

Déploiement et empreintes d'assemblages bois

Le chemin de Damas

Richard Trempe, arch. M,Sc.

Trempe Architecte

Franz Segovia Abanto, Ph.D

Chercheur en sciences du bois

Serex

Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec

Septembre 2022



Collaboration et partenariat de recherche :

trempearchitecte.com



LGT



CT CONSULTANT



SOPREMA

PARTIE 5

stgm

rd2



Société
d'habitation

Québec



Collaboration pour la conférence :



Les intentions

- Développer des systèmes constructifs simples
- Évaluer et comparer les performances initiales et en service des différents systèmes en bois
- Comprendre comment les enjeux liés à l'enveloppe s'interrogent, et même s'opposent
- Remettre en question des évidences

La petite échelle des projets doit faciliter les analyses en croisée. Une même équipe de travail est utilisée pour tous les projets.









Jérusalem

Damas

Le doute

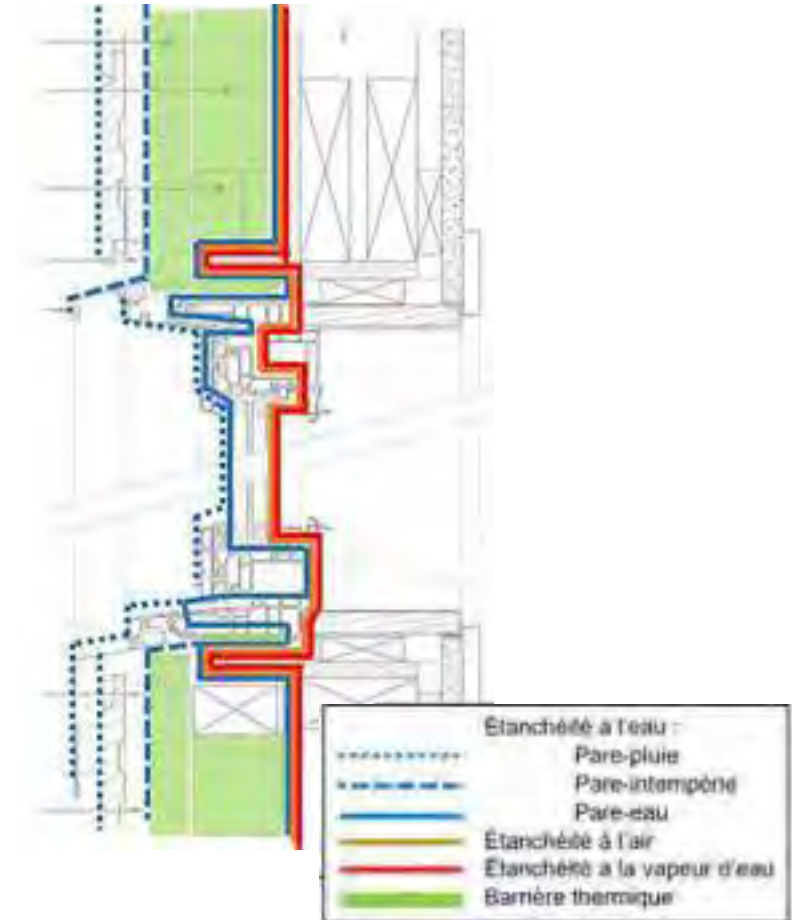


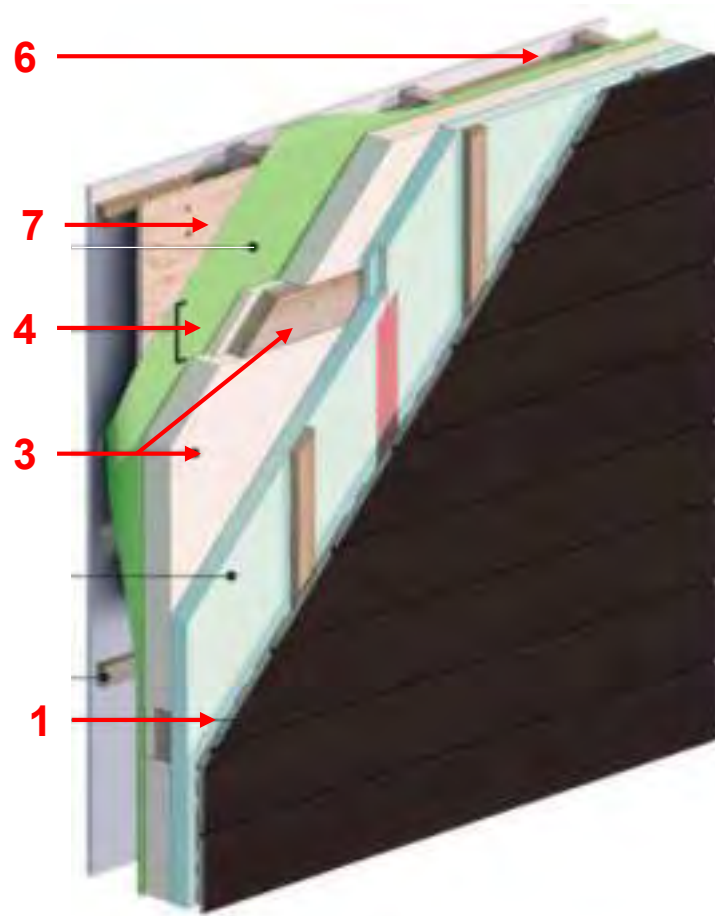


Le Pierrot (185 rue Paquet)

2019







1. Membrane située derrière l'isolant
2. Aucune matière principale putrescible trappée
3. Recouvrement des ponts thermiques maximisé
4. Opérations de pose des plans d'étanchéité simplifiées
5. Membrane servant de protection en travaux
6. Espace entre les montants laissé libre pour le passage de la mécanique et de l'électricité
7. Choix du type de revêtement intermédiaire non soumis aux risques de condensation et de contamination fongique.

Le travail réalisé à la phase 2019 a montré une très bonne performance



Rapport: Site Trempearchitecte.com



L'efficience est-elle vraiment le résultat de l'application du mur SITE « perfect wall » ?

Serait-ce aussi dû à la performance des détails? À la qualité des travaux réalisés ?

Et si l'on comparait, toujours avec les mêmes équipes de réalisation, d'autres systèmes, avec des bâtiments, des orientations, des sollicitations et des usages similaires ?



La Sittelle (163 rue Paquet)



L'Hermine (161 rue Paquet)

2021

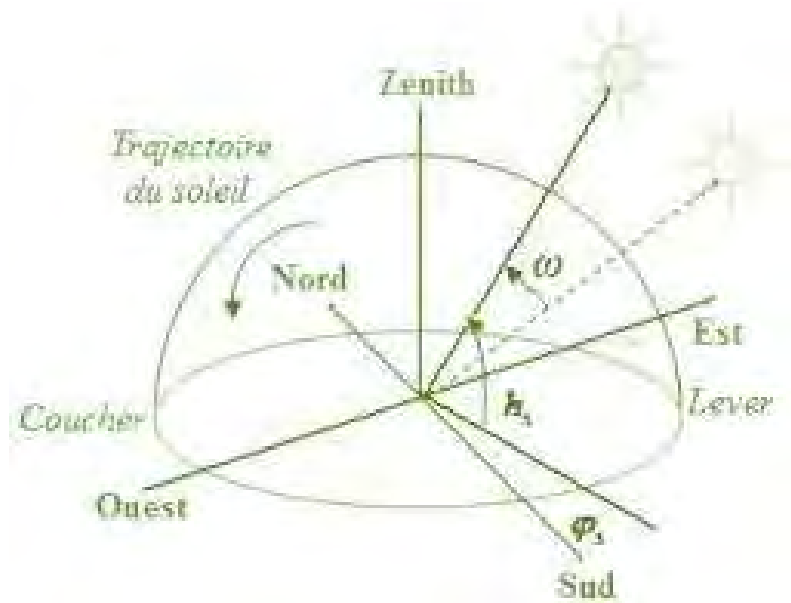


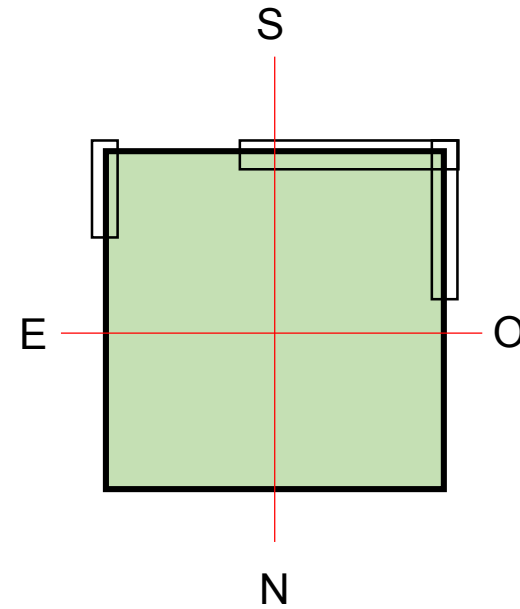
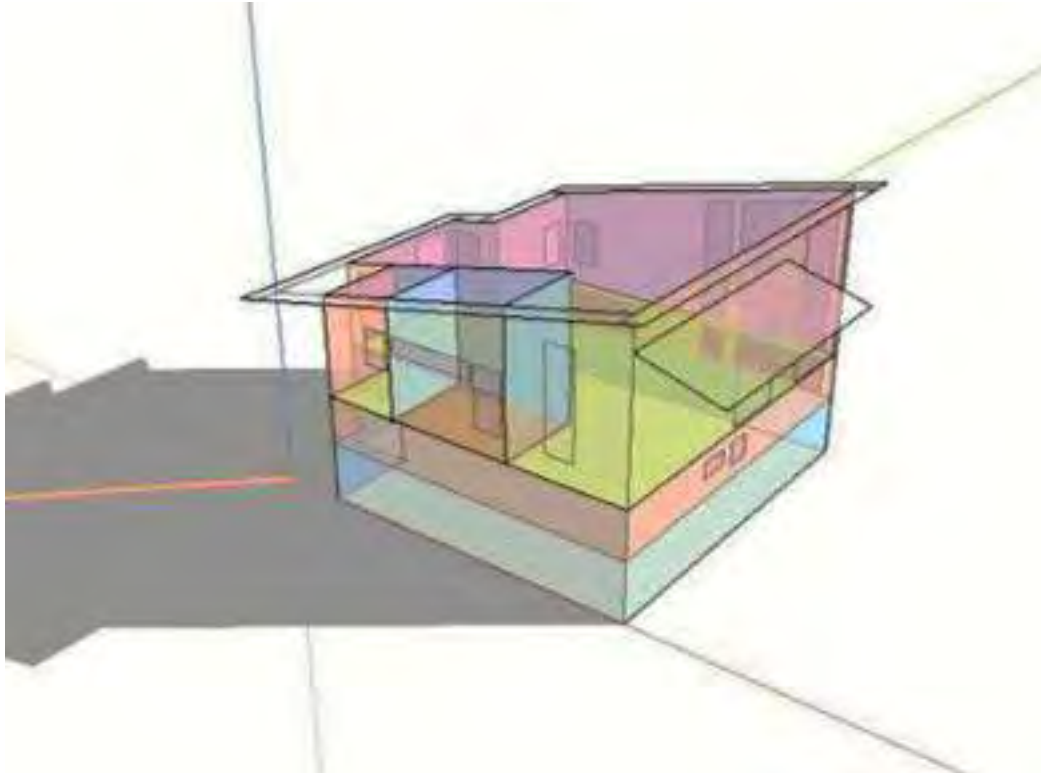


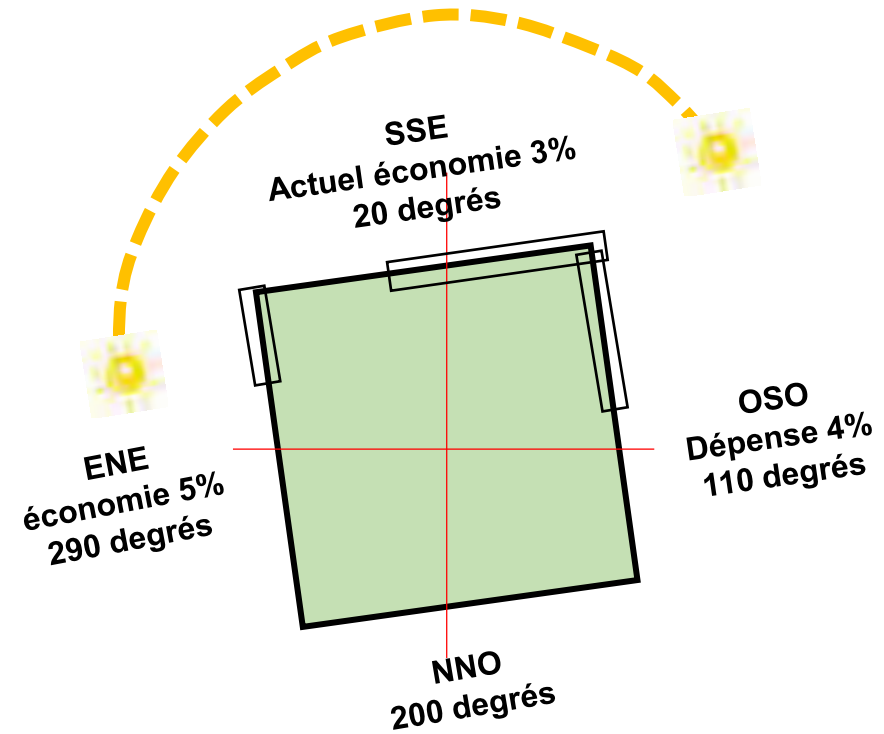
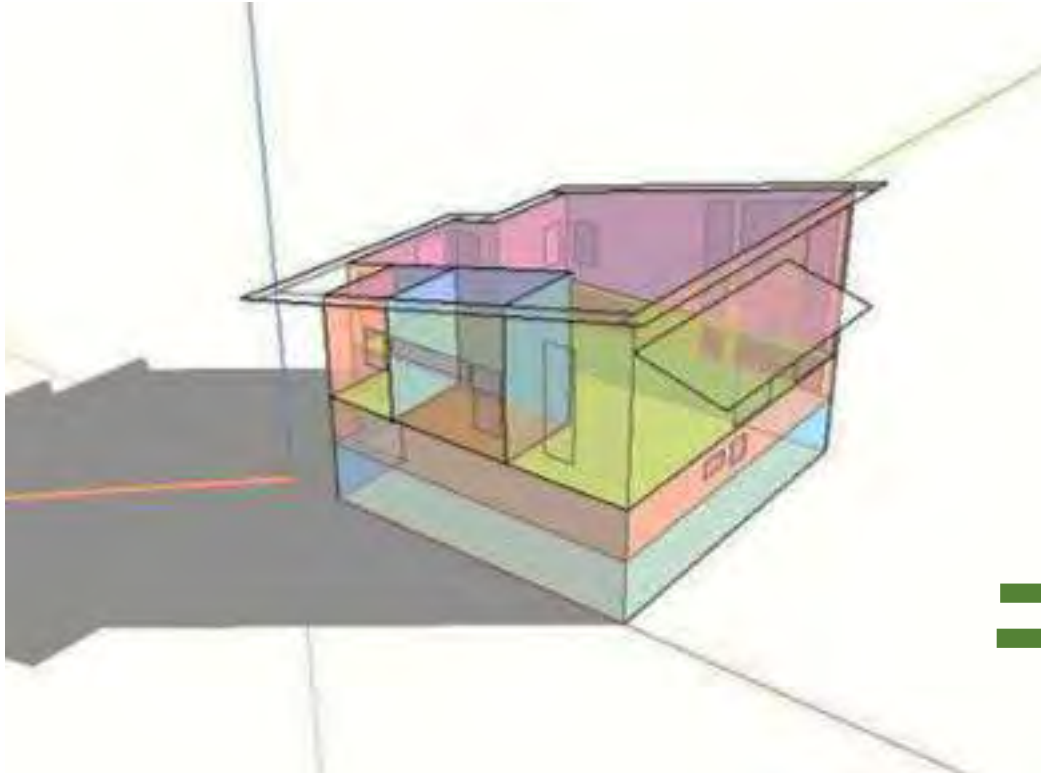
Figure 7 – photomontage plans et photos du pavillon 32 L'Hermine

CEBQ - Le chemin de Damas

La quête du soleil







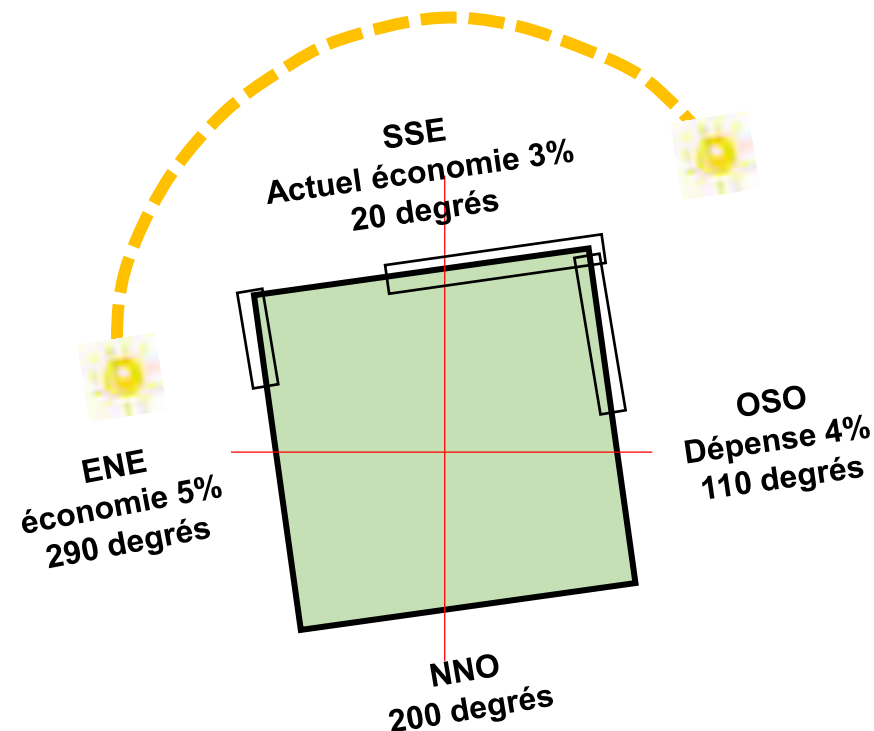
° N	Économie			
	kWh	%	kW	%
200°	14 792		8.67	
290°	14 025	-5.2%	8.54	-1.5%
20°	14 347	-3.0%	8.74	0.8%
110°	15 406	4.2%	8.77	1.2%

Tableau 1 - Consommation énergétique (kWh) et puissance appelée (kW) selon l'orientation de la maison – Source rapport rd2 Phase 1
CONDITIONS PROPRES AU FENÊTRAGE DONNÉ

Les maisons très performantes (ex. bien isolées, très étanches, orientation solaire favorable) peuvent souvent être en surchauffe en hiver

Sans une stratégie de recirculation (ou de stockage actif) des gains solaires, une partie non-négligeable des gains solaires au sein de l'aire de vie principale pourrait ne pas être exploitée

Rapport Denis Bourgeois
rd2



° N	Économie			
	kWh	%	kW	%
200°	14 792		8.67	
290°	14 025	-5.2%	8.54	-1.5%
20°	14 347	-3.0%	8.74	0.8%
110°	15 406	4.2%	8.77	1.2%

Tableau 1 - Consommation énergétique (kWh) et puissance appelée (kW) selon l'orientation de la maison – Source rapport rd2 Phase 1
CONDITIONS PROPRES AU FENÊTRAGE DONNÉ

