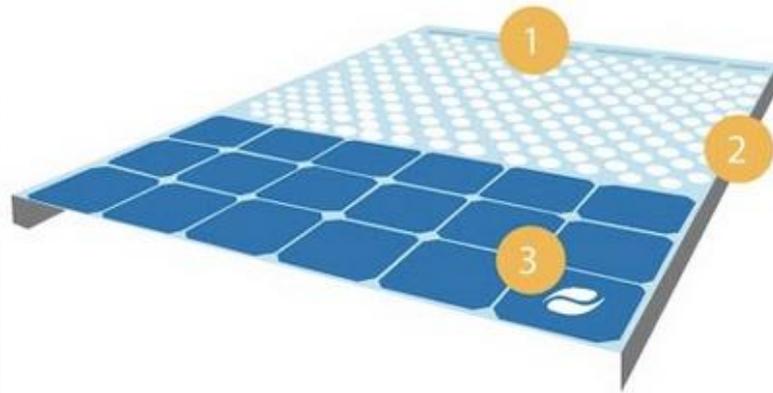
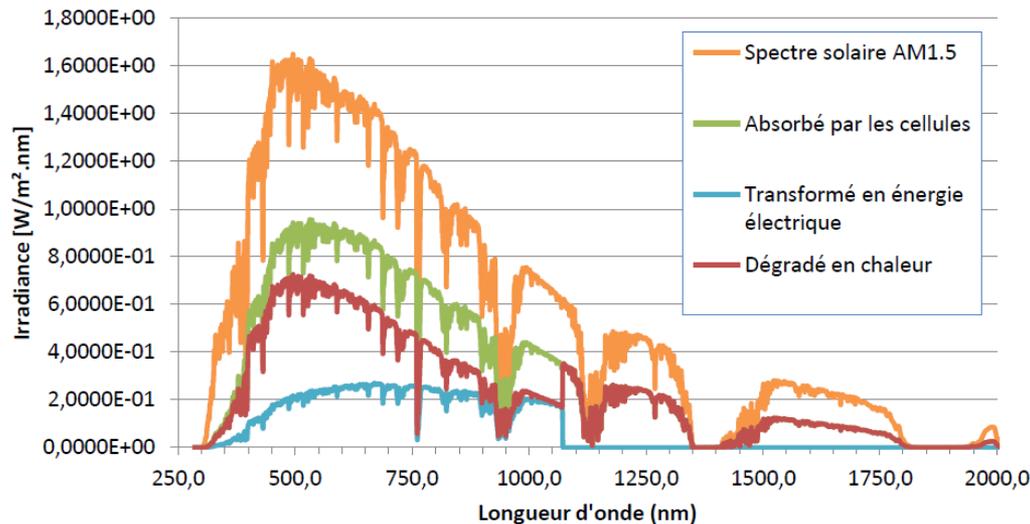


Histoire



1. **Échangeur thermique** : complètement intégré dans le panneau, l'échangeur thermique permet un excellent transfert de chaleur entre la face avant photovoltaïque et la circulation d'eau.
2. **Faible épaisseur** : le panneau DualSun possède les dimensions standards d'un panneau photovoltaïque classique (60 cellules de 6 pouces).
3. **Cellules solaires photovoltaïques** : monocristallines, haut rendement, les cellules solaires photovoltaïques sont refroidies par la circulation d'eau.



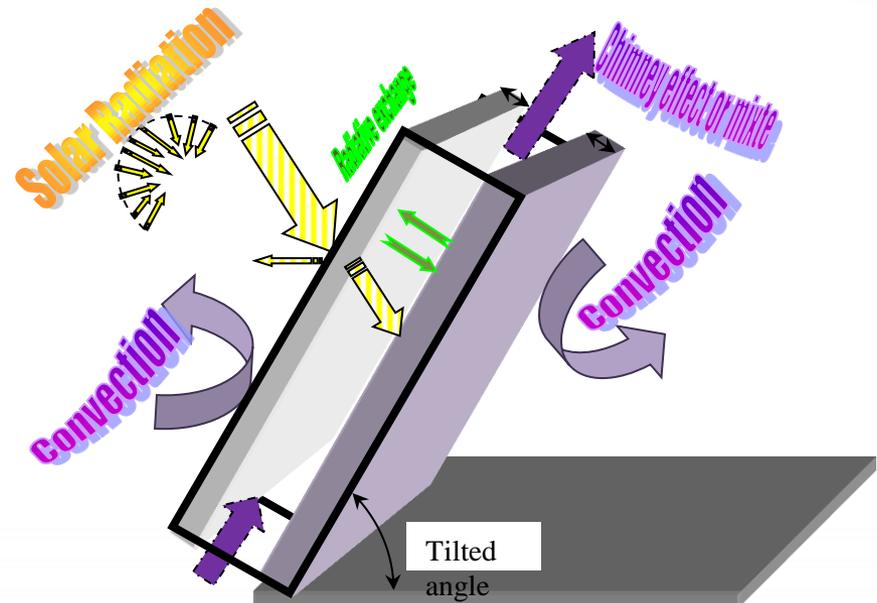
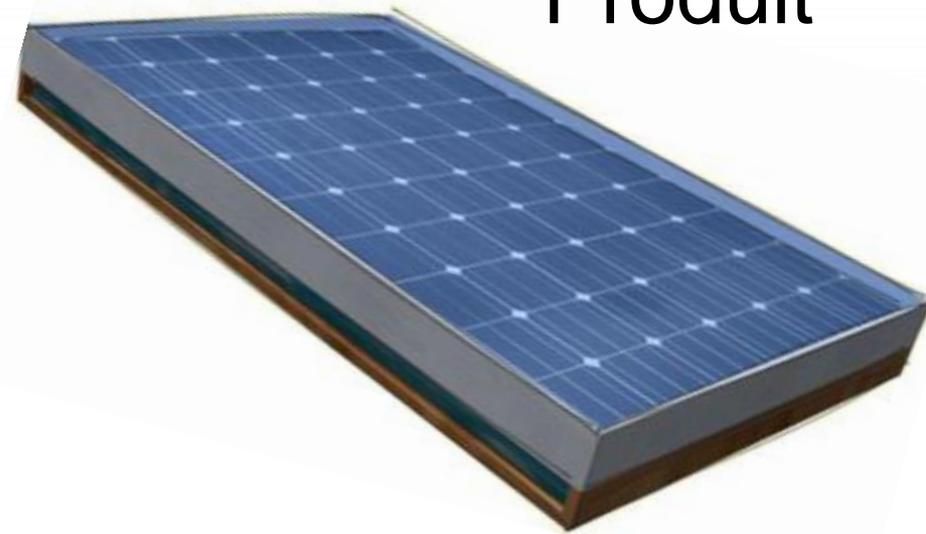
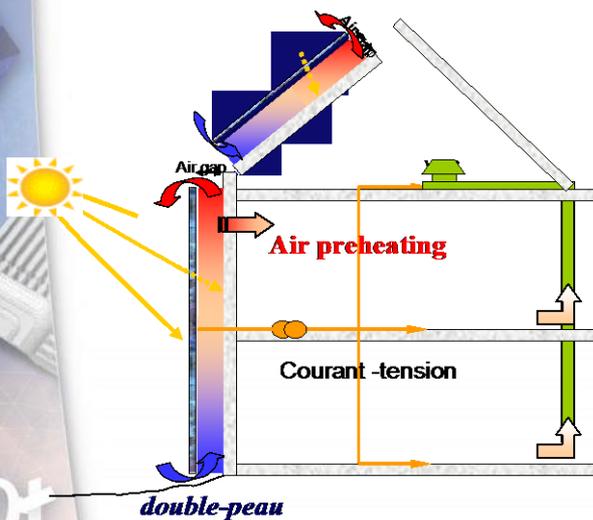
C. De Sa
B. Ravache (stagiaire)
et L. Brottier

