Le confort d’été

Groupe d’échanges Bordeaux Métropole

Maëlys KERDRAON - 12/07/2018

Alec
AGENCE LOCALE DE L’ÉNERGIE ET DU CLIMAT
MÉTROPOLE BORDELAISE ET GIRONDE

Interventions

Les îlots de chaleur urbains
Olivier PAPIN – Bureau d'études E6

Les techniques pour rafraîchir un bâtiment sans apport extérieur
Julien COEURDEVEY – Bureau d'études 180 degrés ingénierie

La climatisation solaire
Maximilien ENDLER - Bureau d'études Tecsol Aquitaine
Lou SELPONI – SERM (Société d'Equipement de la Région de Montpellier)

ENERGY ENVIRONMENT
EFFICIENCY ECONOMY
ENGINEERING EXPERTS

Atelier Colin & Poli Paysages

Ilots de chaleur urbains

Retours d'expérience

E6 - 51, rue des Terres Neuves 33 130 BEGLES - Tél : 0556785650 - www.e6-consulting.fr - contact@e6-consulting.fr

ACPP – 2155 route de Bordeaux 33 127 Saint-Jean d'Illac - Tél : 0673603007 - contact@atelier-paysages.fr

L'équipe à la conception de l'outil

Olivier PAPIN

Ingénieur Énergie et Environnement
Consultant Carbone et en stratégie d'adaptation au changement climatique.
Directeur de l'Agence E6 du groupe Nepsen

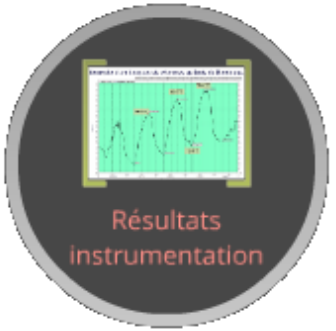
olivier.papin@e6-consultin. fr
06.08.58.52.68
51 rue des Terres Neuves
33130 BEGLES
www.e6-consultin. fr
oliviere6

Alexandre COLIN

Paysagiste Concepteur
Maîtrise d'oeuvre paysagère et consultant sur l'adaptation au changement climatique
Co-gérant de l'Atelier Colin et Poli Paysages

alexandre@atelier-paysages.fr
06.73.60.30.07
200 rue Marie Curie
33127 ST-JEAN D'ILLAC
www.atelier-paysages.fr
alexandre-acpp

La démarche de Bordeaux Métropole sur les ilots de chaleur et de fraicheur urbains



SCORE ICU

Proposer un outil pour les aménageurs du territoire pour prendre en compte la problématique ICU - IFU

- ✓ Traite la question des ICU afin de les réduire
- ✓ Donne un score entre 0 et 1
- ✓ Simple et rapide d'utilisation
- ✓ Facilite le dialogue avec les aménageurs
- ✓ Compare différents projets avec l'existant
- ✓ Permet d'orienter les choix d'aménagement

La Génèse de l'outil

BORDEAUX MÉTROPOLE

8 zones à enjeux
+ formations à l'outil

GRANDLYON la métropole

10 places publiques
+ formations à l'outil

BASTIDE NIEL

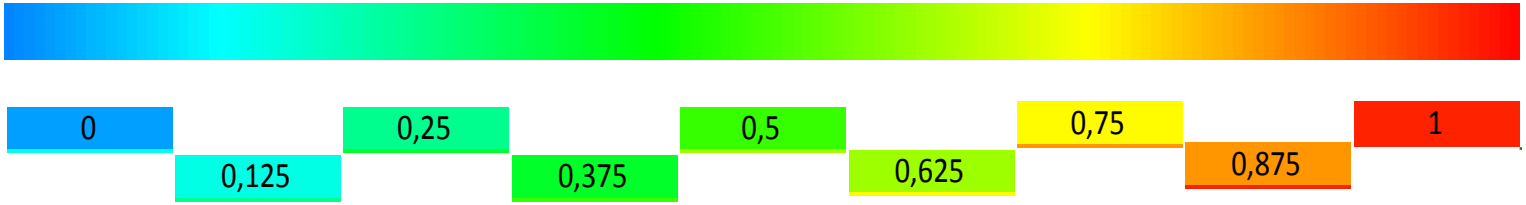
Etude d'une ZAC de 35 ha
à Bordeaux

MÉTROPOLE AIX MARSEILLE PROVENCE

Etude d'un quartier
de Miramas dans le cadre
d'une zone PNRU

Le Fonctionnement de l'outil

- On classe les températures selon 9 classes, des plus fraîches (IFU) aux plus chaudes (ICU)
- On « calibre » à partir d'éléments de la carte dont on sait que ce sont des points frais et des points chauds
- On définit une répartition des surfaces selon 9 tranches « relatives »



9 tranches de températures

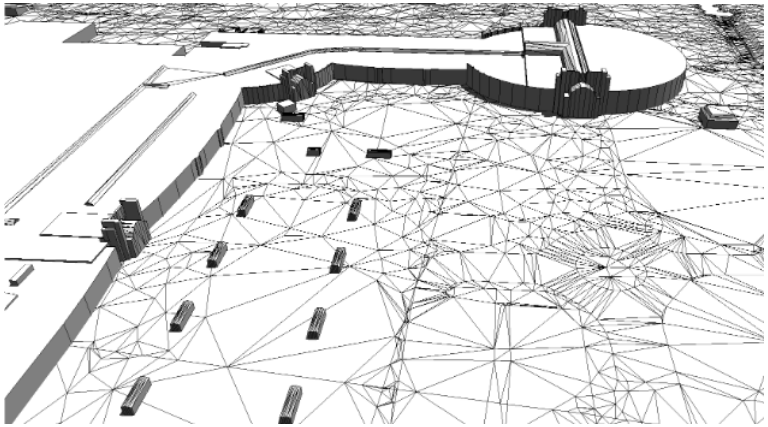
La base de données de l'outil

Exposition	1 #707fc0	2 #5aa5c6	3 #35eba0	4 #b1fc33	5 #ebf826	6 #fdd017	7 #f7981c	8 #fe611f	9 #fe1919
Soleil	. Cours d'eau	. Fontaine sur minéral clair . Ripisylve . Forêt	. Fontaine sur minéral clair . Arbre	. Fontaine sur minéral foncé . Massif haut . Prairie fleurie	. Gazon . Blanc . Massif Bas . Panneau PV	. Pavé clair . Calcaire . Terre nue . Béton clair . Jaune	. Béton pur . Gris . Bleu . Carrelage	. Pavé foncé . Béton foncé . Pierre granit . Brique . Vert	. Enrobé foncé . Rouge . Bois . Corps noir
Ombre Partielle	. Cours d'eau	. Ripisylve . Fontaine sur minéral clair	. Fontaine sur minéral foncé . Massif haut . Prairie fleurie . Arbre	. Gazon . Blanc . Massif bas	. Pavé clair . Calcaire . Terre nue . Béton clair . Jaune	. Béton pur . Gris . Bleu . Carrelage . Bois	. Pavé foncé . Béton foncé . Pierre granit . Brique . Vert	. Enrobé foncé . Rouge . Corps noir	
Ombre pleine	. Cours d'eau . Fontaine sur minéral clair . Ripisylve	. Fontaine sur minéral foncé . Massif haut . Arbre	. Massif bas . Blanc . Prairie fleurie	. Pavé clair . Calcaire . Terre nue . Béton clair . Jaune . Gazon	. Béton pur . Gris . Bleu . Carrelage . Bois	. Pavé foncé . Pierre granit . Béton foncé . Brique .Vert	. Enrobé foncé . Rouge . Corps noir		

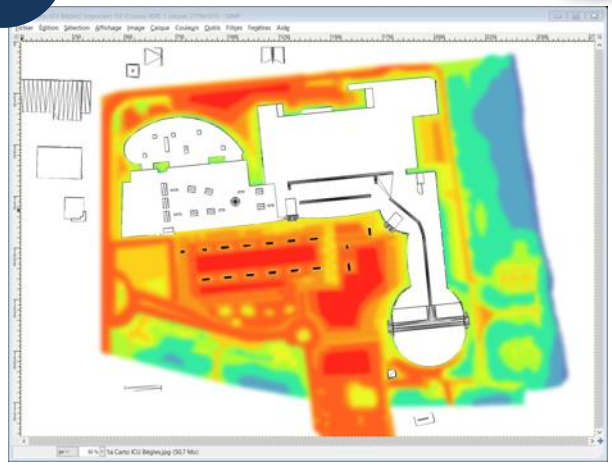
Cheminement de l'outil

Score ICU s'utilise en plusieurs étapes, via plusieurs logiciels, tous gratuits.

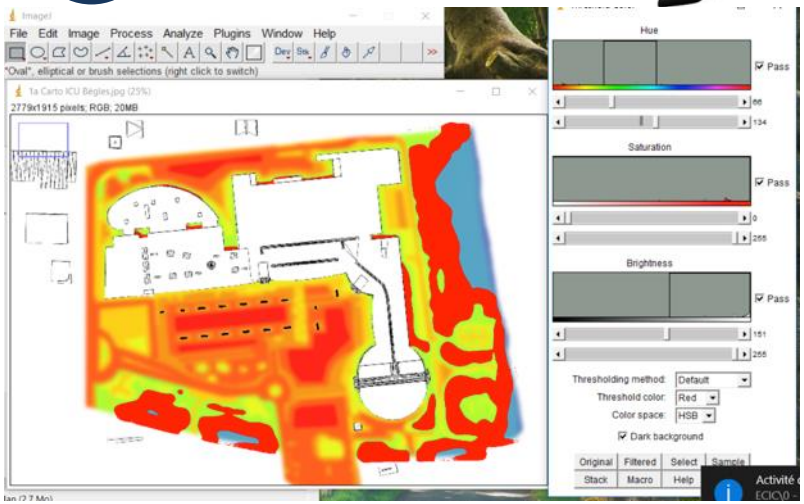
1 Obtenir les ombres portées sous Sketchup



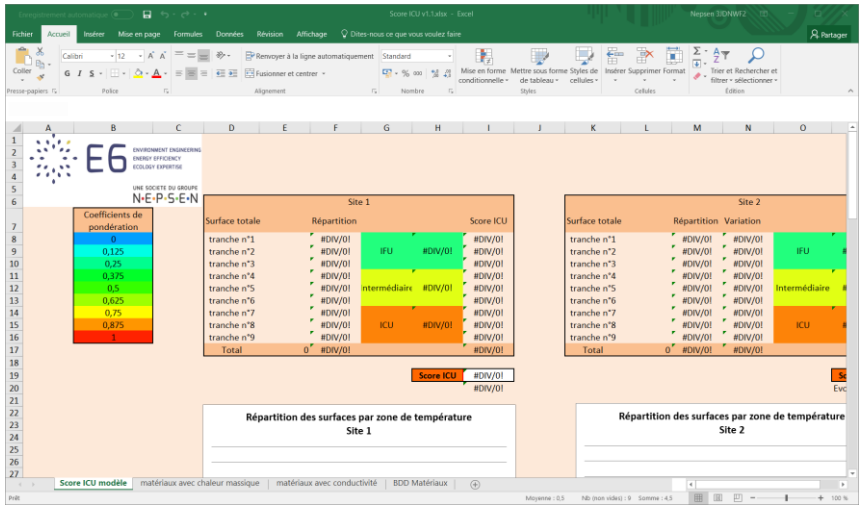
2 Dessiner sous Gimp



3 Calculer les surfaces avec Image J



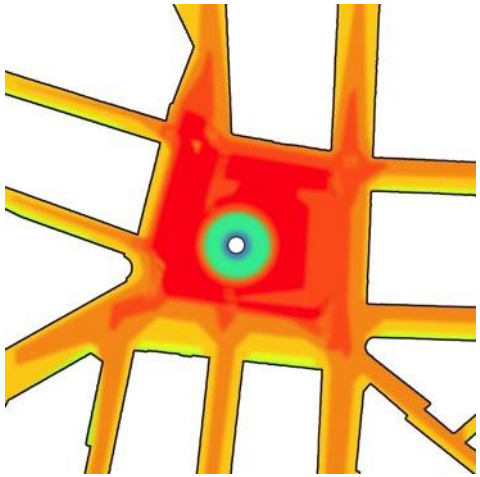
4 Importer les résultats sous score ICU

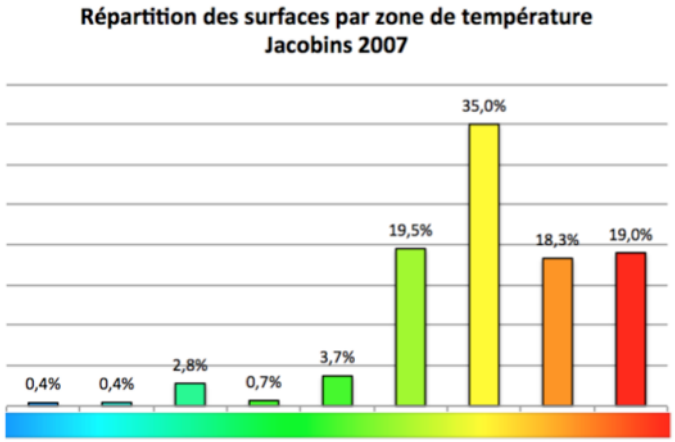


Utilisation de l'outil

Exemple de l'aménagement de la place des Jacobins à Lyon

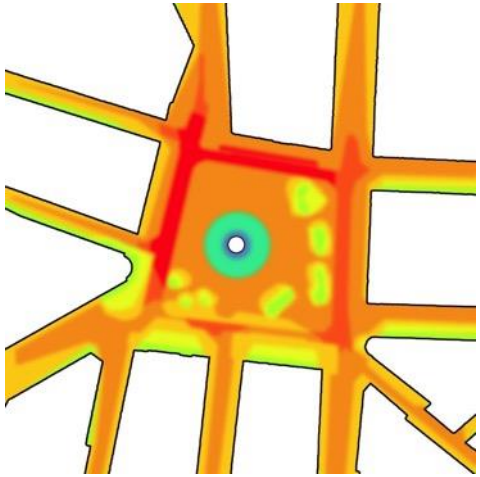
Etat initia

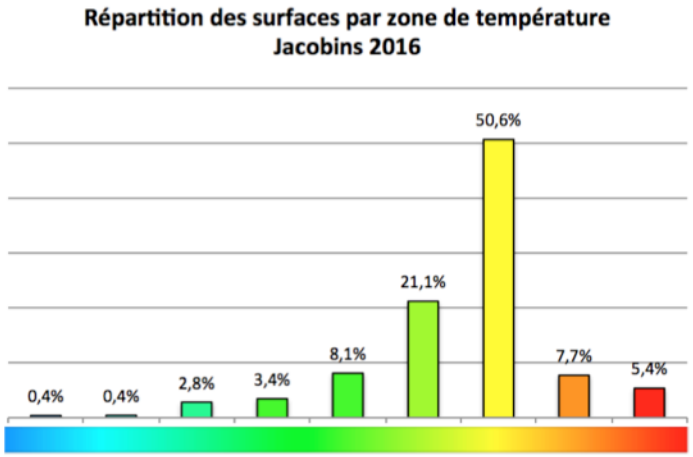




SCORE ICU : **0,764** (TRANCHE N°7)

