

## 1 Introduction.

La transition énergétique nous impose d'abandonner l'énergie fossile pour l'énergie renouvelable. L'énergie fossile (mazout, gaz) nous permettait d'avoir une chaudière puissante (30 KW) pour chauffer une maison mal isolée à un coût acceptable. Les énergies renouvelables nous obligent à réduire drastiquement la puissance de notre système de chauffage (5KW). La solution pour y arriver c'est d'isoler !

**Si vous êtes motivé pour gagner la bataille de la transition énergétique,  
ce document vous est destiné !**

Ce document vous permettra d'avoir les connaissances nécessaires pour réaliser une isolation performante et d'évaluer, avec une bonne approximation, la performance énergétique de votre maison, de dimensionner la puissance de votre système de chauffage et d'estimer la consommation d'énergie annuelle pour chauffer votre maison.

 [Rénover avec énergie](#)

## 2 Les principes

L'isolation d'une maison doit respecter les 5 principes suivants :

- L'étanchéité (le plus important)
- l'isolation continue
- la barrière de vapeur
- la ventilation
- l'inertie thermique.

 [Isolation du toit](#)

### 2.1 L'étanchéité.

L'étanchéité d'une maison est la chose la plus importante et la plus difficile à faire pour isoler correctement sa maison.

**Il ne faut pas écouter l'idée fausse : « je n'isole pas trop pour que ma maison respire ».**

Que vous isoliez un peu ou beaucoup, la première chose à faire est de rendre votre habitation étanche à l'air. Quand en hiver vous sortez en pull, le vent perce votre vêtement et vous avez froid. Il suffit que vous enfiliez une veste coupe-vent pour que vous ayez chaud. Une maison c'est la même chose.

La moindre ouverture, fissure ou trou réduisent fortement l'efficacité de l'isolation. Il ne sert à rien d'avoir un triple vitrage si le châssis n'est pas étanche !

L'étanchéité doit être réalisée à deux niveaux :

- Extérieur : pour que le vent n'entre pas dans l'isolant (perte d'efficacité) et la maison (courants d'air).  
Un bon coupe-vent est étanche à l'air mais laisse passer la vapeur d'eau.
- Intérieur : pour que l'air chaud ne sorte pas et n'entre pas dans l'isolant (condensation).  
Un bon pare vapeur est étanche à la vapeur d'eau.

Exemple de placement d'un coupe-vent lors d'une rénovation d'un grenier pour le rendre habitable :



Fig. 1: coupe-vent



Fig. 2: finition

- Placement d'une sous-toiture (coupe-vent) contre les chevrons
- Placement de la structure : ici en « métal-stud
- La laine de bois ( $\geq 30\text{cm}$ ) sera posée entre la structure et le coupe-vent
- Il ne restera plus qu'à mettre le pare vapeur (film en polyéthylène) **en obturant tous les percements** et la finition

**⚠ Les pertes d'énergie par manque d'étanchéité sont très importantes. (Voir ventilation)**

[👉 Guide du bâtiment durable](#)

[👉 Règles de bonnes pratiques pour réaliser l'étanchéité à l'air](#)

## 2.2 L'isolation continue

### 2.2.1 Les isolants.

L'air est le plus mauvais conducteur de la chaleur pour autant qu'il soit immobile. Pour cela on l'enferme dans des alvéoles les plus petites possible.

Le choix de l'isolant est fait selon son prix, son emplacement et sa fonction.

[👉 Comparatif](#)

« Personnellement j'ai utilisé le polystyrène expansé graphité pour isoler, par l'extérieur, les murs de ma maison. A l'époque les isolants naturels n'existaient pas ou étaient chers. La solution polystyrène était celle qui correspondait à mon budget et qui me permettait d'atteindre mon but : transformer une vieille maison en pierre en maison basse énergie. Bien qu'issu du pétrole cet isolant reste intéressant car sa durée de vie est supérieure à 50ans et qu'il vaut mieux avoir ce pétrole autour de sa maison pendant 50ans que de l'avoir dans sa citerne pendant un an. (Ma façade a été faite en 2010 ; elle commence seulement à demander un nettoyage) « Le pétrole est un produit merveilleux pourvu qu'il ne soit pas brûlé ni disséminé dans la nature et qu'il soit recyclé correctement », nous dit Pascal Goosse.

[👉 Conseils](#)

[👉 Durée de vie](#)

### 2.2.2 Les ponts thermiques

L'isolation doit être continue pour éviter les ponts thermiques.

Dans le cas d'une rénovation, l'isolation par l'extérieur permet de réduire considérablement les ponts thermiques.



Pour un projet répondant au standard passif, éliminer les ponts thermiques représente plus de **15% d'économie** sur la consommation annuelle.

Pour un projet répondant au standard très basse énergie et basse énergie, cela représente respectivement une économie de **8% et 4%**.

**Ceci démontre donc que plus le standard énergétique est performant, plus l'influence des ponts thermiques sur le bilan énergétique sera importante. Une gestion optimisée de ces derniers sera alors recommandée.**

Voir deux exemples de calcul : [exemple 1](#) et [exemple 2](#)

### 2.3 Le pare-vapeur.

L'air intérieur contient toujours plus d'humidité que l'air extérieur (respiration, cuisine, douches...). L'humidité va migrer de l'intérieur vers l'extérieur passant du chaud vers le froid. Comme l'air chaud contient plus d'eau que l'air froid, elle va condenser dans l'isolant. L'isolant mouillé perdra son pouvoir isolant. C'est vrai pour les isolants hygroscopiques comme les laines de verre, de roche, de bois, ....

Les isolants solides comme le polystyrène, le polyuréthane, le verre cellulaire (foamglas) sont étanches à l'air et à la vapeur d'eau. Une seule couche suffit donc mais les joints et raccords doivent être réalisés avec le plus grand soin pour éviter les entrées d'air et la migration de l'humidité à travers les joints de l'isolant. Si une structure en bois se trouve derrière l'isolant, il est préférable de placer quand même un pare-vapeur pour protéger celle-ci de l'humidité. Ce type d'isolant est plutôt réservé pour les surfaces planes : planchers, murs, ...

