FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIES RENOUVELABLES

AUTOMNE 2023

Production et stockage de chaleur et d'électricité à base d'énergies renouvelables

Tour d'horizon des technologies existantes et de leur applicabilité au contexte bruxellois

David PLUNUS

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

écorce

OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Appréhender les différentes technologies de production et de stockage d'énergie renouvelable (ENR)

  ⇨ **Mettre en place une stratégie cohérente pour un projet immobilier défini**

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

STOCKAGE ELECTRICITE

PRODUCTION CHALEUR

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

- **Objectif**
- **Besoins**

PRODUCTION ELECTRICITE

STOCKAGE ELECTRICITE

PRODUCTION CHALEUR

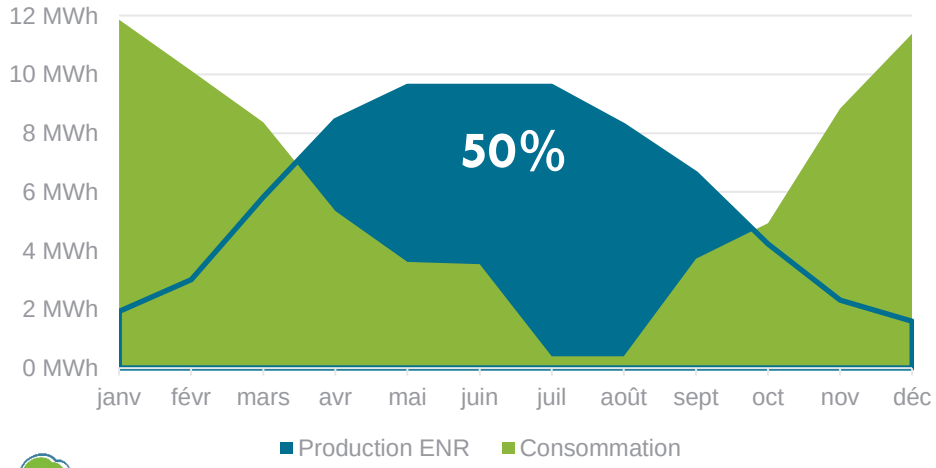
OBJECTIFS

Neutralité carbone en 2050 = recours massif aux Energies Renouvelables (ENR)

- Le système doit rester :
  - Soutenable financièrement
  - Equilibré entre production, consommation et capacité de stockage
    ➔ fin des systèmes « aveugles » comme les compteurs qui tournent à l'envers et les Certificats Verts (CV)
    ➔ passage à des systèmes maîtrisés en terme d'autoconsommation collective ou individuelle et de tarification - MIG6)

⇨ **Une estimation précise des besoins énergétiques au cours de l'année est indispensable**

Ecole 0 énergie « actuelle » :



OBJECTIFS

Sélection des systèmes de production ENR

- Sur base de leur adéquation technique
  - aux caractéristiques physiques du projet (toitures, espaces ouverts,…)
  - aux profil de consommation énergétique du projet

⇨ **Une bonne connaissance des technologies disponibles permet d'établir un projet cohérent**

Bâtiment Bruxelles Environnement

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

- **Photovoltaïque**
- Eolien
- Hydraulique

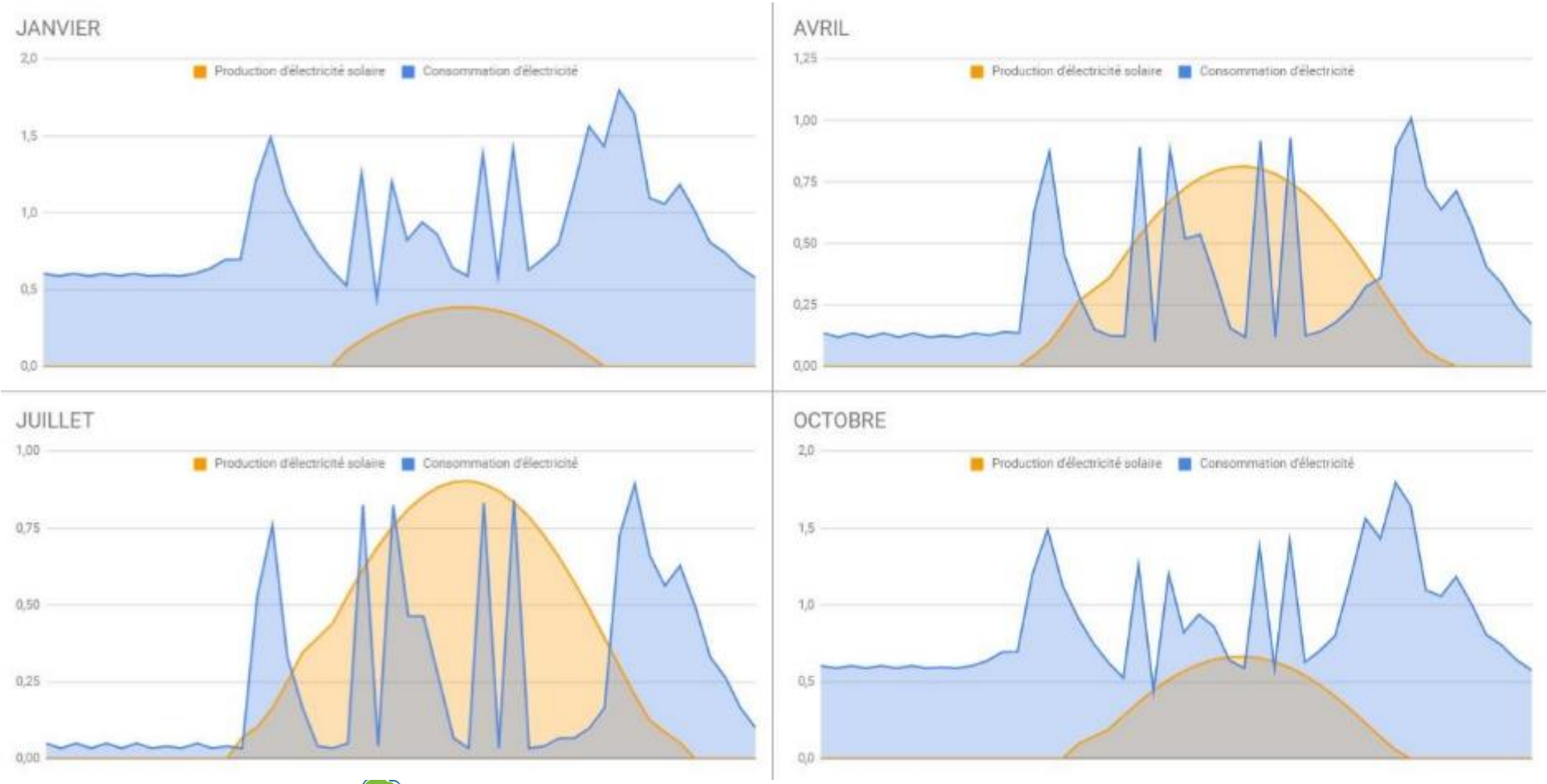
STOCKAGE

PRODUCTION CHALEUR

8 PHOTOVOLTAÏQUE

Production PV

- Variabilité forte (jour/nuit – été/hiver)
- Objectif : minimum 65% autoconsommation

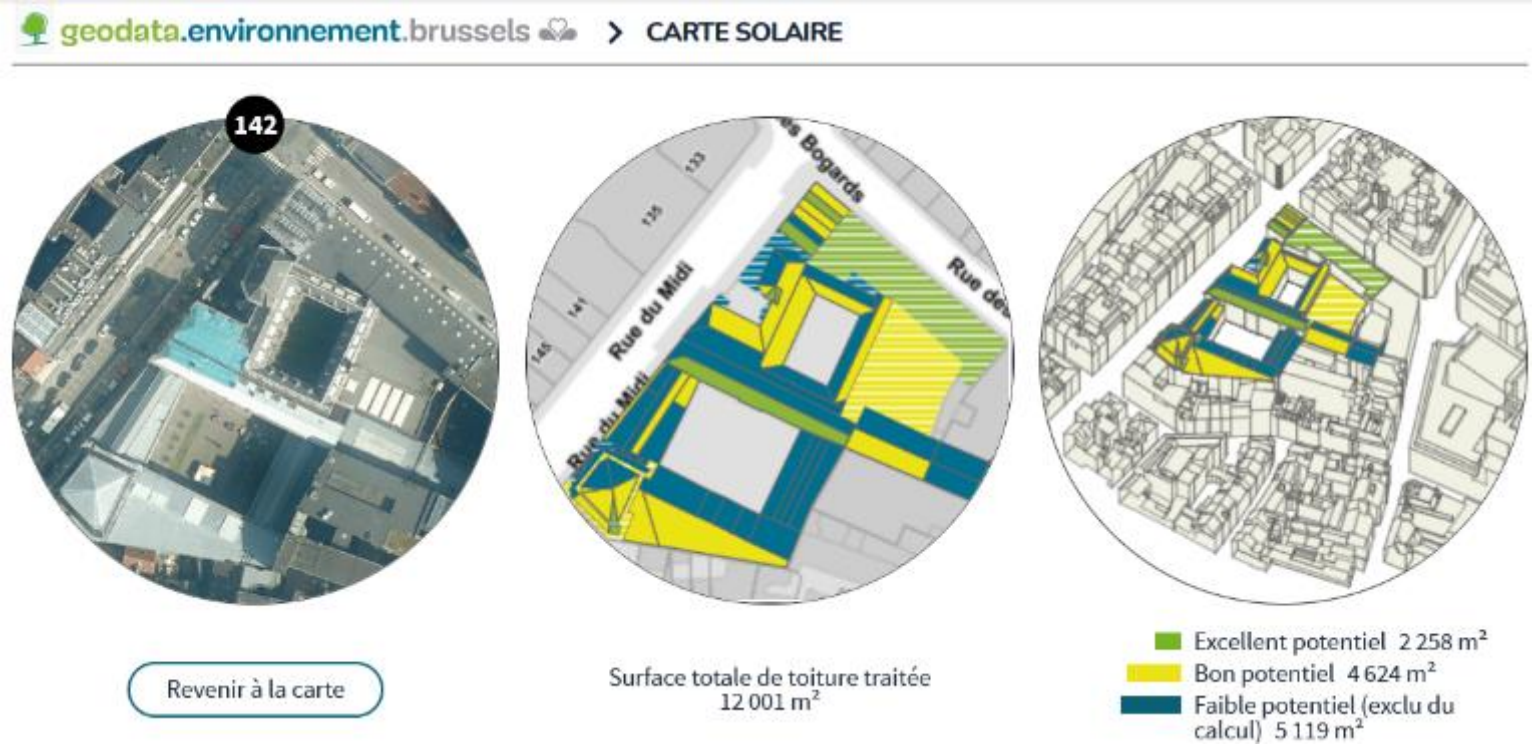


PHOTOVOLTAÏQUE

Intégration

- Puissance nominale : 200-250 Wc/m²
- Géométrie importante (inclinaison, orientation et ombrage)
- La carte solaire de la Région de Bruxelles-Capitale

https://https://geodata.environnement.brussels/client/solar/



10 PHOTOVOLTAÏQUE

Rapport de simulation d'installation photovoltaïque

Rapport émit le 28/03/2022
URL du batiment : https://www.cartesolaire.brussels/client/solar/detail/21809K0108-00F000

