Champ de lin en Normandie © *M. Lombaërt*

Conférence-débat sur la sobriété énergétique des logements

Des solutions pour les copropriétés et les maisons individuelles en milieu urbain

Comment réduire les factures d'énergie, améliorer le confort en ville et abaisser l'empreinte carbone du bâtiment

Isabelle LOMBAËRT-VALOT

Isabelle.lombaert-valot@terravenia.fr

06 71 13 93 11

Viroflay

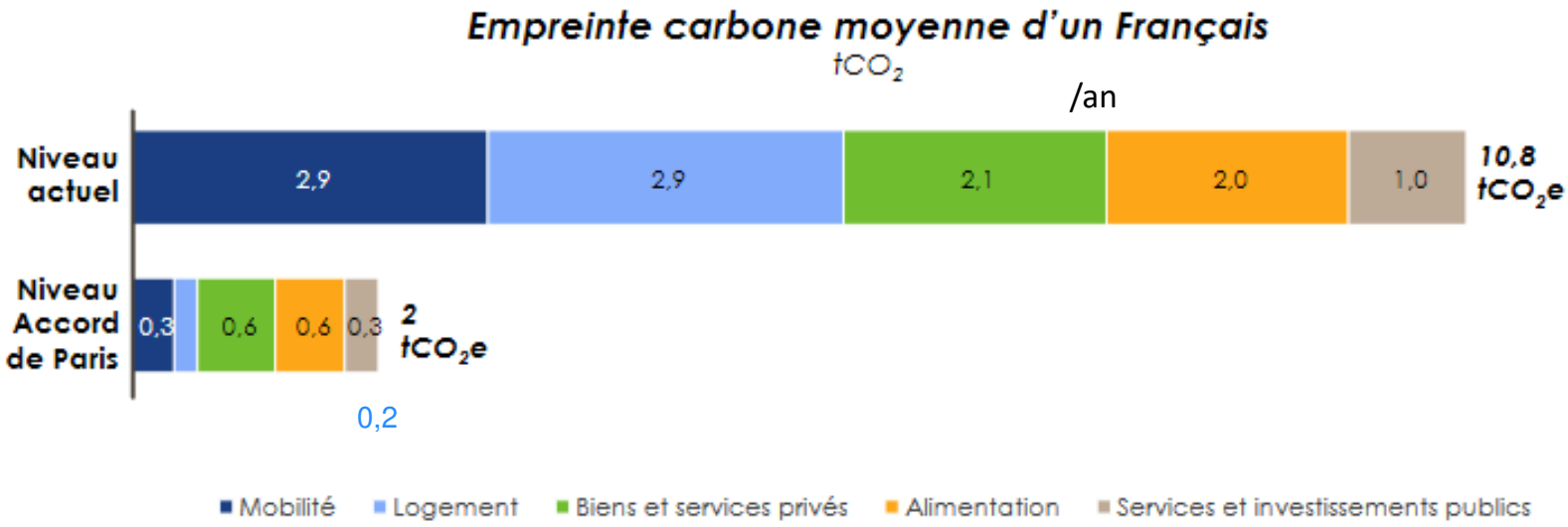
Agenda

- Impact environnemental du secteur du bâtiment
- Evolution du DPE
- Besoin de confort
- Des solutions
- Isolation thermique… avec des matériaux biosourcés
- Quel mode de chauffage frugal ?
- Des écogestes
- Des aides financières
- Intérêts de la végétalisation
- Conclusions

La **frugalité** est un engagement à se satisfaire du minimum nécessaire alors que la **sobriété** est une incitation à consommer moins.

construire-tendance.com/gmedia/honingham-earth-sheltered-grande-bretagne

Notre impact sur l'environnement



(11,7 tCO_2e/an pour l'ADEME dont 1,3 pour les services publics)

Carbone 4 - César Dugast Faire sa part 06/2020

=> - 80 % de l'empreinte carbone des Français **d'ici 2050, - 93 % pour le logement !!!**

2 tCO_2e ≈

8000 km en voiture ou 12000 km en bus, 7000 km en avion

5 m² de construction d'une maison

35 m² chauffés au fioul, 50 m² au gaz, 129 m² à l'électricité

5000 € de produits électroniques, 3300 € en vêtements, 3300 € en meubles

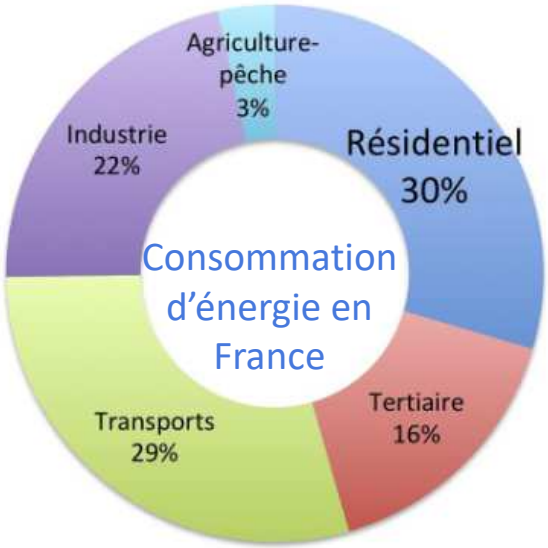
320 repas avec du bœuf, 3900 repas végétariens

A partir de données de Carbone 4 - JM. Jancovici 29/12/19

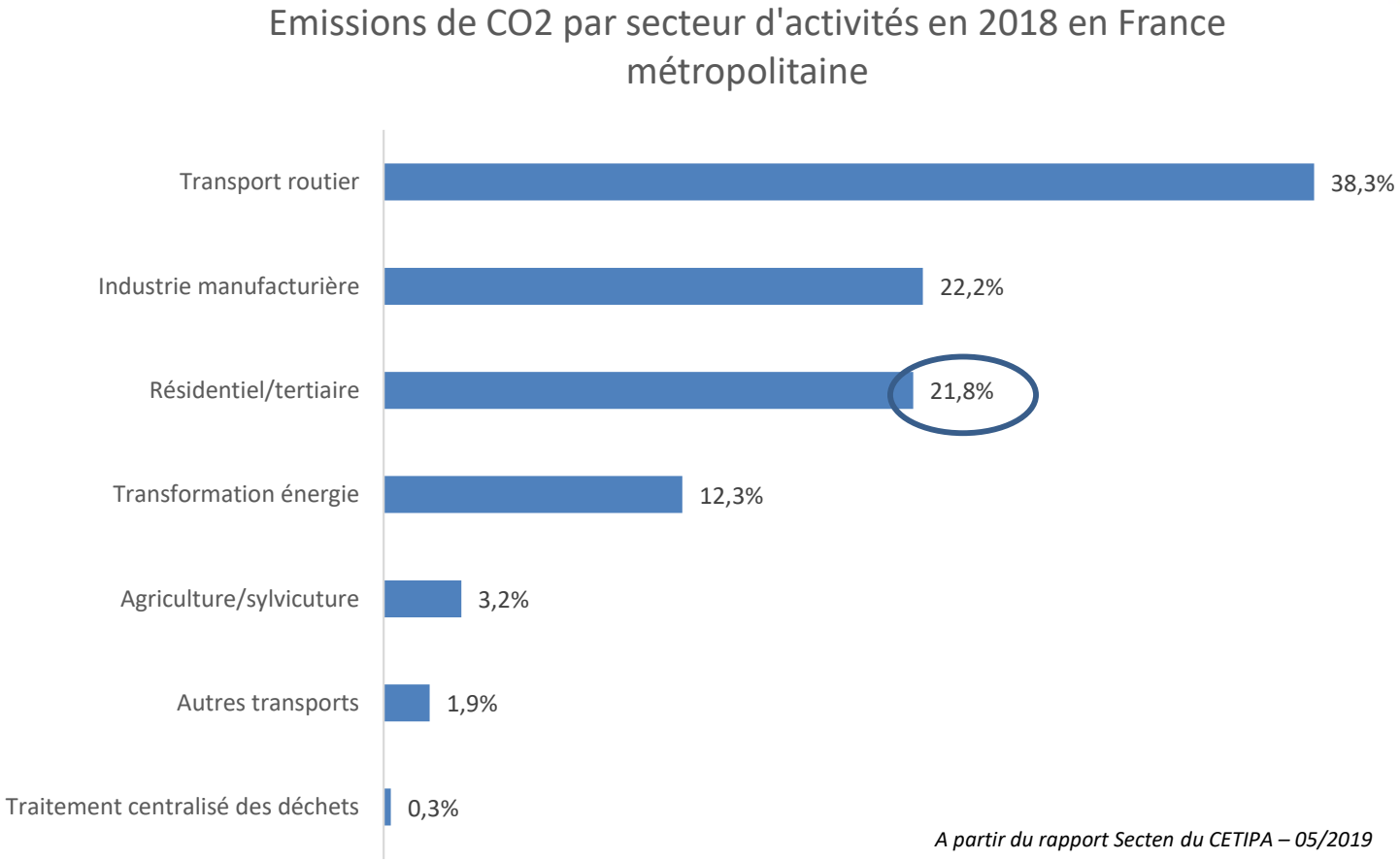
Impact environnemental du secteur du bâtiment

Secteur du bâtiment en France =

- 46 % de la consommation de l'énergie
- 22 % des émissions de GES
- 50 % de la consommation des ressources naturelles
- 16 % de la consommation d'eau



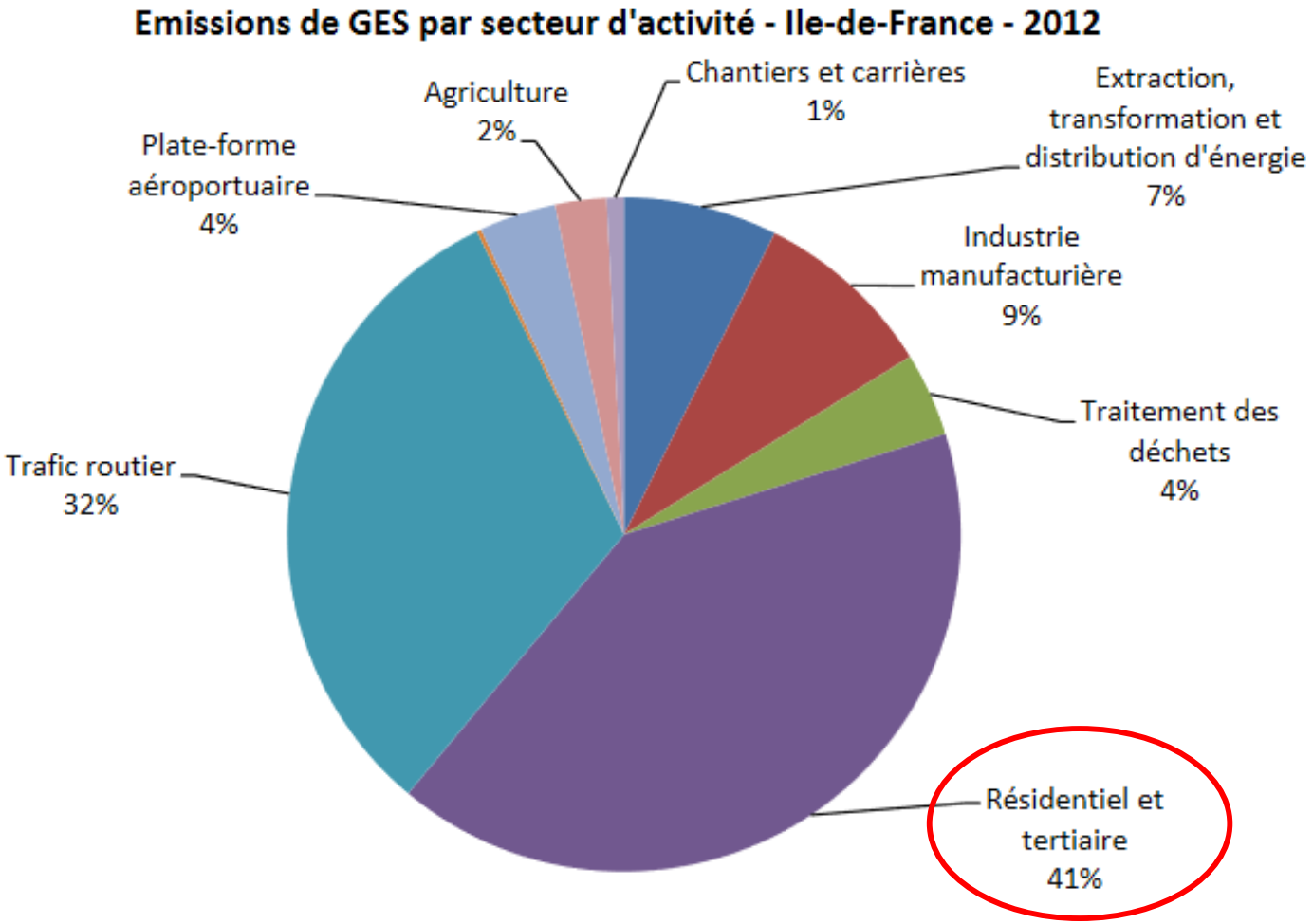
Négawatt - SDES 2020



A partir du rapport Secten du CETIPA – 05/2019

Impact environnemental du secteur du bâtiment

En Île-de-France



Source : Airparif

50 % des bâtiments construits entre 1946 et 1990 sur notre territoire *(Outil ODIL de l'INSEE 09/2019)*
Généralement des «passoires énergétiques» entre 1949 et 1975