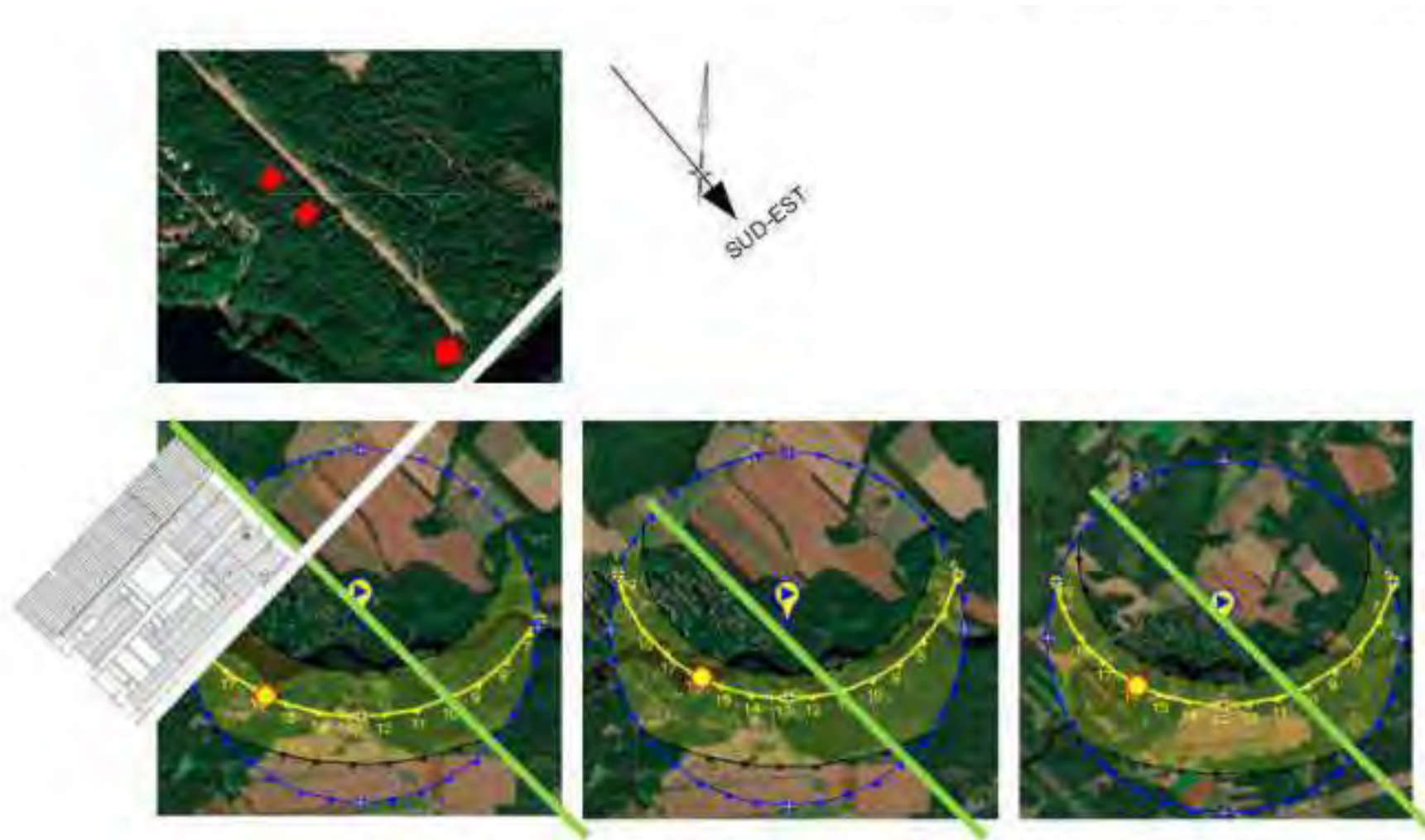
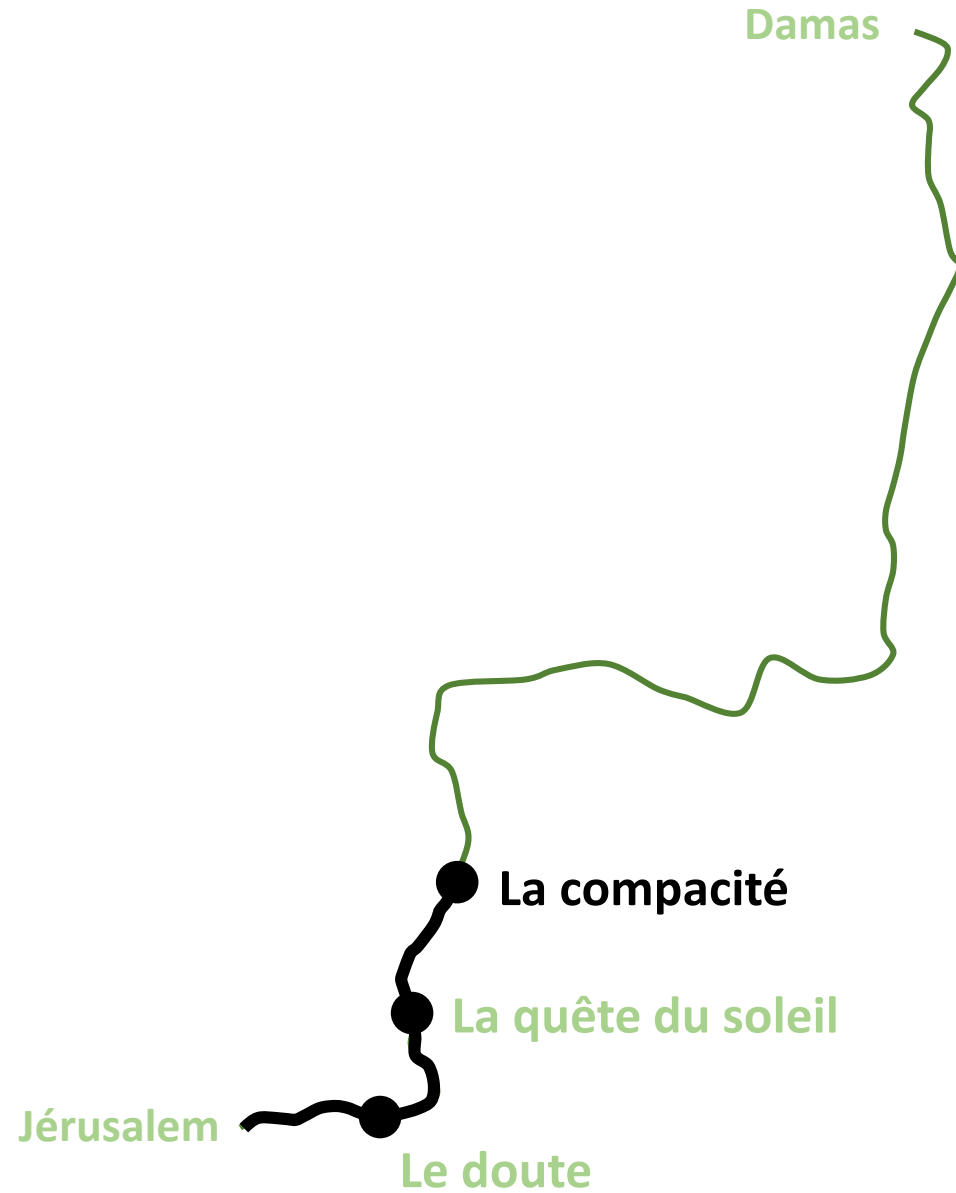
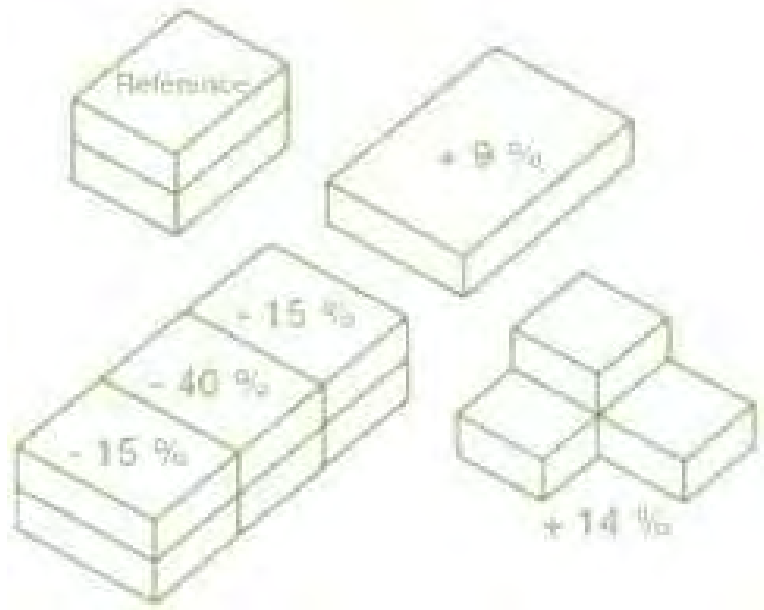
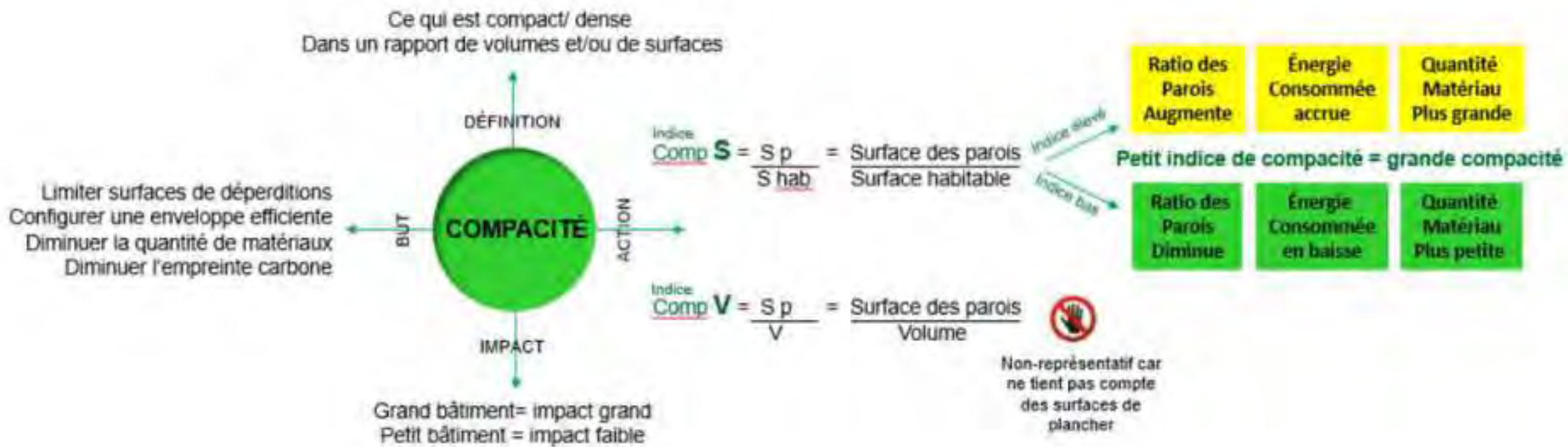


Figure 6 – Orientation générale du site et des pavillons, vue de la course du soleil
le 20 septembre 2021, 20 janvier 2021, 20 avril 2022
Source : sunearthtools.com





2021



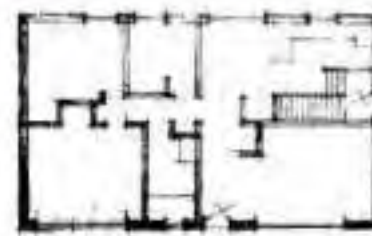
La Sittelle et l'Hermine
Dalle sur sol (pas de sous-sol)
2^e étage partiel

2019



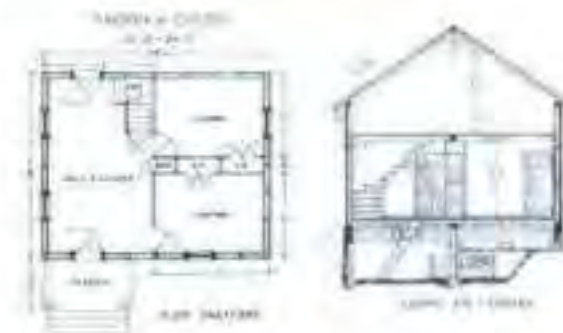
Le pierrot
RDC et
sous-sol considéré

1960



Bungalow typique
RDC et
sous-sol considéré

1925



La maison du colon
RDC et
étage partiel combles

Rapport entre les surfaces des parois (murs et toitures) et les projections brutes de plancher



Sittelle Hermine



Le Pierrot



Bungalow



La maison du colon

En dépit d'une plus grande surface de plancher, le Pierrot a un ratio plus faible, donc une proportion optimisée des surfaces des parois par rapport aux surfaces de plancher.

Les zones non-utilisées comme les dégagés sur 2 étages (Sittelle) ou un toit cathédrale (Pierrot) augmentent l'aire des parois, donc diminuent l'indice

Aire de projection Brute de plancher (pi^2)

1078,8

1058,8

1853,4

1793,0

960,0

Espace occupé par les surfaces des parois (pi^2)

2896,9

2875,1

3486,6

3020,0

1832,0

Ratioparois / aire de projection brute de plancher

2,69

2,71

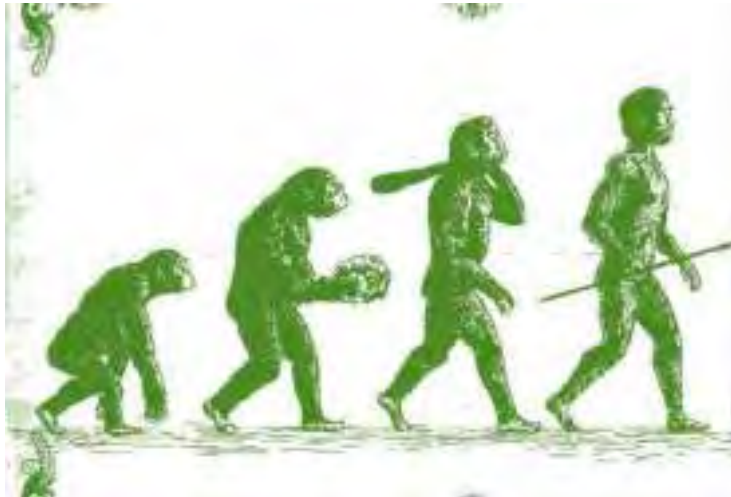
1,9

1,7

1,9

Indice de compacité S

Épaisseur occupée l'enveloppe p/r à l'aire de plancher brute	Épaisseur parois ↑	Ratio occupé par parois ↑	Habituellement non- significatif
Proportion des murs en sous-sol	Surface de mur « sous- terrain » ↑	Étanchéité globale ↑	Taux de fuite réduit Gain facile à obtenir
Rapport de surfaces vitrées	Rapport Périmètre / vitrage ↑	Étanchéité globale ↓	30% plus de pi.lin. de périmètre par rapport au vitrage (articulation)
Zones susceptible de ponts thermique	Dimension du bâtiment ↓	ratio d'angles ↑	Ratio de jonction est 14% Plus élevé Sittelle / Hermine que le Pierrot et 30% que la maison du colon
	Articulation du bâtiment ↑	ratio d'angles ↑	



L'évolution des espèces

Damas

La compacité

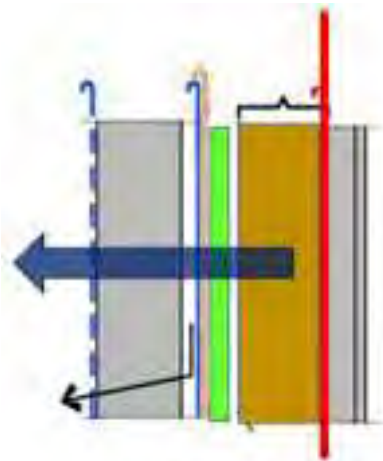
La quête du soleil

Jérusalem

Le doute

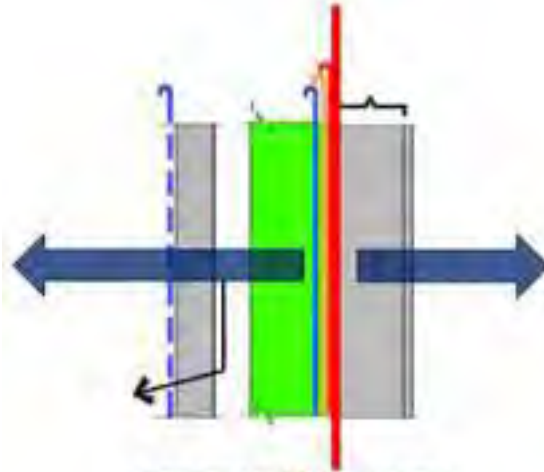


EXT INT



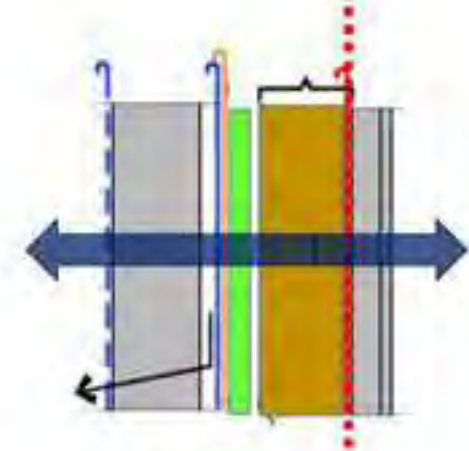
CONVENTIONNEL

EXT INT



PERFECT WALL (SITE)

EXT INT



CONVENTIONNEL
(PERSPIRANT)

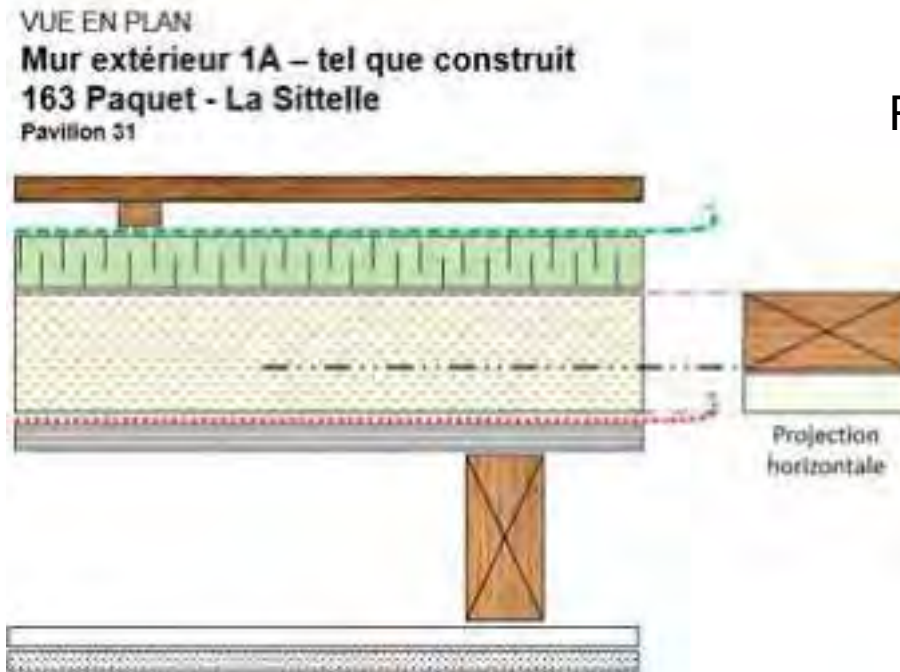
Auvergne laboratoire vivant
PHASE 1

Auvergne laboratoire vivant
PHASE 2

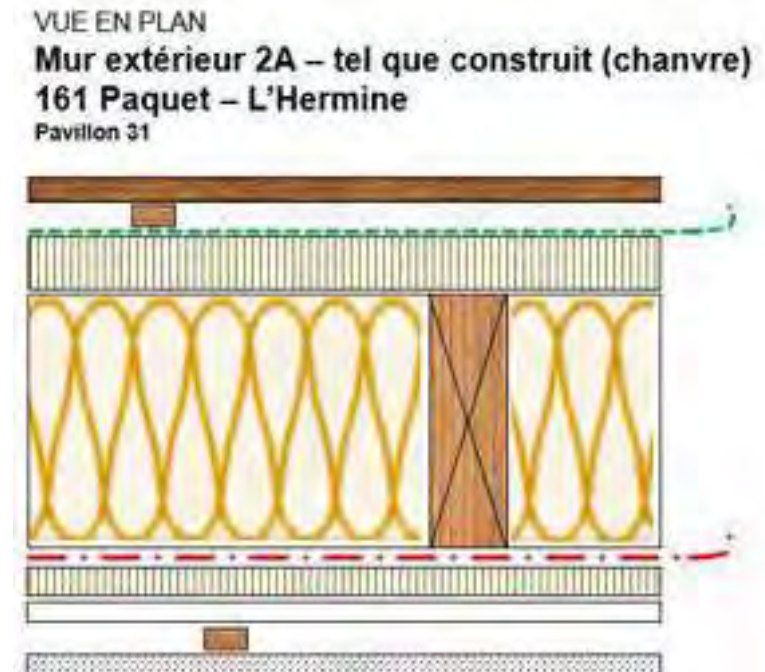


Comparatif Partie 11 Code de construction (2010)	RSI 3,7	R21.0	1A : Reff 16% plus élevée 2A : Reff 21% plus élevée
Comparatif Novoclimat	RSI 4,14	R23.5	1A : Reff 7% plus élevée 2A : Reff 12% plus élevée

1A
RSI 4,44



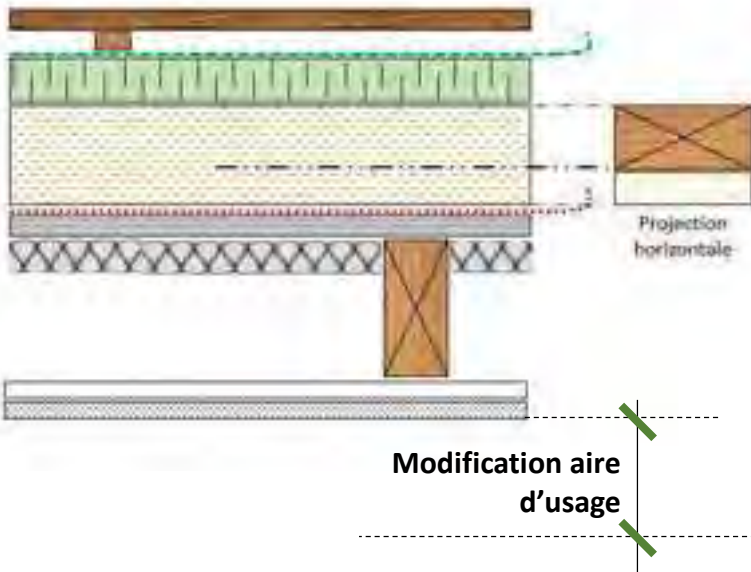
2A
RSI 4,72



1B RSI 5,02

VUE EN PLAN

Mur extérieur 1B – scénario ajout d'isolant entre montants
163 Paquet - La Sittelle
Pavillon 31

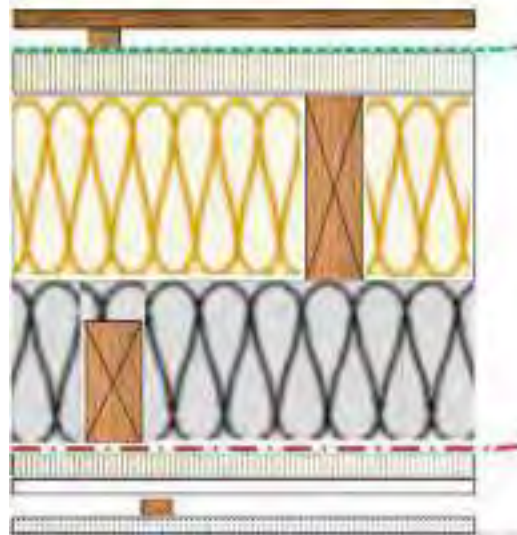


Mur 1A + Isolant fibre de roche
25mm entre les montants

2B RSI 6,78

VUE EN PLAN

Mur extérieur 2B – scénario double-ossature (chanvre et fibre de roche)
161 Paquet - L'Hermine
Pavillon 31

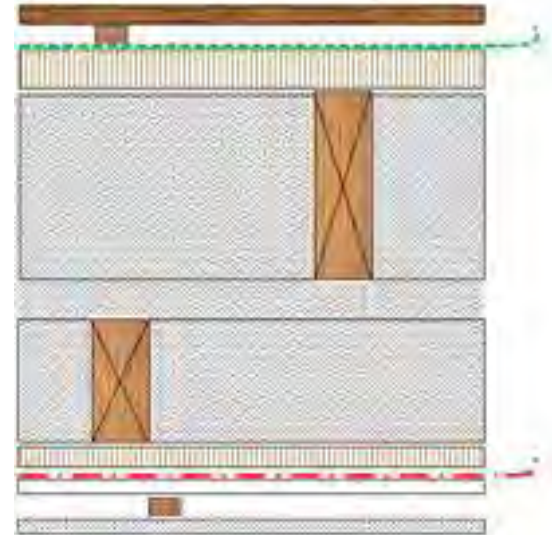


Ajout d'une charpente supplémentaire
de bois 38x89mm de l'intérieur et de
l'isolant de fibre de roche 140mm
légèrement comprimée (89+25mm)

2C RSI 6,63

VUE EN PLAN

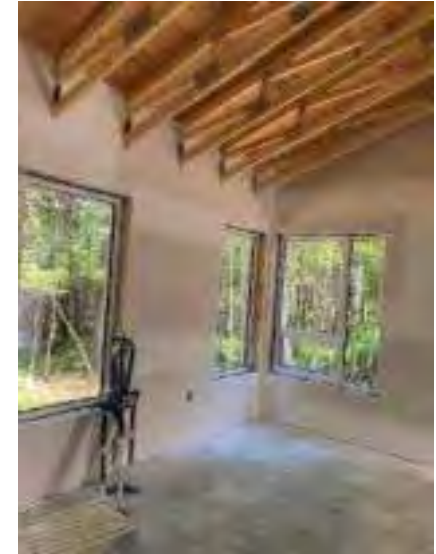
Mur extérieur 2C – scénario double-ossature (cellulose)
161 Paquet - L'Hermine
Pavillon 31