 [Pare-vapeur : Q&R](#)

 [Les grandes erreurs](#)

### 2.4 La ventilation

Le bâtiment isolé étant étanche, l'air intérieur (vicié et humide) doit être évacué. Soit manuellement : ouvrir les fenêtres une demi-heure par jour. Soit mécaniquement : placer une ventilation mécanique contrôlée à double flux : VMC. « Quand j'ai rénové ma maison, j'ai placé une VMC. Cette ventilation ne m'apporte que des avantages :

- Le débit d'air normal a été calculé pour avoir un renouvellement d'air toutes les trois heures. Ce qui garantit un air intérieur sain et frais.
- Elle est silencieuse en fonctionnement normal (95% du temps). Elle fait moins de bruit qu'un frigo.
- Les conduites sont en acier : pas de germe.
- Le sèche-linge et la machine à laver sont dans la cuisine : c'est la VMC qui évacue l'humidité en récupérant la chaleur.
- Le VMC tourne sans interruption depuis 10 ans : sans soucis.
- L'entretien est facile : aspirer les filtres 10 fois par an et les changer un fois par an.
- La consommation électrique est faible : 20W. »

#### Ordre de grandeur

Dans un bâtiment mal isolé, la ventilation non contrôlée par manque d'étanchéité, demande 15% de la puissance de la chaudière : 2,2KW pour les courants d'air et 15KW pour les murs

De même dans un bâtiment bien isolé, avec VMC, la puissance nécessaire pour la ventilation est de 18% mais les puissances en jeu sont petites : 0,7kW pour la ventilation et 4KW pour les pertes par parois.

Corollairement si vous avez « bien » isolé vos murs en négligeant l'étanchéité, l'efficacité de l'isolant sera réduite de 50 à 80%. La puissance nécessaire devient :  $(4\text{kW}/0,5)+2,2= 10,2 \text{ KW}$  = perte d'efficacité de l'isolant + pertes pour chauffer les courants d'air.

Soit plus du double de la puissance avec une étanchéité parfaite.

 [Systèmes de ventilation](#)

 [Ventilation Q&R](#)



## [Améliorer l'étanchéité](#)

### 2.5 L'inertie thermique.

Une isolation extérieure favorise l'inertie thermique. Les murs mettent du temps à se réchauffer mais aussi à se refroidir. Ce qui fait que la température reste assez constante malgré un chauffage par intermittence. En été la maison sera fraîche et en hiver elle sera chaude.

C'est pourquoi il faut privilégier une inertie thermique importante dans les pièces de vie.

Par contre, la salle de bain doit avoir une inertie faible en isolant les murs par l'intérieur (même en cas d'isolation de la maison par l'extérieur) :

- Quand vous rentrez dans votre salle de bain vous mettez en route le chauffage intermittent. Un petit radiateur électrique soufflant suffit.
- Très vite la T° va augmenter ; comme les murs sont isolés, ils seront vite chauds et n'absorberont pas votre rayonnement. Par contre si les murs sont en pierre, ils resteront froids et absorberont votre rayonnement ce qui vous donnera une sensation de froid même si l'air est chaud.
- Si la salle de bain a une grande inertie thermique il faut un chauffage permanent pour que les murs soient chauds. Ce qui augmente la consommation d'énergie.
- Avec une inertie thermique faible :
  - Dans une maison isolée avec une ventilation mécanique contrôlée (VMC), la porte de la salle de bain peut être ouverte après utilisation pour ventiler et sécher les serviettes. Pas besoin d'un radiateur sèche-serviettes
  - Dans une maison sans VMC, il faut installer un extracteur qui fonctionne pendant l'occupation et qui s'arrête quand le taux d'humidité est redescendu à une valeur normale.

## [Inertie et déphasage](#)

### 3 Un peu de théorie

Pour pouvoir faire le bilan énergétique de votre bâtiment, il est indispensable d'avoir quelques notions de théorie et d'avancer par étape.

A chaque étape nous allons donner les définitions et expliquer les formules. Cette théorie de base vous permettra de comprendre et de compléter la feuille de calculs présentée en fin de document. Ce tableau permet de faire une évaluation approchée du niveau de performance de votre maison (K), complétée de quelques informations relatives aux systèmes de ventilation et à l'étanchéité à l'air, pour faire un premier bilan énergétique "chauffage"

« Cette méthode simple et approchée s'est avérée suffisamment exacte car ma consommation d'énergie annuelle, depuis dix ans, correspond à celle que j'avais calculée. »

Votre maison laisse s'échapper la chaleur que vous lui apportez. L'unité de chaleur c'est le joule (J). La calorie, que l'on connaît mieux, est une ancienne unité de chaleur : 1calorie=4,18joules. La puissance nécessaire pour produire la chaleur d'un joule par seconde est d'un Watt :  $W=J/sc$ .

La chaleur dissipée dans la maison sera exprimée en kilo watt heure : kWh. Une résistance de 1000watts qui fonctionne pendant une heure consomme un kWh.

#### 3.1 Etape 1

Déterminer le volume protégé : V.

C'est l'ensemble des pièces que vous voulez chauffer. Pour simplifier, on peut considérer que le volume protégé est chauffé uniformément à 20°.

Dans l'exemple de calcul,  $V=392\text{ m}^3$

### 3.2 Etape 2

Déterminer la surface de toutes les parois homogènes qui séparent le volume protégé de l'extérieur, du sol, et des voisins et les mettre dans le tableau. Ici le symbole de ces surfaces  $A_j$ . Le tableau fait la somme et donne  $A = A_t = 361,1 \text{ m}^2$

### 3.3 Etape 3

Rechercher la composition de toutes les parois homogènes pour pouvoir calculer le coefficient de transmission thermique  $U_j$  de chaque surface : fenêtres, portes, toit, murs, planchers, murs en contact avec le sol... Et les reporter dans le tableau.

Faire le même travail pour les ponts thermiques.

Chaque matériau laisse passer plus ou moins facilement la chaleur : c'est le coefficient  $\lambda$  de conductibilité thermique.

#### Valeurs lambdas de différents matériaux

- $\lambda$  : Conductibilité thermique :  $\lambda$  unité :  $\text{W/mK}$  : Watt par mètre et par degré

C'est le flux de chaleur (Joule) qui traverse en une seconde (sec) un mètre carré ( $\text{m}^2$ ) d'une paroi d'un mètre d'épaisseur (m), lorsque la différence de température (K) de part et d'autre de la paroi est de un degré.

