Isolation Pour les clients EDF chauffés au tout-électrique, aides d'EDF pour réaliser des travaux d'isolation dans le cadre des certificats d'économie d'énergie : **6€/m²** d'isolant pour les combles, **13€/m²** pour les planchers, murs, et fenêtres. Plus d'informations disponibles sur [le site d'EDF Corse](#) .
- RIEN CONCERNANT LA VEGETALISATION

EN PROVENCE COTE D'AZUR

- Solaire Thermique
Chauffe-eau solaire ou système solaire combiné : Forfait de **300 €** Solaire Photovoltaïque
Générateur solaire photovoltaïque raccordé au réseau : Forfait de **300 €**
Bois-énergie
Chaudière automatique au bois-plaquettes : Forfait de **1500 €**
TOUJOURS RIEN CONCERNANT LA VEGETALISATION ET LES SOLS PERMEABLES

EN LORRAINE

EN ILE DE France

- Solaire Thermique
Chauffe-eau solaire individuel (Cesi) : Aide forfaitaire de **800 €** sur la main d'œuvre
- Système solaire combiné (SSC) : Aide forfaitaire de **1300 €** sur la main d'œuvre
- Solaire Photovoltaïque
Capteurs solaires photovoltaïques (PV): Aide forfaitaire de **1300 €** sur la main d'œuvre Pompes à chaleur
Pompe à chaleur géothermale sur nappe ou à capteurs verticaux ou horizontaux : Aide forfaitaire de **1300 €** sur la main d'œuvre
- Toitures terrasses végétalisées : taux de subvention : **45 € / m²** de toiture végétalisée.

REMARQUE:

En attente de la RT 2012 a paraître en nov 2010, Izuba et Negawatt constatent l'absence d'évolution de la prise en compte de la période estivale dans la RT 2012. Selon eux la RT 2012 utilisera les mêmes algorithmes que la RT 2005 les mêmes fichiers météo des années 1960 à 1990 et ignorera toujours les îlots de chaleur urbains.

on comprend mieux alors pourquoi la végétalisation n'avance pas à plus grands pas...

LA VEGETALISATION

➤ Sols et « parterres » végétalisés

1/ Eviter la réverbération des trottoirs et terrasses à forte effusivité (capacité d'emmagasiner la chaleur et de la restituer avec un déphasage)
Ni matériau, ni recette, plutôt une conception des aménagements extérieurs
Plus aisé dans un tissu peu dense (campagne, village), c'est aussi à l'essai
En agglomération urbaine...
(voir doc ilots de chaleur et doc surfaces perméables)

2/ les blocs « evergreen » existent depuis très longtemps

3/ les fascines et nattes prévégétalisées

- Natte de fibres de coco végétalisée et fascine renforcées par un géofilet livrées végétalisées avec des héliophytes (plantes de marécage) .
- Utilisées contre l'érosion des pieds de berges pour la stabilisation et l'embellissement des rives.
- Fascine proposée en six et natte en dix configurations d'espèces végétales, selon usage (épuration des eaux, résistance au piétinement ou au broutage, soutènement, site ensoleillé ou non)
- Longueur standard 3ml fascine et 5ml pour les nattes
- Possibilité de pose combinée sur palplanches, gabions et autres supports

Les géotextiles : Géotextile antiérosif biodégradable en fibres de coco

4/ le béton « vert » greenflex

Béton bitumineux drainant, épaisseur 4 cm, fabriqué à chaud ou à froid, de granulométrie 0/6 à 0/20, présentant un vide d'environ 35% recevant ensuite un coulis végétal ensemencé de graines de gazon. Ensemble destiné à la réalisation de surfaces diverses telles que parcs de stationnement, pistes de jogging, de randonnées, de golfs, de parcs et jardins, aire d'hélicoptère, voies pompiers, engazonnement entre rails de tramway etc....

5/ Voir également « lutter contre les ilots de chaleur urbains » (Charte du Grand Lyon)

Qui préconise d'éviter les enrobés noirs qui restituent la chaleur de la journée en soirée,
Privilégier les revêtements de sol extérieurs clairs et perméables



Bâtiment
tertiaire
À Lagnes 84
URBAN
ARCHITECTURE



Fascines et
Nattes et
Géofilet,
radeau
végétalisé



GREENFLEX

LA VEGETALISATION

➤ Jardins intérieurs

1/ améliorer la qualité de l'air intérieur

BIBLIOGRAPHIE:

Les positions de l'UFC que choisir dans la dynamique du Grenelle

L'épuration de l'air intérieur par les plantes 28 juin 2010 (observatoire de la qualité de l'air, ademe...)

le programme PHYTAIR en France (phytair I , II et III)

2/ favoriser l'appropriation des lieux de travail



JARDIN INTERIEUR
TERTIAIRE
BATIACTU 08/07/2011



HEBERGEMENT SCOLAIRE
ARCHITECTE
MF CHATENET



PATIO
DANS UNE
BANQUE
T.LAURENT
ESPACES
VERTS

LES JARDINS DE
BABYLONE
MUR VEGETAL
INTERIEUR SUR
LIT DE GALETS



Mur végétal intérieur avec une rivière de galets (Les jardins de Babylone)
LOC par M. Lapierre 10

LA VEGETALISATION

➤ Toitures végétalisées

On distingue les toitures végétales extensives (faible épaisseur) et les intensives (jardin)

Et ci après seront présentées surtout les extensives

1/ ALKORGREEN DE CHEZ RENOLIT

- Système de végétalisation pour toit terrasse non accessible constitué d'une membrane d'étanchéité de 1.5 mm d'une membrane de protection d'une couche filtrante et drainante d'une couche de rétention d'eau d'un complexe de végétalisation extensive
- Epaisseur substrat 3 à 15 cm
- Poids 30 à 150kg/m²
- Disponible avec végétalisation intensive ou semi intensive pour toiture terrasse accessible