PARTITION DU SPECTRE SOLAIRE APRÈS
TRANSFORMATION

Problématique

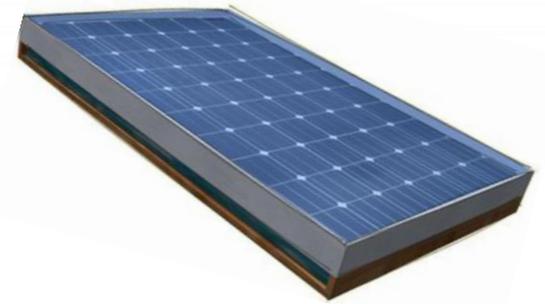
- Capteur adaptatif
- Lissage
- Compréhension
- Optimum??

- Formation Gel???

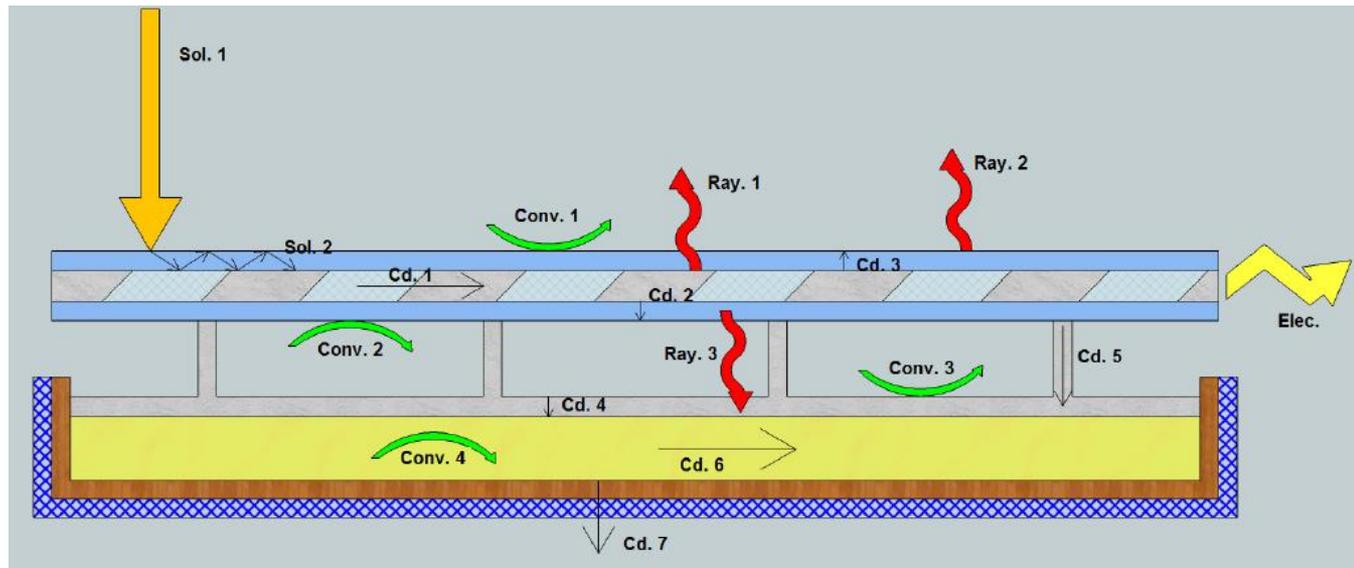
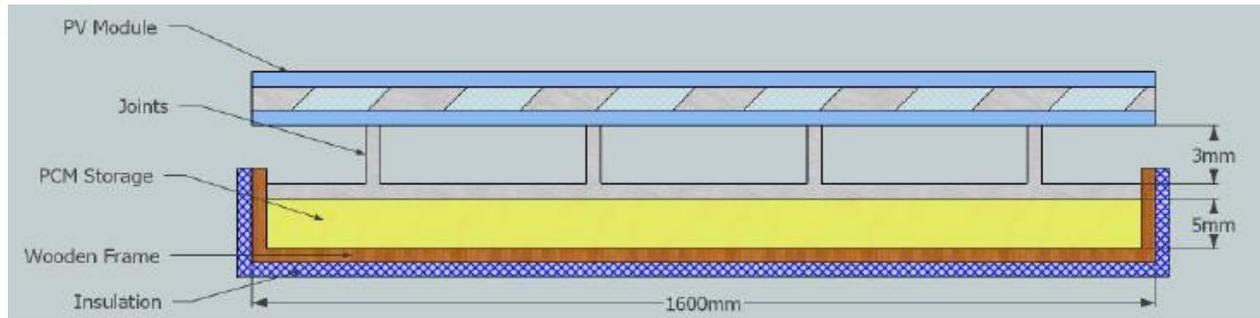