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

Rue du Midi 142 à Bruxelles

1128 m²	Excellent potentiel
2312 m²	Bon potentiel
2559 m²	Faible potentiel (exclu du calcul)

Ma toiture

6 000 m²	Surface totale
1 092 m²	Obstacles estimés
2 815 m²	Surface utilisable

Mon énergie

10 169 kWh/an	Production des panneaux
2 036 kWh/an	Consommation du ménage
40 %	Auto consommation
4 TCO2/an	Gain pour l'environnement

Mon installation

48	Nombre de panneaux
	Monocristallin
77 m²	Superficie installée
12 kWc	Puissance totale installée
25 ans	Durée de vie de l'installation

Mes finances

18 000 €	Prix d'achat TVAC
15 524 €	Gains certificat vert (10 ans)
66 366 €	Gain facture d'électricité sur 25 ans
45 890 €	Gains nets sur 25 ans
6 ans	Temps de retour actualisé

Gain net sur 10 ans : 17 176 €

PHOTOVOLTAÏQUE

Financement

- Coût variable en fonction de la taille : 0,50 à 1,75 €/Wc
- Coût sur 15 ans : 0,04 à 0,15 €/kWh
- Certificats verts : 0,13 à 0,23 €/kWh

Photovoltaïque	kWc	≤ 5	1,045	1,9
		]5-36]	0,990	1,8
		]36-100]	0,935	1,7
		]100-250]	0,770	1,4
		> 250	0,660	1,2
	BIPV		Sous conditions**	

Sites internet

- BRUGEL - Mécanisme des certificats verts

  https://www.brugel.brussels/themes/energies-renouvelables-11/mecanisme-des-certificats-verts-35

- Simulateur financier photovoltaïque pour particuliers à Bruxelles

  http://sifpv-bxl.apere.org/

PHOTOVOLTAÏQUE

Ombrières PV

- Coût variable en fonction de la taille : 1 à 4 €/Wc
- Coût sur 15 ans : 0,08 à 0,30 €/kWh

PHOTOVOLTAÏQUE

BIPV

- Puissance nominale : 80-200 Wc/m²
- Coût très variables : 1 à 6 €/Wc
- Production panneaux verticaux plus faible et ombrages plus contraignants
- Coût sur 15 ans : 0,10 à 0,60 €/kWh

Catégorie BIPV	Skylight	Garde-corps	Brise-soleil	Façade ventilée
Taux d'octroi [CV/MWh]	1,9	1,9	1,8	2,4

Source/Bron : https://www.brugel.brussels

SOURCE : ISSOL

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

- Photovoltaïque
- **Eolien**
- Hydraulique

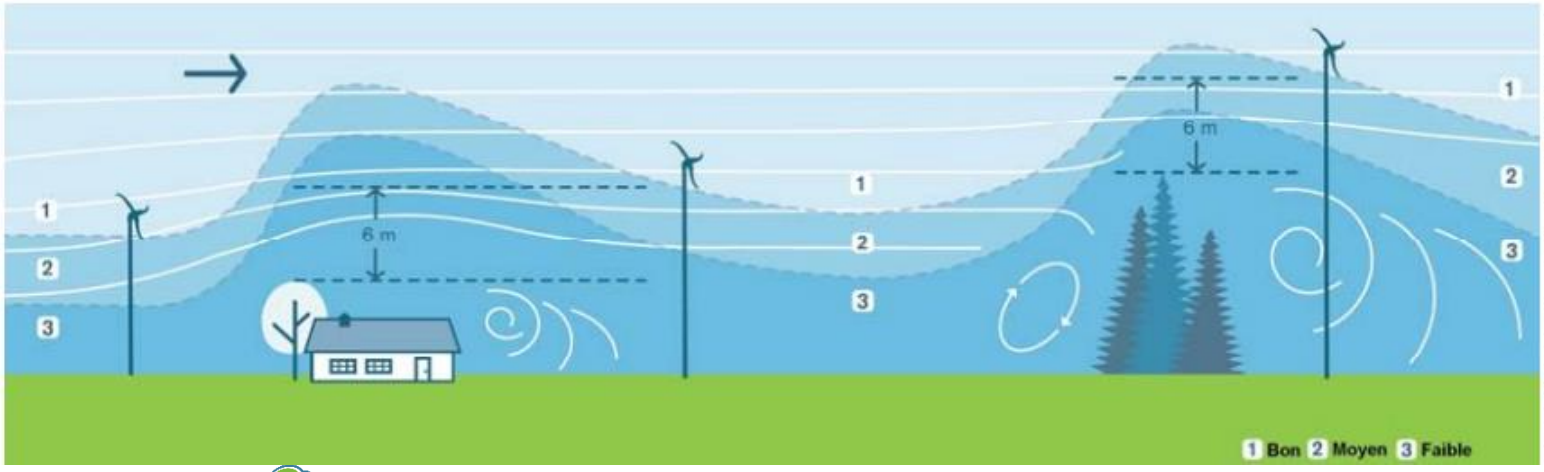
STOCKAGE

PRODUCTION CHALEUR

EOLIEN

Production

- Variabilité météorologique et turbulences
- Etude de vent



ource : Compagnons Eole d'après SKYTREAM

EOLIEN

Intégration

(Etude 2014 VUB-3E)

- Petites éoliennes intéressantes sur bâtiments très élevés
  (Cf. The Hotel à Bruxelles – tour de 96m – mâts de 7m – éoliennes de 3,5 et 7 kW)
- Moyennes éoliennes (100 kW) sur mât de 40m

EOX M-26

AVERAGE WIND SPEED (M/S)	GROSS OUTPUT 1000(KWH/YEAR)
4.0	126,2
4.5	170,3
5.0	216,4
5.5	262,1
6.0	305,9
6.5	346,7
7.0	383,9
7.5	417,0

SOURCE : ENERSOL

EOLIEN

Financement

- Coût variable 3 à 8 €/W
- Coût sur 15 ans : 0,12 à 0,30 €/kWh
- Certificats verts : 0,15 €/kWh