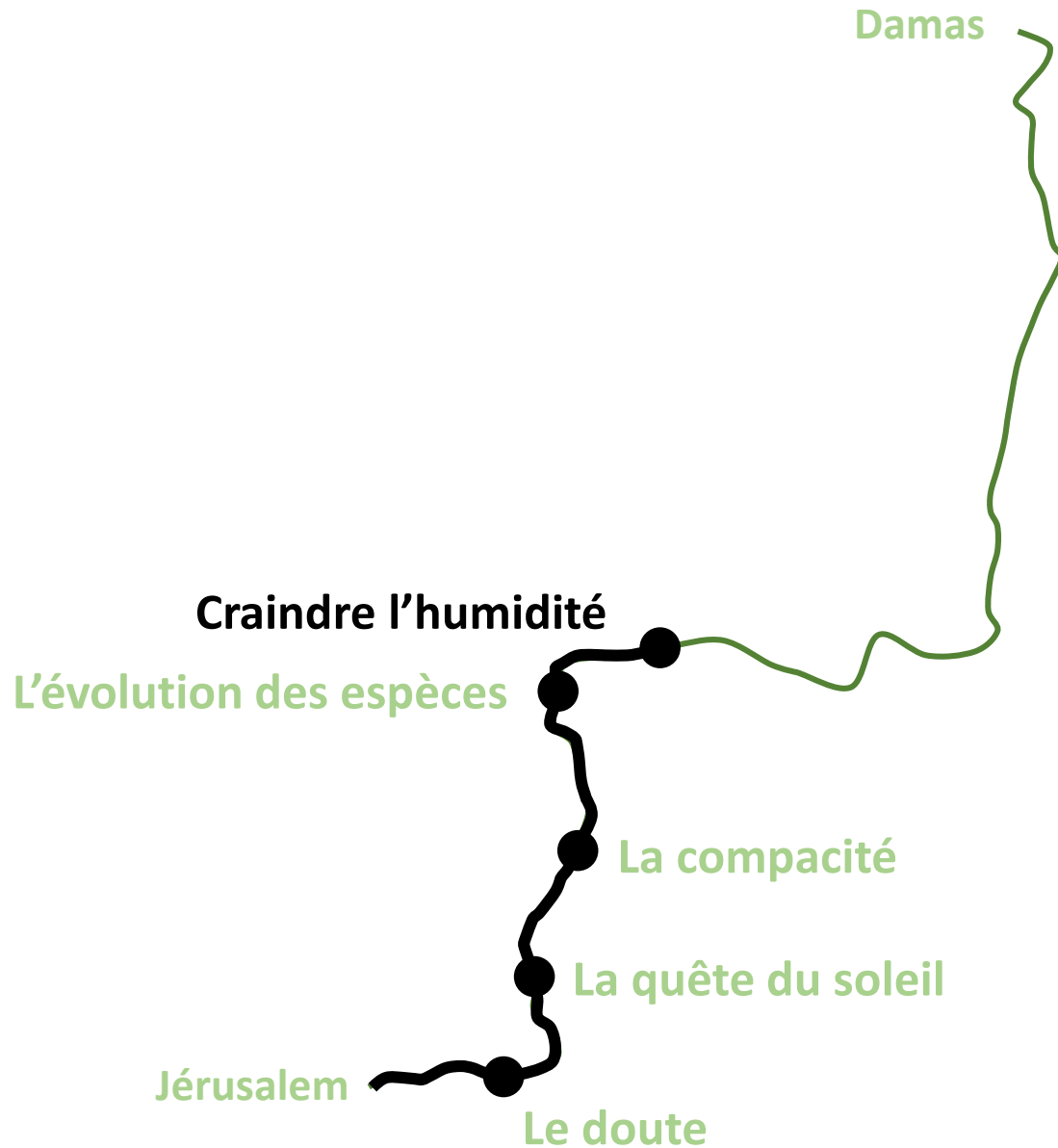


Similaire à 2B, mais en
pulvérisant de la cellulose au
complet dans le mur double-
ossature (140mm+25mm+89mm)

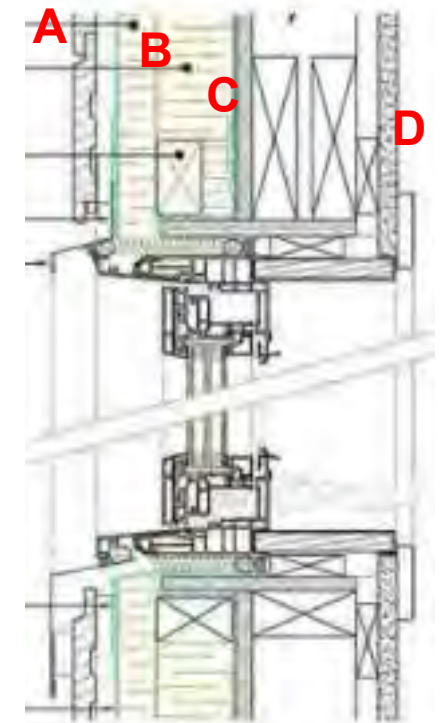
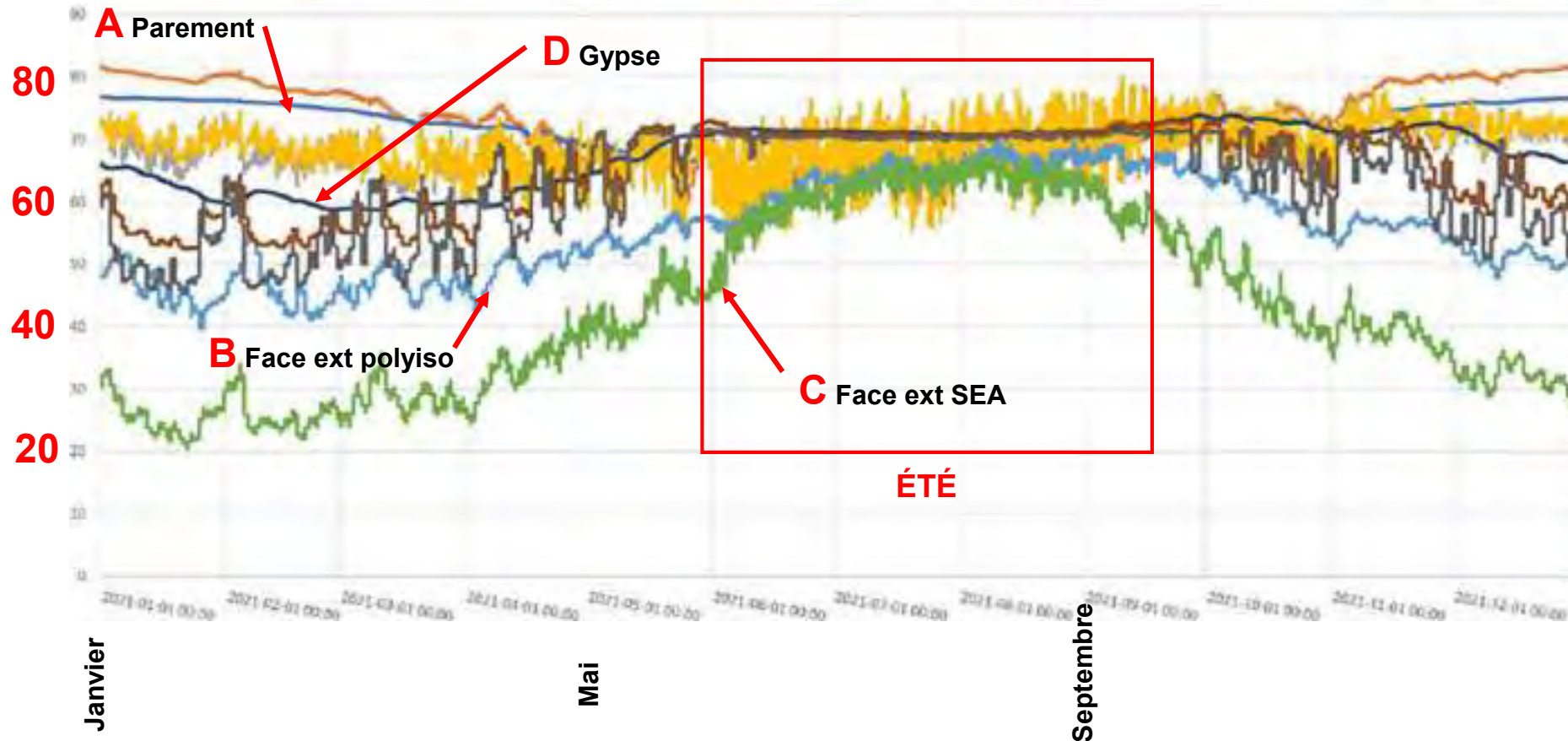
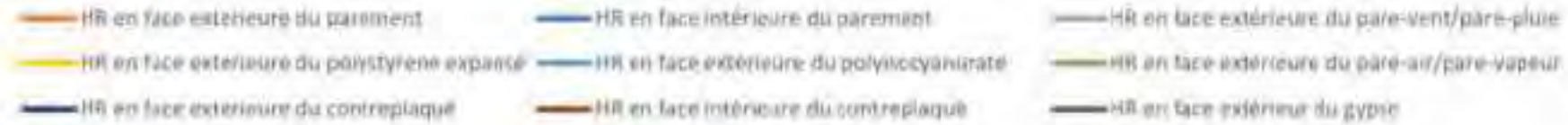
Autres conditions paramétrées que les murs:

- Potentiel d'utilisation d'assemblages biosourcés
- Régulation de l'humidité dans l'enveloppe
- Conditions d'ensoleillement
- Mur de masse
- Dalle de béton chauffante (radiante)
- Toiture à double-ossature
- Consommation énergétique
- Impact des usages sur la consommation





Humidité relative (%) à différents endroits dans la composition murale en fonction du moment de l'année - Période d'un an



Température

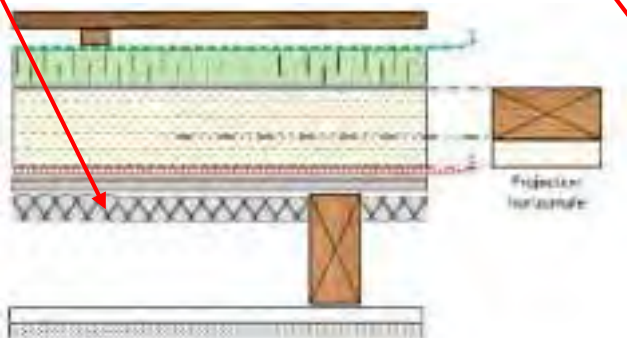
Teneur en eau maximale

Humidité relative atteinte
80% jours / année (moyenne 30 jours)

Indice de moisissure

Composantes	Température				Teneur en eau maximale atteinte				Humidité relative (moyenne sur 30 jours) maximale atteinte et nombre de jours par année où cette moyenne sur 30 jours dépasse 80% (%)								Indice de moisissure (selon les critères spécifiés dans ASHRAE-160 2016)			
	Surface ext.		Surface int.		% de la saturation des pores du matériel (relatif à la porosité du matériel)		Date		Surface extérieure				Surface intérieure				Index max. surface extérieure		Index max. surface intérieure	
	1.5" EPS		2" EPS		1.5" EPS		2" EPS		1.5" EPS		2" EPS		1.5" EPS		2" EPS		1.5" EPS		2" EPS	
	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS	1.5" EPS	2" EPS
Paroi ext. de bois	-33.6	-33.6	-31.7	-31.7	20.8%	20.8%	2020-10-01 7:00	2020-10-01 7:00	90.0	90.0	87.4	88.3	89.8	89.8	71.4	71.4	0.1	0.1	0.2	0.2
Pare-vent/pare-pluie Tyvek	-29.6	-29.6	-29.6	-29.6	0.4%	0.4%	2020-10-03 14:00	2020-10-03 14:00	85.6	86.0	8.9	10.3	86.7	86.8	15.0	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0
EPS	-29.5	-29.6	-16.6	-12.5	0.0%	0.0%	2020-10-09 7:00	2020-10-09 7:00	87.0	87.2	15.1	15.2	83.5	83.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Polystyrène	-14.7	-10.4	3.6	7.0	0.2%	0.2%	2020-10-01 0:00	2020-10-01 0:00	82.2	81.6	0.3	0.2	66.6	65.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pare-air/pare-vapeur	3.7	7.1	3.7	7.1	0.5%	0.5%	2020-10-01 2:00	2020-10-01 2:00	73.5	73.8	0.0	0.0	95.1	91.6	272.4	216.9	0.0	0.0	2.1	0.3
Contre-plaque	3.8	7.2	6.0	9.4	27.3%	27.4%	2020-10-02 8:00	2020-10-01 13:00	95.1	93.6	274.6	241.9	91.0	87.9	282.1	51.0	3.8	1.9	2.7	0.7
Fibre de roche (Comfortboard)	7.0	10.5	16.2	16.3	0.2%	0.2%	2020-10-01 9:00	2020-10-01 9:00	88.7	84.9	263.1	19.7	75.2	73.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Plafond	19.3	19.2	19.7	19.7	2.77%	2.77%	2020-10-01 0:00	2020-10-01 0:00	72.4	71.2	0.0	0.0	70.8	70.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1B



Variantes:

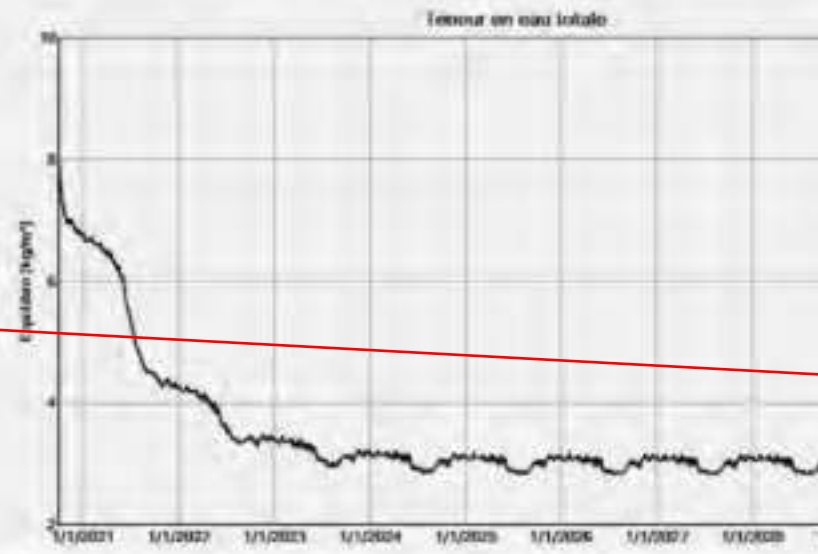
- isolant ext EPS 2,0po
- Isolant ext EPS 1,5po

2A

3. Composition Mur 2 (isolant en fibre de chanvre)

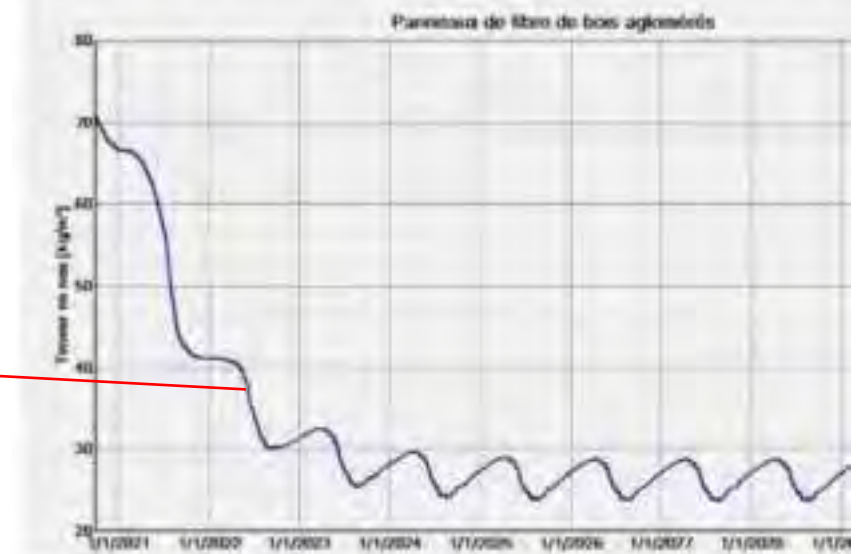
Teneur en eau totale de la composition murale 2

Projet/Cas: Auvergne laboratoire vivant/Mur 2 (fibre de bois/chanvre), N-E, 5 CAH, EMC80 X 2, 40%



Teneur en eau du panneau de fibre de bois extérieur

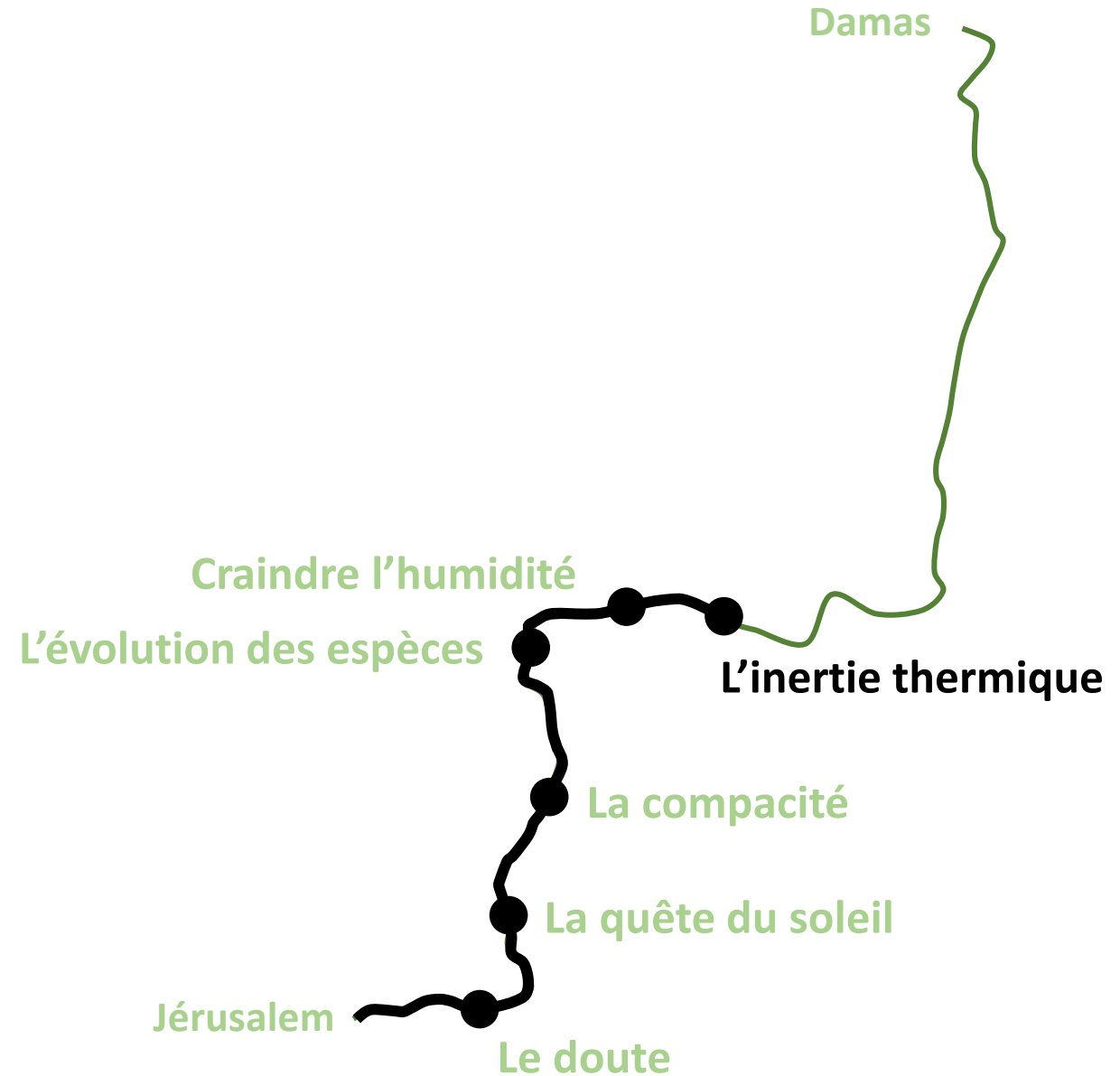
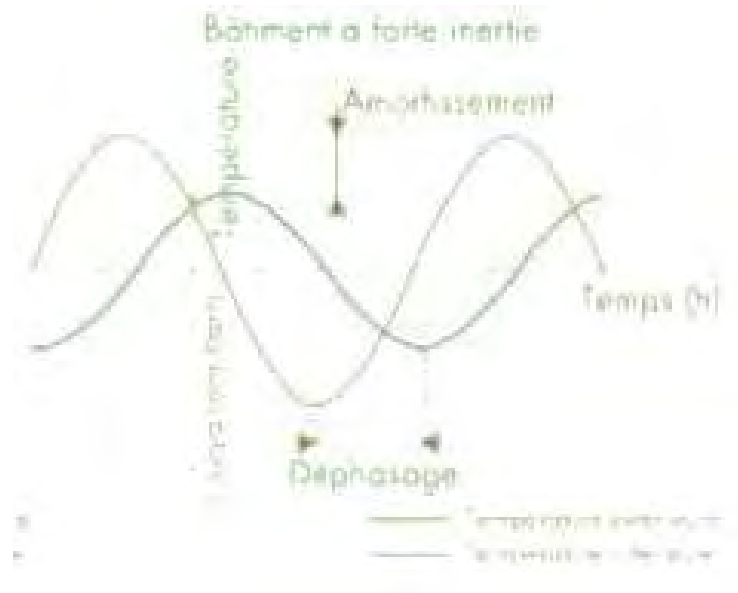
Projet/Cas: Auvergne laboratoire vivant/Mur 2 (fibre de bois/chanvre), N-E, 5 CAH, EMC80 X 2, 40%



Trempe Architecte

Graphique préliminaire
des teneurs en eau
Source: UL science du bâtiment







Enveloppe extérieure (gain passif)

EXT - INT



Matière intérieure (gain passif)

INT - INT



Système contributif (gain actif)

APPORT - INT



L'inertie thermique sera optimale avec:

- De la masse (grande capacité thermique)
- Une faible diffusivité (diminuer la vitesse de transmission)
- Une forte effusivité (régulation de l'ambiance – éponge)

Tableau comparatif de quelques matériaux intégrés au projet					
Matériau	Conductivité W/m.K	Densité Kg/m³	Diffusivité m²/s (x10 ⁸)	Effusivité J/m².K.s ^{1/2}	Épaisseur min. déphasage 10h
Fibre de bois	0,04	160	12	116	200
Bois (Résineux)	0,15	500	19	346	n/d
Laine de roche	0,044	40-100	43	67	300
Laine de chanvre	0,04	25-100	n/d	n/d	375
Polyuréthane	0,03	(25)-34	63	38	300
Béton	1,8	2300	78	2035	n/d
Isolant EPS	0,04	18-26	106	39	470