Existant

Solar2D ou SUALSUN

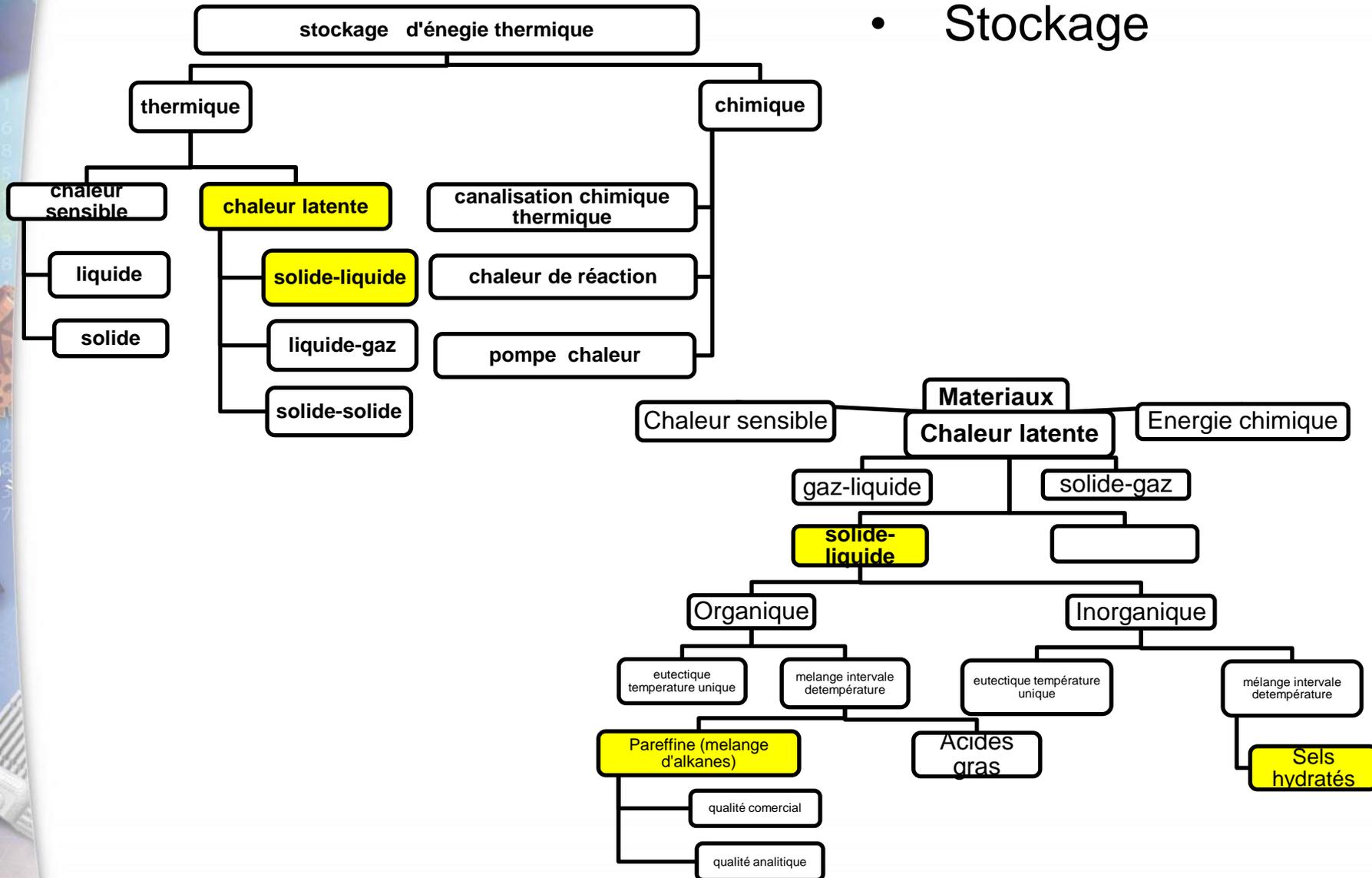


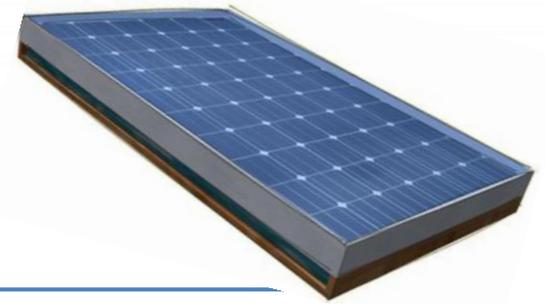
Dimensions :	1663 mm x 994 mm x 8 mm
Coefficient de conduction du module (supposé homogène) :	0.04 W/ (m · K)
Chaleur sensible volumique :	2500 kJ/ (m ³ · K)
Propriétés optique du vitrage par rapport au rayonnement solaire :	Absorption : 1% ; Transmission : 98% ; Réflexion : 1%
Propriétés optique du vitrage par rapport au rayonnement IR :	Transmission : 0% ; Absorption 90% ; Réflexion : 10%
Propriétés optique du silicium :	Absorption : 90% ; Émissivité IR : 90%



Problématique

- Stockage





Dimensions :	1663 mm x 994 mm x 8 mm
Coefficient de conduction du module (supposé homogène) :	0.04 W/ (m · K)
Chaleur sensible volumique :	2500 kJ/ (m ³ · K)
Propriétés optique du vitrage par rapport au rayonnement solaire :	Absorption : 1% ; Transmission : 98% ; Réflexion : 1%
Propriétés optique du vitrage par rapport au rayonnement IR :	Transmission : 0% ; Absorption 90% ; Réflexion : 10%
Propriétés optique du silicium :	Absorption : 90% ; Émissivité IR : 90%