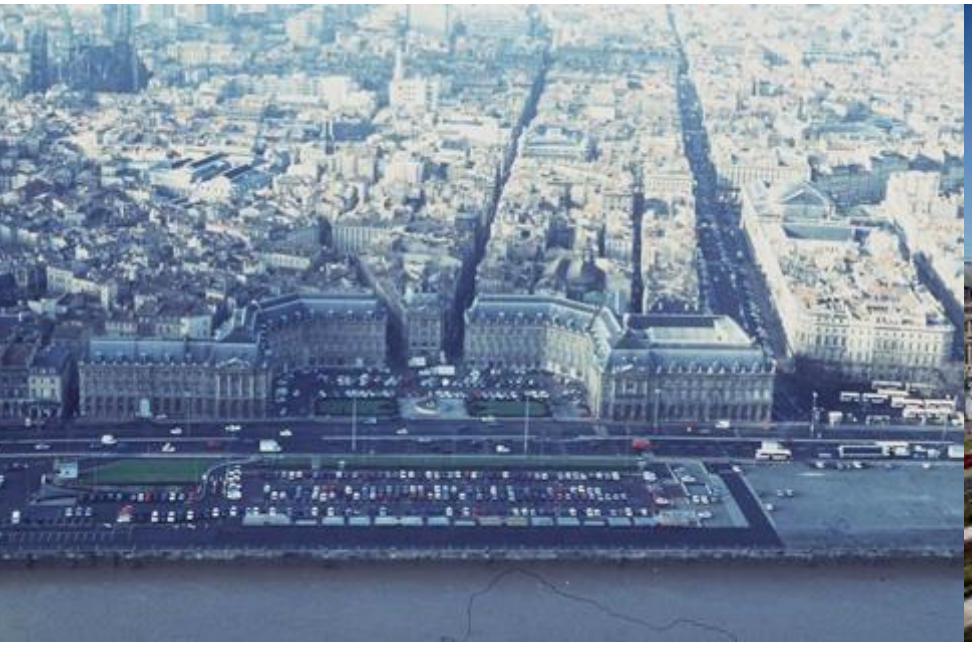
Projet





SCORE ICU : **0,693** (TRANCHE N°6)

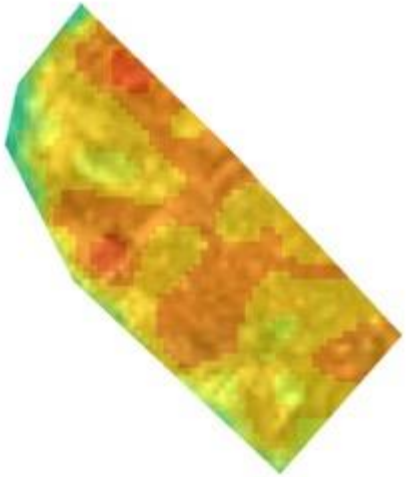
Les quais de bordeaux



Nous avons pris en compte tous les quais, y compris la rive droite, très fraiche
En bordure de Garonne le site est déjà un IFU du territoire qui a été renforcé

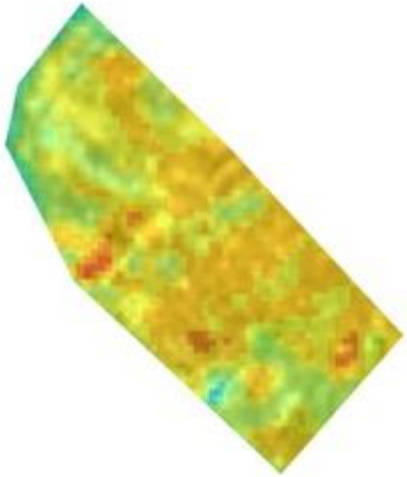
Avant	Après
0,48	0,40

Cœur de bastide



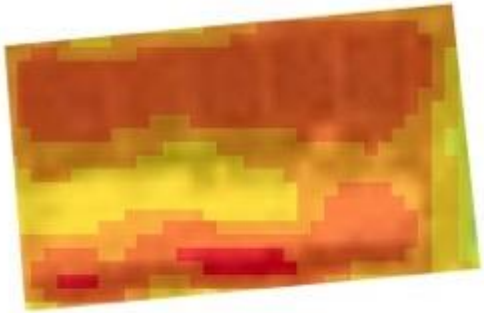
Quartier en réhabilitation
ı de logements avec larges espaces végétalisés et jar
botanique

	Avant	Après
Score ICU	0,64	0,52

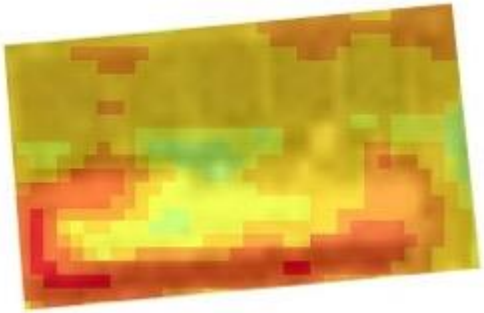


Parc des expositions

Couverture du parking par du photovoltaïque, protégeant le bitume foncé du soleil

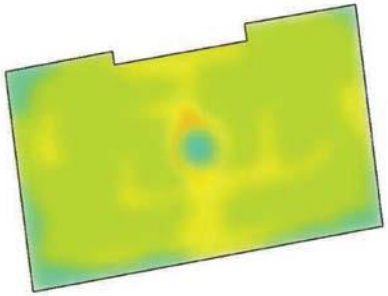


	Avant	Après
Score ICU	0,79	0,67

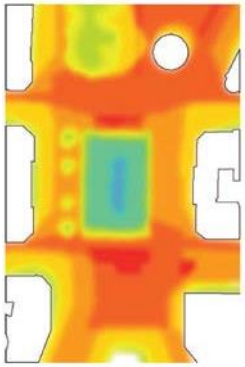


Comparatifs suite à l'utilisation de l'outil

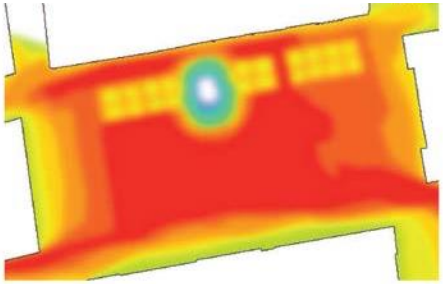
Jardin St Pierre
0,4



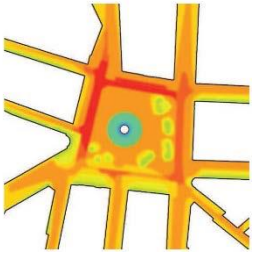
République
Jacobins
0,7

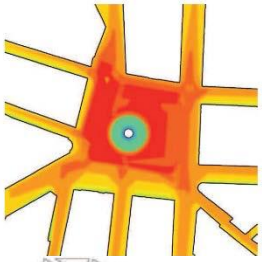


Terreaux
0,8

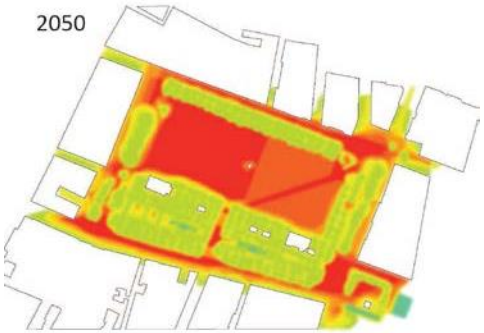


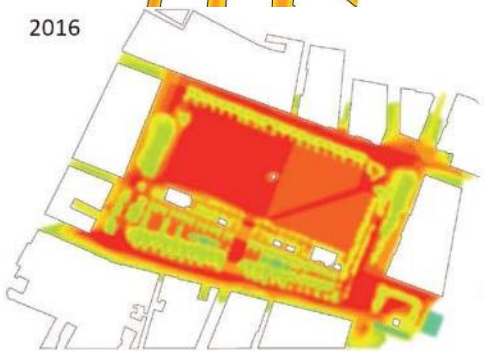
Bellecour
Jacobins 2007
0,75





Bellecour 2050
0,66

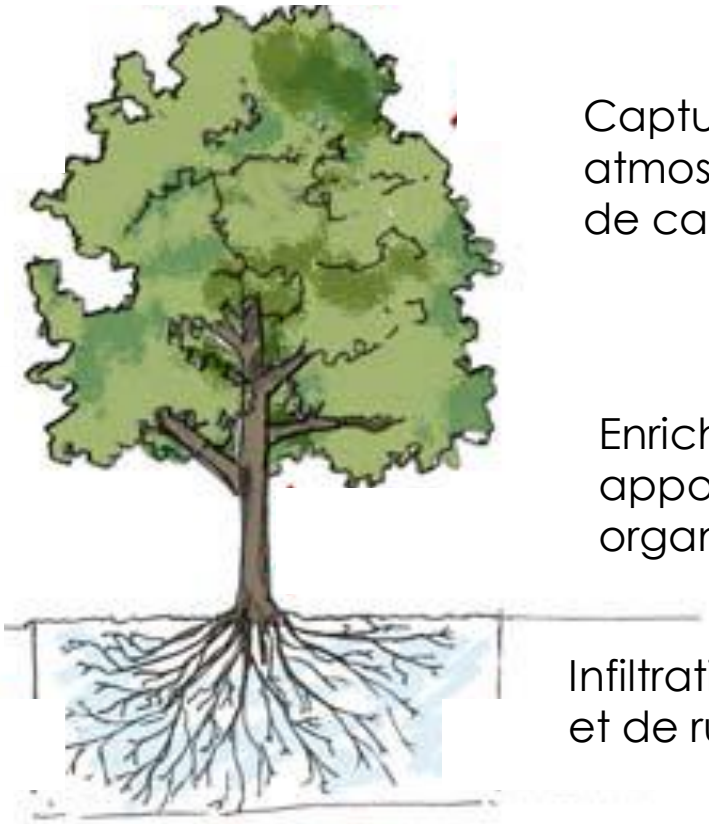




Les rôles de l'Arbre en milieu urbain sont multiples

Qualité de l'air (production d'oxygène, piégeage des particules)

Humidification de l'air par évapotranspiration



Capture du CO_2 atmosphérique et stockage de carbone

Effets sur la santé physique et psychologique

Meilleur cadre de vie et valorisation immobilière

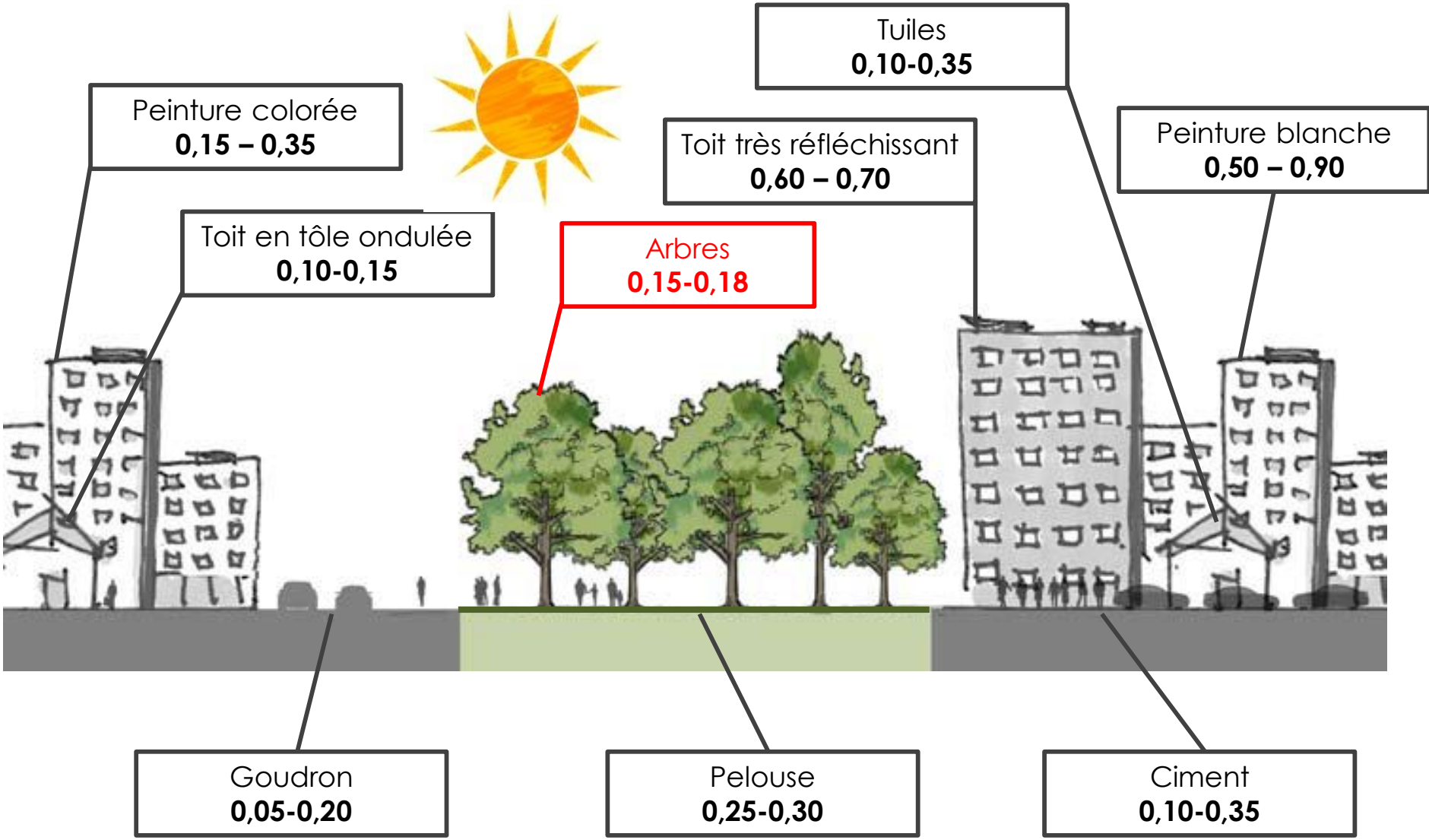
Enrichissement des sols par apports de matière organique

