

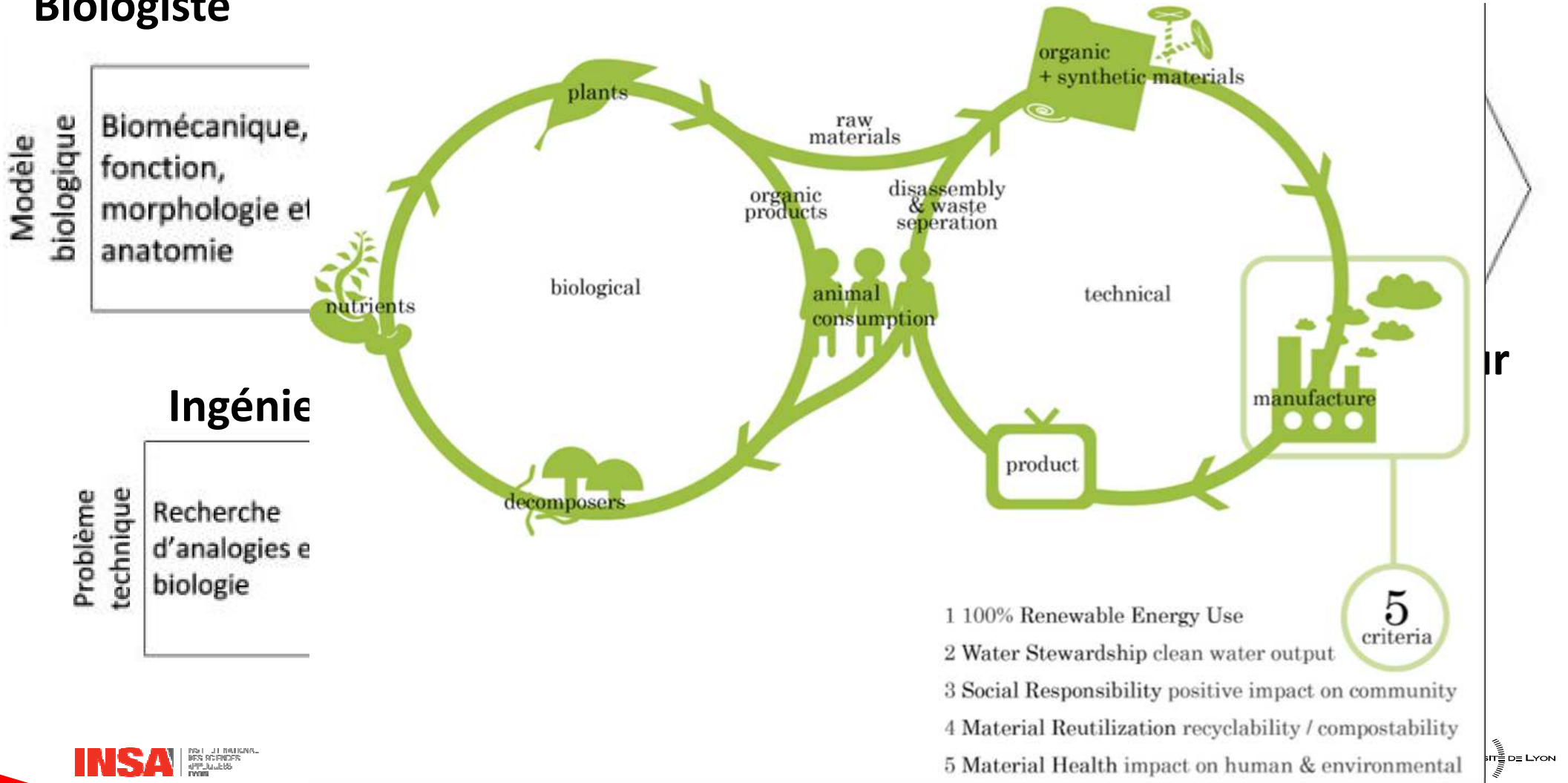


**La bioinspiration face aux enjeux
climatiques : solutions concrètes pour
une approche globale**



Du problème industriel à l'inspiration de la nature

Biologiste





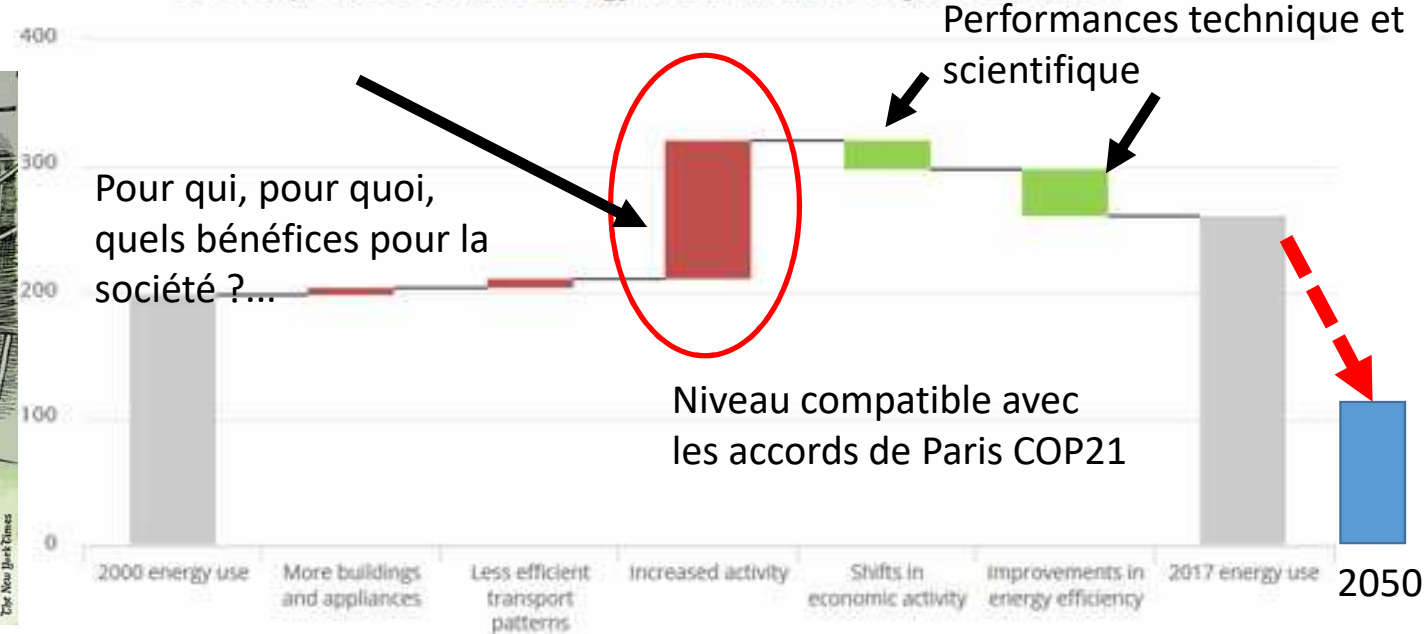
**L'enjeu énergétique : ressources
renouvelables à impact moindre**



La transition énergétique...la quoi?

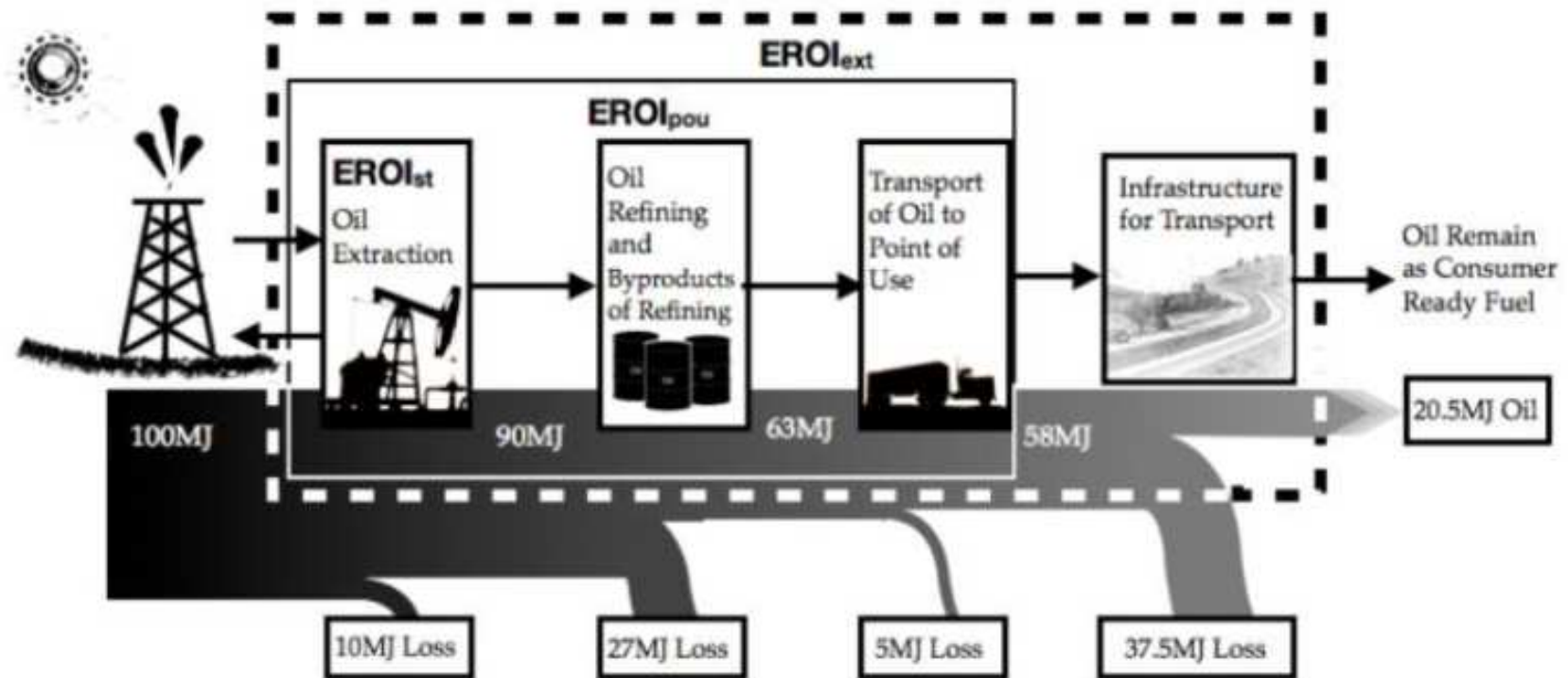
Jean-Baptiste Fressoz : L'histoire de l'énergie n'est pas celle de transitions, mais celle d'additions successives de nouvelles sources d'énergie primaire. L'erreur de perspective tient à la confusion entre relatif et absolu, entre local et global : si, au XXe siècle, l'usage du charbon décroît relativement au pétrole, il reste que sa consommation croît continûment, et que globalement, on n'en a jamais autant brûlé qu'en 2013. »

Decomposition of final energy use in world's major economies



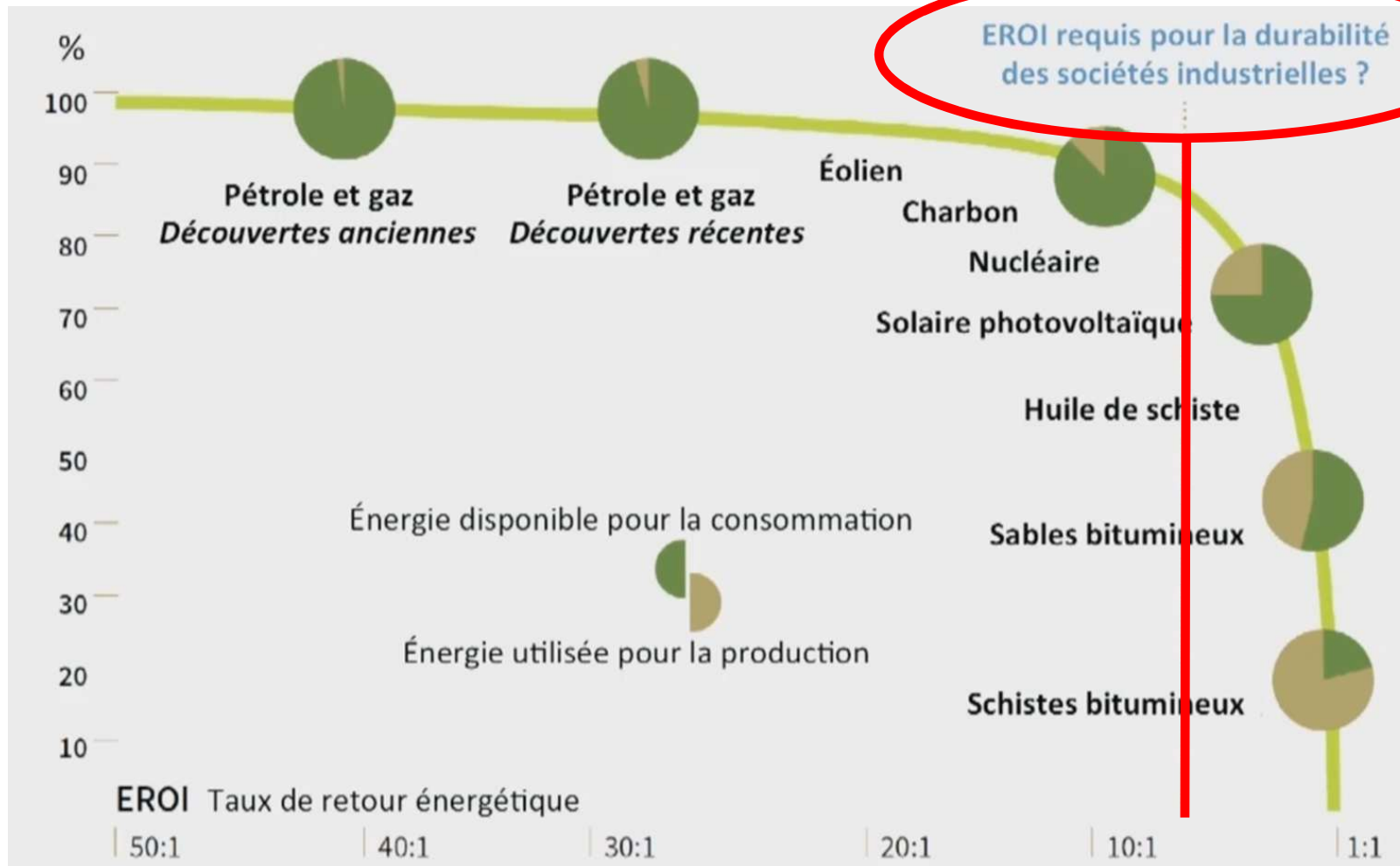
EROI : l'énergie pour extraire la matière qui contient l'énergie pour transporter l'énergie qui...

ERoI : Energy Returned on Investissement

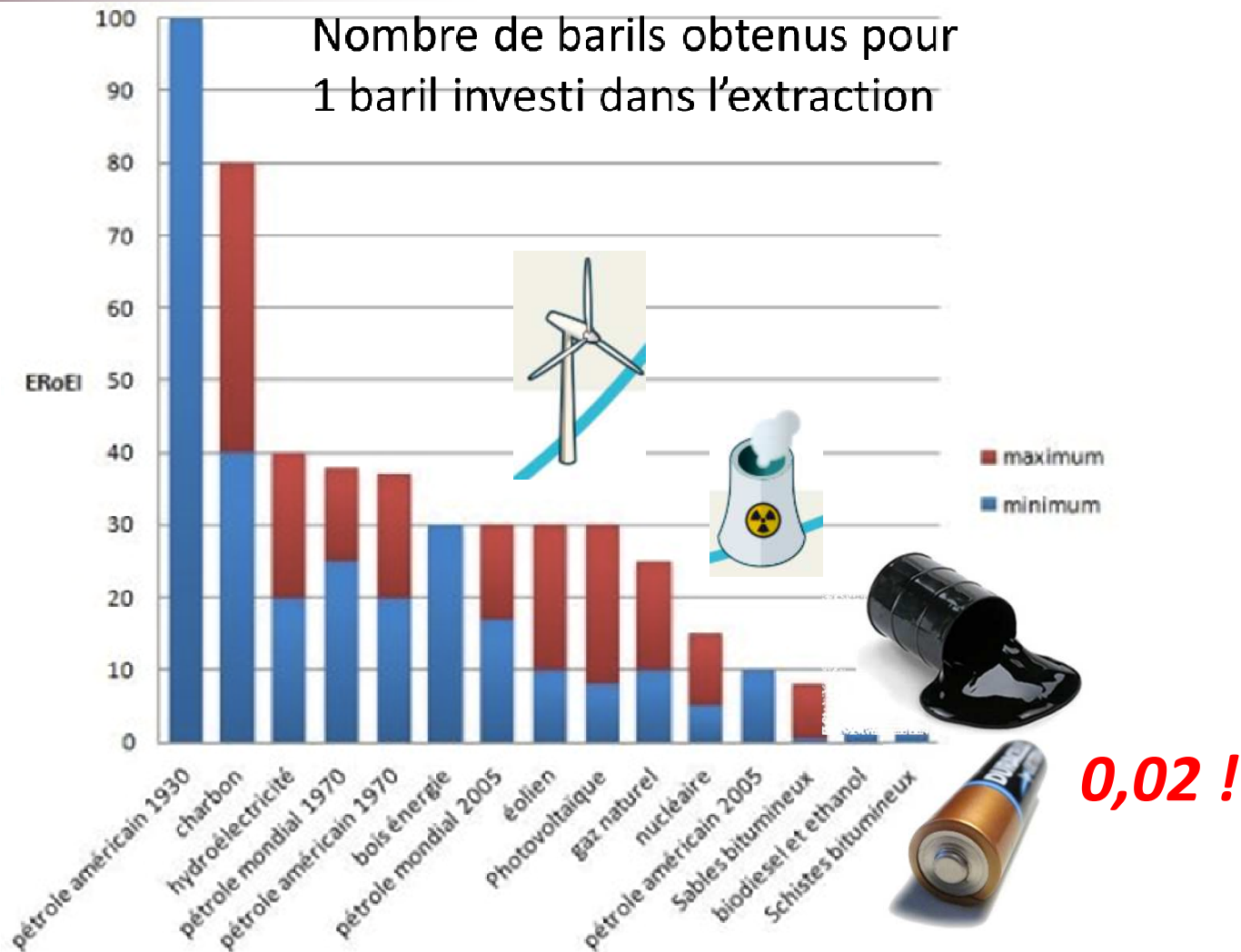


Limites des différents types d'ERoEI et pertes associées aux différentes étapes de transformation entre le puits et le consommateur⁴

...va servir à quoi ?