2/ VERDURA DE CHEZ ETERNIT

Plaques sous tuiles VERDURA vert prairie POSE selon AT PST 230 FR NATURA

- Végétalisation extensive en bacs pré-cultivés à réserve d'eau HYDROPACK

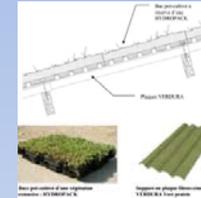
3/ SOPRANATURE DE CHEZ SOPREMA (syst. intensif)

- Procédé comportant un complexe d'étanchéité antiracines à armature en fibres de verre et bitume élastomère (Sopralène jardin) à poser sur un isolant, sur lequel on réalise une bande pourtour de 40 cm recouverte de gravillons
- Fonction drainage assurée par granulats meubles (Sopralithe), plaques de polystyrène alvéolé (Sopradrain) ou géotextile de drainage (Sopratex) . Couche filtrante en non tissé de fibres synthétiques (Soprafiltre)
- recouvert par substrat (Sopraflor) et végétaux variés adaptés (région et orientation)
- AVIS TECHNIQUE 5.02 / 1636 SOPRALENE JARDIN

ALKORGREEN



VERDURA



SOPRA
NATURE

LA VEGETALISATION

➤ Toitures végétalisées

4/ HYDROPACK DE CHEZ LE PRIEURE

Système complet de végétalisation de toitures à réserve d'eau intégrée. Constitué d'un bac alvéolé en polyéthylène haute densité contenant des granulats drainants en fond, un filtre non tissé en polypropylène, un matelas de substrat de 6 cm d'épaisseur et une couche de végétation pré-cultivée .
Pose sur la plupart des supports étanches (membrane d'étanchéité, asphalte, plaques ondulées fibres ciment etc) et adaptée aux toitures plates, en pente , compris exposées à des vents violents

5/ ECOSEDUM DE CHEZ ECOVEGETAL

- Dalle végétalisée pour toits plats ou en pente jusqu'à 28%
- Constituée d'un support polyéthylène alvéolé renforcé par des croisillons et d'un substrat de pouzzolane et de débris organiques
- Assemblage des dalles par emboîtement tenon et mortaise
- POSE AVEC FILTRE ET COUCHE DRAINANTE ADAPTEE AU TYPE DE TOITURE ;
- Livrée en plaque de 12 modules préassemblés

6/ SUCCULIS DE CHEZ ECOVEGETAL

- Système végétal extensif pré-cultivé ou planté in situ, pour toiture jusqu'à 20% de pente.
- Constitué d'une natte absorbante de protection en polypropylène non tissé (SSM45), d'une couche drainante à rétention d'eau en polyéthylène recyclé (floradrain FD25) et d'une couche filtrante en polypropylène (SF). Recouvert par un substrat de 6 cm et dalles de sédums (succulis).
- Quatre à cinq variétés de sédums de couleur blanc, jaune, rouge et rose
- Ajout nécessaire d'une géo-grille (Ecoraster) et adaptation de l'épaisseur du substrat pour pentes supérieures à 20% afin de contenir le substrat
- Epaisseur 9cm + sedums 10cm / Poids 68 à 90 kg/m²

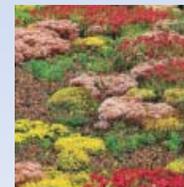
HYDROPACK



ECOSSEDUM



SUCCULIS



LA VEGETALISATION

➤ Toitures végétalisées

4/ OPTIGREEN DE CHEZ TOITVERT

- Système de végétalisation de toiture légère proposé en deux versions
- Constitué d'un géotextile de protection hydrophile et anti racines à poser sur l'étanchéité du toit (RMS 300 ou 600K)
- puis, soit de plaques de drainage Hdpe légères, alvéolaires, avec orifices d'écoulement et canaux drainants (FKD 25),
- soit d'un système d'évacuation d'eau composé d'un regard de visite et d'une natte de drainage tridimensionnelle de 4 m² (EV). Ensemble recouvert dans les 2 cas d'un substrat léger (30 litres/m² sur plaques FKD25 ou 3 cm d'épaisseur sur natte de drainage) et d'un tapis de végétalisation pré cultivé

5/système végétal pour toiture plate DE CHEZ TOITVERT

- Système végétal extensif pour toiture plate inaccessible. Constitué d'un matelas de drainage
- composé de 2 non tissés thermo soudés et d'un substrat minéral recouvert par un mélange de semis de pousses de sédums.
- Pose directe sur membrane d'étanchéité
- Epaisseur du système 9 à 19 cm / poids 80 kg/m²

6/ Tapis végétal pour toiture plate DE CHEZ TOITVERT

- Tapis végétal extensif pour toiture plate inaccessible
- Constitué d'un matelas de drainage composé en non tissés thermo soudés, d'un substrat organique ou d'un tapis d'enracinement en laine de roche recouvert par un tapis pré cultivé à base de sédums.
- Pose directe sur membrane d'étanchéité (bitume, PVC, FBO, PIB ou Epdm)
- Hauteur du système 8 à 20cm / 50kg/m² à 90kg/m²
- Rétention d'eau de pluie : 28l/m² à 34 l/m²