$\lambda$

$$\lambda = \frac{J}{\text{Sec}} * m * \frac{1}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Et comme  $\frac{J}{\text{Sec}} = \text{W}$  (un joule par seconde égale un Watt) la formule devient

$$\lambda = \text{W/mK}$$

- $\text{W}$  : c'est l'unité de puissance ; c'est la quantité de chaleur par unité de temps :  $\frac{J}{\text{Sec}}$  ;  $m$  : épaisseur de la paroi en mètre ;  $\text{m}^2$  : unité de surface ;
- $\text{K}$  : différence de température de part et d'autre de la paroi en degré (centigrade ou Kelvin (0 Kelvin = -273° centigrade))
- $U$  : coefficient de transmission thermique. C'est la quantité de chaleur traversant cette paroi d'épaisseur ( $e$ ), en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi.

$$U = \lambda / e$$

en  $\text{W/m}^2\text{K}$

Si la paroi est composée de plusieurs matériaux (ex : mur en bloc d'épaisseur ( $e_1$ ) et isolation extérieure en polystyrène d'épaisseur ( $e_2$ )) on peut trouver le coefficient  $U$  de la paroi avec la formule suivante :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2}$$

Avec  $U_1 = \lambda_1 * \frac{1}{e_1}$  et  $U_2 = \lambda_2 * \frac{1}{e_2}$



## ISOLATION : CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR ISOLER SA MAISON

Par exemple, prenons un mur en bloc béton  $e_1=0,2\text{m}$  isolé avec du polystyrène expansé graphité  $e_2=0,2\text{m}$

$\lambda_1= 0,678$  [valeurs de lambda](#)

$\lambda_2= 0,032$  [autres valeurs de lambda](#)

$U_1= 0,678/0,2=3,39$  ;  $U_2=0,032/0,2=0,16$  Ce qui donne  $U= 0,15\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

- R coefficient de résistance thermique. C'est l'inverse du coefficient de transmission thermique.

C'est la difficulté qu'a le flux de chaleur à traverser un matériau. Elle dépend de son épaisseur et de sa conductibilité. Plus R est grand plus le matériau est isolant.

$R= 1/U$  en  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$  Si la paroi est composée de plusieurs matériaux la Résistance de la paroi sera égale à la somme des résistances de chaque élément :  $R=R_1+R_2$

Dans notre exemple :  $R= 1/3,38 + 1/0,16=6,55 \text{m}^2\text{K}/\text{W}$

$$R = \sum \frac{e_i}{\lambda_i}$$

- Pertes par ponts thermiques

Des ponts thermiques se créent aux endroits où l'isolation thermique est interrompue. Une telle discontinuité se produit fréquemment dans les méthodes de constructions traditionnelles par exemple aux endroits de :

- linteaux au-dessus des fenêtres et portes
- Planchers
- Rives de toiture
- ....

La norme NBN B 62-002 donne, pour différents ponts thermiques, les coefficients linéiques ( $\Psi$  (Psi)).

Multipliés par la longueur du pont thermique (l) ils indiquent la déperdition thermique supplémentaire due à la présence de ponts thermiques.

Ils sont responsables d'environ 5 à 30% des pertes thermiques et peuvent provoquer de la condensation dans les murs ce qui peut les détériorer rapidement.

Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 20%) car les déperditions totales par les parois sont très fortes. En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important (plus de 30%) mais les déperditions globales sont très faibles.

$\Psi$  (Psi) Coefficient linéique du pont exprimé en  $\text{W}/\text{m.K}$ . Avec  $K= t^{\circ}\text{int}-t^{\circ}\text{ext}$

$\chi$  (Chi) Pont thermique ponctuel comme les poteaux, exprimé en  $\text{W}/\text{K}$  (négligeable dans une maison)

Le flux thermique ( Joule par seconde =Watt) à travers une paroi avec un pont thermique se calcule comme suit :

$$W = A * \frac{t^{\circ}\text{int}-t^{\circ}\text{ext}}{R} + \Psi \cdot L \cdot (t^{\circ}\text{int}-t^{\circ}\text{ext})$$

Avec

A : la surface de la paroi

R : la résistance de la paroi

$T^{\circ}\text{int}- t^{\circ}\text{ext}$  : la différence entre la température intérieure et la température extérieure (voir § 3.7.1)

L : longueur du pont

Pour trouver la valeur de  $\Psi$  on peut utiliser le petit logiciel [Kalibat](#)



Comme vous le voyez le calcul des pertes par pont thermique est très compliqué !

On peut cependant approcher la valeur des pertes par pont thermique en utilisant la formule du flux thermique à travers une paroi : voir exemple de calcul.

👉 [Pont thermique](#)

👉 [Calcul numérique](#)

👉 [Calcul des pertes d'énergie thermique](#)

👉 [Les ponts thermiques dans les calculs](#)

### 3.4 Etape 4

le tableau calcule le coefficient de transmission thermique moyen du bâtiment :  $U_m=0,3W/m^2k$  dans l'exemple de calcul

$$U_m = \frac{\sum a_j \cdot U_j \cdot A_j}{\sum A_j}$$

Avec  $a_j$  = le facteur de pondération tient compte du fait que certaines parois ne constituent pas une séparation entre l'ambiance chauffée à l'intérieur du volume protégé, et l'ambiance extérieure. Il s'agit de parois entre le volume protégé et un espace à l'abri du gel ou non, de parois en contact avec le sol de planchers au-dessus d'espaces non à l'abri du gel, de planchers au-dessus d'espaces à l'abri du gel, ou de planchers sur le sol.

- Mur en contact avec l'extérieur  $a_j= 1$  ;
- Mur en contact avec cave, sol, voisin  $a_j= 0,67$  ;
- Plancher sur sol  $a_j =0,37$

### 3.5 Etape 5

le tableau calcule la compacité volumique :  $Vt/At$ . Le niveau d'isolation thermique global du bâtiment (K) dépend de la compacité du Bâtiment : plus le bâtiment est cubique plus le système de chauffage sera efficace.

### 3.6 Etape 6

le tableau calcule le niveau K du Bâtiment en fonction de la compacité et du coefficient de transmission thermique moyen.  $K=33$

Plus le niveau K est faible, meilleure est l'enveloppe. Le k doit être inférieur à K35 depuis le 1 janvier 2014 en Région Wallonne. Pour une maison dite « passive », le K doit être inférieur à K15. Pour une maison basse énergie le K doit être inférieur à K30.

### 3.7 Etape 7

Bilan énergétique simplifié du bâtiment.

$$W = \left( A * \frac{t^{\circ}int - t^{\circ}ext}{R} \right) + (\Psi \cdot L \cdot (t^{\circ}int - t^{\circ}ext)) + (0,34 [Wh/m^3 \cdot k] * \beta [1/h] * V [m^3] * (t^{\circ}int - t^{\circ}ext))$$

$$W = (\text{pertes parois}) + (\text{pertes ponts thermique}) + (\text{pertes par ventilation})$$



La puissance pour chauffer le bâtiment c'est la somme des puissances nécessaires pour compenser les pertes par les parois, les ponts thermiques et la ventilation (voir point 2).

### 3.7.1 Pour trouver cette puissance il faut connaître la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur : $k = (t^{\circ}int - t^{\circ}ext)$

Pour déterminer k la notion de degré jour a été définie : c'est la somme des différences de  $t^{\circ}$  pendant la période de chauffe à un endroit déterminé. La période de chauffe a été définie entre le 15 septembre et le 15 mai soit 242 jours :  $Dj = 242$  (somme des  $t^{\circ}int - t^{\circ}ext$ )

#### Données climat

- $t^{\circ}ext$  : température moyenne extérieure pendant la période de chauffe

$$t^{\circ}ext = t^{\circ}int - \frac{Dj}{242}$$

- $t^{\circ}int$  : température intérieure . On peut estimer que la  $t^{\circ}$  intérieure moyenne du bâtiment est de  $18^{\circ}$  si on se chauffe à  $20^{\circ}$  (tout n'est pas chauffé à  $20^{\circ}$ ). De plus on estime que les apports de chaleur « gratuits » (gains internes : pertes des appareils, cuisine et gains externes : soleil) sont égales à  $3^{\circ}$ . D'où  $t^{\circ}int = 15^{\circ}$   
Pour Arlon  $Dj = 2472$  ce qui donne une température moyenne extérieure :  $t^{\circ}ext = 4,8^{\circ}$
- Flux thermique ( Joule par seconde = Watt) à travers une paroi. Ou puissance nécessaire pour avoir une température intérieure ( $t^{\circ}int$ ), quand la  $t^{\circ}$  extérieure moyenne est = à  $t^{\circ}ext$ .

$$W = A * \frac{t^{\circ}int - t^{\circ}ext}{R}$$

$W$  = watt ;  $A$  = surface en  $m^2$  ;  $t^{\circ}int = 15^{\circ}$  ;  $t^{\circ}ext = 4,5^{\circ}$  pour Arlon ;  $R$  = résistance de la paroi.

- Période de chauffe

La période de chauffe s'étend du 15 septembre au 15 mai soit 242 jours soit 5.808 heures.

La consommation annuelle devient donc :

$$\frac{kWh}{an} = A * \frac{t^{\circ}int - t^{\circ}ext}{R * 1000} * 5808$$

### 3.7.2 La puissance nécessaire pour chauffer le renouvellement d'air est calculé en fonction de l'étanchéité, de la ventilation et du rendement de la VMC.

- Flux thermique pour la ventilation :

$$KW = [0,34 [Wh/m^3.k] * \beta [1/h] * V [m^3] * (t^{\circ}int - t^{\circ}ext)] / 1000$$

Avec 0,34 = pouvoir calorifique de l'air  $[Wh/m^3.k]$

$\beta [1/h]$  : Taux de renouvellement d'air = 0,3 pour un bâtiment étanche avec VMC ; 0,6 pour un bâtiment étanche et site urbain ; 1 en moyenne ; 1,4 pour un bâtiment perméable et site venteux .

$V$  = volume du bâtiment  $m^3$  ;  $(t^{\circ}int - t^{\circ}ext) = 15 - 4,5 = 11,5^{\circ}$

- Ordre de grandeur :- si  $\beta = 0,45$  et  $V = 400 m^3$  ;  $KW = 0,7 kw$  ; - si  $\beta = 1,4$  ;  $KW = 2,2 kw$

Le bilan des consommations est calculé en fonction de tout ce qui précède et du rendement du système de chauffage



## 4 Exemples de calcul simple

### 4.1 Exemple 1

Soit un mur en maçonnerie ordinaire de 20cm d'épaisseur, de 8m de haut et de 10m de long. Une dalle en béton de 20cm sépare les deux étages. L'isolation est faite avec 10cm de laine de verre. Il y a un pont thermique à cause de l'interruption de l'isolation par la dalle. Rechercher le flux thermique de ce mur, le pourcentage de pertes dues au pont et la consommation annuelle.

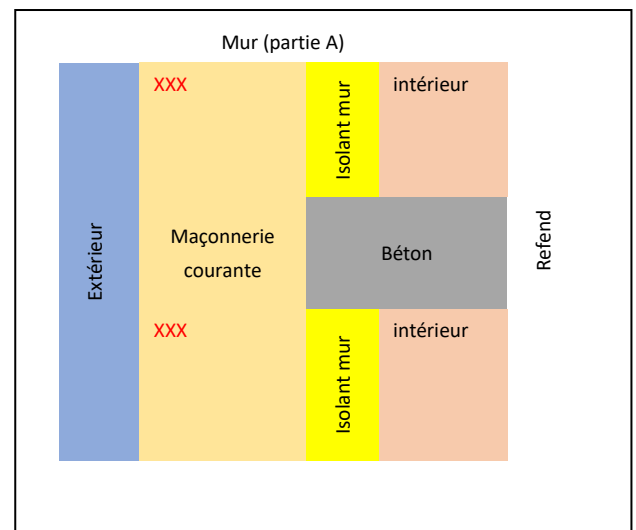
Données de la géométrie :

Type : mur/refend, géométrie en T

Donnée	Matériau	Coul.	Cond. (W/m.K)	Épais./Long (mm)
Mur (part A)	Maçonnerie courante		0.7	200
Refend (part B)	Béton		2	200
Couche int. Du T1	Mur isolant		0.04	100

Résultats :

Psi	Valeur W/m.°C
Psi linéique	0.61



Données :

Epaisseur du mur :  $e_1=0,2m$  ;  
 Epaisseur de l'isolant :  $e_2=0,1m$  ;  
 Epaisseur de la dalle :  $e_3=0,2$  ;  
 Conductibilité du mur :  $\lambda_1=0,7 W/m^2k$  ;  
 Conductibilité de l'isolant :  $\lambda_2 =0,04W/m^2k$  ;  
 Conductibilité de la dalle :  $\lambda_3=2W/m^2k$  ;  
 Température moyenne intérieure équivalente= $15^\circ$  ;  
 Température extérieure moyenne= $4,5^\circ$  ;  
 →  $K= 15- 4,5= 10,5^\circ$  ;  
 Longueur du pont  $L=10 m$  ;  
 Hauteur du mur isolé :  $H= 8-0,2m=7,8m$  ;  
 Surface du mur isolé  $A=7,8*10=78m^2$  ;  
 En utilisant le logiciel [Kalibat](#) on trouve  $\Psi=0,61 W/mk$ .

Formules :

$$W = \frac{Ak}{R_1} + \frac{Ak}{R_2} + \Psi * L * k$$

$$R_1 = \frac{e_1}{\lambda_1}$$

$$R_2 = \frac{e_2}{\lambda_2}$$

$$R_{\text{mur isolé}} = R_1 + R_2$$

$$\text{Consommation annuelle : } kWh = W * 5808 / 1000$$

Solution :



## ISOLATION : CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR ISOLER SA MAISON

$$R1=0,2/0,7=0,29 \quad R2=0,1/0,04= 2,5 \quad R_{\text{mur isolé}}=2,79 \text{ mk/W}$$

$$W=78*10,5/2,79 + 0,61*10*10,5 =294 +64= 358 \text{ W}$$

$$\% \text{pertes pont}=22\% \quad \text{KWh}= 358*5808/1000= 2079\text{KWh}$$

### Remarques :

Si on n'utilise pas KaLiBat, on peut approcher la valeur du flux thermique s'échappant par le pont thermique en utilisant la formule du flux du mur :

$$W=Ak/R$$

Avec A= la surface du pont : ici  $A= 10*0,2= 2\text{m}^2$  ;

R du pont = R du mur (0,29) + R du refend ;

$$R_{\text{refend}} = e_{\text{refend}}/\lambda_3$$

avec  $e_{\text{refend}}$ = épaisseur de l'isolant + épaisseur du refend/2

$$e_{\text{refend}}=0,1+0,2/2=0,2\text{m}$$

$$R_{\text{refend}} = 0,2/2=0,1$$

$$W_{\text{pont}}=2*10,5/(0,219+0,1)=54\text{W}$$

$$\text{Flux total}= 294+54=348\text{W} +2,8\%$$

$$\text{KWh}=348*5808/100=2021 \text{ KWh}$$

## 4.2 Exemple 2

Soit un mur en maçonnerie ordinaire de 20cm d'épaisseur, de 8m de haut et de 10m de long. Un plancher en bois de 20cm sépare les deux étages (pour simplifier on considère ici que le plancher est plein). L'isolation est faite avec 10cm de laine de verre. Il y a un pont thermique à cause de l'interruption de l'isolation par le plancher. Rechercher le flux thermique, le pourcentage de pertes dues au pont et la consommation annuelle de ce mur.

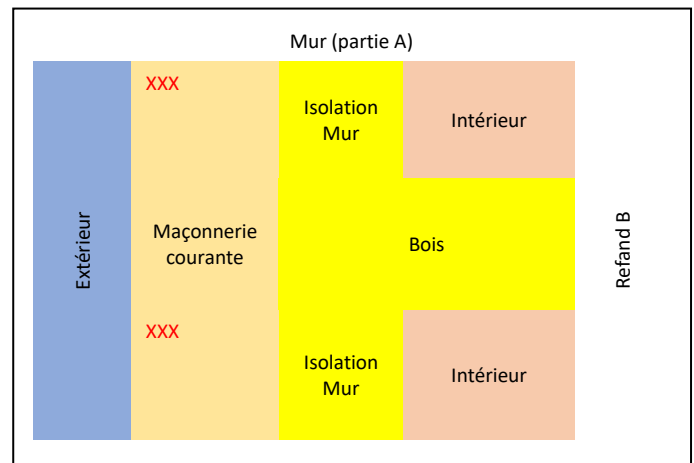
### Données de la géométrie :

Type : mur/Refend, géométrie en T

Donnée	Matériau	Coul.	Cond. (W/m.K)	Epais./Long. (mm)
Mur (part A)	Maçonnerie courante		0.7	200
Refend (part B)	Bois		0.2	200
Couche int. Du T1	Isolant mur		0.04	100

### Résultats :

Psi	Valeur (W/m°C)
Psi linéique	0.19



### Données :

$$e1=0,2\text{m} ; \quad e2=0,1\text{m} ; \quad e3=0,2 ;$$

$$\lambda_1=0,7 \text{ W/m}^2\text{k} ; \quad \lambda_2=0,04\text{W/m}^2\text{k} ; \quad \lambda_3=0,2\text{W/m}^2\text{k} ;$$

Température moyenne intérieure équivalente=15° ;  
 Température extérieure moyenne= 4,5° ;  
 →  $K= 15- 4,5= 10,5$ ;



Longueur du pont :  $L=10\text{m}$  ;  
Hauteur  $H= 8-0,2\text{m}=7,8\text{m}$   
Surface  $A=7,8*10=78\text{m}^2$  ;  
En utilisant le logiciel KaLiBat on trouve  $\Psi=0,19 \text{ W/mk}$

### Solution :

$R1=0,2/0,7=0,29$  ;  $R2=0,1/0,04= 2,5$  ;  $R_{\text{mur isolé}}=2,9 \text{ mk/W}$   
 $W=78*10,5/2,9+0,19*10*10,5=282+20= 302\text{W}$ .  
%perte pont=7%  
 $\text{KWh/an}= 302*5808/1000= 1754\text{KWh}$

### Remarques :

Si on n'utilise pas KaLiBat on peut approcher la valeur du flux thermique s'échappant par le pont thermique en utilisant la formule :

$$W=Sk/R$$

Avec  $S$ = la surface du pont : ici  $A= 10*0,2= 2\text{m}^2$  ;  
 $R$  du pont =  $R$  du mur (0,29) +  $R$  du refend =  $e/\lambda$  3  
avec  $e$ = épaisseur de l'isolant + épaisseur du refend/2= $0,1+0,2/2=0,2\text{m}$ .  
 $W=2*10,5/(0,29+0,2/0,2)=16\text{W}$  ;  
Flux total=  $282+16=298\text{W} \pm 1,2\%$   
 $\text{KWh/an}= 298*5808/1000= 1730\text{KWh}$

Dans un cas réel, le plancher n'est pas plein. Dans ce cas il faut trouver un  $\lambda$  au droit du pont qui est une proportion de poutres en bois et de mur en maçonnerie.

**Isoler par l'intérieur une vieille maison c'est un casse-tête pour les ponts thermiques mais aussi pour le pare-vapeur pour empêcher la condensation dans les poutres encastées dans les murs.**

## 5 Application

« J'ai appliqué ces principes à ma maison. Je voulais m'affranchir du mazout pour des raisons écologiques mais aussi politiques. En 2008 j'ai acheté une vieille maison, pas isolée, trois façades et deux étages située à Turpange. Les murs sont en pierres maçonnées à la terre glaise d'une épaisseur de 61Cm. Le rez-de-chaussée et le 1° étage ont une surface habitable de 48m<sup>2</sup> chacun, le 2° étage est le grenier habitable de 37m<sup>2</sup>. Cette maison a été isolée par l'extérieur avec 18Cm de polystyrène expansé graphité et le toit avec 30Cm de laine de roche. Il y a continuité entre l'isolation du toit et des murs. Le sol du rez-de-chaussée a été isolé avec 10Cm de polyuréthane projeté. La ventilation est assurée par une VMC double-flux.

Pour l'étanchéité à l'air j'ai appliqué les principes décrit au § 2.1.

L'étanchéité extérieure a été réalisée :

- Par la sous toiture du couvreur
- En fermant l'espace entre le toit et les murs extérieurs ;
- En mettant une bande adhésive entre les châssis et les murs extérieurs.

L'étanchéité intérieure est assurée par la pose d'un pare vapeur avec obturation de tous les percements avec une bande adhésive.

Seul un test à l'étanchéité me dira si j'ai bien travaillé. »



Pour déterminer le flux thermique (puissance nécessaire en KW) et la consommation d'énergie annuelle (en KWh) j'ai utilisé la feuille de calcul « isolationThermiqueK.xls » que j'ai trouvée à l'adresse suivante :

[Feuille de calcul](#)

[Méthode de calcul](#)

[Isolation thermique K55](#)

[Calcul du K](#)

### 5.1. Le niveau d'isolation thermique global et premier bilan énergétique (xls)

*Evaluation approchée du niveau de performance énergétique K, complétée de quelques informations relatives aux systèmes de ventilation et à l'étanchéité à l'air, pour faire un premier bilan énergétique "chauffage"*

« Cette méthode simple et approchée s'est avérée suffisamment exacte car ma consommation d'énergie annuelle, depuis dix ans, correspond à celle que j'avais calculée. »

#### 5.1.1 Etape 1

déterminer le volume protégé V.  $V=392 \text{ m}^3$

#### 5.1.2 Etape 2

déterminer la surface de toutes les parois homogènes qui séparent le volume protégé de l'extérieur, du sol, et des voisins et les mettre dans le tableau. Ici le symbole de ces surfaces  $A_j$ . Le tableau fait la somme et donne  $A_t= 361,1\text{m}^2$

#### 5.1.3 Etape 3

calculer le coefficient de transmission thermique  $U_j$  de chaque surface : fenêtres, portes, toit, murs, planchers, murs en contact avec le sol...Et les reporter dans le tableau.

Faire le même travail pour les ponts thermiques.

« Comme l'isolation extérieure est continue avec celle tu toit, les ponts thermiques sont négligeables dans mon cas. »

#### 5.1.4 Etape 4

le tableau calcule le coefficient de transmission thermique moyen du bâtiment :  $U_m=0,3\text{W}/\text{m}^2\text{k}$

#### 5.1.5 Etape 5

le tableau calcule la compacité volumique :  $V_t/A_t = 1,1$

#### 5.1.6 Etape 6

le tableau calcule le niveau K (performance énergétique) du Bâtiment en fonction de la compacité et du coefficient de transmission thermique moyen.  $K=33$

Plus le niveau K est faible, meilleure est l'enveloppe. Le k doit être inférieur à K35 depuis le 1 janvier 2014 en Région Wallonne. Pour une maison dite « passive », le K doit être inférieur à K15. Pour une maison basse énergie le K doit être inférieur à K30.

#### 5.1.7 Etape 7

Bilan énergétique simplifié du bâtiment.

- La feuille de calcul donne les degrés jours de la commune où se trouve le bâtiment.
- La température moyenne intérieure équivalente est calculée en fonction de la  $t^\circ$  intérieure et des réductions pour apport extérieur et coupure de nuit.
- La puissance nécessaire pour chauffer le renouvellement d'air est calculé en fonction de l'étanchéité, de la ventilation et du rendement de la VMC.
- Le bilan des consommations est calculé en fonction de tout ce qui précède et du rendement du système de chauffage.



## ISOLATION : CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR ISOLER SA MAISON

### Calcul du niveau d'isolation thermique globale "K" d'un bâtiment, suivant NBN B62-301

Attention: cette méthode de calcul ne correspond pas à la méthode réglementaire actuelle. Elle présente une approche simplifiée concernant les déperditions par le sol et vers les espaces contigus non chauffés.

Références du bâtiment		Maitre d'ouvrage/Architecte/Auteur du projet				N° de dossier :	
46g Turpange		ESQUISSE				Date : 1 avril 2009	
Parois de la superficie de déperdition thermique		$U_j$ [W/(m².K)]	$A_j$ [m²]	$U_j \cdot A_j$ [W/K]	$\sum U_j \cdot A_j$ [W/K]	$a_j$	$a_j \cdot \sum U_j \cdot A_j$ [W/K]
1.	Fenêtres, tabatières, coupoles et autres parois translucides ( $U_{max}$ 1,8 en RW et 1,1 pour le vitrage)	1,10	14,85	16,3	21,1	1	21,1
		1,20	1,14	1,4			
		1,70	1,98	3,4			
2.	Portes extérieures ( $U_{max}$ 2,0 en RW)	1,10	1,75	1,9	1,9	1	1,9
				0,0			
3.	Murs extérieurs, façades ( $U_{max}$ 0,24)	0,17	115,40	19,0	20,9	1	20,9
		0,14	13,00	1,8			
				0,0			
4.	Toitures (plates, inclinées, ...) ou plafonds supérieurs en-dessous des espaces non-protégés ( $U_{max}$ 0,24)	0,11	83,88	9,2	10,0	1	10,0
		0,16	4,71	0,8			
5.	Planchers au-dessus de l'ambiance extérieure ( $U_{max}$ 0,3)			0,0	0,0	1	0,0
6.	Planchers au-dessus d'espaces voisins non à l'abri du gel (vide sanitaire) ( $U_{max}$ 0,3)			0,0	0,0	1	0,0
7.	Planchers au-dessus d'espaces voisins à l'abri du gel (caves) ( $U_{max}$ 0,3; $R_{min}$ 1,75)			0,0	0,0	0,67	0,0
8.	Planchers sur le sol ( $U_{max}$ 0,3; $R_{min}$ 1,75)	0,24	48,00	11,5	11,5	0,33	3,8
				0,0			
9.	Murs extérieurs en contact avec le sol (murs enterrés), un vide sanitaire ou une cave ( $R_{min}$ 1,5)	2,81	20,70	58,2	58,2	0,67	38,8
				0,0			
10.	Parois en contact avec des espaces voisins non à l'abri du gel ( $U_{max}$ 1)			0,0	0,0	1	0,0
11.	Parois en contact avec des espaces voisins à l'abri du gel ( $U_{max}$ 1)	0,34	27,70	9,4	40,5	0,67	27,0
		0,56	8,00	4,5			
		1,33	20,00	26,6			
				0,0			
12.	TOTAUX (superficie de déperdition)	$A_t = \sum A_j =$	361,1			$\sum a_j \cdot U_j \cdot A_j =$	123,5
PONTS THERMIQUES		$\psi_{ij}$ [W/(m.K)]	$l_j$ [m]	$\psi_{ij} \cdot l_j$ [W/K]	$\sum \psi_{ij} \cdot l_j$ [W/K]		
13.	Suivant les définitions de la NBN 62-002			0,0	0,0		
				0,0			
				0,0			
				0,0			
14.	DEPERDITION THERMIQUE DE LA SUPERFICIE DE DEPERDITION	$\sum a_j \cdot U_j \cdot A_j + \sum \psi_{ij} \cdot l_j =$			123,5		W/K
15.	COEFFICIENT MOYEN DE TRANSMISSION THERMIQUE	$U_m =$			0,3		W/m².K
16.	VOLUME PROTEGE DU BATIMENT	$V =$			392		m³
17.	COMPACITE VOLUMIQUE DU BATIMENT	$V/A_t =$			1,1		m
18.	NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE DU BATIMENT	Si $V/A_t \leq 1$ : $U_m \times 100 = K...$			33		
		Si $1 \leq V/A_t \leq 4$ : $U_m \times 300/(V/A_t + 2) = K...$					
		Si $V/A_t \geq 4$ : $U_m \times 50 = K...$					



## ISOLATION : CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR ISOLER SA MAISON

### Bilan énergétique du bâtiment (en 1ère approximation - bâtiment non climatisé)

**Situation géographique**

Commune

Mesnil-Saint-Blaise  
 Mespelare  
**Messancy**  
 Messelbroek

L'option simplificatrice consiste à considérer que la saison de chauffe est normalisée du 15 septembre au 15 mai, et donc dure 242 jours.

**1**

Température extérieure de base	<b>-10</b>	°C	Une température extérieure hivernale moyenne équivalente est alors déduite des degrés-jours du lieu.
Degrés-Jours du lieu en base 15/15	<b>2379</b>		
Température extérieure hivernale moyenne	<b>5,2</b>	°C	
Durée de la saison de chauffe	<b>242</b>	jours	

**Type de bâtiment**

**2**

Température intérieure moyenne des locaux	<b>20</b>	°C -->	<b>Valeurs moyennes indicatives</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Home/Hôpital</th> <th>Bureaux</th> <th>Habitat</th> <th>Ecole</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>24 °C</td> <td>21 °C</td> <td>20 °C</td> <td>20 °C</td> </tr> <tr> <td>0 K</td> <td>3 K</td> <td>2 K</td> <td>6 K (*)</td> </tr> <tr> <td>3 K</td> <td>4 K</td> <td>3 K</td> <td>3 K</td> </tr> </tbody> </table> (*) congés scolaires compris; si cours du soir, prendre 4,5 K (source : données UREBA)	Home/Hôpital	Bureaux	Habitat	Ecole	24 °C	21 °C	20 °C	20 °C	0 K	3 K	2 K	6 K (*)	3 K	4 K	3 K	3 K
Home/Hôpital	Bureaux	Habitat		Ecole															
24 °C	21 °C	20 °C		20 °C															
0 K	3 K	2 K		6 K (*)															
3 K	4 K	3 K	3 K																
Réduction pour coupure de nuit et de WE	<b>2</b>	K -->																	
Réduction pour apports solaires et internes	<b>3</b>	K -->																	
Température moyenne intérieure équivalente	<b>15</b>	°C																	

**Renouvellement d'air**

**3**

niveau d'étanchéité à l'air	<b>0,1</b>	1/h -->	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>bâtiment passif</th> <th>Moyenne</th> <th>bâtiment ancien</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,03</td> <td>0,17</td> <td>0,30</td> </tr> </tbody> </table> minimum = 0.3 1/h, ou déterminé sur base des règles PEB	bâtiment passif	Moyenne	bâtiment ancien	0,03	0,17	0,30
bâtiment passif	Moyenne	bâtiment ancien							
0,03	0,17	0,30							
ventilation hygiénique	<b>0,3</b>	1/h -->							
Rendement de récupération de chaleur sur la VMC	<b>90</b>	%							

**Bilan des puissances**

**3**

Pertes par ventilation	<b>2</b>	kW -->	$0,34 [Wh/m^3.K] \times \beta [1/h] \times V [m^3] \times (T^{int} - T^{ext} \text{ base}) / 1000$ , (où l'échangeur thermique éventuel est négligé : cas extrême). (pertes par parois + pertes par ventilation) (ne pas prévoir les 27% traditionnels de surpuissance pour la relance si l'air neuf est arrêté durant cette période)
Pertes par parois	<b>4</b>	kW	
Puissance chaudière	<b>5</b>	kW -->	

**Bilan des consommations**

**4**

Rendement d'exploitation de l'inst. de chauffage	<b>0,75</b>	- -->	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Vieille installation</th> <th>Moyenne</th> <th>Nouv. installation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td> <td>0,75</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table>	Vieille installation	Moyenne	Nouv. installation	0,65	0,75	0,85
Vieille installation	Moyenne	Nouv. installation							
0,65	0,75	0,85							

		kWh/an	Pourcentage	Equivalent Fuel ou Gaz	
Toiture	<b>570</b>	kWh/an	<b>5%</b>	<b>57</b>	litres ou m³/an
Murs	<b>4947</b>	kWh/an	<b>46%</b>	<b>495</b>	litres ou m³/an
Vitrages - portes	<b>1313</b>	kWh/an	<b>12%</b>	<b>131</b>	litres ou m³/an
Planchers	<b>219</b>	kWh/an	<b>2%</b>	<b>22</b>	litres ou m³/an
Ventilation	<b>989</b>	kWh/an	<b>9%</b>	<b>99</b>	litres ou m³/an
Pertes exploitation chauffage	<b>2679</b>	kWh/an	<b>25%</b>	<b>268</b>	litres ou m³/an
<b>Total</b>	<b>10718</b>	kWh/an	<b>100%</b>	<b>1072</b>	litres ou m³/an

## 5.1.8 Système de chauffage

Actuellement l'eau chaude sanitaire est chauffée avec un chauffe-eau électrique.

Ma maison es chauffée avec un poêle à bois.

Pouvoir calorifique d'un stère de bois : 1680KWh/stère . soit  $10718/1680=6,38$  stères ; 1 Stère = 0,7 m<sup>3</sup>

Consommation annuelle estimée :  $6,38 \times 0,7 = 4,47 \text{ m}^3$

Surface de plancher chauffé : 133m<sup>2</sup>

Performance énergétique :  $10718/133 = 80 \text{ KWh/an.m}^2$

### [Pouvoir calorifique du bois](#)

En ce qui concerne les poêles à bois, Il existe une base de données permettant de savoir si un poêle est conforme aux exigences réglementaires en matière de mise sur le marché

### [Liste des poêles à bois.](#)

La région wallonne établit également une liste des appareils éligibles à une prime à l'installation, au vu de leur performance

### [Prime à l'installation](#)

## 6 Conclusions

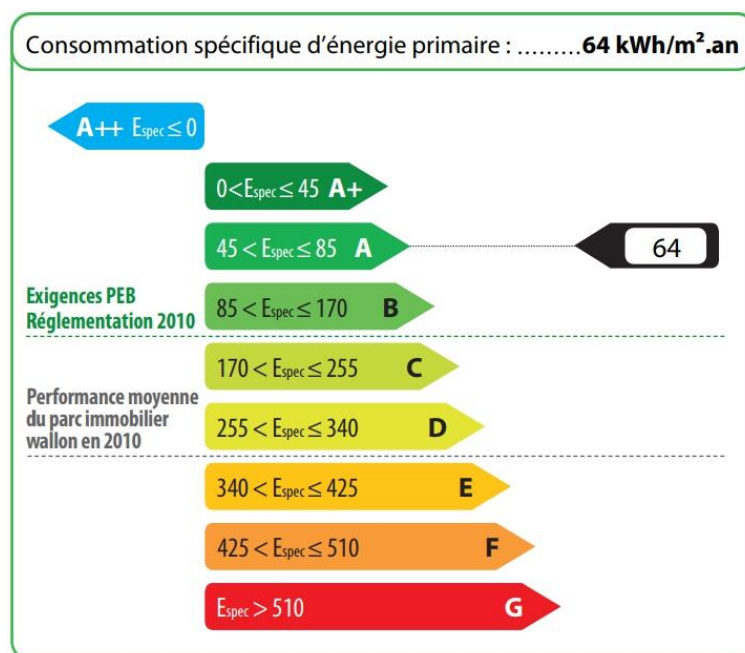
De ce bilan il ressort que les pertes par les murs existants en contact avec le sol représentent 30% de pertes totales. Il faut donc, dans le cas d'une rénovation, isoler fortement le reste de la maison pour limiter la puissance nécessaire à 5KW

Ma consommation historique se situe entre 3 et 4m<sup>3</sup> de bois. Compte-tenu du fait que mon voisin chauffe en permanence sa maison cela me fait économiser 1 M<sup>3</sup> de bois.

Dans mon cas, le bilan simplifié correspond assez bien à la réalité.

Le niveau d'isolement global de ma maison est K=33 (La maison basse énergie à un K de 30). La performance énergétique est de 80 KWh/an.m<sup>2</sup> soit classe A

Mes travaux d'isolation ont permis de faire passer une vieille maison de la classe G à la classe A.



Ce document vous permet donc de faire un premier bilan de votre maison par une approche simplifiée avant de demander un certificat PEB.

### [Certificat PEB](#)



En cas de souhait d'aller plus loin pour un bâtiment d'habitation existant, je recommande de réaliser un audit logement : [audit logement](#)

## 7 Epilogue

En 2021 j'ai fait réaliser un audit énergétique de ma maison dont les conclusions correspondent à ce que j'avais calculé : je suis en classe A : 64 kWh/m<sup>2</sup>.an !

Pour obtenir la classe A+, je dois installer un chauffe-eau solaire et faire un test d'étanchéité à l'air.

**J'ai bien envie d'aller jusqu'au bout, ça fera du bien à la planète !**

Rédacteur : **Pascal GOOSSE** - Tél. : 063751030 ; GSM : 0473920878 ; [pascal.goose@gmail.com](mailto:pascal.goose@gmail.com)