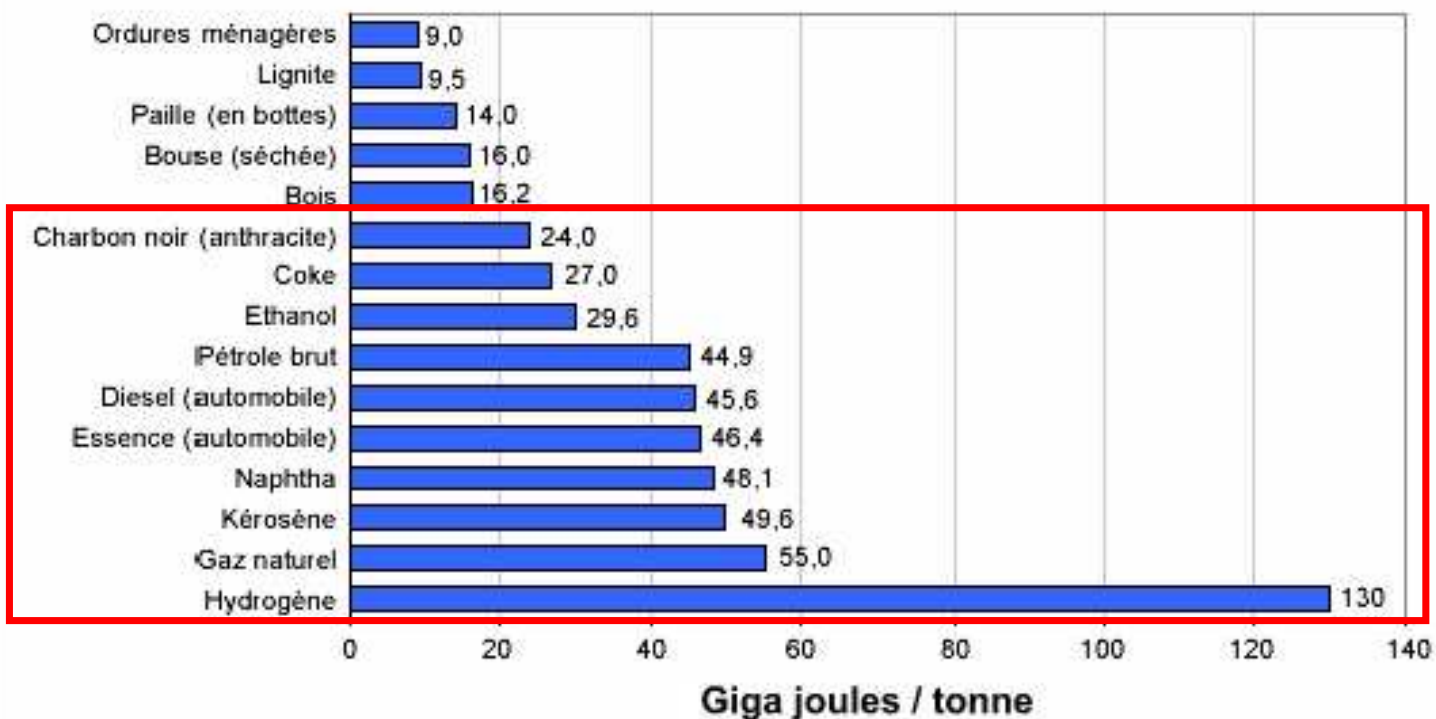


La limite de l'énergie : taux de retour énergétique décroissant



Pourquoi prélever les énergies non renouvelables ?

Densité énergétique de divers combustibles



Mais une
éolienne c'est
178 GJ/tonnes...



Pourquoi prélever les énergies non renouvelables ?

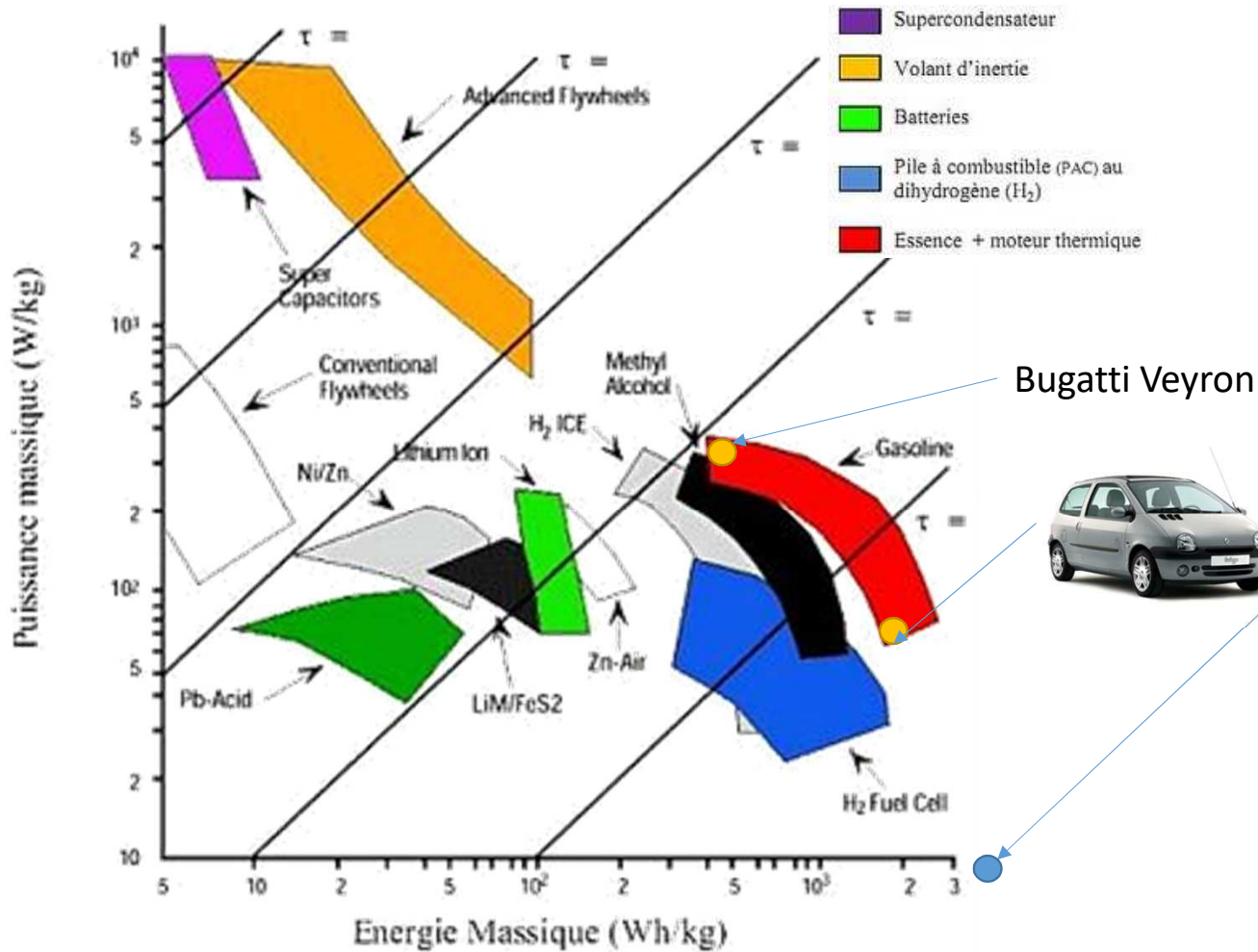


Figure 1.

Une éolienne
c'est 0,28 W/kg...

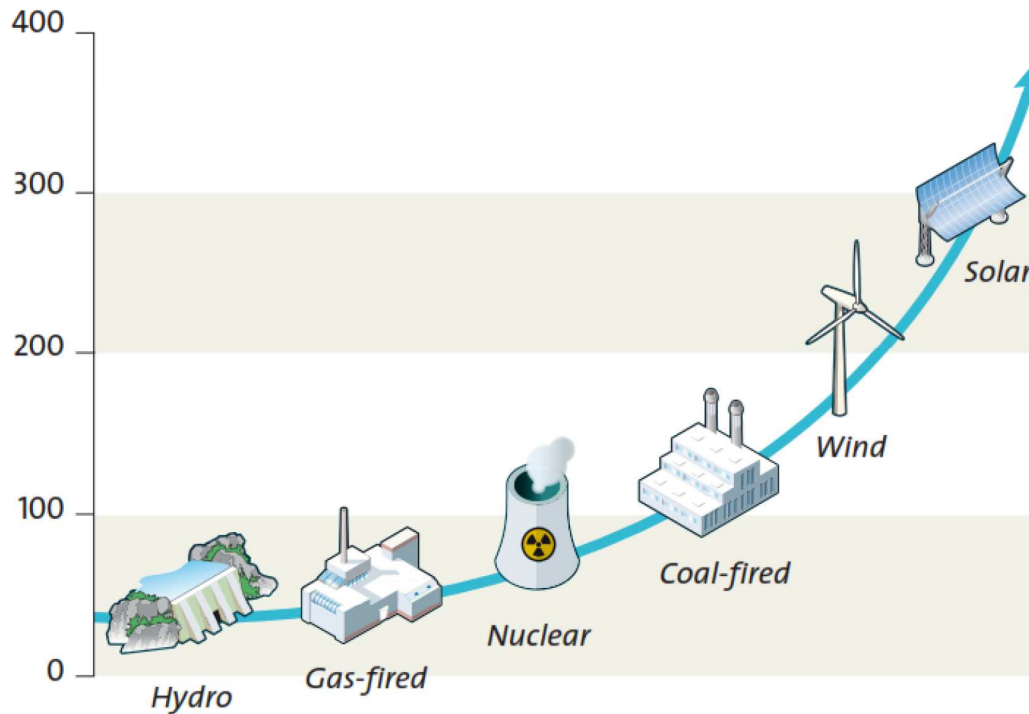
A travers la
puissance, c'est
la disponibilité
immédiate des
énergies non-
renouvelables
qui est
déterminante.



La limite de l'énergie : l'intensité matérielle croissante

Intensité matérielle de différentes technologies de production électrique, en tonnes d'acier par MW de capacité installée

Source: Rio Tinto Investor Seminar 2011, Sidney et Géosciences n° 15



sciences pour une Terre durable
brgm

Nom du service émetteur

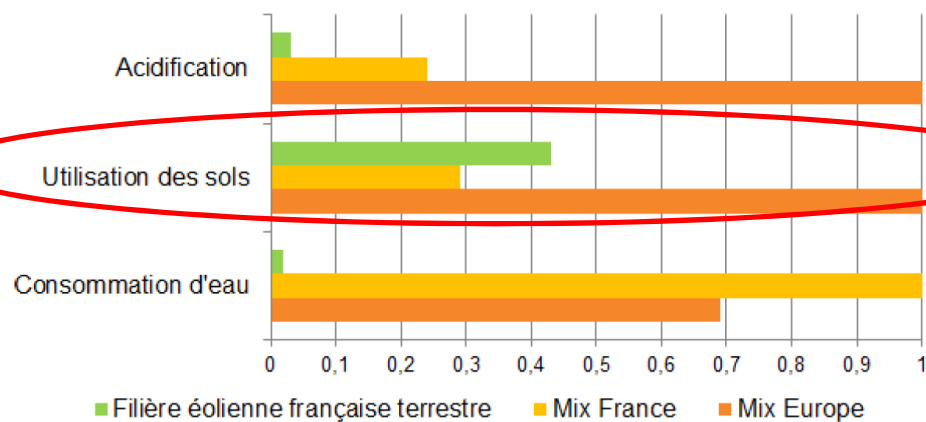
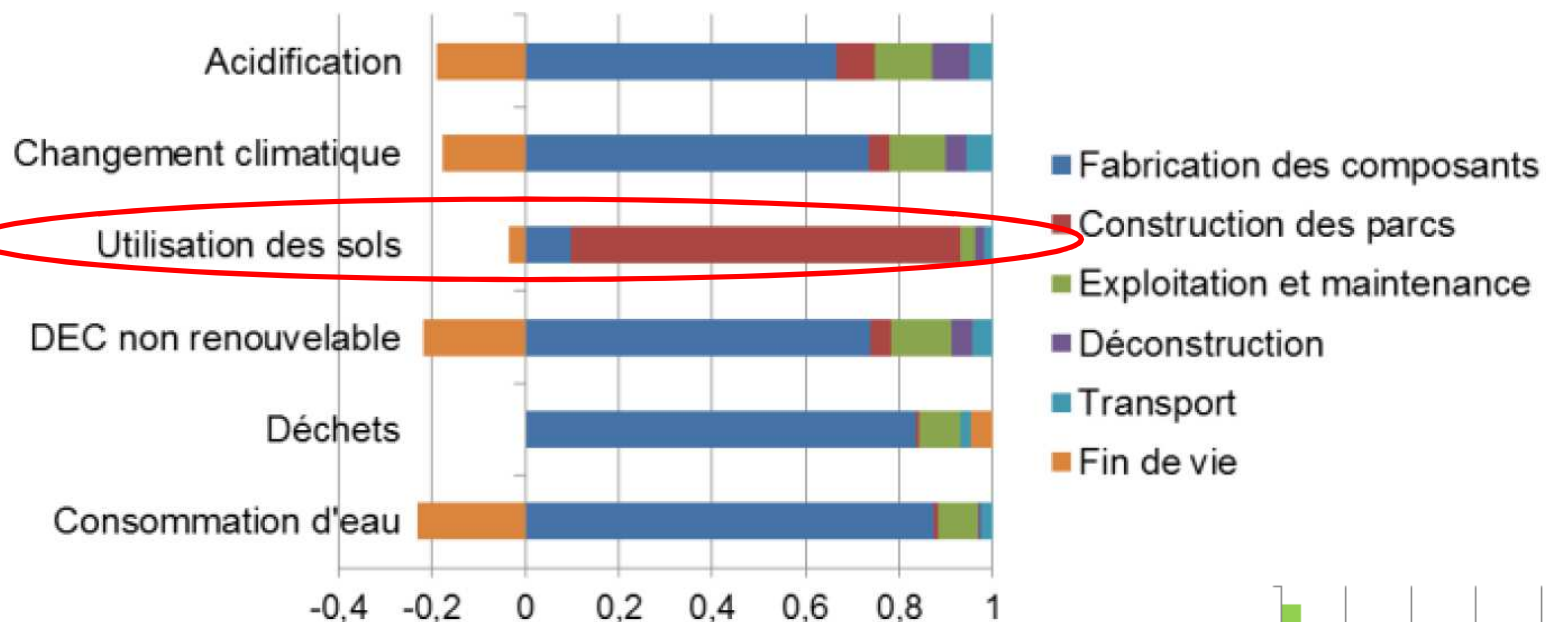
mardi 18 septembre 2012

> 44

Le High Tech, les terres rares, et les conséquences environnementales



Analyse cycle de vie d'une eolienne française/mix France et mix Europe (Rapport Ademe)