Développement de la biodiversité en ville

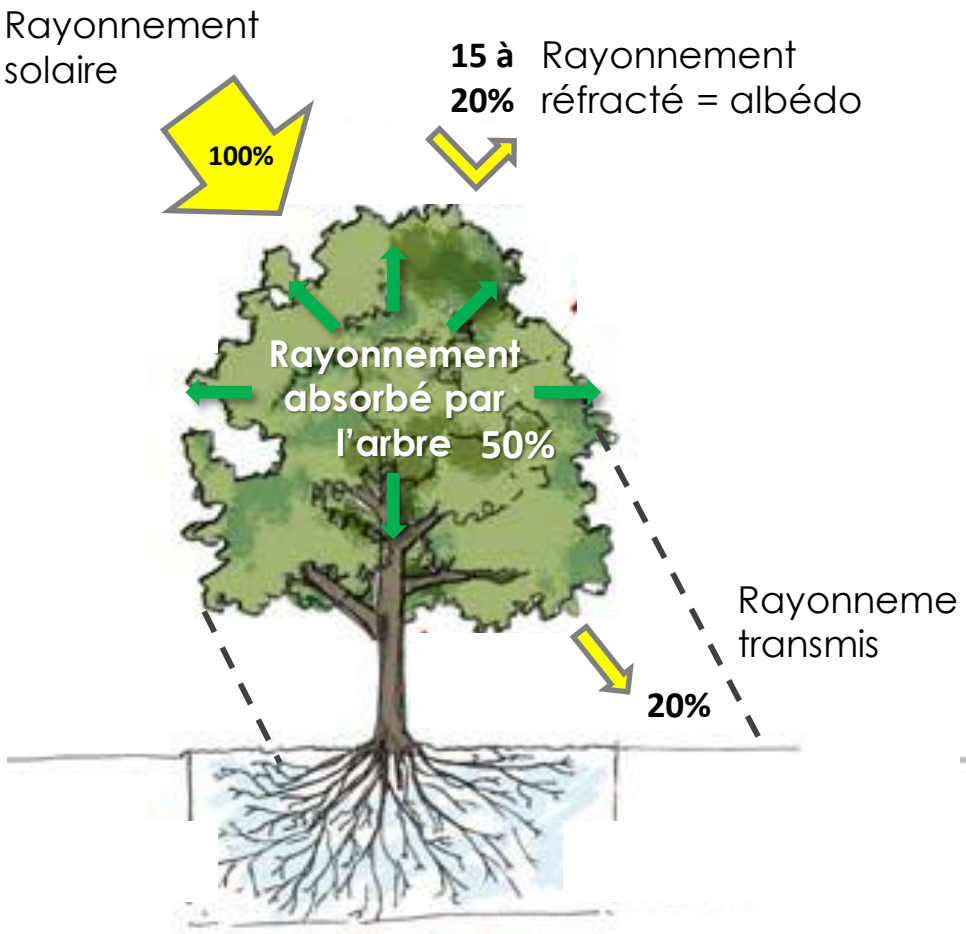
Infiltration des eaux de pluie et de ruissellement

Utilisation de la matière (bois énergie, bois d'œuvre, mulching, bois mort, support artistique)

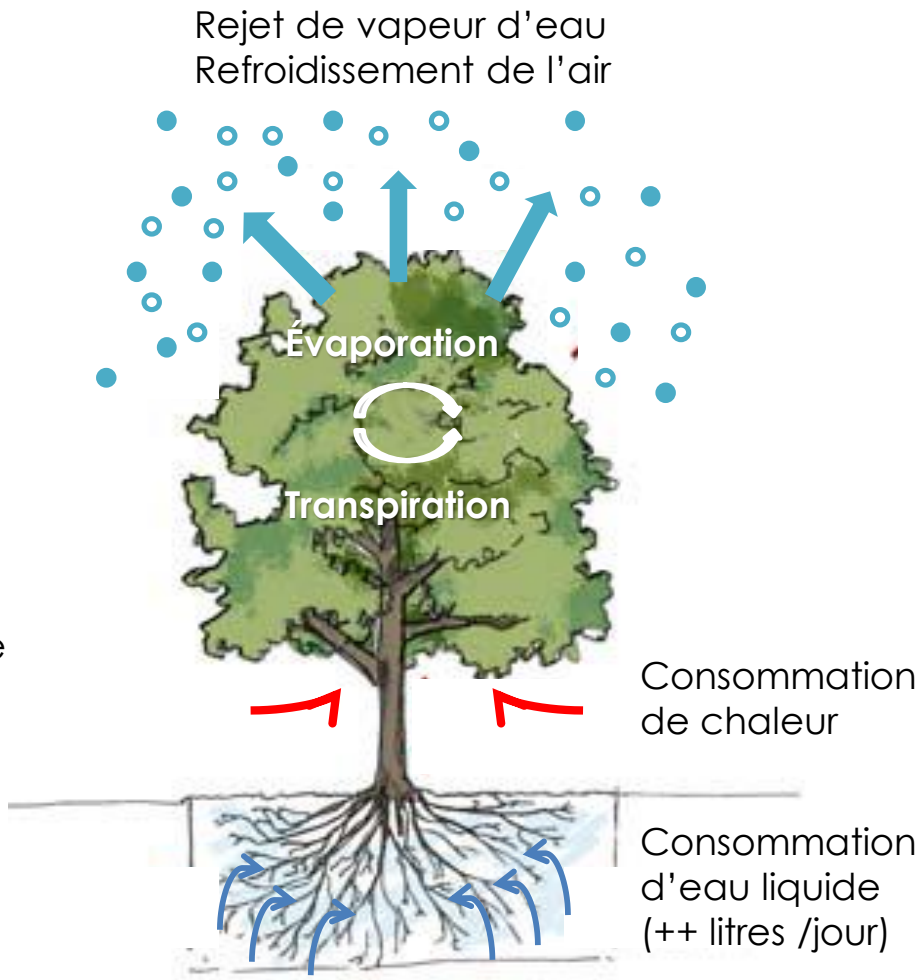
Les îlots de Chaleur Urbains – L'albédo



L'arbre un moyen particulièrement efficace contre les ICU



1er moyen = l'ombre

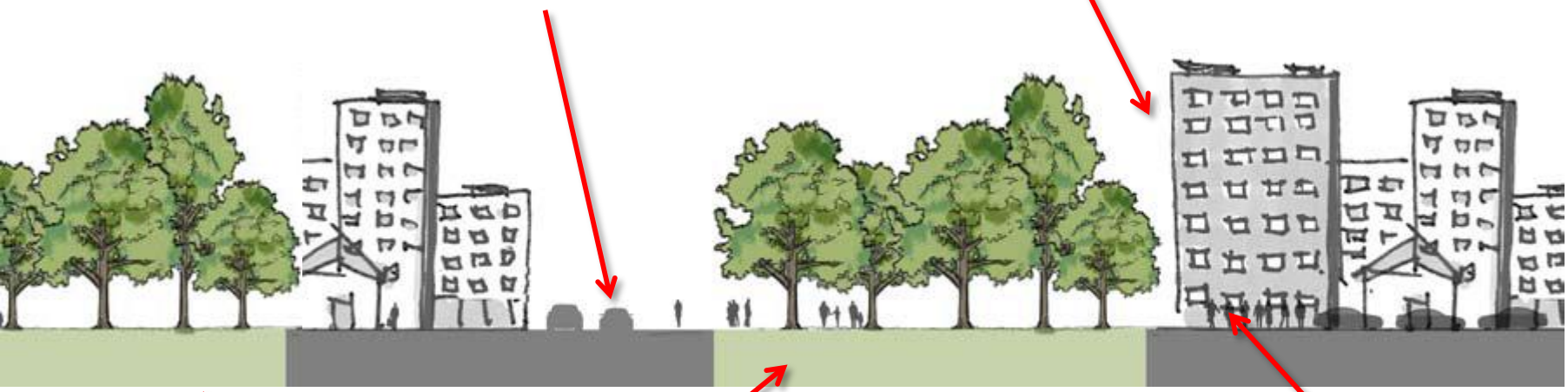


2nd moyen = l'évapotranspiration

Les contraintes de l'arbre en ville

Des pollutions de l'air et lumineuses

Un climat spécifique à la ville



Des milieux coupés des autres écosystèmes

Des sols peu propices au développement de l'arbre

Une population parfois hostile à l'arbre

L'outil Arbo Climat

Objectif de l'outil
fournir aux collectivités une image du stockage actuel et des possibilités de stockage futures dans une vision prospective du boisement des villes des Hauts de France

→ Reprise d'espaces urbanisés à ce jour

La philosophie de l'outil
Proposer une évaluation du stockage de carbone selon plusieurs scénarios mais ne pas occulter d'autres enjeux (biodiversité, pollutions, nuisances)

Les cibles
- Les élus
- Les techniciens en espaces vert
- Les chefs de projet PCET

Présentation générale de l’outil

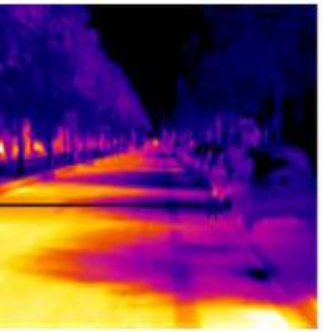
3 à 4 étapes possibles

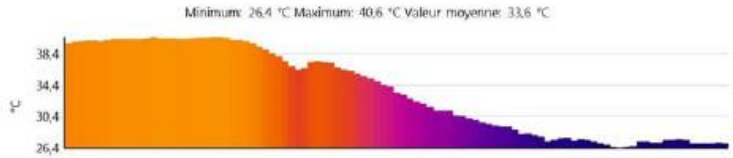
Simulation simplifiée	Ordre de grandeur
Sélection des essences	Comparaisons entre les essences
Simulation avancée	Résultat affiné
Consolidation	Résultat consolidé en ordre de grandeur ou affiné

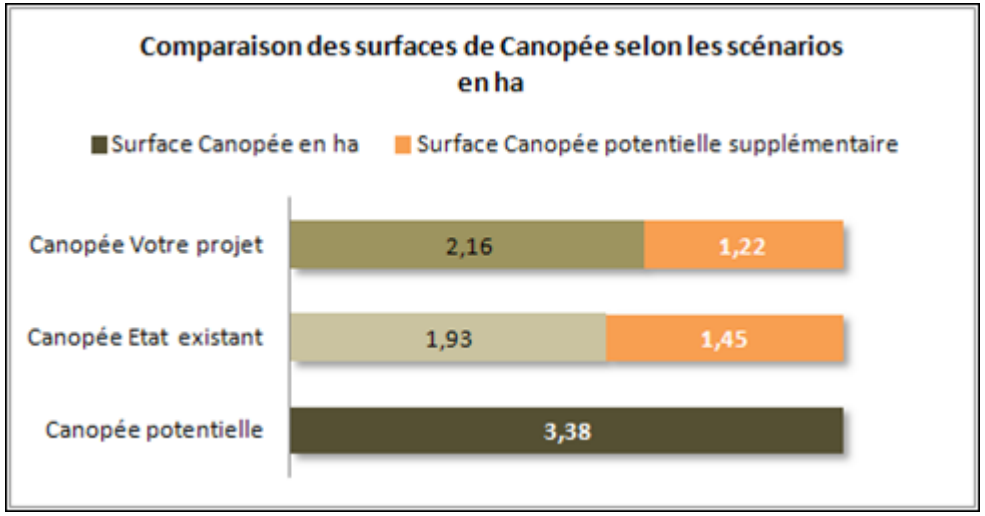
Les différents usages d’Arbo Climat

- Évaluer le stock de carbone de la collectivité
- Réaliser des simulations de projets de plantation ambitieux et leur impact
- Identifier les impacts de la valorisation du bois
- Évaluer le déstockage de carbone lors de la perte d’arbres urbains ou lors d’une coupe pour urbaniser un espace précédemment boisé

Exemple de simulation simplifiée du boulevard Hoover à Lille



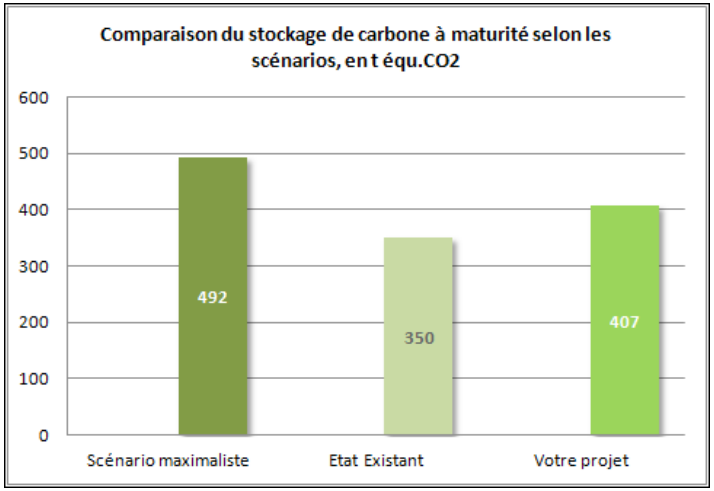




	Stock de carbone à maturité en t équ.CO2
Scénario maximaliste	1 251
Etat Existant	494
Votre projet	552

L'outil permet de connaître le stockage de carbone à maturité des arbres en place et de simuler l'augmentation de ce stockage par la plantation de nouveaux arbres

Exemple de simulation avancée de la rue du Lac à Grande Synthe

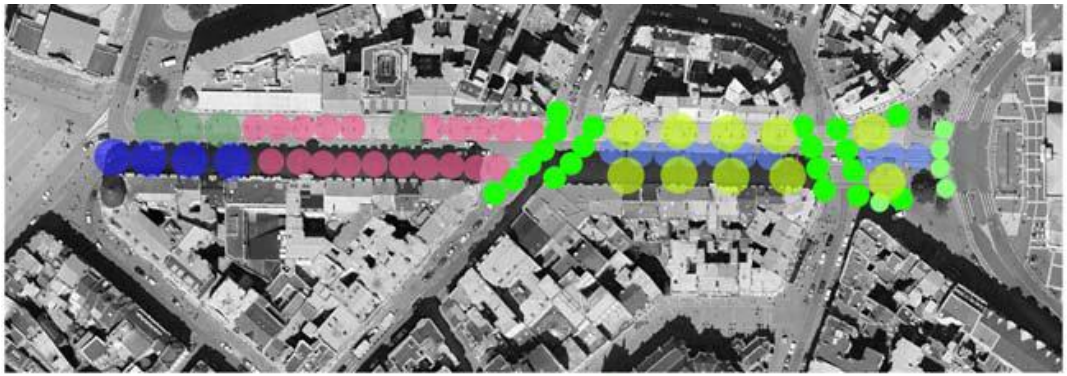


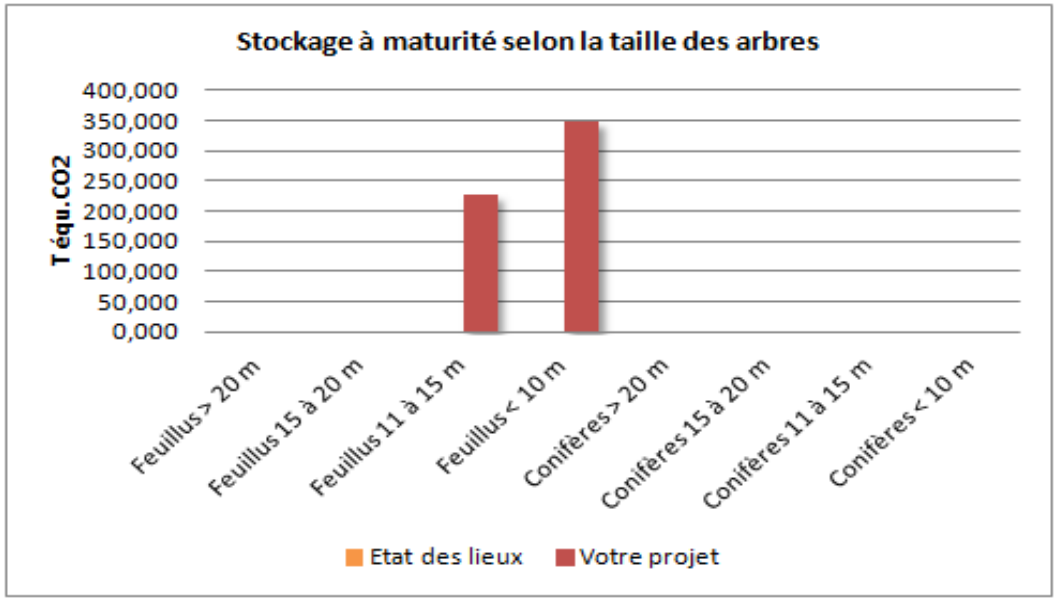
	Nombre d'arbres
Scénario maximaliste	70
Etat Existant	63
Votre projet	70