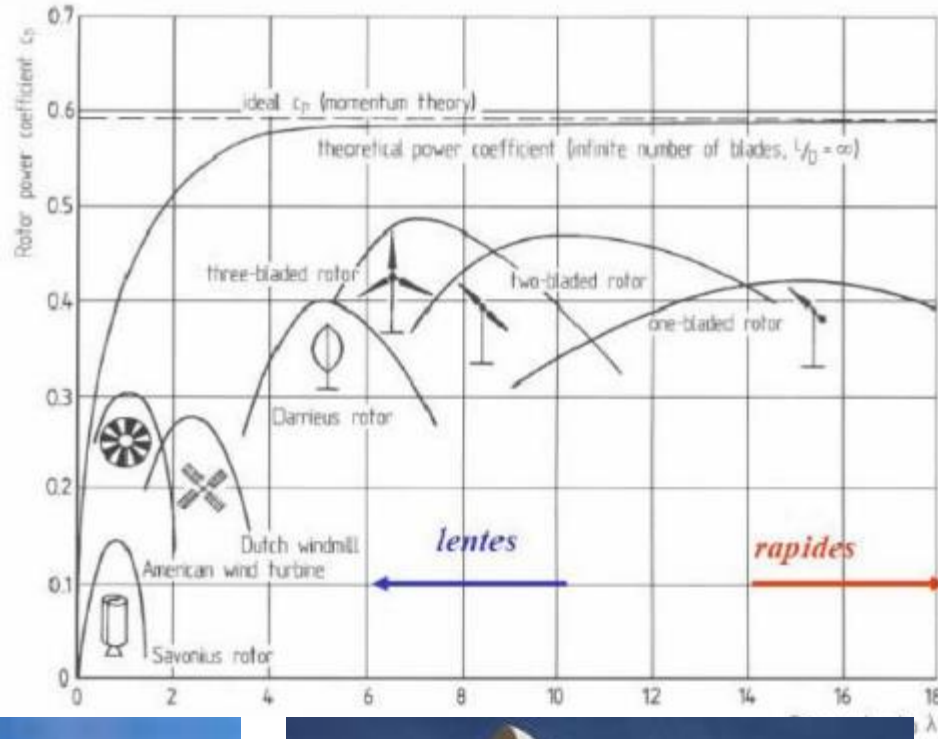


TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

- Photovoltaïque
- Eolien
- **Hydraulique**

STOCKAGE

PRODUCTION CHALEUR

HYDRAULIQUE

Production

- Production constante (hors éventuel étiage)
- Peu de potentiel en RBC

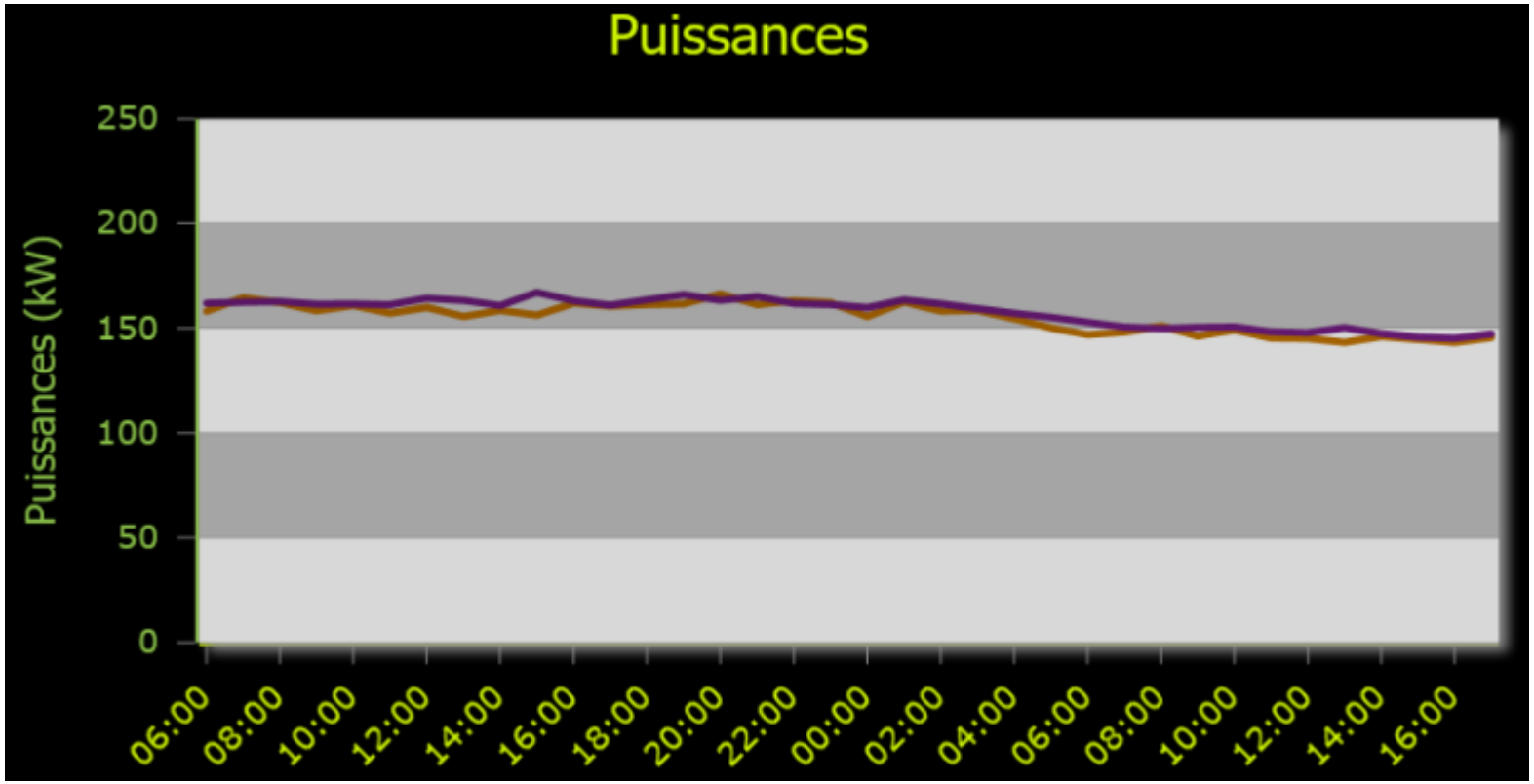


TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

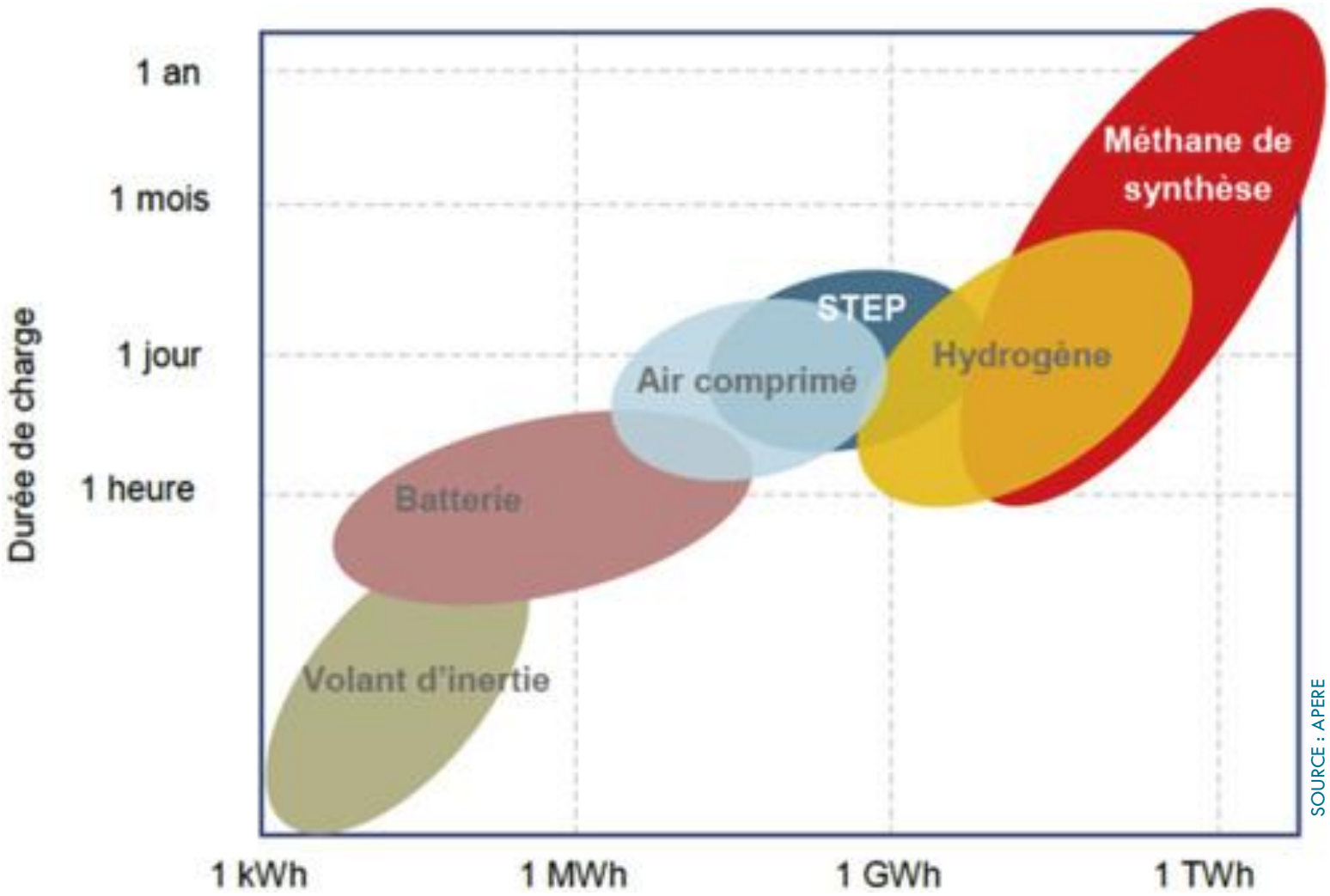
STOCKAGE ELECTRICITE

PRODUCTION CHALEUR

- Solaire thermique
- Biomasse
- Pompe à chaleur

STOCKAGE

Technologie



SOURCE : APERE

STOCKAGE

Intégration Li-ion

- 1 journée consommation domestique = 10 kWh
  - = 50 à 100 kg
  - = 0,1 m³

STOCKAGE

Financement

- 1 journée consommation domestique = 10 kWh = 5-6000 €
- Coût stockage : 0,20-0,30 €/kWh
- Différentiel prix achat et vente

Points d'attention

- Puissance de prélèvement (4-6 kW)
- Onduleur intégré ou non
- Rendement global (90%)
- Garantie / nombre de cycles charge-décharge

STOCKAGE

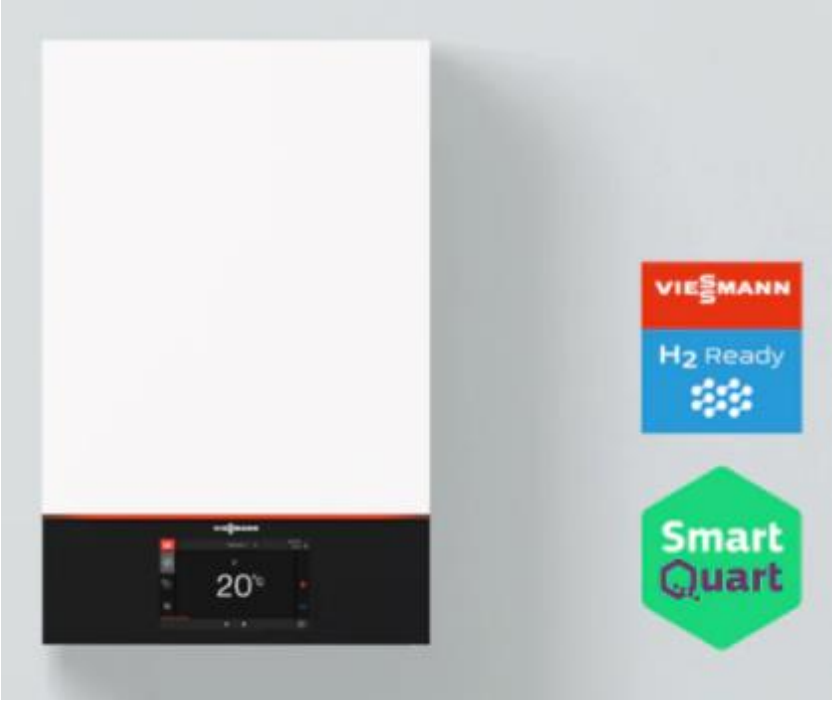
Hydrogène

- rendement électrolyse de l'eau = 40 %
- Stockage à 350/700 bars ou liquéfié à –253°C
- Rendement pile à combustible = 50 %