OPTIGREEN



SYSTÈME TOIT VERT



TAPIS TOIVERT



LA VEGETALISATION

➤ Toitures végétalisées

7/ INTEMPER TF DE CHEZ INTEMPER

- Système espagnol (Madrid) de toiture végétalisée simple à réserve d'eau
- Système développé avec l'université polytechnique de Madrid, étudiant le comportement
- Thermique de différents systèmes de toitures végétalisées face aux variations des températures en période estivale et hivernale ainsi que leur optimisation énergétique.
- Ces études ont été faites à échelle réelle sur un bâtiment expérimental.
- Le fabricant développe aussi des toitures végétalisées jardin (intensives) avec ou sans réserve d'eau

8/ MEPS SEMPERVIVUM DE CHEZ MEPLÉ

- Système végétalisé pour toiture plate ou faible pente composé d'un complexe d'étanchéité et d'un complexe de végétalisation extensif. Composé d'une couche drainante (panneau sempervivum) sous 3 types de végétation : 1 dalle pré-cultivée, 1 tapis de sédums ou des micro bottes.
- Destiné aux toitures plates inaccessibles ou inclinées jusqu'à 20%
- 7 variétés de sédums (Acre, Album murale, Floreiferum, Reflexum, Sexangulare, Spurium et Lydium) de couleurs blanc, jaune ou rose à feuillages vert ou rouge. Floraison juin, juillet et août selon sédums
- Epaisseur du complexe 3 cm + végétation 5 à 15 cm, Rétention d'eau pluviale 39l/m²

9/ VERTIGE DE CHEZ VERTIGE

- Procédé de végétalisation pour toitures plates accessibles ou non et en pente jusqu'à 30%.
- Composé d'une nappe drainante géo-synthétique, d'un tapis auto-irrigué par système goutte à goutte et de rouleaux de sédums pré cultivés.
- Permet de protéger les systèmes d'étanchéité des toitures, d'améliorer l'isolation et de réguler les eaux de pluie.
- Application sur support béton, bois et dérivés ou tôle d'acier nervurée
- Poids 0.4 kg/m² Rétention d'eau= 10l/m²



MEPS



VERTIGE



LA VEGETALISATION

➤ Toitures végétalisées

10/ SYSTÈME LAVANDULIS

- Ecovégétal: végétalisation semi-intensive
- Plantes aromatiques et vivaces florissantes pour toitures terrasses

LAVANDULIS



11/ GRAVILAND PACK de CHEZ SIPLAST

- Bac prévégétalisé pour toitures terrasses
- À base de sédums
- Intégrant une réserve d'eau permettant la récupération des eaux pluviales et l'arrosage des plantes
- Bac prévégétalisé à réserve d'eau (32 litres/m²) simple et fiable (pose en toute saison) BACS EN PEHD RECYCLE

GRAVILAND PACK



GRAVILAND
PACK
MISE EN
OEUVRE

12/ SAXATALIS

- Végétalisation extensive composée qui permet des aménagements variés
- Plus le nombre d'espèces végétales est grand plus la période de floraison est longue. Les vivaces pour bouquets isolés de la liste SAXATILIS, comme par exemple l'Oeillet des Chartreux étalent la période de floraison du printemps à l'automne. La palette de couleurs est nettement élargie par rapport à la liste SUCCULIS. Les espèces de sédums et d'autres vivaces servent de plantation de base pour assurer la fermeture du sol. Le système SAXATALIS est réalisé par plantation de godets plats FB 50 de la liste (une quinzaine de plantes), on peut ainsi déterminer à l'avance le rendu souhaité

13/ SARNASEDUM

- Un tapis précultivé
- Mise en œuvre simple
- Résultat végétalisé immédiat

Les tapis sont composés de 3 couches :

- Une trame : drainante, elle permet de retenir le substrat de culture.
- Un substrat de culture : spécialement élaboré pour la culture des sédums, capacité de rétention en eau et une perméabilité correspondant au besoin des plantes
- Une végétation composée de sédums.

Caractéristiques techniques :

- Poids moyen des tapis : 15 kg/m²
- Epaisseur du tapis : environ 3 cm
- Hauteur de la végétation : 2 à 8 cm
- Taux de couverture de la végétation lors de la commercialisation : 80% minimum



SAXATALIS



REALISATIONS / PROJETS DE TOITURES VEGETALES

TOITURES INTENSIVES

un *toit végétal* peut absorber jusqu'à 75% des précipitations reçues).
cette eau étant ensuite réinjectée dans le cycle naturel par évaporation.

1/ POLE CULTUREL A ST MALO /
PROJET ARCHITECTURE STUDIO

2/ PAVILLON INDOU /

A SHANGAI EXPO UNIVERSELLE

3/TOITURE VEGETALE A SIX FOURS

4/ PAVILLON BOTANIQUE A GENEVE

5/ PROJET A SINGAPOUR

6/Le projet de l'architecte Julien de Smedt,
consiste à faire disparaître les bâtiments dans l'environnement
et d'intégrer leur forme au rivage sur lequel ils seront construits.-
toiture végétalisée rimini -



SINGAPOUR
Université design et medias de
NANYANG



2007 GENEVE
PAVILLON BOTANIQUE

PROJET 2009
POLE CULTUREL ST MALO
ARCHITECTES ARCHISTUDIO



PAVILLON INDOU
EXPO 2010 SHANGAI



2010 SIX FOURS
ARCHITECTE
ATELIER 5



REALISATIONS DE TOITURES VEGETALES

TOITURES LOCALES
TOITURES INTENSIVES

7/BATIMENT CHAMBOST / (LE THOR 84)
F NICOLAS



2010 LE THOR 84
ARCHITECTE
F. NICOLAS



LES TERRASSES ROMAINES – SALON DE PROVENCE

TOITURES EXTENSIVES

8/ LES TERRASSES ROMAINES
ET RESIDENCE VILLON A SALON DE PCE
AGENCE SARS

BORIE / CABANNE DE JOUQUES
PHOTO J.LAFITTE / CERAV



ARCHITECTES AGENCE SARS
A SALON DE PCE



AGENCE SARS / TOITURE EXTENSIVE AVEC 30 A
40 CM DE TERRE VEGETALE SUR GARAGES.
CONFORT VISUEL ET CONFORT D'ÉTÉ. MAIS
SURCHARGE DE LA TOITURE A PRENDRE EN
COMPTE EN CONCEPTION / STRUCTURE

9/BORIES (84 Vaucluse)

Toiture couverte d'iris

« Ces iris ont été plantés pour protéger la toiture de l'infiltration des eaux de pluie.