Ici la plantation de 7 platanes supplémentaires représenterait à maturité un stockage de carbone de 57 teCO_2

Exemple de scénario prospectif

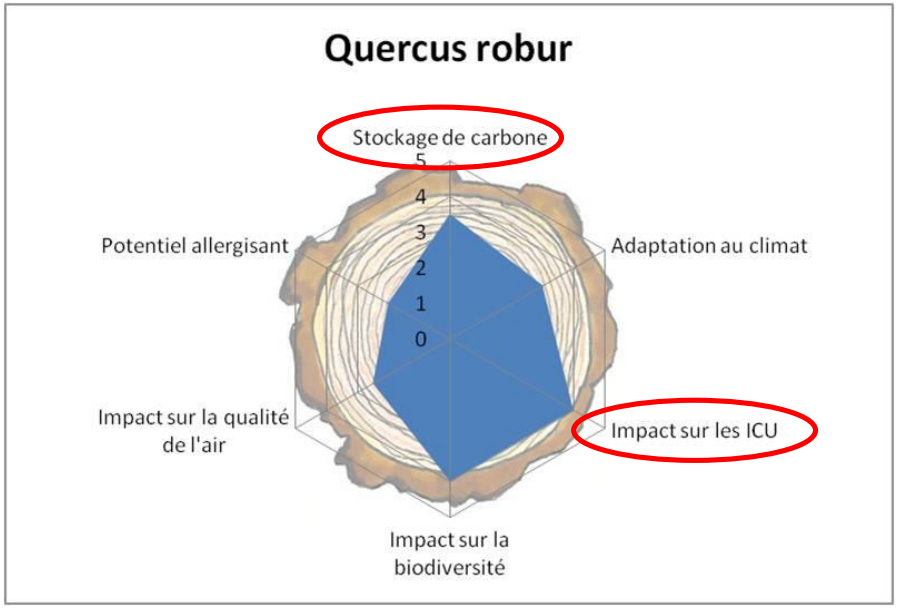
Le principal objectif de l'outil est de réaliser des simulations prospectives de plantation pour estimer l'impact potentiel sur l'atténuation

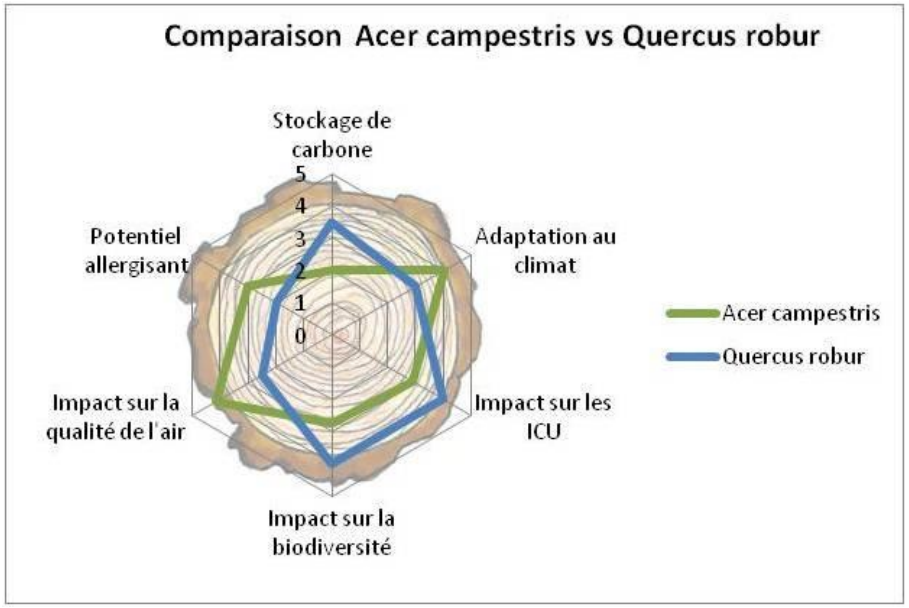




Environ 1000 teCO2 (600 pour le stockage et 400 pour la fin de vie)

Le choix des essences





L'outil propose d'autre part une aide au choix des essences intégrant d'autres critères :

- Adaptation au climat
- Impact sur la biodiversité
- Impact sur la qualité de l'air
- Potentiel allergisant