- 1 journée consommation domestique = 10 kWh =
  - 1/3 kg
  - 16 dm³ à 350 bars

- Chaudière à condensation H2 ready jusqu'à 30% H_2

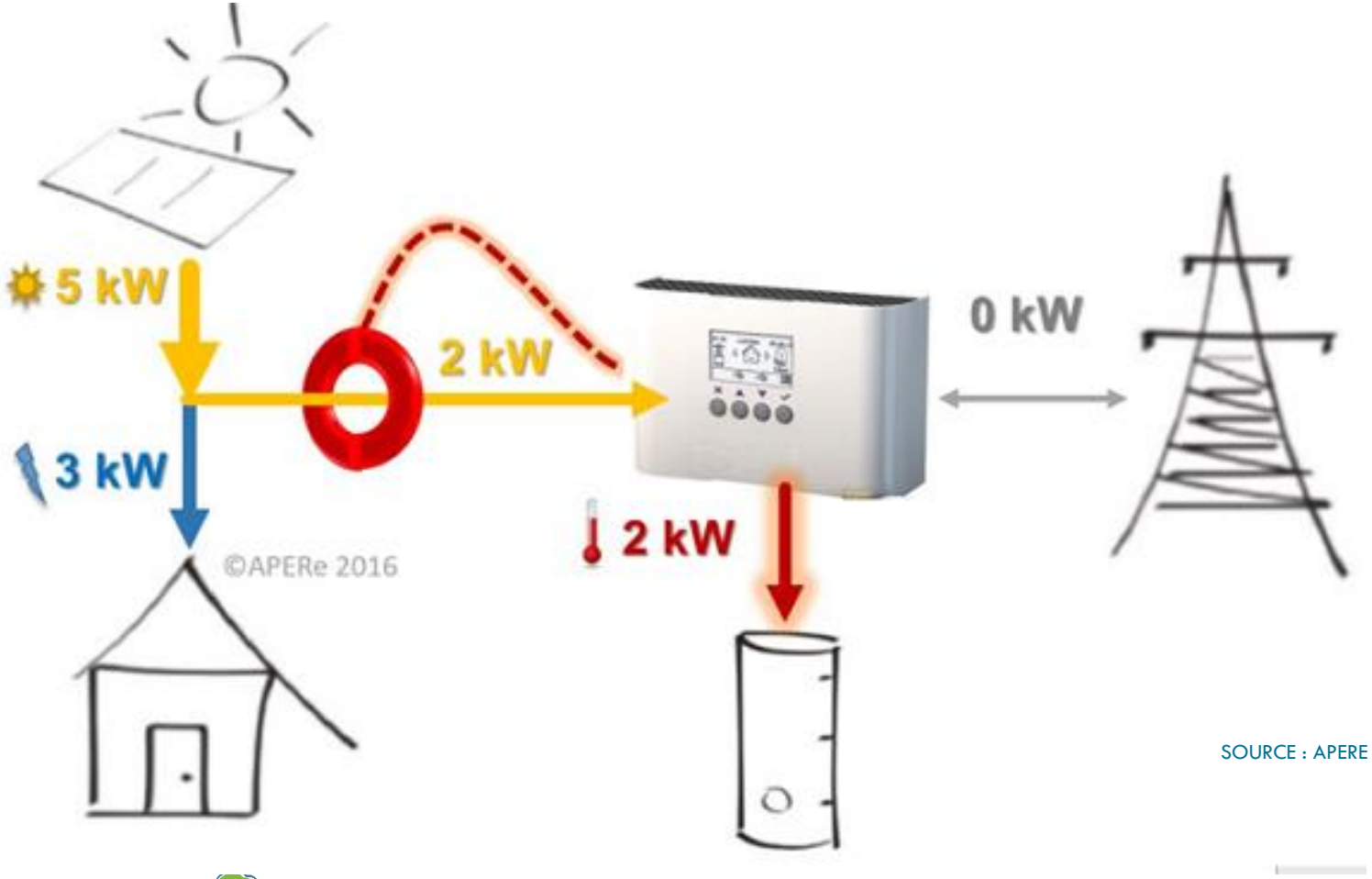
Pertinence générale ???
Adéquation disponibilité/besoin ???



PILOTAGE CHARGE

Technologie

- Automate de gestion de la charge en fonction de la production PV
- PV Heater



SOURCE : APERE

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

STOCKAGE

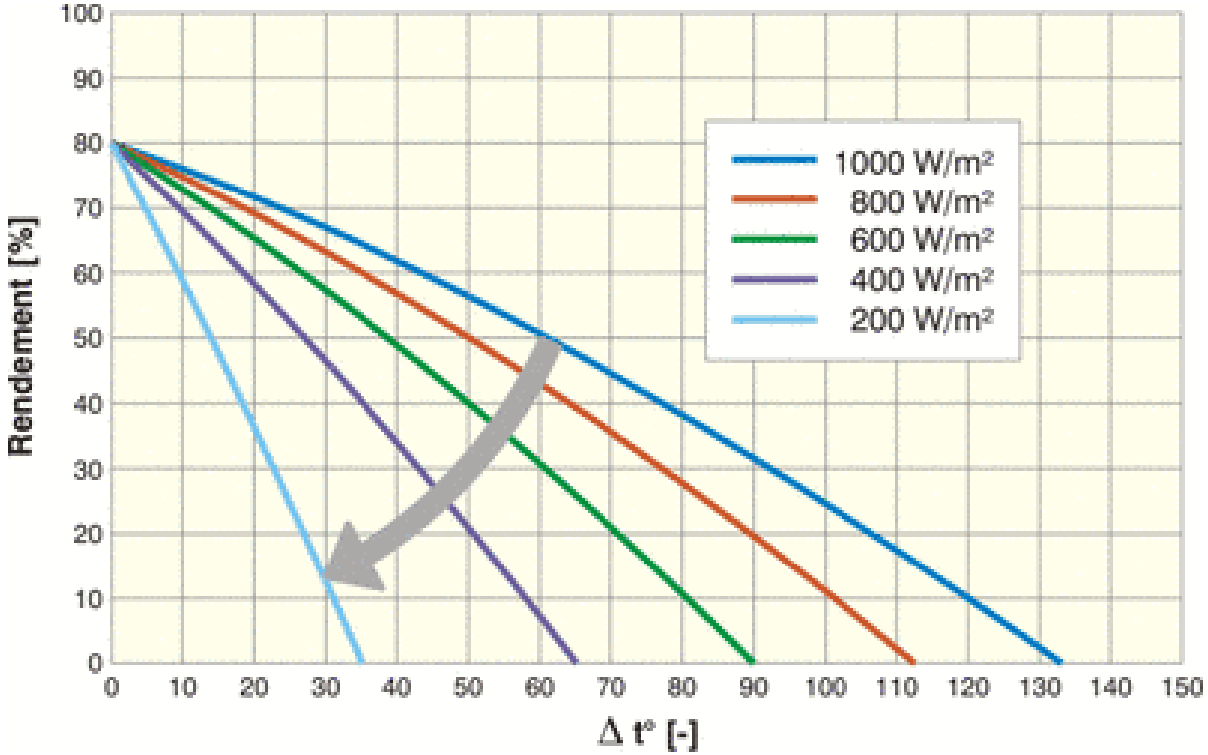
PRODUCTION CHALEUR

- **Solaire thermique**
- Biomasse
- Pompe à chaleur

SOLAIRE THERMIQUE

Production

- Variabilité forte (mais moins problématique car stockage)
- Rendement dépend fortement de la température et du rayonnement (mais supérieur au PV – 15-20%)



SOURCE : ENERGIE+

SOLAIRE THERMIQUE

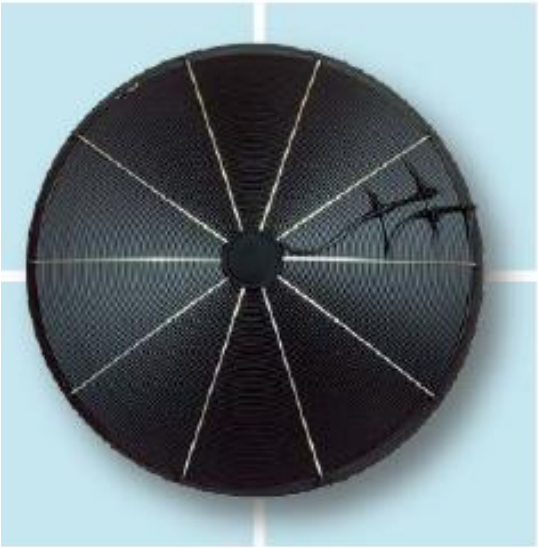
Intégration

- Géométrie importante (inclinaison, orientation et ombrage)
- Proximité relative (réduire les réseaux pour réduire les déperditions)

Freins

- Gestion technique (production peut être nulle voire négative)

➔ Bâtiment technique
Basse température

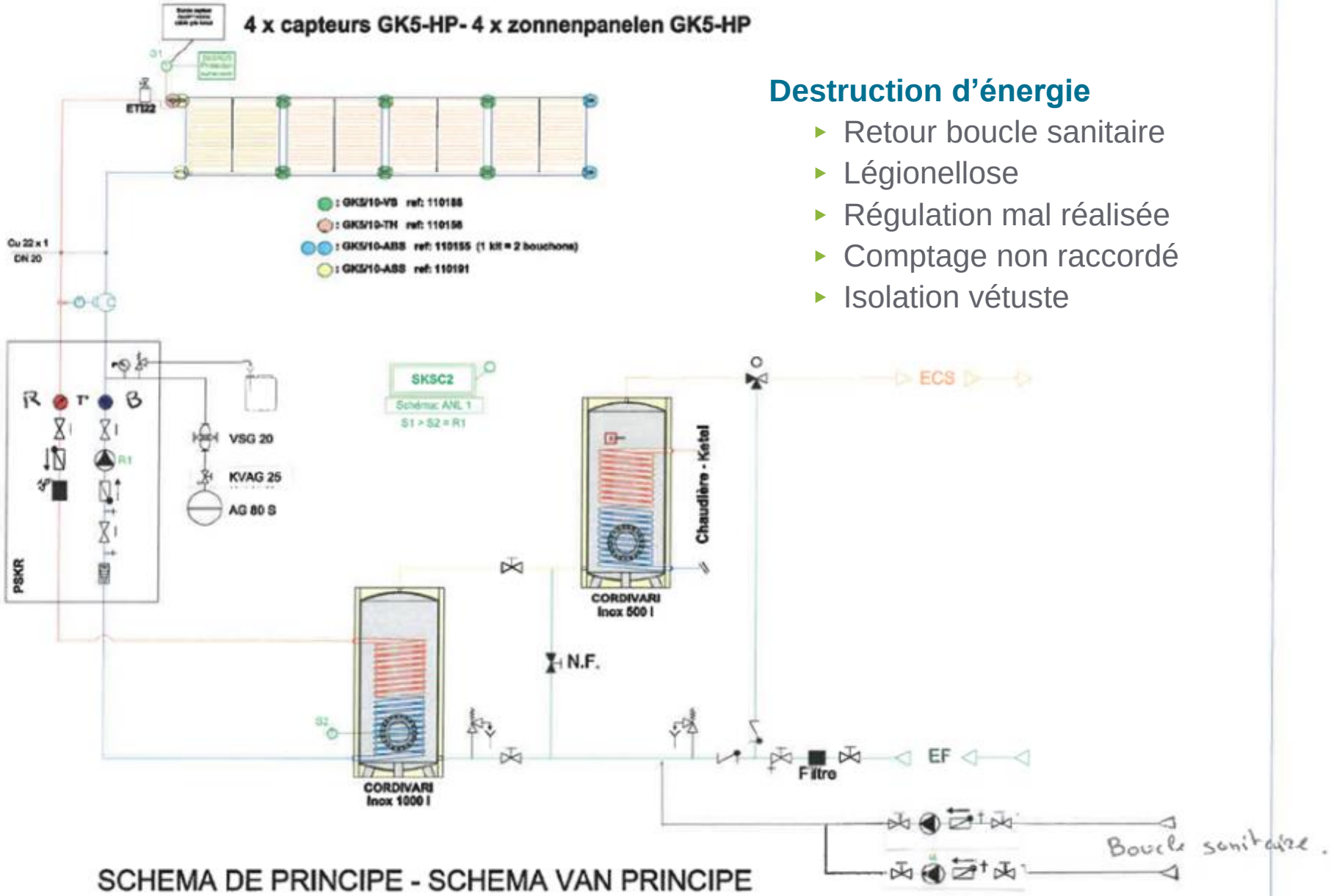


Capteur solaire SunDisc

Diamètre : 2,30 m
Résistant au gel
Poids à vide : ±53 kg
Poids en pleine charge : ±80kg
Puissance maximale : 2 840 W* ➔ 685 W/m² (26/28/28)
Période de garantie : 10 ans