Comme la plupart des cabanes ont une voûte clavée, il est évident que, lorsqu'il pleut, l'eau ruisselle à l'intérieur et l'étanchéité n'est plus assurée.

Une solution était alors de recouvrir la toiture de rhizomes d'iris, qui absorbent beaucoup d'eau. »

Photos et texte de J.LAFITTE / CERAV (centre de recherche sur l'architecture vernaculaire)

LISTE DES FABRICANTS

VEGETALISATION

➤ FABRICANTS

DE « TOITURES VEGETALISEES »

- - SOPREMA: soprature
- - EPDM GREEN DISTRIBUTION: EPDM green
- - RENOLIT: alkorgreen
- - ETERNIT: verdura
- - LE PRIEURE: hydropack
- - TOIT VERT: optigreen et tapis végétal
- - INTEMPER: intemper TF
- - MEPLE: MEPS sempervivum
- - VERTIGE: vertige et tapis minute
- - ICOPAL SIPLAST: graviland pack
- - DERBIGUM: derbisedum
- - JADE : jade
- - ECOVEGETAL: lavandulis
- - ECOVEGETAL: Saxatilis
- - ECOVEGETAL: ecosedum et succulis
- - SIPLAST: Gravidand Pack
- - SARNASEDUM

FABRICANTS

DE « FACADES VEGETALISEES »

- JACOB: systèmes de fixations et cables inox
- INOVEGETAL: velplan
- PLANTOVER : système wallflore
- VERTIGREEN: vertigreen F150
- AMYTIS: panneaux de façades végétalisés
- GEOMOSS: mur végétal à substrat minéral
- CANEVAFLOR: mur végétalisé
- INTEMPER: intemper EPS
- SOPREMA: vivagreen

ASSOCIATIONS ET ADMINISTRATIONS

- - ADIVET (association des toitures végétales)
- - PRIORITERRE.ORG

ASPECT REGLEMENTAIRE

➤ AUTORISATION D'URBANISME

selon les cas:

- bâtiment existant= déclaration de travaux préalables
- bâtiment à créer= permis de construire

•

EVOLUTION DES P.L.U.

- exemple du PLU de la ZAC presqu'île de Grenoble
qui exige 50% des toitures soit végétales soit photovoltaïques
- évolution du code de l'urbanisme (2009)
Décret 2009-722 du 18 juin 2009 paru au JO le 20 juin 2009

• LOI SUR L'EAU

- Sur les milieux aquatiques n°92-3 du 3 janvier 1992
- Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001
- Norme EN 1717 sur la séparation entre l'eau de pluie et l'eau de ville dans la maison
- Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et des toitures végétalisées
- CSFE édition déc. 2002
- DTU 43

•

CHAPITRE II MODIFICATIONS DU CODE DE L'URBANISME

Article 4

Il est inséré, après l'article L. 111-6-1 du code de l'urbanisme un article L. 111-6-2 ainsi rédigé :

« *Art. L. 111-6-2.* - Nonobstant toute disposition d'urbanisme contraire, le permis de construire ou d'aménager ou la décision prise sur une déclaration préalable ne peut s'opposer à l'installation de systèmes solaires thermiques ou photovoltaïques ou de tout dispositif individuel de production d'énergie renouvelable, à l'utilisation en façade du bois ou de tout autre matériau renouvelable permettant d'éviter des émissions de gaz à effet de serre ni à la pose de toitures végétalisées ou retenant les eaux pluviales. Les dispositions du présent alinéa ne font pas obstacle à ce que le permis de construire ou d'aménager ou la décision prise sur une déclaration préalable comporte des prescriptions destinées à assurer la bonne intégration architecturale du projet dans le bâti existant et dans le milieu environnant.

LES SOURCES D'INFORMATION

VEGETALISATION

REGLEMENTATION

-

AUTRES SOURCES LIVRES CONFERENCES...

- Charte du Grand Lyon, lutte contre les ilots de chaleur urbains
- sb6 cours de thermique urbaine ENSA Grenoble de Suzel BALEZ : le végétal dans l'espace public urbain
- les 20 revêtements de sol extérieurs
G. Laferrere / Ile de France
- Toitures végétalisées extensives
ARENE Ile de France
- toits verts et murs végétaux Editions du Rouergue
Auteurs: Nigel Dunnett et Noel Kingsbury
- Gestion eau de pluie et végétalisation / mémoire HQE Curis –
Relander
- Colloque adivet cstb février 2008
- Pourquoi une façade végétalisée / prioriterre.org



SITES INTERNET

www.jardins-energie.fr

www.archi-guide.com

www.adivet.net

www.plantairpur.fr

www.paris.fr

www.advu.org

www.soprema.fr

www.greenwall.fr

www.vegetalid.com

www.canevaflor.com

www.murvegetalpatrickblanc.com

www.aquaterre-solutions.fr/

www.batiproduitsmaison.com

www.batiproduits.com *le moniteur*

www.arenidf.com



LES FACADES PARIETODYNAMIQUES

➤ DEFINITION:

- Isolation pariéto dynamique= Isolation par récupération de la chaleur dissipée dans un espace clos périphérique.
- Isolation pariéto dynamique consistant à chauffer l'air extérieur par passage par lames d'air aménagées dans les façades

➤ façades pariéto dynamiques =

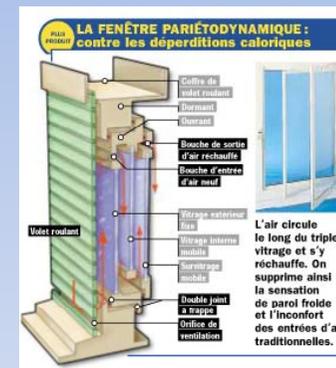
- **Façades double peau**, avec utilisation de l'espace « inter façades » clos
- Comme circulation d'air pour récupérer de la chaleur

➤ Menuiseries pariétodynamiques=

- Menuiseries triple vitrage avec vitrage intermédiaire mobile

➤ Un autre principe de façade double peau permet de limiter

- Les déperditions : les espaces tampons, les serres bioclimatiques,
- Les volumes enveloppes (voir retour d'expérience de La Banque Européenne d'Investissement BEI au Luxembourg... et bien d'autres)
- Ou ce que d'autres nomment des enveloppes hybrides multifonctionnelles...



POINT P

REALISATION DE FACADES PARIETODYNAMIQUES

- **SYSTÈME DOUBLE PEAU PARIETODYNAMIQUE:**
- **Pas forcément transparente**
- **« une coursive » reliée à un puits climatique (canadien ou provençal...)**

CAHIERS TECHNIQUES
DDU BATIMENT N°194
FEBRIER 2010
ED LE MONITEUR

5 PARIETODYNAMIQUE

Comment profiter des apports passifs

Utilisés en conception bioclimatique, les systèmes parietodynamiques récupèrent les déperditions et tirent profit des apports solaires. Aperçu de quelques-unes de ces techniques.

Une façade bien orientée par rapport au soleil, deux parois séparées par une lame d'air en mouvement, tel est le schéma de base d'un système parietodynamique. La paroi côté extérieur – en général du vitrage – fait office de capteur solaire qui chauffe la lame d'air grâce à des collecteurs solaires, actionnant le phénomène de tirage naturel. Dans son ascension, l'air récupère les déperditions de la paroi intérieure. Différentes utilisations de ce principe sont possibles et les composants architecturaux mis au point depuis une trentaine d'années – mur Trombe-Michel, fenêtres dynamiques, capteurs intégrés en façade... – tirnent diversément parti des possibilités qu'offre cet air en mouvement (chauffe gratuitement (ventilation avec de l'air préchauffé, création d'une couche isolante, stockage dans des masses pour un chauffage par rayonnement).

Pour le confort d'été, des systèmes de protection solaire et/ou d'évacuation de l'air par l'extérieur à l'aide d'un by-pass doivent être systématiquement prévus. Pour l'entretien, les systèmes doivent prévoir un nettoyage (général annuel) des vitrages en contact avec la lame d'air.

Le principe d'origine du mur Trombe-Michel (du nom de ses deux inventeurs) combine les deux modes de chauffage (convection et rayonnement). Par convection, le vitrage est installé devant un mur de couleur sombre percé d'ouvertures hautes et basses. L'air, passant par l'ouverture basse, est chauffé entre les deux parois et pénètre dans la pièce au travers des ouvertures supérieures. Par rayonnement, le mur lourd (béton, terre cuite ou craie) renvoie dans la pièce la chaleur qu'il a stockée. Le chauffage de l'air entre les deux parois crée un effet de cheminée qui aspire l'air rance par les ouvertures inférieures du mur et le cycle reprend. La nuit et lorsque la vitre se refroidit, le flux s'inverse. Il est donc nécessaire de prévoir l'installation sur les ouvertures de clapets automatiques pour éviter de refroidir la pièce. Un volet de protection nocturne à l'extérieur de la vitre améliore aussi les performances. Le principal inconvénient de ce système est qu'il oblige à des façades orientées plein sud.

Il devient utile en revanche pour valoriser les apports sur une façade sud lorsque collecteur n'est pas utilisé pour la vue. Tel était le cas pour les bâtiments administratifs de la commune d'Agglomération d'Évry-Sourmel où un mur Trombe a été utilisé pour chauffer une salle de réunion.

Diminuer de 25% les besoins de chauffage

L'appellation « mur Trombe » s'applique souvent aujourd'hui de façon plus large à des murs parietodynamiques qui utilisent le système pour réchauffer l'air neuf. C'est le cas de l'immeuble de quatre murs parietodynamiques de 350 m² au total, conçu par le lycée professionnel Vieux à Fribourg-Escarbotin (Somme) et livré partiellement en septembre 2009. La paroi a été peinte avec une couche de peinture

Captures vitrées intégrées en façade de maisons ossature bois (ici lors des tests effectués par les chercheurs du FCBA).

L'air entre par le haut de la paroi vitrée extérieure. Le passage vers l'intérieur se fait par la paroi du milieu et évite le logement par une entrée d'air « froide », après avoir récupéré déperditions thermiques et apports solaires.