**Masse volumique
massique latente**

900 kg/m³

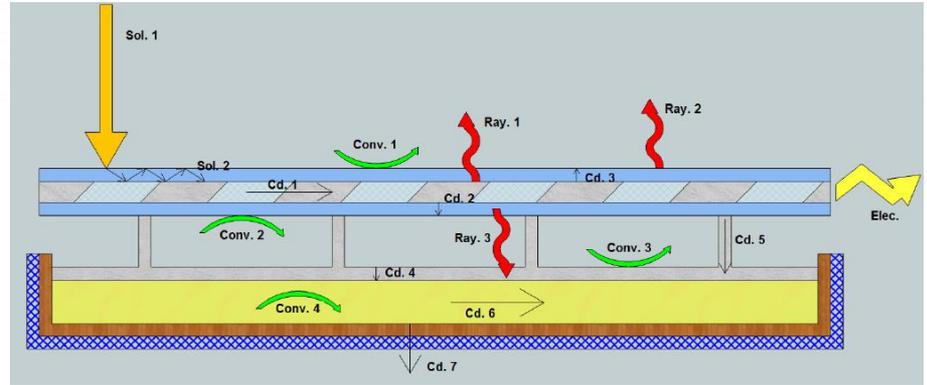
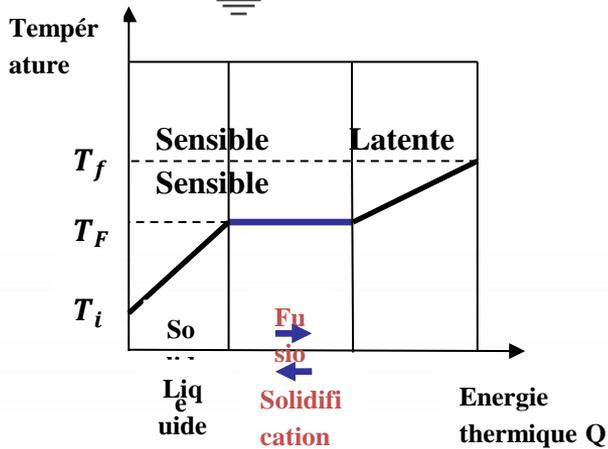
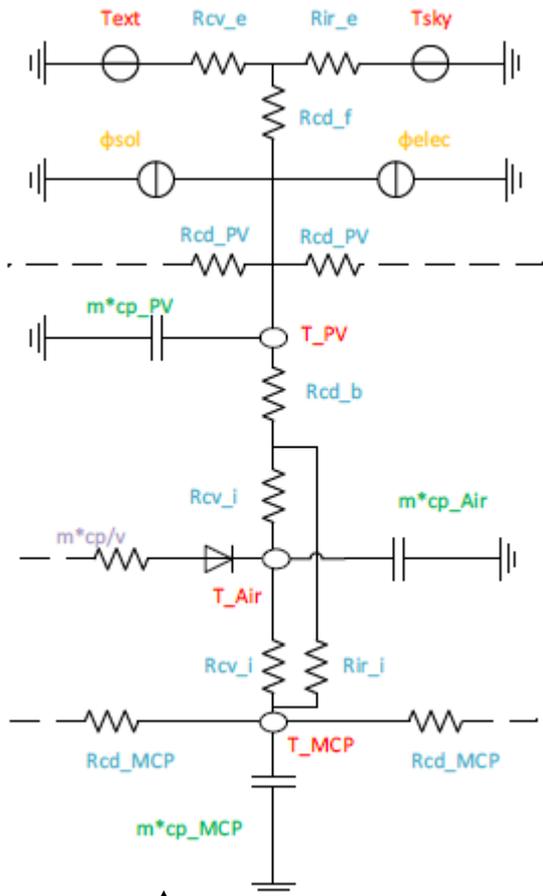
Chaleur massique sensible

2132 J/(kg·K)

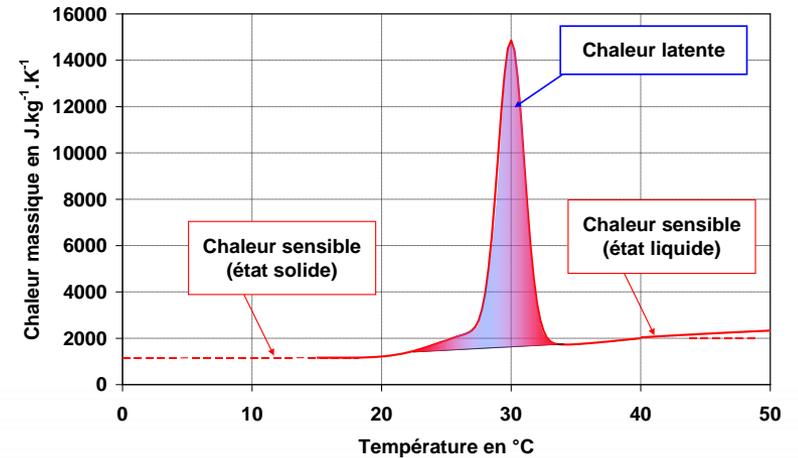
Chaleur

243 kJ/(kg)

MODÈLE SIMPLIFIÉ



COMPORTEMENT IDÉAL DES MCP



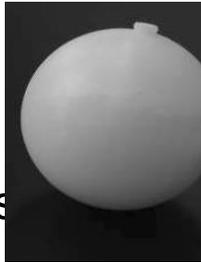
$$cp = f(T) = \begin{cases} cp_s & \text{si } T \leq T_f \\ cp_f & \text{si } T_f < T < T_f + dT \\ cp_l & \text{si } T \geq T_f + dT \end{cases}$$

Comparaison SENSIBLE / LATENT

Matériaux	Densité (Kg/m ³)	Chaleur spécifique (J/kg.K)	Capacité thermique Volumétrique (J/m ³ K)
Argile	1458	879	1.28
Briques	1800	837	1.51
Grés	2200	712	1.57
bois	700	2390	1.67
Béton	2000	880	1.76
Verre	2710	837	2.27
Aluminium	2710	896	2.43
ferre	7900	452	3.57
Acier	7840	465	3.68
Eau	988	4182	4.17

Nombre d'Atoms de Carbone	Point de fusion (°C)	Chaleur latent de fusion (kJ/kg)
14	5.5	228
15	10	205
16	16.7	237.1
17	21.7	213
18	28	244
19	32	222
20	36.7	246
21	40.2	200
22	44	249
23	47.5	232
24	50.6	255
25	49.4	238
26	56.3	256
27	58.8	236
28	61.6	253
29	63.4	240
30	65.4	251

Matériaux	Formule	Point DE FUSION (°C)	Chaleur latente (kJ/kg)
Acide Acétique	CH ₃ COOH	16.7	184
Polyéthylène glycol 600	H(OC ₂ H ₂) _n -OH	20-25	146
Acide caprique	CH ₃ (CH ₂) ₈ -COOH	36	152
Acide elaidique	C ₈ H ₇ C ₉ H ₁₆ -COOH	47	218
Acide laurique	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ -COOH	49	178
Acide pentadécanoïque	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ -COOH	52.5	178