*Selon le certificat UNI EN 12975-2 : 2006.

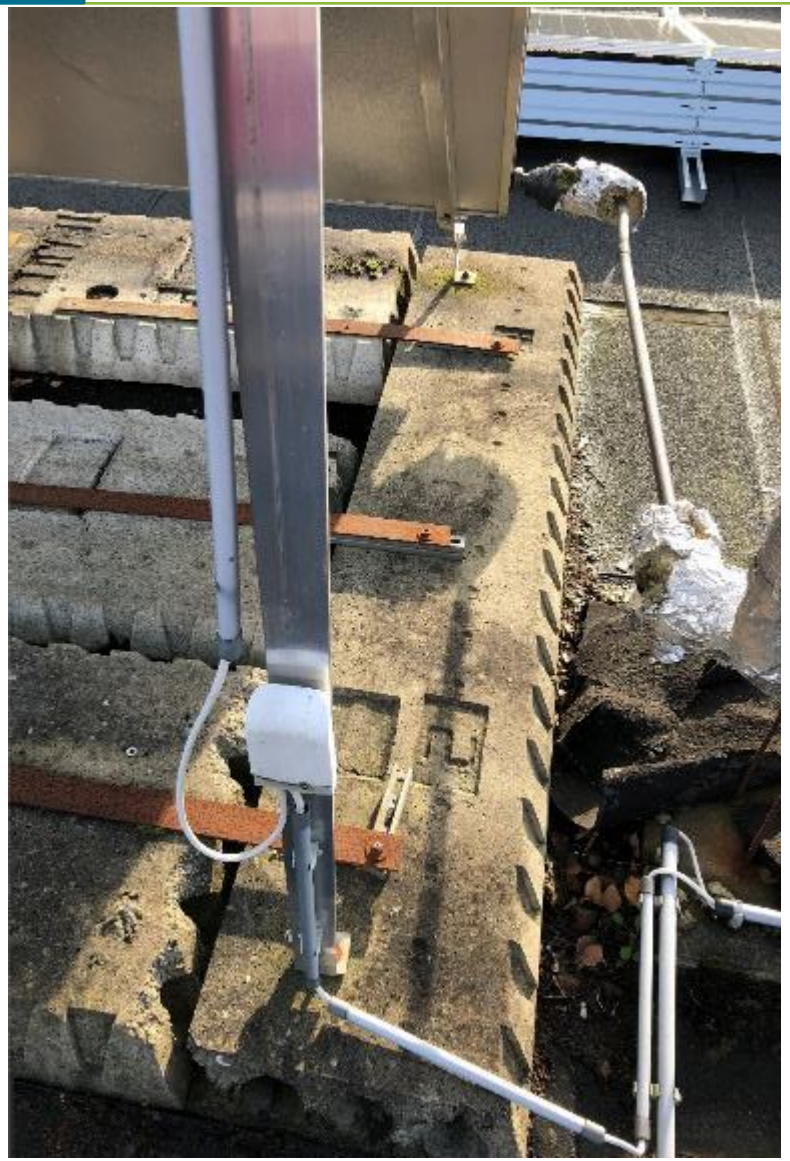
SOLAIRE THERMIQUE

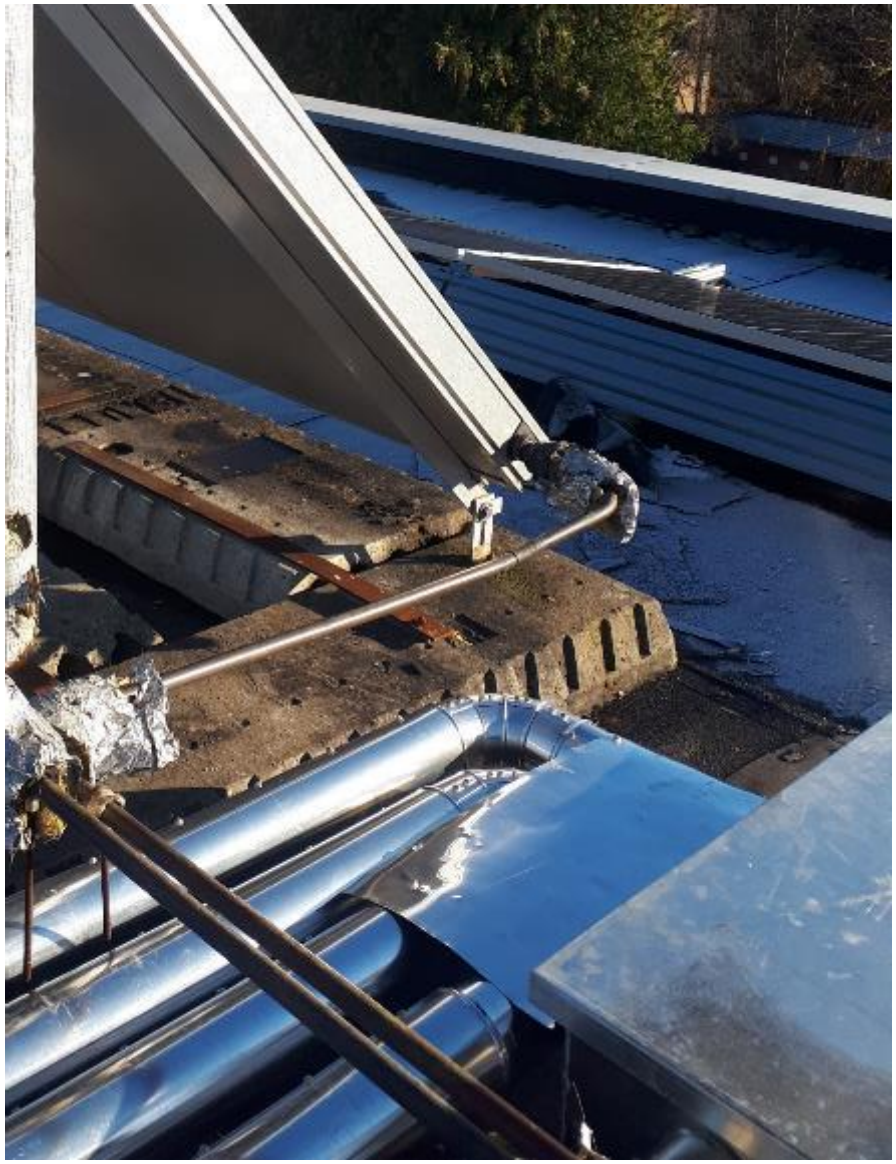


Destruction d'énergie

- Retour boucle sanitaire
- Légionellose
- Régulation mal réalisée
- Comptage non raccordé
- Isolation vétuste