ainsi que la possibilité de comparer les essences entre elles

Olivier PAPIN

E6 Consulting

olivier@e6-consulting.fr
06 08 58 52 68

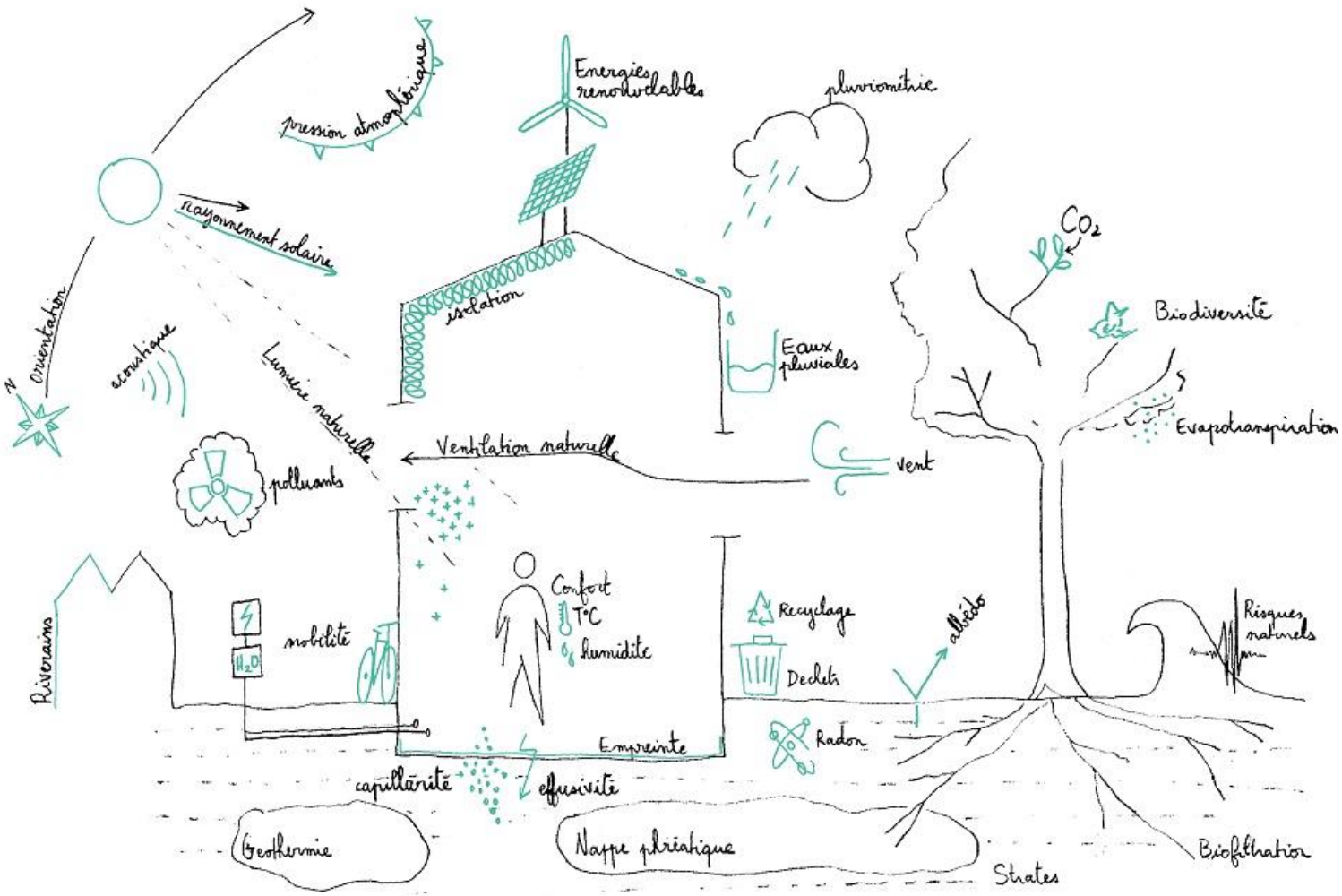
Alexandre COLIN

ACPP

alexandre@atelier-paysages.fr
06 73 60 30 07

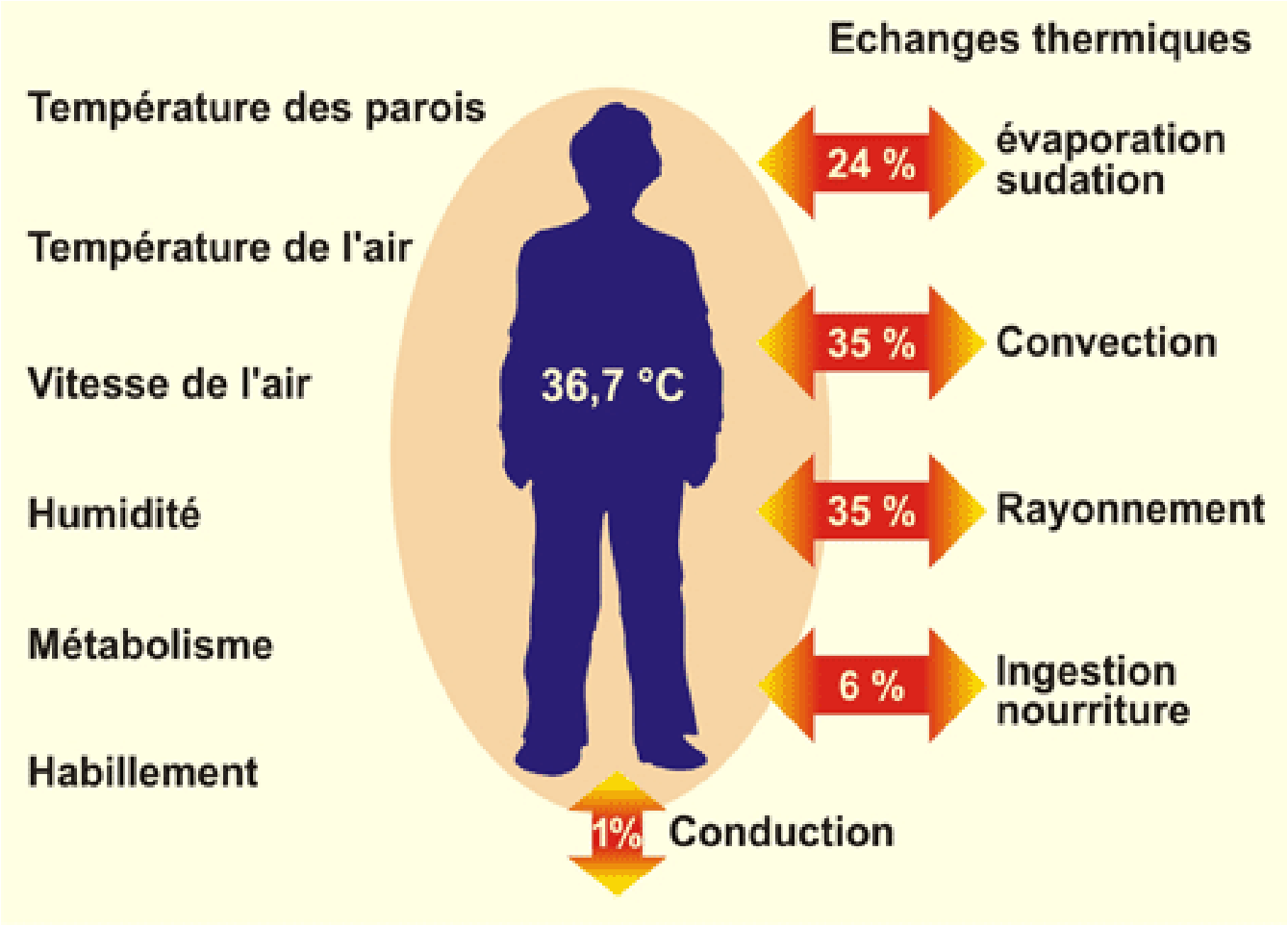
LE CONFORT D'ETE

Principes et retours d'expérience



LE CONFORT THERMIQUE

Les **6** critères
du confort thermique

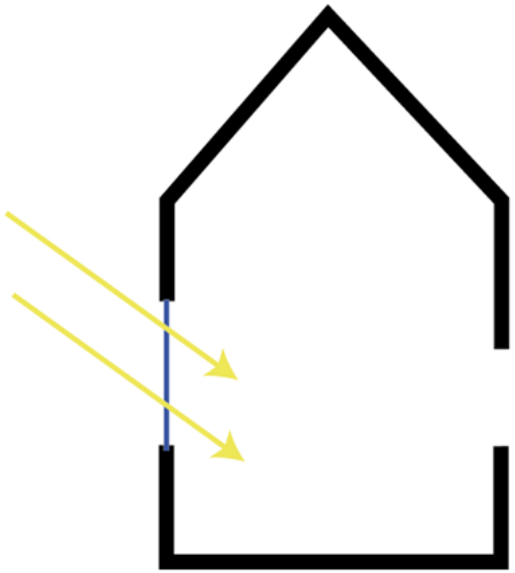


Les **5** modes
de transfert thermique

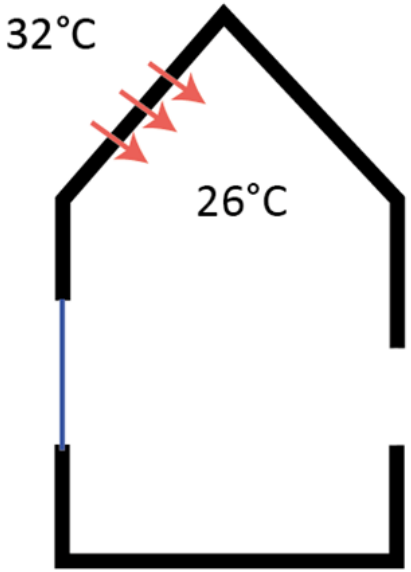
LES APPORTS

Apports externes
Apports internes

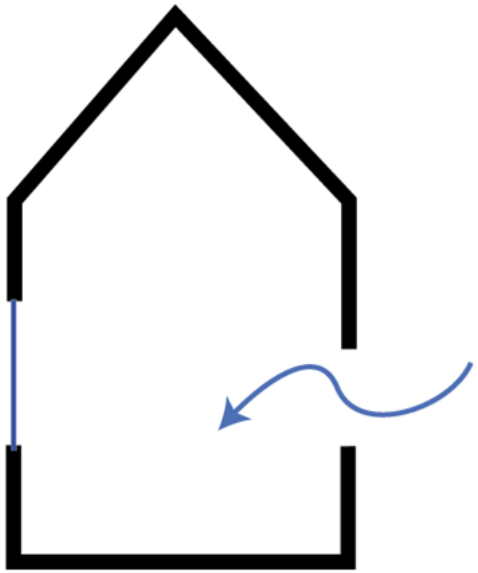
LES APPORTS Les apports externes



Apports solaires



Transmissions parois



Infiltration, entrées d'air

LES APPORTS Les apports internes

Au repos :
120 W

En activité :
270 W

Occupants

Poste info :
150 W

Imprimante laser :
200 W

Machines

10 W/m²

Eclairage

UNE ENVELOPPE TROP EFFICACE

UNE ENVELOPPE TROP EFFICACE

Très faible transmission par les parois

Très bonne étanchéité à l'air

Un effet thermos

LIMITER LES APPORTS

Parois vitrées

Parois opaques

GERER LES APPORTS

Stocker l'énergie

Evacuer l'énergie

LIMITER LES APPORTS

Parois vitrées

Parois opaques

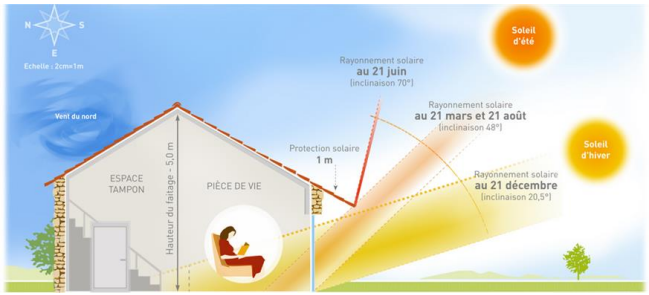
GERER LES APPORTS

Stocker l'énergie

Evacuer l'énergie

LIMITER LES APPORTS Parois vitrées

Casquettes



Surfaces de vitrages raisonnables

Choix des orientations

Dispositifs de protection

Brise-soleils

Toile

LIMITER LES APPORTS

Parois vitrées

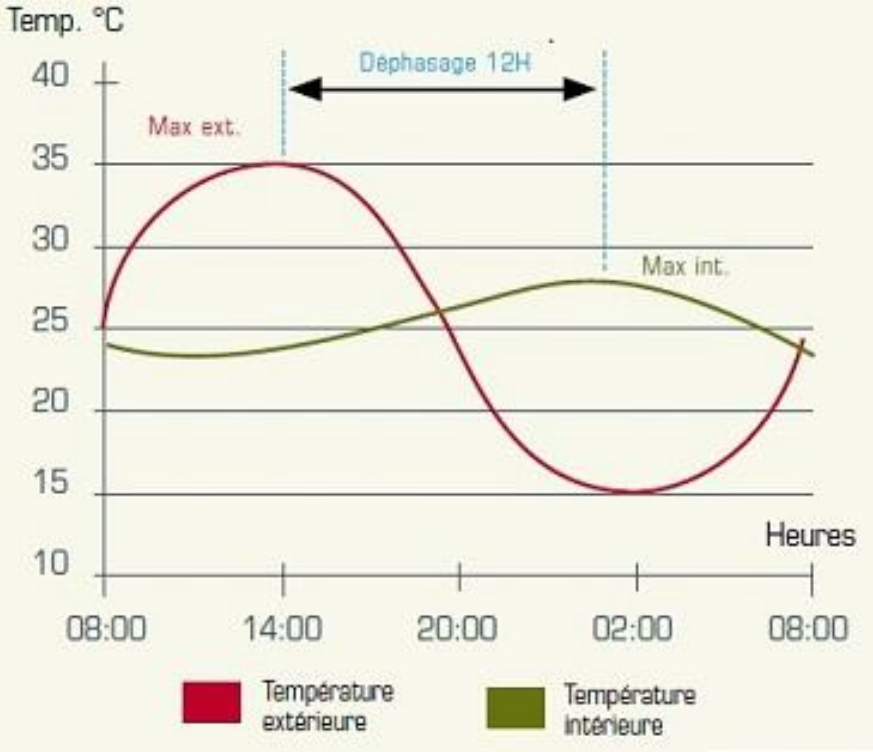
Parois opaques

GERER LES APPORTS

Stocker l'énergie

Evacuer l'énergie

LIMITER LES APPORTS Parois opaques



Choix des isolants :
Déphasage et Amortissement

Matériaux	Paille	Chènevotte	Ouate de cellulose	Laine de roche	Laine de verre
λ (W/m.K)	0.052	0.048	0.040	0.036	0.032
ρ (kg/m³)	110	100	45	50	28
Cp (J/kg.K)	1800	1950	1800	1030	1030
Épaisseur (cm)	36	34	28	24	23
Déphasage (h)	10.2	9.9	4.8	3.4	2.1
Amortissement	4%	4%	35%	55%	79%

temps de transmission de l'onde

flux de chaleur qui a pénétré jusqu'à l'intérieur

LIMITER LES APPORTS

Parois vitrées

Parois opaques

GERER LES APPORTS

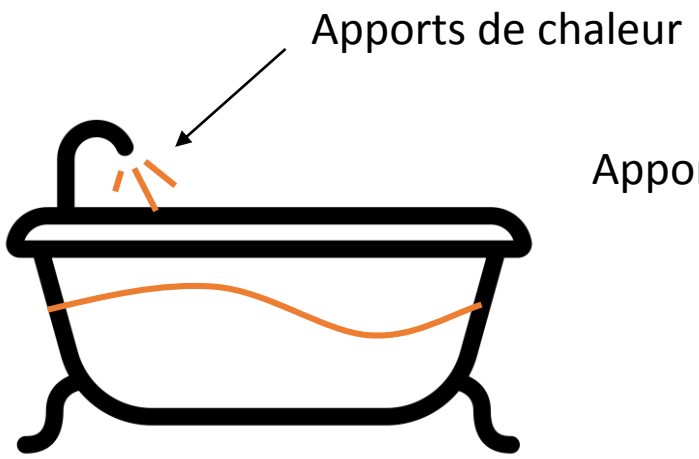
Stocker l'énergie

Evacuer l'énergie

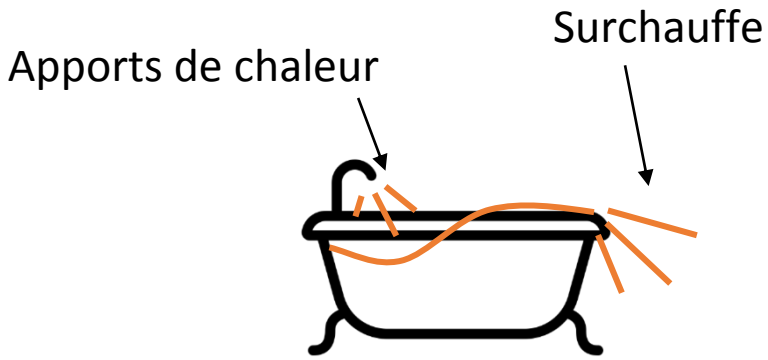
GERER LES APPORTS Stocker l'énergie

L'inertie :
Capacité des matériaux à stocker de l'énergie pour éviter les surchauffes

Les matériaux à forte inertie :
La terre (crue, cuite), la pierre, le béton (de ciment, de site, de chaux), …
R&D : Matériaux à Changement de Phase



La baignoire est grande **(forte inertie)**, malgré les apports de chaleur, elle ne déborde pas **(pas de surchauffe)**



La baignoire est petite **(faible inertie)**, avec les apports de chaleur, elle déborde **(surchauffe)**

LIMITER LES APPORTS

Parois vitrées

Parois opaques

GERER LES APPORTS

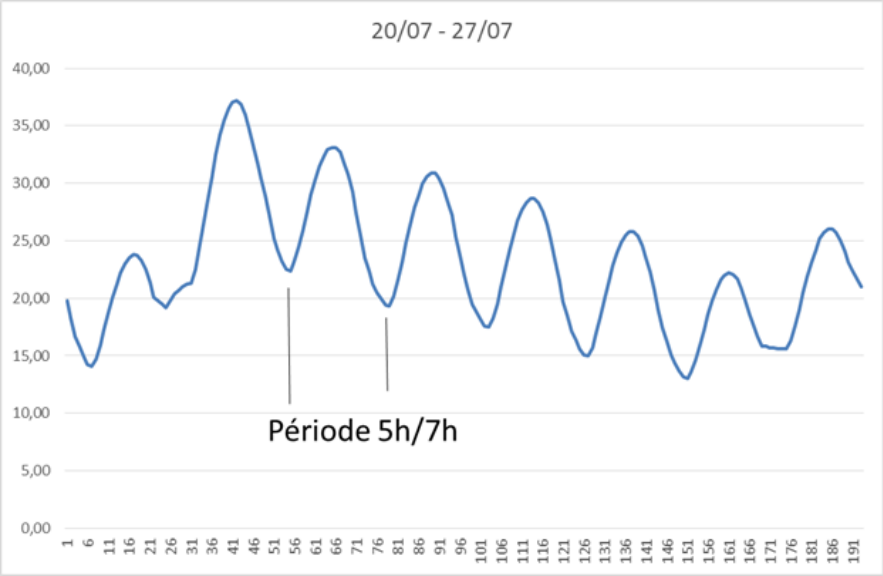
Stocker l'énergie

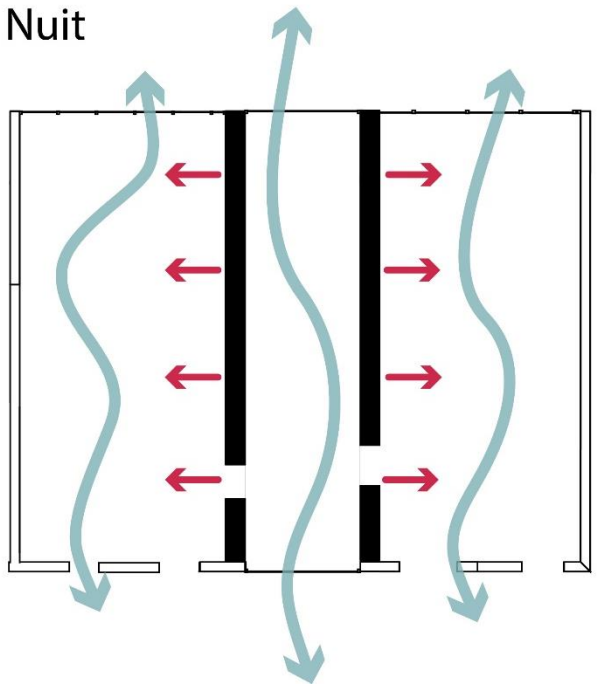
Evacuer l'énergie

Ventilation naturelle nocturne :

L'énergie accumulée pendant la journée doit ensuite être évacuer via une ventilation efficace.

L'air frais de la nuit permet de déstocker le bâtiment.





Ventilation traversante ou **mono-orientée**

ET SI ÇA NE SUFFIT PAS ?

LA CLIMATISATION Pourquoi l'éviter ?

Les fluides frigorigènes :

GWP_{100} (Global Warming Potential for 100 years)

CO2 : GWP_{100} = **1**

R134a (fluide frigorigène courant) : GWP_{100} = **1430**

LA CLIMATISATION Pourquoi l'éviter ?

Secteur	Type	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Tertiaire	"DRV"	9	10	85
Commerce	"rooftop"	26	5	26
Tertiaire	"armoire"	5	6	85
Tertiaire	**Tout équipement confondu**	**9**	**9**	**36**

Climatisations à air

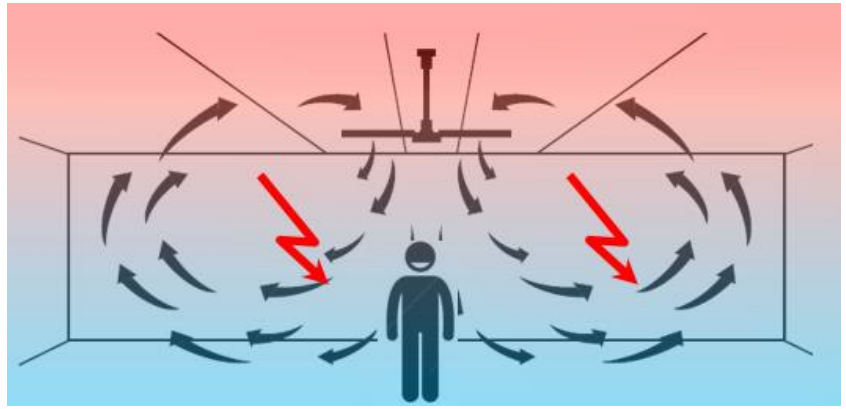
Secteur	Type de chiller à compresseur	Puissance de l'équipement	ratio de charge (kg de fluide / m²)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Tertiaire	volumétrique	P<50kW	0,3	10	30
Tertiaire	volumétrique	50<P<350kW	0,3	5	30
Tertiaire	volumétrique	P>350kW	0,2	5	30
Tertiaire	centrifuge	-	0,3	4	20

Climatisations à eau glacée

Source : Ademe

LES BRASSEURS D'AIR Une solution efficace

Avec une vitesse d'air de **1** à **1.6** m/s la température ressentie descend de **3 à 4**°C !



Vitesse de l'air [m/s]	Refroidissement équivalent [°C]
0,1	0
0,3	1
0,7	2
1,0	3
1,6	4
2,2	5
3,0	6
4,5	7
6,5	8

Valeurs extraites du Guide pratique de ventilation - Woods, valables pour des conditions moyennes d'humidité et d'habillement, en conditions estivales

PROJETS

HABITAT PARTICIPATIF – LA RUCHE

INTERNAT DES APPRENTIS

HABITAT PARTICIPATIF – LA RUCHE

INTERNAT DES APPRENTIS

Groupe d'échanges Bordeaux Métropole
LE CONFORT D'ETE

12 juillet 2018

HABITAT PARTICIPATIF – LA RUCHE – Dauphins Architecture

HABITAT PARTICIPATIF – LA RUCHE – Dauphins Architecture

Protections solaires

Déphasage

Inertie

Ventilation traversante

Retour des habitants :

On ne dépasse jamais les 26 °C !