Source (croisements) : maisoriipassive.fr / vegetal-e.com / Easy-liege.fr

Épaisseur minimum (cm) pour un déphasage de 10h

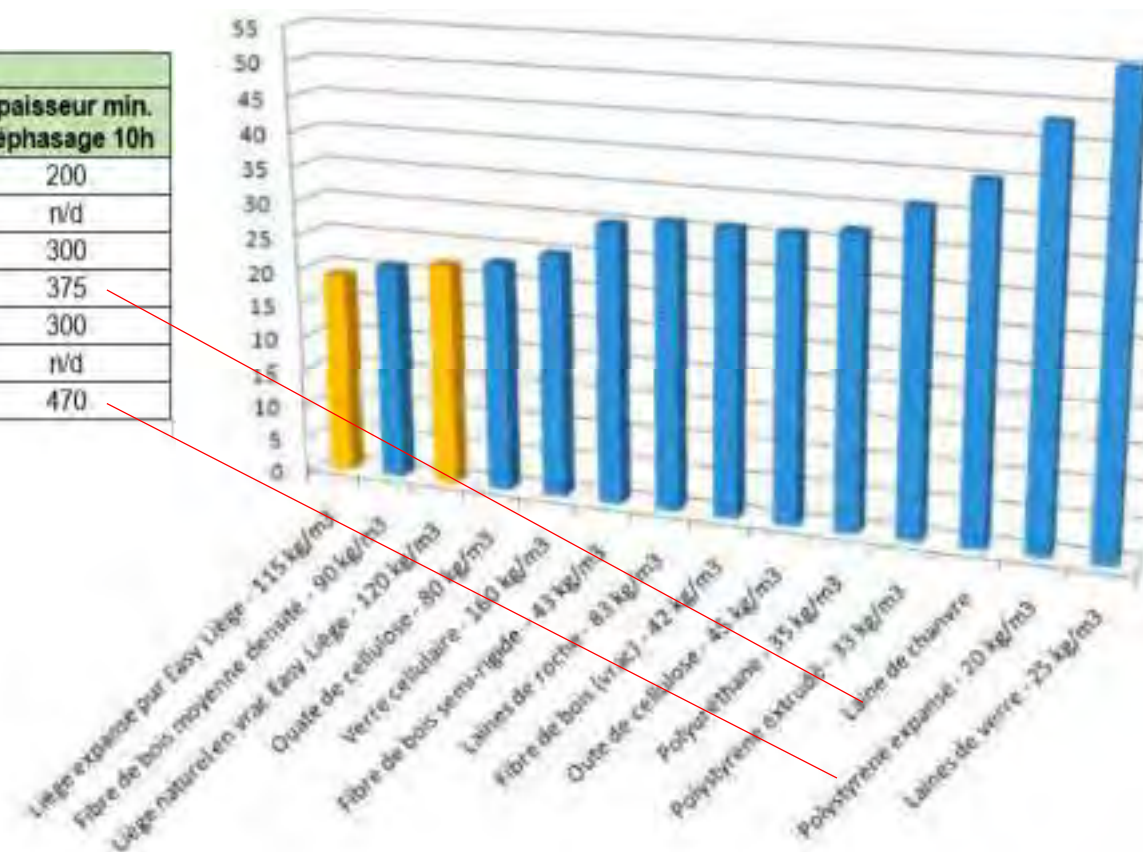


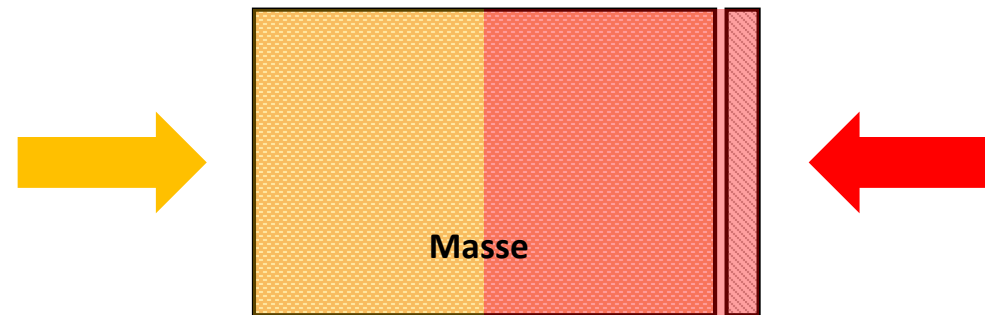
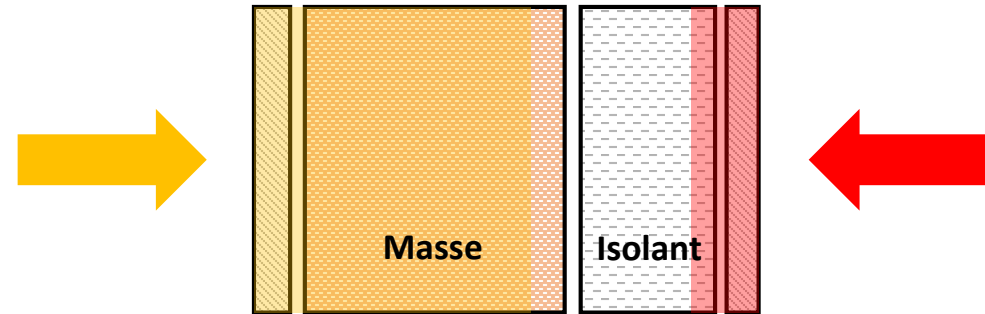
Tableau comparatif de quelques matériaux intégrés au projet					
Matériau	Conductivité W/m.K	Densité Kg/m ³	Diffusivité m ² /s (x10 ⁸)	Effusivité J/m ² .K.s ^{1/2}	Épaisseur min. déphasage 10h
Fibre de bois	0,04	160	12	116	200
Bois (Résineux)	0,15	500	19	346	n/d
Laine de roche	0,044	40-100	43	67	300
Laine de chanvre	0,04	25-100	n/d	n/d	375
Polyuréthane	0,03	(25)-34	63	38	300
Béton	1,8	2300	78	2035	n/d
Isolant EPS	0,04	18-26	106	39	470

Source (croisements) : maisonpassive.fr / vegetal-e.com / Easy-liege.fr



Réf: Claude Lefrancois

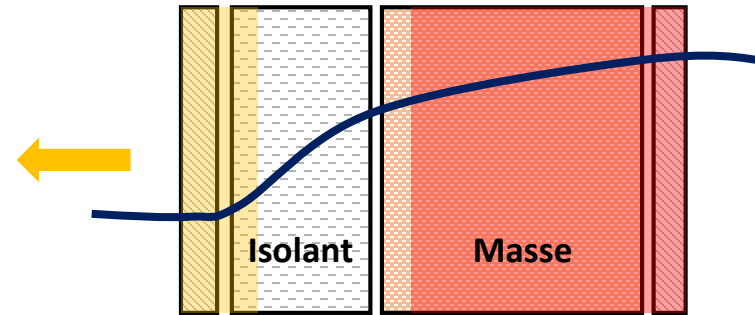
**SCHÉMATISATION
HIVER 12h00**



EXT

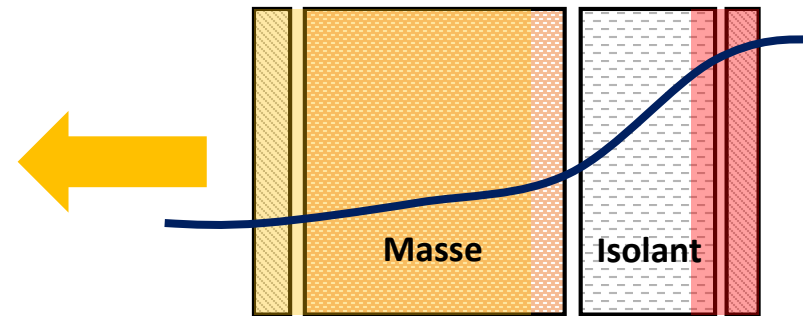
INT

Température intérieure doit être inférieure à la température de la masse (requiert assemblage non-usuel)

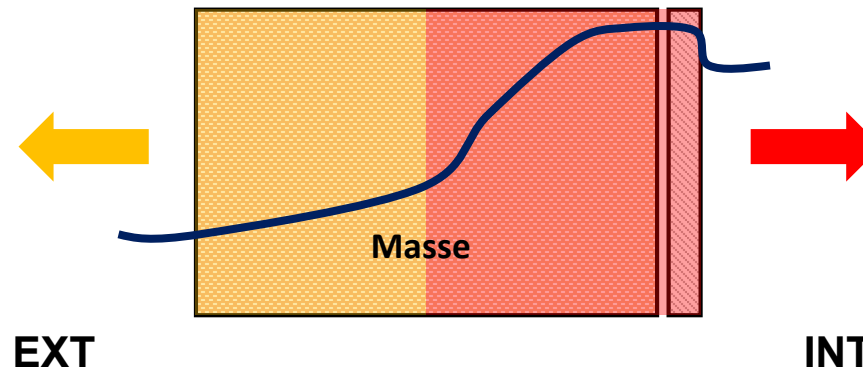


**SCHÉMATISATION
HIVER 18h00**

Aucun gain lié à la masse thermique restitution vers l'extérieur (température intérieure, à droite plus élevée)

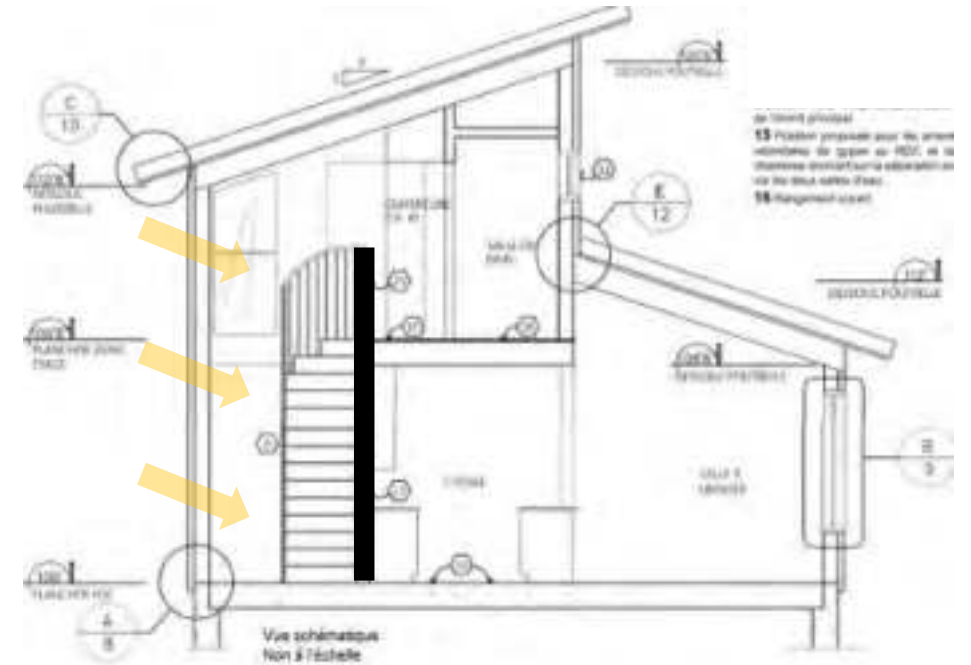
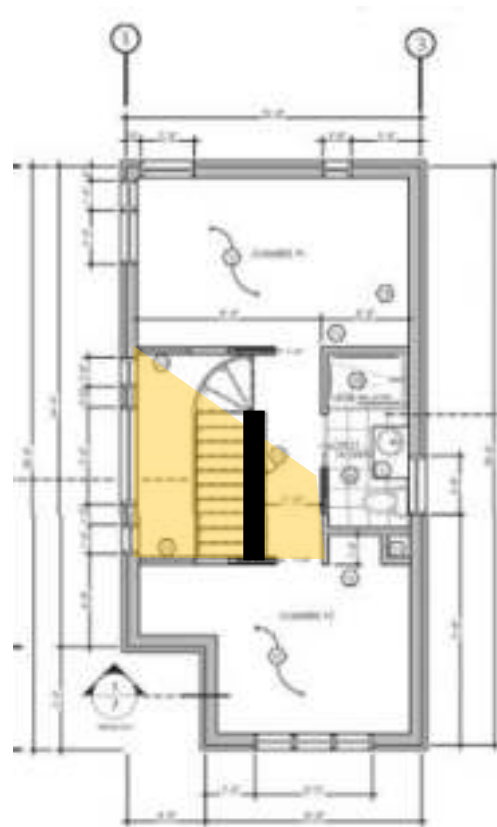


Potentiel de gain (mur massif)



Bâtiment	Assemblage mural scénarios	Scénario 1 Scénario chauffage 100% plinthe électrique		Scénario 2 Scénario réel avec chauffage radiant (Dalle sur sol) -température opérative ¹ -		Scénario 3 Scénario avec surchauffe de la dalle en période hors pointe ²	
		kWh/a	Tarif D	kWh/a	Tarif D	kWh/a	Tarif D
Sittelle	1A-SITE Tel que construit	17 112	1 333 \$	19 626	1 541 \$	18 692	1 458 \$







IMG1923-8h34



IMG1928-9h12



IMG1947-10h35





IMG1925-8h49



IMG1926-8h50



IMG1927-8h50



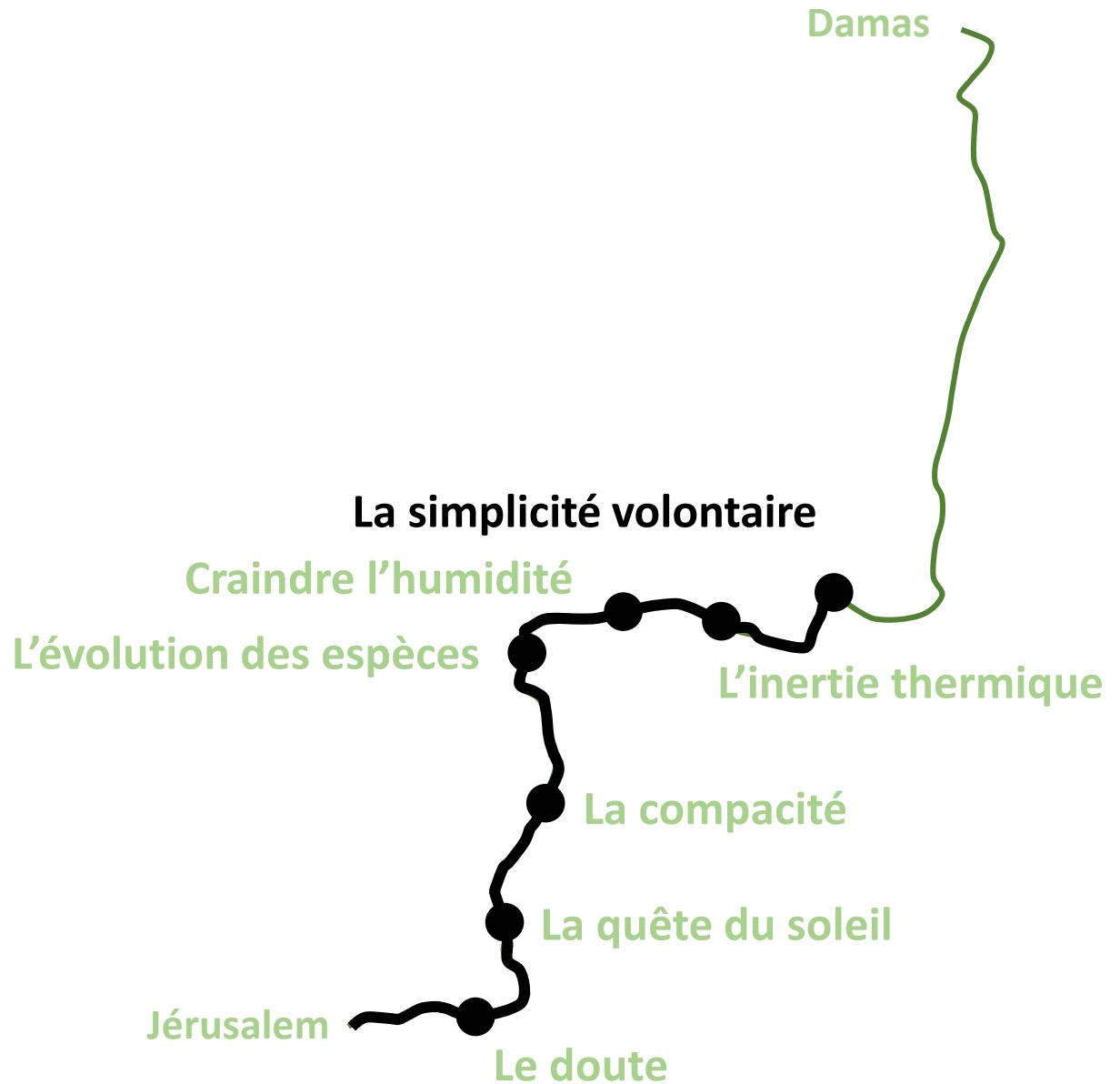
IMG1939-10h50



IMG1940-10h50



IMG1941-10h50



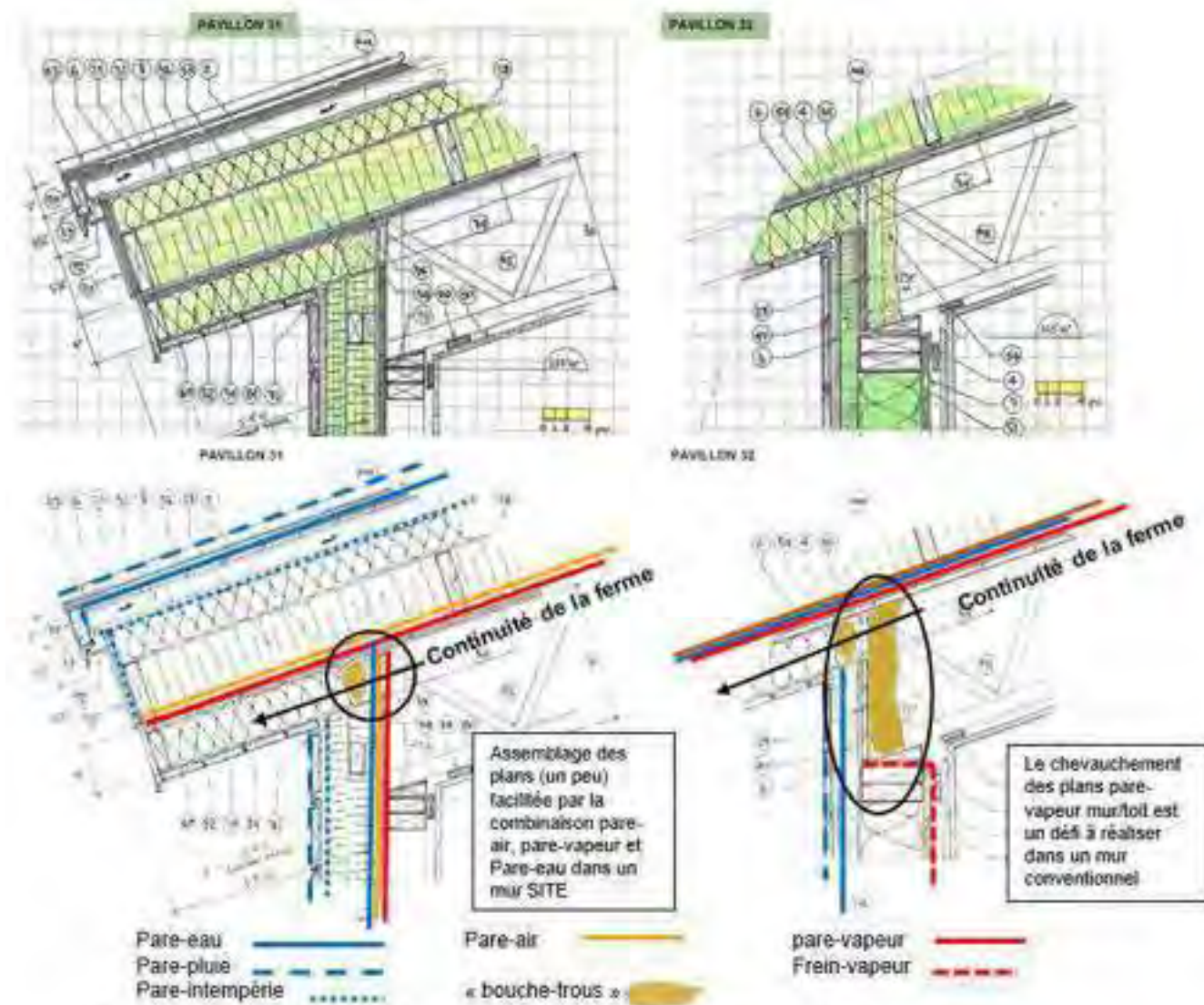


Figure 11 – Positionnement des plans d'étanchéité sur un détail typique et problèmes aux jonctions