SOLAIRE THERMIQUE





SOLAIRE THERMIQUE

Correction

- Retour boucle sanitaire
- Légionellose

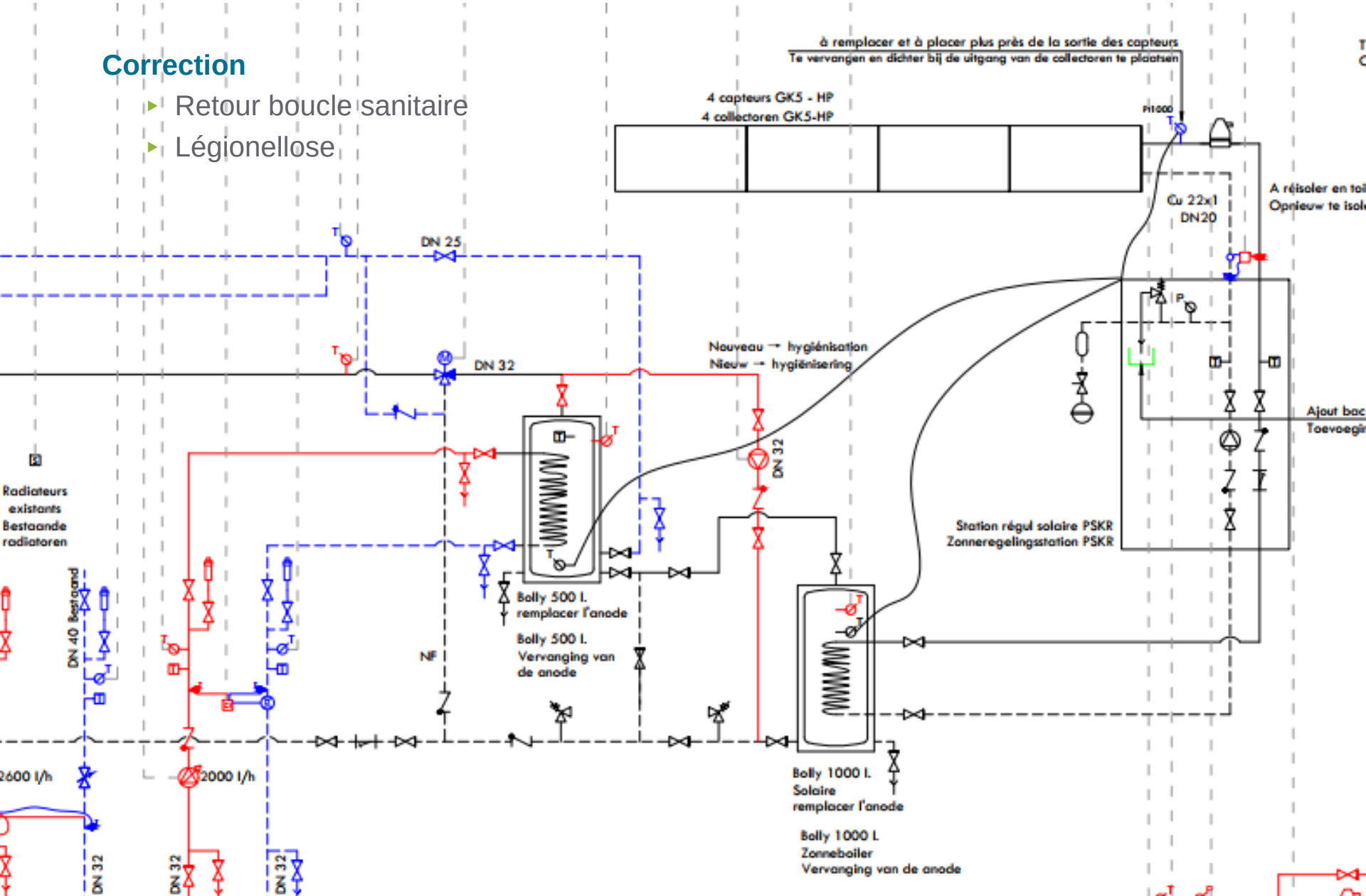


TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

STOCKAGE

PRODUCTION CHALEUR

- Solaire thermique
- **Biomasse**
- Pompe à chaleur

BIOMASSE

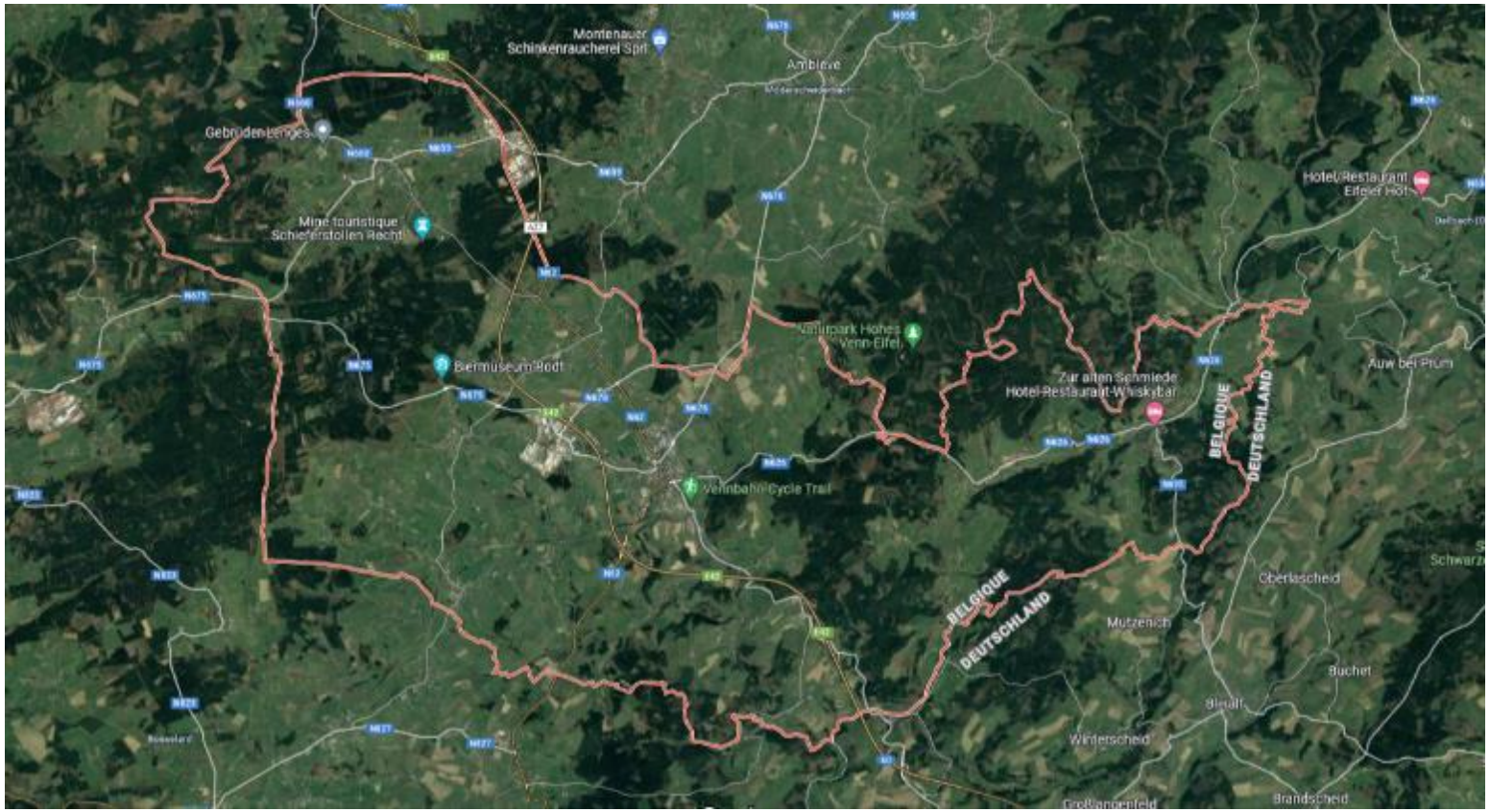
Production

- Emission particules fines (filtres/…)
- Bilan réel du combustible et pertinence (production et transport)
- Encombrement silo / ballons / chaudières
- Maintenance
- Evacuation des cendres

BIOMASSE

Saint-Vith

- Commune forestière (41,5% territoire) – 66 hab./km²
- Potentiel bois d'industrie = 11.500 MWh/an
- Consommation mazout chauffage : 126.000 MWh/an



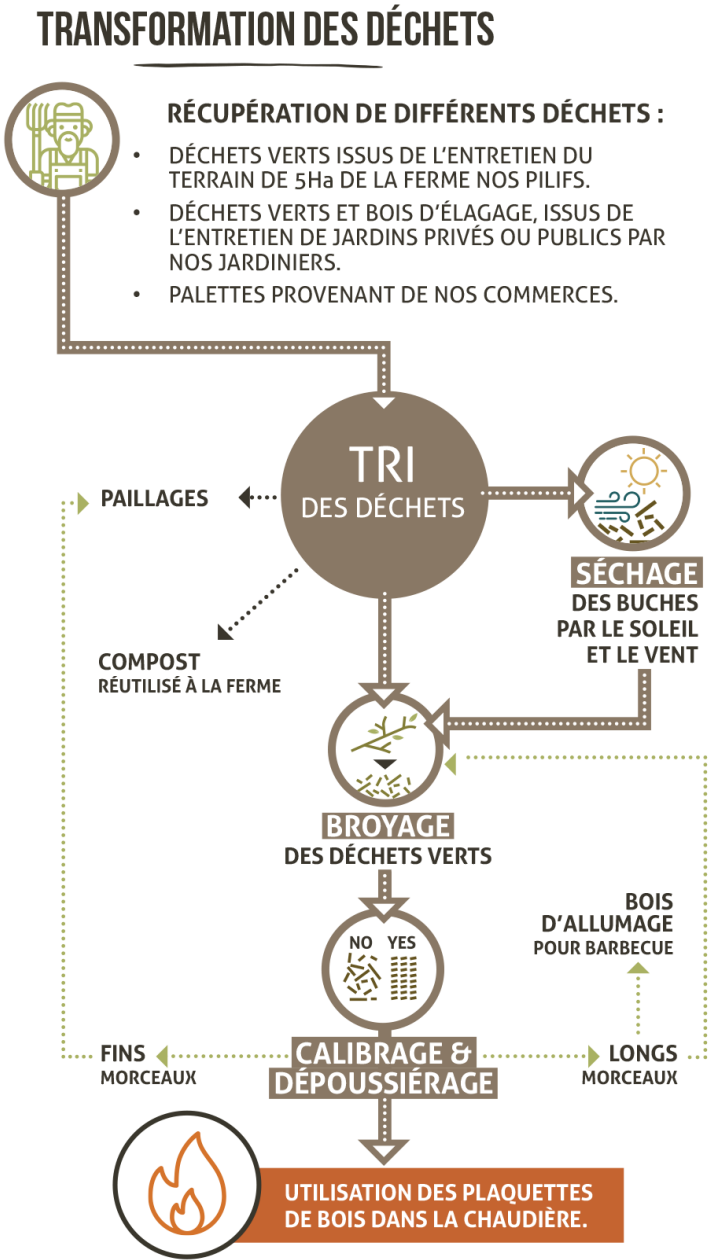
BIOMASSE

Ferme Nos Pilifs

- Plusieurs tonnes de déchets de bois (entretien espaces verts et élagage)
- ETA (**E**ntreprise **T**ravail **A**dapté)
- Outils de sensibilisation

Chaufferie

- 250 kW
- 400 m³ plaquette/an
- Bâtiment dédié



SOURCE : COOPEOS

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE

PRODUCTION ELECTRICITE

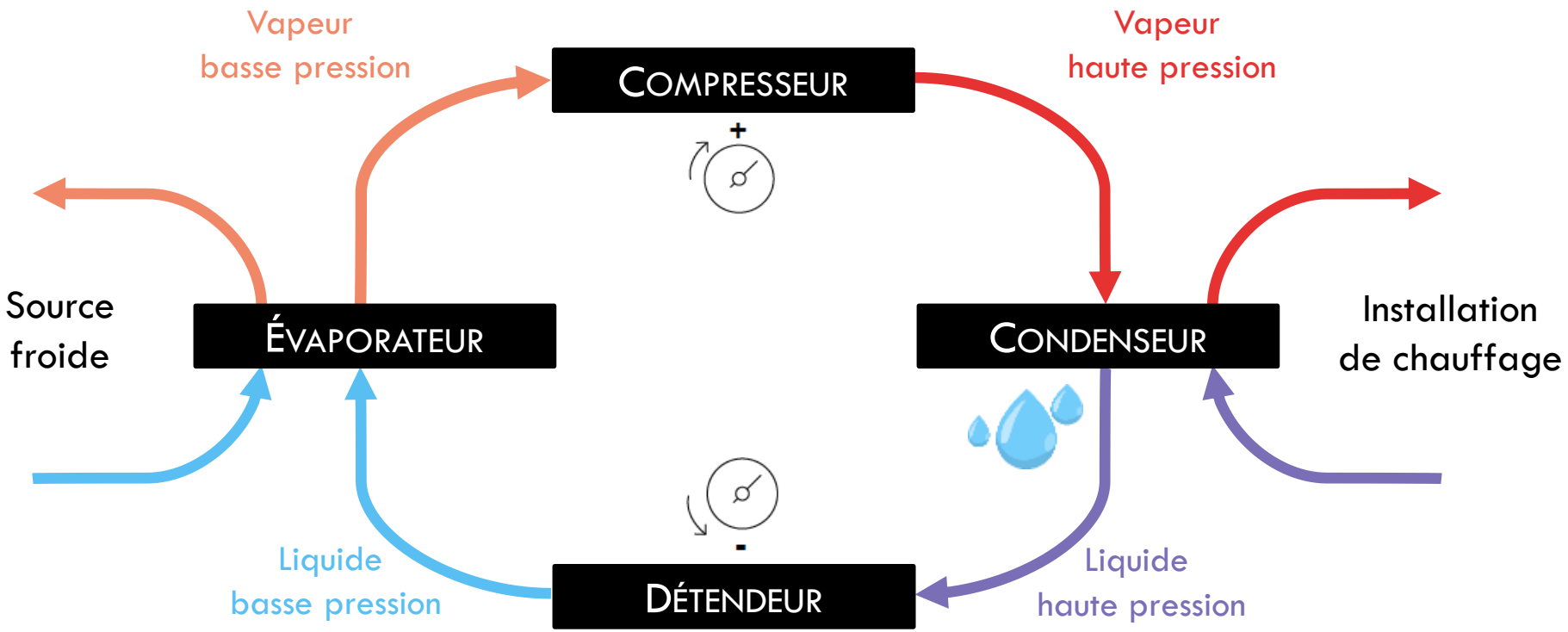
STOCKAGE

PRODUCTION CHALEUR

- Solaire thermique
- Biomasse
- **Pompe à chaleur**

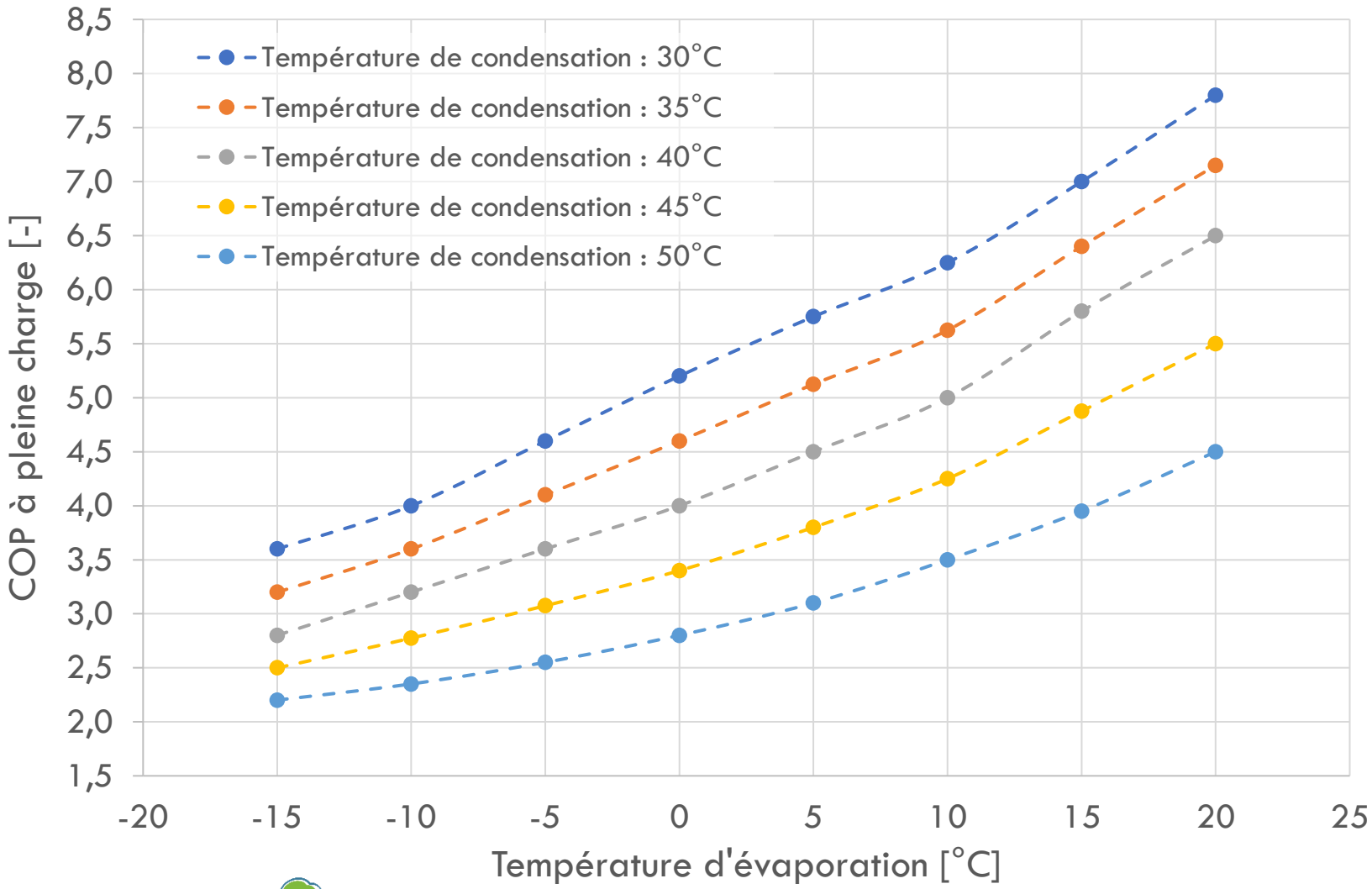
POMPE A CHALEUR

Production



POMPE A CHALEUR

Rendement



POMPE A CHALEUR

PAC aérothermique

Version split

Source / Bron : Aermec

Version monobloc

Source / Bron : Aermec

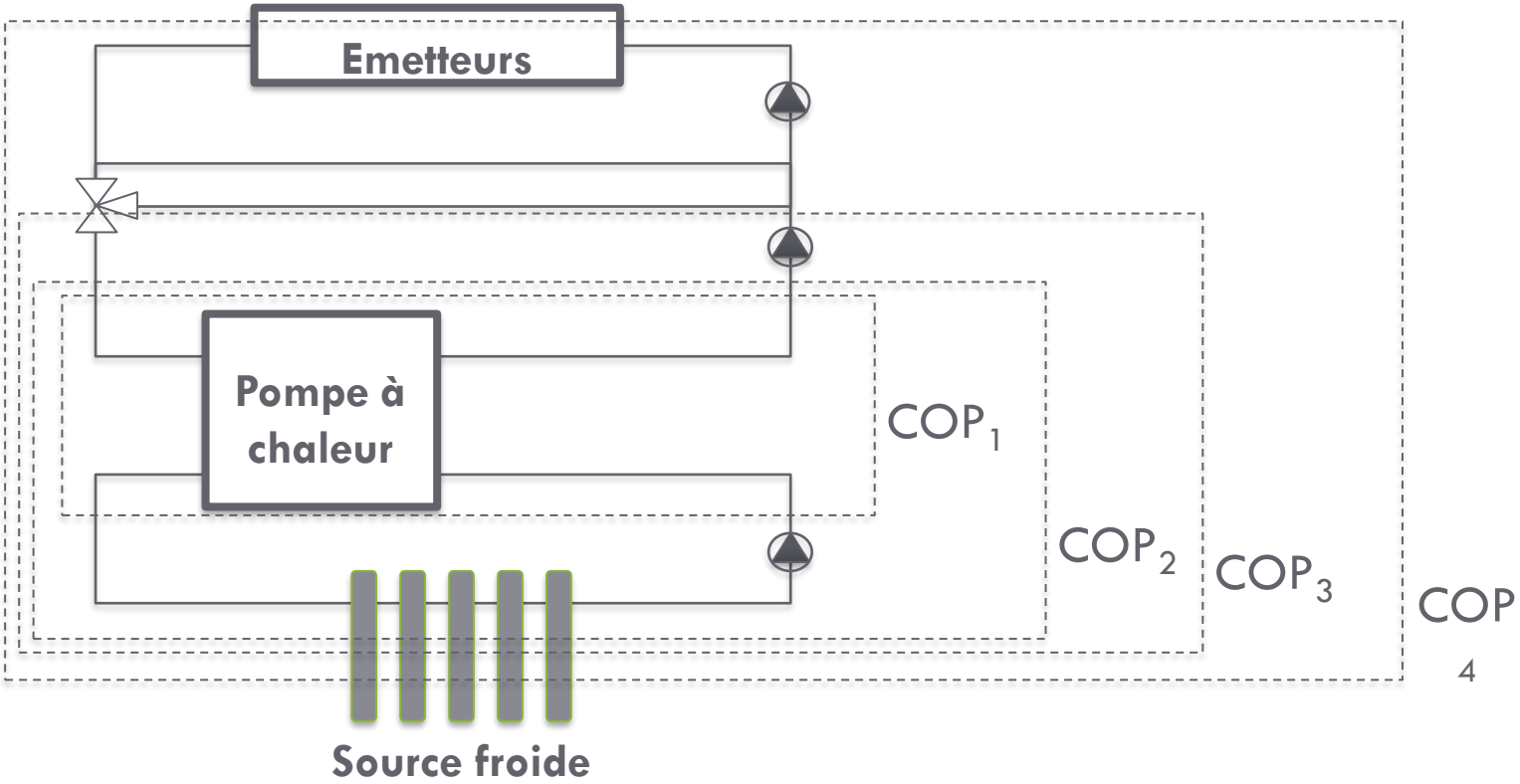
Grande puissance (200 kWth)

Source / Bron : Aermec

POMPE A CHALEUR

Influence de la régulation

- Régulation optimale fonction du type de système: configuration choisie source froide + pompe à chaleur + source chaude.
- Influence de la régulation des auxiliaires sur la performance globale annuelle de l'installation