Système double-peau couplé à un puits canadien

Canada-élé, une PME française, a inventé un système couplant une façade double-peau à un puits canadien, qui s'applique au neuf ou à la rénovation. Le principe est d'améliorer l'isolation en créant une couche tamponnée sur toute la surface de l'enveloppe grâce à une lame d'air en mouvement située derrière le bardage. Une adoucissant provenant du puits canadien est distribué en pied de façade. La circulation ascendante du fluide est provoquée par un ventilateur qui extrait l'air au fatras du toit. Le système se révèle intéressant en particulier pour maintenir hors-gel et éviter les températures extrêmes dans des bâtiments logiques et entrepôts de stockage. Selon les simulations, la courbe saisonnière est en effet fortement écartée : de -5°C à +9°C (à -10°C et +35°C extérieur), les variations annuelles passent à +5 et -25°C, précise Denis Conroy, DG de la société. « Mais sur une journée, elles ne dépassent pas 12°C... »

du mur côté vitrage est utilisée pour réguler la température de l'air (architecte : G. Bordeniers, bureau d'études HQE, Tribou). Le système permet de diminuer les besoins de chauffage d'environ 25%. Les fenêtres parietodynamiques utilisent elles aussi l'air préchauffé pour les apports de chaleur et d'air neuf. Dans le système Paziand, conçu et breveté dès les années 1980 et intégré à une trentaine de chantiers (environ 2 000 logements sociaux réhabilités), les fenêtres sont composées de trois parois vitrées. Aspiré par une pression négative créée par le système de ventilation, l'air entre dans la fenêtre par le haut de la vitre extérieure. Il est chauffé par effet de serre lors de son passage le long de la vitre centrale et récupère par conduction les déperditions de la pièce lors de sa remontée le long de la vitre intérieure avant de pénétrer, ainsi doublement réchauffé, dans le local. Ce cumul donne à ces fenêtres des performances d'isolation très intéressantes (un U dynamique moyen de 0,4 W.m²/K selon les situations). Si leur intérêt dans le cadre du standard BBC est discuté par certains thermiciens, notamment pour le manque de contrôle de l'air entrant qu'elles supportent, elles sont jugées viables par Christian Gardonneau, du bureau d'études thermiques Carbonnel Ingénierie, « à condition que l'étanchéité à l'air soit bien assurée dans le bâtiment ». Couplées à une ventilation naturelle activée (VNA), elles forment l'un des éléments thermiques clés d'une des propositions de réhabilitation de logements collectifs à haute performance énergétique retenues dans le cadre de la consultation REHA du Plan urbanisme construction architecture (architecte Jean-Luc Collier).

Des « enveloppes hybrides » multifonctionnelles

Yves du Canada a utilisé en Amérique du Nord depuis une trentaine d'années pour les hangars industriels un appareil, en tout comme en réhabilitation, le bardage solaire SolaWall permet de récupérer de l'air chaud grâce à sa surface métallique de couleur sombre, dont les micro-perforations forment les entrées d'air. Réchauffé entre le bardage et la paroi, l'air est redistribué par le système de chauffage ou de ventilation. Le système peut être couplé à une VMC à double flux pour en améliorer les performances. Un système de désaération, qui recycle l'air chaud stagnant en hauteur, est aussi proposé par la société. Les économies de chauffage vont de 10 à 40% avec un temps de retour sur investissement de deux à sept ans. Le principe de la « double peau »



Le mur parietodynamique du lycée Vieux de Fribourg-Escarbotin (60 x 6 m dimensions en largeur) en espace de 90 cm de largeur pour le nettoyage de la paroi vitrée. L'entrée du mur côté paroi est utilisée pour réguler la température de l'air qui chauffe les locaux par convection.

appliquée à la maison à ossature bois est à l'origine de la recherche du FCBA (Institut technologique forêt collaboise bois construction aménagement, ex-CTBA) sur les systèmes parietodynamiques. En 2006, le travail a abouti à la conception d'un capteur à air de 60 cm de largeur qui s'installe à la façade entre deux montants de ossature porteurs. L'air réchauffé à l'extérieur du capteur est envoyé grâce à un ventilateur vers des masses intérieures lourdes, les transformant, en hiver, en émetteurs de chaleur (système hypocauste). Un double mur en béton forme la masse thermique à l'intérieur de l'espace de 5 cm de largeur, des chicanes canalisent l'air chaud et l'obligent à se répartir sur l'ensemble de la surface. En été, cette

masse apporte l'inertie qui manque aux constructions bois. D'après les simulations, 6 m² de capteurs permettent de réaliser 13% d'économies sur les besoins de chauffage d'une habitation de 120 m². Les recherches du FCBA se poursuivent aujourd'hui vers l'enveloppe hybride, multifonctionnelle. L'idée est de transformer l'enveloppe en un véritable échangeur thermique optimisé tout au long de l'année», explique Jean-Luc Kouyoumdji, ingénieur de recherche. Avec le BBC, nous nous orientons vers l'air comme fluide caloporteur, car c'est la solution la plus économique et la plus installable.»

Le principe parietodynamique a donc de beaux jours devant lui. □ E. L.

REALISATION DE FACADES PARIETODYNAMIQUES

1/ LOGEMENTS ARCHITECTE BABLED NOUVET REYNAUD

BET ENVIRONNEMENT RFR ELEMENTS

BATIMENT SITUE RUE DES ORTEAUX A PARIS www.ekopolis.fr

LYCEE
ARCHITECTE
P.MAUGER

LOGEMENTS
RUE DES ORTEAUX
ARCHI BNR



2/ EXTENSION DE LYCEE EN NORMANDIE ARCHITECTE PATRICK MAUGER Paris 11°

- Article des cahiers techniques du Moniteur
- « L'arrivée d'air dans la double peau s'effectue par le bas, au travers du caillebotis. »
- Elle peut être complétée dans les cas de surchauffe par l'ouverture manuelle d'un châssis à battant situé dans la trame haute du vitrage intérieur. L'air s'évacue en toiture par une ouverture parcourant toute la longueur et commandée électroniquement.
- « Deux prises d'air motorisées relient la lame d'air à la VMC double flux. Les différents asservissements sont commandés par des sondes situées à l'intérieure de la lame d'air et à l'extérieur. (...) en hiver, les centrales de traitement d'air bénéficient d'un air neuf préchauffé. Ce récupérateur est by- passé en été. »

3/ DES PISTES POUR DEMAIN?