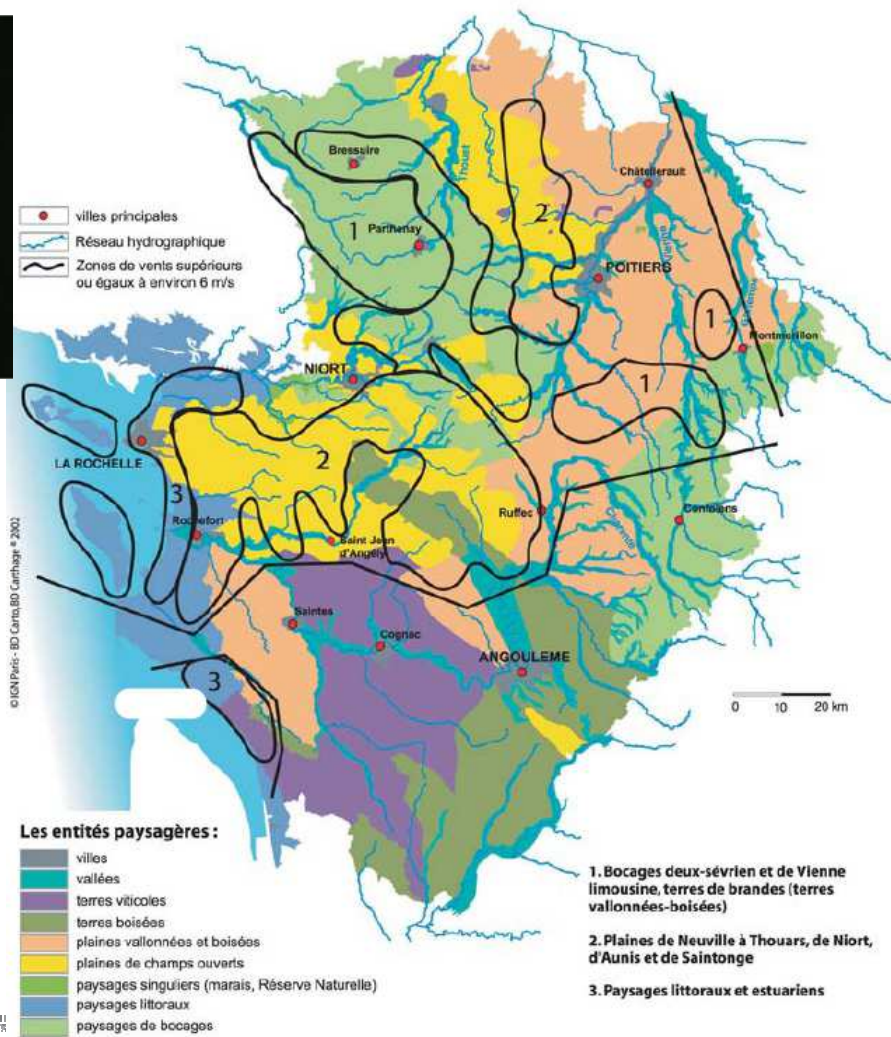


(valeurs relatives pour 1kWh d'électricité produite)

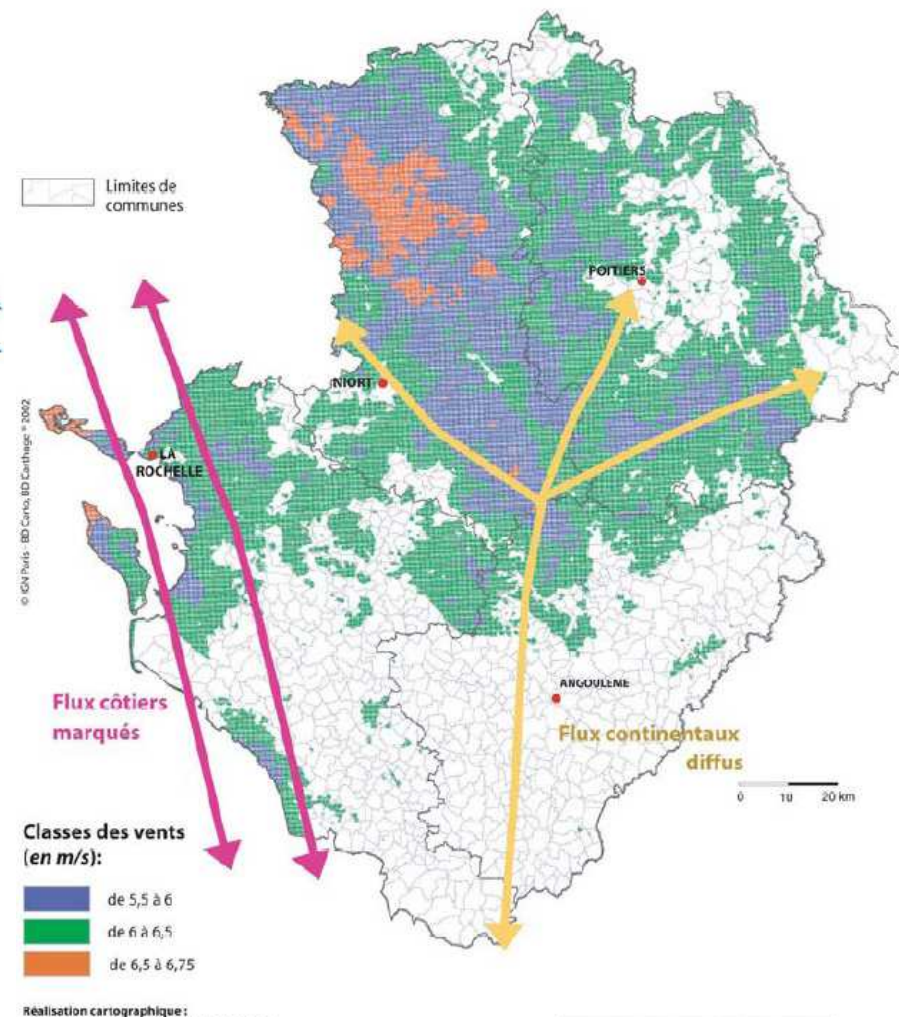
L'implantation des éoliennes : compromis entre rendement et impacts



Gisements éoliens
et paysages



Gisements éoliens
et
flux migratoires des oiseaux



L'implantation des éoliennes : compromis entre rendement et impacts

En Inde, les lézards *Sarada superba* souffrent de surpopulation près des éoliennes, elles éloignent leurs prédateurs naturels : aigles, faucons, et autres martin-chasseurs qui ne meurent pas sous le coup des pales mais préfèrent s'en tenir éloignés
« En chassant ces prédateurs naturels, les éoliennes agissent comme des super-prédateurs »

Modification des écosystèmes :

- Abondance des oiseaux / 4
- Population des lézard x3 => amaigrissement et modification d'attributs sexuels par une moindre sélection



Les limites de l'énergie éolienne



Besoin

- Augmentation de la puissance massique
- Diminution de l'intensité matérielle
- Diminution de l'encombrement
- Diminution du bruit



Problème taille et masse turbine éolienne + bruit lié à la masse d'air déplacée: modèle Colibri

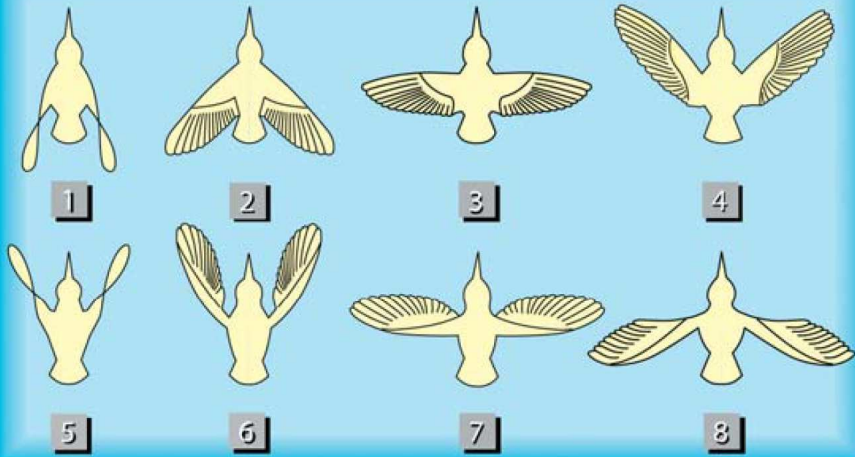
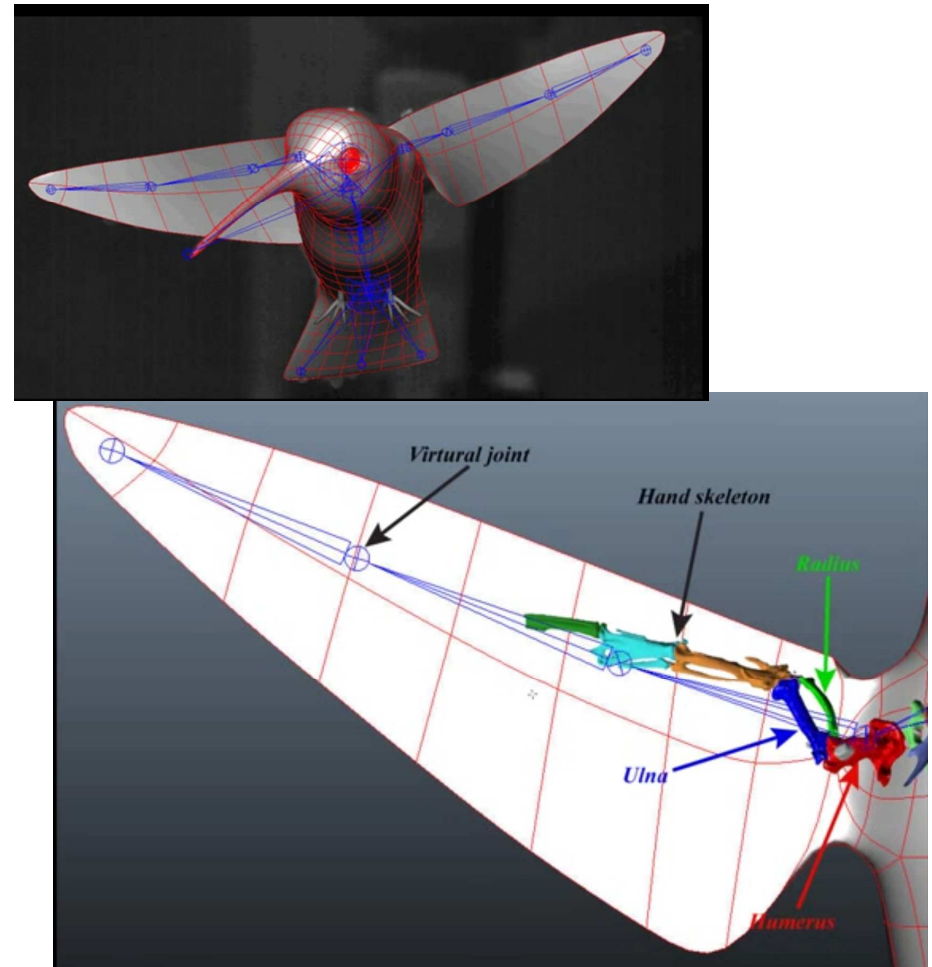


Fig. 11 – Le vol stationnaire du colibri. Durant les phases 1 à 4, l'air est défléchi vers le bas par la face ventrale de l'aile ; durant les phases 5 à 8, l'oiseau recule les ailes après leur avoir communiqué un mouvement de torsion, de manière à chasser l'air vers le bas par la face dorsale de l'aile.

Poids 2g
100 battements/s,
L'efficacité réside dans le rapport entre la longueur
et la largeur de l'aile



Problème taille et masse turbine éolienne + bruit lié à la masse d'air déplacée: modèle Colibri



2x plus efficace qu'une éolienne classique

Right swept area 1,788 m²

Left swept area 1,788 m²

Machine TW 2 Himilce (pre-industrial version)

Rated Power Output	1 kW
Type	2 wings, vertical axis
Generator	permanent magnet
Swept Area (m ²)	3,56
Wing Length (m)	1,6
Wing Material	Carbon fiber - ABC composite*
Nacelle Dimensions (cm)	145x75x55
Upstroke/Downstroke cycle	+40° -40°
Nbr 3D Aouinian kinematics used	2

Operational Data

Rated Wind Speed	10 m/s (36 km/h)
Start-up Wind Speed	^m 3.8 m/s (13,6 km/h)
RPM at Rated Power	450 RPM
Survival Wind Speed	*under test in real environment

^m under improvement

During downstroke phase (A to B) & upstroke phase (C to D), the wing moves following 8 figure trajectory & converts the totality of the resultant R (Drag+Lift) thanks to the new 3D Aouinian Kinematics. The resultant R remains always tangent to the wing's trajectory.

During the 2 short phases (D to A) & (B to C), the aerodynamic resistance is quasi nil since the angle of attack (AoA) = 0

D: Drag force L: Lift force R: Resultant



Le besoin : l'implantation urbaine

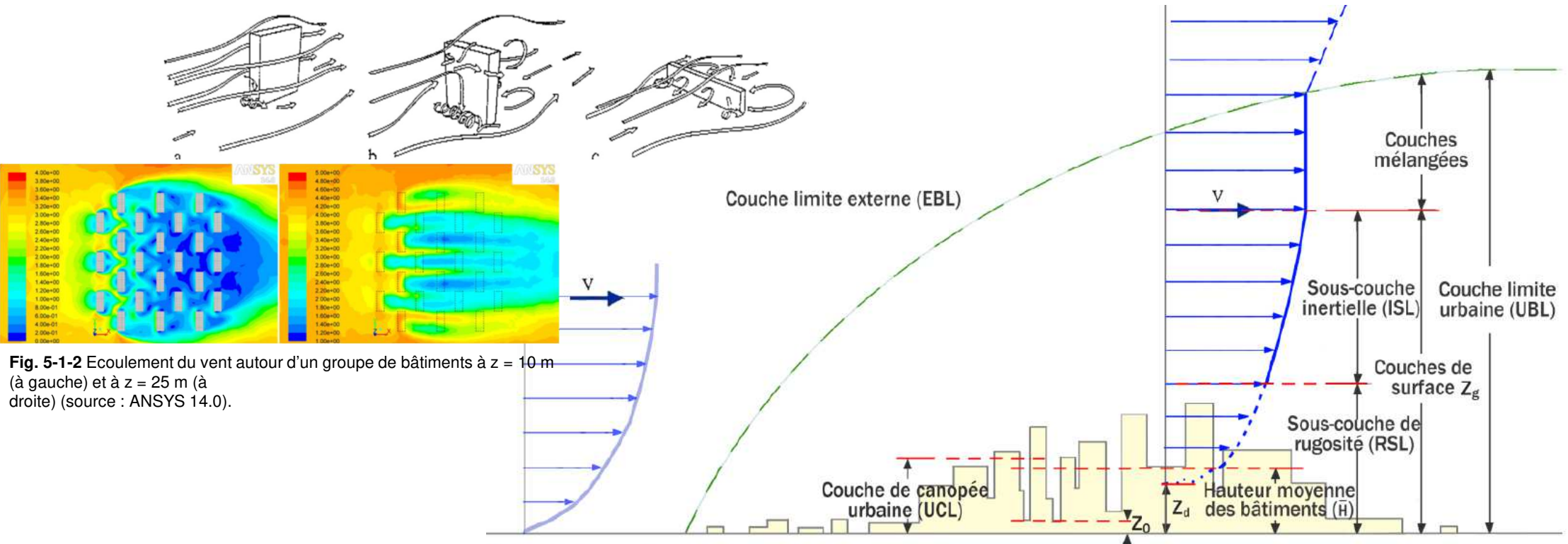


Fig. 5-1-2 Ecoulement du vent autour d'un groupe de bâtiments à $z = 10\text{ m}$ (à gauche) et à $z = 25\text{ m}$ (à droite) (source : ANSYS 14.0).

Fig. 2-4-1 Visualisation du profil de vent dans la couche limite interne d'un environnement bâti (selon

En ville, les vents ralentis et turbulents par la grande rugosité du substrat.

Pour une même densité d'énergie éolienne : hauteur de 10 m en campagne ,45 m en banlieue, et à 72 m en ville .

La turbulence réduit de 15 % l'énergie dans un espace ouvert rural et de 50 % dans un espace ouvert, la puissance fournie est ainsi divisée par 5 selon les deux configurations.

Le besoin : Unéole, éolienne à faible intensité matérielle

- 150 kg
- 2m par 2m

Aluminium recyclé venant de Dunkerque, Lin permettant la fabrication des pales venant des Flandres.

Possibilité d'installation en ville sur les toit plats, éolienne destinée aux **particuliers** et aux **entreprises**.

Conçue sur la base d'une éolienne de type Savonius (axe vertical), qui lui permet de s'adapter aux vents urbains.

Avantage de l'axe vertical :

- Adaptée aux vents turbulents
- Réduction de bruit
- Coefficient de puissance plus élevé



Augmentation de la puissance :Whale power

Gain de 20% de puissance

Les bosses situées sur le bord d'attaque engendrent une réduction de 32 % de la traînée, et un accroissement de 6 % de la portance, comparés à une nageoire à bord lisse.

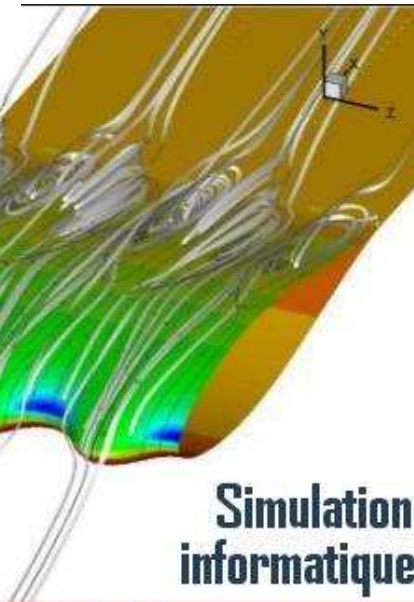
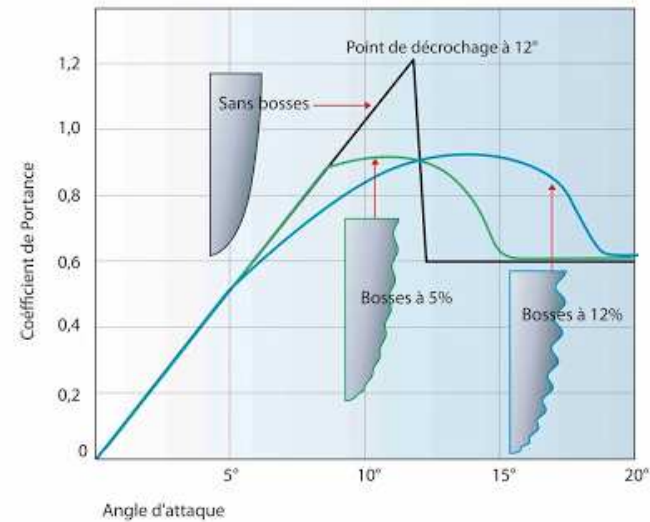
Cette découverte va à l'encontre de l'idée répandue qui voudrait qu'une surface ou qu'un bord d'attaque soit la plus lisse possible telle une lame de rasoir, afin de limiter la résistance et la perte d'énergie.