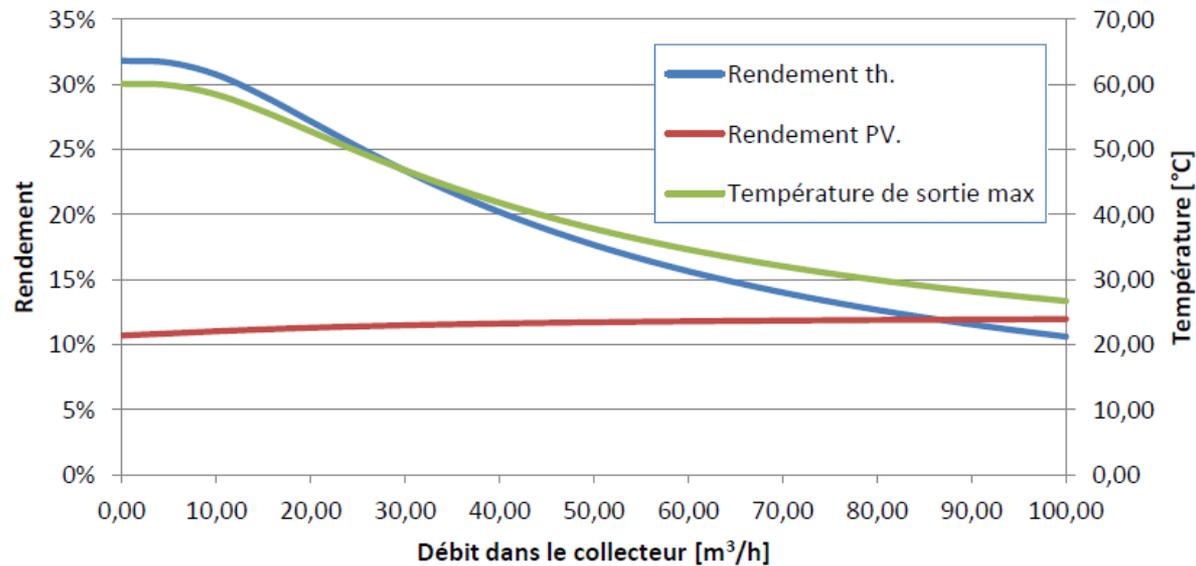


hydrates salins

		Hydrates Salins	Température de fusion [°C]	Chaleur latente de fusion [KJ/kg]
Tristéarine	(C ₁₇ H ₃₅ CO) ₃ H ₅			
Acide myristique	CH ₃ (CH ₂) ₁₂	Sel de Glauber (Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O)	32.4	252
Acide palmitique	CH ₃ (CH ₂) ₁₄	Chlorure de calcium,hexa hydrate CaCl ₂ ·6H ₂ O	27-30	190
Acide stéarique	CH ₃ (CH ₂) ₁₆	Acétate de sodium tri hydrate Na CH ₃ COOH.3H ₂ O	58	170 à 264
Acétamide	CH ₃ CO	Hydroxyde de Barium octahydrate Ba (OH) ₂ ·8H ₂ O	78	301
Fumarate de méthyle	(CH CO ₂ C	NH ₄ ·Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	95	238.5
		Phosphate de sodium dodécahydrate Na ₃ ·PO ₄ ·12H ₂ O	77	213
		Pyrophosphate de sodium décahydrate sous forme de capsules (Calotherm 70)	70	184
		Carbonate de sodium déca hydrate Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	32-35	247

Résultats (exemple)

Fonctionnement sans MCP

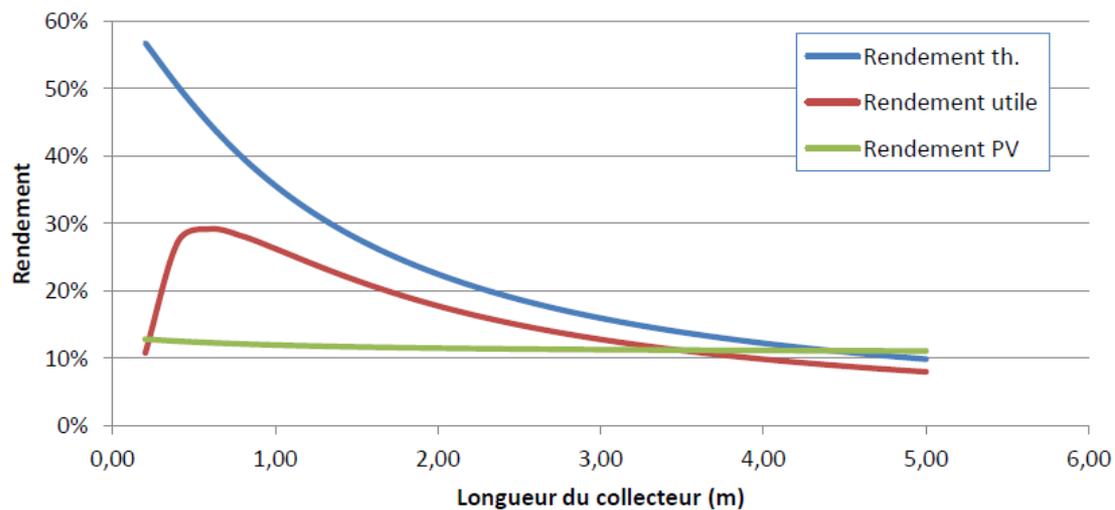
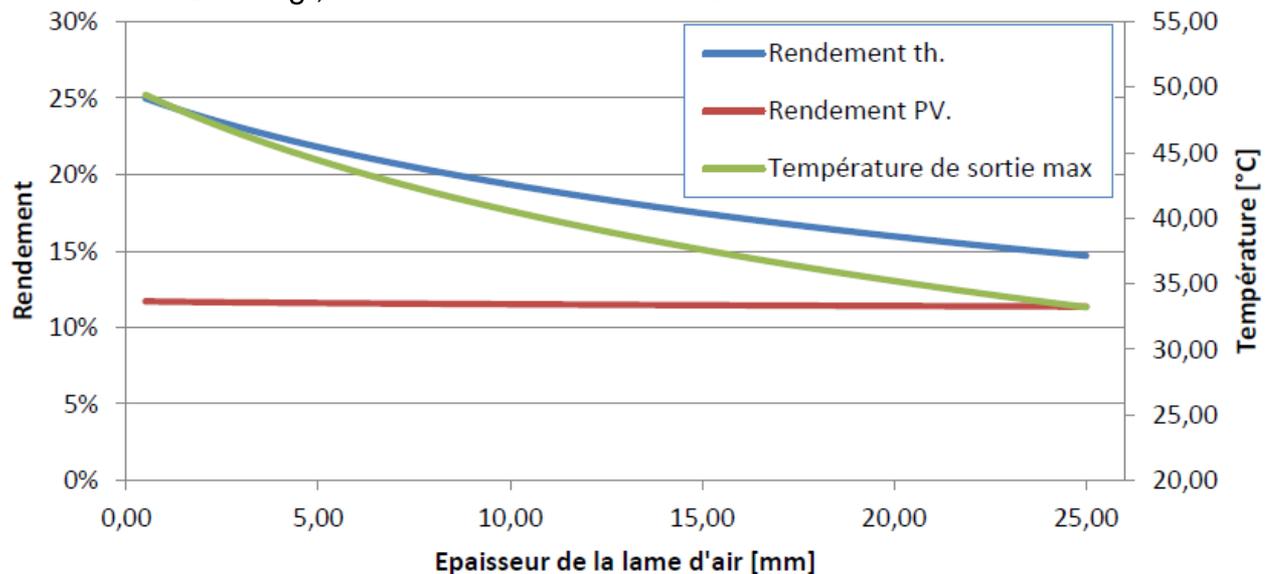


RENDEMENTS ET TEMPÉRATURE DU PANNEAU EN FONCTION DU DÉBIT
Masse MCP : 0kg ; Épaisseur de la lame d'air : 5mm



RENDEMENTS DU PANNEAU EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA LAME D'AIR

Masse MCP : 0kg ; débit dans le collecteur : 30m³/h



RENDEMENTS EN FONCTION DE LA LONGUEUR DU COLLECTEUR

Épaisseur de la lame
d'air

5 mm

Débit dans le
collecteur

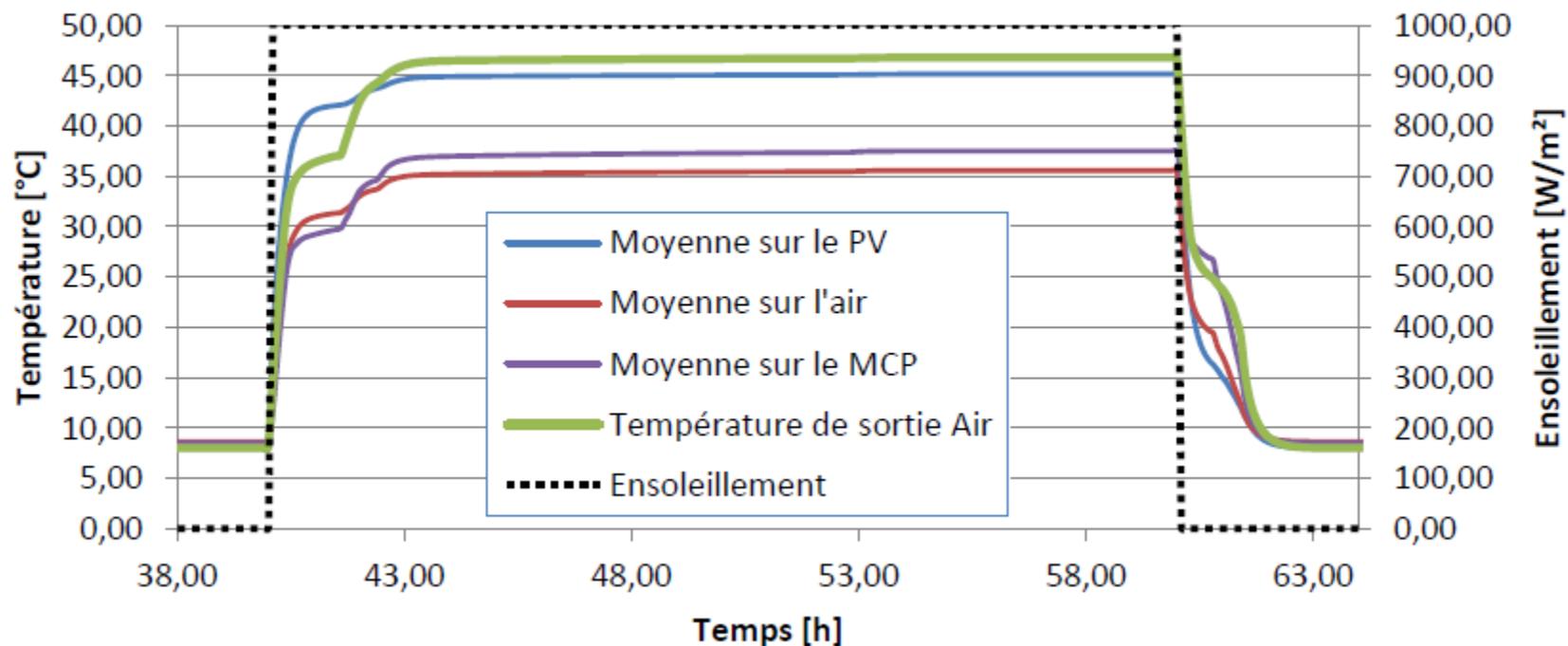
30 m³/h

Masse de MCP

5 kg

Température de
fusion

30 °C



EVOLUTION DES TEMPÉRATURES SUR LE CYCLE BASSE FRÉQUENCE

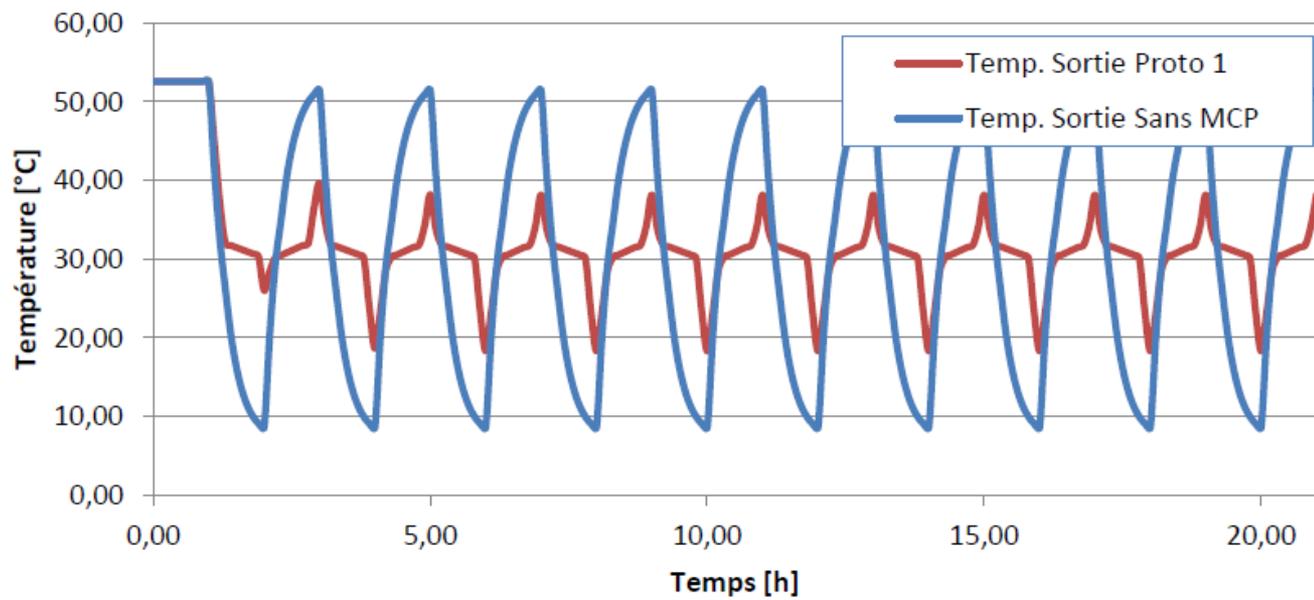
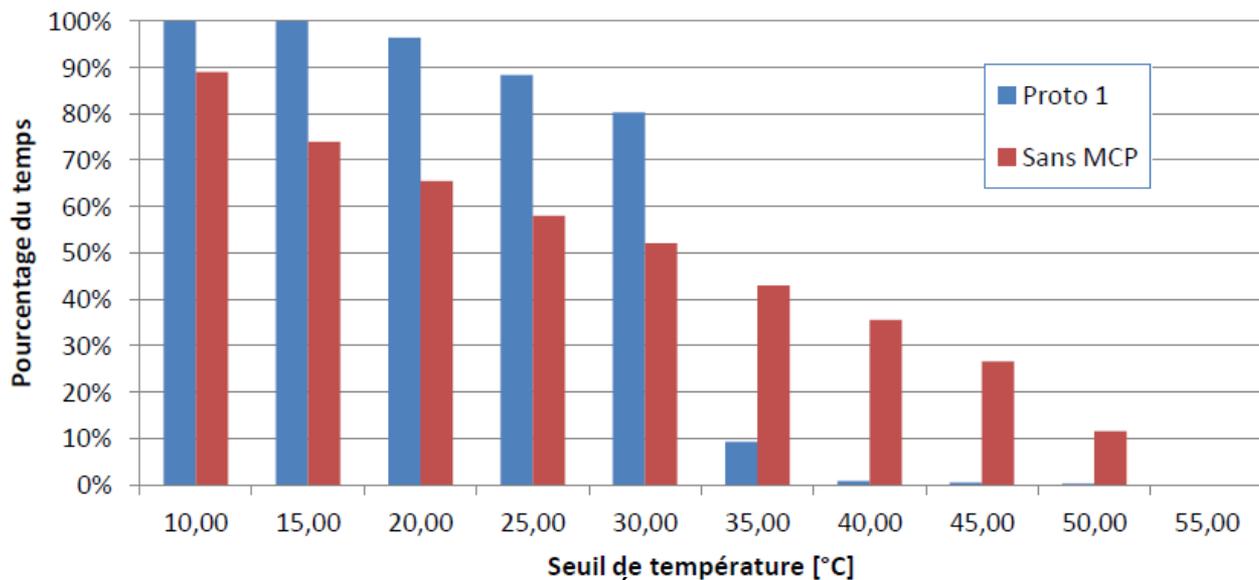
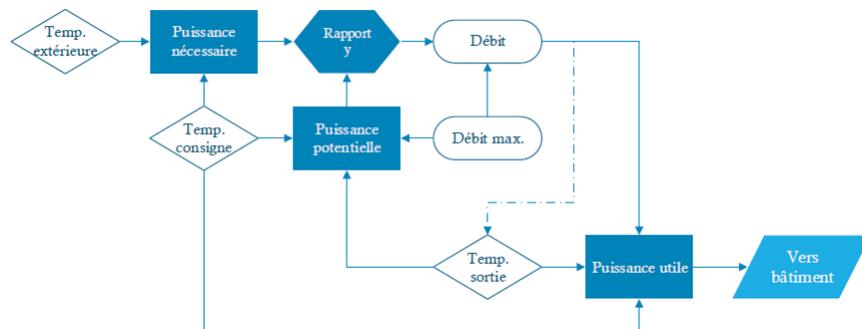


DIAGRAMME DES TEMPÉRATURES POUR UNE FRÉQUENCE D'EXCITATION DE 0.5H-1



INDICE STATISTIQUE DES TEMPÉRATURES SUR LE TEST HAUTE-FRÉQUENCE

SCHÉMA DE LA RÉGULATION



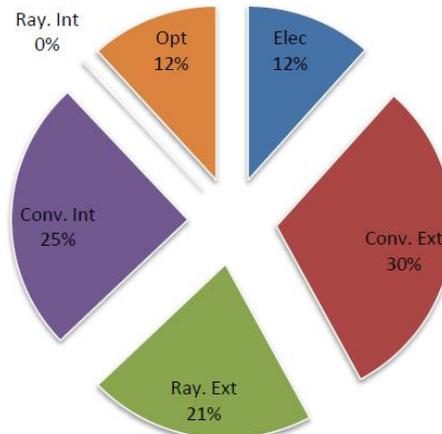
Grandeur	Modèle	Scénario A	Scénario B	Scénario C
Énergie consommée par l'appoint	Bâtiment seul	2196 kWh	3597 kWh	2196 kWh
	Bât. + Proto 1	2168 kWh	3508 kWh	2164 kWh
	Bât + Sans MCP	2163 kWh	3510 kWh	2156 kWh
Chaleur produite	Bât. + Proto 1	41 kWh	89 kWh	52 kWh
	Bât + Sans MCP	54 kWh	86 kWh	70 kWh
Puissance max. 4 collecteurs	Bât. + Proto 1	477 W	632 W	622 W
	Bât + Sans MCP	601 W	702 W	669 W
Rendement thermique	Bât. + Proto 1	33%	32%	35%
	Bât + Sans MCP	31%	29%	33%
Inconfort	Bâtiment seul	11%	0%	11%
	Bât. + Proto 1	12%	0%	12%
	Bât + Sans MCP	12%	0%	12%
Électricité produite	Bât. + Proto 1	306 kWh	306 kWh	303 kWh
	Bât + Sans MCP	305 kWh	305 kWh	302 kWh
Temp. soufflée (Max/Moy/Éc. type)	Bât. + Proto 1	64°C/34°C/8°C	64°C/32°C/8°C	64°C/34°C/8°C
	Bât + Sans MCP	65°C/36°C/10°C	65°C/34°C/10°C	65°C/37°C/9°C

D'une manière générale, cette étude montre que la chaleur produite par les panneaux in-situ est très faible : moins de 100kWh (25kWh/panneau) sur la saison de chauffe, et une puissance max. entre 500 et 700W (entre 125 et 175W par panneau).

