

	<b>PROJET</b> <b>(ELEMENTS DE CORRECTION)</b>	
	<b>EXPERTISE ENERGETIQUE ET TECHNICO-ECONOMIQUE D'UNE MAISON INDIVIDUELLE</b>	

## 1- UTILISATION D'ARCHIWIZARD–OPTIMISATION ENERGETIQUE D'UNE MAISON

### 1.1–IMPORTATION D'UNE MAQUETTE 3D (format Sketchup)

✎ Importer le fichier « Maquette REMSES » et renseigner les paramètres suivants.

✎ Sur la troisième figure, modifier l'affectation de la porte d'entrée de paroi vitrée en paroi opaque.

✎ Enregistrer votre fichier en le nommant "REMSSES 1970".

Partie faite directement sur Archiwizard

### 1.2–AIDE RAPIDE D'ARCHIWIZARD

### 1.3 –PARAMETRAGE D'UNE MAQUETTE

✎ Configurer l'ensemble des parois conformément au descriptif ci-dessous en mettant une épaisseur minimale de 0.01 cm pour l'ensemble des isolants (correspond à ne pas mettre d'isolant mais permet de conserver l'isolant pour la suite du projet).

Vous modifierez les conductivités thermiques  $\lambda$  des isolants verticaux pour qu'elles soient égales à 0,040 W/(m·K).

✎ Configurer l'ensemble des baies conformément au descriptif ci-dessous :

✎ Configurer l'ensemble des équipements et scénarios conformément au descriptif ci-dessous :

✎ Compléter la colonne "REMSSES 1970" du tableau Excel " Projet REMSES" – Partie 1.

A ce stade, vous pouvez continuer à travailler sur votre fichier "REMSSES 1970" ou demander au formateur le fichier correction (si vous pensez avoir fait quelques erreurs).

Partie faite directement sur Archiwizard

## 1.4 – MODIFICATION DES PARAMETRES ET OBSERVATIONS

Modifications	Besoins énergétiques	Nbre d'heures d'inconfort	Commentaires
Orienter la façade principale au nord	↗	↘	Diminution des apports solaires donc : - En hiver ↗ des besoins de chauffage - En été ↘ des surchauffes
Situer la maison à Lille	↗	↘	Températures extérieures plus faibles et plus d'ensoleillement donc : - En hiver ↗ des besoins de chauffage - En été ↘ des surchauffes
Situer la maison à Nice	↘	↗	Températures extérieures plus élevées et moins d'ensoleillement donc : - En hiver ↘ des besoins de chauffage - En été ↗ des surchauffes
Classe d'inertie : très lourde	↘	↘	Meilleur stockage de l'énergie donc : - En hiver ↘ des variations de températures intérieures - En été ↘ des surchauffes. L'énergie excédentaire est stockée dans les parois.
Classe d'inertie : très légère	↗	↗	Moins de stockage de l'énergie donc : - En hiver ↗ des variations de températures intérieures - En été ↗ des surchauffes. L'énergie excédentaire est peu stockée dans les parois.
Climatiser la maison	↗	↘	Consommation électrique importante
Masque solaire : Positionner une maison devant la façade SUD	↗	↘	Diminution des apports solaires donc : - En hiver ↗ des besoins de chauffage - En été ↘ des surchauffes
Masque solaire : Positionner des arbres devant la façade SUD	↗	↘	Diminution des apports solaires d'été (uniquement avec des arbres caducs) donc : - En hiver pas d'impact sur les apports solaires - En été ↘ des surchauffes

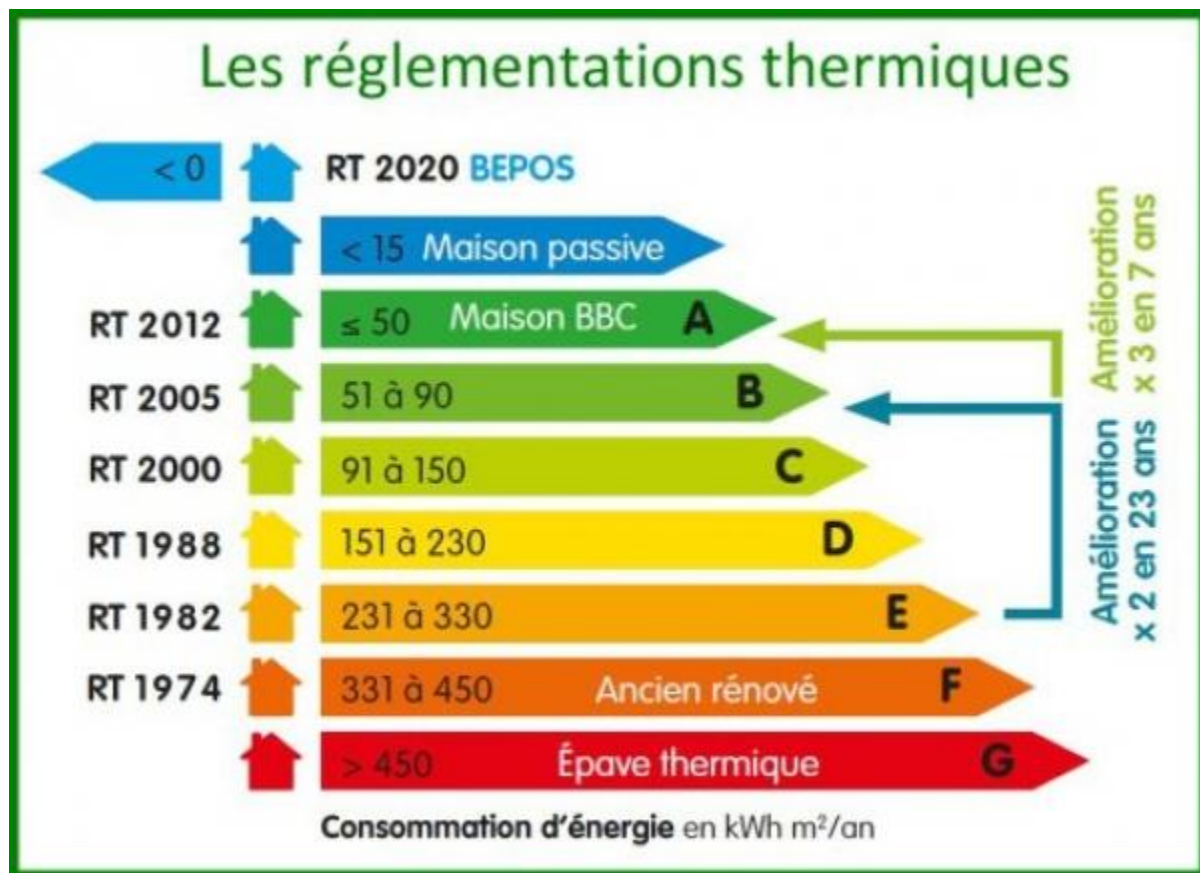
## 1.5 – ETUDE DES AMELIORATIONS ENERGETIQUES « AU FIL » DES REGLEMENTATIONS THERMIQUES

✎ Configurer les éléments de la maison conformément au tableau Excel "Projet REMSES"-Partie 1 fourni pour qu'elle corresponde aux critères des années correspondant aux différentes évolutions de la réglementation thermique (1982, 1989, 2000, 2005 et 2012). Enregistrer un fichier pour chaque configuration nommé "REMSSES 19.." ou "REMSSES 20.."

Pour chaque configuration, compléter le fichier Excel et revenir à l'état initial à chaque fois.

✎ En 2020, la prochaine évolution de la réglementation thermique prévoit que tous les Bâtiments neufs seront à Energie POSitive (BEPOS). Renommer (REMSSES 2020) et modifier le fichier correspondant à la RT2012 pour que cette maison produise plus d'énergie qu'elle n'en a besoin. Vous pourrez agir intelligemment sur :

- La production d'électricité photovoltaïque ( $P_{max} = 3 \text{ kWc}$ , soit environ  $20 \text{ m}^2$  de capteurs),
- l'étanchéité du bâtiment ( $0.15 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ),
- Les épaisseurs d'isolants,
- Les ouvrants (Triple vitrage sauf au sud),
- La VMC double flux (efficacité et consommation des ventilateurs).



## Détails des actions proposées pour améliorer le bâtiment au fil de l'évolution des réglementations thermiques

### Maison initiale 1970 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	183,9 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	165,4 m <sup>2</sup>
Volume	487,4 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	1.899 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	30042 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	446 kWh
Ventilation	0 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1758 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	1758 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

La maison en 1970 n'a subi aucune modification, elle n'a pas d'isolant que ça soit murs, combles, toit, etc... La composition des fenêtres est : simple vitrage, remplissage en bois, protection persienne ajourée et un cadre en bois classique. Ainsi que des ponts thermiques non traité.

La ventilation est Naturelle

Aucune programmation de chauffage.

La perméabilité de l'enveloppe est de 3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.

La couverture thermique est 0%.

Le solaire photovoltaïque est de 0 kWc

Aucun refroidissement et aucun taux de couverture solaire.

Taux d'inconfort 5 %

Nombre d'heures > 27 °C 305 h

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{DT}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{RAI}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RHLI}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HLI}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	165.4	487.4	17873	3660	0	21533	130.2
<a href="#">Buanderie</a>	2.9	7.1	152	12	0	164	56.5
<a href="#">Bureau 1</a>	15.3	37.5	2284	190	0	2473	162.0
<a href="#">Bureaux 2, 3, Arrière et dégagement</a>	83.2	281.2	9260	2369	0	11629	139.8
<a href="#">Bureaux 4 et 5</a>	36.9	93.4	3886	787	0	4673	126.6
<a href="#">Local technique</a>	5.0	12.3	61	21	0	82	16.3
<a href="#">Rangement</a>	11.0	27.7	1069	140	0	1209	110.4
<a href="#">Salle de bain</a>	7.5	19.1	889	97	0	986	130.7
<a href="#">WC</a>	3.6	8.9	272	45	0	317	87.4

## Maison 1982 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	188.5 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	166.1 m <sup>2</sup>
Volume	472.6 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.832 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	12429 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	515 kWh
Ventilation	552 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	1744 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

La maison en 1982 a eu des modifications, la maison a été isolée par les murs extérieurs, le toit, le plancher haut et le plancher bas avec une épaisseur moyenne des isolants de 7.8 cm.

Les fenêtres sont maintenant du double vitrage avec cadre bois classique et la ventilation se fait en simple flux autoréglable.

Par contre certaines caractéristiques n'ont pas changé

Aucune programmation de chauffage.

La perméabilité de l'enveloppe est de 3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.

La couverture thermique est 0%.

Et le solaire photovoltaïque est de 0 kWc

Aucun refroidissement et aucun taux de couverture solaire.

On peut observer une diminution du besoin de chauffage mais une augmentation en besoin de ventilation

Déperditions par pièces ont énormément diminué passant de 17879 W à 8460W, les déperditions par renouvellement d'air ont légèrement diminué et tout ceci fait diminuer les Charges thermiques totales.

Taux d'inconfort 14 %

Nombre d'heures > 27 °C 926 h

Le taux d'inconfort a augmenté de 9 %

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{Tj}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{Vj}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,j}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,j}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	166.1	472.6	7116	3403	0	10520	63.3
Buanderie	2.9	6.8	86	11	0	97	33.7
Bureau 1	15.1	35.0	947	169	0	1116	74.1
Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement	82.6	268.5	3683	2167	0	5850	70.8
Bureau 4 et 5	37.9	95.6	1537	771	0	2308	61.0
Local technique	5.0	11.9	43	19	0	62	12.4
Rangement	11.7	28.4	376	137	0	513	43.9
SdB	7.4	18.2	291	88	0	379	51.3
WC	3.6	8.4	152	41	0	193	54.0

## Maison 1989 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	189.2 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	165.4 m <sup>2</sup>
Volume	468.5 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.761 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	11250 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	512 kWh
Ventilation	552 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	1744 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

Pour la maison 1989, il y a eu peu de changement. Même type de fenêtre, même système de ventilation, etc.... quand 1982. Le seul changement est l'épaisseur des isolants qui augmente ce qui fait diminuer le U des isolants.

Peu de changement sur les données mais une légère diminution des besoins et des déperditions. On constate que cette amélioration est assez faible même si l'épaisseur passe de 7.8 cm en 1982 à 9.6 en 1989 alors que de 1970 à 1982 il y a eu un grand changement et une grande diminution des besoins.

Le taux d'inconfort, passé de 14 à 15%, reste quasiment constant

Taux d'inconfort 15 %

Nombre d'heures > 27 °C 987 h

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{tr}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{r\&#223;l}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,I}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,I}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	165.4	468.5	6504	3382	0	9886	59.8
<a href="#">Buanderie</a>	2.9	6.7	78	11	0	89	30.9
<a href="#">Bureau 1</a>	15.0	34.5	889	168	0	1056	70.5
<a href="#">Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement</a>	82.3	266.5	3381	2155	0	5536	67.3
<a href="#">Bureau 4 et 5</a>	37.7	94.7	1405	766	0	2171	57.6
<a href="#">Local technique</a>	5.0	11.8	40	19	0	59	11.7
<a href="#">Rangement</a>	11.6	28.1	326	136	0	462	39.7
<a href="#">SdB</a>	7.3	17.9	245	87	0	332	45.3
<a href="#">WC</a>	3.6	8.3	140	40	0	180	50.7

## Maison 2000 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	189.9 m²
Surface habitable (SHAB)	164.8 m²
Volume	463.2 m³
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.657 W/(m².K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	8315 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	510 kWh
Ventilation	552 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	1744 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

Pour la rénovation de 2000 l'épaisseur des isolant est en moyenne 13 cm, environ 3 cm de plus que 1989. Le besoin en chauffage est passée de 11250 à 8315 kWh, cette différence s'explique car l'épaisseur de l'isolant augmente mais aussi car des changements ont été fait sur la maison.

Le double vitrage reste le même mais le cadre change passant du bois au PVC, toujours la VMC simple flux mais avec une perméabilité de 2 m³/(h.m²) contrairement à 1989 qui était de 3.

On peut aussi voir une diminution des déperditions (cette diminution est due aux évolutions sur la maison).

Seul inconvénient, il y a une augmentation du taux d'inconfort et du nombre d'heure au-dessus de 27°C.

Taux d'inconfort 19 %

Nombre d'heures > 27 °C 1197 h

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m²	Volume m³	Déperditions par transmission $\Phi_{Ti}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{Vi}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,i}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,i}$	
						W	W/m²
Maison individuelle	164.8	463.2	5709	2232	0	7941	48.2
Buanderie	2.9	6.7	72	7	0	79	27.8
Bureau 1	14.9	34.1	822	111	0	933	62.6
Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement	82.0	263.4	2903	1423	0	4326	52.8
Bureau 4 et 5	37.6	93.6	1261	505	0	1766	47.0
Local technique	5.0	11.8	37	13	0	50	10.0
Rangement	11.6	27.7	279	90	0	369	31.8
SdB	7.3	17.7	208	57	0	265	36.4
WC	3.5	8.2	127	27	0	153	43.4

## Maison 2005 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	190.3 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	164.4 m <sup>2</sup>
Volume	459.1 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.539 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	4235 kWh
Refroidissement	0 kWh
Edairage	517 kWh
Ventilation	497 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	1744 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

Beaucoup de changement pour 2005, une épaisseur en moyenne de 15,2 cm, fenêtre en double vitrage avec cadre en PVC performant et volet roulant de 20mm d'isolant, ventilation simple flux avec une réduction de 10% par rapport au débit réglementaire, mise en place de programmation de chauffage (19°C/16°C) une perméabilité de 1.2 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>).

On peut observer que le besoin en chauffage ainsi que les déperditions diminuent. Contrairement aux évolutions précédentes, ici le besoin en ventilation diminue.

Taux d'inconfort 19 %

Nombre d'heures > 27 °C 1239 h

Toujours une augmentation du taux d'inconfort.

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{Tj}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{Vj}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,j}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,j}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	164.4	459.1	4582	1306	0	5888	35.8
<a href="#">Buanderie</a>	2.9	6.6	69	4	0	73	25.7
<a href="#">Bureau 1</a>	14.9	33.8	649	65	0	714	48.0
<a href="#">Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement</a>	81.8	261.1	2334	832	0	3166	38.7
<a href="#">Bureau 4 et 5</a>	37.5	92.8	983	296	0	1279	34.1
<a href="#">Local technique</a>	5.0	11.7	35	7	0	43	8.5
<a href="#">Rangement</a>	11.6	27.5	226	53	0	278	24.1
<a href="#">SdB</a>	7.3	17.5	179	33	0	212	29.2
<a href="#">WC</a>	3.5	8.2	107	16	0	123	34.9



## Maison 2012 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	195.6 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	159.4 m <sup>2</sup>
Volume	433.5 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.377 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	690 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	497 kWh
Ventilation	986 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	612 kWh
Taux de couverture solaire	65 %

La RT2012 a été très importante sur la réduction des déperditions et des besoins en chauffage, la maison 2012 est passée de 4235 kWh à 690 kWh, soit 84% de moins qu'en 2005.

Cela en partie grâce à l'épaisseur moyenne passant de 15,2 cm en 2005 à 21,6 cm en 2012 mais pas uniquement.

Les changements sont : Traitement des ponts thermiques, double vitrage argon avec cadre PVC très performant avec un volet roulant de 20 mm avec coffre, VMC double flux avec échangeur= 70%, programmation de chauffage, perméabilité de 0.6 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>).

La nouveauté pour 2012 est l'ajout de panneaux solaires thermiques d'une couverture annuelle d'environ 60%.

L'ajout de panneaux solaires thermiques a permis une diminution de l'eau chaude sanitaire passant de 1744 kWh à 612 kWh.

Taux d'inconfort **38 %**

Nombre d'heures > 27 °C 2454 h

Le taux d'inconfort augmente beaucoup (19 à 38%) car la maison étant très isolée, la chaleur a du mal à s'évacuer, notamment la nuit.

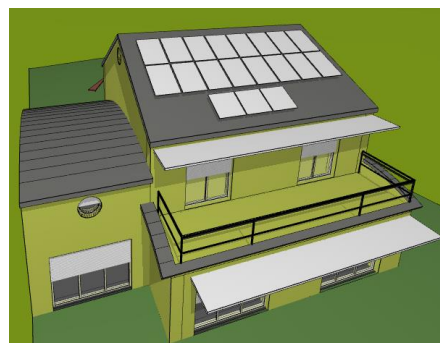


Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{T,i}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{V,i}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,i}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,i}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	159.4	433.5	2913	625	0	3537	22.2
<a href="#">Buanderie</a>	2.8	6.3	50	2	0	52	18.8
<a href="#">Bureau 1</a>	14.3	31.5	407	31	0	438	30.7
<a href="#">Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement</a>	79.5	248.0	1571	400	0	1971	24.8
<a href="#">Bureau 4 et 5</a>	36.5	87.0	497	140	0	638	17.5
<a href="#">Local technique</a>	5.0	11.5	31	4	0	35	7.0
<a href="#">Rangement</a>	11.2	25.6	153	25	0	178	15.9
<a href="#">SdB</a>	6.8	15.9	120	15	0	135	19.7
<a href="#">WC</a>	3.4	7.7	83	7	0	90	26.5

## Maison 2020 :

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	9
SRT	193.8 m <sup>2</sup>
Surface habitable (SHAB)	161.1 m <sup>2</sup>
Volume	439.5 m <sup>3</sup>
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.372 W/(m <sup>2</sup> .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	637 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	524 kWh
Ventilation	946 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	1744 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	612 kWh
Taux de couverture solaire	65 %



Une nouvelle réglementation entrera en vigueur en 2022, la RE2020.

La RE 2020 introduit une innovation majeure : elle ne contrôle plus seulement la consommation énergétique des bâtiments neufs, mais aussi leur bilan carbone, en incluant l'analyse du cycle de vie des matériaux et équipements employés. Les enjeux de ce changement d'optique sont considérables, ce qui suscite d'intenses polémiques. En particulier, alors que la RT 2012 favorisait le gaz, la RE 2020 favorisera l'électricité afin de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dues aux chaudières au fioul ou au gaz.

La maison 2020 est une maison à énergie positive, elle produit plus qu'elle ne consomme d'énergie. Les changements sont : utilisation de laine de bois (murs), de liège(sol) et ouate de cellulose (comble) comme isolants, triple vitrage Argon avec cadre PVC très performant, volet roulant 20mm avec coffre, double flux avec échangeur e=90%, programmation de chauffage, perméabilité de 0.6 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>), couverture solaire thermique de 78% et production solaire photovoltaïque de 3 kWc.

Le besoin de chauffage est de 637 kWh, le besoin final en eau chaude sanitaire est de 312 kWh et la production solaire photovoltaïque est de 3096 kWh, le besoin total est de -2 (kWh/an.m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>) donc la maison produit plus qu'elle ne consomme.

Taux d'inconfort **37 %**

Nombre d'heures > 27 °C 2382 h

Seul inconvénient le taux d'inconfort est de 37% malgré la mise en place de pare-soleils comme nous pouvons le voir sur l'image ci-dessous.

Tableau des Déperditions par pièces ci-dessous.

	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Déperditions par transmission $\Phi_{TJ}$ W	Déperditions par renouvellement d'air $\Phi_{RJ}$ W	Surpuissance de relance $\Phi_{RH,I}$ W	Charge thermique totale $\Phi_{HL,I}$	
						W	W/m <sup>2</sup>
Maison individuelle	161.1	439.5	2792	158	0	2950	18.3
<a href="#">Buanderie</a>	2.8	6.4	47	1	0	48	17.1
<a href="#">Bureau 1</a>	14.5	32.2	417	8	0	425	29.4
<a href="#">Bureau 2, 3, arrière bureau et dégagement</a>	80.2	252.1	1565	101	0	1667	20.8
<a href="#">Bureau 4 et 5</a>	36.8	87.4	457	35	0	492	13.4
<a href="#">Local technique</a>	5.0	11.6	36	1	0	37	7.3
<a href="#">Rangement</a>	11.3	25.7	112	6	0	118	10.4
<a href="#">SdB</a>	7.0	16.1	86	4	0	90	12.9
<a href="#">WC</a>	3.4	7.9	72	2	0	74	21.5

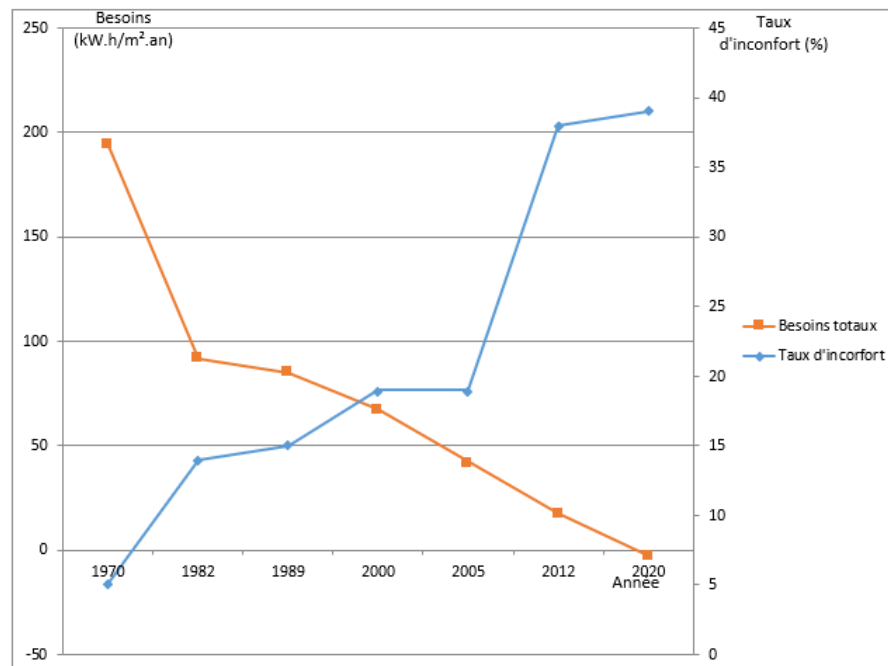
## Tableau de synthèse des évolutions des paramètres

Evolution des caractéristiques thermiques moyennes des maisons suivant la réglementation									
Grandeurs		Unité	1970	1982	1989	2000	2005	2012	2020
Caractéristiques des matériaux et des systèmes	Murs extérieurs	U (W/m².K)	Non isolé	0,53	0,42	0,35	0,32	0,23	0,18
		e <sub>isolant</sub> (cm)	0	5	7	9	10	15	20
	Toiture inclinée	U (W/m².K)	Non isolé	0,35	0,35	0,22	0,19	0,13	0,13
		e <sub>isolant</sub> (cm)	0	10	10	17	20	30	30
	Toiture terrasse	U (W/m².K)	Non isolé	0,36	0,31	0,27	0,25	0,19	0,15
		e <sub>isolant</sub> (cm)	0	10	12	14	15	20	25
	Plancher haut (sous combles)	U (W/m².K)	Non isolé	0,34	0,27	0,22	0,19	0,13	0,1
		e <sub>isolant</sub> (cm)	0	10	13	17	20	30	40
	Plancher bas	U (W/m².K)	Non isolé	0,69	0,49	0,38	0,28	0,24	0,21
		e <sub>isolant</sub> (cm)	0	4	6	8	11	13	15
	Epaisseur moyenne des isolants	(cm)	0	7,8	9,6	13,0	15,2	21,6	26
	Ponts thermiques	Traitement	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
	Fenêtres		Simple vitrage	Double vitrage 4-6-4 Air (non configurable sur Archiwizard, prendre 4-16-4) Persiennes ajourées Cadre bois classique	Double vitrage 4-6-4 Air (non configurable sur Archiwizard, prendre 4-16-4) Cadre bois classique	Double vitrage 4-10-4 Air (non configurable sur Archiwizard, prendre 4-16-4) Cadre PVC Classique	Double vitrage 4-16-4 Air standard Cadre PVC performant Volets roulants 2cm d'isolant	Double vitrage 4-16-4 Argon Cadre PVC très performant Volet roulant 20 mm avec coffre	Double vitrage performant au sud et Triple vitrage 4-18-4-18-4 Argon ailleurs
	Ventilation		Naturelle	Simple flux auto-réglable	Simple flux auto-réglable	Simple flux auto-réglable	Simple flux hygro-réglable A (réduction de 10% par rapport au débit réglementaire)(modulation)	Double flux avec échangeur e=70%	Double flux échangeur e=90% ventilateurs basses consommations
	Programmation chauffage (occupation / non occupation)		Non	Non	Non	Non	Oui (19°C/16°C)	Oui (19°C/16°C)	Oui (19°C/16°C)
	Perméabilité de l'enveloppe	m³/(h.m²)	3	3	3	2	1,2	0,6	0,15
	Solaire thermique	(%) de couverture annuelle	0	0	0	0	0	≈ 60	≈ 60
	Solaire photovoltaïque	(kWc)	0	0	0	0	0	0	3000
Données	Surface habitable (SHAB)	(m²)	165,4	166,1	165,4	164,8	164,4	159,4	159,4
Déperditions thermiques	Ubat	(W/m².K)	1,9	0,83	0,76	0,66	0,54	0,38	0,28
	Déperditions par transmission	(W)	17873	7116	6504	5709	4582	2913	2108
	Déperditions Renouvellement d'air	(W)	3660	3403	3382	2232	1306	625	161
	TOTAL	(W)	21533	10519	9886	7941	5888	3538	2269
		(W/m² <sub>SHAB</sub> )	130,2	63,3	59,8	48,2	35,8	22,2	14,2
Bilan énergétique	Besoin de chauffage	(kW.h/an)	30042	12429	11250	8315	4217	690	637
	Besoin de refroidissement	(kW.h/an)	0	0	0	0	0	0	0
	Besoins électricité Eclairage	(kW.h/an)	446	515	512	510	516	497	524
	Besoins électricité ventilation	(kW.h/an)	0	552	552	552	497	986	946
	Besoins ECS	(kW.h/an)	1758	1744	1744	1744	1744	1744	1744
	Production solaire thermique	(kW.h/an)	0	0	0	0	0	1133	1132
	Production solaire photovoltaïque	(kW.h/an)	0	0	0	0	0	0	3096
	Besoins totaux	(kW.h/an.m² <sub>SHAB</sub> )	195	92	85	67	42	17	-2
Taux d'inconfort	nbre heures > 27°C	(%)	5	14	15	19	19	38	39

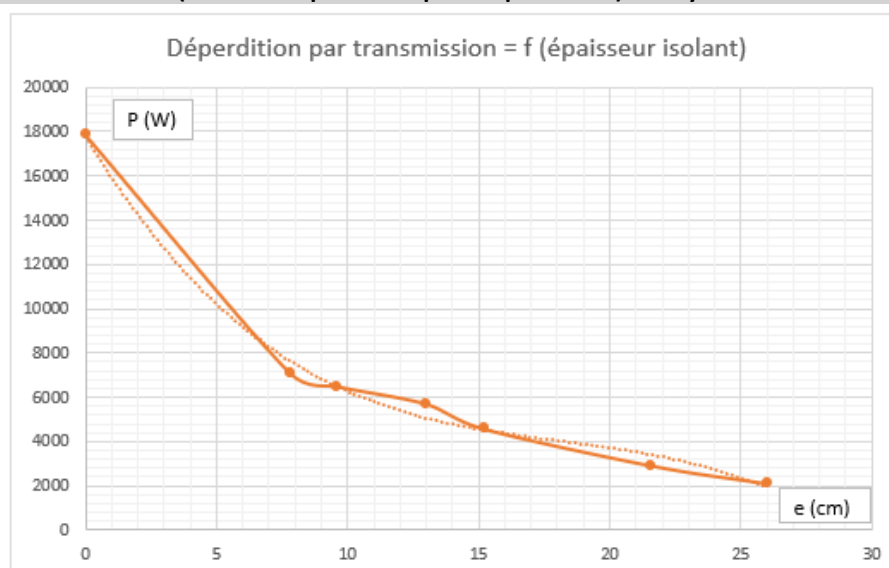
### **Analyser les résultats obtenus :**

Le graphique ci-dessous montre que les besoins énergétiques du bâtiment diminuent assez régulièrement pour devenir négatifs en 2020 (BEPOS).

Par contre, le taux d'inconfort augmente. Le bâtiment maison étant très isolé avec peu d'inertie, les apports de chaleur (ensoleillement, apports internes) sont peu stockables dans les parois et entraînent donc rapidement des surchauffes.



**a/ Tracer un graphique représentant l'évolution des déperditions thermiques par transmission en fonction de l'épaisseur moyenne de l'isolation (valeur non pondérée par simplification). Analyser cette évolution et conclure.**



Ce graphique permet de montrer que les déperditions thermiques par transmission ne diminuent pas linéairement par rapport à l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation. Pour une certaine épaisseur, le surinvestissement n'est pas justifié car le gain énergétique devient assez faible.

Cette courbe ne tient pas compte des ponts thermiques qui ont été fortement réduits à partir de la configuration REMSES 2005.

**b/ La réglementation thermique RT2012 impose une consommation maximale de 50 kWh<sub>ep</sub>/m².an (valeur variable en fonction du lieu, de la taille de l'habitation, etc...). Après avoir rappelé la notion d'énergie primaire, indiquer si cette habitation peut éventuellement être conforme à la RT2012 si le chauffage+ECS sont tout électrique (Pour répondre définitivement à cette question, il faut faire une étude réglementaire – Partie 2).**

L'énergie primaire (ep) est l'énergie disponible dans l'environnement et directement exploitable sans transformation. Étant donné les pertes d'énergie à chaque étape de transformation, stockage et transport, la quantité d'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale (ef) disponible.

Le besoin énergétique de cette maison est de  $18 \text{ kW}\cdot\text{h}_{\text{ef}}/\text{m}^2\cdot\text{an}$ .

Pour obtenir la consommation en énergie primaire de cette maison, il faudra prendre en compte :

- le coefficient de conversion en énergie primaire pour l'électricité consommée de 2,58.
- Les rendements de tous les systèmes installés.

Il sera donc assez difficile de rendre conforme à la RT2012 cette habitation

Dans tous les cas, seule une étude réglementaire permettra de répondre à cette question car il faudra vérifier le Bbio, la Cep, la Tic et les exigences de moyen.

**c/ Le taux d'inconfort augmente lorsque le niveau d'isolation de la maison est plus élevé. Comment expliquez-vous cela ? Quelles préconisations feriez-vous pour limiter cet inconfort ?**

Si la maison est très isolée, le refroidissement nocturne par transmission sera très faible.

Ce phénomène sera accentué si l'inertie est faible. Il est donc recommandé d'augmenter l'inertie de l'habitation et de limiter les apports solaires en été en installant des protections solaires et de mettre en place une sur-ventilation nocturne

## 2- ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE COMPARATIVE SUR 30 ANS ENTRE LA MAISON REMSES NON RENOVEE ET RENOVEE (type RT2012)

### 2.1 -EVALUATION DU COUT DES TRAVAUX

Déterminer le coût de chaque amélioration énergétique en prenant en compte le CITE.

En déduire le montant total du bouquet de travaux.

### 2.2 –DETERMINATION DE L'ECONOMIE REALISEE SUR 30 ANS


Sur une durée de 30 ans et pour les 2 configurations, déterminer :

- le coût d'investissement,
- les mensualités du prêt principal et du prêt à taux zéro,
- la consommation énergétique mensuelle en bois et électricité,
- les mensualités de remboursement les 15 premières années, de la 15<sup>ème</sup> année à la fin du prêt principal et après la fin du prêt principal.
- le cumul des coûts.

En déduire l'économie réalisée sur 30 ans en effectuant une rénovation énergétique de la maison REMSES

Etude technico-économique comparative sur 30 ans entre la maison REMSES non rénovée et rénovée (type RT2012)									
Données générales à l'étude	Durée de l'étude	30	ans						
	Coût actuel granulés de bois	0,06	l/kW.h						
	Augmentation annuelle granulés de bois	3	%						
	Coût moyen granulés de bois sur la durée de l'étude	0,101	l/kW.h						
	Coût actuel électricité	0,14	l/kW.h						
	Augmentation annuelle électricité	3	%						
	Coût moyen électricité sur la durée de l'étude	0,235	l/kW.h						
Familles	Maison non rénovée	Maison rénovée (type RT2012)	Quantité	Prix unitaire	Coût travaux (l)	Aides Ma prime Renov (l)	Aides CEE (l)	Coût travaux après	
Chauffage	Convecteurs électrique	Poêle à granulés	1	U	6000	1500	382	4118	
ECS	Cumulus électrique	Solaire thermique + résistance électrique	4	m² de capteurs	1500	2000	234	3706	
Ventilation	Ouverture des ouvrants	VMC double flux avec échangeur	1	U	4000	2000	223	1771	
Parois opaques	Parpaing sans isolation	Isolation par l'extérieur (15 cm)	148	m²	150	5920	3611	12663	
Plancher haut	Plancher bois non isolé	Isolation ouate de cellulose insufflée (40 cm)	62	m²	40	2480	1362	1118	
Plancher bas	Dalle béton	Isolation des sous-bassement en périphérie	47	m²	70	3290	0	3290	
Baies	Simple vitrage	Double vitrage 4-20-4 Argon faible émissivité	38	m²	600	22800	480	21705	
					<b>66770</b>	<b>11900</b>	<b>6493</b>	<b>48377</b>	



Durée du prêt principal	20	ans
Taux d'emprunt annuel	3%	%
Prise en charge Prêt à taux zéro PTZ	40%	%
Montant financé par PTZ	83351	l
Durée maximale du prêt à taux zéro	20	ans
Durée du différé du prêt à taux zéro	5	ans

ETUDE COMPARATIVE			Non rénovée	Rénovée type RT2012
Investissement	Coût d'investissement initial (l)		160000	160000
	Coût travaux après aides (l)			48377
	<b>Coût total</b>		<b>160000</b>	<b>208377</b>
Mensualité de remboursement de prêt	Prêt principal (l)		887	633
	Prêt taux zéro (l) années 1 à 5			
	Prêt taux zéro (l) années 6 à 20			463
Charges énergétiques mensuelles	Consommation énergétique mensuelle bois (kW.h/mois)		32	
	Consommation énergétique mensuelle électricité		2546	133
	<b>Charges totales</b>		<b>598</b>	<b>34</b>
Charges mensuelles (emprunt + coûts énergies)	Charge mensuelle sur les 5 premières années (l)		1486	728
	Charge mensuelle de 5ème année à la fin du prêt principal		1486	1191
	Charge mensuelle après la fin du prêt principal (l)		598	34
	<b>Cumul des coûts sur 30 ans (l)</b>		<b>428293</b>	<b>262184</b>
	<b>Economie réalisée sur 30 ans (l)</b>			<b>166115</b>

**Mensualité de remboursement d'emprunt**

m : mensualité  
K : capital emprunté  
t : taux annuel proportionnel  
n : nombre de mensualités

$$m = \frac{K \times \frac{t}{12}}{1 - \left(1 + \frac{t}{12}\right)^{-n}} =$$

### 2.3 –SYNTHESE ET ARGUMENTATION AUPRES DU CLIENT

Rédiger un argumentaire permettant de justifier auprès du client l'intérêt de cette rénovation.

Vous évoquerez en plus de l'étude précédente les impacts de cette rénovation sur le confort intérieur et la plus-value à la revente.

Vous devrez prendre en compte des critères techniques, économiques et environnementaux.

Points à valoriser :

- Les charges énergétiques sont très réduites,
- L'électricité, en partie nucléaire est remplacée par une énergie renouvelable, le bois, produit localement,
- La température intérieure sera plus homogène ce qui augmentera le confort de l'utilisateur,
- Les travaux de rénovation permettront une plus-value importante à la revente,