Relation entre portance et « bosses »



Courbes de portance en fonction de l'amplitude des bosses



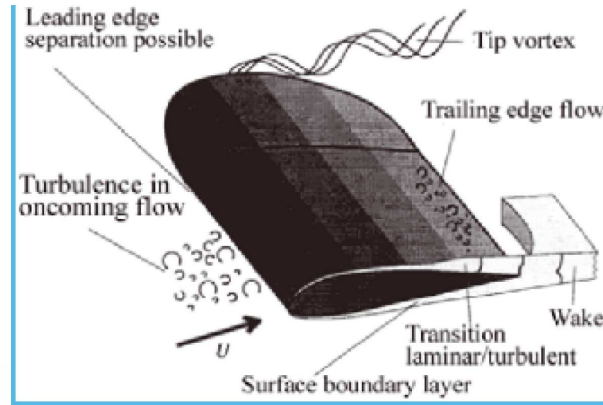
**Simulation
informatique**

On aperçoit sur l'extrados les tourbillons que génèrent les "bosses" situées sur le bord d'attaque de la nageoire

Les bosses du bord d'attaque de la nageoire de la baleine semblent rediriger et canaliser les flux d'air.

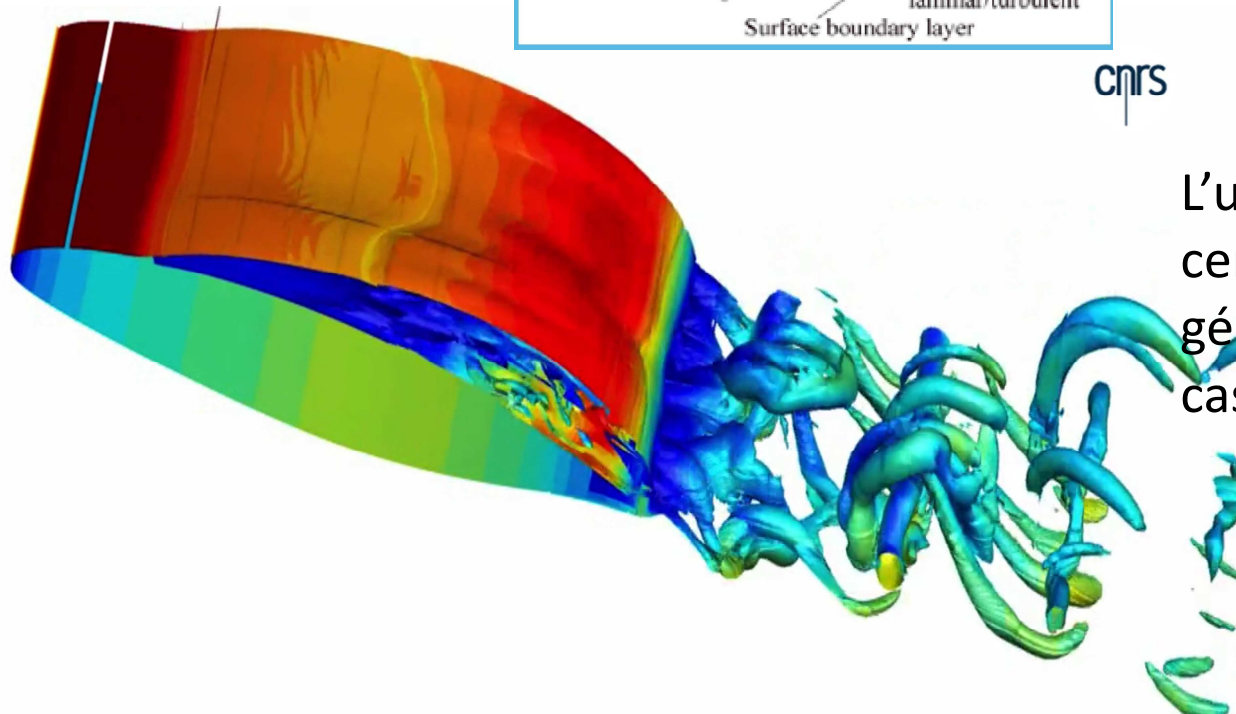
Cela crée des tourbillons au niveau des tubercules, mais les flux d'air redeviennent laminaires au bord de fuite (parallèles entre eux). La portance s'en retrouve accrue de 8 %

Diminution du bruit :Whale power



CNRS

La plus grande partie du bruit est due à l'extrémité de la pale autrement dit à son bord de fuite (bord fin par opposition au bord d'attaque, bord épais). C'est dans cette partie que les vitesses d'écoulement sont les plus élevées.



L'utilisation de bandes rugueuses sur certaines parties de la pale dans le but de générer un léger courant qui permet de casser l'énergie et réduire ainsi le bruit

Réduction de 10dBA

The background features several overlapping, semi-transparent geometric shapes in various shades of red and maroon. These shapes are primarily triangles and trapezoids, some pointing towards the right and others towards the left, creating a dynamic, layered effect. The colors range from a deep, dark red to a lighter, almost white-tinted maroon.

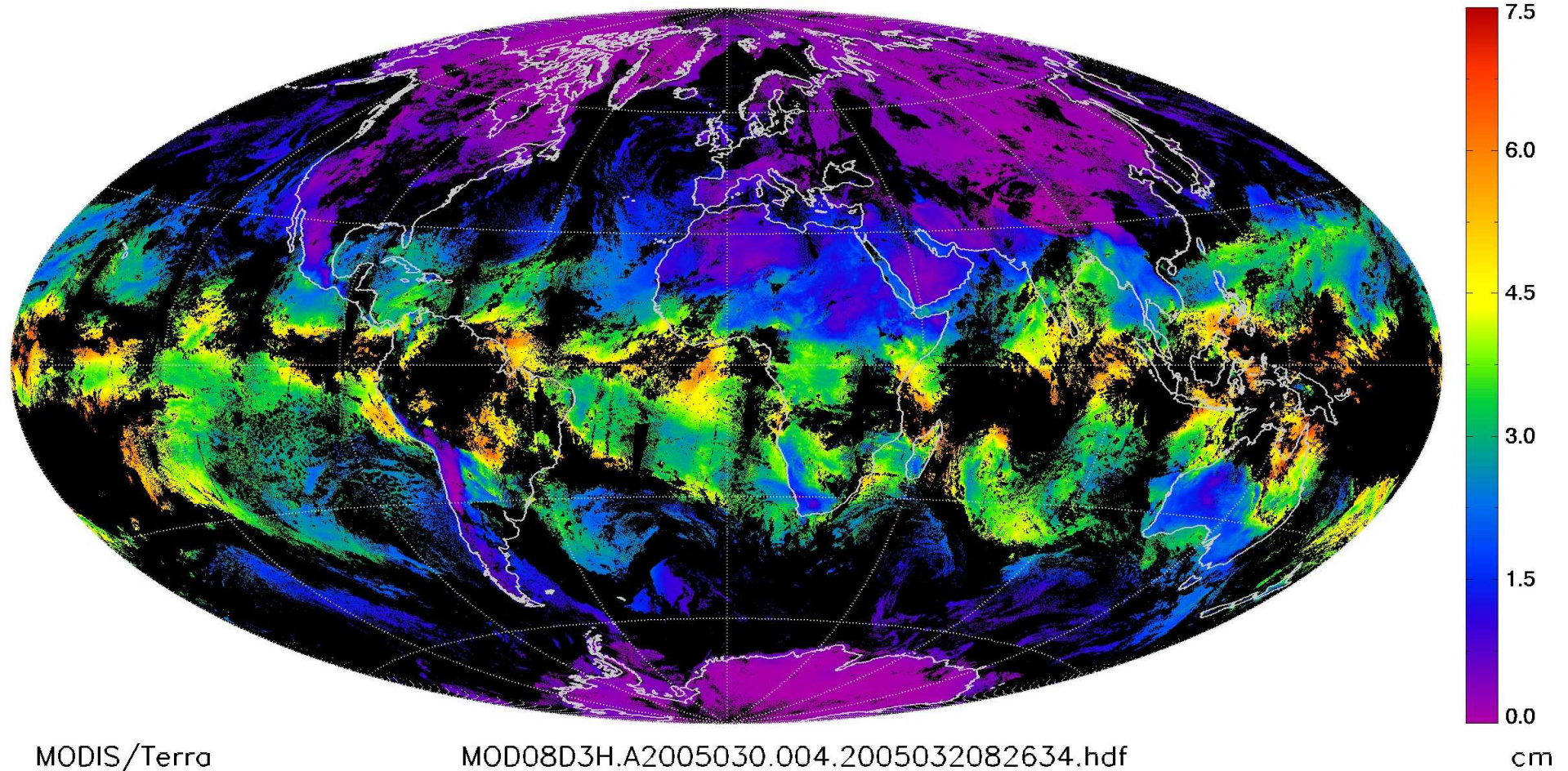
**Réchauffement climatique:
désertification et pénurie en eau propre**



Besoin : Récupération de la rosée présente dans les zones désertiques

Atmospheric_Water_Vapor_Mean

30 January 2005 (030)



**Namibie : la carapace du scarabée (*Onymacris*) ,
une succession de microbosses attirent l'eau et des rainures creusées la font circuler**



Désert de Namibie *Onymacris unguicularis*,
Brume issue de la rencontre de l'air froid et humide du [Courant de Benguela](#) avec l'air chaud du désert. les pointes hydrophiles font se condenser l'eau, les creux servent à l'évacuer.
Le coléoptère se positionne sur les crêtes des dunes, lève l'abdomen dans le sens du vent et baisse la tête. Le brouillard se condense sur les rebords et à travers la rainure centrale de l'abdomen via la bouche. L'humidité ainsi obtenue peut représenter jusqu'à 40 % du poids corporel.

Autres techniques inspirées

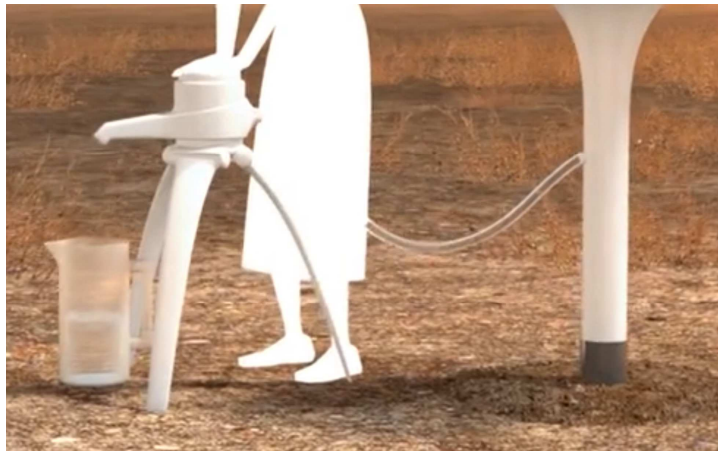


Waterseer : permet de condenser l'humidité atmosphérique pour recueillir une eau pure

A 1,80 mètre sous terre, des parois métalliques qui transmettent la fraîcheur du terrain. En surface, le vent entraîne la turbine hélicoïdale qui fait tourner un rotor interne. Ce dernier achemine l'air vers la chambre de condensation située dans le pied.

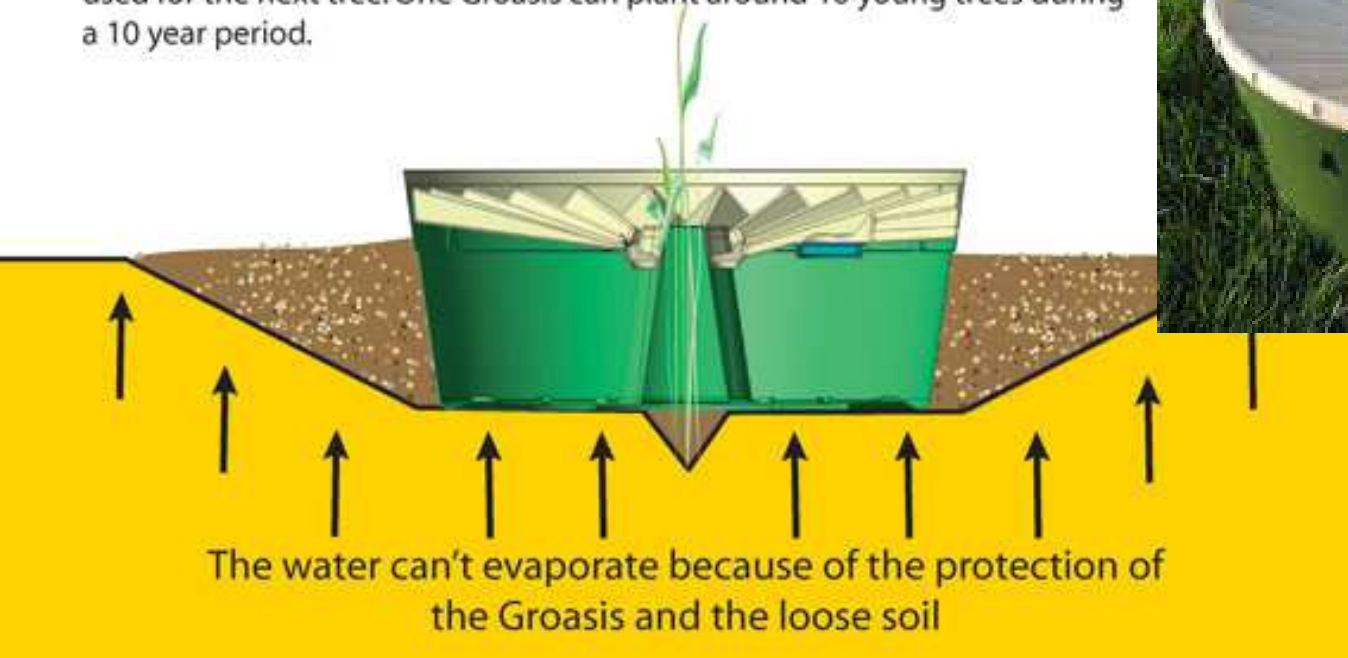
L'air ambiant s'y rafraîchit et la vapeur d'eau se condense sur les bords avant de couler dans le fond du réservoir.

Elle sera extraite par une simple pompe à main.



Groassis waterboxx : reproduction de la protection naturelle + effet Lotus

- Quadrupled water output
- Prevention of water loss through less evaporation
- The Groasis can't be blown away anymore
- If the Groasis is made of biopolymer, it stays after planting and will be degraded into nutrients through micro-organisms
- If the Groasis is made of polypropylene it will be removed after a year and used for the next tree. One Groasis can plant around 10 young trees during a 10 year period.



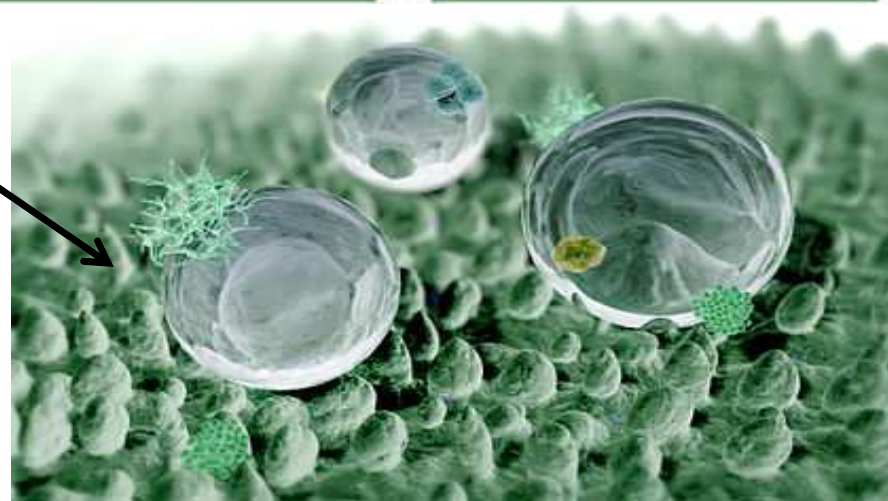
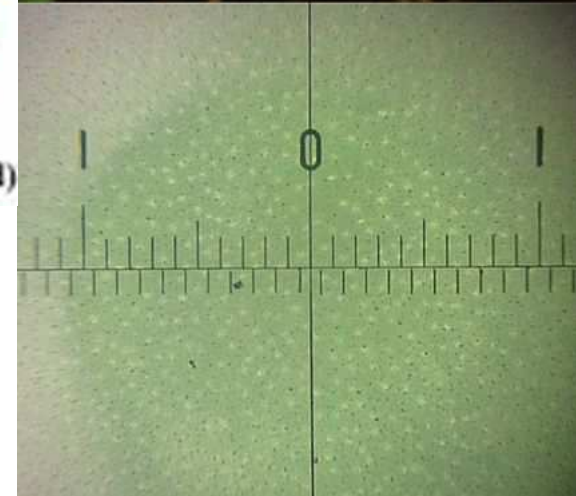
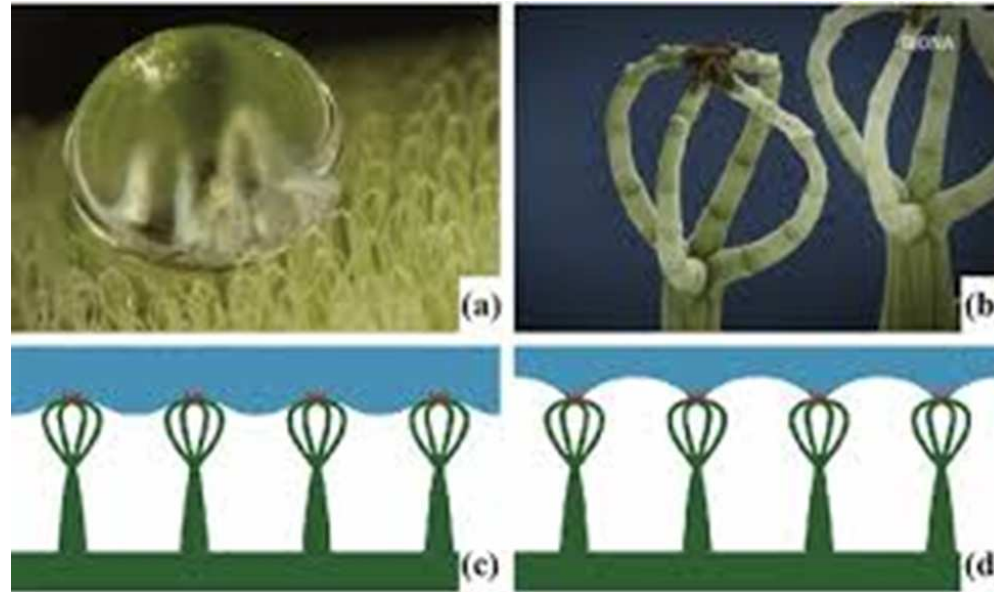
comofunciona_fre.swf

Effet Lotus: effet hydrophobe par tension superficielle

La haute tension superficielle implique une réduction de la surface de contact et adhésion, la goutte tend vers une forme sphérique: état Cassie

Surface couverte d'une cire avec des papilles de 10 à 20 microns de hauteur et largeur.