Créer des façades en matériaux à changement de phase afin de stocker et restituer l'énergie?

OU LIMITER SELON LA RT 2012 LES OUVERTURES A 17% DES FACADES?

REALISATION DE VOLUMES ENVELOPPES

- Un autre principe de façade double peau permet de limiter
- Les déperditions : les espaces tampons, les serres bioclimatiques,
- Les volumes enveloppes (voir retour d'expérience de La Banque Européenne d'Investissement BEI au Luxembourg... et bien d'autres)
- Ou ce que d'autres nomment des enveloppes hybrides multifonctionnelles...

- Un exemple à l'Isle sur Sorgues: le lycée agricole
les chambres d'internat sont reliées par une « rue couverte »



Architecte
MF CHATENET



LES SOURCES D'INFORMATION

FACADES ET MENUISERIES PARIETODYNAMIQUES

REGLEMENTATION

-

AUTRES SOURCES LIVRES CONFERENCES...

- les cahiers techniques du bâtiment n°298 juin juillet 2010 (Ed le Moniteur)
- les cahiers techniques du bâtiment n°294 février 2010 (Ed le Moniteur)
- lauréats du programme REHA
Requalification à Haute Performance Energétique de l'Habitat Collectif
(plan PUCA)
- Centre pénitencier de ST DENIS à la Réunion (Architecture Studio)
- Mémoire HQE à l'ENSAL de Sarah ANDRE architecte
- Enveloppe active multifonctionnelle , vers une troisième peau intelligente
Daniel QUENARD : CSTB
- PUCA : Plan Urbanisme Construction Architecture
Jean Luc COLLET
- Chantier réalisation de MF Chatenet architecte à Marseille

SITES INTERNET

www.lemoniteur.fr

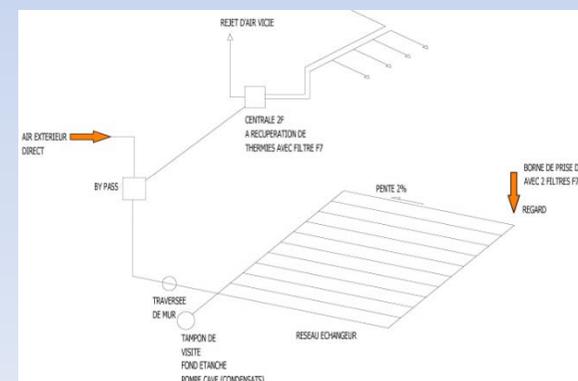
www.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca

www.ademe.fr

LE PUIT CLIMATIQUE

- DEFINITION: l'air extérieur est canalisé dans des canalisations enterrées dans les quelles il refroidit l'été ou est réchauffé en hiver au contact du sous sol et est réinsufflé dans le bâtiment, ce qui permet un rafraichissement de l'air intérieur en été et un prétraitement de l'air en hiver, fonctionne mieux avec une ventilation double flux.
- Ce sujet ayant fait l'objet d'un précédent séminaire (VMC double flux au MIEC de la Seyne sur mer le 7 octobre 2009) , il ne sera pas détaillé ici.
- Résumé pour mémoire: Société Helios : réseau échangeur d'air géothermique de Tichelmann:
- Rafrachissement: T° de l'air extérieur 30°C
 T° de l'air intérieur 25°C
 T° du sol 14°C + favorable si la terre est humide, plus le réseau est profond plus la température est constante (à moins 8 mètres, la température est stable, et à 4 mètres le déphasage est de 2 mois)
- Variables: profondeur de pose et débit d'air
- Compromis: vitesse / débit /longueur
- Attention au radon
- Vitesse de passage de l'air 2.5 m/s,
- avec le débit , si COP alors pertes de charge
- Exemple de réseau avec 50 ml, pente de 2% pour l'écoulement des condensats si puits à eau, on supprime la récupération des condensats si by pass sur échangeur, on peut se déconnecter en demi saison
- Pour 130 m^2 habitable, 150 à 300 m^3/heure (pour 120 watts), en attente modules de 900 m^3 en cours de mise au point chez Helios
- Air réinjecté = T° du sol -2°C (perte de l'échangeur)
- Raccords IP 67 (étanchéité des boucles enterrées), gaines en pvc annelé durée de vie 50 ans et bornes inox

Croquis de principe



LES « CHEMINEES SOLAIRES » chaleur latente

B. PAULE
Extrait DA/EPFL 1995

➤ DEFINITION:

➤ La quantité de chaleur échangée au cours de l'évaporation d'eau (chaleur latente liée au changement d'état) est très importante. Largement utilisé dans les pays chauds, l'expo universelle de Séville était un exemple spectaculaire d'utilisation de ce phénomène.

- Des tours de « refroidissement » pour réduire la température
- Tours de 30m équipées d'un système de captation du vent et de pulvérisateurs d'eau répartis sur toute la hauteur.
- L'évaporation d'eau rafraichit considérablement l'air (transformation isenthalpique),
- Système aussi appelé rafraichissement adiabatique

SEVILLE
EXPO UNIVERSELLE

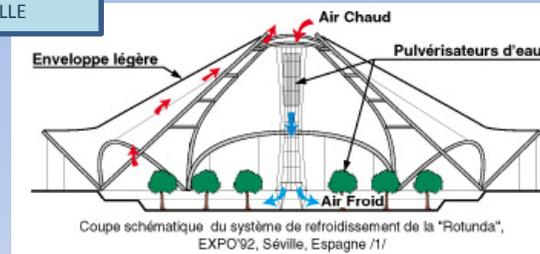
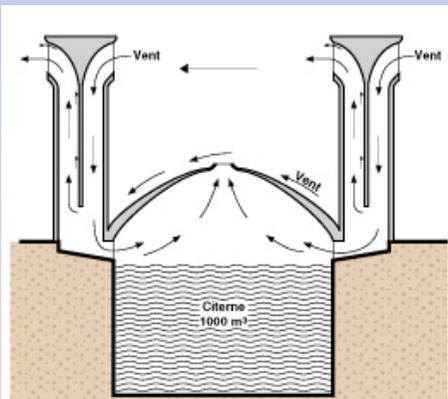


Fig 1 et 2 from Architecture and urban space, proceedings of the Ninth international conference Séville 1991



Coupe schématique du dôme et des tours à vent d'une citerne de Yazd, (Iran). La hauteur des tours et la profondeur de la citerne sont d'environ 12 m chacune. /5/

Fig 5 d'après Bahadori
« Scientific American » avril 1978

- L'air non saturé en mouvement, en contact avec de l'eau, induit une évaporation partielle de celle-ci.

- L'évaporation de l'eau s'accompagne d'un important échange de chaleur (chaleur latente).

- Par conservation de l'enthalpie (somme des chaleurs latente et sensible), l'évaporation induit une diminution de la température de l'air. Ce phénomène est mis à profit de nombreuses manières en architecture.



Vue d'une tour à vent irannienne et de la coupole de la citerne. /6/

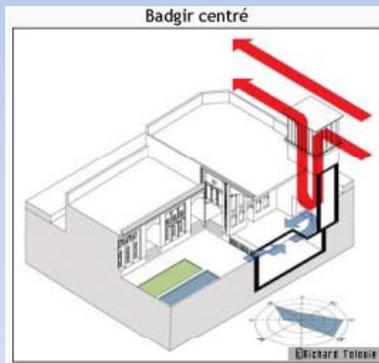
photo plemeca Supic « architecture vernaculaire »
prof F.AUBRY DA EPFL 1980



Tour de refroidissement de l'EXPO'92 /2/.

LES TOURS A VENT IRANIENNES OU BADGIR

- DEFINITION:
- Même principe
le vent est capté par la tour à vent
l'air monte par convection naturelle
en passant sur l'eau (bassin fontaine)



Badgir ou tour à vent centrée
= effet attrape vent

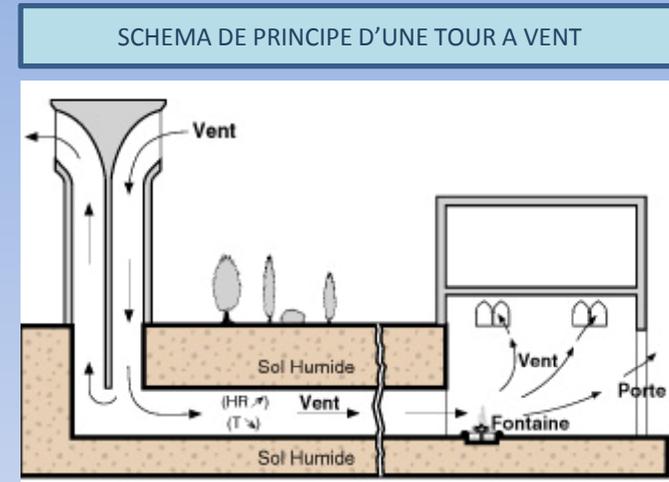


Fig 7 d'après Bahadori
« Scientific American » avril 1978



Photos et schémas de
RICHARD & TOLOUIE
architectes

DES EXEMPLES DE REALISATIONS

Lycee HQE à ST Clément de Rivière

Région Languedoc Roussillon

Agence d'architecture Pierre TOURRE

une ventilation naturelle qui rafraîchira l'air intérieur des classes selon un procédé de circulation d'air en sous dalle, rejeté en partie haute par des cheminées d'extraction (de simples tubes, avec en partie basse un registre pour réguler le cas échéant le volume d'air extrait, et en partie haute un extracteur animé par la force du vent) que l'architecte ira chercher en .. Australie.



PROJET DE BUREAUX A BERNE ARCHITECTE LAMUNIERE



Deux tours à vent



ALBEROBELLO vallée d'itria (unesco) pouilles italie

- TRANSPPOSITIONS CONTEMPORAINES
- La tour du vent de Toyo ITO architecte japonais
- : l'intention de toyo ITO était d'extraire le flux d'air (le vent) et de bruit (sons) du flux d'éléments qui composent l'environnement du projet et d'en faire des signaux de lumière des informations visuelles.
- En fait cette tour, située au dessus du parking sert de tour de ventilation et de réservoir d'eau.
- Dans le même ordre d'idée, L'œuf du vent de toyo ITO architecte japonais son but était de convertir l'air en lumière....les facettes de « l'œuf » reflétaient la nuit des images projetées à l'intérieur de l'ovoïde (1991)



LE RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE

- DEFINITION: climatisation par évaporation d'eau, ventilation permanente
- DISSOCIER: FREE COOLING ET RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE
- DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE
- ENTHALPIE



SITES INTERNET

cyberarchi.com



AUTRES SOURCES

- CHALEUR LATENTE de B.PAULE DA/EPFL 1995
- LES TOURS des VENTS de la ville de YAZD en IRAN
par Hervé RICHARD et Shiva TOLOUIE architectes (cyberarchi)

-