Impact environnemental du secteur du bâtiment

4 typologies structurelles principales des bâtis construits à Paris

MOELLON / PANS DE BOIS

Période principale
Avant 1850 - 1914

PIERRE DE TAILLE

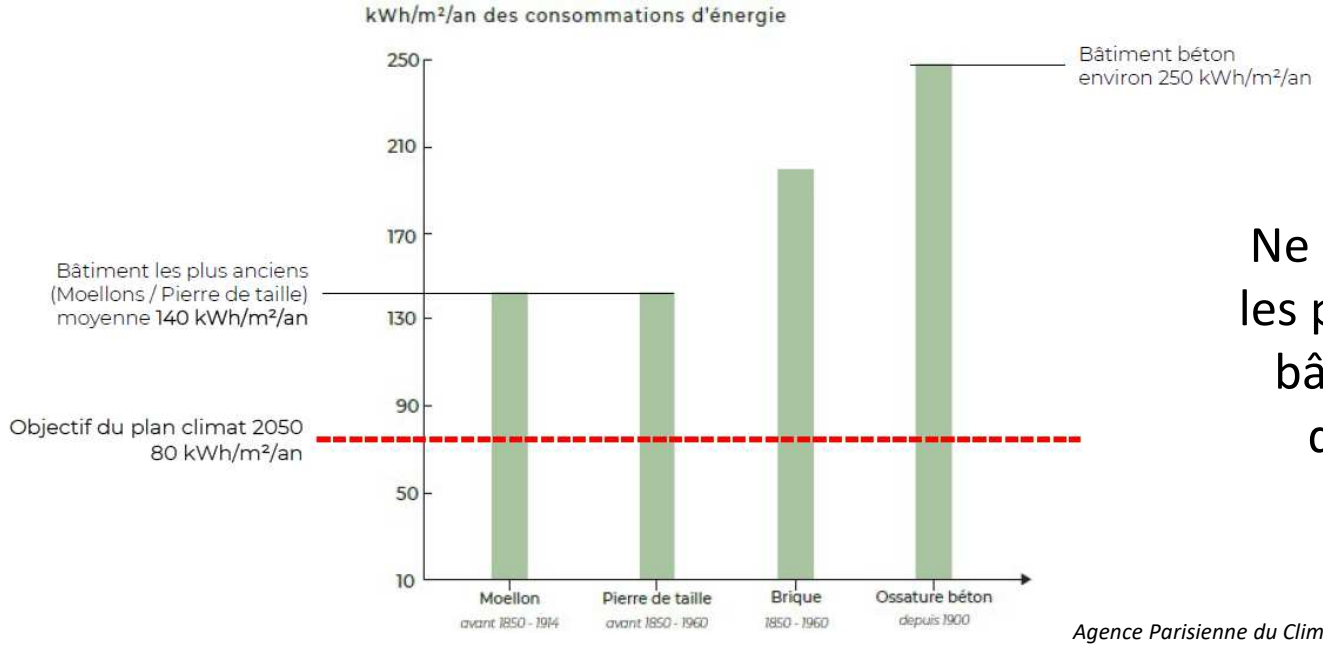
Période principale
Avant 1850 - 1960

BRIQUE

Période principale
1850 - 1960

OSSATURE BETON

Période principale
Depuis 1900



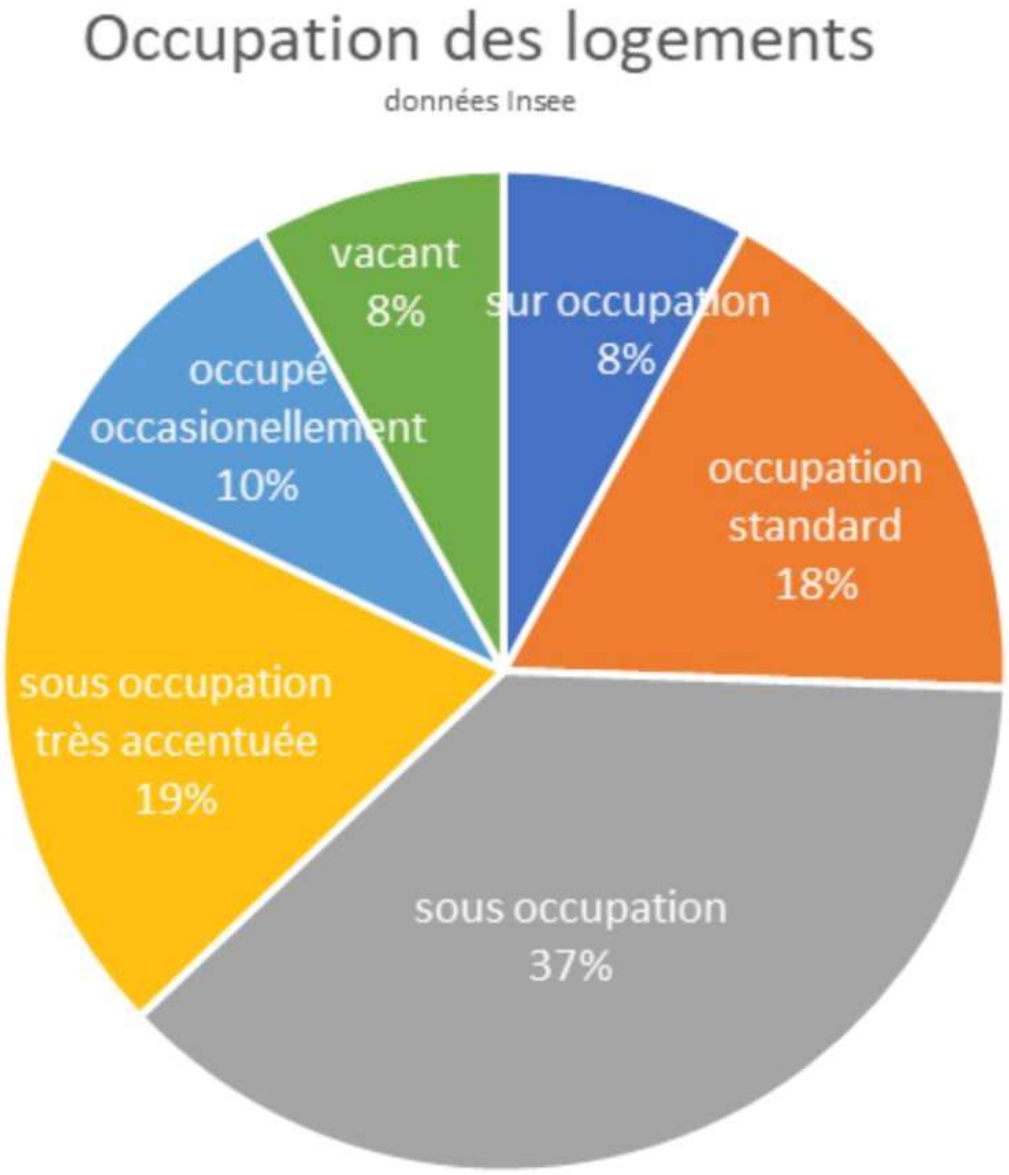
Ne pas sous-estimer les performances des bâtis anciens avec des murs épais

Agence Parisienne du Climat – Académie du climat

Pour des bâtiments bas carbone végétalement sobres en énergie

Impact environnemental du secteur du bâtiment

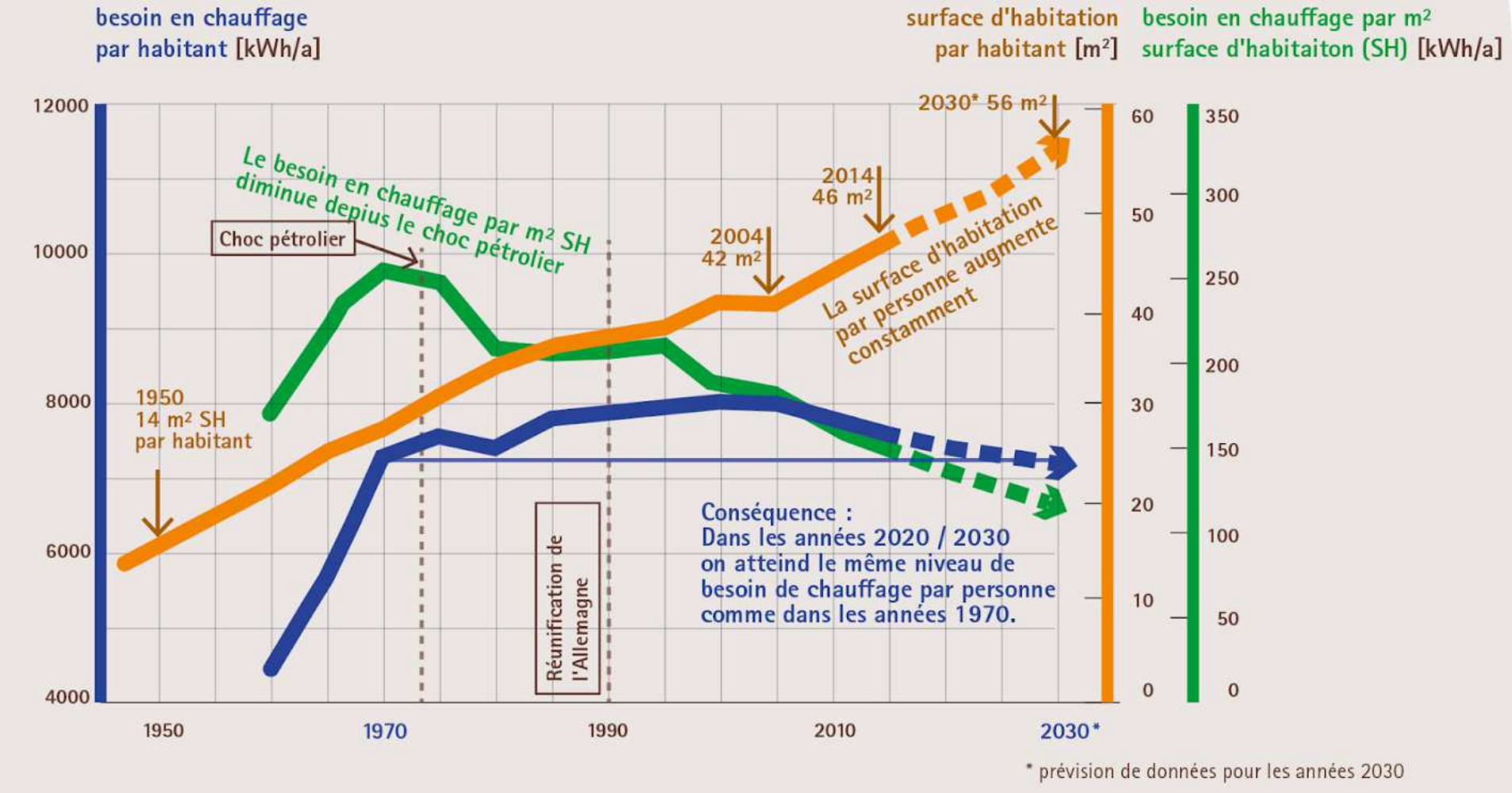
1970 : ~3 occupants /log
2020 : ~2,2 occupants /log
En parallèle, augmentation de la taille des logements.



Impact environnemental du secteur du bâtiment

Diminution du nb d'occupants/logement…

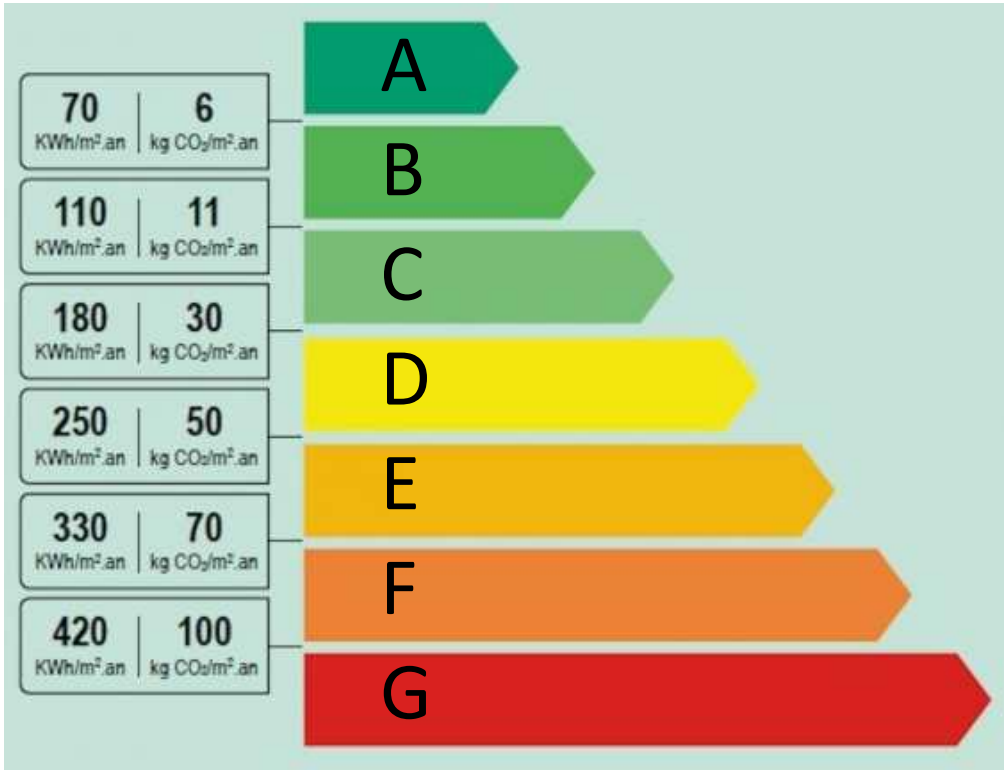
et augmentation de la taille des logements/habitant



Diagnostic de Performance Energétique (DPE)

Nouveau DPE au 01/01/22

- Affichage obligatoire avec le double seuil énergie-climat + Estimation de la facture énergétique annuelle par les agences immobilières pour toute vente et location
- Préconisations des travaux à faire dans ce DPE avec indication de la classe énergétique atteinte grâce à ceux-ci
- **Possibilité pour le nouveau propriétaire et le locataire de se retourner contre le diagnostiqueur** en cas d'écart important constaté par l'usager (mais responsabilité limitée aux moyens, pas sur les résultats)



Diagnostic de Performance Energétique (DPE)

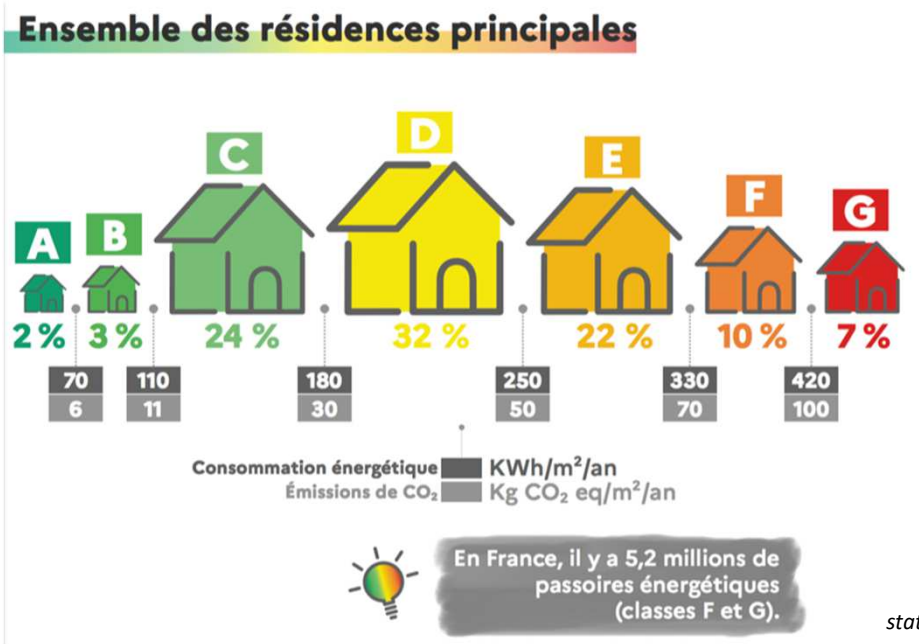
Nouveau DPE au 01/01/22

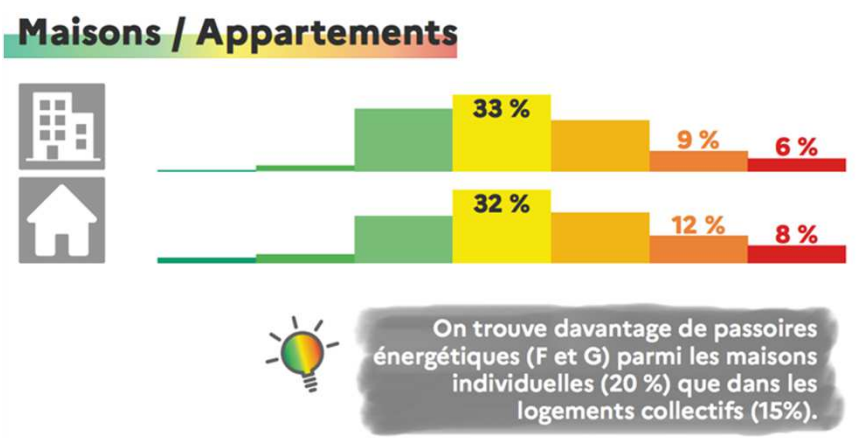
- Utilisation d'une **méthode de calcul 3CL-2021 transposable pour tout type de logements**, prenant en compte les matériaux utilisés, l'exposition, les ponts thermiques existants, le système de chauffage, etc. => Informations sur la fourchette des coûts en énergie, le niveau d'isolation, la qualité de la ventilation, **le confort d'été**
- Prise en compte de 5 usages : chauffage, refroidissement, production d'eau chaude, éclairage et ventilation.
- **Augmentation du loyer impossible pour les logements classés F et G lors du renouvellement du bail depuis 24/08/22**
- Interdiction de vente ou location > 01/01/2023 si étiquette G > 450 kWh/m².an
- Obligation progressive de travaux d'ici 2028 pour les propriétaires et bailleurs de biens F et G
- Possibilité pour les locataires des passoires thermiques d'**exiger de leur bailleur des travaux de rénovation**
- Logements en G catégorisés indécents > 2025, puis en F > 2028 et en E > 2034
- Obligation d'un audit énergétique pour vendre un bien F et G à partir du 01/04/23, pour E > 2025 et D > 2034.