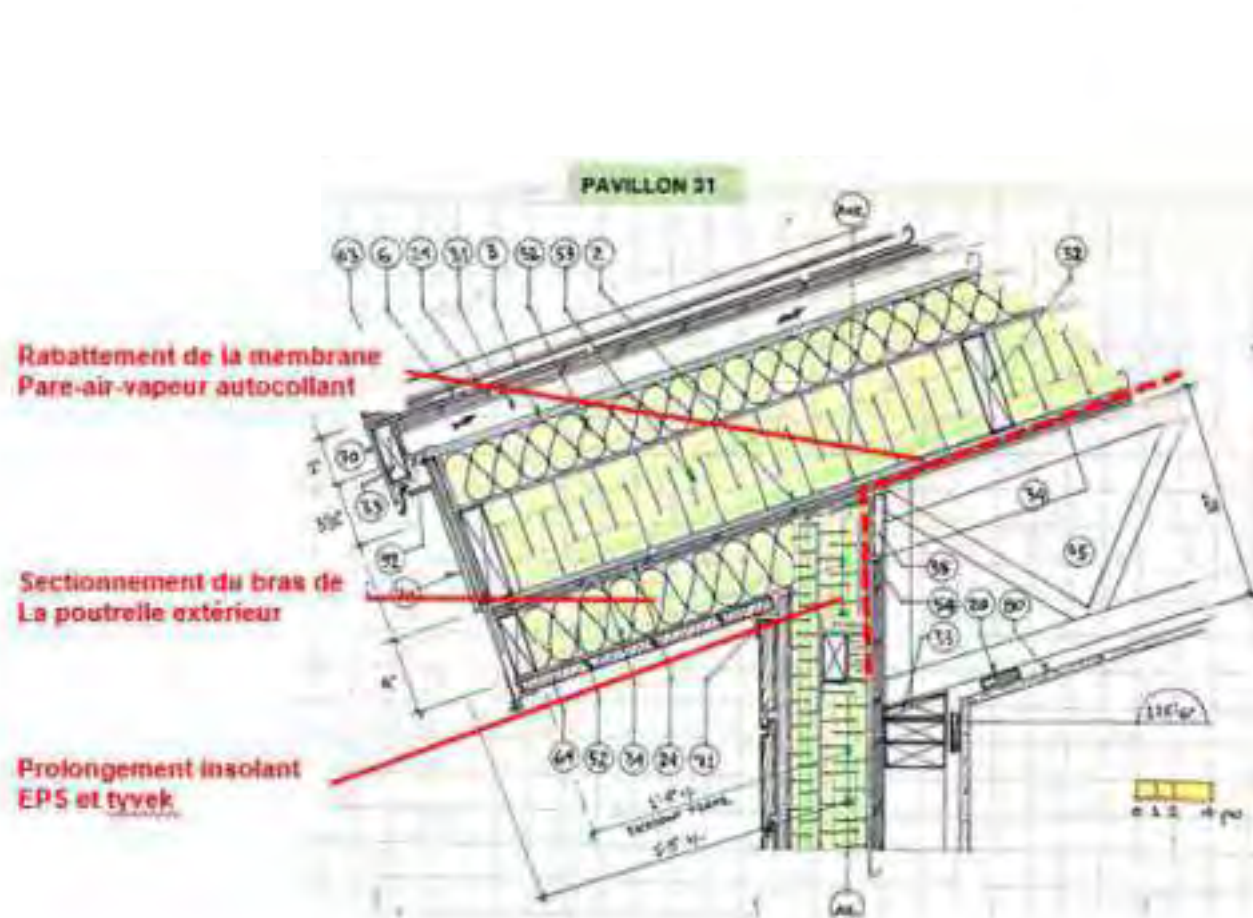
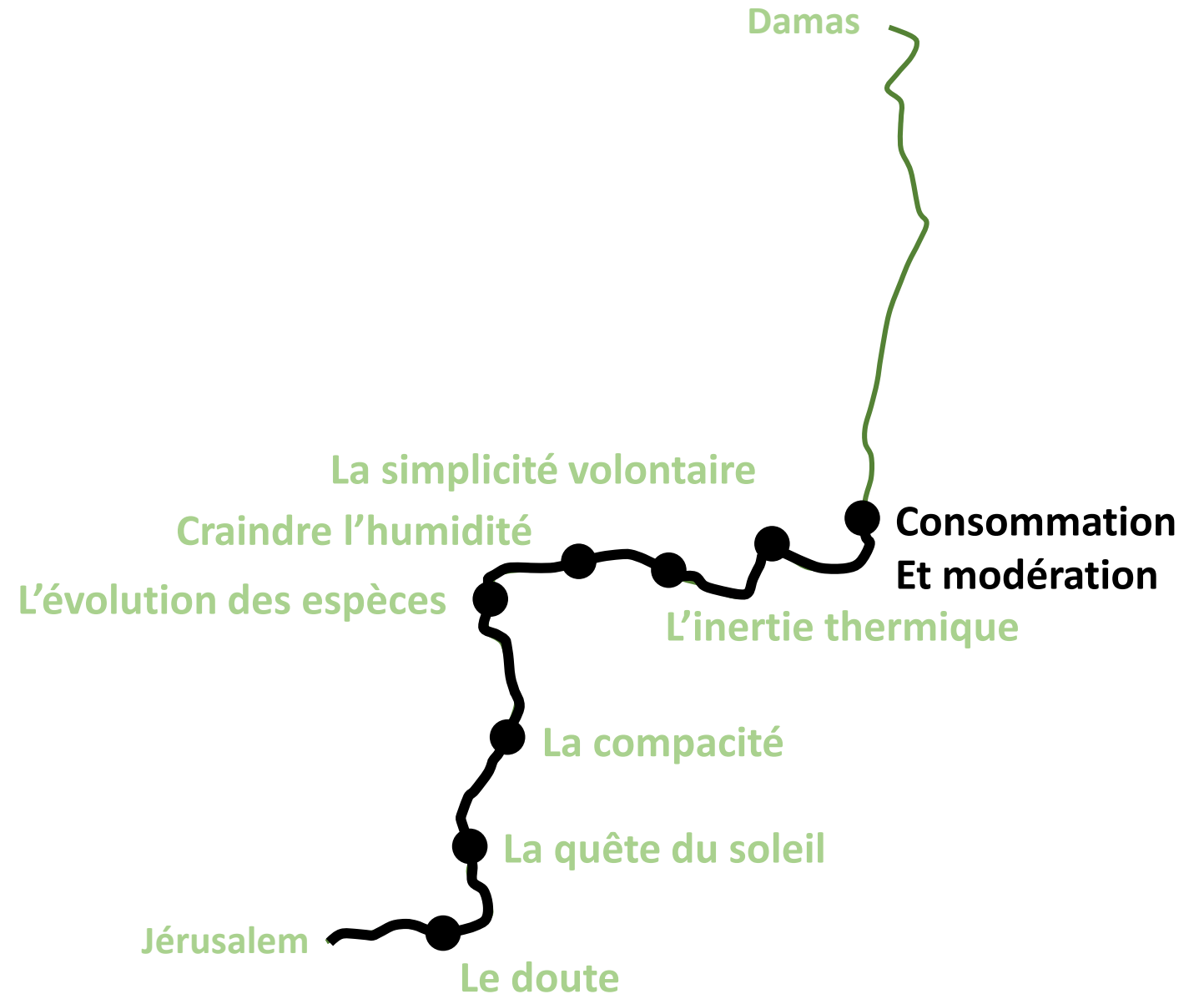
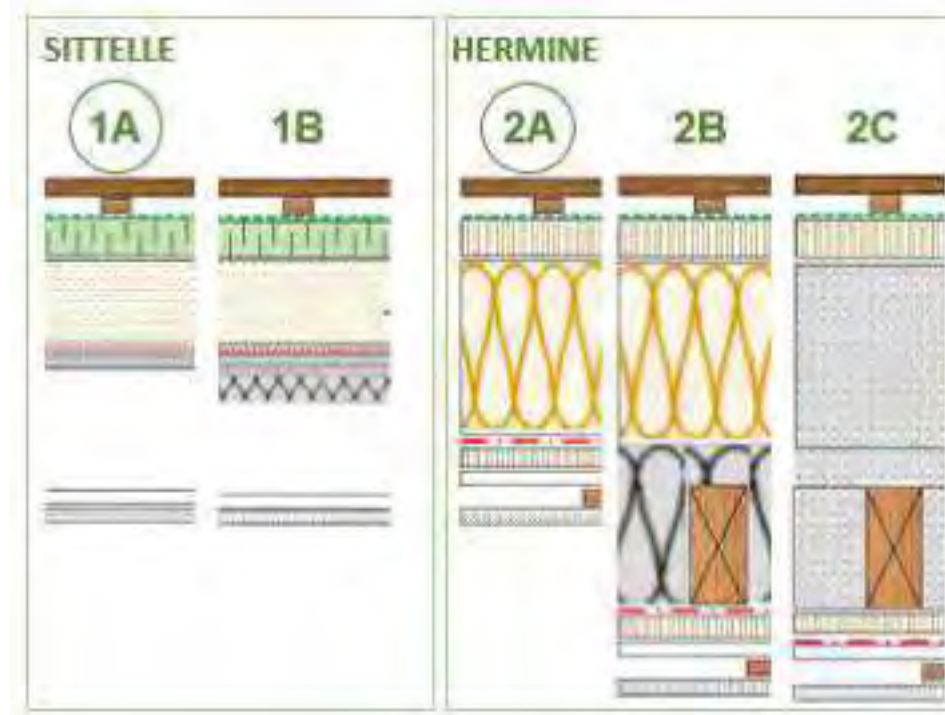
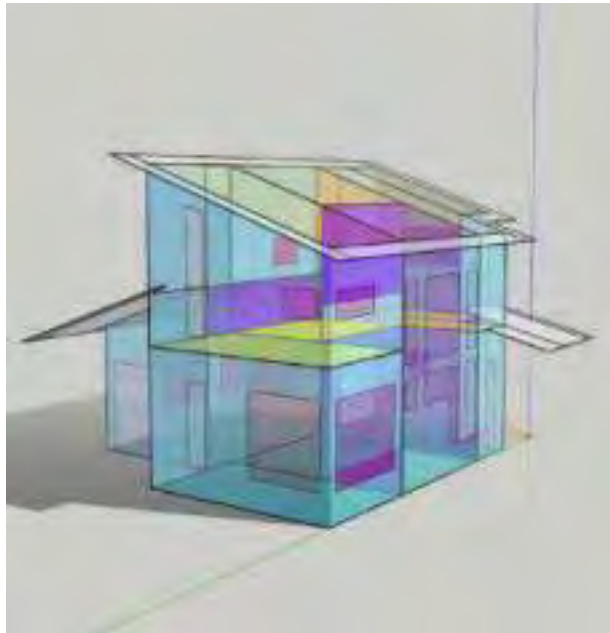




Diagram illustrating energy consumption calculations:

$$\frac{60\text{W} \times 1\text{h}}{1\,000} = 0,06\text{ kWh}$$
$$0,06 \times 8\text{ h} \times 30\text{ j} = 14,4\text{ kWh par mois}$$





À partir d'un mur conventionnel
De type 2A

P11

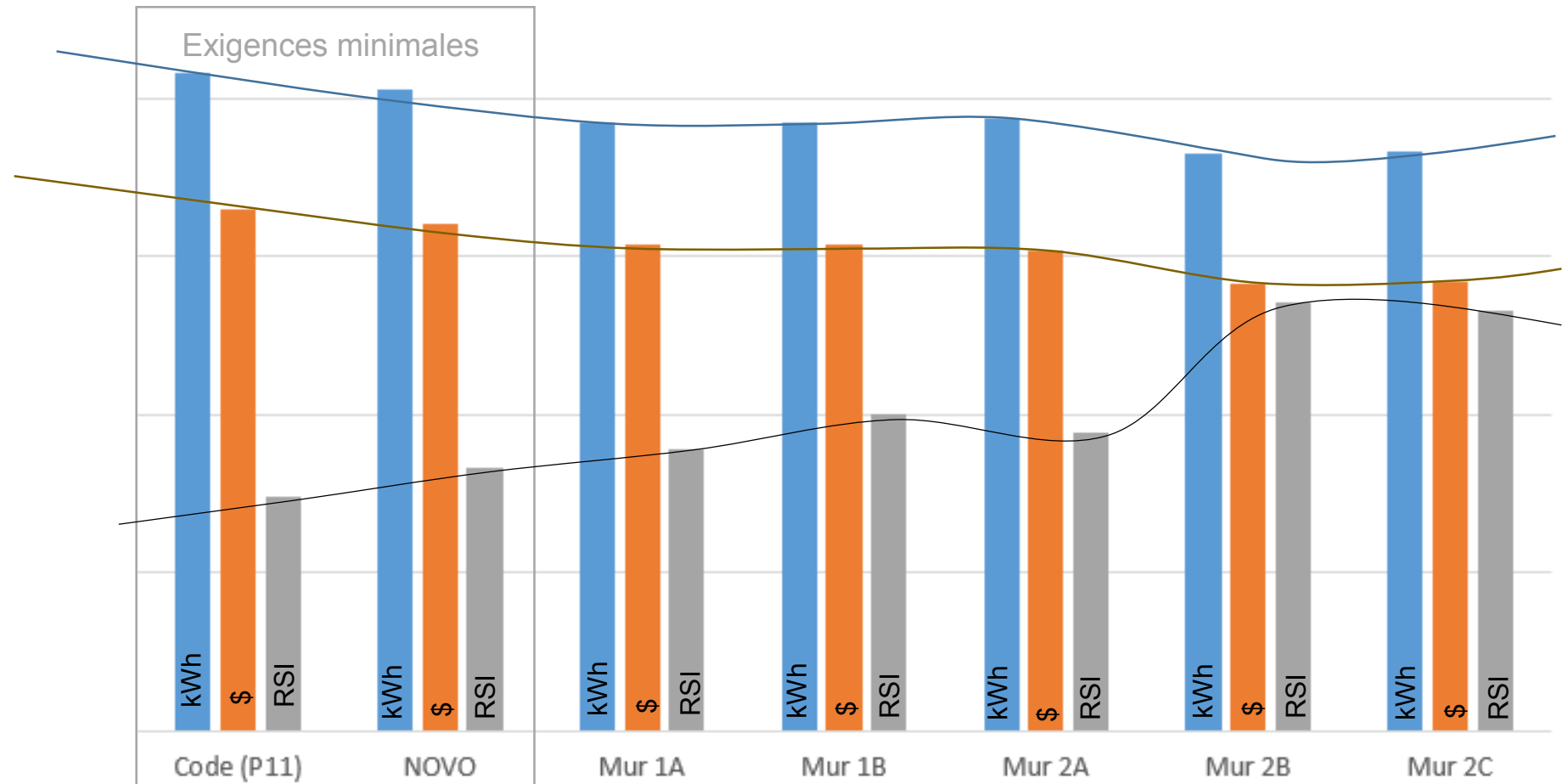
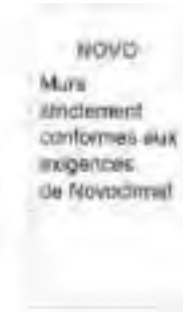
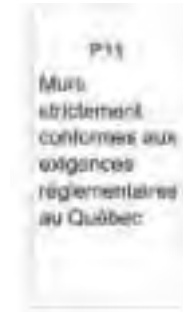
Murs
strictement
conformes aux
exigences
réglementaires
au Québec

NOVO

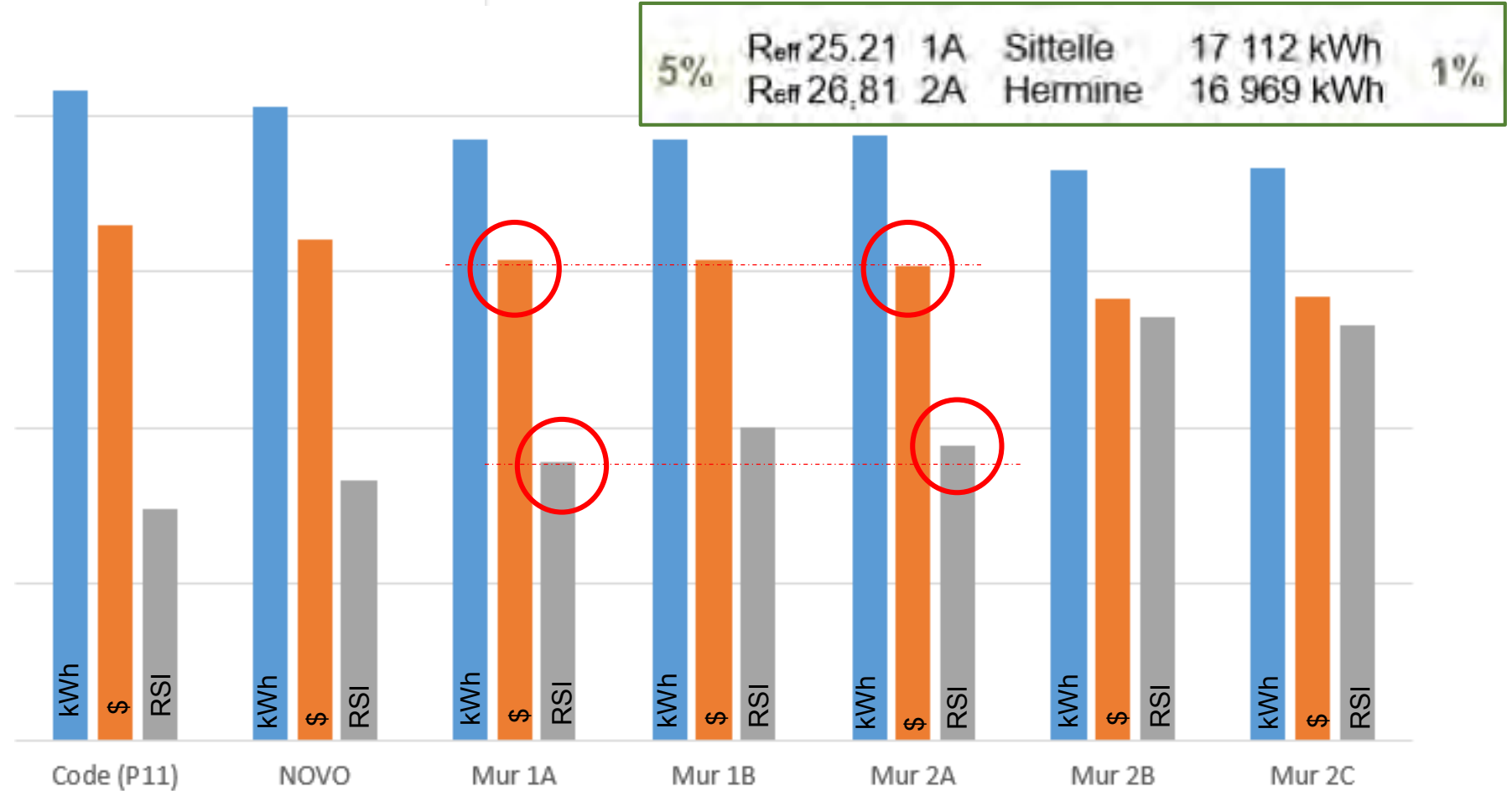
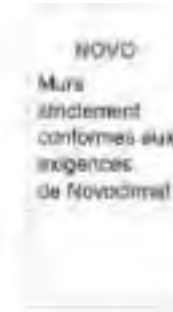
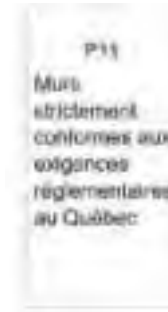
Murs
strictement
conformes aux
exigences
de Novoclimat

Étude énergétique – modélisation rd2
Comparaison entre 7 systèmes constructifs

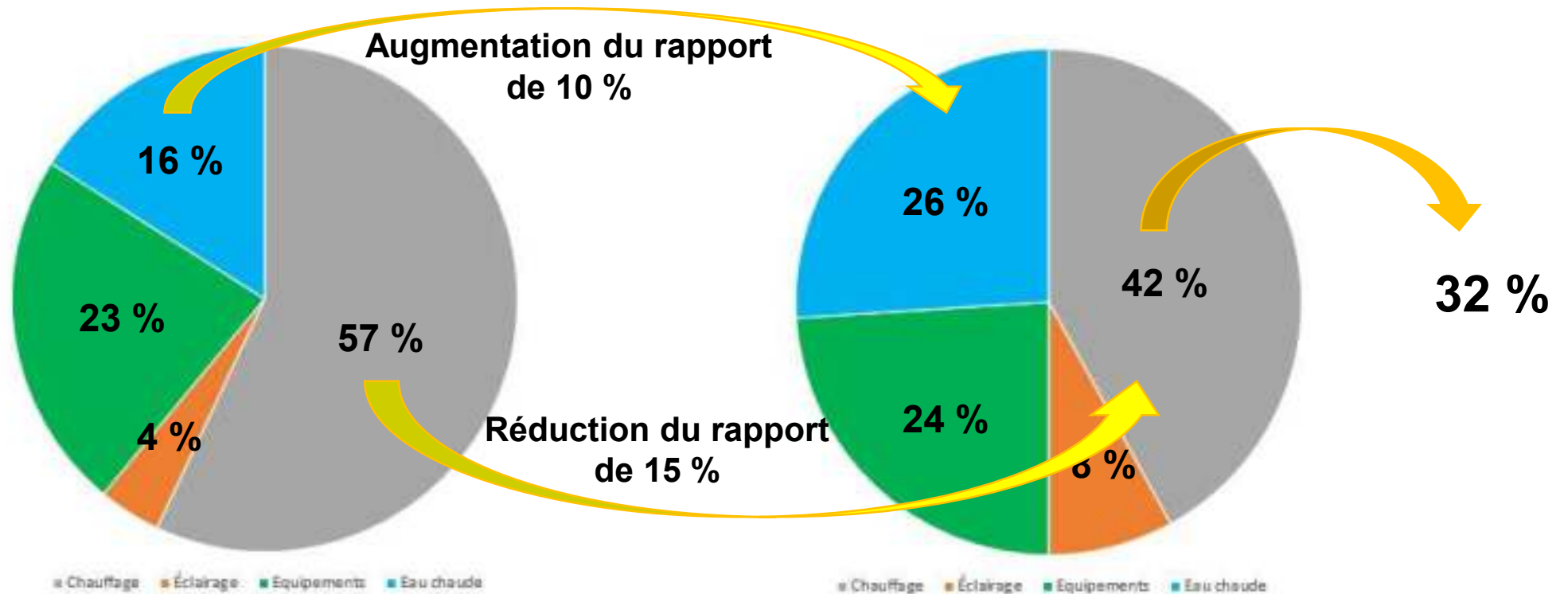
Comparaison entre l'énergie consommée, le coût et la valeur RSI des systèmes



Comparaison entre l'énergie consommée, le coût et la valeur RSI des systèmes



■ Chauffage ■ Éclairage ■ Équipements ■ Eau chaude



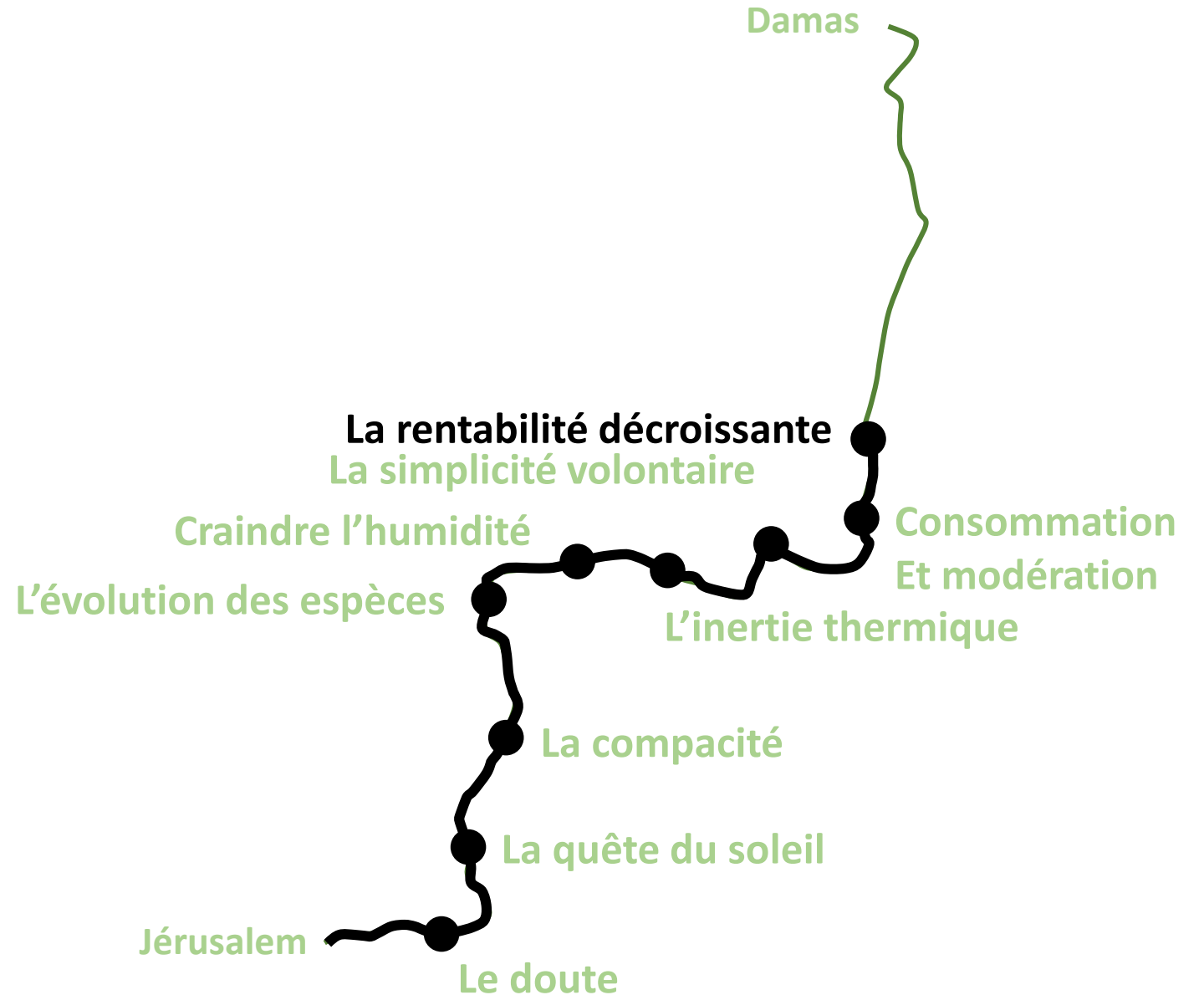
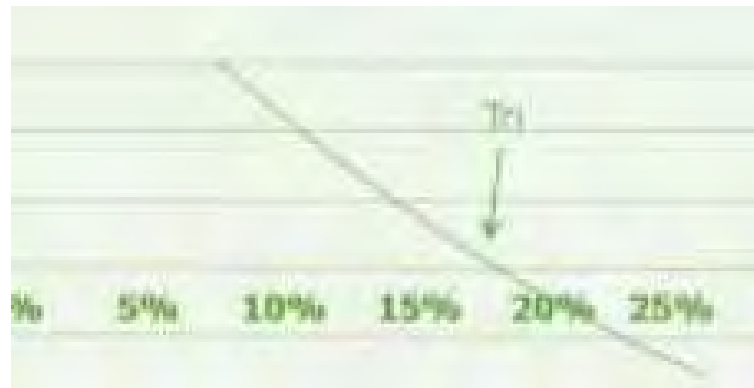
Maison Hydro-Québec

**L'Hermine / La Sittelle
(modélisation)**

**L'Hermine /
La Sittelle**
(projection après 8 mois
en service)

CEBQ - Le chemin de Damas

La rentabilité décroissante





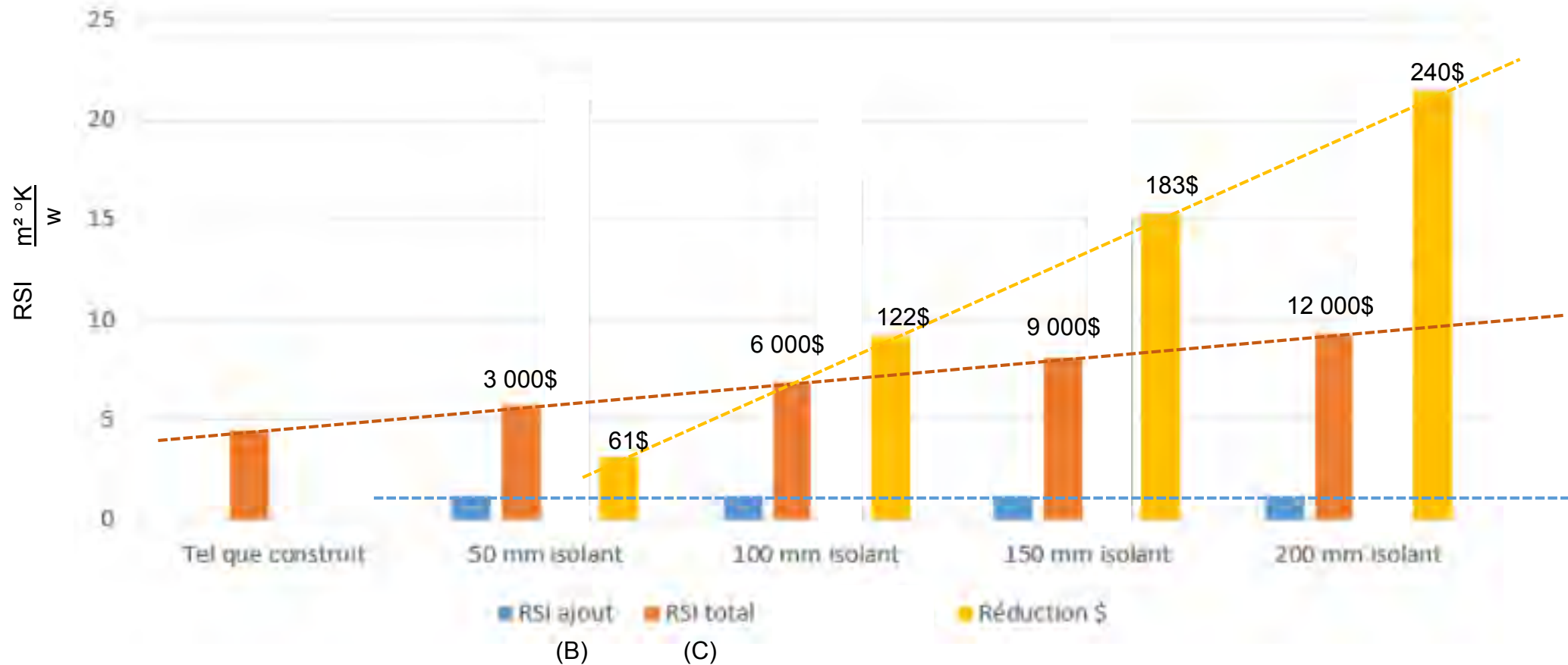
Point d'équilibre entre l'isolation et la rentabilité

Source: écohabitation

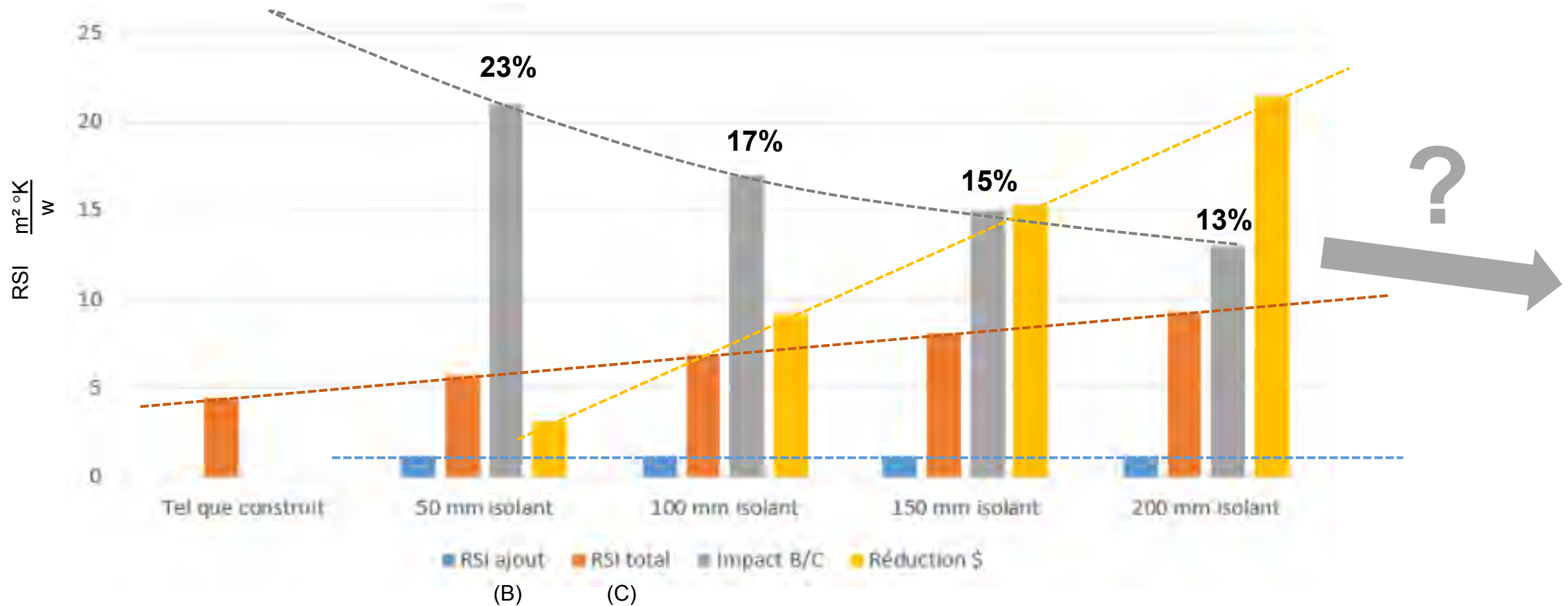
Ajout de laine de roche par étape

Valeur de base RSI 4,51

Coût supplémentaire 3 000\$ sur coût d'enveloppe de 30 000 \$

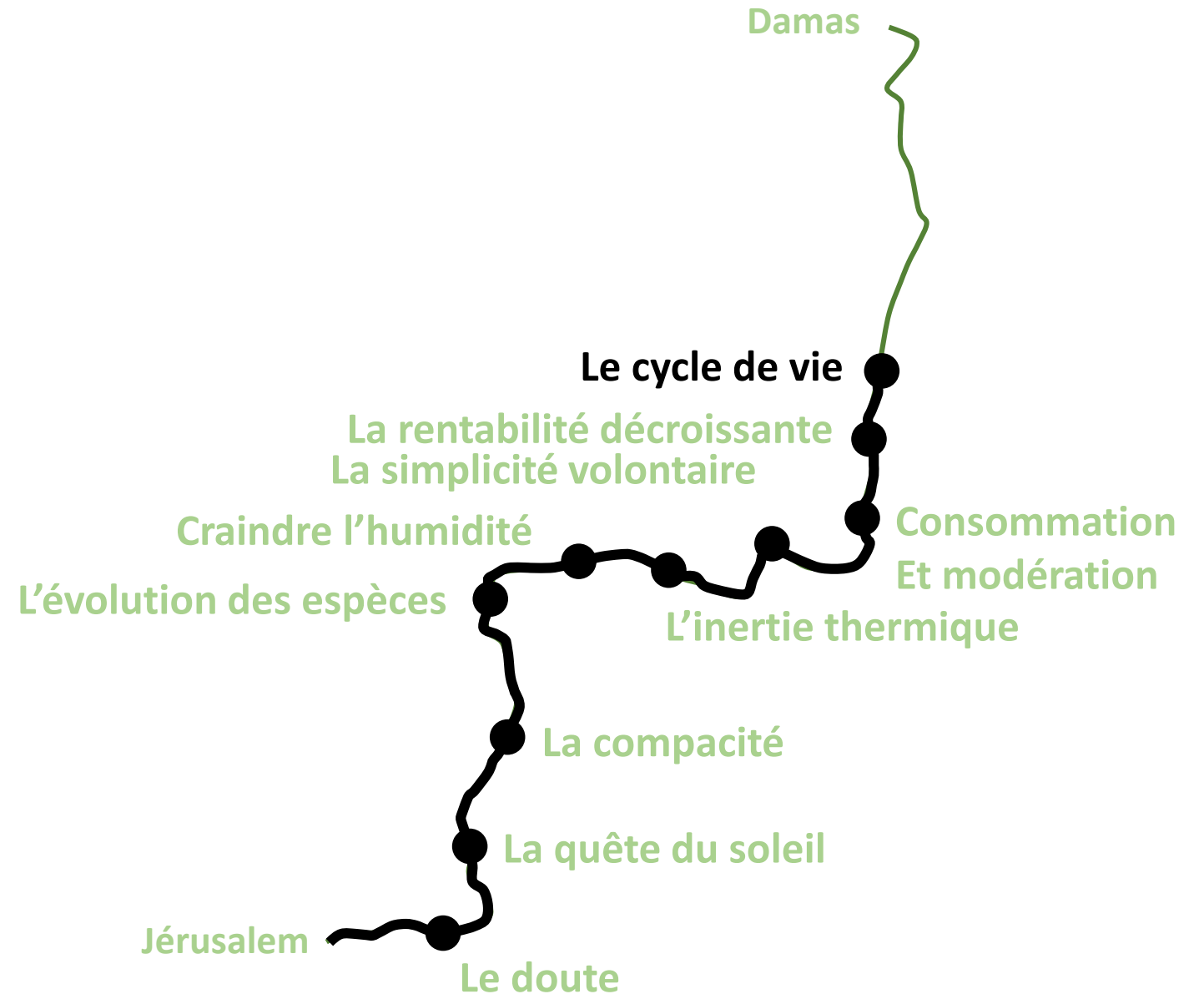
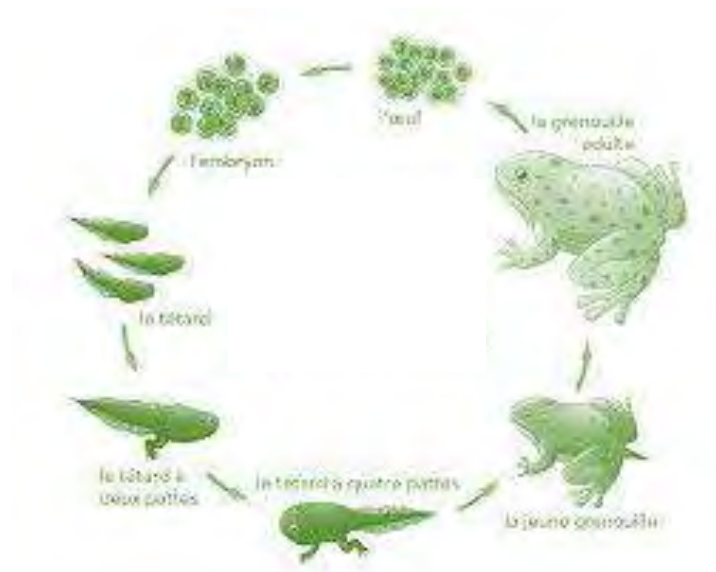


Ajout de 50mm de laine de roche par étape
Valeur de base RSI 4,51

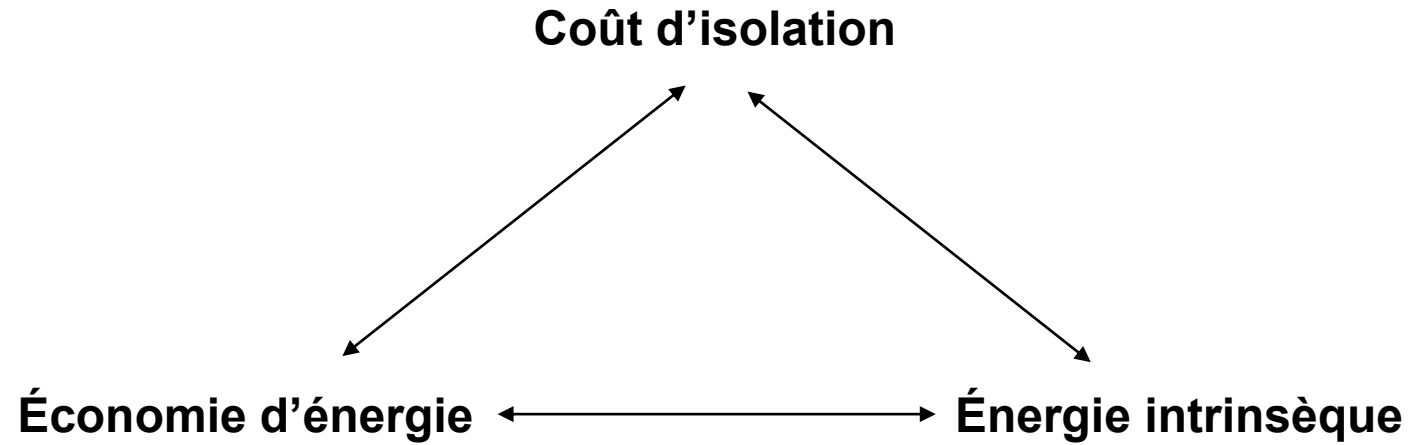


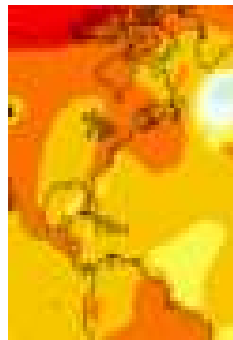
CEBQ - Le chemin de Damas

Le cycle de vie



Qu'est ce que l'optimisation





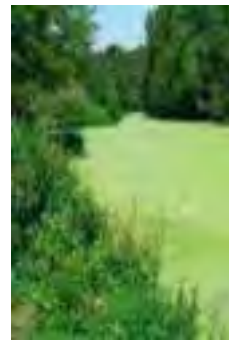
$kgCO_2-Eq$

Réchauffement
climatique



$kgSO_2-Eq$

Acidification



$kgPO_4-Eq$

Eutrophisation



kgC_2H_4-Eq

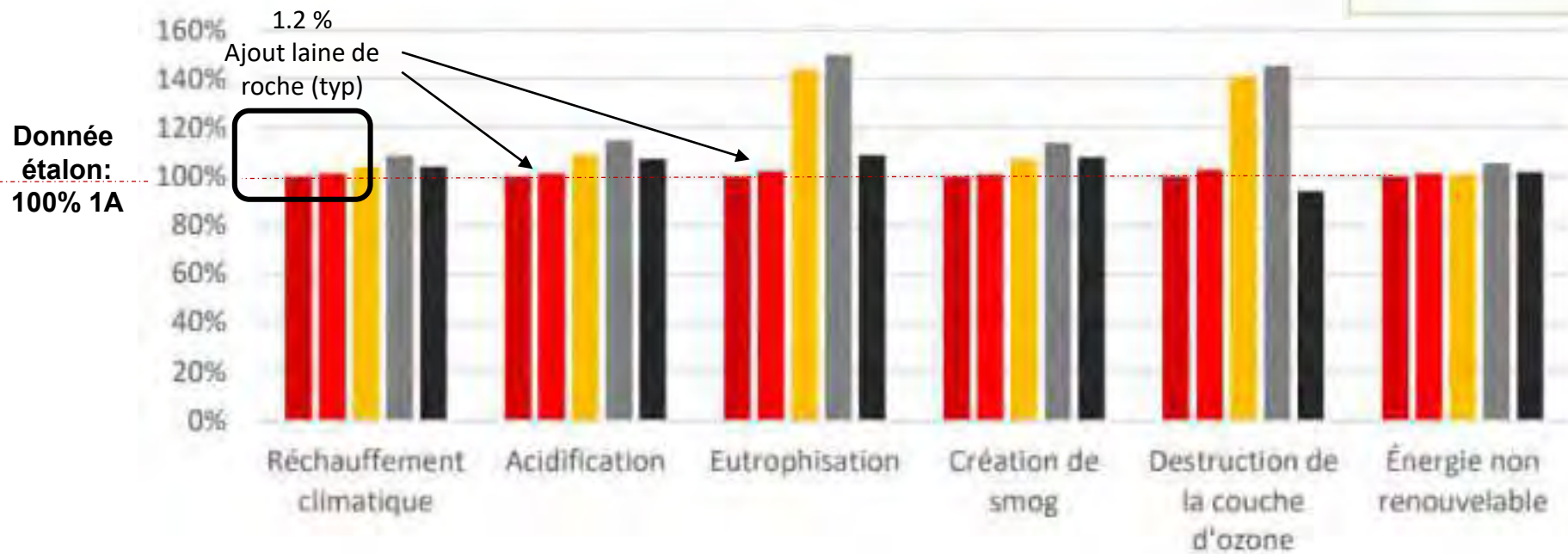
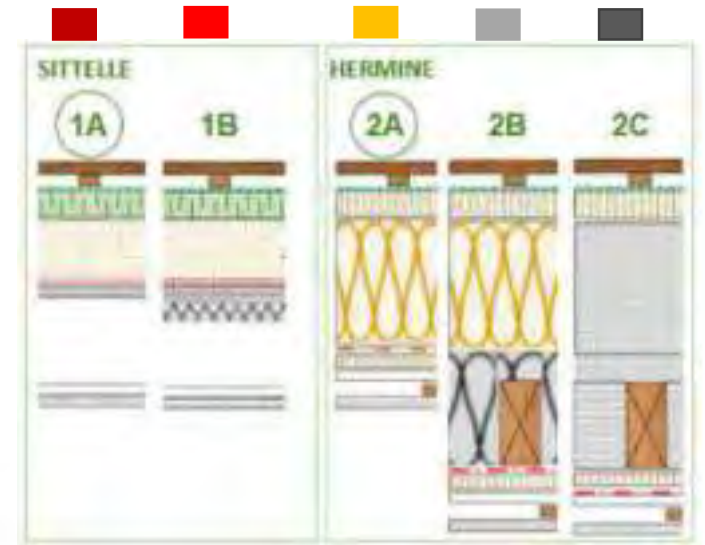
Création de
smog



MJ

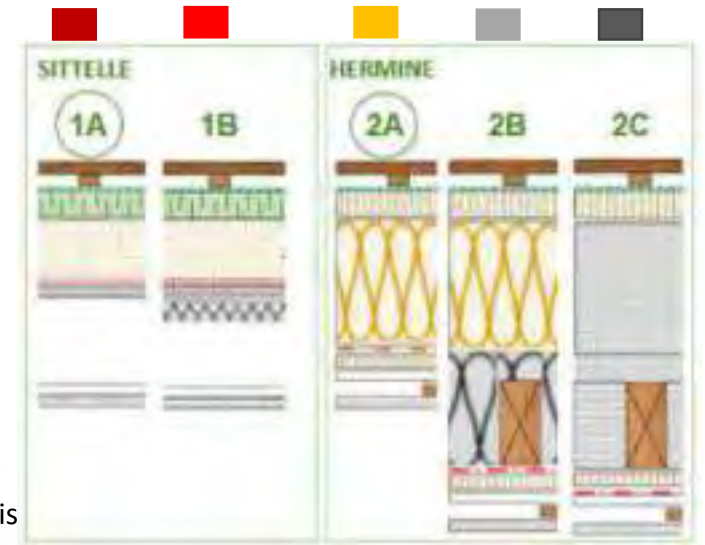
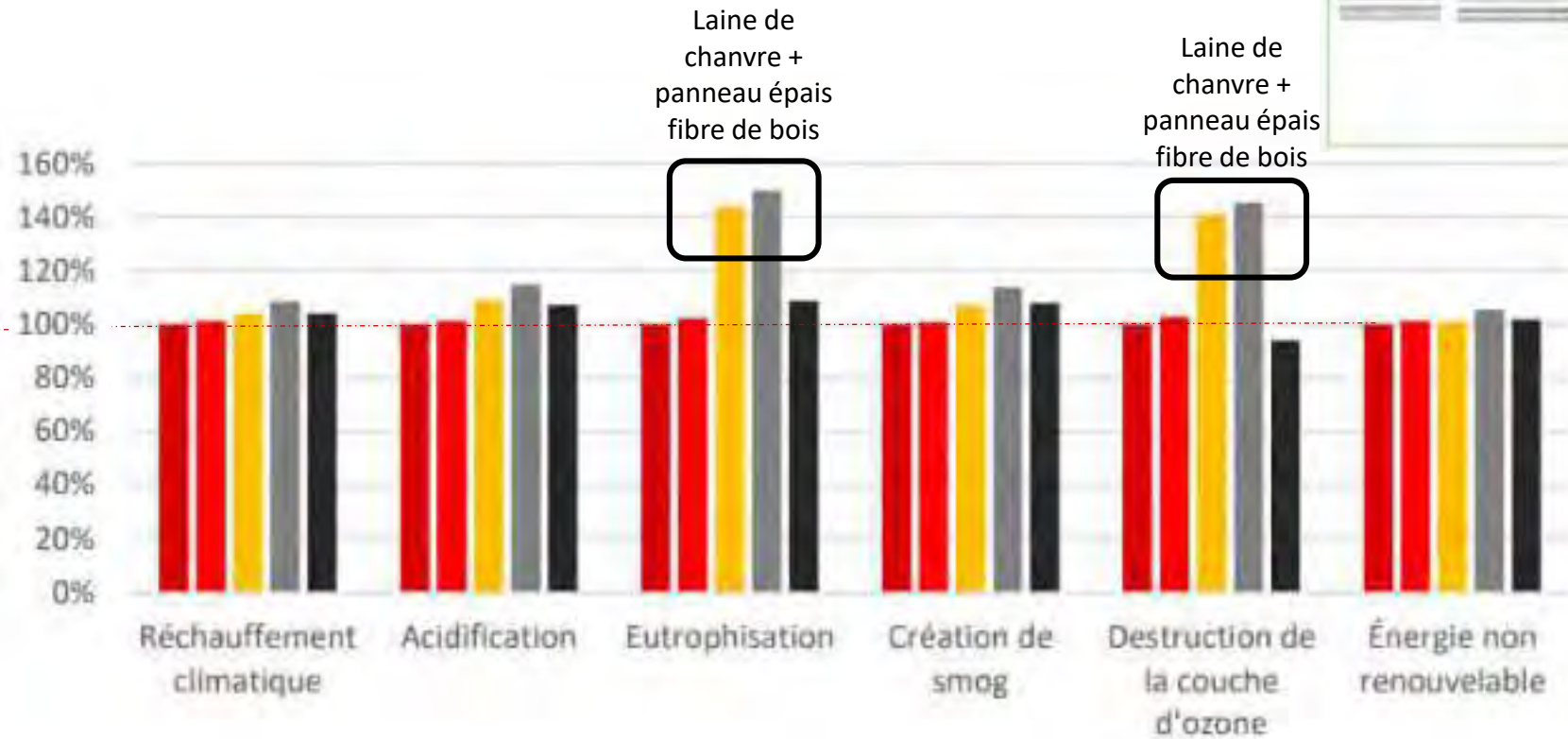
Destruction de
la couche
d'ozone

Énergie non
renouvelable



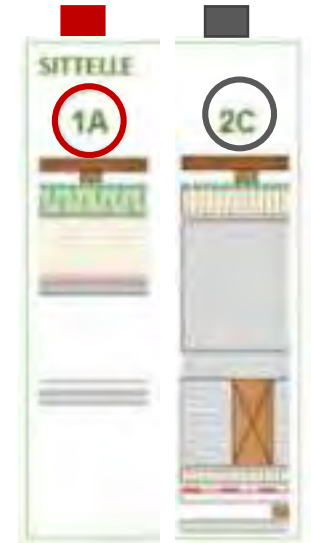
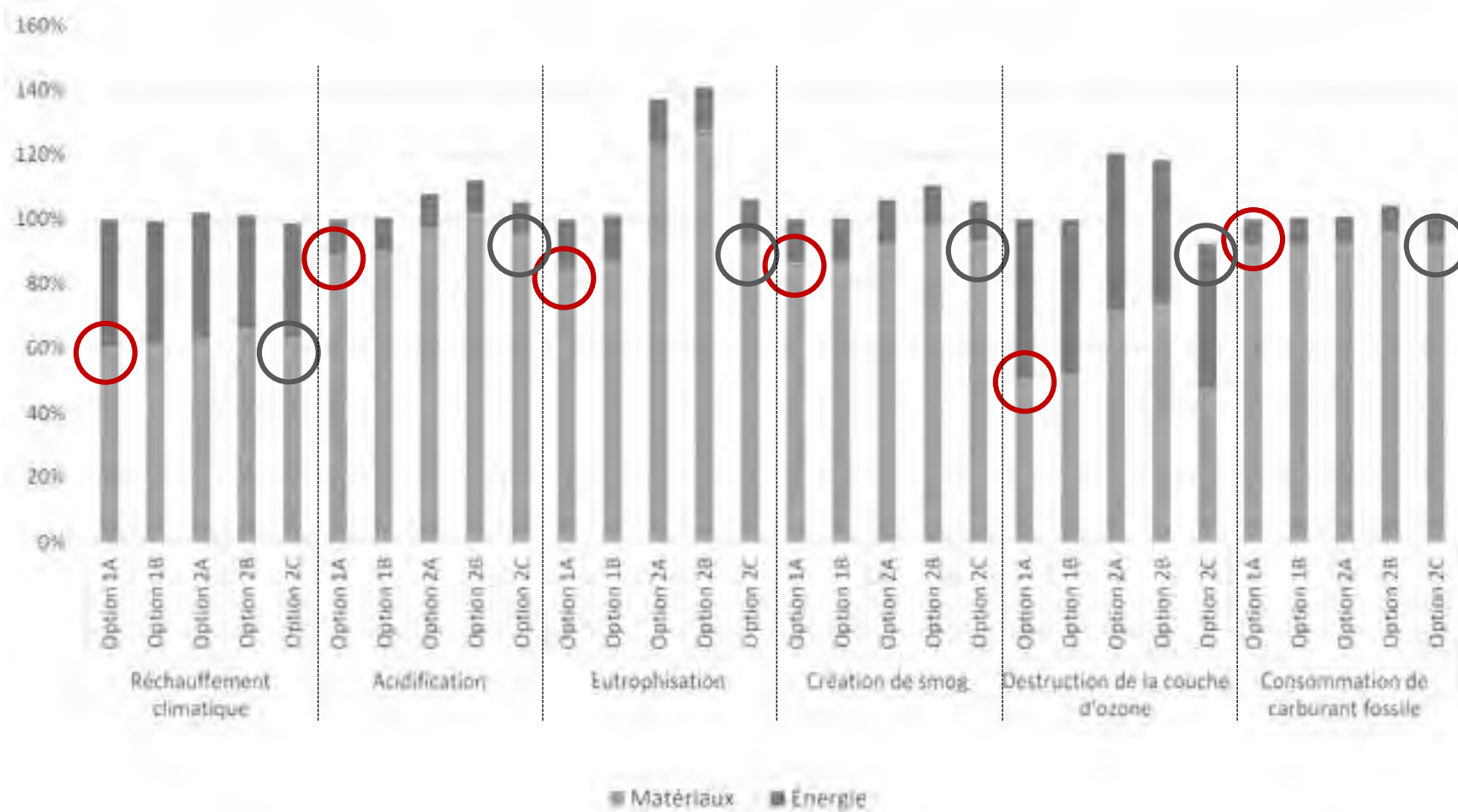
Impacts liés aux matériaux des pavillons et leurs options

Donnée
étalon:
100% 1A



Impacts liés aux matériaux des pavillons et leurs options

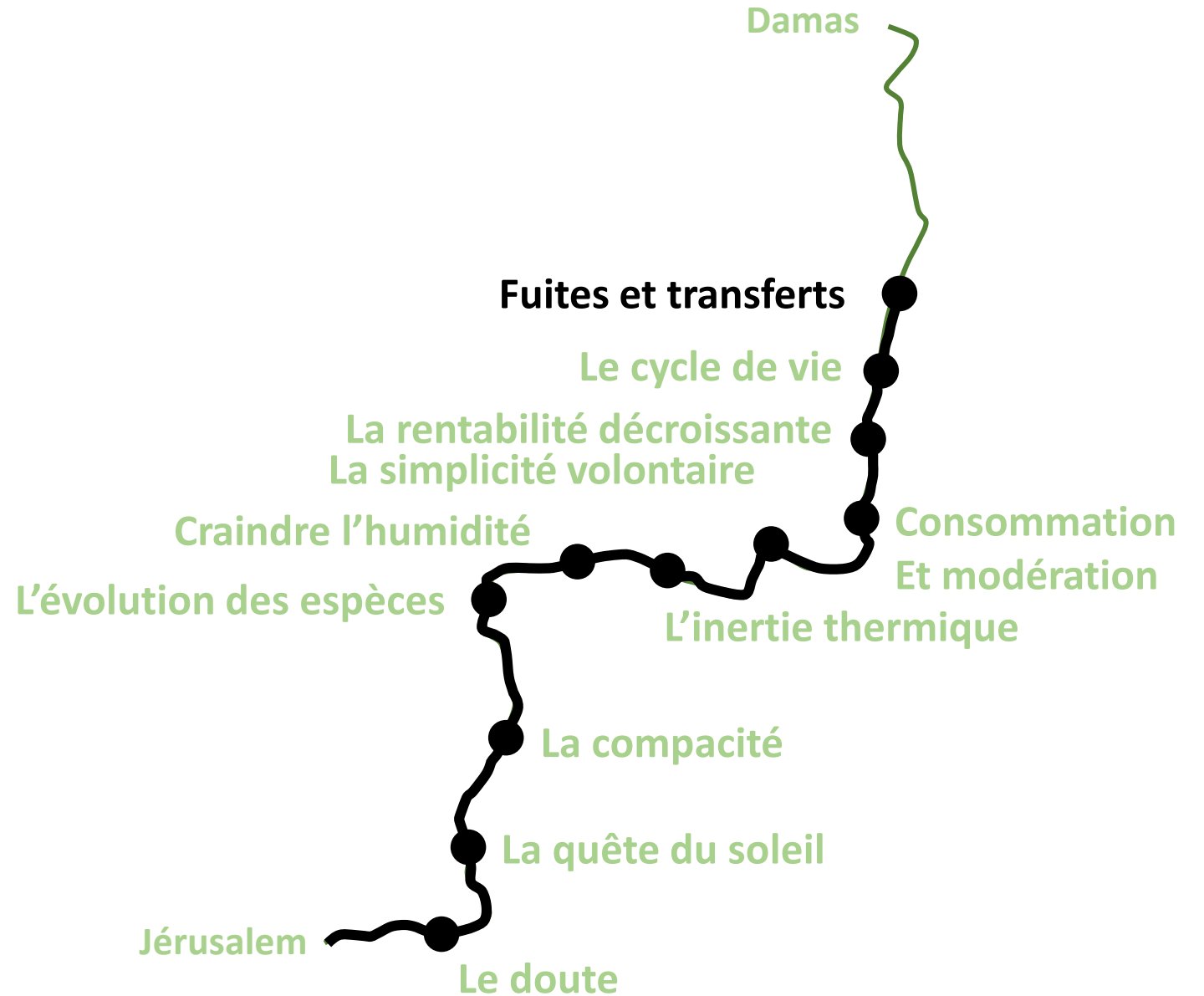
Impact relatif des options pour les catégories d'impact considérées et parts liées aux matériaux et à l'énergie (l'impact de référence est l'option 1A (100 %))



	PAVILLON 31		PAVILLON 32		
	OPTION 1A	OPTION 1B	OPTION 2A	OPTION 2B	OPTION 2C
Réchauffement climatique	3	2	5	4	1
Acidification	1	2	5	4	3
Eutrophisation	1	2	4	5	3
Destruction de la couche d'ozone	1	2	4	5	3
Création de smog	3	2	5	4	1
Épuisement des carburants fossiles	1	2	3	5	4
Nb de 1 ^{re} places	4	-	-	-	2

Rang des options pour les différentes catégories d'impacts

(1 = première place, 2 = deuxième place, etc.)



2.2.2 Étanchéité à l'air

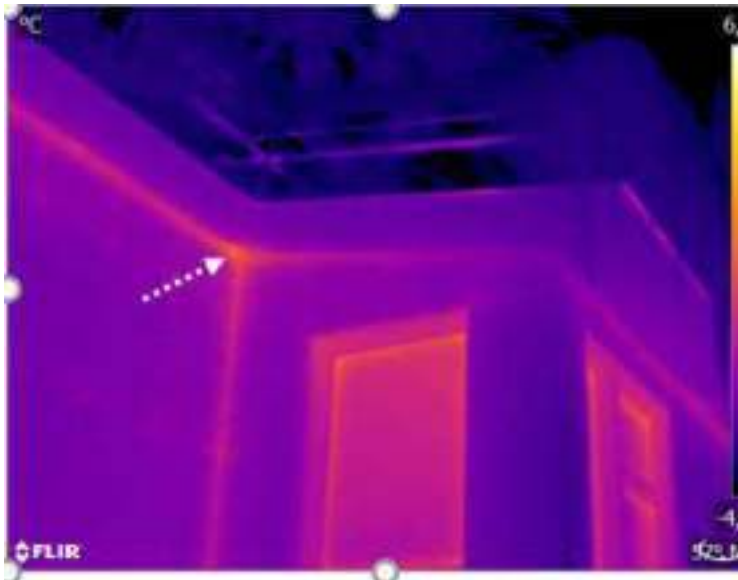
2.2.2.1 Le bâtiment doit être construit de façon étanche à l'air de manière à respecter une des cibles d'étanchéité indiquée dans le tableau 2.2.2.1 ci-dessous.

Tableau 2.2.2.1 : Fuites d'air maximales admissibles¹

Type de bâtiment	CAH à 50Pa	SFN à 10 Pa		TFN à 50Pa	
		cm ² / m ²	po ² / 100pi ²	L / s / m ²	pcm50 / pi ²
Détaché	1,5	0,75	1,08	0,57	0,11

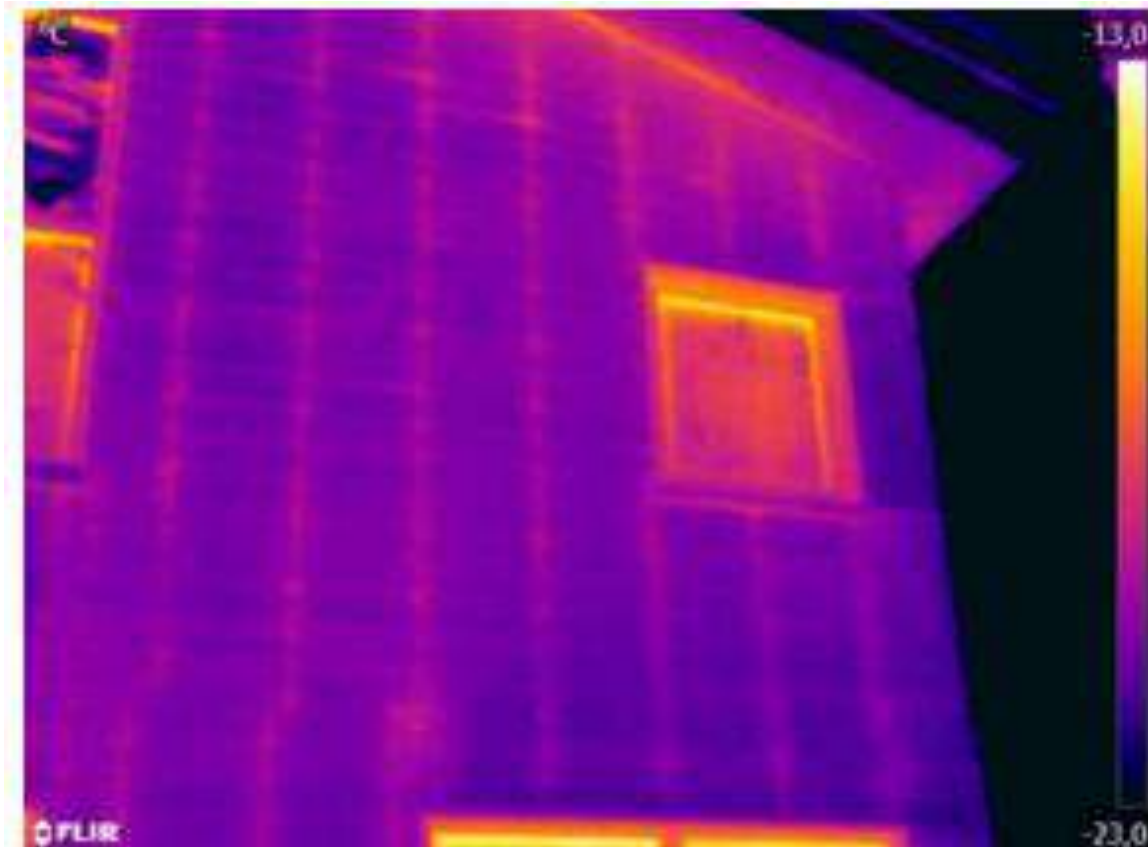
Le Pierrot (2019)	0,62	-	n/d	-	n/d
L'Hermine 161 (2021)	1,7	-	1,20	-	0,12
La Sittelle 163 (2021)	1,5	-	0,77	-	0,08

Les jonctions

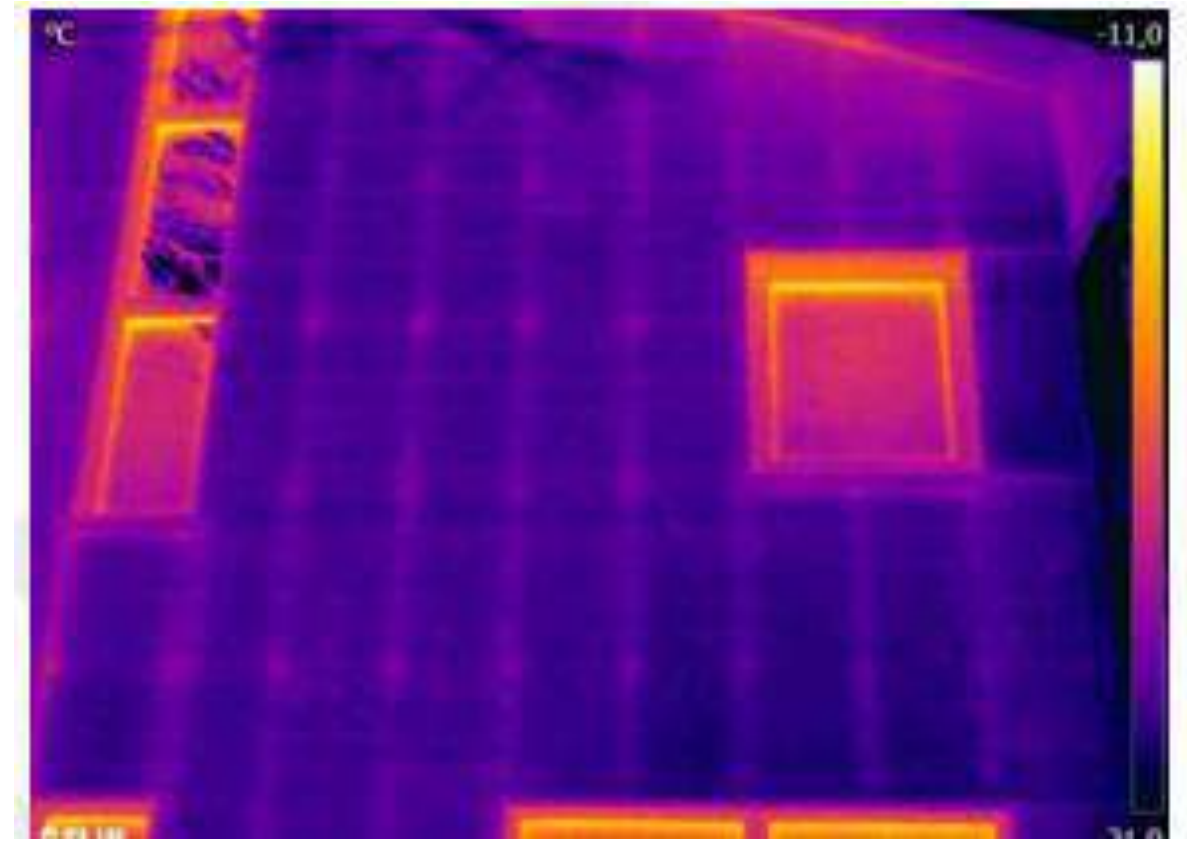


Le Pierrot

La charpente

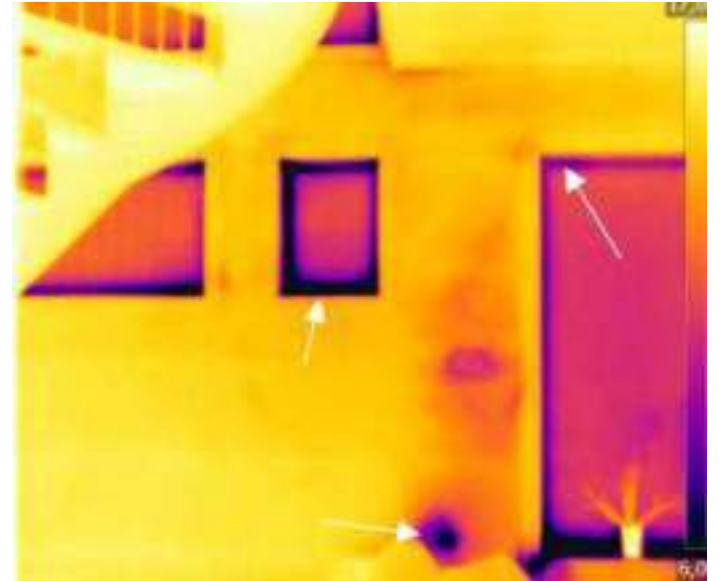
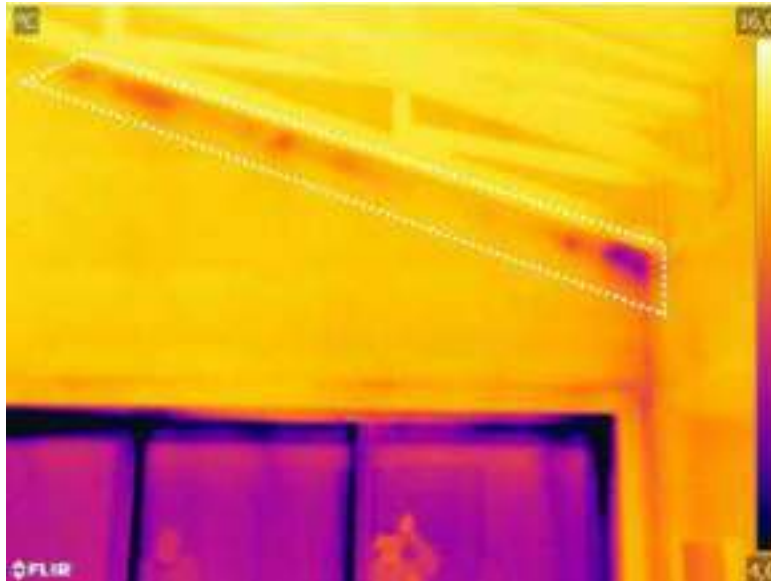
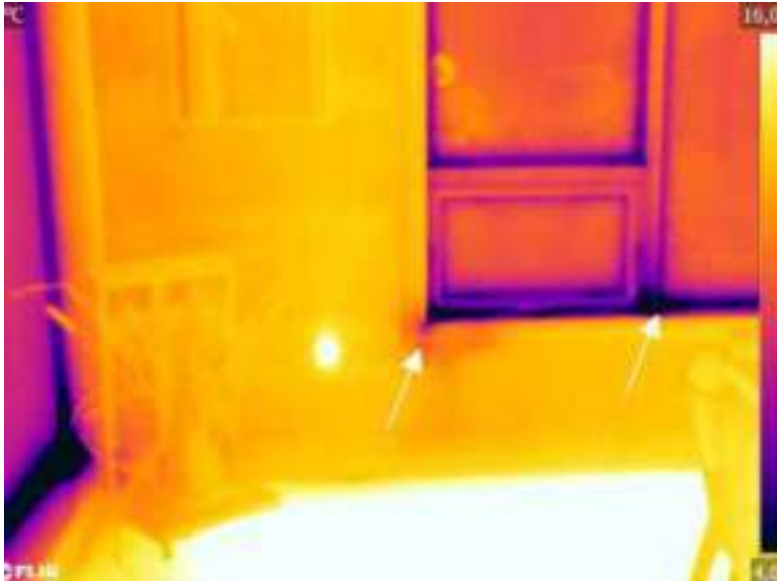


L'Hermine



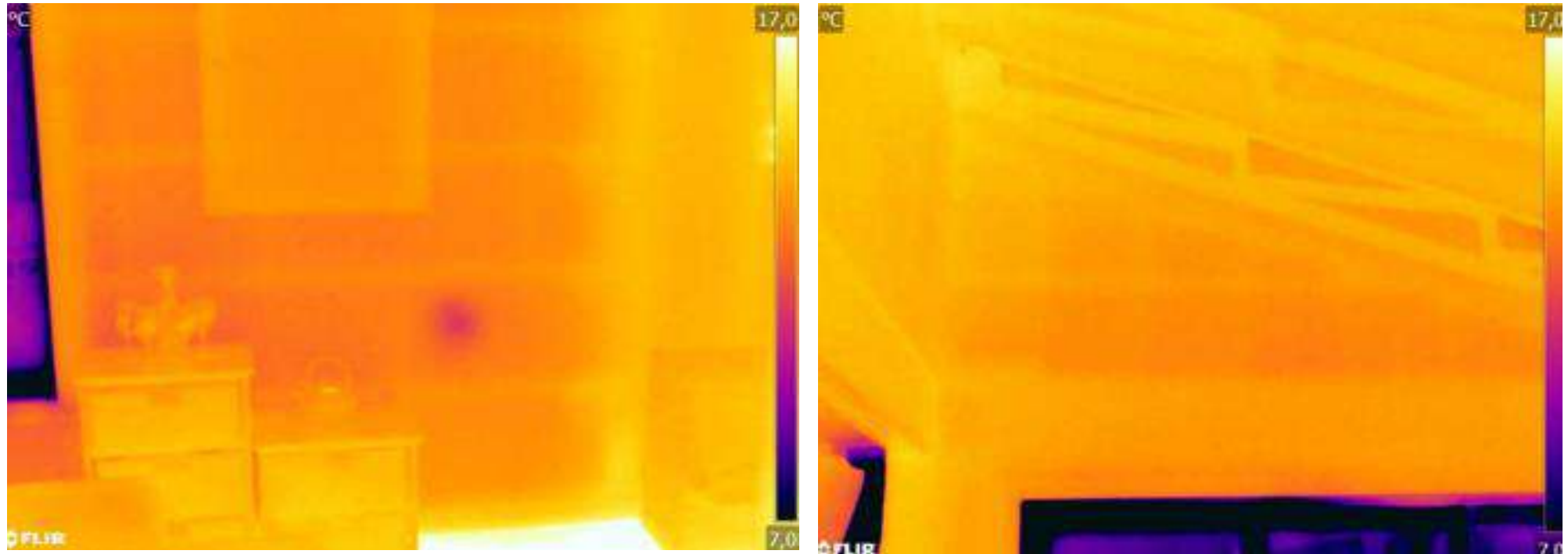
La Sittelle

Anomalies ponctuelles plus prononcées



L'hermine

Performance globale accrue du SITE

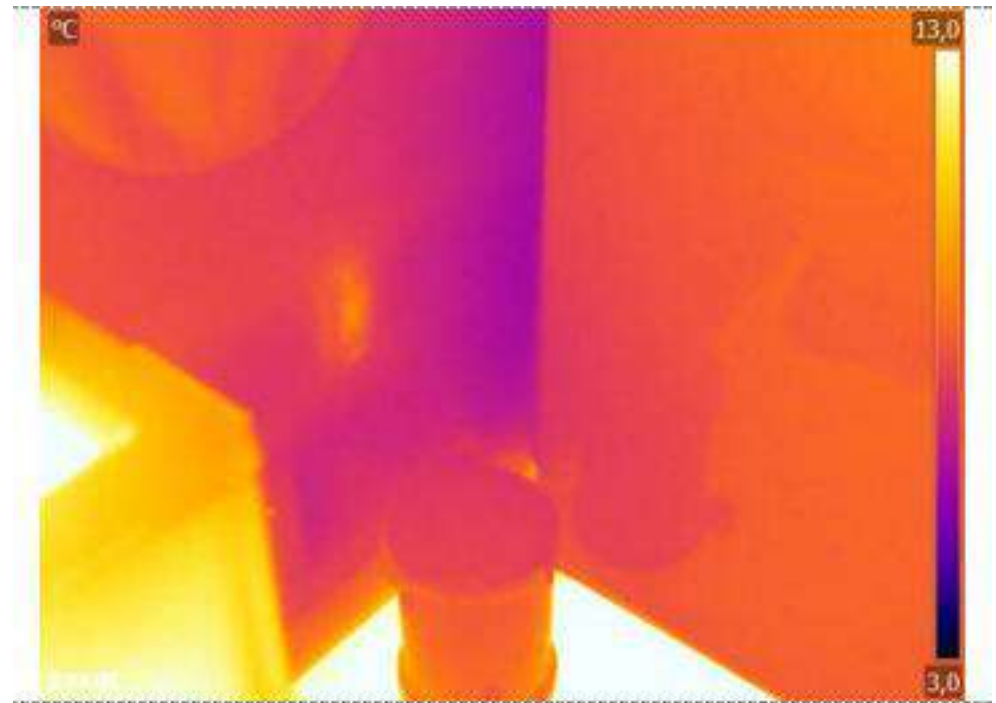


La Sittelle

Faiblesse du SITE



15 : Infiltration d'air froid près du conduit de sècheuse et de façon plus diffuse en partie courante du mur.