L'angle de la superficie de contact influence l'hydrophobie (angle de 170° : surface de contact de 0,6% (propriétés auto nettoyantes)



Résultats : Reforestation dans des zones désertiques et ventées



2010, Reforestation
de 63 h en Espagne,
zone de Los
Monegros (Zaragoza)



**Le réchauffement climatique et son
corollaire énergétique/ bâtiment**



Les effets du réchauffement climatique sur la production d'énergie : Eté 2018

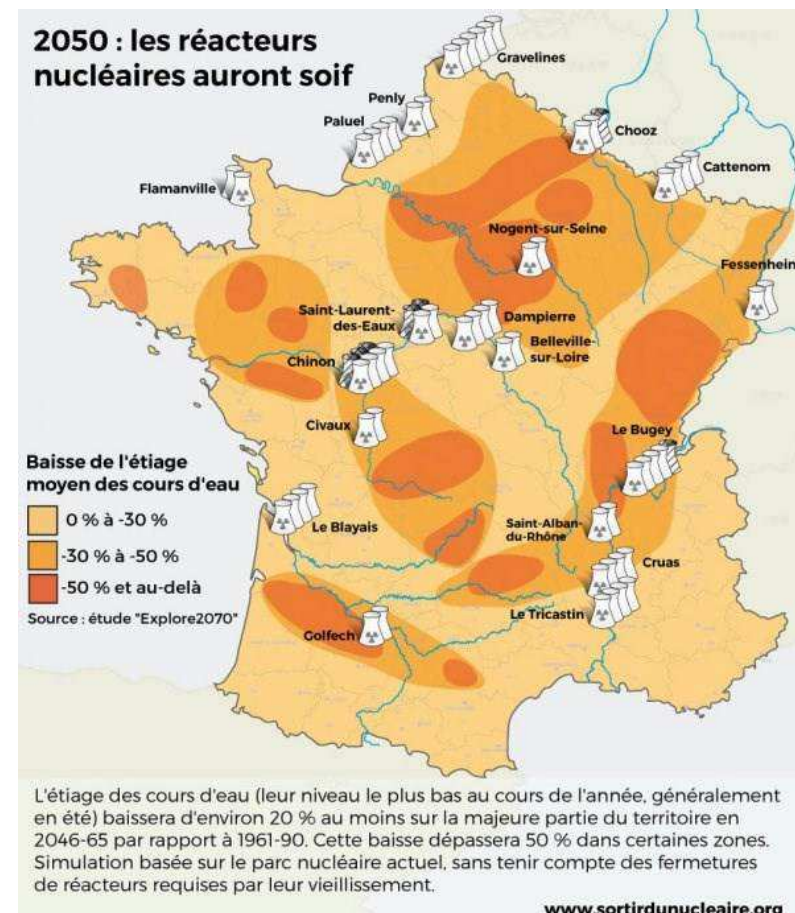


Eolien : L'anticyclone, sur l'Europe: pas de vent 11 jours consécutifs.

Solaire : Au-delà de 25 degrés de température ambiante, le rendement des panneaux diminue. Dès 35 degrés (80 degrés au niveau des cellules) le rendement diminue de 30%.

Nucléaire : L'eau trop chaude des cours d'eau a limité la production d'électricité de certaines centrales nucléaires. L'eau ne peut plus refroidir les réacteurs.

Charbon : appel massif au charbon pour faire tourner les installations d'air conditionné.



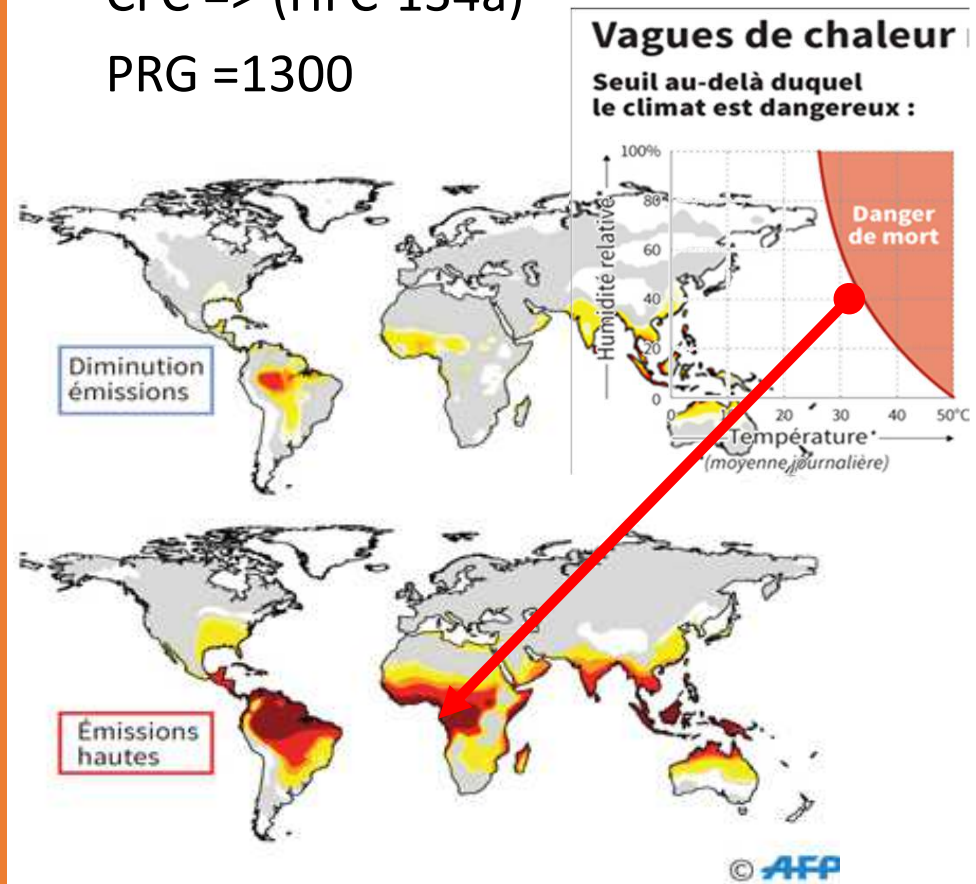
Un besoin en énergie croissant : la climatisation



Protocole de Montreal 1987

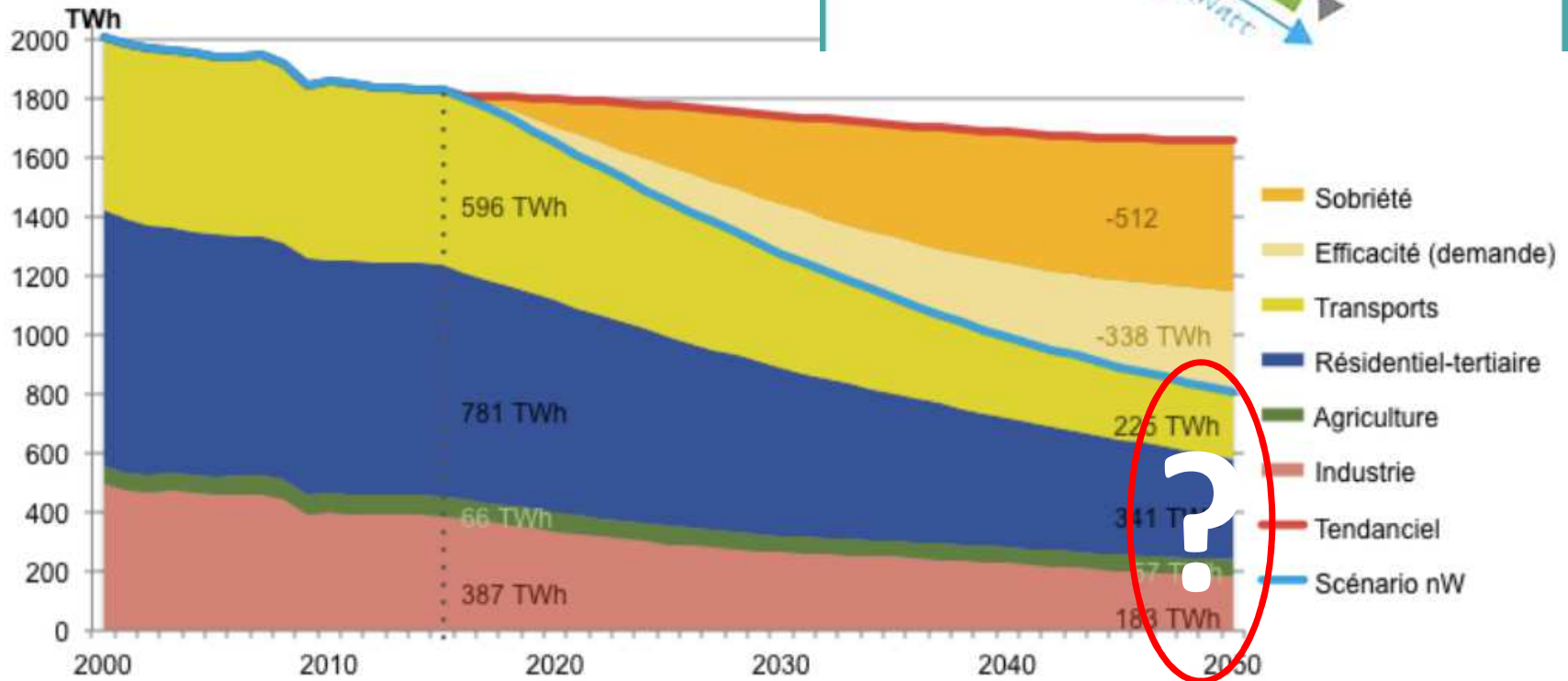
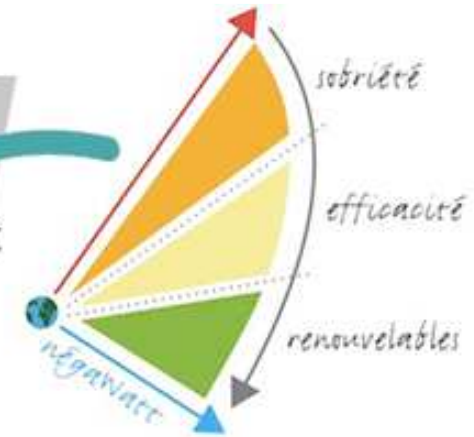
CFC => (HFC-134a)

PRG =1300



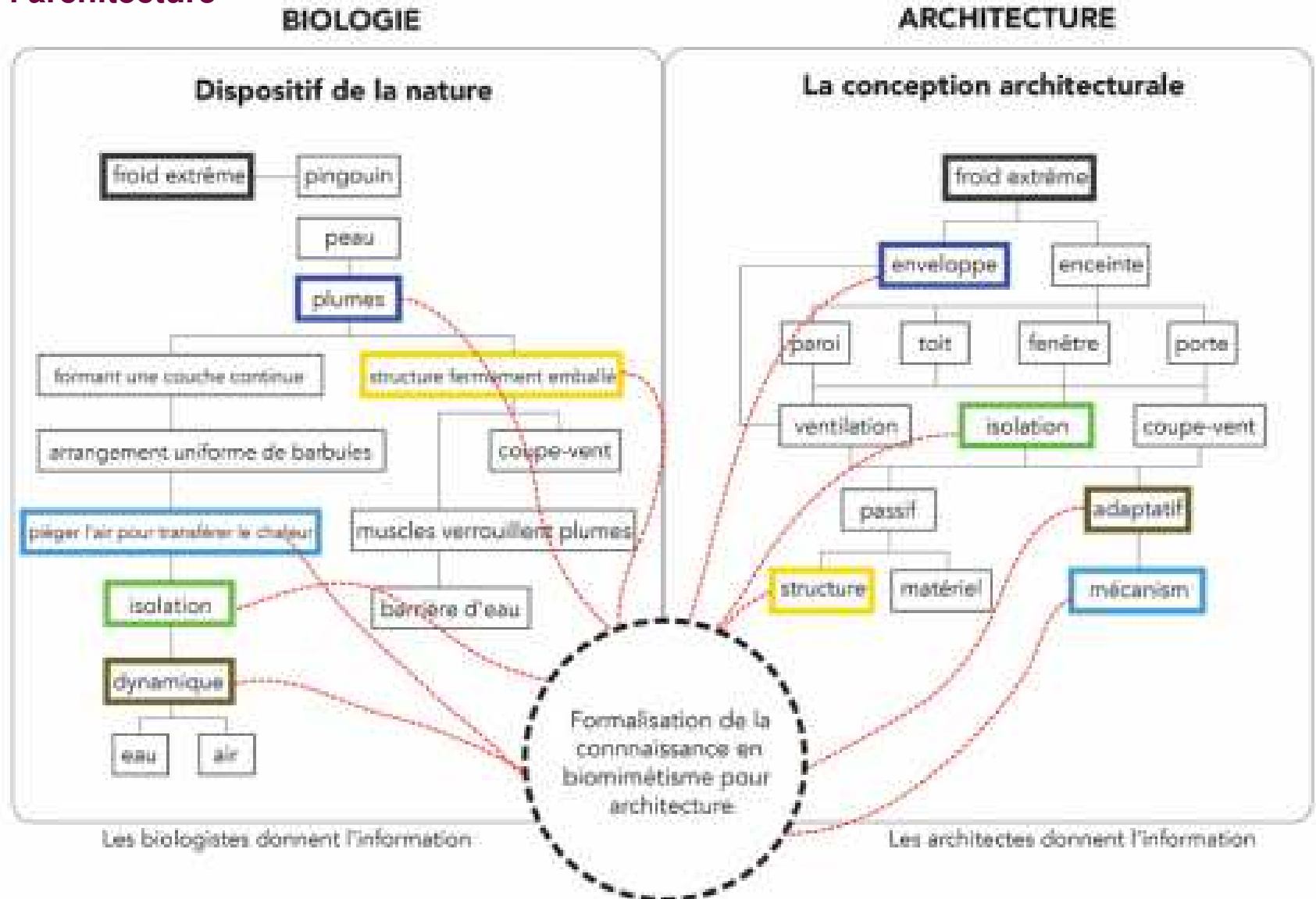
Zones touchées en 2100 par un seuil mortel de chaleur

Scénario Négawatt

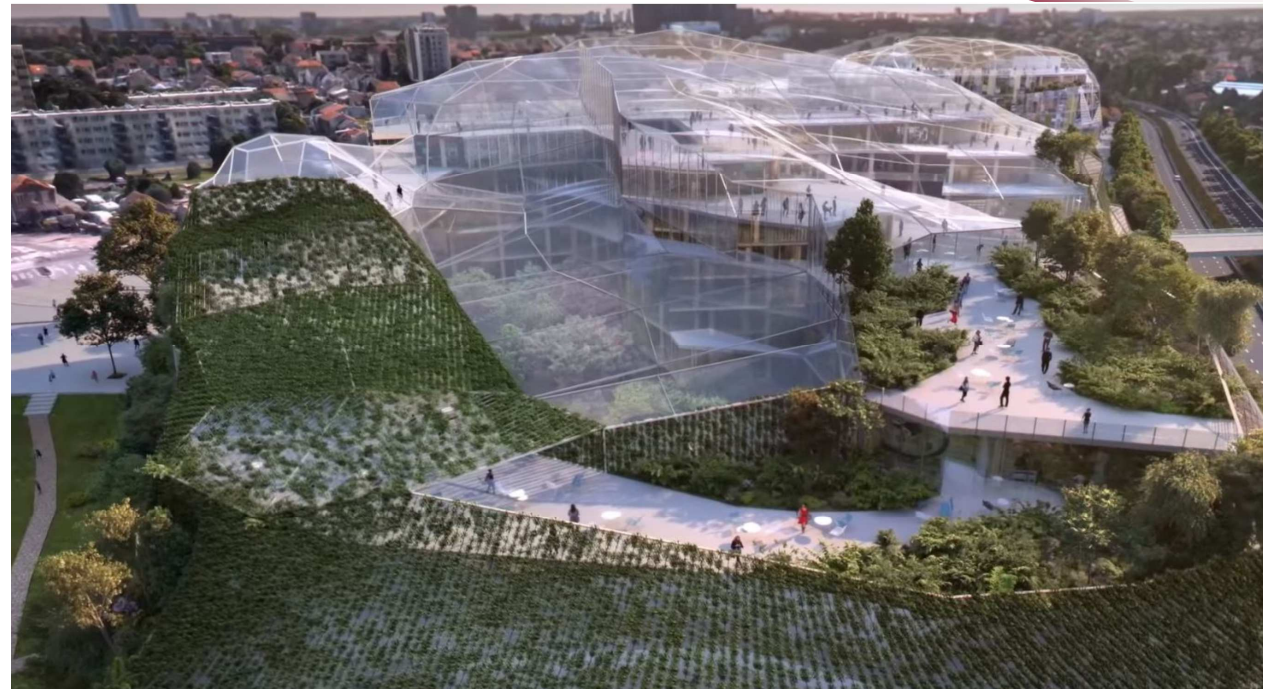


Bilan en énergie finale du scénario négaWatt, par secteur de consommation

Biomimétisme pour l'architecture



Ecotone à Paris



Productions locales d'énergie :

- récupération de la chaleur fatale des eaux usées,
- panneaux solaires,
- éoliennes urbaines
- valorisation des déchets par méthanisation.
- mobilité : l'électricité, biogaz,...