Diagnostic de Performance Energétique (DPE)

Situation au 01/01/22 :

- ~5,2 M de logements notés F et G sur 30 M de résidences principales (au lieu de 4,8 M en 2018 avec l'ancienne méthode), soit 17 % du parc
- Faibles surfaces les plus impactées
- 7 M sur 16,5 M de maisons individuelles en résidence principales, fortement consommatrices d'énergie, soit 40 %
- Ménages modestes et très modestes au sens de l'ANAH pour plus de 50-65 % de ces maisons
- Parc privé plus énergivore que le parc public et locataires modestes de ce parc les plus impactés





statistiques.developpement-durable.gouv

Des travaux pour réduire la facture d'énergie

Objectif :

Niveau BBC Rénovation d'ici 2050

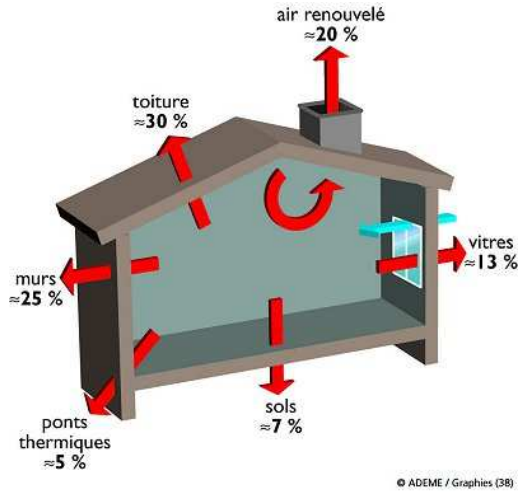
pour tout le parc immobilier

=> Consommation d'énergie

< 110 $kWh_{EP}/m^2.an$ *(EP : Energie Primaire)*

et émissions de GES < 11 $gCO2e/m^2.an$

A
B



En neuf : < 50 $kWh/m^2.an$

Parc habitat privé actuellement à 250 $kWh_{EP}/m^2.an$ en moyenne

75 % des travaux de rénovation en maisons individuelles n'ont pas permis de changer de classe de DPE

Pour les maisons individuelles datant d'avant 1982, un parcours de rénovation performante comprend nécessairement 6 postes de travaux :

- Isolation des murs,
- Isolation de la toiture,
- Isolation du plancher bas,
- Remplacement des menuiseries extérieures,
- Remplacement du système de ventilation
- Remplacement du système de chauffage-eau chaude sanitaire en privilégiant les énergies renouvelables et un bon rendement *(ADEME)*

} En se prémunissant des ponts thermiques

BBC Bâtiment Basse Consommation

Besoin de confort en priorité

= Principale requête des usagers des bâtiments

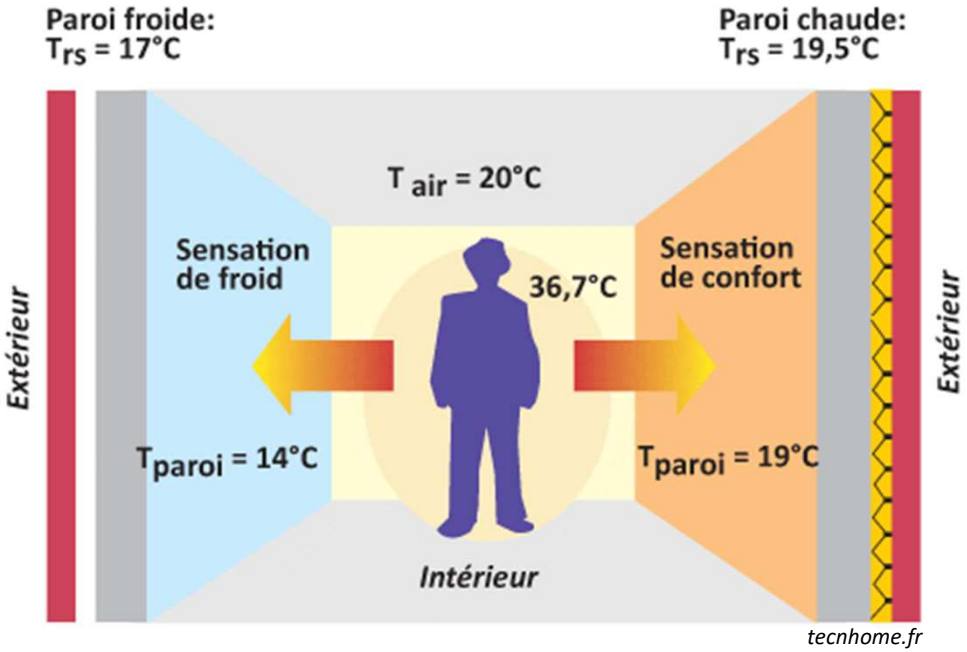
Confort = ressenti non mesurable, qui ne dépend pas que de la température !
Ressenti de la température ambiante fonction de nos habitudes de vie, de notre métabolisme, de notre âge et de notre santé

Inconfort si :

- Fuite des calories de notre corps via notre peau
- Déplacement d'air qui refroidit l'air à la surface de notre peau qui est entre 28°C et 33°C
- Air trop sec (humidité relative < 40 %)
- Air trop humide (humidité relative > 60 %)
  - L'hiver, forte perte de calories, nous incitant à chauffer davantage
  - L'été, moins de transpiration (évaporation limitée), rafraichissement plus difficile
- Air intérieur pollué source de pbs respiratoires, voire d'allergies

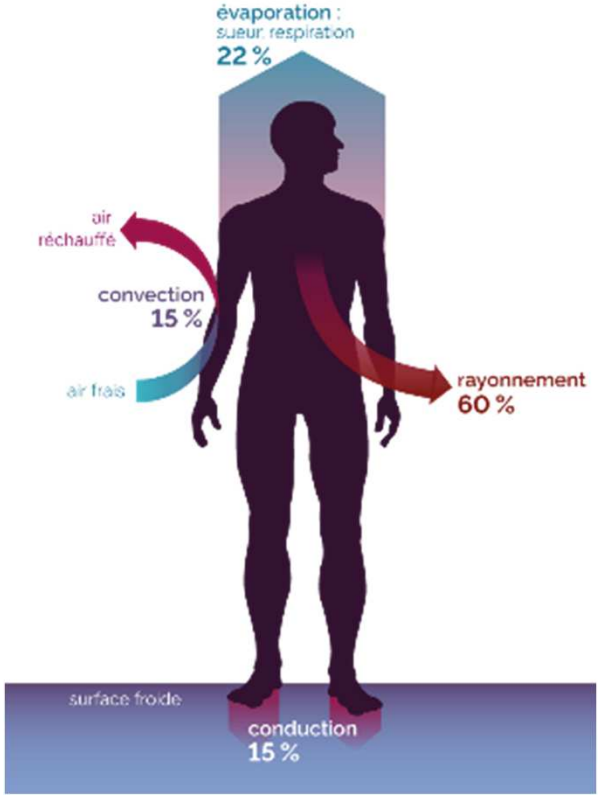
⇒ Améliorer notre ressenti du confort tout en limitant la consommation d'énergie pour le chauffage et le rafraichissement
⇒ Traiter les causes de l'inconfort, pas les effets, en faisant un bilan de santé du logement avec une approche holistique

Besoin de confort en priorité



tecnhome.fr

Température ressentie = température de la pièce/moyenne des températures sur la surface des murs

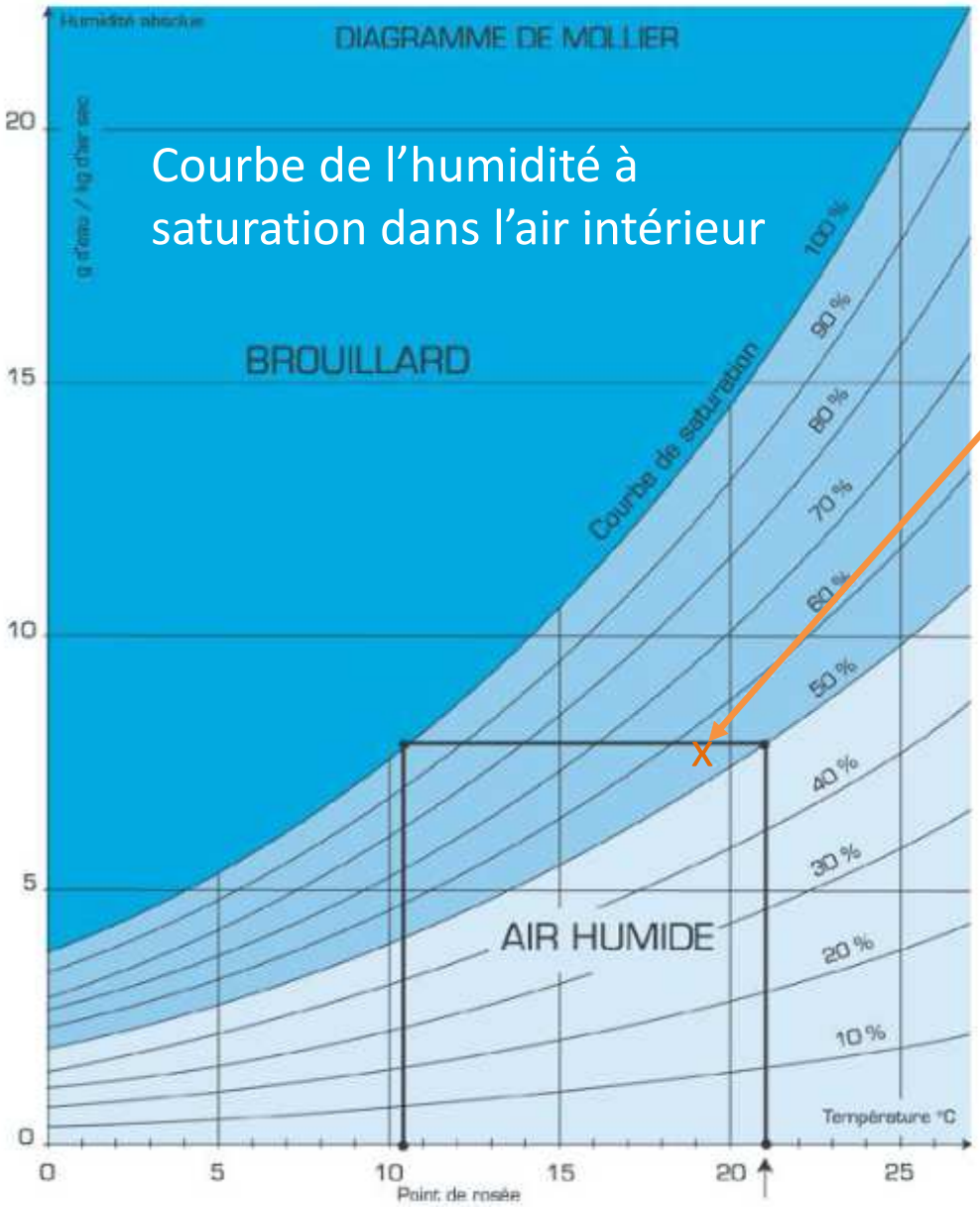


https://www.maxicours.com/se/cours/le-bilan-thermique-du-corps-humain/

Ressenti d'inconfort, amplifié par la proximité de parois froides, lié à une perte de calories via notre surface cutanée : 60 % par rayonnement, 15 % par convection, 3 % par conduction, 22 % par évaporation de la sudation

- Isolation de notre corps (charentaises, caleçon long…)
- Compensation par rayonnement IR

Besoin de confort en priorité



L'idéal à 19°C est d'avoir 55 % HR, soit 7,5 g d'eau/kg d'air en humidité absolue

Plus la température est basse, moins il y a de vapeur d'eau, mais plus il y aura de condensation.

=> Renouveler l'air intérieur par l'air extérieur froid en hiver, car il sera moins chargé de vapeur d'eau, l'air humide étant plus difficile à chauffer
(eau : 4185 J/kg.K contre air : 1008 J/kg.K)

Besoin de confort en priorité

Diagramme de l'air humide
Plage de confort température - humidité

1
Zone à éviter
problèmes de sécheresse,
manque d'humidité relative

2 et **3**
Zones de développement
de bactéries et de
microchampignons

3
Zones de développement
d'acariens

4
Polygone de confort
hygrothermique

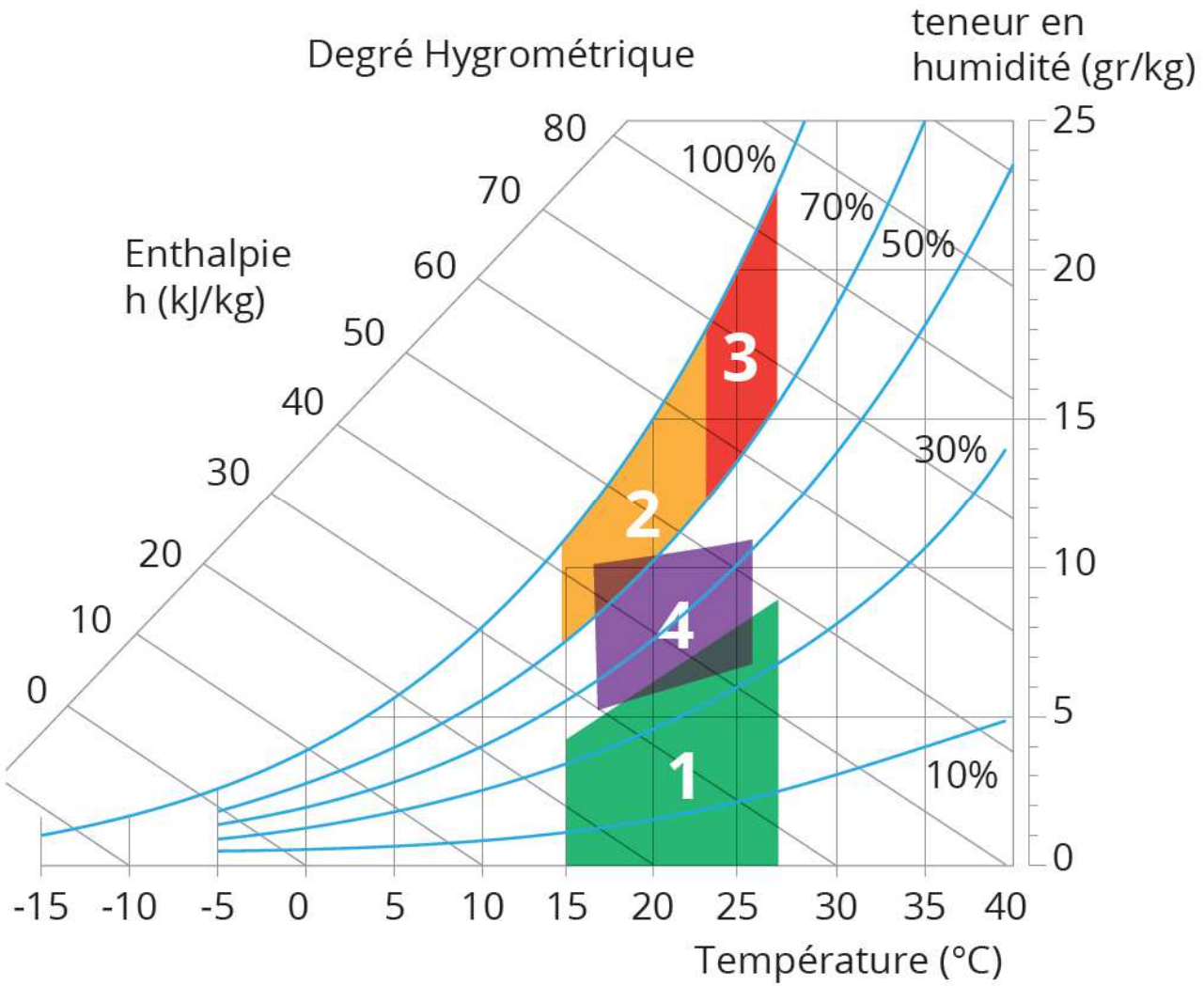


Diagramme de confort ASHRAE-KSU - AQC Protocole Appréciation du confort et des ambiances 11/2019

Besoin de confort en priorité

Extension de la zone de confort avec la vitesse de l'air

A température et hygrométrie équivalente, la présence d'une vitesse d'air comprise entre 0,5 et 1,5 m/s permet d'améliorer la température ressentie.