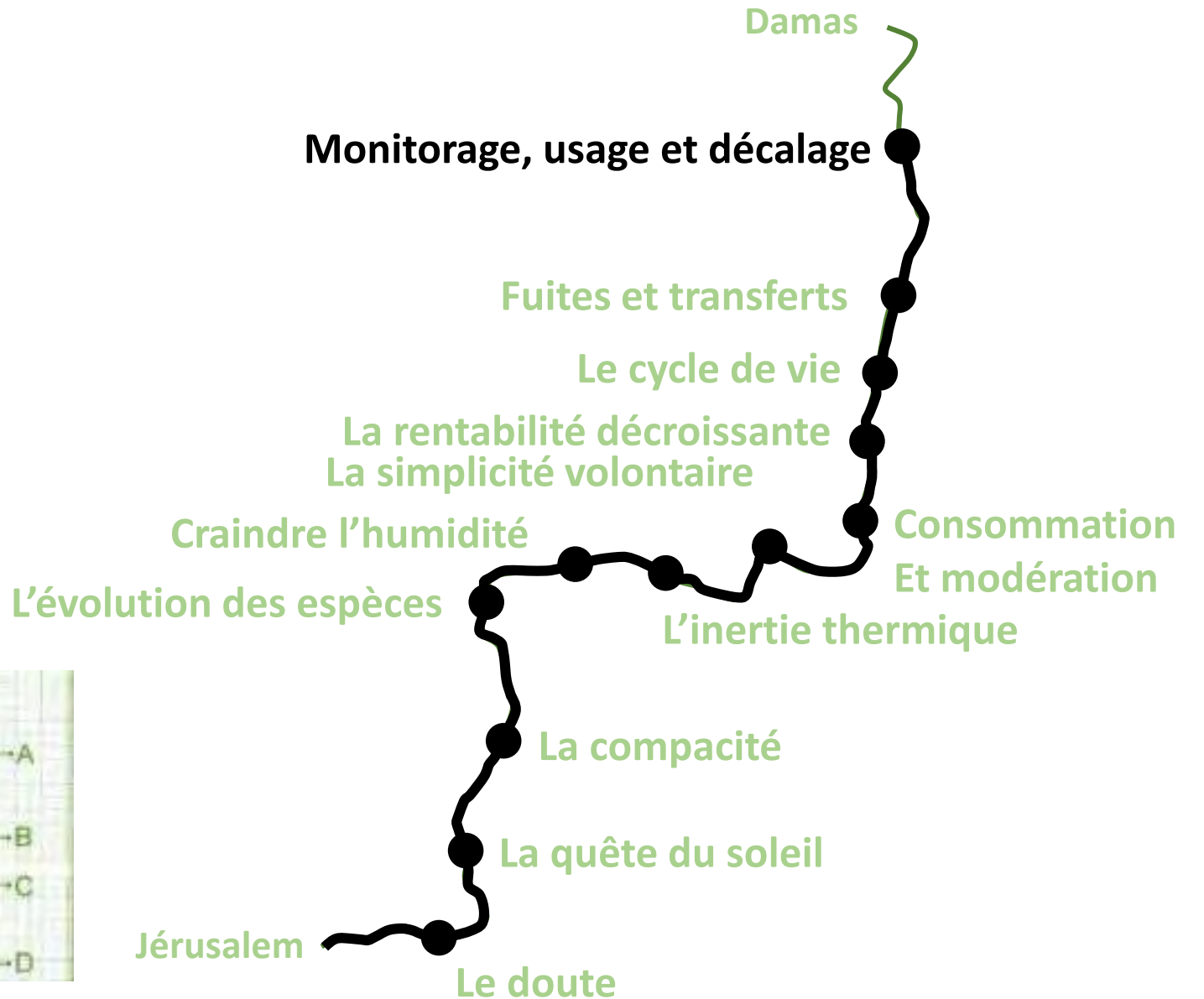
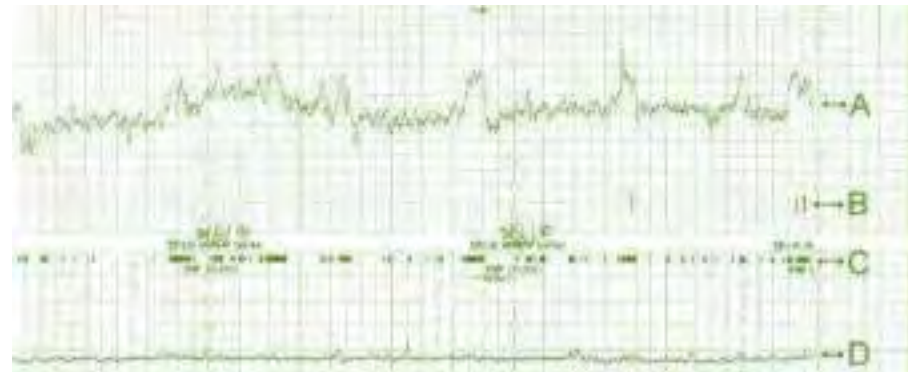
46 : Comparatif en pression positive.

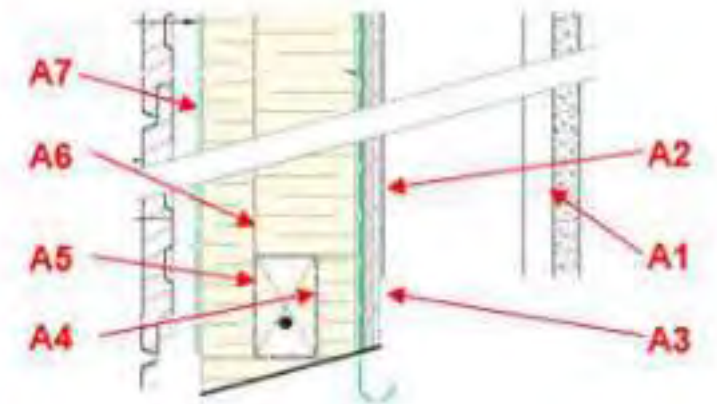
La Sittelle

Économie probable du coût de l'énergie en lien avec les fuites d'air ⁽¹⁾ en prenant comme base « 0 économie » Novoclimat 1							
	Novoclimat 1	L'Hermine	La Sittelle	Novoclimat 2	Modélisation	Le Pierrot	Modélisation
Nombre de fois que le volume d'air est remplacé, à 50 Pa (PCM)	2.50	1.90	1.65	1.50	1.00	0.62	0.60
Économie annuelle projetée	0 \$	40 \$ +/-	75 \$ +/-	80 \$	115 \$	130 +/-	135 \$
Consommation annuelle réelle (kWh)	-	13 000	13 500	-	-	22 000	-
Ratio de consommation attribuable au chauffage ⁽²⁾	-	32 %	32 %	-	-	43%	-
Coût de consommation attribuable au chauffage (kWh)	-	4 200 \$	4 300 \$	-	-	9 460 \$	-
% économie attribuable aux fuites d'air en fonction du coût de chauffage	-	0.9 %	1.7 %	-	-	1.3 %	-

(1) Données de base : Modélisation réalisé par le logiciel HOT-2000, version 10.51 (Groupe De Vinci)

(2) Modélisation rapports efficacité énergétique rd2





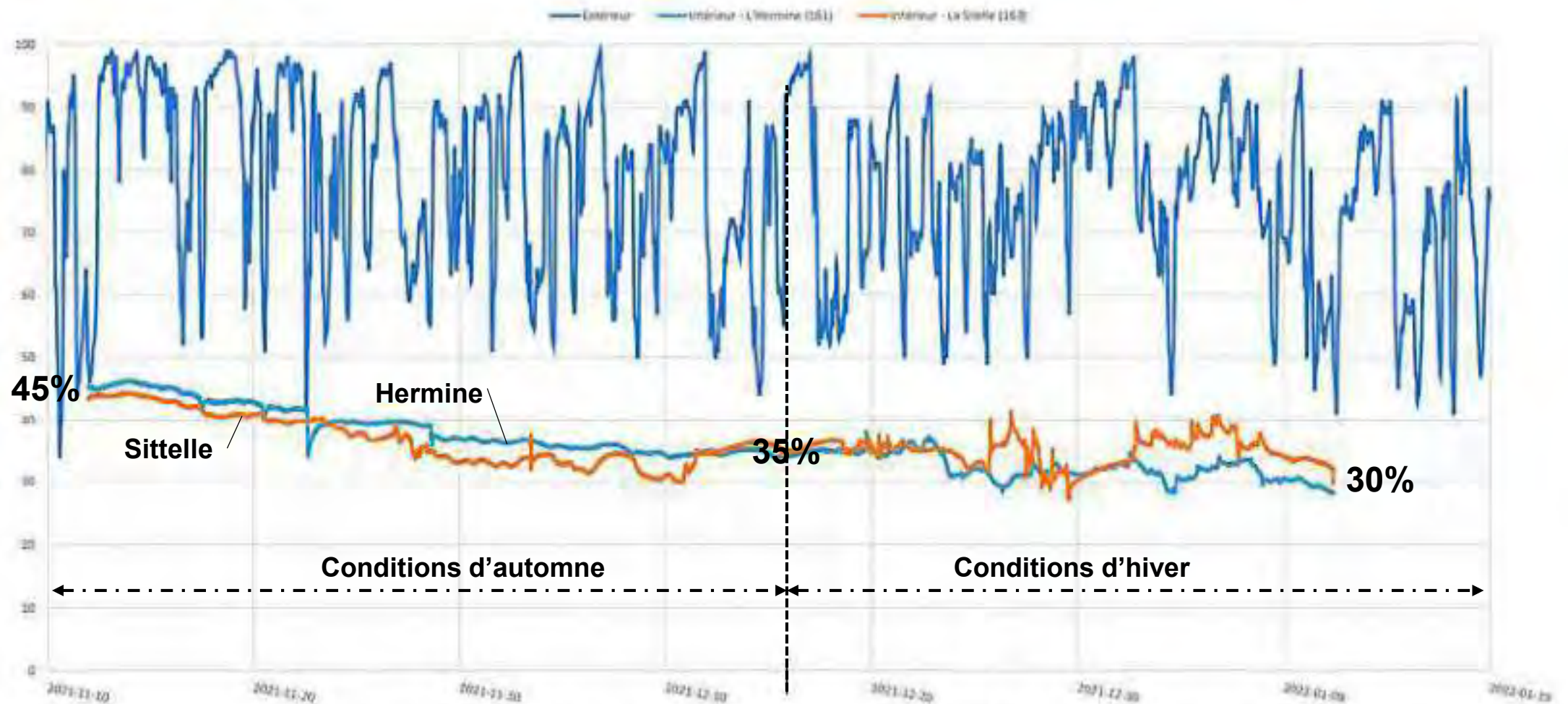
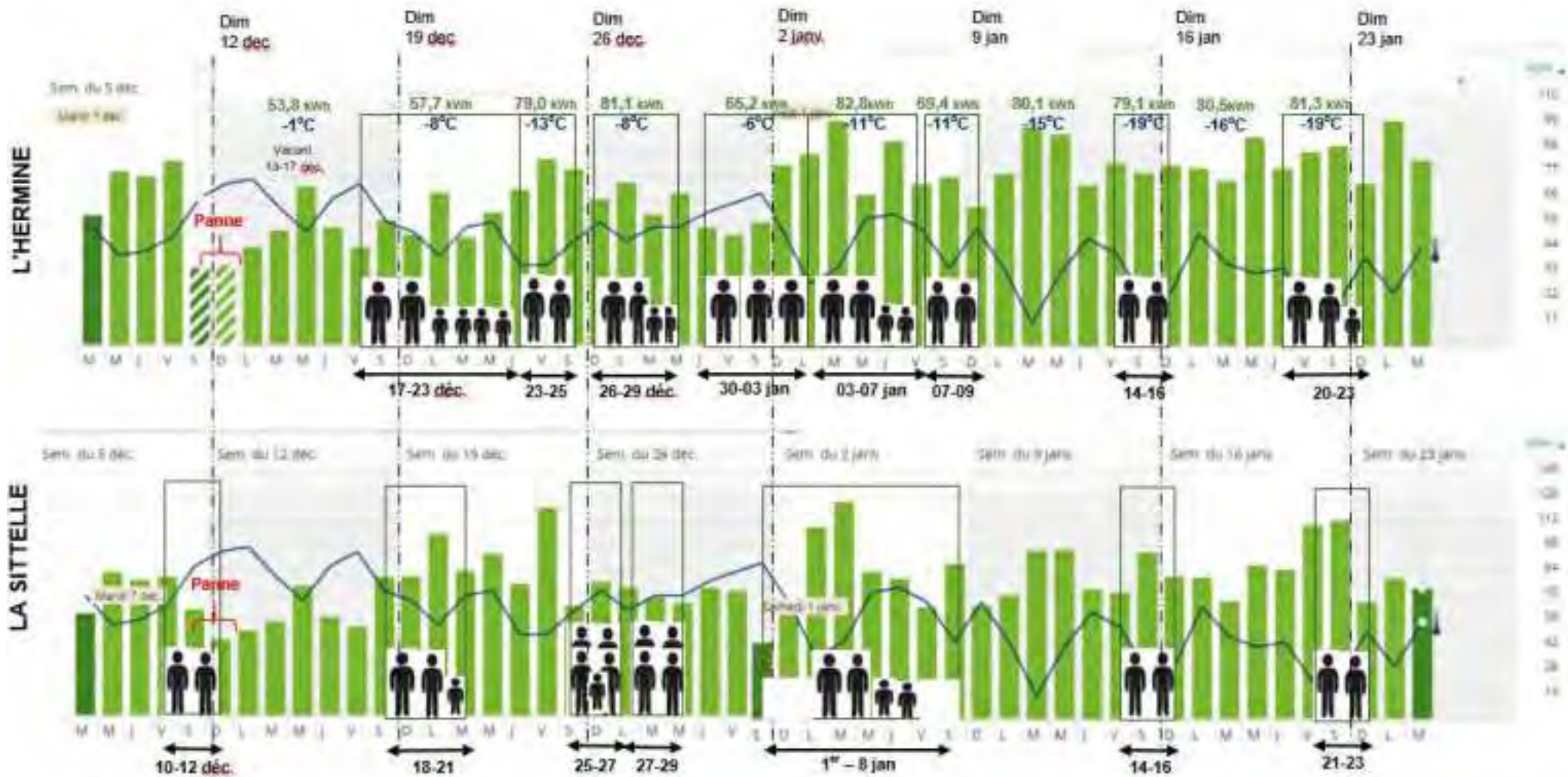


Figure 22 – Comparaison de taux d'humidité ambiants intérieurs – source Partie 5



Le monitoring électronique a entre confirmé les éléments suivants:

- Les compositions murales sont à **faible risque de condensation**
- Le risque de condensation sont situés du **côté extérieur** des plans d'étanchéité
- La multiplication des plans d'isolation permet de réduire significativement les ponts thermiques (Sittelle)
- Du côté intérieure (cavité) les températures sont plus froides pour la Sittelle - Mur SITE - que pour l'Hermine
- Les personnes dégagent une quantité non-négligeable d'énergie, dans un petit espace clos
- Masse thermique « régulateur » dalle de béton + mur de bloc (pour l'Hermine) – gain solaire et bien-être





Analyse comparative des coûts et des résistances thermiques RSI							
Scénario	REF	RSI M ² K/w	%	Coût de construction (sans taxes)	Coût suppl. par rapport à ETALON	%	Commentaires
ETALON (le moins cher) Mur de base de type 2A (avec laine verre au lieu du chanvre)		4,27	0	270 800\$	0	0	Mur traditionnel, matériaux standards), 10 000\$ de moins que 2A (chanvre et frein vapeur)
1A Mur SITE Tel que construit Sittelle		4,44	+ 4%	292 100\$	+ 21 300\$	+ 7,8%	
1B Mur SITE Avec isolant supplémentaire entre les montant (partiel)		5,02	+ 18%	294 100\$	+ 23 300\$	+ 8,6%	Aucun avantage ni économique ni en performance (risque de condensation)
2A Mur SIPE avec chanvre Tel que construit Hermine		4,72	+ 11%	280 800\$	+ 10 000\$	+ 3,6%	Le surcoût est en partie attribuable à l'utilisation du chanvre
2B Double ossature Chanvre et fibre de roche		6,78	+ 59%	295 800\$	+ 25 200\$	+ 9,2%	Augmentation significative de la résistance thermique
2C Double ossature Cellulose		6,63	+ 55%	289 400\$	+ 18 100	+ 6,8%	2024?...

Comparaison entre l'énergie consommée, le coût et la valeur RSI des systèmes

Comparable de bas: Code P11

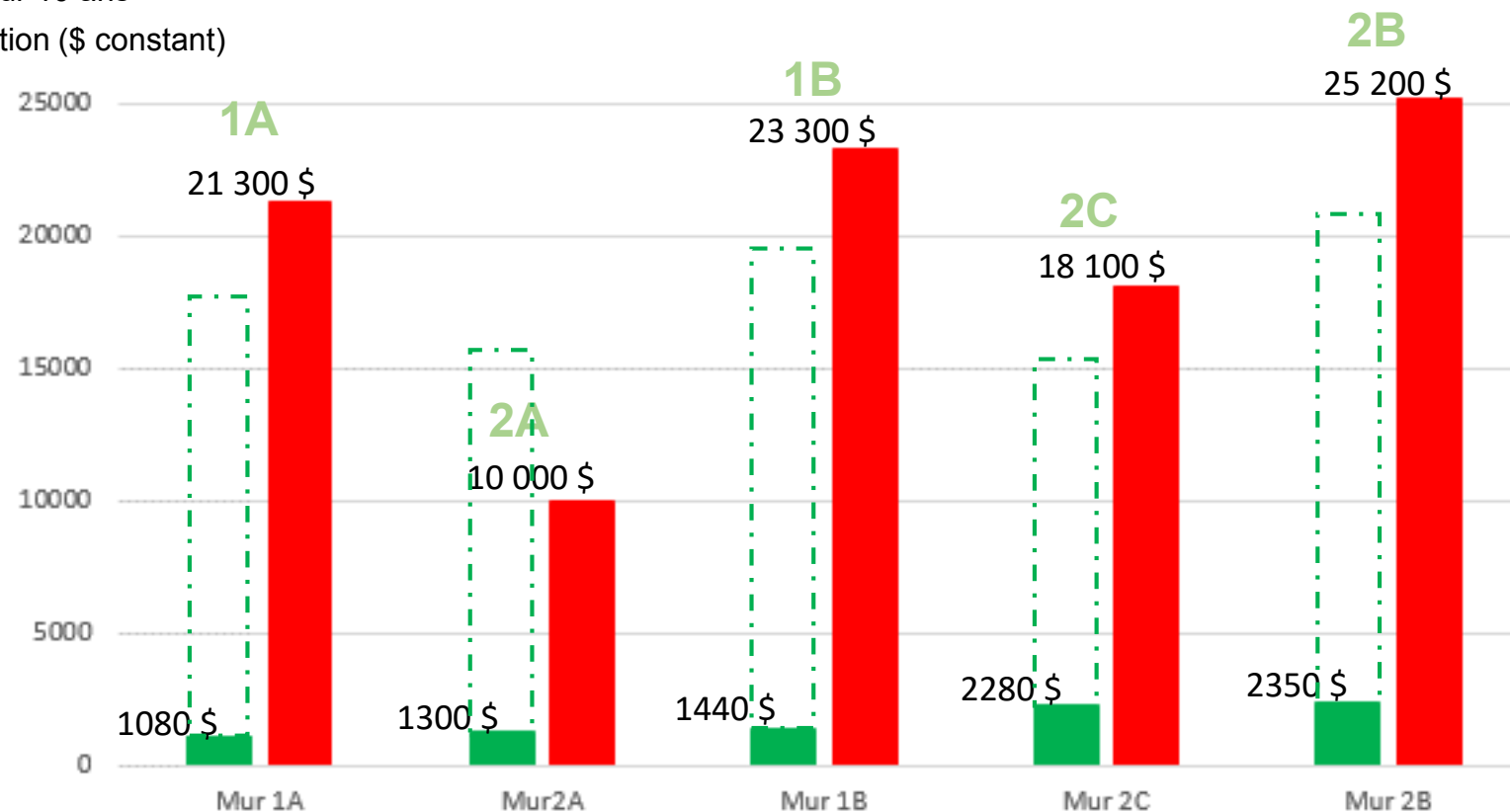


Économie d'énergie (\$ constant) sur 10 ans

Coût supplémentaire à la construction (\$ constant)



Durabilité
Bien-être
Choix écologique
Système résilient
Adapté / régionalisme
Récupération / recyclage
....



Retour sur l'investissement

197 ans

77 ans

161 ans

79 ans

107 ans



Micro-atelier participatif sur l'enveloppe du bâtiment

Apprivoiser la haute-performance

Études d'enveloppes innovantes sur le site d'Auvergne laboratoire vivant



T r e m p e a r c h i t e c t e . c o m

~~7~~ ~~12~~ 19 21

octobre

Ste-Christine-d'auvergne