POMPE A CHALEUR

Gaz frigo et réchauffement climatique

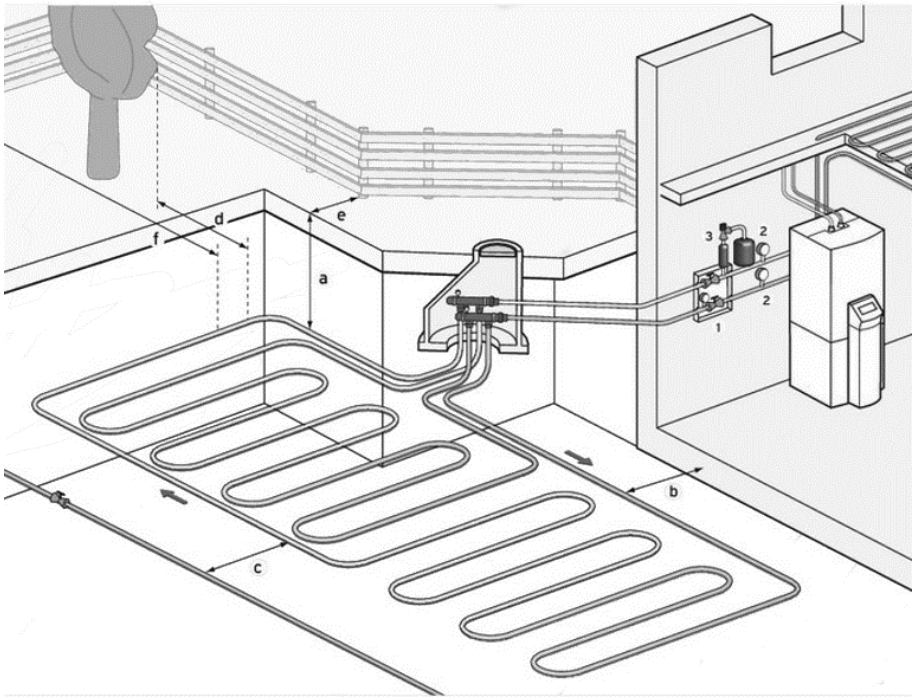
Gaz		GWP_{100}
HFC	R410A	2100
	R-134a	1430
Propane	R290	20
CO_2	R744	1
Amoniac	R717	0

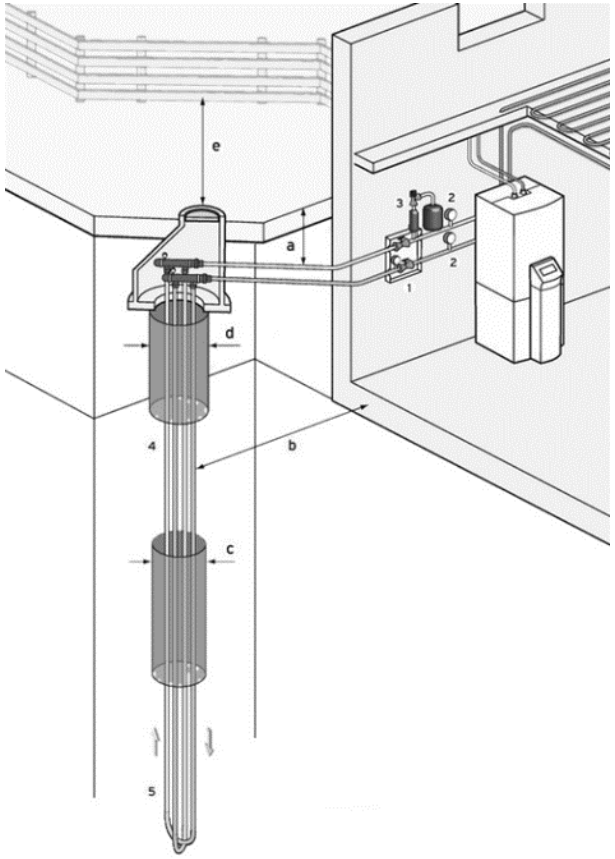
Split 8 kW : 3,2 kg R410A
Pertes 30% : 1kg/an : 2.100 kg CO_2/an : 7.600 kWh électricité

CHALEUR FATALE

PAC geothermique

- Source froide plus stable et plus chaude
- Possibilité de geocooling



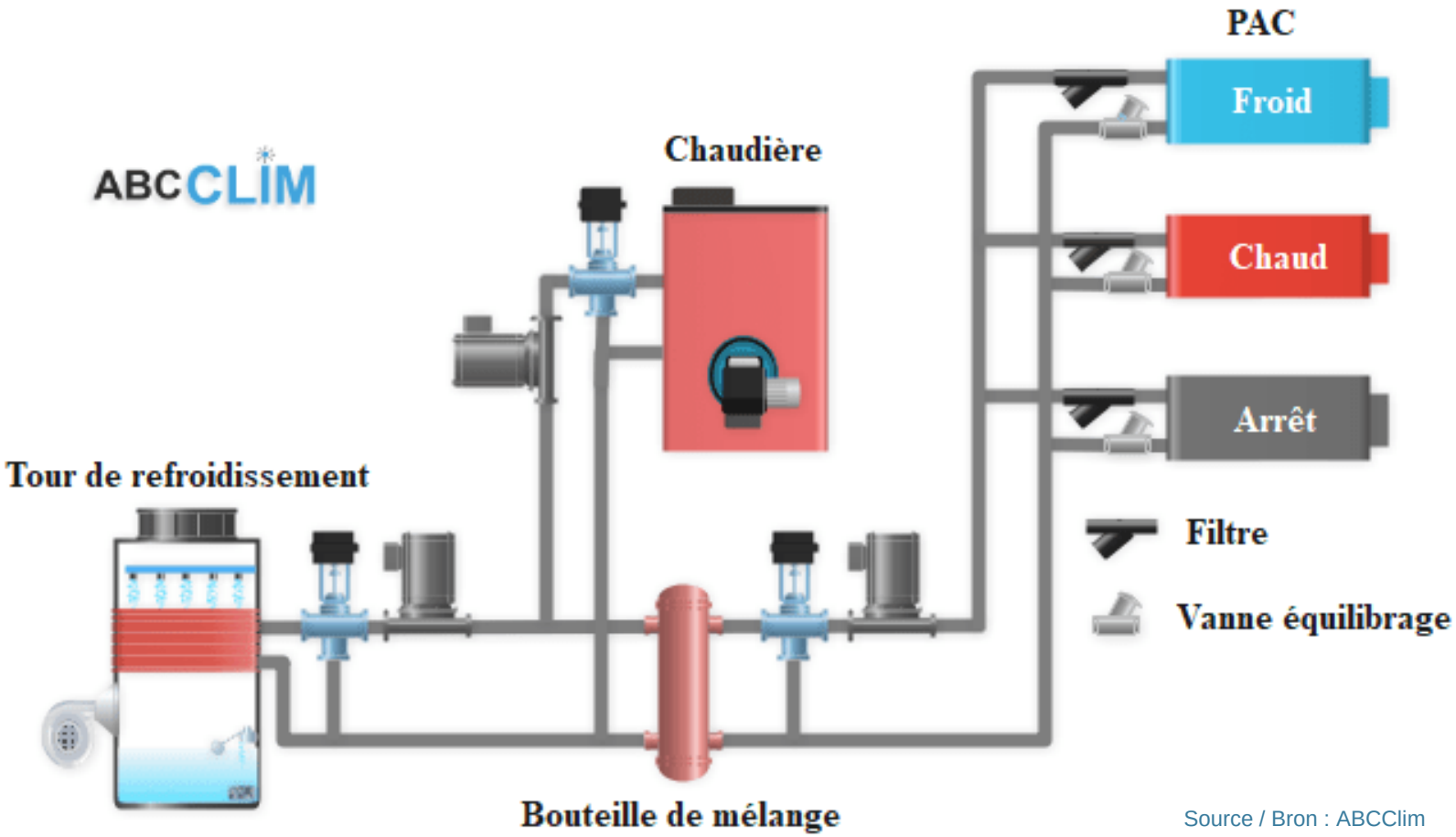


Source / Bron : Vaillant

POMPE A CHALEUR

PAC sur boucle

- Source froide = source chaude autre consommateur
- Intéressant quand besoin simultané de chaud et de froid



Source / Bron : ABCClim

POMPE A CHALEUR

PAC riothermie

- Exemple : Projet VIVAQUA à Uccle (centre administratif rue de Stalle)
- échangeurs de chaleur installé lors de la rénovation des égouts

Source / Bron : VIVAQUA

POMPE A CHALEUR

Les régimes de température et la qualité de la régulation font la différence entre :

- du quasi chauffage électrique direct (FPS < 1,5)
- une source de chaleur/fraîcheur renouvelable (FPS > 4)

Energie renouvelable produite : E RES = $Q_{utilisable}$*(1–1/FPS)

PAC = système de production d'énergie renouvelable si FPS > 2,36

FPS = Facteur Performance Saisonnier

CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- Une bonne conception passe par une bonne maîtrise des besoins
- L'intérêt d'une technologie ENR dépend fortement des conditions de fonctionnement : il n'y a pas de solution standard

OUTILS

Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- Thème | Energie | Electricité verte
- Dossier | Produire de l'électricité verte : photovoltaïque et autres
- Solution | Stockage électrique
- Solution | Chauffe-eau solaire
- Solution | Pompe à chaleur

Sites internet

- La carte solaire de la Région de Bruxelles-Capitale

  https://https://geodata.environnement.brussels/client/solar/

- BRUGEL - Mécanisme des certificats verts

  https://www.brugel.brussels/themes/energies-renouvelables-11/mecanisme-des-certificats-verts-35

- Simulateur financier photovoltaïque pour particuliers à Bruxelles

  http://sifpv-bxl.apere.org/

OUTILS

Etudes

- Potentiel éolien à Bruxelles : Etude 2014 VUB-3E

  https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/rap_synthese_mesuresvent_fr.pdf

Formation

- Formations Bâtiment durable

  https://environnement.brussels/thematiques/batiment/les-bonnes-pratiques-pour-construire-et-renover/pour-vous-aider/formations-116

CONTACT

David PLUNUS

Ingénieur projet

écorce sa

+ 32 4 226 91 60

info@ecorce.be

?

MERCI POUR VOTRE ATTENTION