=> Intérêt du brasseur d'air

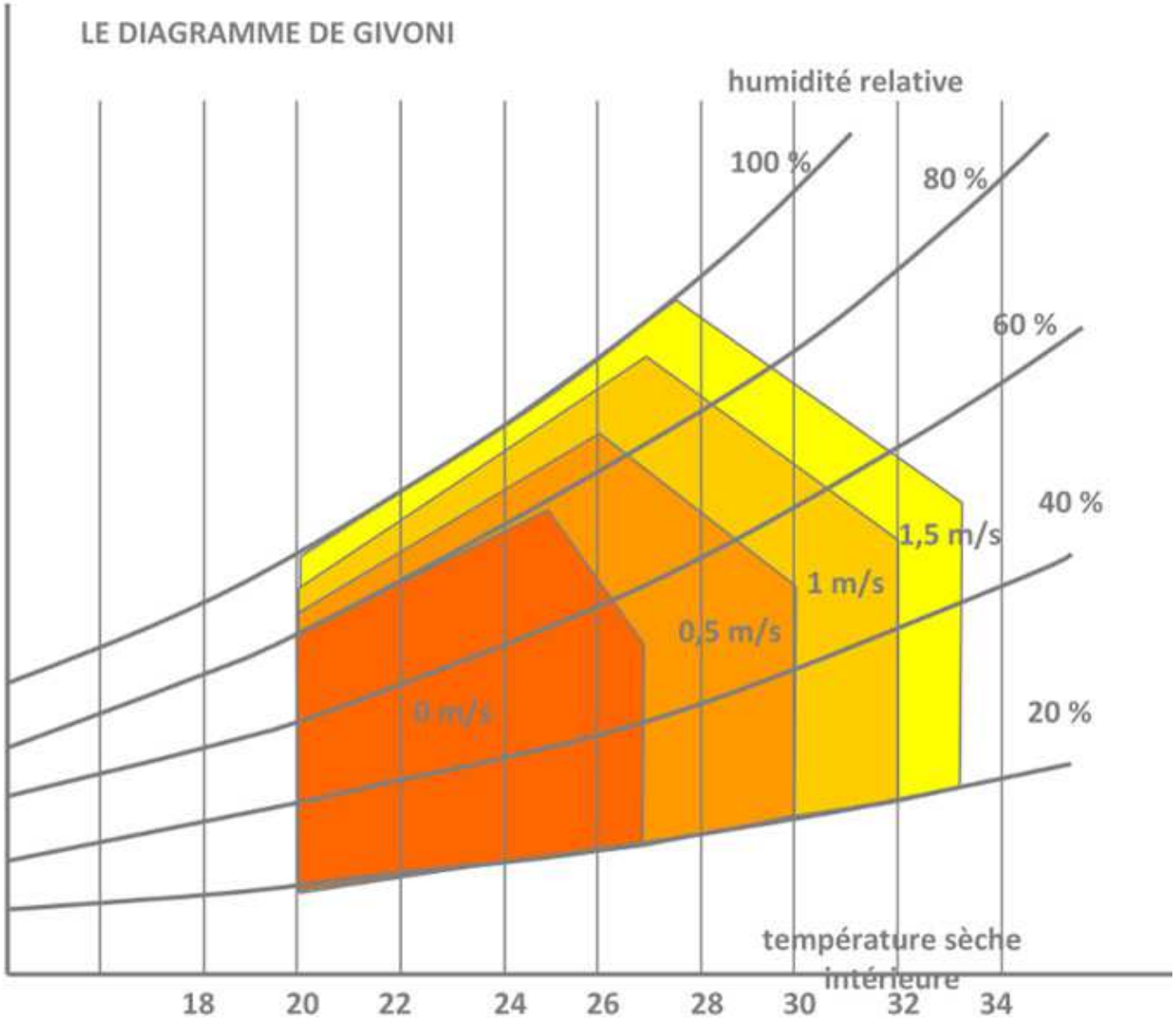
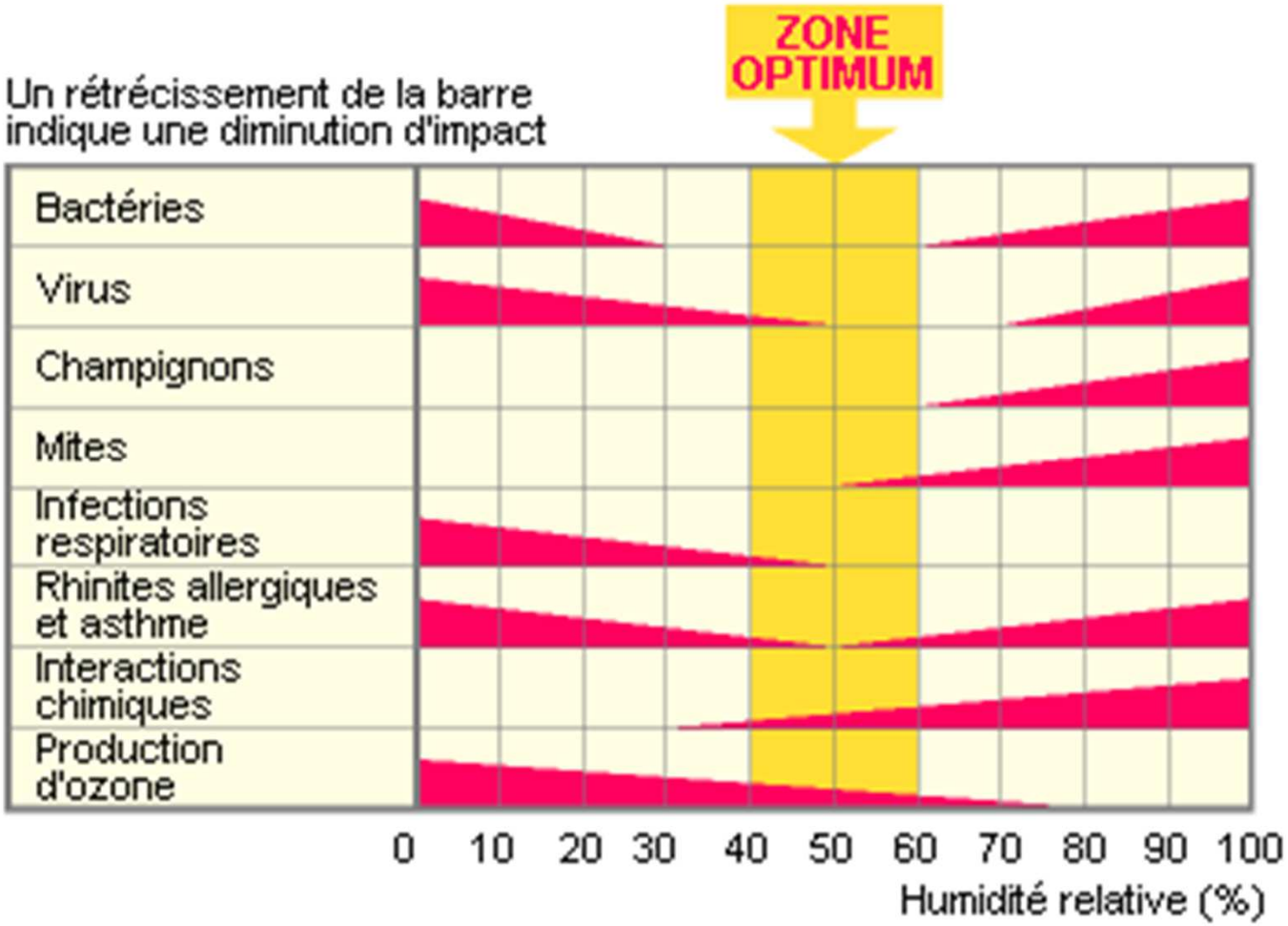


Diagramme bioclimatique (Tribu Energie / ICEB)

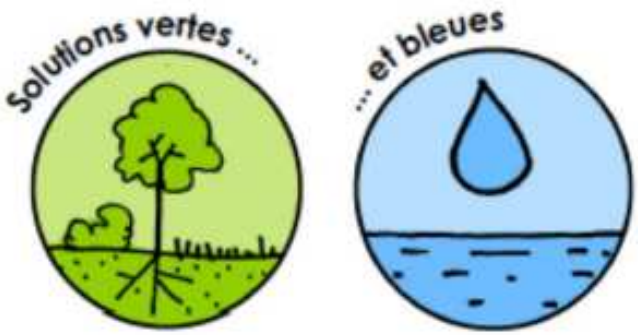
Besoin de confort en priorité

Diagramme précisant la plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique



d'après Scofield et Sterling - Doc.Dri-Steem/Pacare energieplus-lesite.be

Des solutions… à l'échelle de la ville



Ce sont les solutions basées sur la nature, la présence du végétal et de l'eau en ville

- Végétation arborée
- Végétation basse
- Toitures végétalisées
- Façades végétalisées
- Plans d'eau
- Fontaines
- Humidification
- Brumisation

Ce sont les solutions basées sur le choix des matériaux mis en oeuvre dans l'espace urbain (sols, mais aussi murs, toitures, ...)

- Augmentation de l'albedo
- Matériaux poreux
- Matériaux à changement de phase

Ce sont les solutions iées à l'optimisation de l'organisation urbaine et de la conception du bâti, qui conduisent à limiter les apports de chaleurs liés aux hommes.

- Réduction des apports anthropogéniques
- Bâti (climatisation, protections solaires)
- Trafic automobile
- Optimisation des process industriels

Ce sont les solutions visant à améliorer la ventilation des tissus urbains l'été, à limiter le piégeage de la chaleur dans les rues ...

- urbanisme bioclimatique
- architecture bioclimatique
- ilots ouverts
- rues ventilées

Crédits : Ademe

Pour des bâtiments bas carbone végétalement sobres en énergie

Des solutions… à l'échelle du logement pour améliorer le ressenti

Traiter les causes de l'inconfort, pas les effets

- Isoler son corps en s'habillant plus chaudement
- **Traiter en priorité les problèmes d'humidité**, notamment dans le bâti ancien, pour limiter la présence de vapeur d'eau dans l'air (idéalement entre 40 % et 60 % HR)
- Renouveler l'air intérieur régulièrement (ventilation mécanique)
- Isoler les menuiseries (encore ~20 % du parc résidentiel en simple vitrage)
- Réduire les fuites d'air à l'interface menuiserie-mur extérieur (+ cheminée)
- Isoler en priorité les combles perdus et les rampants des combles aménagés
- Réduire et stabiliser la différence de températures entre les parois des murs extérieurs et la température ambiante en choisissant les **bons matériaux isolants**
- Limiter l'écart de température entre les éléments et la surface de notre peau à 14°C max
- Utiliser des couleurs chaudes pour les peintures au mur plutôt que du blanc qui procure une sensation de froid
- **Privilégier le rayonnement pour le chauffage** plutôt que la convection et encore moins l'air pulsé (air moins caloriporteur que l'eau)

HR : Humidité relative

Isolation thermique
Ne pas se fier qu'à la résistance thermique

Ne pas se limiter à la valeur de la **conductibilité thermique λ** et donc sa résistance thermique R_{th} (=e/λ.S avec e=épaisseur et S = surface), car dépend :

- Du taux d'humidité dans l'isolant
- De la température de l'isolant (λ très dégradée au-delà de 27°C)
- De l'orientation des fibres (si isolant fibreux)
- De la vétusté de l'isolant

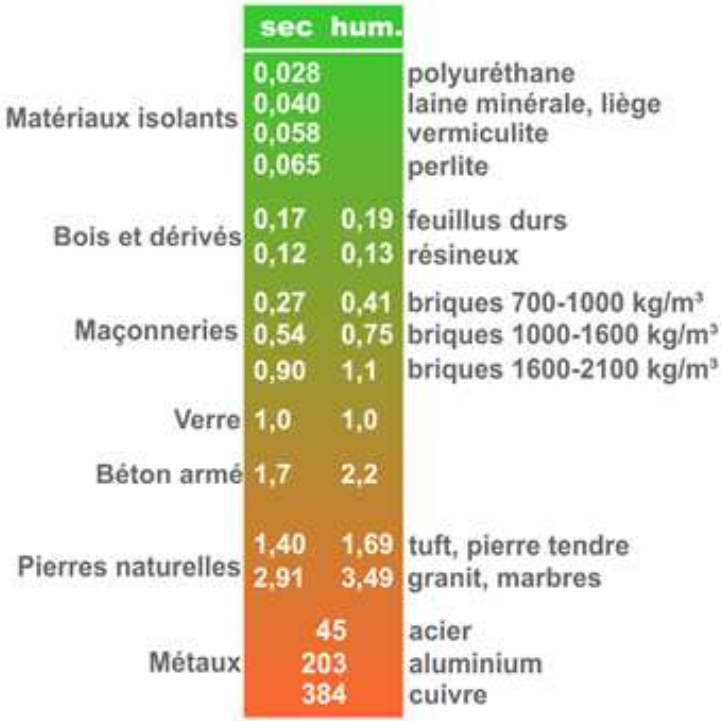
Ce n'est pas pertinent d'augmenter sensiblement l'épaisseur d'isolant car le gain en R_{th} peut ne plus compenser la consommation d'énergie et les émissions de GES dues à la fabrication de ces isolants

=> Miser sur d'autres performances comme :

- La densité
- La capacité thermique massique
- Les propriétés hygrothermiques
- L'**inertie thermique**
- Le **déphasage thermique**

Une **correction thermique** peut suffire pour un bâti ancien avec des murs épais (ex : enduit chaux-chanvre ou argile-paille de quelques cm) pour améliorer le ressenti (perspirance)

Conductivité thermique des matériaux en W/m.K



MOOC Bâtiment durable Rénovation performante 03-2021

Isolation thermique
Ne pas se fier qu'à la résistance thermique

S'isoler avec les bons matériaux

- **Proscrire les matériaux imperméables à la vapeur d'eau dans le bâti ancien** (polystyrène, polyuréthane…)
- Choisir des matériaux intérieurs **à forte densité, à forte capacité thermique massique, faible diffusivité thermique et faible effusivité thermique** => Economie de matériaux (et gain de place) et d'énergie grise + Meilleure inertie thermique et meilleur déphasage thermique
- **Installer absolument une ventilation contrôlée** en cas d'isolation et entretenir le dispositif régulièrement pour limiter la présence d'humidité et en conséquence les risques de moisissures

Capacité thermique massique : Quantifie la possibilité qu'a un matériau d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique. Plus cette capacité est grande, plus le matériau aura de l'inertie.

Diffusivité thermique = Vitesse de déplacement des calories dans un matériau. Plus elle est faible, moins vite se déplace la chaleur, plus le déphasage thermique est grand.

Effusivité thermique = Capacité d'un matériau à échanger de la chaleur avec son environnement. Caractérise la sensation de chaud ou de froid lorsque l'on touche le matériau.

Inertie thermique : Temps que met un matériau à atteindre la température de son environnement

Déphasage thermique = Capacité d'un matériau à ralentir la pénétration de la chaleur (idéalement 10-12 h requis)

Pourquoi isoler thermiquement avec des matériaux biosourcés ?

Intérêts de la plupart des matériaux biosourcés

- **Culture et fabrication en France**
- Ressources **renouvelables**
- Isolant thermique (bon λ) et acoustique
- Hygroscopique, bonne perspirance (régulateur d'humidité)
- Densité moyenne à élevée favorisant **l'inertie et le déphasage thermique**
- Capacité thermique massique plus élevée
- Pas d'émissions de composés organiques volatils à l'intérieur
- Absence de dégagement toxique, ni transmission rapide de la chaleur en cas d'incendie
- Faible énergie grise
- Recyclage possible localement
- Longue durée de vie
- **Bilan environnemental positif**
- **Stockage du carbone biogénique** (issu du CO_2 de l'air)
- Pose facile et saine (non irritante et non toxique)

Exemples de matériaux isolants à base de chanvre, de lin, de paille de riz et de coton (Jean recyclés)

Pose étanche à l'air sinon risque de voir les performances isolantes divisées par 3
Isolation par l'extérieur pour limiter les ponts thermiques

Intérêt des matériaux isolants biosourcés pour le confort d'été

- Capacité thermique massique meilleure
  - **Forte inertie thermique**
  - **Meilleur déphasage thermique**
  - **Amélioration du confort ressenti en été**
- Perméabilité à la vapeur d'eau pour les **bâtis anciens**
- Très bonne capacité hygroscopique en retardant l'apparition du point de rosée
- En priorité en toiture et en façade sud
- Inertie thermique du mur conservée avec l'isolation par l'extérieur

Rafraichir en période de canicule sans climatiseur en isolant avec des matériaux à forte inertie thermique, qui permettent idéalement un **déphasage de 10-12 h** + Ventilation nocturne

Utiliser des protections solaires

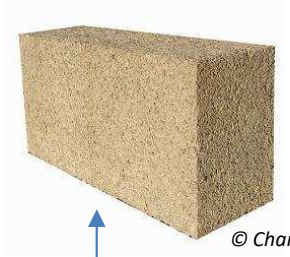
Maison Feuillette à Montargis, octobre 2020
Raphael Pauschitz / Topophile 10/2020

Ecole maternelle des Boutours de Rosny-sous-Bois (2017)

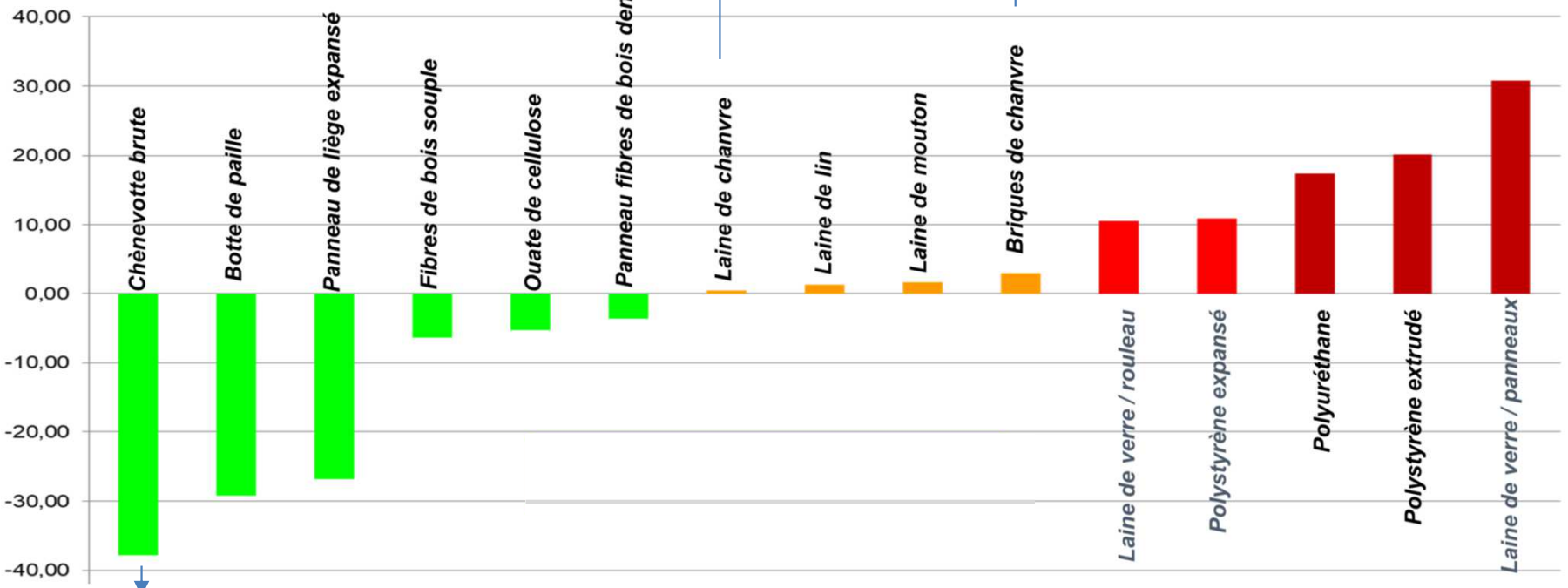
Pour des bâtiments bas carbone végétalement sobres en énergie