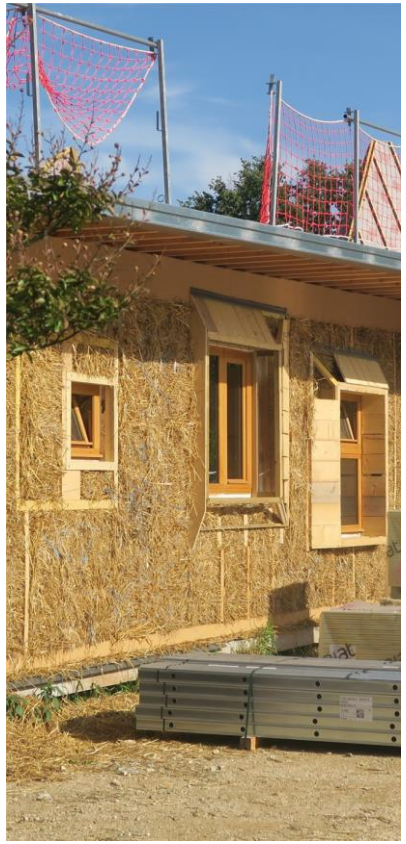
HABITAT PARTICIPATIF – LA RUCHE

INTERNAT DES APPRENTIS

INTERNAT DES APPRENTIS - Dauphins Architecture

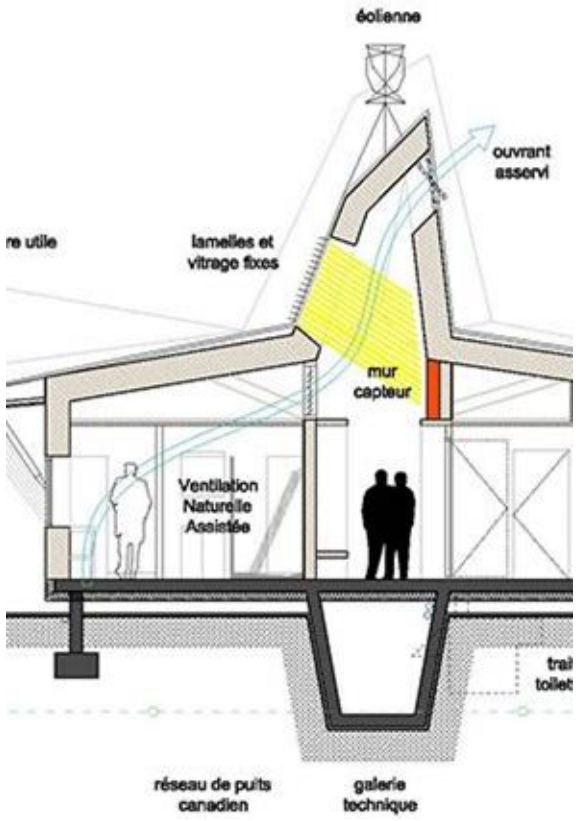
INTERNAT DES APPRENTIS - Dauphins Architecture

Protections solaires



Déphasage

Inertie



Ventilation traversante

INTERNAT DES APPRENTIS - Dauphins Architecture

Résultat de STD :

Zone	Nombre d'heures au-dessus de 28°C	Pourcentage du temps d'occupation où T°(opérative) > 28°C
Chambres - Zone 1	0h	0%
Salle de travail – Zone 2	0h	0%
Chambres – Zone 3	0h	0%
Chambres - Zone 4	0h	0%
Foyer – Zone 5	0h	0%
Chambre Surveillant - Zone 6	0h	0%
Chambres – Zone 7	0h	0%

Zone	Nombre d'heures au-dessus de ...		Pourcentage du temps d'occupation où T°(opérative) > ...	
	27 °C	**26 °C**	**27 °C**	**26 °C**
Chambres - Zone 1	19h	87h	0,36%	1,64%
Salle de travail – Zone 2	6h	45h	0,11%	0,85%
Chambres – Zone 3	24h	99h	0,45%	1,86%
Chambres - Zone 4	0h	11h	0%	0,21%
Foyer – Zone 5	6h	17h	0,11%	0,32%
Chambre Surveillant - Zone 6	0h	5h	0%	0,09%
Chambres – Zone 7	0h	12h	0%	0,23%

Remarque :

Dans ce projet, le confort d'été est renforcé par la présence d'un puits climatique

FIN

Questions ?

Le groupe SERM/SA3M

Un acteur engagé de la transition énergétique

ALEC Bordeaux le 12 juillet 2018

Montpellier: une Métropole dynamique

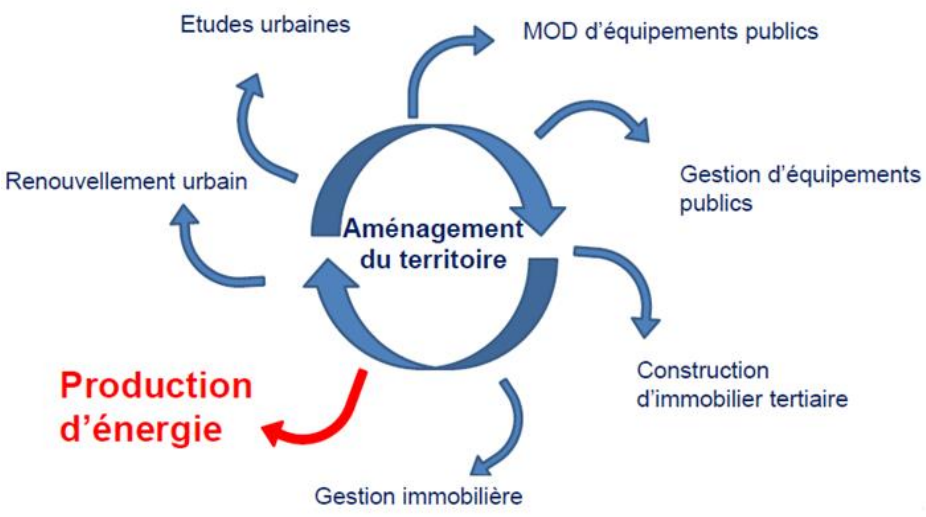
Une forte croissance démographique avec 5000 nouveaux habitants par an

Un développement urbain depuis 30 ans pour répondre aux besoins de logements et au développement économique

Le groupe SERM / SA3M

Un outil efficace au service des collectivités locales pour assurer le développement de Montpellier

SA3M ← GIE SERM-SA3M → SERM



Les outils pour développer les énergies renouvelables

. Une équipe dédiée de 15 personnes
. CA 2017 consolidé de 20 M €
. Leader de la production d'énergie et des EnR sur la Métropole

SERM

SAS créée pour développer les énergies renouvelables en région

ENERGIES DU SUD

Sociétés de projet

- **SAS HELIOTAM** TAM
- **SAS SPMM** Aéroport Montpellier
- **SAS SPAC** Aéroport Carcassonne

RÉSEAU MONTPELLIÉRAIN DE CHALEUR ET DE FROID

SOURCE DE CONFORT DURABLE

Délégation de service public sur la commune de Montpellier

Des références sur une large palette d'énergies renouvelables et de procédés innovants

Bois forestier
25 000 tonnes / an

Biogaz de déchets enfouis
5 000 m3 de biogaz / an

Récupération de chaleur
7 000 MWh / an

Eolien
150 000 MWh électrique / an

Bois propre de récupération
7 000 tonnes / an

Biogaz de méthanisation de déchets
18 000 m3 de biogaz / an

Géothermie
3 600 MWh / an

Climatisation et eau chaude solaire
120 MWh / an

Granulé de bois
4 000 tonnes / an

Solaire photovoltaïque
23 000 MWh electrique / an

Cogénération

Géothermie sur sondes

Absorption

Thermofrigopompe

Chaudière bois

Trigénération

Photovoltaïque

Méthanisation

Climatisation solaire

Géothermie sur nappe

Un réseau urbain en extension sur le territoire de la Ville

Chaufferie bois de la Motte Rouge

3e réseau urbain français de chaleur et de froid

Trigénération au gaz du Polygone

Centrale bois/gaz d'Antigone

Chaufferie bois Joffre

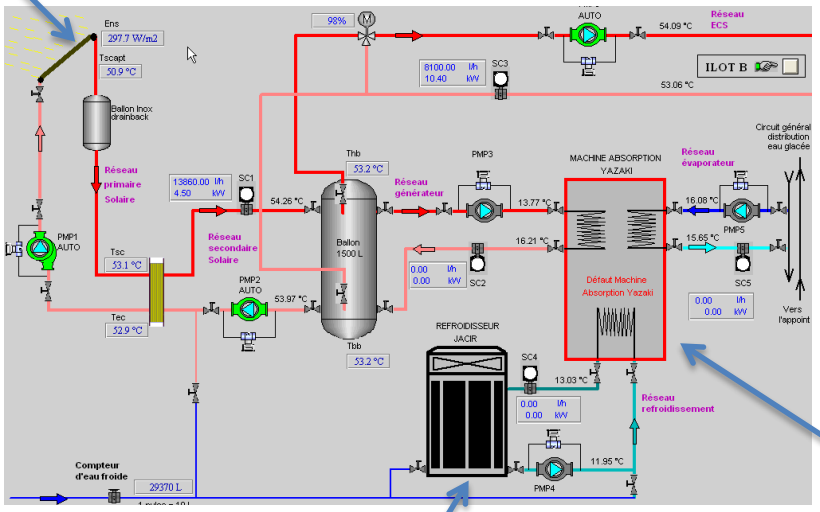
Usine de méthanisation des OM AMETYST et chaufferie gaz en appoint

Centrale d'Odysseum

Trigénération au bois

Climatisation solaire

240 m2 de capteurs haute température (70 à 95°C)



Dry adiabatique
Régime 29/33°C

Absorbeur à eau chaude de 35 kW Régime 7/12°C

Descriptif du projet

Mini-réseau de chaleur et froid à l'échelle d'un ilot urbain

Ensemble immobilier à mixité d'usage de la ZAC Jacques Coeur du quartier Port Marianne à Montpellier (34) composé de ;

- L'ilot A est un bâtiment de 11 000 m² à vocation de bureaux et de commerces.
- L'ilot B est un bâtiment de 10 600 m² et abrite 167 logements.

Centrale solaire

240 m² de capteurs solaires thermiques plans SCHUCO à haute efficacité (double vitrage)

Sécurité du circuit contre les surchauffes et le gel assuré par la technologie Drainback (autovidangeabilité)

Production de froid en été

Machine à absorption simple effet eau et Bromure de lithium de marque YAZAKI

Puissance nominale : 35 kW

Température de fonctionnement entre 70 et 95°C

Aérorefroidisseur adiabatique de marque JACIR

Faibles consommations d'électricité et d'eau

Non soumis à la réglementation anti-légionnelles

Production d'eau chaude sanitaire le reste de l'année

Volume de stockage : 10 000 L

Descriptif du projet

Modes de fonctionnement

- Production d'ECS et Climatisation des bâtiments en simultané durant l'été
- Production d'ECS seule le reste du temps

En été la priorité est donnée à la climatisation seule. Les journées de temps couverts l'installation bascule en fin de matinée sur la production d'ECS.

Financement

Investissement de 415 000 € HT

Opération lauréate du programme EMERGENCE de l'ADEME

- Subvention CEE 19%
- Subvention ADEME 25%
- Subvention Région 14%

Retour d'expérience

Résultats de la campagne de mesure de TECSOL en 2015

- Productivité solaire 445 kWh/m2 de capteur soir **27% de mieux que l'objectif du programme EMERGENCE**
- COP électrique de 24,5 soit **5 fois mieux que l'objectif du programme EMERGENCE**
- Production annuelle de 95 000 kWh de chaleur pour l'Eau Chaude Sanitaire
- Production annuelle de 9 000 kWh de froid
- Gain carbone de 40 t/an

- Maintien des performances à ce jour

Climatisation/chauffage solaire

ALEC – Matinée du 12 juillet 2018

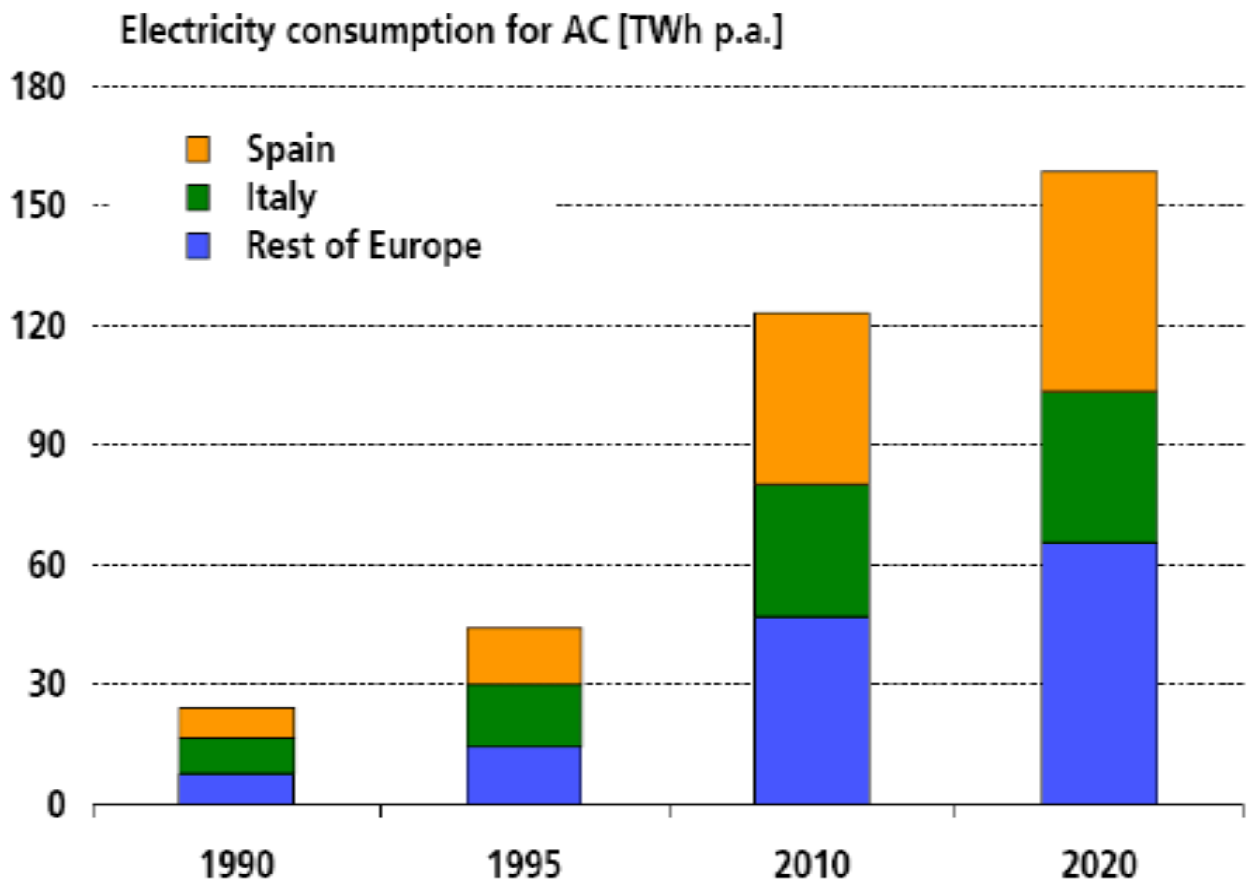
Pourquoi la climatisation/chauffage solaire ?