Remarques / Conclusions

- **Critère d'intégration au vu d'un besoin adéquat (i) et d'une contrainte (local/météo) (ii)**

(-) • Fréquence / Ecart → cyclage / Energie

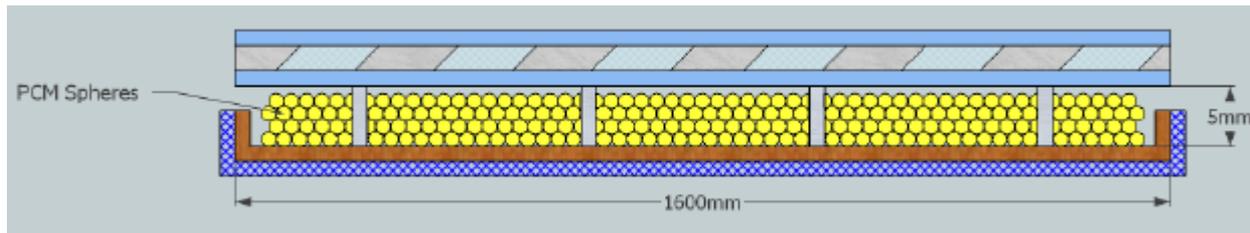


RÉPARTITION DES PERTES
DANS LE MODÈLE

Eviter les surchauffes PV ($\eta \searrow$)

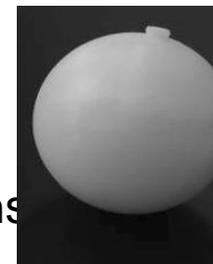
- Verrous Scientifique / Produit

(+)



- **Projet commun**
- **Dispositif expérimental**
- **Stagiaire B. Ravache**
- **Nouvelle doctorante en cours d'inscription (contrat SOLAR 2G)**

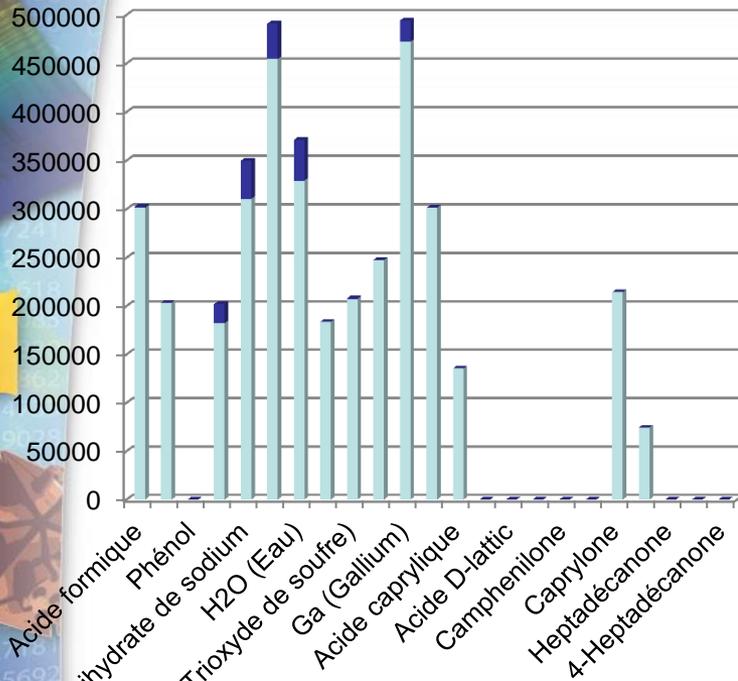
Matériaux	Formule	Point DE FUSION (°C)	Chaleur latente (kJ/kg)
Acide Acétique	CH ₃ COOH	16.7	184
Polyéthylène glycol 600	H(OC ₂ H ₂) _n -OH	20-25	146
Acide caprique	CH ₃ (CH ₂) ₈ -COOH	36	152
Acide elaidique	C ₈ H ₇ C ₉ H ₁₆ -COOH	47	218
Acide laurique	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ -COOH	49	178
Acide pentadécanoïque	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ -COOH	52.5	178



hydrates salins

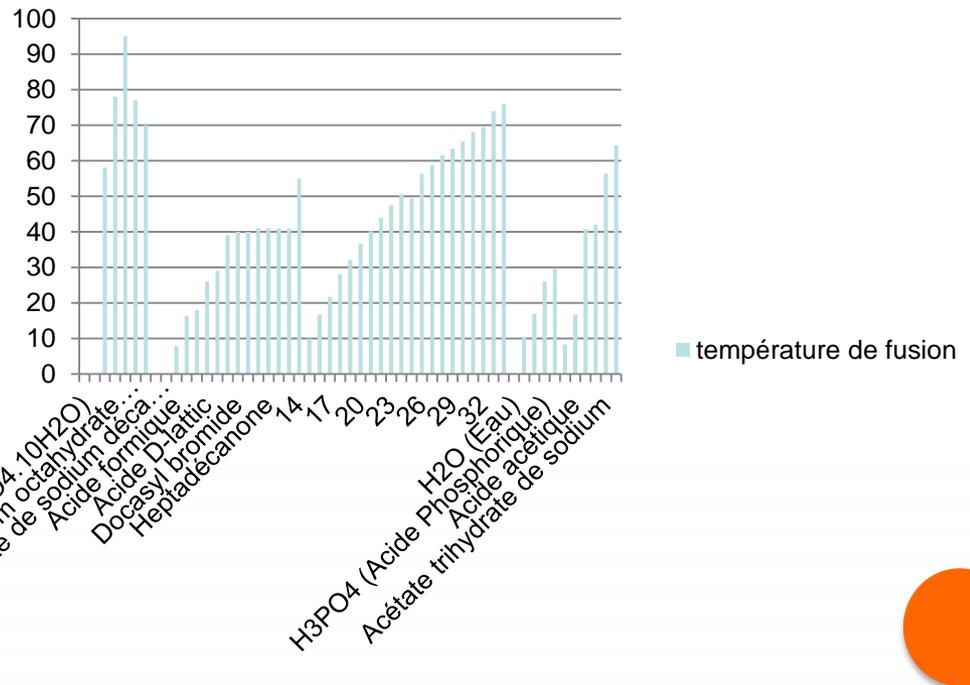
Matériaux	Formule	Hydrates Salins	Température de fusion [°C]	Chaleur latente de fusion [KJ/kg]
Tristéarine	(C ₁₇ H ₃₅ CO ₂) ₃			
Acide myristique	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ -COOH	Sel de Glauber (Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O)	32.4	252
Acide palmitique	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ -COOH	Chlorure de calcium,hexa hydrate CaCl ₂ ·6H ₂ O	27-30	190
Acide stéarique	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ -COOH	Acétate de sodium tri hydrate Na CH ₃ COOH.3H ₂ O	58	170 à 264
Acétamide	CH ₃ CO	Hydroxyde de Barium octahydrate Ba (OH) ₂ ·8H ₂ O	78	301
Fumarate de méthyle	(CH CO ₂ C	NH ₄ ·Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	95	238.5
		Phosphate de sodium dodécahydrate Na ₃ ·PO ₄ ·12H ₂ O	77	213
		Pyrophosphate de sodium déca hydrate sous forme de capsules (Calotherm 70)	70	184
		Carbonate de sodium déca hydrate Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	32-35	247

Comparaison Sensible/latent par unité de volume



■ Cp liquide (kJ/m³)
■ Lf (kJ/m³)

température de fusion



■ température de fusion





Merci