Un bilan carbone favorable des matériaux isolants biosourcés

kgCO_2e/m² avec épaisseur permettant d'atteindre R_{th} = 5 m².K.W^{-1} et pour une durée de vie de 50 ans



© Chanvribloc



https://associationarcanne.com/ressources/materiaux-biosources/ *d'après Baubook 2017 (Autriche) avec mix-européen*

© HA Segalen

10 % de matériaux biosourcés en 2019, soit 975 000 tCO_2e captés par photosynthèse (11,7 tCO2e/an/hab en France => Empreinte carbone de 83 300 hab ~ ville de Versailles)

Exemple du chanvre, très bon isolant thermique et acoustique

- Facile à cultiver : plante annuelle à croissance rapide, sans produits phyto, avec peu d'engrais, sans irrigation, résistante aux canicules
- Idéal en assolement pour rompre le cycle des maladies et adventices
- **Excellente pompe à nitrate**
- > 1400 cultivateurs en France => 1er producteur européen, 2ème au niveau mondial
- **Culture en IdF** (ex. : Planète Chanvre fédère 100 producteurs franciliens)
- Plante entièrement valorisable

Cannabis sativa l. avec THC (TétraHydroCannabinol) < 0,2 %

- Naturellement fongicide et antibactérien
- Bonne résistance aux rongeurs, insectes et autres nuisibles

- Très bonne perméabilité à la vapeur d'eau.
- **Hydro- et thermorégulateur** mais putrescible si dégât des eaux prolongé
- Traitement aux sels de Bore car inflammable mais pas de dégagement toxique en cas d'incendie
- Hypoallergénique

- Facile à poser avec des outils adaptés car difficile à couper
- Recyclable

- Plus cher que la laine de verre ou de roche mais coût final proche des laines minérales avec la main-d'œuvre (laine = 50-60 % du coût)

Exemple du chanvre, très bon isolant thermique et acoustique

© AKTA

Isolation béton de chanvre rue des Artistes Paris 14ème

http://www.chaux-chanvre-terre-materiaux-isolation.com/galerie-photos/

50 m^3 de béton de chanvre représentent 1 ha de chanvre qui consomme 15 t de CO_2 (contre 2,2 t pour 1 ha de maïs). De plus, lors de la prise de la chaux, la réaction de carbonatation continue d'absorber du CO_2

http://www.vegetal-e.com/fr/actu_4944/le-college-vitry-sur-seine-premier-equipement-public-a-integrer-du-beton-de-chanvre-structurel.html (20/03/20)

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

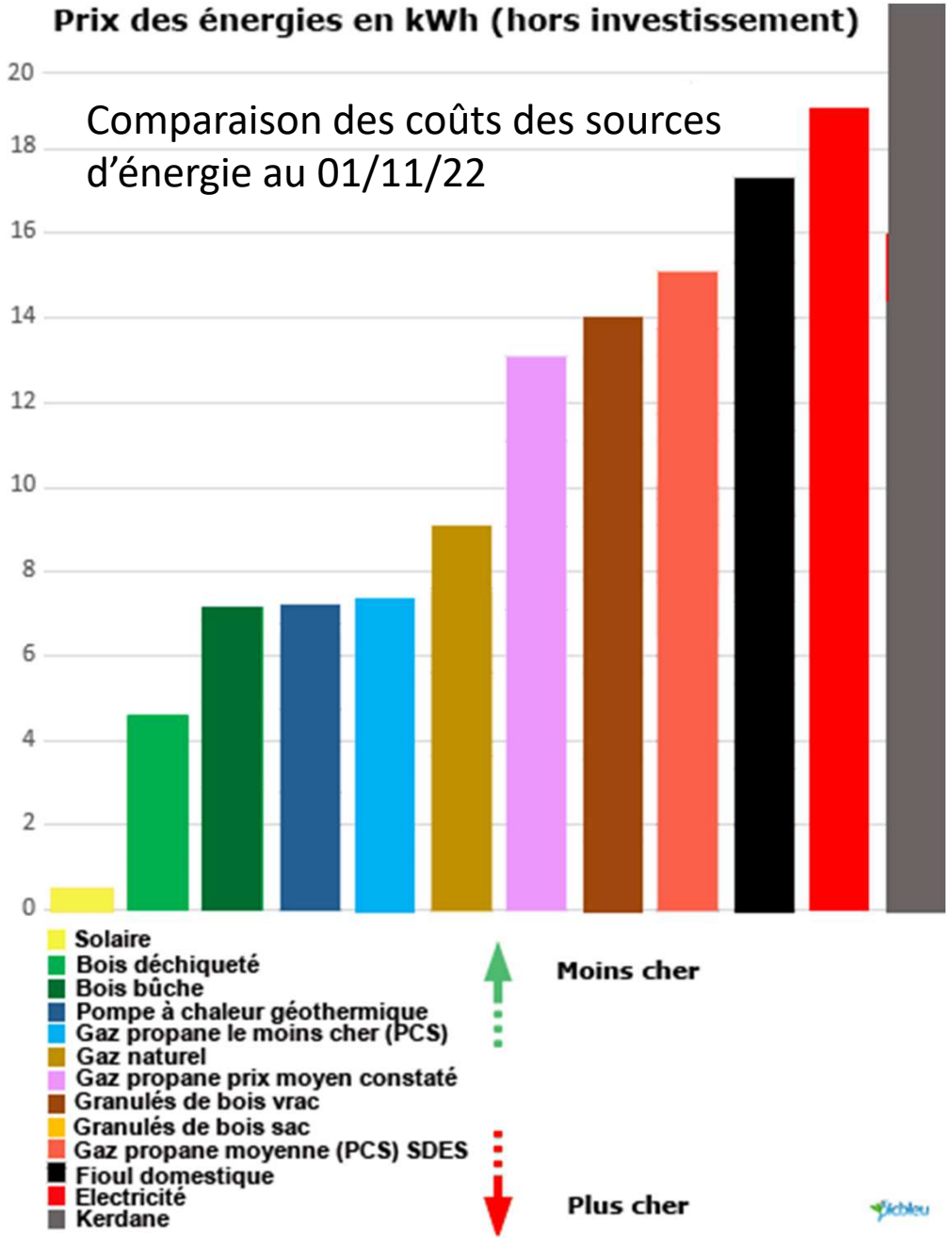
Chauffage = poste le plus énergivore et coûteux

Ordre décroissant en coûts :

Solaire thermique

Bois déchiqueté

- Photovoltaïque
- PAC Géothermique
- Chauffage urbain
  - Bois bûches
  - Granulés
  - PAC Air-eau
  - Gaz
    - Fuel
    - Electricité



Quel mode de chauffage frugal choisir ?

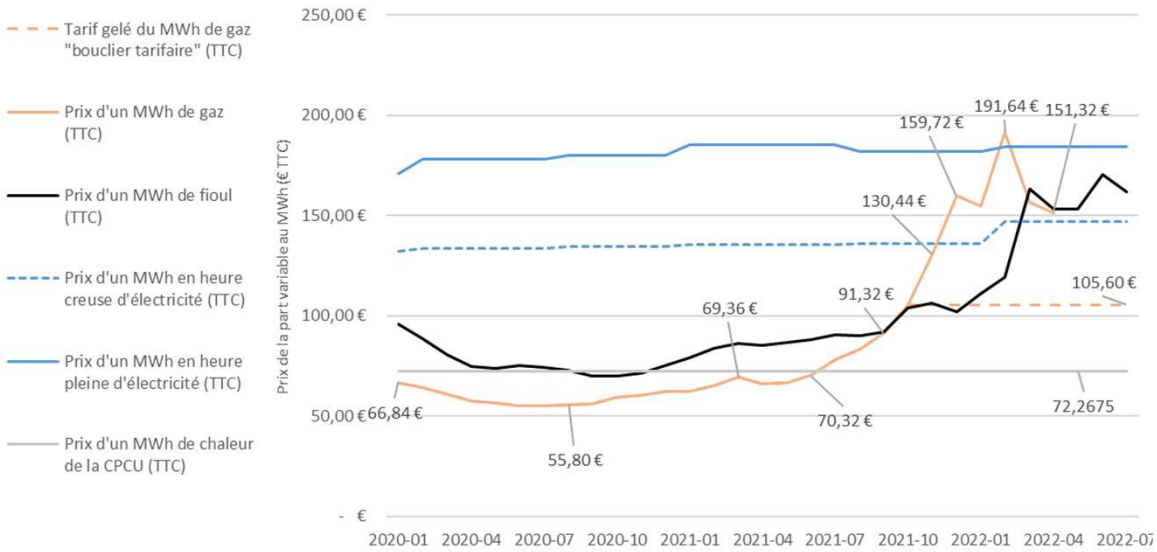
Comparaison des coûts des sources d'énergie au 01/11/22

Tableau d'équivalences pour 10000 kWh (1er novembre 2022) TTC hors abonnement éventuel

Solaire	Bois déchiqueté	Bois bûche	Pellet vrac	Pellet sac	Gaz propane	Gaz naturel	Fioul domestique	Electricité
10000 kWh = 0 euros	10000 kWh = 420 euros	10000 kWh = 715 euros	10000 kWh = 1280 euros	10000 kWh = 1458 euros	10000 kWh = 1295 euros	10000 kWh = 1129 euros	10000 kWh = 1604 euros	10000 kWh 1876 euros
3.5 t = 15 m3 (1)	2.45 t = 5 stères (2)	2 t = 3 m3	2 t = 3 m3	724 kg (3)	1000 m3	1000 litres	10000 kWh	
1 kg = 2.20 kWh PCI à 2.80 kWh PCI	1 kg = 4.08 kWh PCI	1 kg = 4.90 kWh PCI	1 kg = 4.9. kWh PCI	1 kg = 13.800 kWh PCS	1 m3 = 10 kWh PCI	1L = 9.90 kWh PCI		

(1) Taux humidité 40% (2) L'unité stère a été remplacée par le M3. PCI bois dur (charme, chêne, érable, eucalyptus, frêne, hêtre, orne) sec avec transport.
(3) Prix moyen relevé chez les propaniers. N.B. Le pellet (nom d'origine anglaise) est le terme qui désigne le granulé de bois.

picbleu



Prix du MWh de gaz de plus en plus proche de celui du fioul et de l'électricité

APC 10/11/22 : Marché au détail du prix des énergies, CRE&SDES, 2022 & Tarif de vente, CPCU, 2020

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Impact de ces sources d'énergie en termes d'émissions de GES

Le bois est considéré comme neutre si replantation or le temps pour restocker autant de carbone issu du gaz carbonique par photosynthèse est très long et soumis aux aléas climatiques et sanitaires

=> **Il vaudrait mieux s'isoler avec du bois** (fibres ou laine) plutôt que de le brûler pour se chauffer

Energie	PCI (kWh/kg)	Densité kg/m3	Emissions g CO2/kWh PCI
Fioul	11,7	845	**324**
Gaz naturel	8,8	0,654	**227** PCS : 205
Méthane CH4		0,67	15,42
Biométhane filière STEU injecté dans réseau			16,4 PCS : 14,7
Biométhane injecté dans le réseau			39,5-44,4
Propane	12,8	538	270
Biopropane		2,009	Colza : 142 Palme : 71-84 Tournesol : 96
Butane	12,7	538	273
Charbon à coke (houille, lignite) ou à vapeur ou aggloméré de houille	8,9		377
Charbon	7,6-9,1		400
Bois (20 % humidité)	3,9		**29,5**
Granulés bois 8 % HR	4,6-4,9		**11,3**
Bois, biomasse - Granulés (pellets) ou briquettes (8 % humidité)			**30,4**
Bois, biomasse - Plaquettes forestières (25% humidité)			**24,4**
Réseau de chaleur			151
Electricité	*1,0*		**72,1**
Électricité, usage chauffage			**79**
Électricité, autres usages			**64**
Électricité d'origine renouvelable utilisé en autoconsommation			0
Solaire PV			43,9 fab.en Chine **32,3** fab. en Europe **25,2** fab. en France
Eolien terrestre			14,1
Eolien marin			15,6

PCI Pouvoir Calorifique Inférieur
= Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète sans récupérer la chaleur des fumées

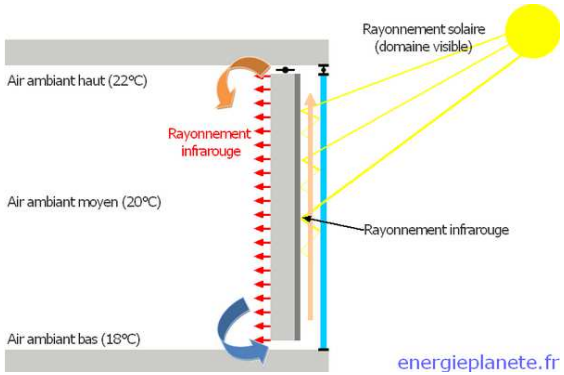
Quel mode de chauffage frugal choisir ?

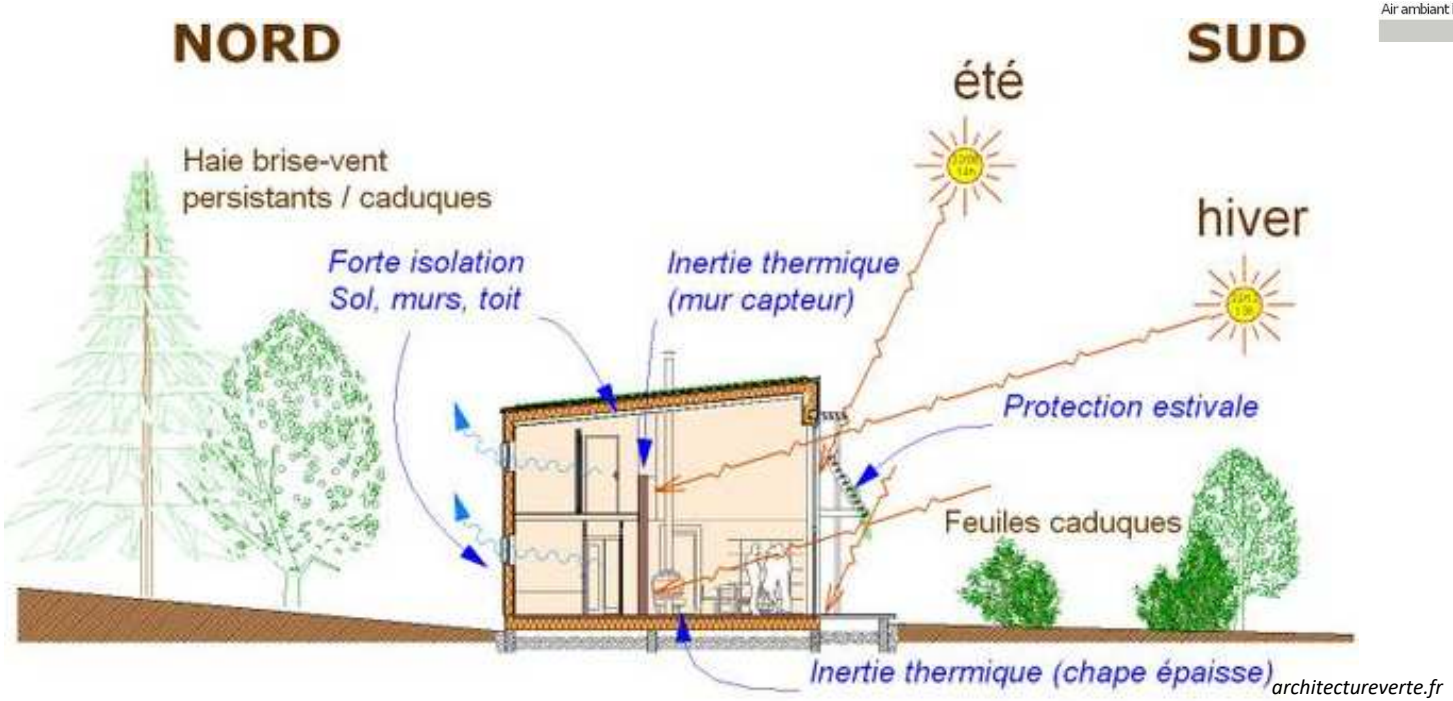
Chauffage solaire passif

- Règle du bioclimatisme : 7-12 % de la surface totale d'une maison en parois vitrées orientées sud
- Rénovation globale en passif pour limiter fortement les besoins de chauffage

=> Forte isolation des parois opaques + Ventilation contrôlée + Comportement adapté des occupants

- Serre bioclimatique
- Mur en brique ou en terre crue (pisé) à l'intérieur constituant une masse thermique
- Mur Trombe →



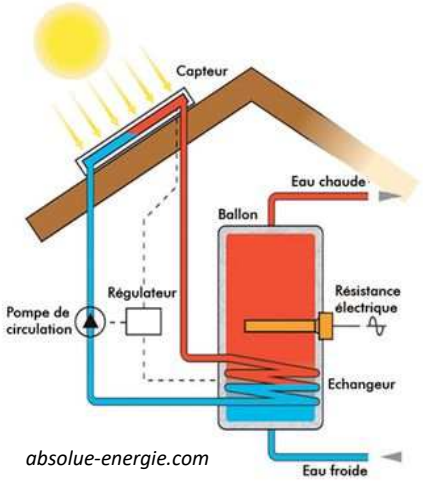


Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Panneaux solaires

- Capteur solaire à air (inspiré du mur Trombe)
- **Solaire thermique** : chauffage d'un ballon d'eau avec un fluide caloporteur dans un serpentin dans le panneau => ECS, voire chauffage au sol et radiateurs à basse température mais a priori pas assez d'ensoleillement en IdF
- **Solaire photovoltaïque** : production d'électricité utilisable en autoconsommation avec vente du surplus sur le réseau. Stockage dans des batteries peu pertinent, plutôt privilégier le chauffage d'un grand ballon d'eau (1000 l) qui constitue une forme de stockage d'énergie plus écologique (4185 J/kg.K)
  - Prime à l'autoconsommation de l'ANAH
  - Panneaux recyclables à 95 % (filière Soren)
  - Neutralisation du coût carbone en 3 ans *(ADEME)*
- Solaire hybride ou aérovoltaïque, produisant de la chaleur et de l'électricité, mais encore coûteux

captairsolaire.com



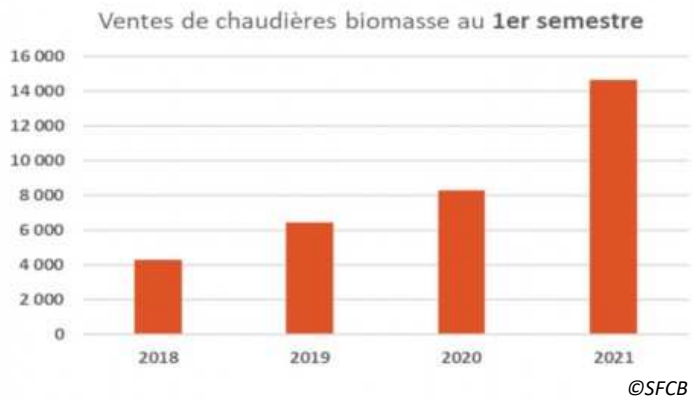
absolue-energie.com

© Biosolar roofs

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Chauffage au bois

Dû au recul du fuel et aux aides financières :
+ 150 % d'installation de **chaudières au bois** entre le 1er semestre 2019 et celui de 2021
+ 70 % entre 1er semestre 2021 et celui de 2022,
=> Forte demande pour des poêles et chaudières à bûches, et encore plus à granulés



©SFCB

Poêle-bouilleur : poêle à bois comportant un circuit d'eau alimentant, en principal ou en appoint à une autre énergie, un système de chauffage central

©Stovax

Mais :
Augmentation du prix du bois de chauffage et des **difficultés d'approvisionnement** en France (notamment en granulés), le nombre de scieries ayant chuté de près de 80 % depuis 1996

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Ile-de-France

		Paris	Zone sensible (hors paris)	Hors zone sensible
Foyers ouverts	Chauffage principal	**Interdit**	**Interdit**	**Interdit**
	Chauffage d'appoint ou agrément	**Autorisé**	**Autorisé**	**Autorisé**
Equipements existants à foyer fermé	Chauffage principal	**Autorisé** si poussières ≤ 16 mg/m³ à 13 % d'O_2	**Autorisé**	**Autorisé**
	Chauffage d'appoint ou agrément	**Autorisé** si rendement ≥ 65 %	**Autorisé**	**Autorisé**
Equipements neufs a foyer fermé	Chauffage principal	**Autorisé** si poussières ≤ 16 mg/m³ à 13 % d'O_2	**Autorisé** si Flamme Verte 5* ou équivalent	**Autorisé**
	Chauffage d'appoint ou agrément	**Autorisé** si Flamme Verte 5* ou équivalent	**Autorisé** si Flamme Verte 5* ou équivalent	**Autorisé**

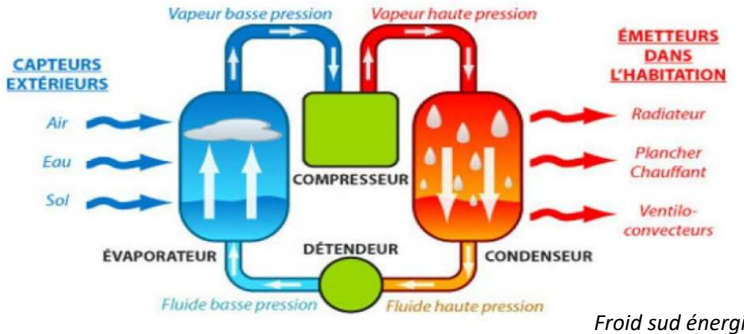
Source : DRIEE-IF – janvier 2015

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Pompe à Chaleur (PAC)

Plus l'écart de température entre la source chaude et la source froide est faible, plus la performance de la PAC sera élevée => Ne pas l'installer au nord

Niveau d'émissions CO_2 10 à 15 fois moins élevé que celui de la chaudière gaz *EDF*



Froid sud énergie

Mais :

- Vente en forte hausse => Contribution à la forte croissance de la consommation électrique en général en incluant les nouveaux modes de transport, le développement de la production d'hydrogène, la réindustrialisation de la France, l'usage exponentiel du numérique… alors que nous avons de plus en plus de problèmes de maintenance des centrales nucléaires
- Forte augmentation du prix de l'électricité
- Pas vraiment adapter avec radiateurs à haute température (80-90°C)
- Forte **baisse de rendement en période de grand froid** (< 4-5°C) + Défaut de dimensionnement
  => Chauffage d'appoint à envisager
- **Nuisance sonore** résiduelle pour les quartiers denses malgré les progrès réalisés, souvent liée à des défauts d'installation ou à certains modèles => De plus en plus de plaintes.
  => Viser des modèles < 40-45 dB au niveau de l'unité extérieure
- Dispositif réversible pour produire du froid l'été énergivore et contribution aux Îlots de Chaleur Urbains en zone dense

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Pompe à Chaleur (PAC)

Mais :

- Risque de fuites de fluides frigorigènes à fort PRG jusqu'à 4000 fois plus que celui du CO_2
- Durcissement de la réglementation sur les fluides frigorigènes
- Gaz R32 (depuis 2016) nettement moins impactant que les gaz R22 et R410A sur la diminution de la couche d'ozone et sur le réchauffement climatique.
- Recherches en cours pour utiliser le CO_2 comme gaz.

=> Bien isoler avant d'investir dans une PAC
=> Être vigilant sur le type de modèle, l'installation et le SAV

PAC Hybride : combinaison de 2 équipements très performants : PAC air-eau + chaudière à haut rendement de type « à condensation » au fioul, gaz ou bois.
Couplage possible avec des panneaux solaires

Calendrier d'interdiction d'usage de certains fluides

1er janvier 2020 GWP > 2500	1er janvier 2025 GWP > 1500	1er janvier 2030 GWP > 150
R 404A	R 407	R 32
R 422	R 407C	R 134A
R 422A	R 407F	R 448A
R 507	R 410A	R 449A
R 422D	R 452A	R 450A
–	–	R 513

Immeuble récent à Nanterre (09/2020)

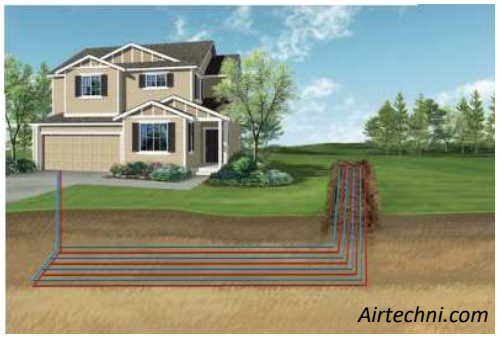
PRG Potentiel de Réchauffement Global
GWP Global Warming Potential

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

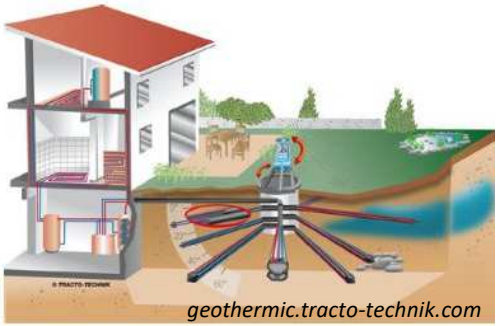
Géothermie de surface (horizontale ou verticale peu profonde)

- Indépendance énergétique
- Indépendant des variations climatiques (disponible en permanence)
- Pas de transport
- Pas de gestion du stock d'énergie
- Acceptabilité sociale : pas d'impact visuel et pas de bruit
- Accord de l'administration plutôt facile
- Technologies éprouvées et pérennes
- Pas de risques si réalisée par des pro qualifiés
- Couplage possible avec panneaux solaires
- Forage possible à partir des parkings en sous-sol
- Impact environnemental très faible (5 fois moins que le gaz et 7 fois moins que le fuel)
- Coûteux mais aides financières

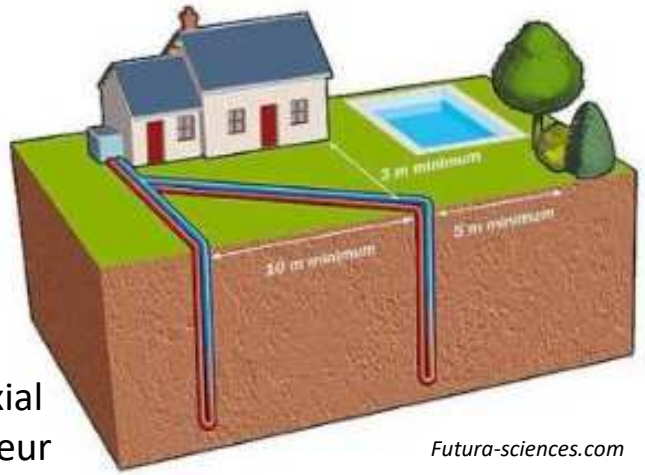
Capteurs horizontaux
0,5 à 1,5 m de profondeur



Sondes obliques
30 à 150 m de profondeur



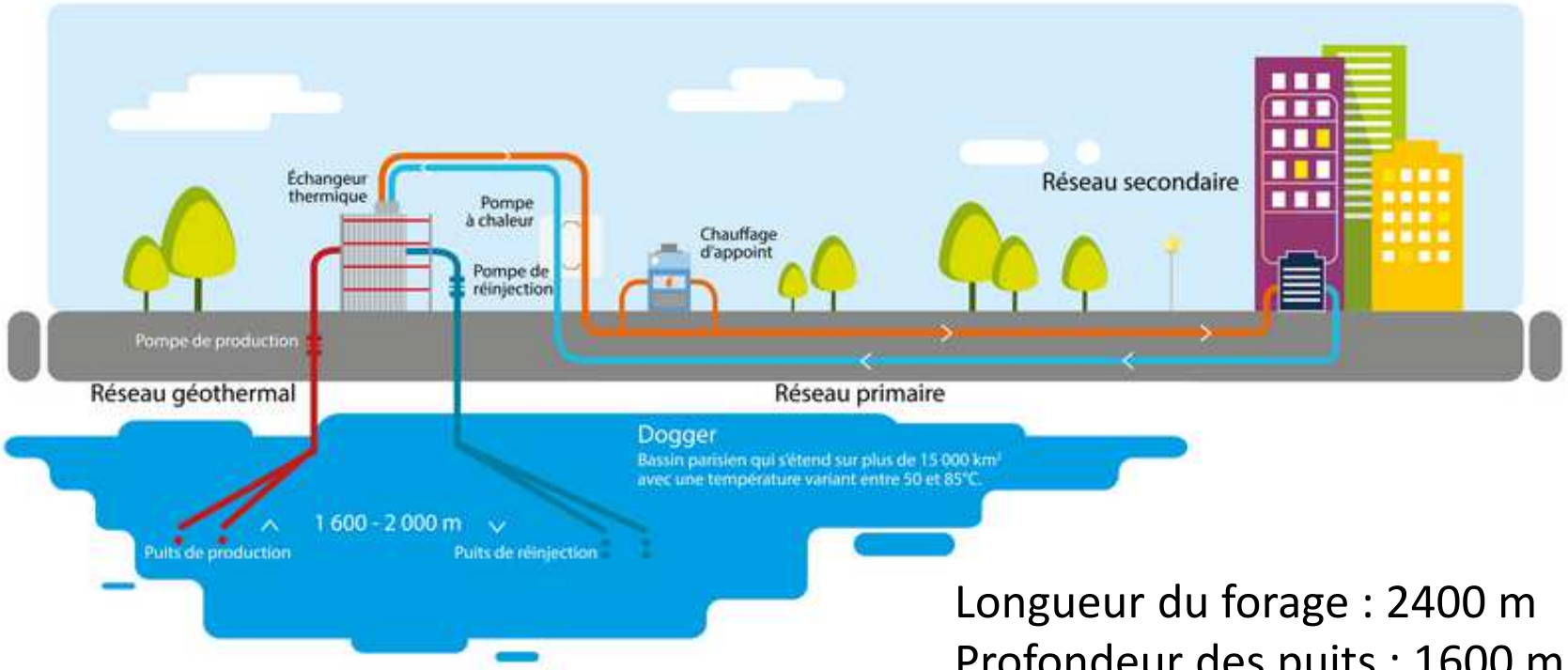
Sondes Géothermiques Verticales en U ou coaxial
30 à 200/300 m de profondeur



Quel mode de chauffage frugal choisir ?

Géothermie profonde à Vélizy-Villacoublay : projet VELIGEO

Première réalisation en Europe, cofinancée par la Ville, la Région, ENGIE et l'ADEME et livrée fin 2021



https://www.rezomee.fr/velizy-reseau-chaleur/veligeo

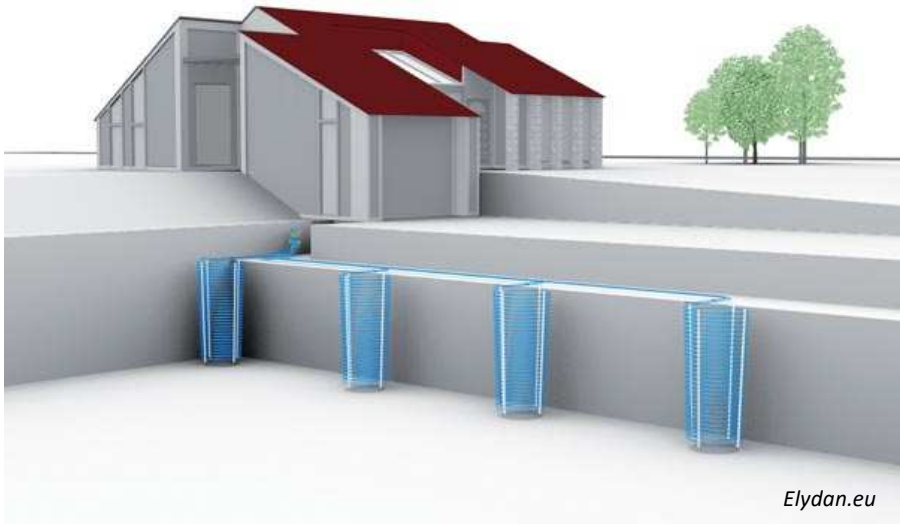
Longueur du forage : 2400 m
Profondeur des puits : 1600 m
Puissance installée : 16 MW
Température de l'eau puisée : 64°C
Emissions évitées : 22 801 tCO_2 /an
Investissements : 25 M€

Quel mode de chauffage frugal choisir ?

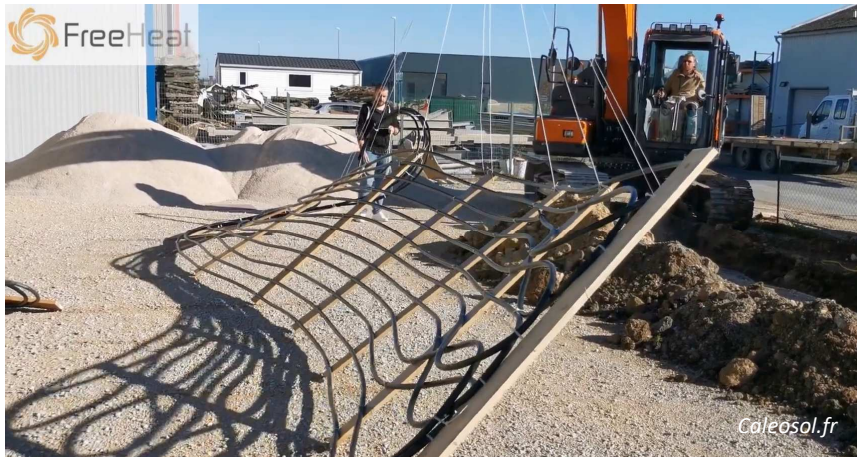
Géothermie de surface (horizontale ou verticale peu profonde)

Corbeilles géothermiques

- Avec une PAC eau-eau qui dure 20-25 ans
- Faible emprise au sol : tubes spiralés en PE à 2 à 4 m de profondeur (pelle de 15 t suffisant)
- Accessible pour des maisons (3-4 corbeilles distancées de 3 à 5 m pour 100 m²)
- 1000-2000 kWh/an selon humidité du sol
- Terrain sans sable, pierres et cours d'eau à proximité

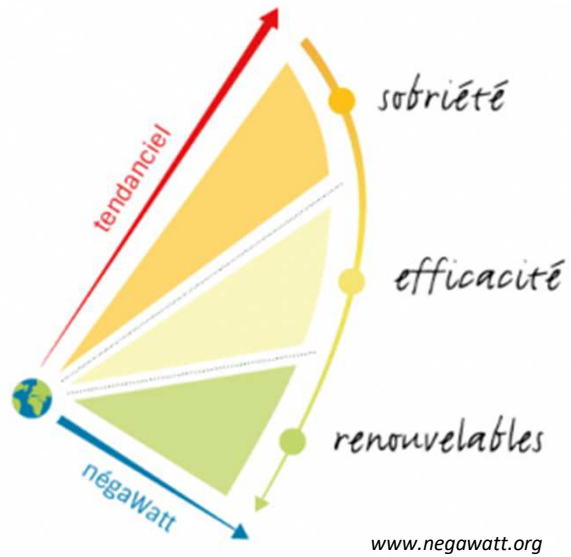


Ou murs géothermiques :



Quel mode de chauffage frugal choisir ?

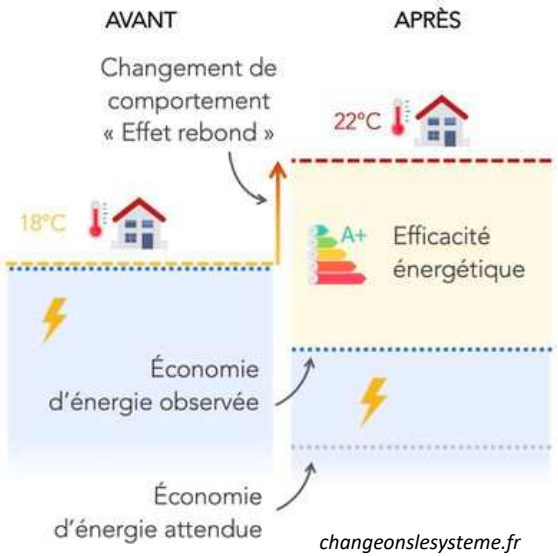
- Ne pas s'acharner sur la recherche de performances thermiques mais mieux gérer les calories sans se livrer à une débauche de solutions high tech, pas toujours facilement transmissibles aux occupants suivants
- **Commencer par isoler thermiquement** avant de changer le mode de chauffage
- **Adapter nos comportements** à l'usage et aux besoins d'énergie de nos logements, incluant l'eau chaude sanitaire
- Ne chauffer que les espaces occupés
- Ne pas contribuer à l'effet rebond mais plutôt à l'effet débond



www.negawatt.org

<u>Effet rebond</u> : basé sur le paradoxe de Jevons (1865), qui énonce que tout progrès dans l'efficacité énergétique se traduit par une hausse des consommations

<u>Effet débond</u> : consiste à profiter des gains d'efficacité en réduisant les besoins



changeonslesysteme.fr

www.incub.net

Des écogestes pour réduire la facture de chauffage l'hiver

- Limiter la présence d'humidité qui augmente le ressenti du froid (40-60 %, idéalement 50-55 %) => **Traiter les pbs d'humidité en priorité** (remontés capillaires, infiltration…)
- Installer un **système de régulation du chauffage** avec une horloge de programmation si inexistant et régler à 19°C dans les pièces occupées, 17°C la nuit et dans les pièces inoccupées
- Remplacer des anciens convecteurs électriques par un **émetteur radiant** (rayonnant) électrique à régulation électronique à fonctions avancées
- Installer des **robinets thermostatiques** sur chaque radiateur (sauf 1) + Dépoussiérer (climatiseurs aussi) + Installer des **réflecteurs de chaleur** derrière
- Si pb de pièces surchauffées, purger les radiateurs et faire vérifier l'équilibrage des colonnes de chauffage dans un immeuble collectif. Si besoin, désembouer pour mieux réguler la température
- **Capter la chaleur du soleil** avec les fenêtres
- Ajouter des joints d'étanchéité à l'air si fuites au niveau des fenêtres
- Fermer les volets ou les stores la nuit ou à défaut rideaux épais, voire thermiques, sans recouvrir les radiateurs

Des écogestes pour limiter la chaleur l'été

Beaucoup de nos bâtis avec des grandes parois vitrées or non adaptées à ces vagues de chaleur. **Combles aménagés** notamment avec des fenêtres de toit sans store (Velux) surchauffés l'été voire **inutilisables lors de canicules** => Lucarnes pour limiter cette surchauffe

- Limiter l'usage d'appareils électriques dégageant de la chaleur
- Empêcher la chaleur de rentrer en fermant les volets, les stores si fort ensoleillement
- Mettre des **protections solaires** devant les baies vitrées notamment sur les façades sud et ouest : stores, plus efficaces à l'extérieur, pare-soleil, auvents voire des brise-soleils orientables, pergola avec des plantes grimpantes à feuilles caduques
- Suspendre devant une fenêtre un drap humide qui trempe en partie dans un récipient d'eau
- Planter si possible un ou des arbres ou arbustes feuillus devant les baies vitrées au sud et surtout à l'ouest

Disparition des volets avec le temps…

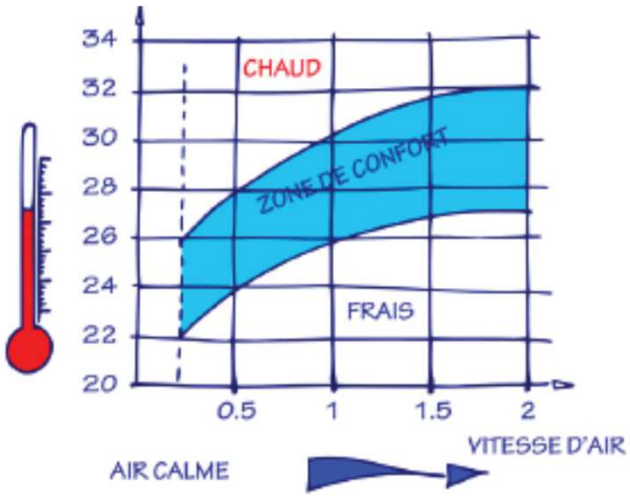
*Rue Boulanger Paris X*ème *(M. Benard APC Salon Pro Rafraichissement 24/06/19)*

Des écogestes pour limiter la chaleur l'été

- **Surventiler la nuit** en créant un courant d'air traversant avec les fenêtres ouvertes, à refermer le matin dès que $T_{ext} > T_{int}$
- **Eviter les climatiseurs,** qui sont énergivores et contribuent aux îlots de chaleur urbains
- Utiliser un brasseur d'air fixé au plafond, un système de refroidissement adiabatique ou un ventilateur sur pied (mais moins efficace et plus bruyant) et suspendre un linge humide à côté
- Rafraichir à **26°C au plus bas** si utilisation d'un climatiseur et **pas plus de 5-7°C de différence entre l'intérieur et l'extérieur**
- Peindre de couleur claire et réfléchissante la toiture-terrasse si pas possible de la végétaliser
- Utiliser des revêtements de façade clairs lors d'un ravalement (est et ouest en priorité)

Immeuble récent à Nanterre (09/2020)

Courant d'air de **0,5 à 1,5 m/s par ventilation naturelle** ou avec un brasseur d'air pour baisser la température ressentie de 4-5°C
Gène pour les occupants au-delà de 2,5 m/s



J. Gandemer La ventilation naturelle en pratique 2015

Des écogestes pour réduire ses autres consommations d'énergie

- Ne pas coller les bureaux au mur ext. (limite effet de paroi)
- Régler la **température du chauffe-eau à 55°C**
- **Calorifuger** les tuyaux d'eau chaude
- Isoler davantage le ballon d'eau chaude si dans une pièce froide
- Eteindre la VMC si absence > 4 j si absence de problèmes d'humidité
- Eteindre complètement les appareils électriques/ électroniques non utilisés, notamment la nuit pour les équipements informatiques (coût de la mise en veille jusqu'à 80 €/an)
- Lors du rachat d'un appareil, cibler les modèles les moins énergivores
- Aménager les espaces de travail et de lecture pour optimiser l'utilisation de la lumière naturelle
- Conduit de lumière pour pièces aveugles

Calorifugeage

Isolant ballon d'eau chaude matelassé (Manomano)

Qualité de l'air important : Contrôler éventuellement avec un moniteur mesurant les taux d'humidité, de CO_2, COV et autres polluants pour vérifier que l'air est suffisamment renouvelé

Ne pas négliger l'entretien du système de ventilation (test du papier fin)

Des aides pour la rénovation énergétique

Plan FRANCE RELANCE

- MaPrimeRénov', lancée en janvier 2020 pour les ménages modestes et très modestes **accessible à tous depuis le 01/10/20** + Surprimes si niveau BBC atteint, bouquet de travaux ou sortie des classes F et G
- Incitation du Ministère de la transition écologique à recourir aux **matériaux de construction biosourcés**
- Volonté de donner la **priorité à la rénovation globale** permettant d'améliorer réellement l'efficacité énergétique (min -55 % de consommation en énergie primaire pour les maisons, -35 % pour les copro) et de progresser de plusieurs classes sur le DPE => Audit énergétique recommandé ou Diagnostic Technique Global pour une copro avec établissement d'un plan pluriannuel de travaux .

Attention aux **arnaques**, notamment avec l'isolation ou l'installation d'une PAC à faible coût
Démarchage téléphonique interdit depuis 01/09/20
Baisse des aides pour l'ITE à cause des fraudes (BatiActu 05/10/20)

Les échos 13/07/20

ITE Isolation Thermique par l'Extérieur

Des aides pour la rénovation énergétique

Travaux éligibles, réalisés par un professionnel qualifié RGE :

- Isolation des combles ou toitures, murs, toitures-terrasses
- Pose de chauffe-eau solaires collectifs, de PAC et de chaudières biomasse collectives
- Ventilation mécanique
- Raccordement d'un bâtiment tertiaire à un réseau de chaleur ou à un réseau de froid
- Installation de systèmes de régulation/programmation du chauffage et de la ventilation

MaPrimeRénov' cumulable avec des CEE et des aides des collectivités territoriales

Pour bénéficier des aides, ouvrir un dossier sur https://www.maprimerenov.gouv.fr

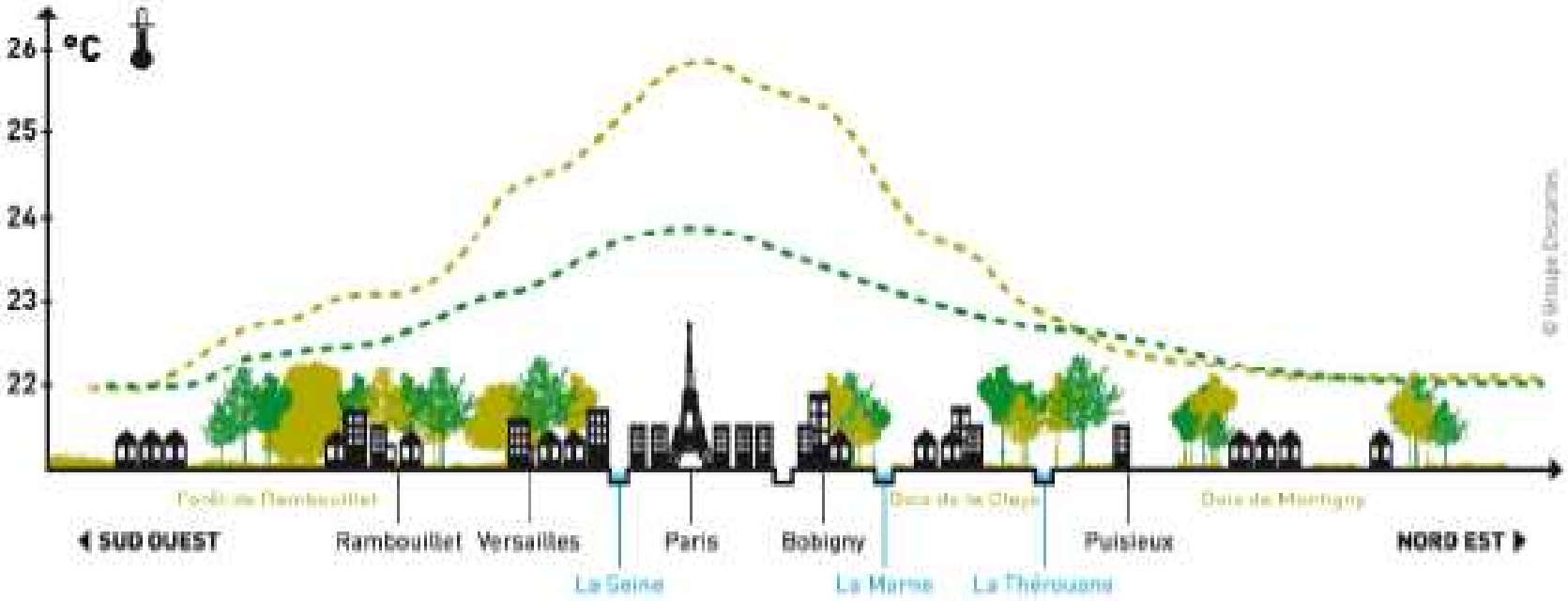
Surtout ne pas signer les devis des artisans RGE, avant d'avoir l'accord de France Rénov'

Foyers modestes et très modestes obligatoirement accompagnés par un opérateur de l'ANAH ou sous-traités à Citémétrie pour les Yvelines https://monprojet.anah.gouv.fr/

Matériaux d'isolation thermique des parois opaques	Caractéristiques et performances
Planchers bas sur sous-sol, sur vide sanitaire ou sur passage ouvert	R ≥ 3 m² K/W
Murs en façade ou en pignon	R ≥ 3,7 m² K/W
Toitures-terrasses	R ≥ 4,5 m² K/W
Planchers de combles perdus	R ≥ 7 m² K/W
Rampants de toiture et plafonds de combles	R ≥ 6 m² K/W

RGE : Reconnu Garant de l'Environnement
CEE : Certificats d'Economie d'Energie

Intérêt de végétaliser notre environnement urbain



Evolution de la température nocturne au-dessus de Paris et ses alentours lors d'une canicule

APC – Ilots de Chaleur Urbain

Canicule de 2003 :

- 17°C la nuit dans la forêt de Fontainebleau et le Parc du Vexin et 27 °C à Paris
- 20 000 décès surtout localisés dans des quartiers non végétalisés

25/07/19 : Record absolu avec 42,6°C à Paris

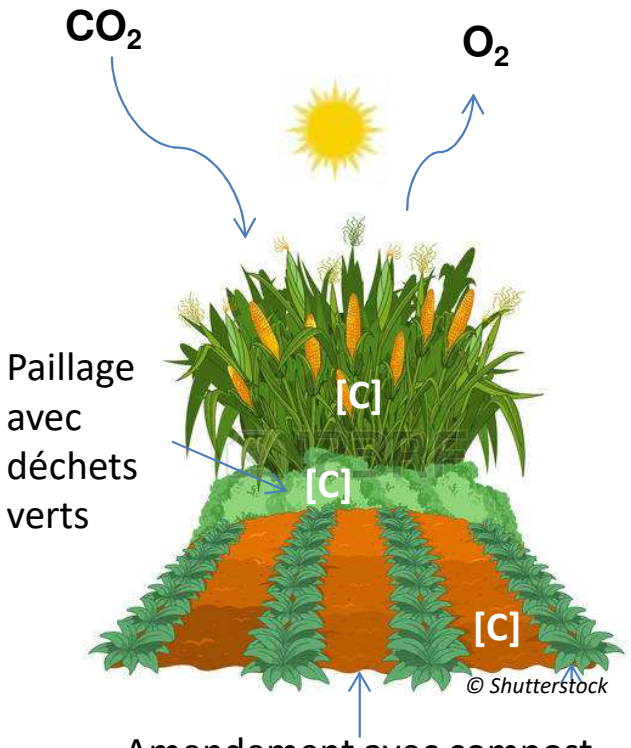
+0,3°C en moyenne en 10 ans à Paris

60 à 110 jours chauds prédits fin XXIème *(Météo France 30/06/20)*

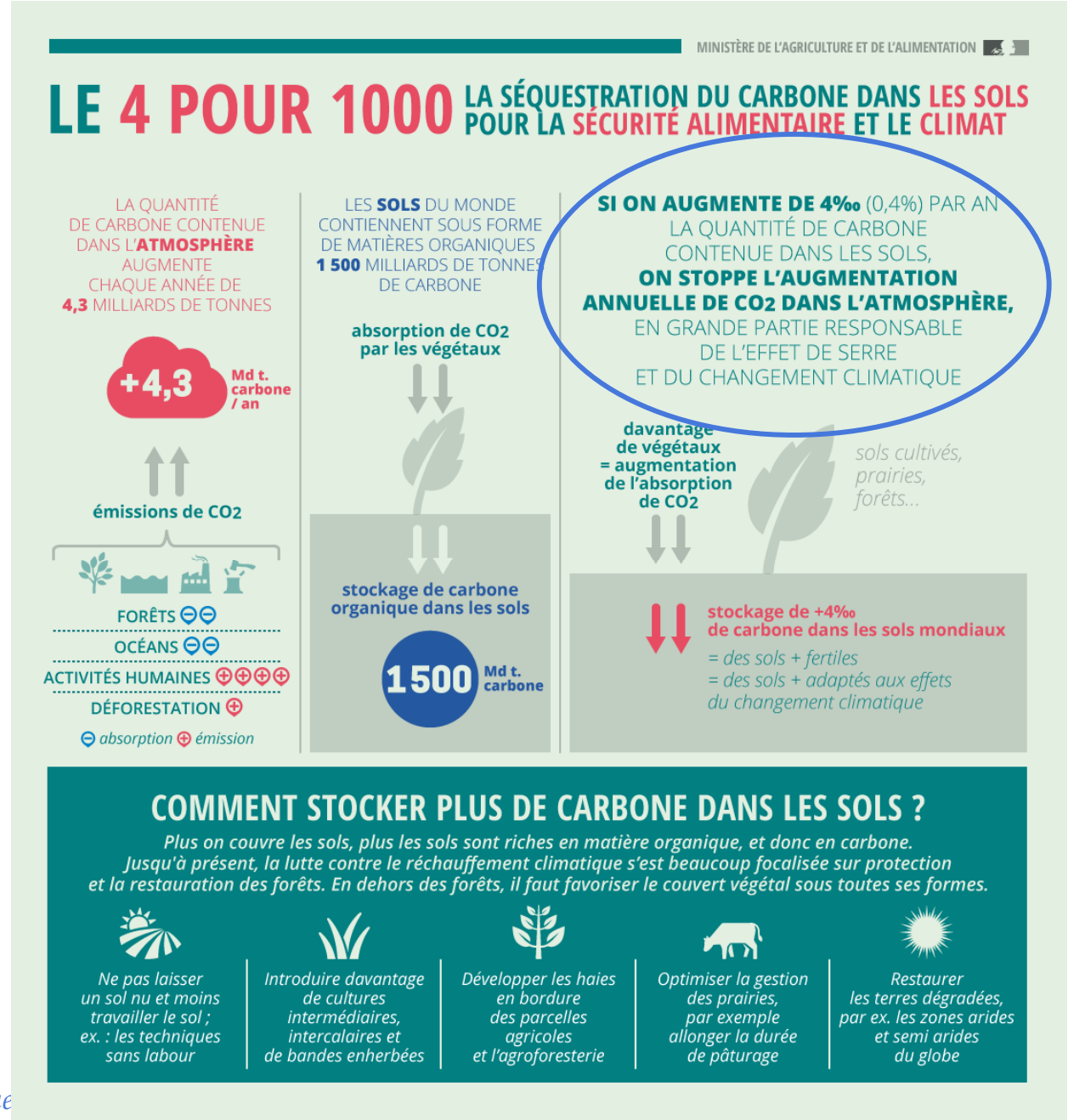
Intérêt de revitaliser nos sols

Programme 4/1000 du Ministère de l'Agriculture présenté à la COP21 Paris 12/2015 https://www.4p1000.org/fr

Cependant, en France, limitation à
+ 0,19 %/an (pays agricole)
=> Ne suffira pas !

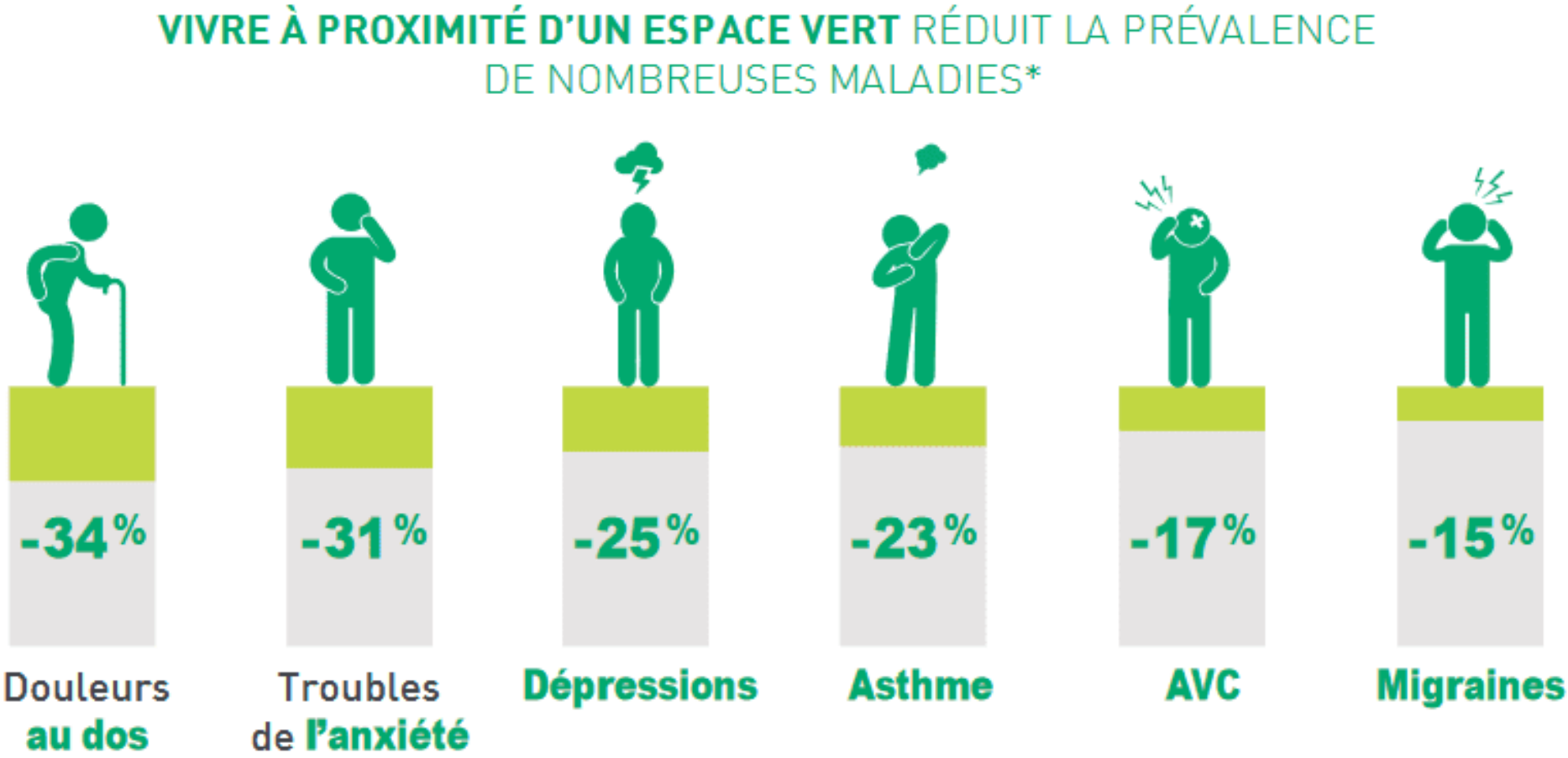


[C] : carbone stocké sous forme de composés cellulosiques



Pour des bâtime

Intérêt de végétaliser notre environnement urbain



La présence d'espaces végétalisés renforce notre système immunitaire, favorise les relations sociales, encourage l'exercice physique, atténue le stress, réduit la pollution et les Îlots de Chaleur Urbains…

Intérêt de végétaliser les toits

Exemple d'efficacité des toits végétalisés, démontrée avec une analyse thermique par thermographie infrarouge

Source : Blog Nature en toit - Présentation de Marc Barra Ecologue de l'ARB (31/10/18)

Toits à Chicago : 43°C de différence entre les toits végétalisés à gauche et ceux non végétalisés à droite et en bas de la photo

Nota : isolation avec du verre cellulaire à préférer aux isolants pétrochimiques ou minérales sur toits plats, les biosourcés n'étant pas autorisés

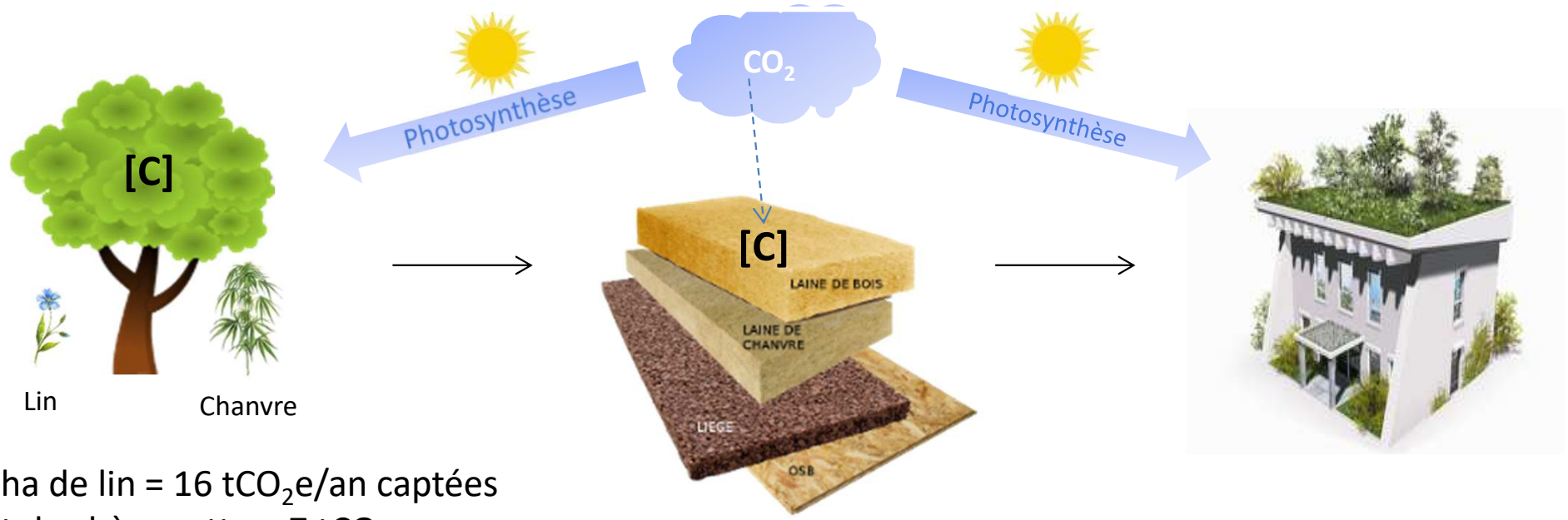
Intérêt d'isoler avec du biosourcé et de végétaliser

Séquestration du carbone issu du CO_2 atmosphérique dans les plantes, les arbres, les sols et les matériaux du bâtiment

1 m³ de bois (1 stère)
= 1 tCO_2e captée
= 0,25 tC stocké

= 1 AR Paris/New-York en avion
= 8 500 km en 4x4 en ville

Selon les matériaux, 1,3 à 1,8 $kgCO_2$ capté/kg de matière et seulement 1 % de la bioressource utilisée en France, sans conflit d'usage, excepté pour le bois *(KARIBATI 2020)*



1 ha de lin = 16 tCO_2e/an captées
5 t de chènevotte = 7 tCO_2e
(ARENE)

OSB : Oriented Strand Board ou panneaux de lamelles de bois orientées

Conclusions

Le secteur du bâtiment est un important contributeur en termes d'émissions (22 %) et de consommation d'énergie (46 %)

De nombreux bâtiments nécessitent une rénovation globale pour réduire les frais de fonctionnement et **améliorer le confort, notamment l'été**

Amélioration du confort et du bien-être des usagers des bâtiments

- Améliorer le ressenti en isolant avec des matériaux biosourcés qui ont de bonnes performances hygrothermiques, une bonne inertie thermique et un déphasage thermique permettant de réduire la température diurne à l'intérieur l'été
- Réduire les îlots de Chaleur Urbains en végétalisant pour une meilleure qualité de vie et de santé des habitants
- Limiter l'utilisation en forte croissance de systèmes de climatisation car la chaleur générée à l'extérieur empire la situation

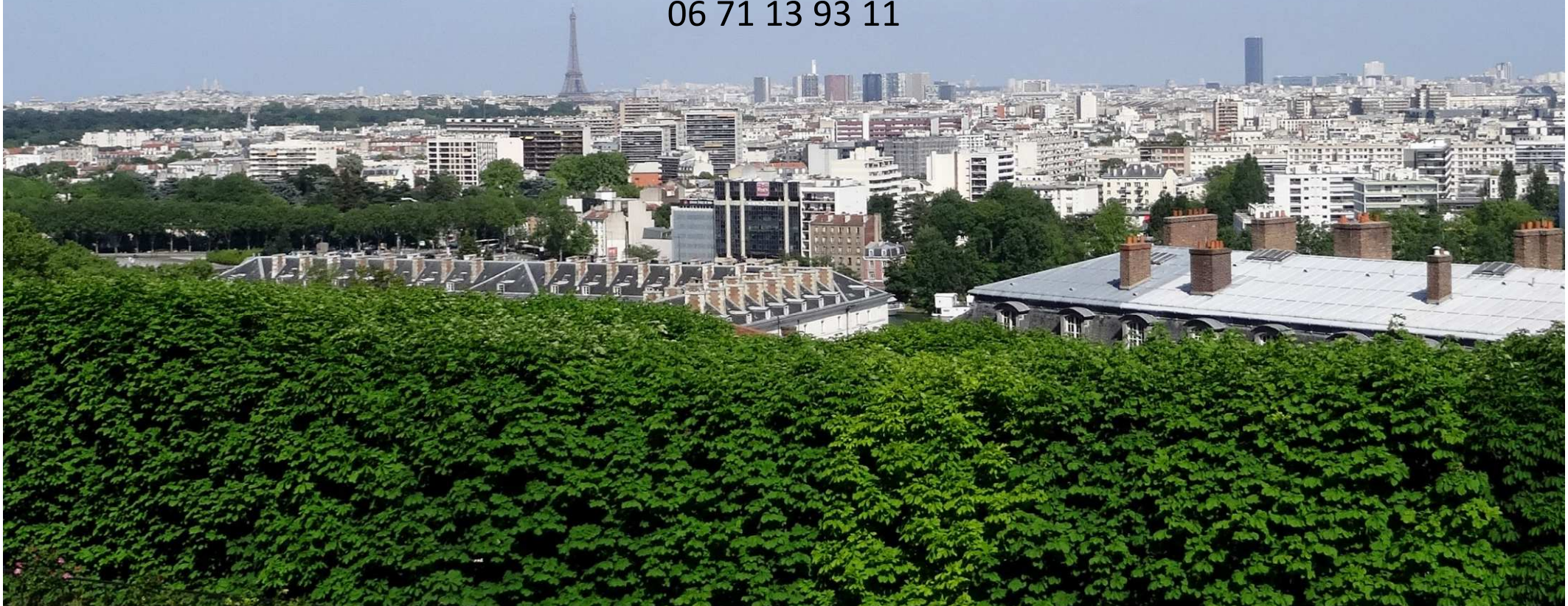
Contribution au stockage carbone biogénique dans les végétaux, les sols et les matériaux biosourcés

Contribution à la réduction de l'empreinte carbone du bâtiment et de ses usagers

« Va prendre tes leçons dans la nature,
c'est là qu'est notre futur »
Léonard de Vinci

TERRAVENIA

Merci pour votre attention et vos questions/commentaires

Isabelle.lombaert-valot@terravenia.fr

06 71 13 93 11