- Les besoins en froid et les apports solaires coïncident, au moins à l'échelle de la saison

- Diminution des pics d'électricité liés à la climatisation en été

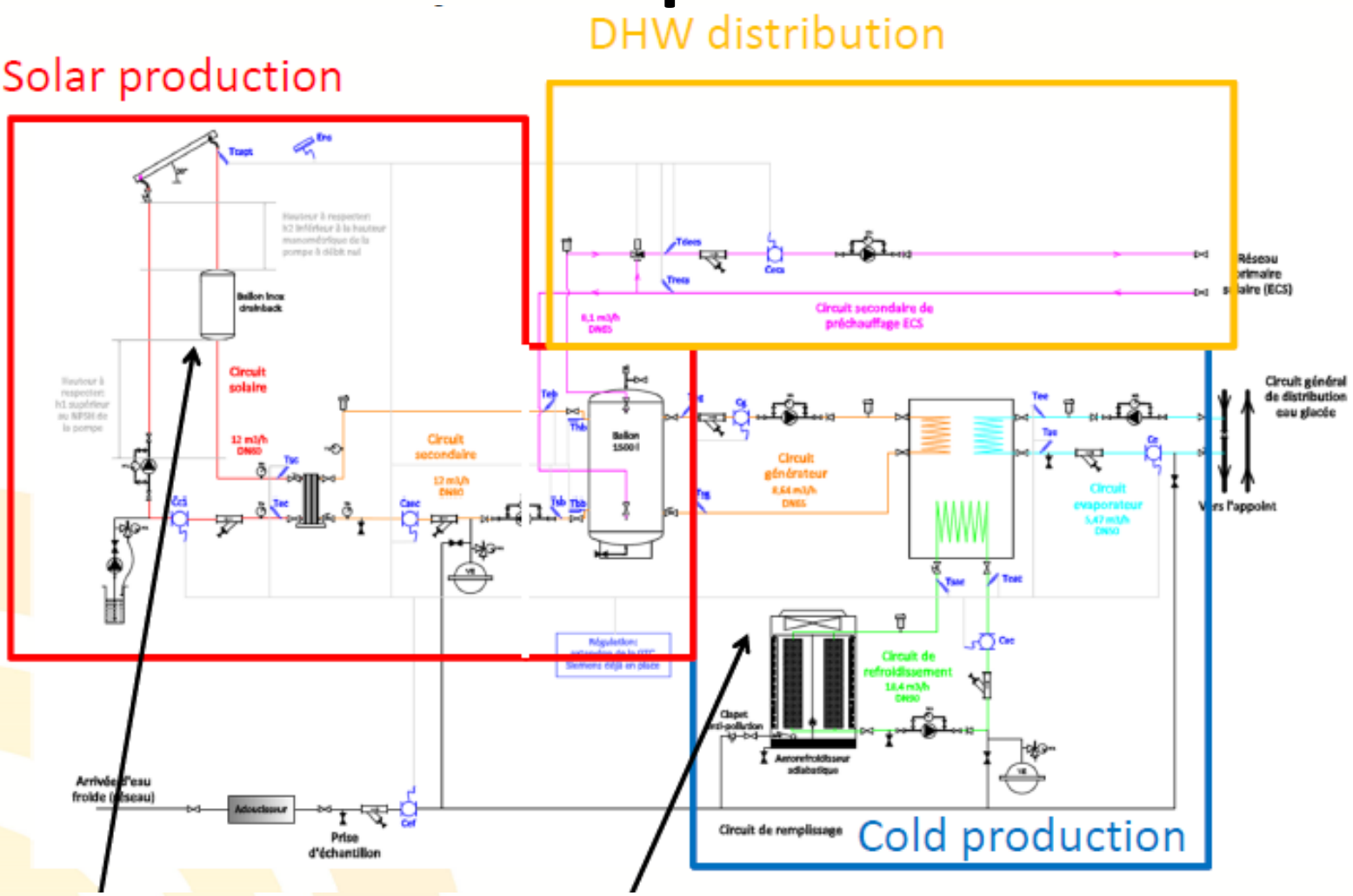
- Utilisation possible de l'énergie solaire toute l'année (chauffage en hiver en métropole et climatisation en été)

Consommation d'électricité croissante en Europe pour la climatisation



Source: Adnot et al: Energy efficiency of airconditioners. Studies for the Commission of the EU (DG TREN)

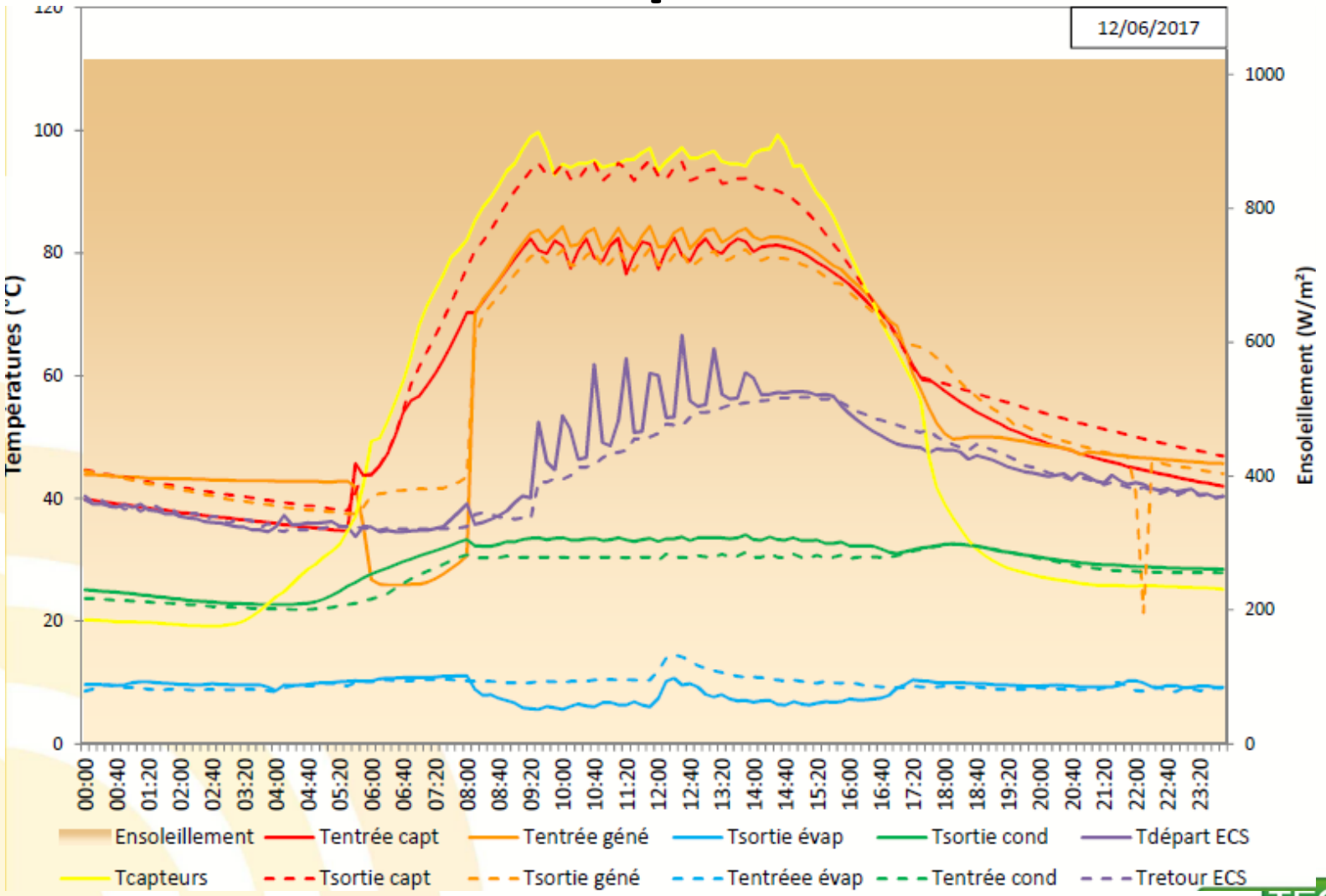
Retour d'expérience Jacques Cœur SERM Montpellier



Climatisation solaire

TECSOL

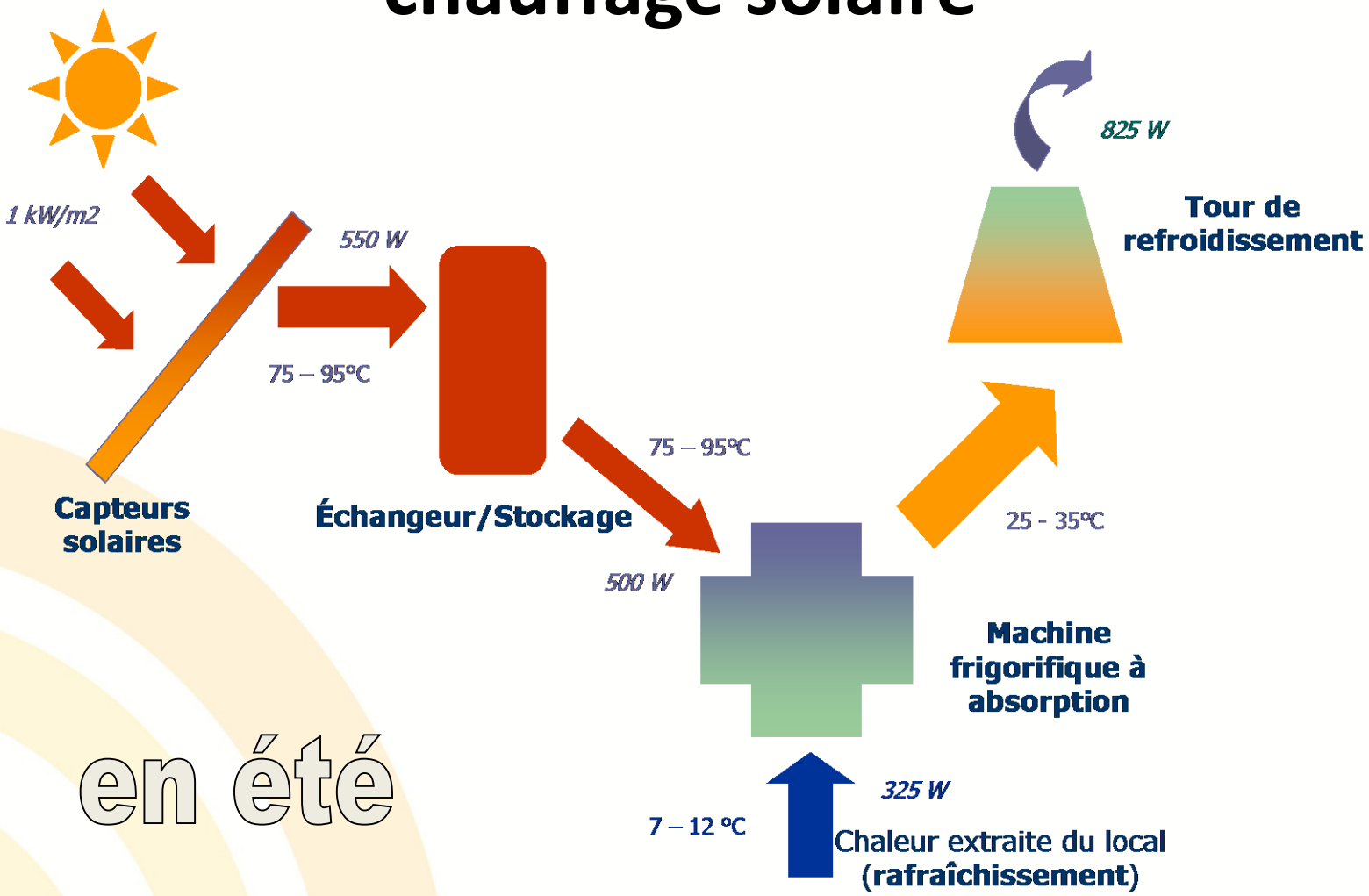
Retour d'expérience Jacques Cœur SERM Montpellier