Aspect paysager : figure de la vallée de la Bièvre, prolongement du paysage

Bâtiment étagé en terrasses au long de la pente et creusé de patios recouverts de d'une membrane en ETFE (éthylène tétrafluoroéthylène) qui agit comme un poumon , « C'est-à-dire qu'elle se soulèvera quand il fera trop chaud, et elle se refermera quand la température baissera ». permettant l'éclairage intérieurs des lieux de vie et de travail.

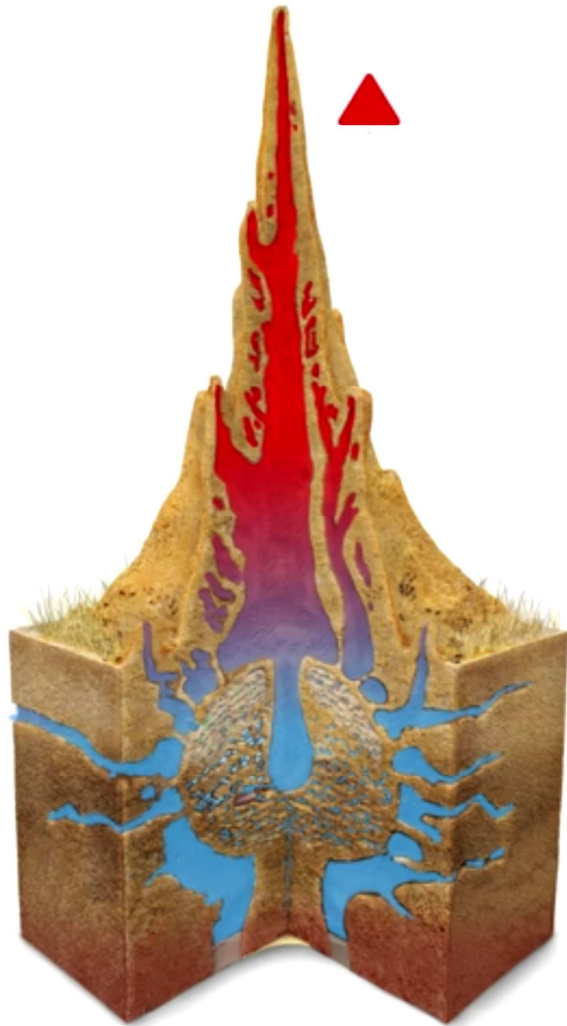
Double façade verre/végétal : isolation thermique et phonique + ouverture sur le paysage.

Terrasses multi usages : salles de détente et de réunion, jardins potagers, tables pour se restaurer

D'autres exemples d'applications issus de problématiques environnementales



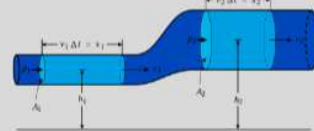
East Gate building en détail



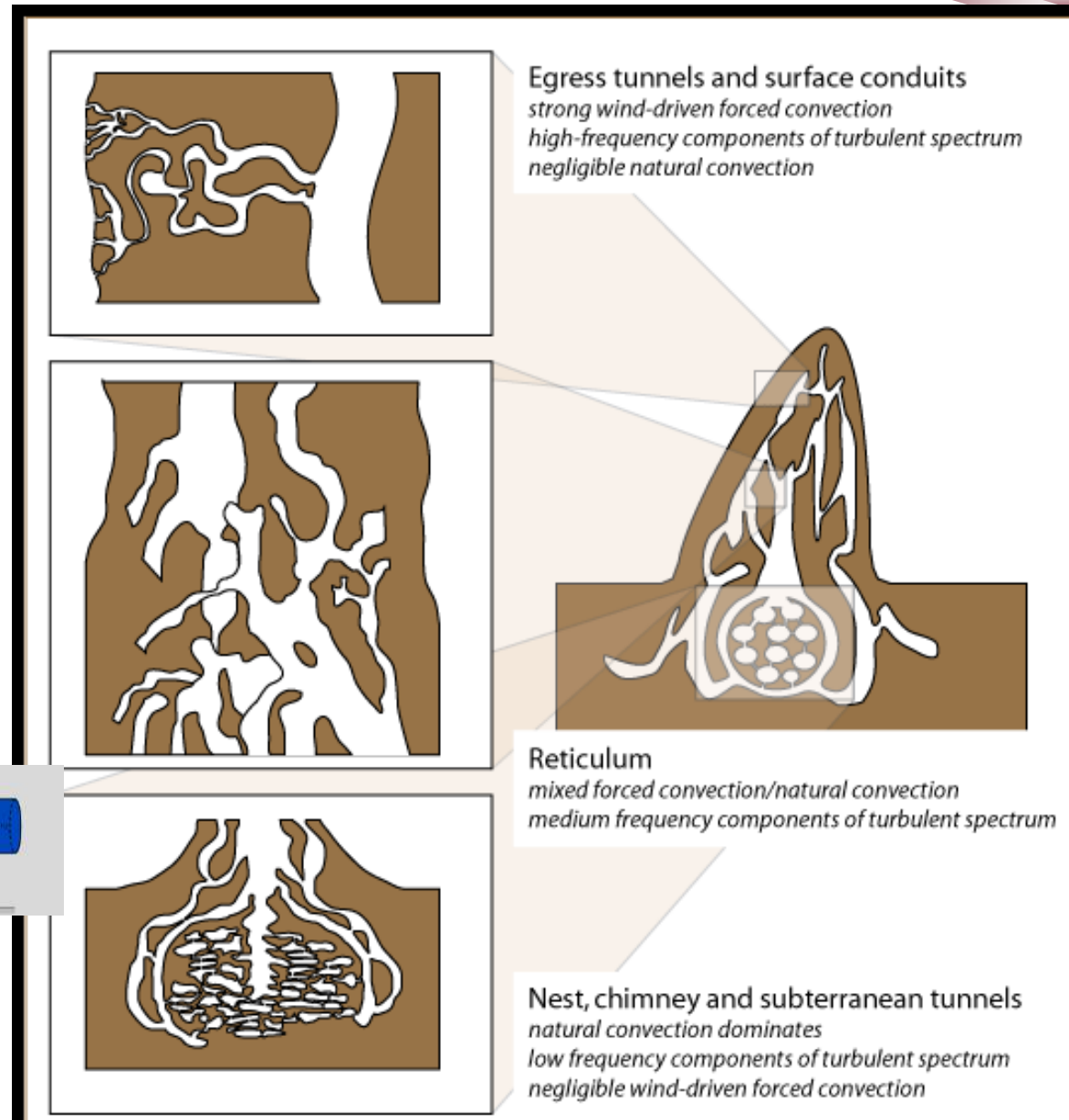
Principes de fonctionnement de la termitière

- Ouverture au vent : convection forcée
- Principe de Bernoulli : augmentation du débit avec la chute de la pression, convection naturelle
- Résonance : Oscillation de grande amplitude aux fréquences propres des parois grâce aux différentes porosités.
- Influence de la taille des cavités et leur nombre pour la gestion des turbulences.

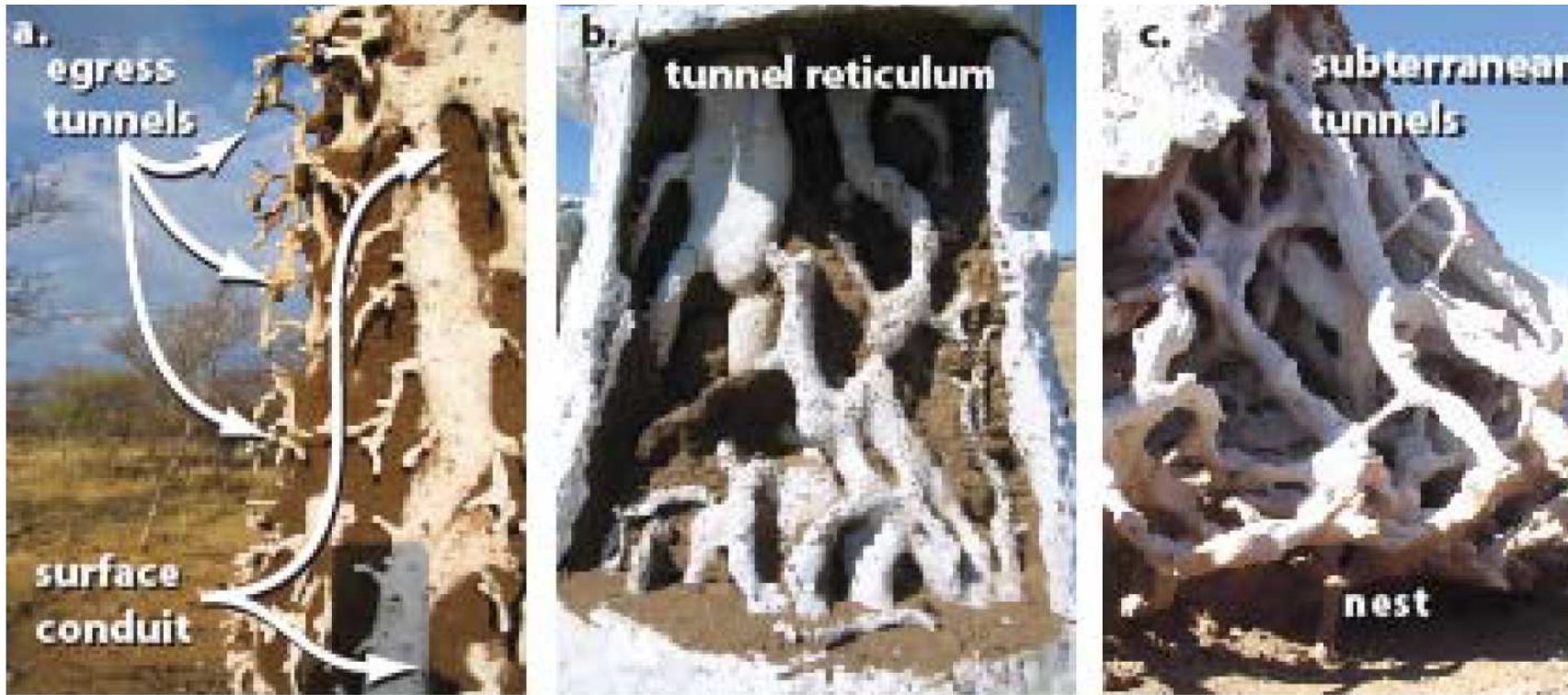
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$



- Etat de surface extérieur de la termitière

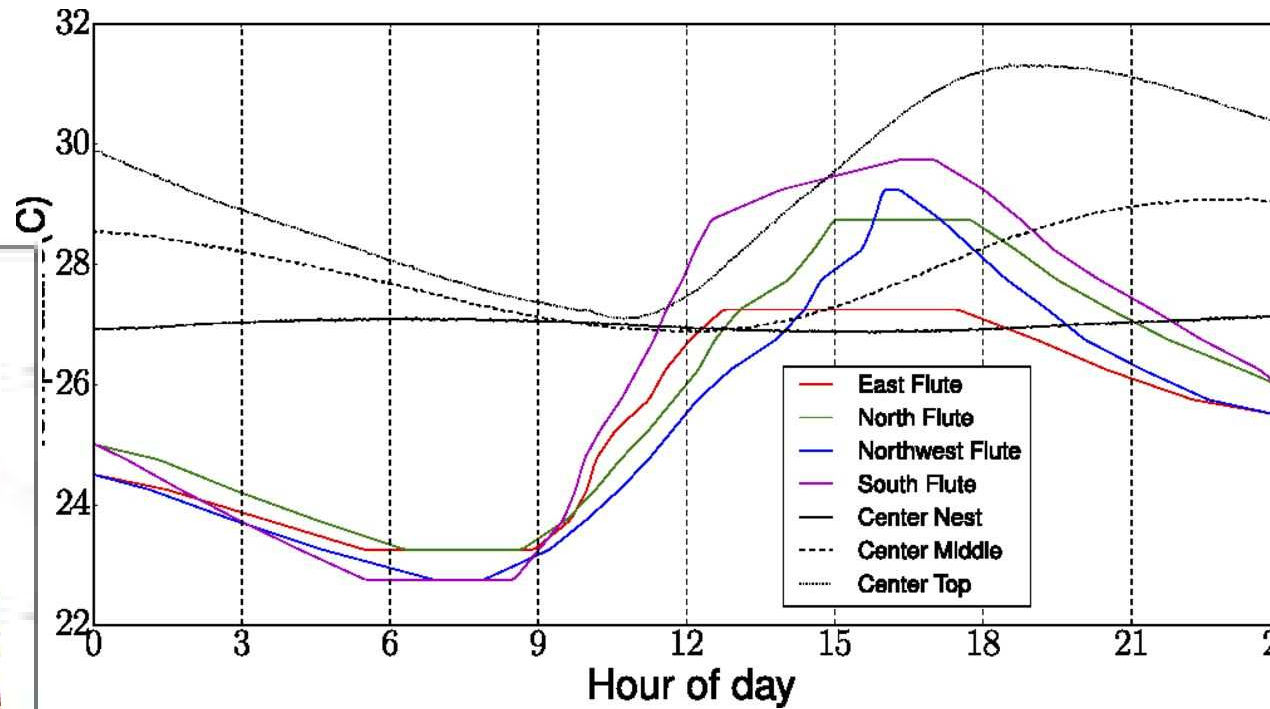
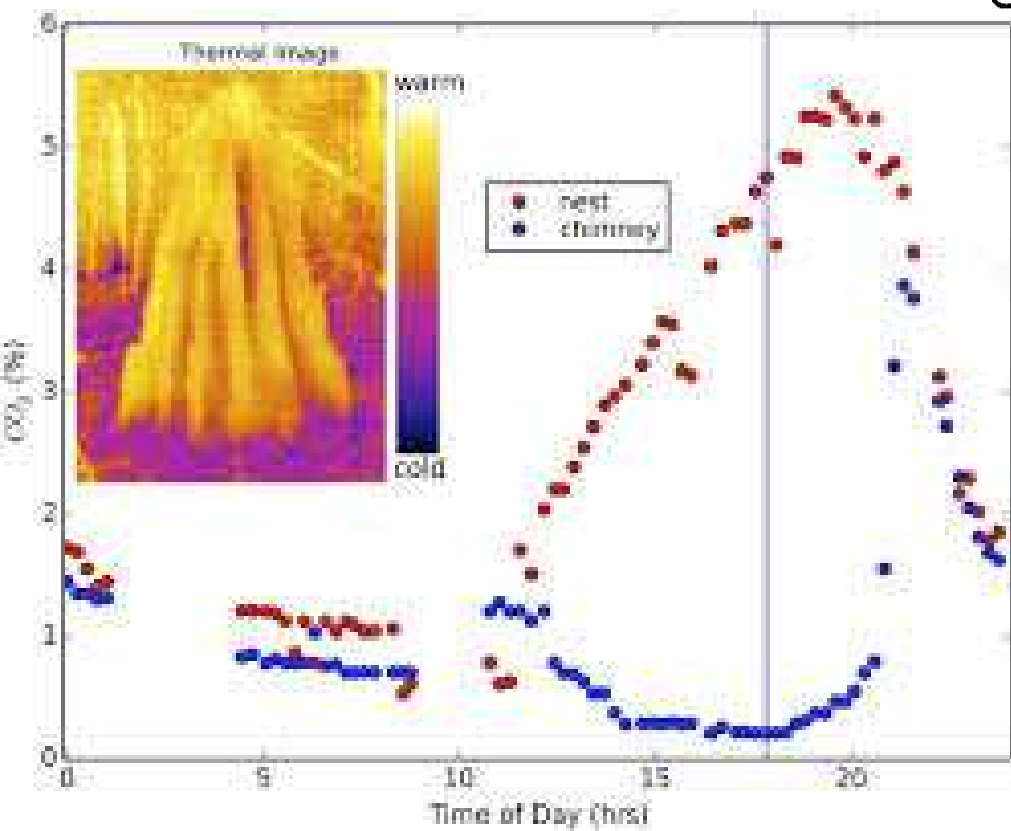


Climatisation et purification de l'air grâce à une collaboration avec des champignons

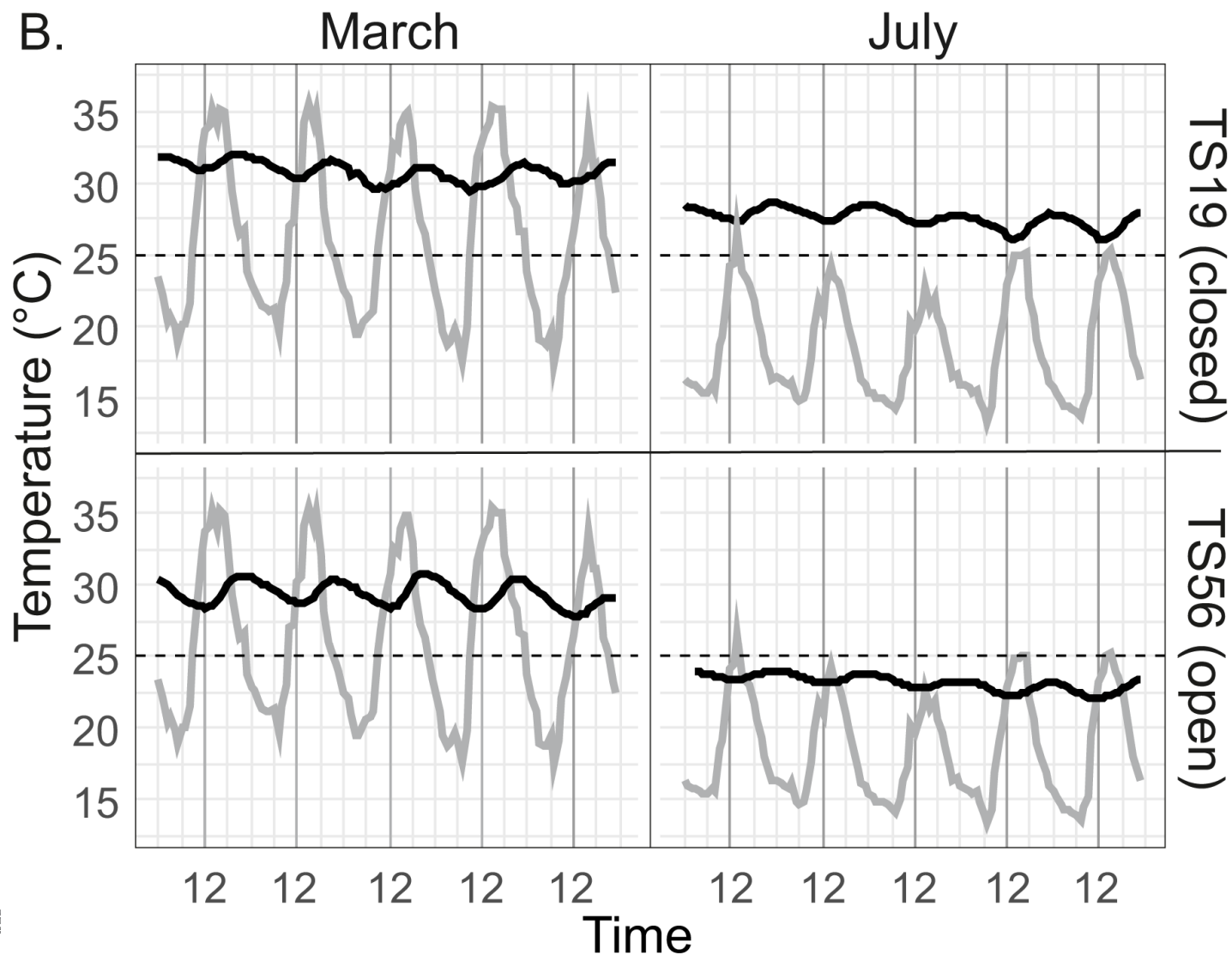


Culture d'un champignon appelé *Termitomyces* ! Ce dernier, en retour, s'intéresse également aux restes de cellulose, dégrade les excréments, aidé par d'autres [micro-organismes](#) du sol. Il rejette alors de l'[oxygène](#), réutilisé par les termites

Température dans termitière

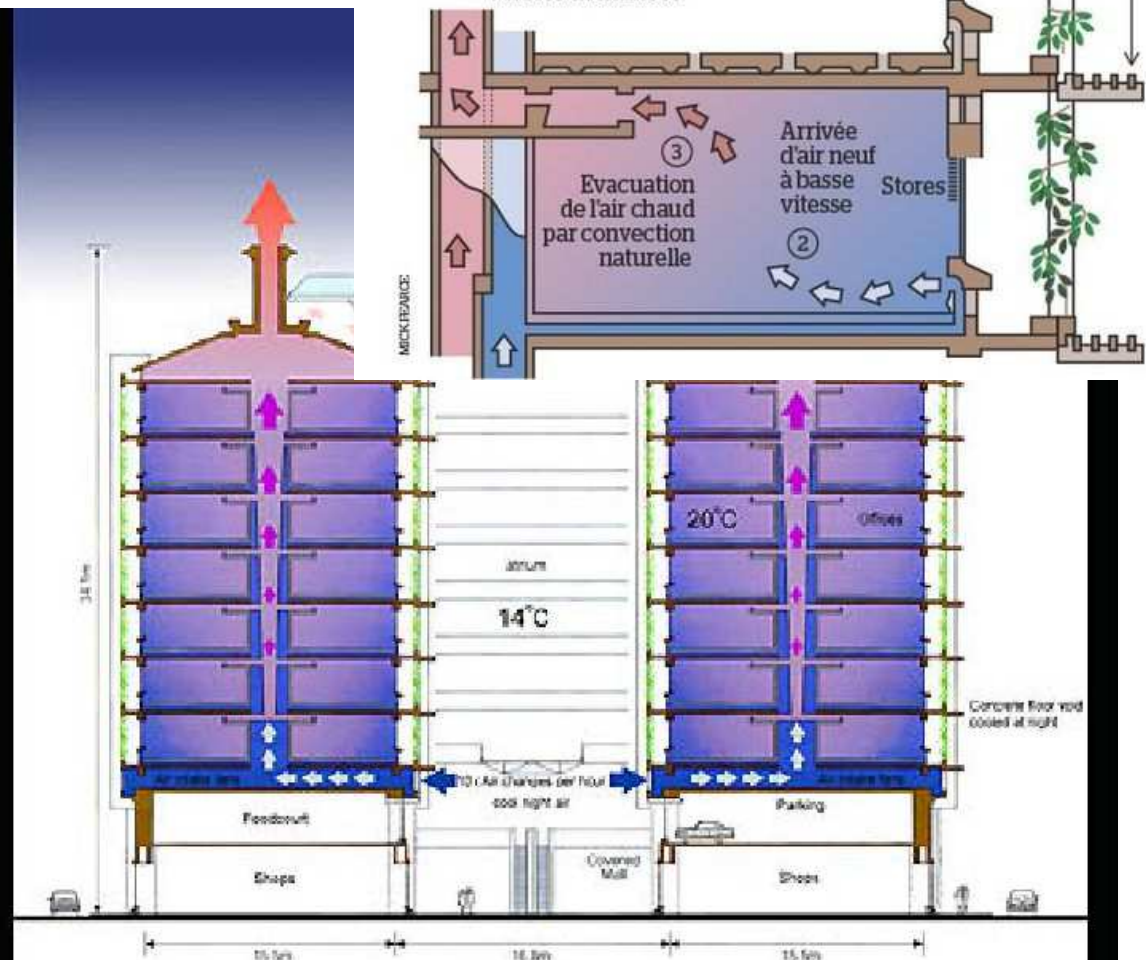
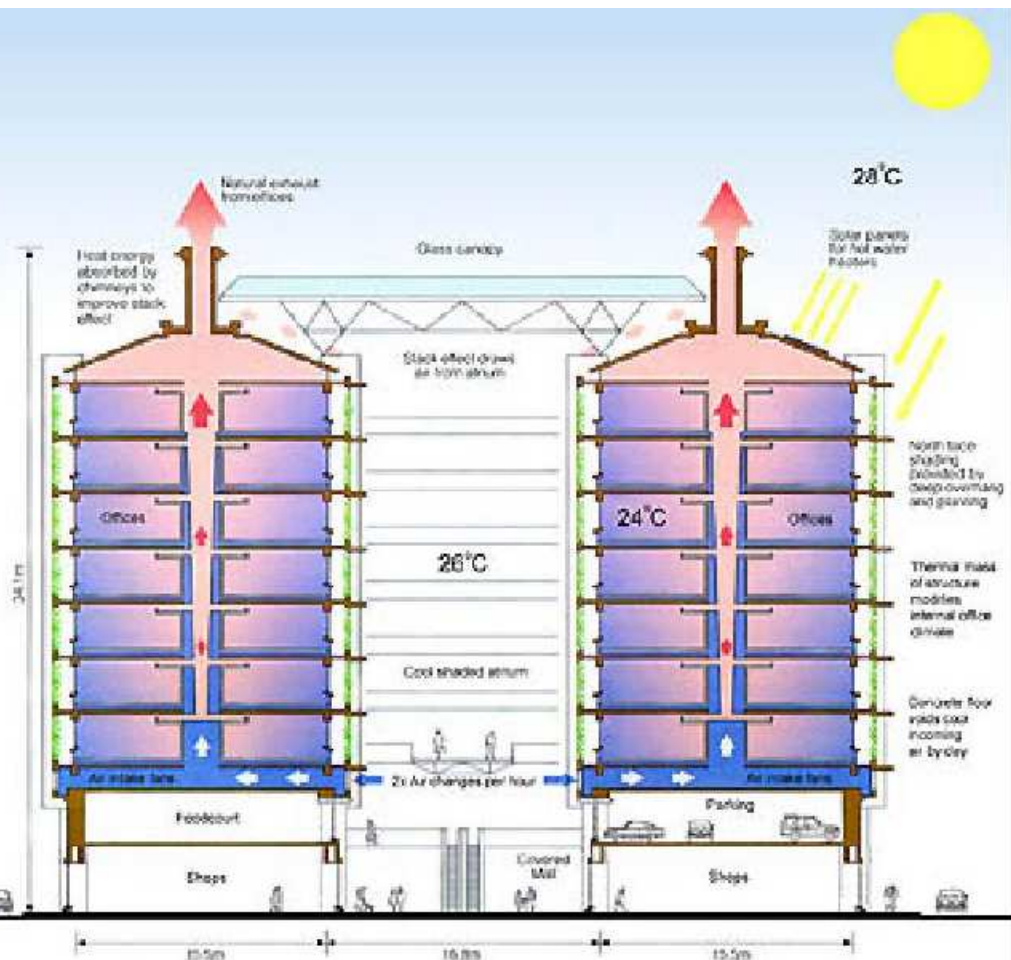


Température en fonction des saisons et des ouvertures



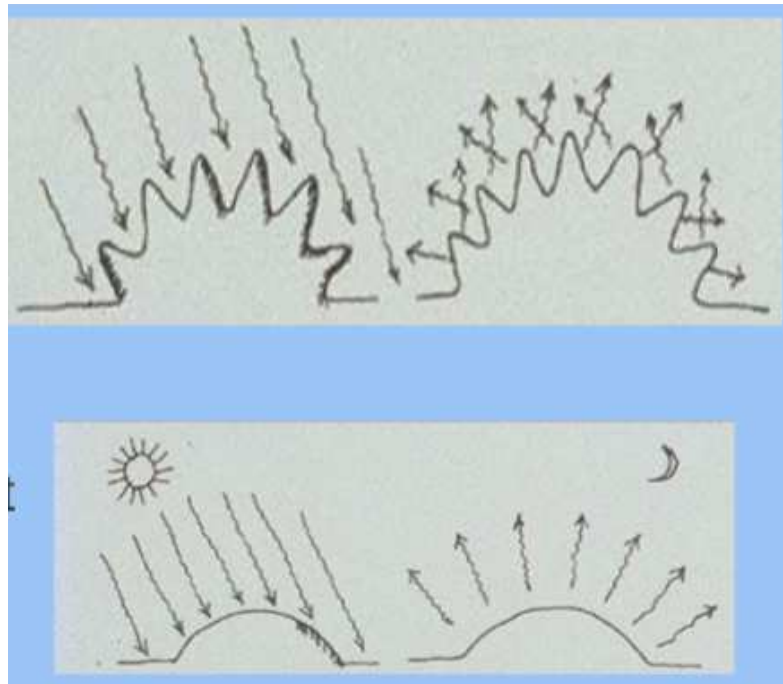
Principes de fonctionnement de l'East Gate

Principe de rafraîchissement Coupe longitudinale sur un bureau



Façade externe : effet des infractuosités sur l'absorption de la chaleur

Les corps rugueux absorbent moins la chaleur la nuit et la restituent davantage la nuit, inversement aux corps lisses

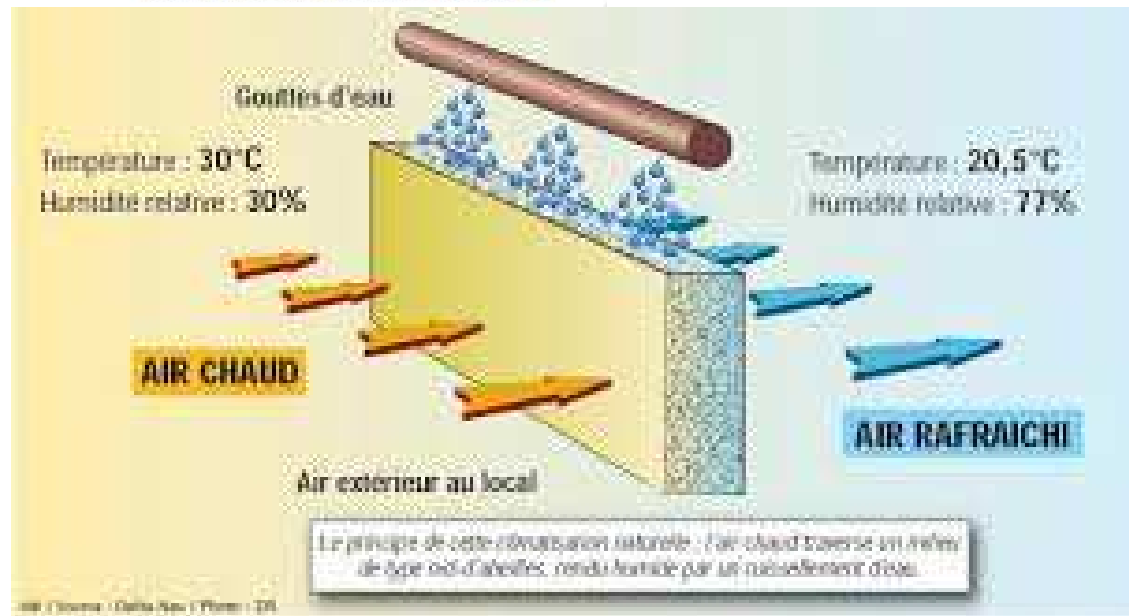
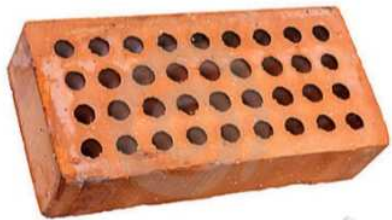


Planchers aérés pour échange de chaleur nuit/jour et plafonds voûtés pour stockage d'air chaud



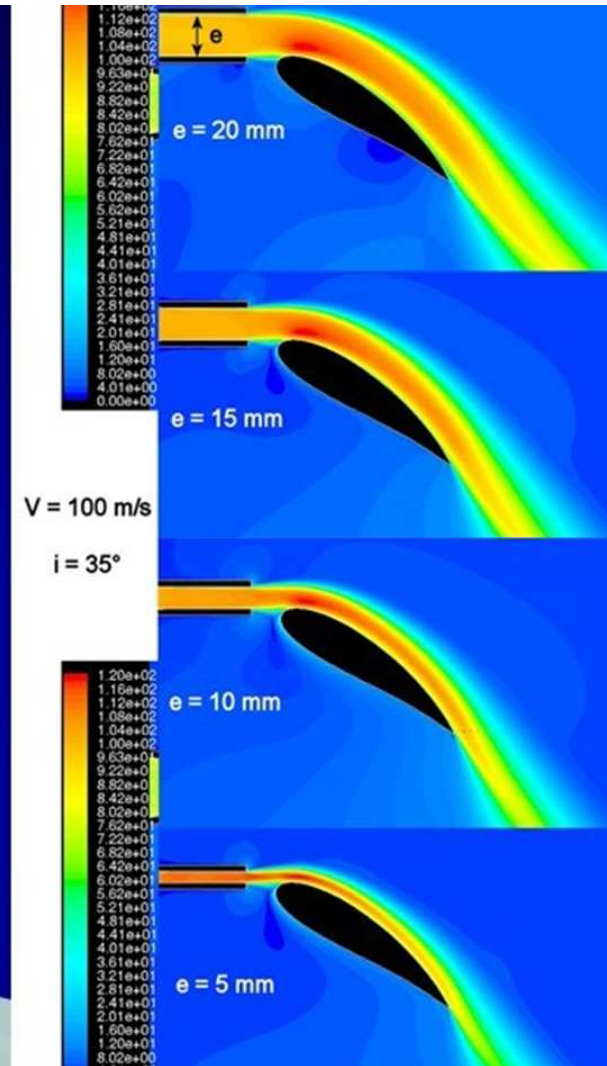
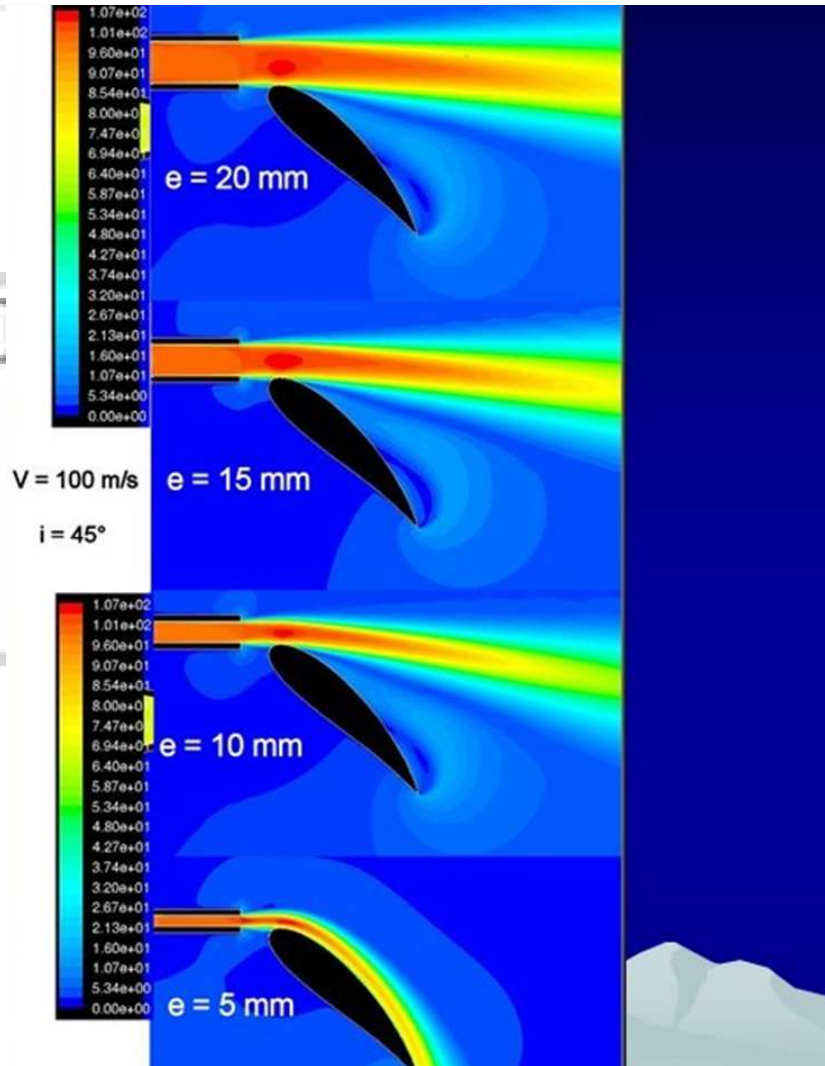
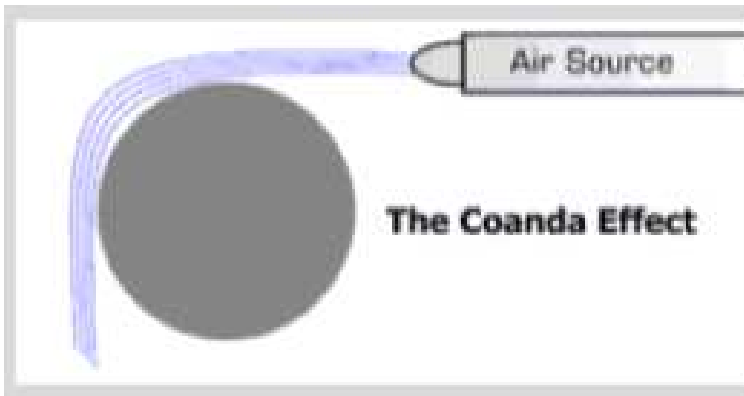
Exploitation de la porosité des matériaux de construction: légèreté et isolation

Perforated bricks: specially made burnt clay bricks with small perforations. These give sufficient thickness for air the perforations to act like conduits



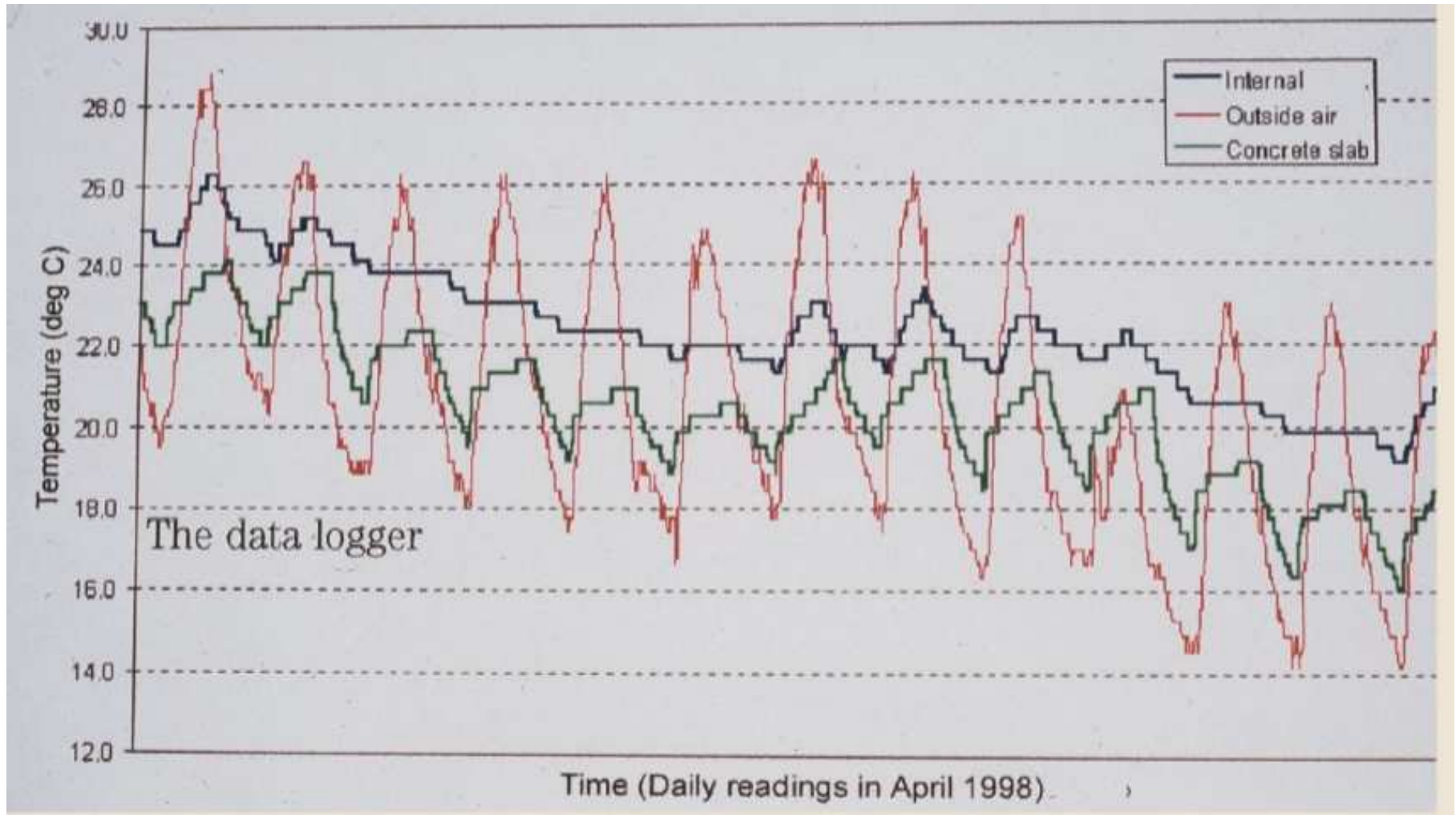
Autres effets pour diriger le flux d'air : l'effet COANDA

Effet Coanda: Attraction d'un fluide par une surface en fonction de sa proximité

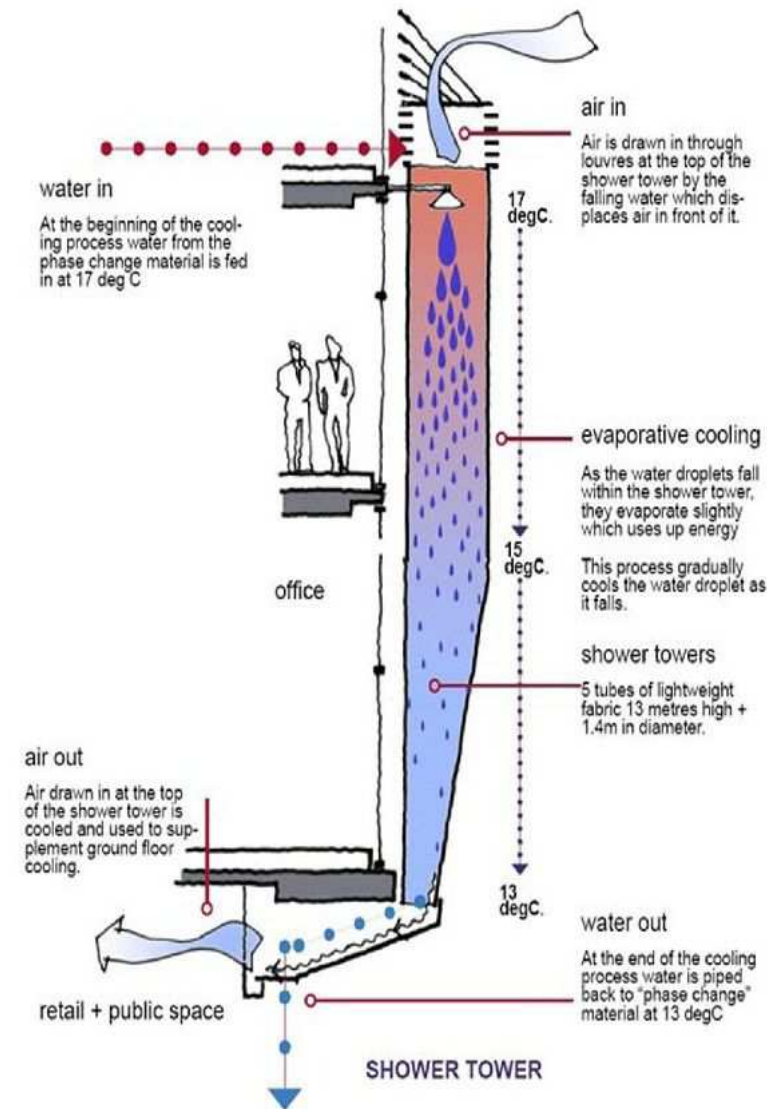


Résultats énergétiques au niveau de l'édifice

Climatisation passive,
East Gate utilise
10% de l'énergie
utilisée pour la
climatisation/
immeuble
conventionnel

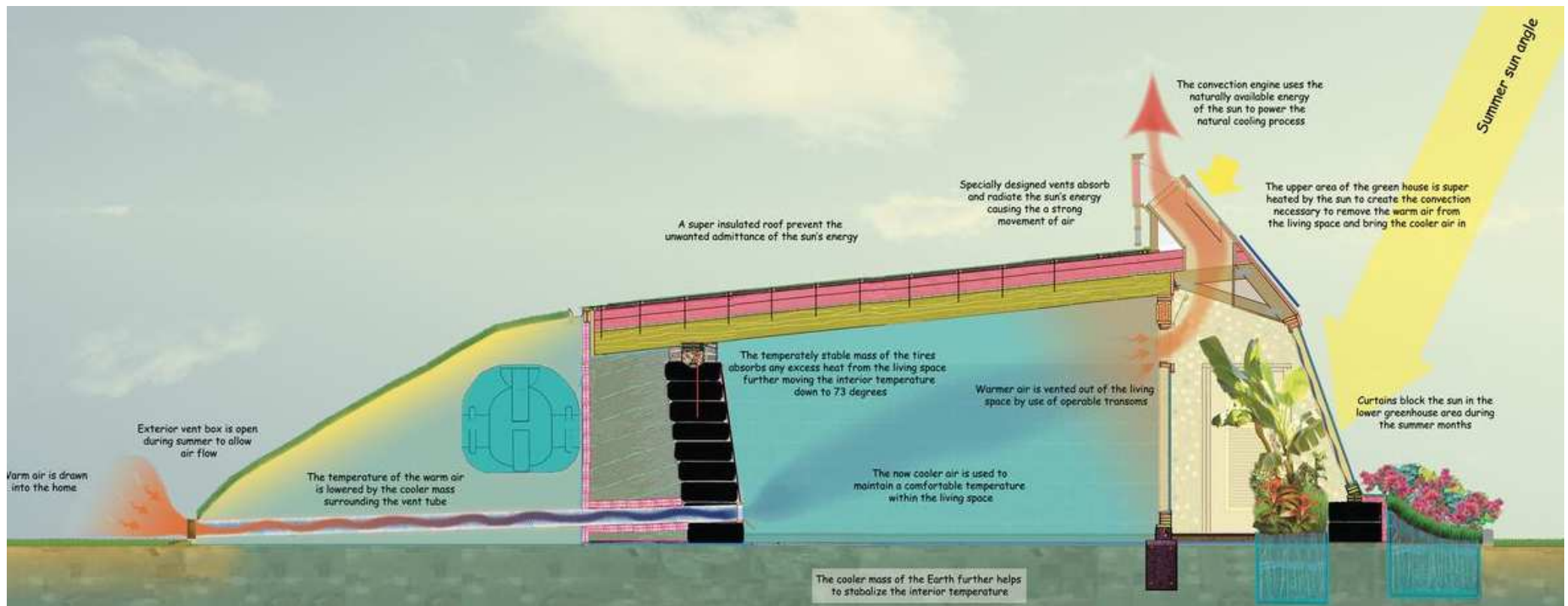


Autre exemple : CH2 à Melbourne City 25% de réduction d'énergie



Earthship

- utiliser les apports passifs du soleil et la masse thermique de la [terre](#) pour des performances thermiques et énergétiques naturellement efficaces
- employer un maximum de déchets (pneus, canettes, bouteilles) et de matériaux naturels, (bois, [terre](#), torchis)
- viser l'autonomie des habitants en énergie, en eau, en alimentation et pour les déchets




Autres inspirations

Plus récemment, deux architectures biomimétiques remarquables ont été édifiées à Singapour. L'Esplanade Theatre.


Il dispose d'une couverture inspirée par la peau des fruits du Durian, composée de panneaux d'aluminium qui filtrent la lumière naturelle et qui change de direction selon la position du soleil.

Réduction de 30 % l'énergie totale consommée dans le bâtiment et de 55 % l'utilisation de l'éclairage artificiel.





**Diminution de la consommation
énergétique:
mutualisation et récupération des
effluents**



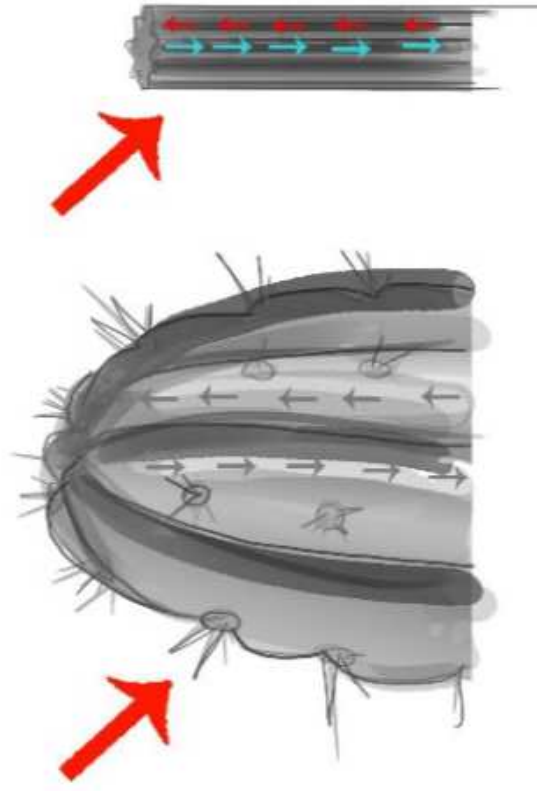
inspired buildings

Minister of Municipal Affairs and Agriculture Office (MMAA) in Qatar



Maximises volume for water storage

Fleated surface and needles create a sheltered area that in turn creates a microclimate



Cacti are exposed to a great deal of heat pressure in the desert. Their heat-reflecting capacity is low since their surface is greatly reduced so as to cut down on evaporation. Nature has solved the problem by equipping many cacti with cooling ribs. These shade the cactus's surface against the scorching sun and simultaneously improve heat radiation. The alternating planes of light and shade of the vertical cooling ribs of the torch produce rising and falling air currents, which improve heat radiation. And when the sun reaches its highest position, it hits the torch thistle from above, where it presents its smallest surface. A botanist discovered that torch thistles perish of burns when they are placed horizontally in the sun."