Climatisation solaire

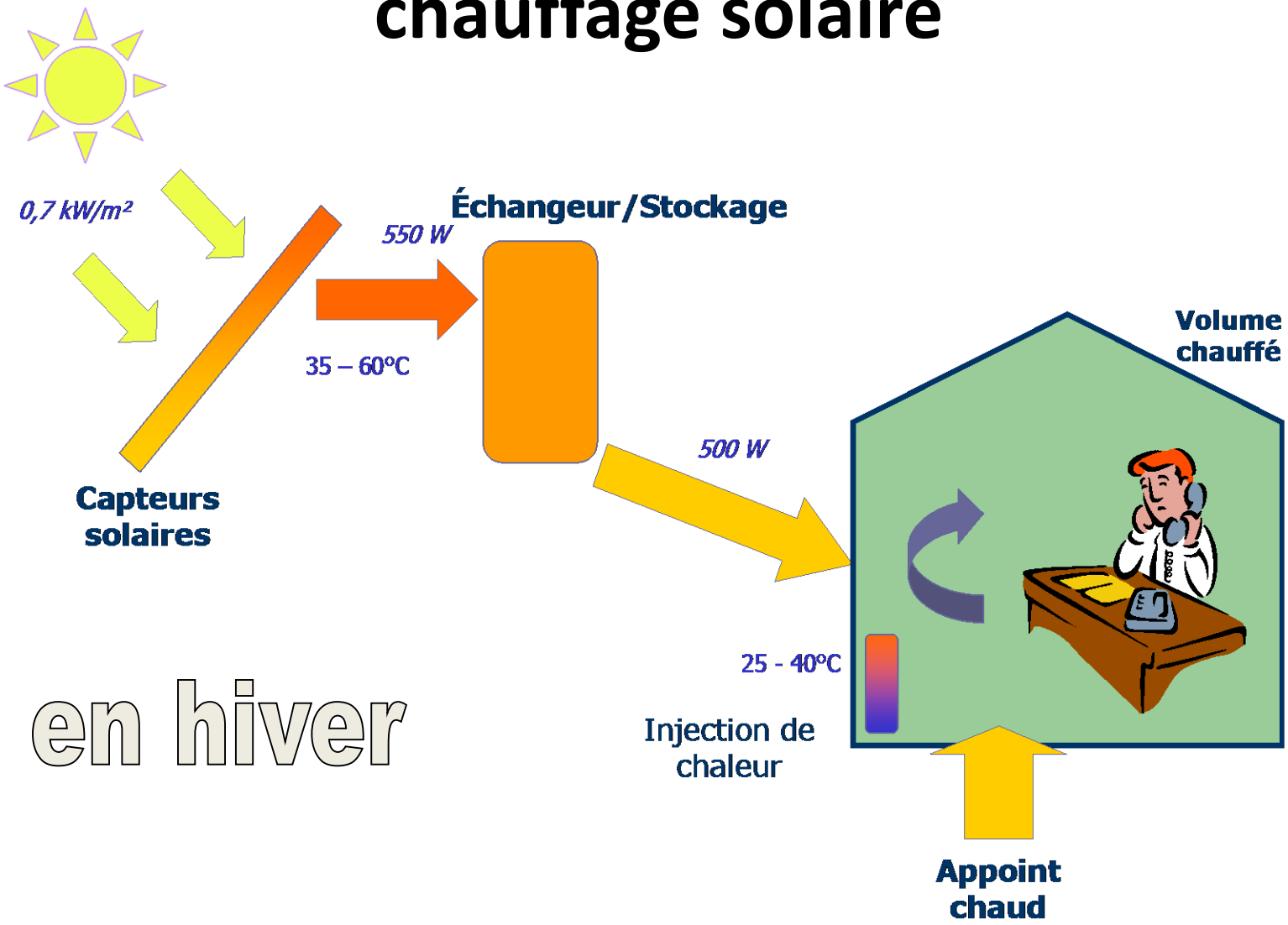
TECSOL

Principe général de la climatisation / chauffage solaire



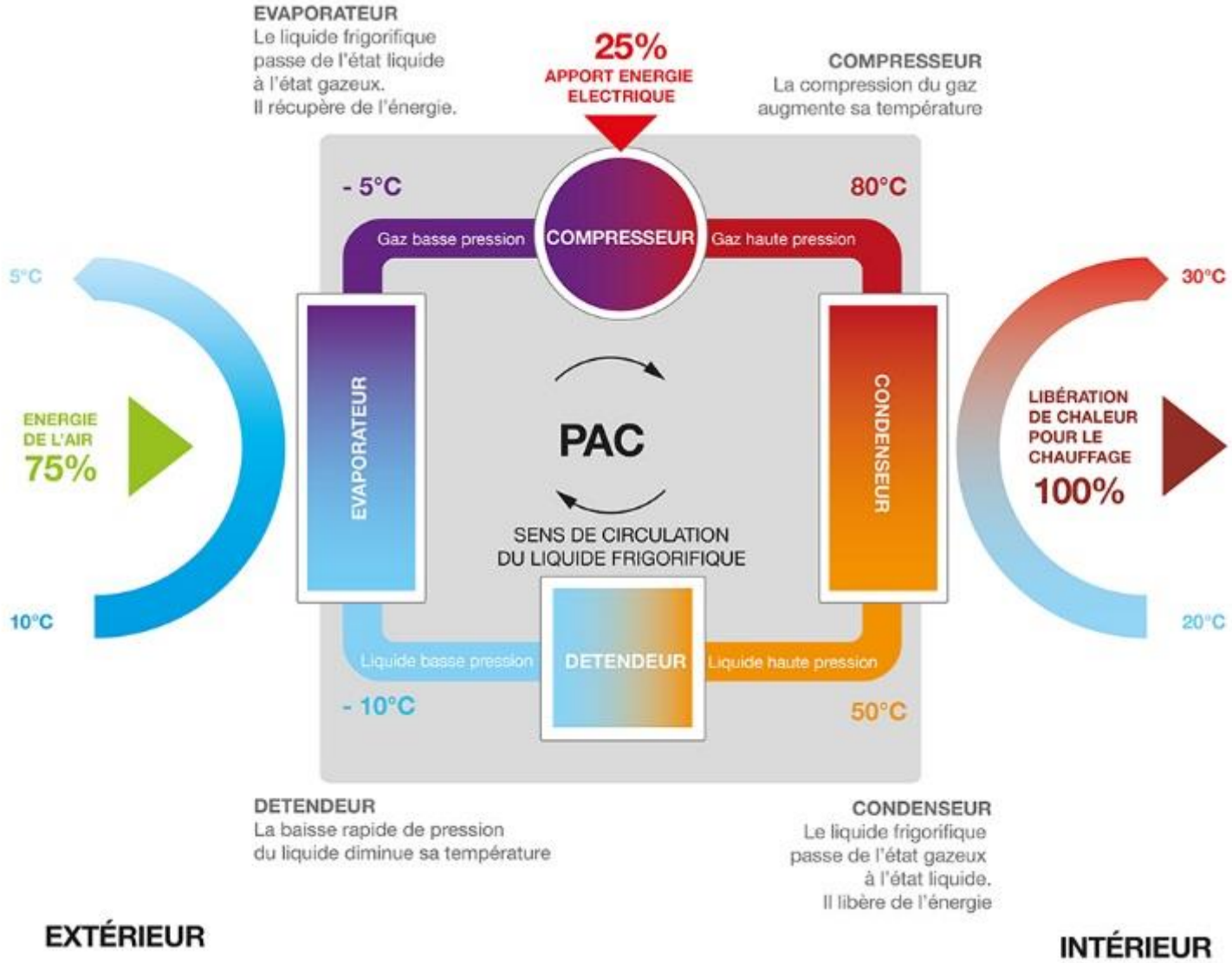
en été

Principe général de la climatisation / chauffage solaire

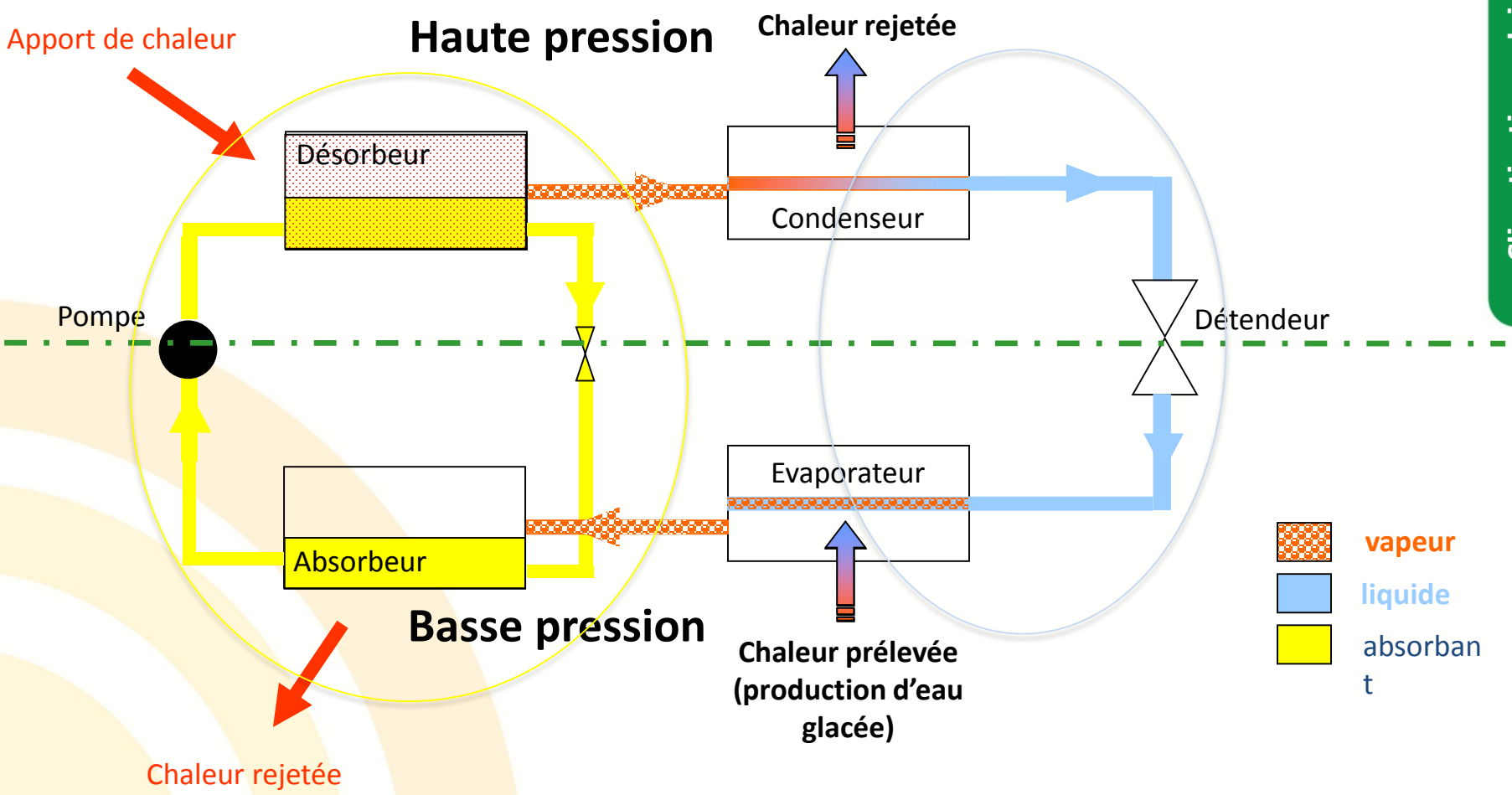


en hiver

Principe général de la climatisation



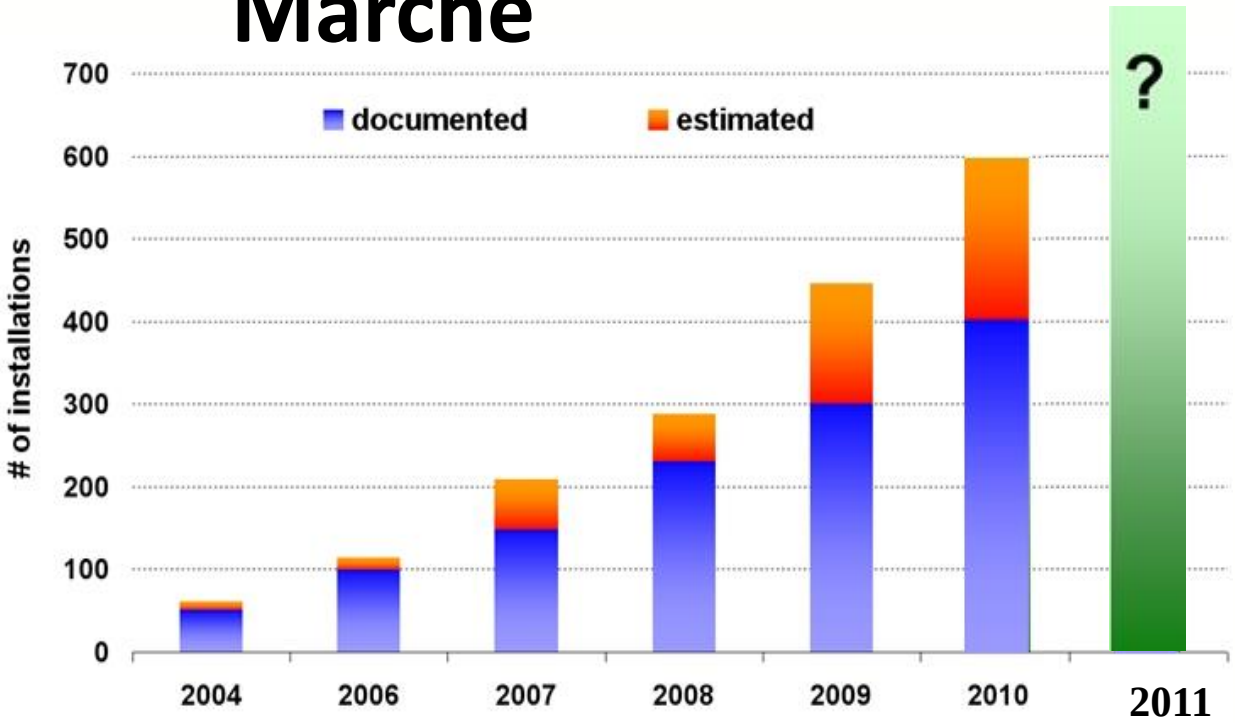
Principe de production de froid par absorption



Marché

Statut du marché

… contre plus de 70 millions d'unités Clim' split vendues chaque année dans le monde !



Statut de la climatisation/chauffage solaire :

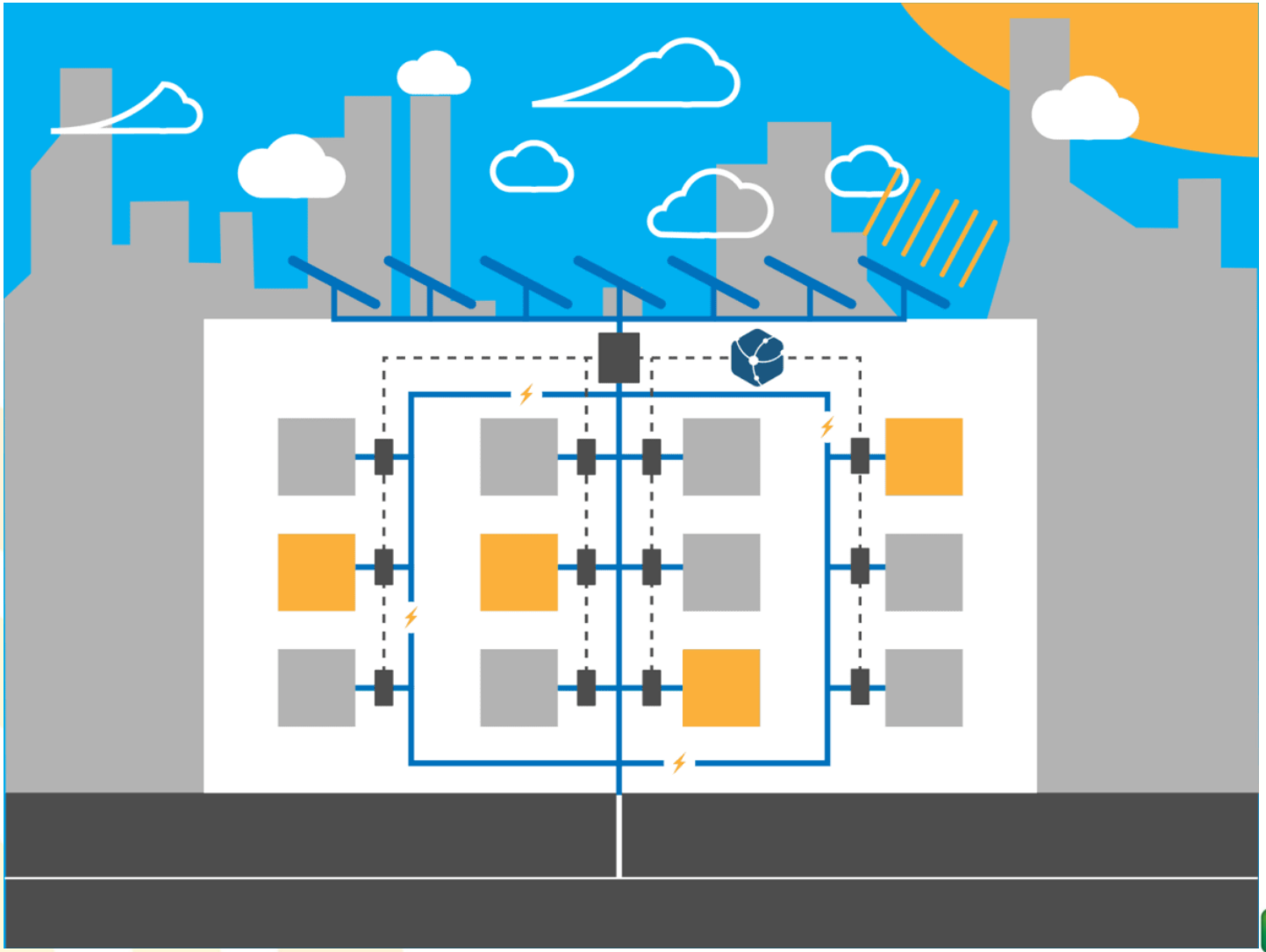
- Faisabilité technique : prouvée à 100%
- Economies d'énergie : très prometteuses mais besoin de qualité accrue (COPs, consommations parasites, fiabilité)
- Compétitivité économique : dans certains cas (sup. à 100 kW)

Perspectives

- <u>Pfroid > 100 kW</u>
  - Etude de faisabilité à réaliser
  - Besoins de froid et chaud à estimer
  - Motivation du MOA

- <u>Pfroid < 100 kW</u>
  Production d'électricité photovoltaïque et Auto-consommation

Production d’électricité photovoltaïque et Auto-consommation



TECSOL

Production d’électricité photovoltaïque et Auto-consommation

TECSOL

Merci de votre attention

Pour nous contacter :

Alec
AGENCE LOCALE DE L'ÉNERGIE ET DU CLIMAT
MÉTROPOLE BORDELAISE ET GIRONDE

☞ **Nous trouver :**
30 cours Pasteur
33 000 BORDEAUX
✉ **Nous écrire :**
contact@alec-mb33.fr
✆ **Nous téléphoner :**
05.56.00.60.27
💻 **Plus d'infos sur :**
www.alec-mb33.fr

"L'ingénierie territoriale au cœur de la transition énergétique"

L'Alec est soutenue par :

BORDEAUX MÉTROPOLE
Gironde LE DEPARTEMENT gironde.fr
RÉGION Nouvelle-Aquitaine
Caisse des Dépôts
ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie