



RÉGION ACADÉMIQUE
GUADELOUPE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

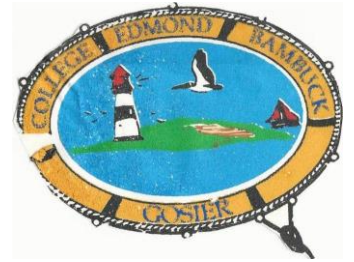


Sciences à l'École



CONCOURS 2024
Collège CGÉNIAL

Collège Edmond BAMBUCK



Encadrement : Laurent ROUQUIER (Physique Chimie), Jérôme CAFABA (SVT)

Résumé

La Guadeloupe bénéficie d'un climat tropical, avec de fortes précipitations. L'eau qui tombe sur les toits peut facilement être récupérée. Le projet « L'eau de là-haut » vise à utiliser cette eau tombée du ciel. Tout d'abord, cette eau est utilisée pour les WC, les douches et les machines à laver pour limiter la consommation en eau, tout en tentant un système de filtration végétal. Puis le surplus trouve une utilisation, pour un système de refroidissement des maisons totalement inédit et innovant, aux résultats étonnants !



Partie 1 : Le bambou à eau

Comment rendre l'eau de pluie utilisable pour une utilisation domestique ?

La première idée qui vient, est bien sûr, d'utiliser l'eau de pluie pour les douches, les WC et la machine à laver. Bien que la loi n'impose pas de traitements spécifiques pour les particuliers, nous avons voulu savoir quels polluants pourraient se retrouver dans notre eau de pluie. Pensant qu'elle se chargerait des polluants de l'air et des éventuels dépôts sur le toit, nous nous sommes rapprochés de Gwad'Air.

GWAD'AIR est l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air en Guadeloupe et à Saint-Martin.



La migration du sable du Sahara. • GWAD'AIR

Ces derniers jours, les seuils d'alerte liés à la pollution de l'air en particules fines ont été plus que dépassés. Entre ciel blanc laiteux et visibilité nulle, ce phénomène devient de plus en plus fréquent et ne fera que continuer avec le temps. Alors, comment s'en protéger ?

Extrait du journal France Antilles du 27 février 2024, qui explique le phénomène des brumes de sable

Notre archipel reçoit des brumes de sable du Sahara. Les toits vont également recevoir des particules de la route et des particules issues du jardinage. Ces particules se retrouvent également sur les voitures, en grande quantité. Nous avons donc décidé de les récupérer...sur la voiture de notre professeur !



Récupération des particules sur une voiture



L'eau bien plus sale que l'eau de toit, nous permettra de bien voir l'efficacité de la filtration.

1- La « flûte de pan » filtrante

Le bambou est utilisé pour remplacer les stations d'épuration. Nous avons pensé qu'il pourrait filtrer notre eau de pluie...d'autant qu'il y en a beaucoup juste derrière notre collège. Le bambou a une croissance très rapide et est un excellent fixateur de CO₂, ce qui lui confère un intérêt écologique certain. C'est cependant une plante envahissante, qu'il faut régulièrement entretenir : utiliser ses tiges aurait donc un double avantage.



C'est parti pour la récolte du bambou !

Nous avons essayé de mettre au point un filtre en bambou. Pour la première idée, nous nous demandions si la tige de bambou, pourrait filtrer l'eau. Nous aurions alors fait couler l'eau du toit dans une sorte de flûte de pan géante, en récupérant l'eau filtrée dessous : système écologique et esthétique !

Très enthousiastes, nous avons fait un premier modèle, avec un bambou dont une partie avait été enlevée pour observer ce qu'il se passe à l'intérieur et nous y avons versé une eau très sale.



Nous étions tout excités en voyant les fibres de l'intérieur du bambou commencer à s'humidifier, sous le nœud qui retenait l'eau sale. Malheureusement, la filtration s'est arrêtée là et aucune eau n'est sortie en bas !

Notre eau était-elle vraiment trop sale et avait saturé les pores ? La quantité d'eau était-elle suffisante ?

Nous avons alors testé la porosité du bambou, avec de l'eau propre et des nombres de nœuds différents. En versant la même quantité d'eau, au départ, nous venons chaque jour mesurer le niveau.



Toujours pas une seule goutte d'eau n'est arrivée jusqu'en bas, et le niveau de l'eau, en haut, restait désespérément stable ! Les nœuds semblent trop épais. Les fibres des bords s'imbibent mais ne restituent pas l'eau !



Dernier essai en mettant l'eau sous pression (deuxième nœud percé) : toujours aucune goutte récoltée en bas !

Conclusion : Notre système en jolie flûte de pan est un échec !

2- Le rhizome filtrant

Dans la bamboueraie station d'épuration, ce sont les rhizomes du bambou qui jouent un grand rôle. Nous avons tenté de voir s'ils rendraient notre eau plus propre.



Conclusion : l'eau ressort encore plus sale !

3- La filtration à trois compartiments

Protocole

- Faire décanter l'eau récoltée sur la voiture pour éliminer les plus grosses particules.
- Filtrer l'eau récupérée au-dessus et la filtrer avec des fibres de bambou.
- Fabriquer du charbon actif de bambou pour assainir l'eau filtrée.



Fabrication du charbon puis activation grâce à trois méthodes différentes : avec du carbonate de calcium, avec de la javel et avec du jus de citron.



Décantation de l'eau à filtrer



Récupération de fibres de bambou avec un rabot



Filtration de l'eau dans un bambou percé, rempli de copeau de bambou

Conclusion : Pour l'instant, notre eau, bien que d'apparence propre, est teintée par le bambou. Nous continuons à chercher des solutions...

Partie 2 : Eau-to suffisance ?

Quelle est la quantité d'eau nécessaire pour subvenir aux besoins d'un foyer de 4 personnes ?

Nous nous sommes demandé si la surface de nos toits serait suffisante pour nous fournir suffisamment d'eau pour nos usages du quotidien sachant que la consommation nationale moyenne est de $12,5\text{m}^3$ pour un foyer de 4 personnes.
Nous avons donc mis à contribution l'ensemble de notre équipe pour mesurer leur consommation.

Protocole :

- Notre tableau de relevé se distinguait en deux parties : la douche (quantité variable) et les autres pôles de consommation (quantité fixe par utilisation).
- Pour évaluer la quantité d'eau utilisée lors **d'une douche**, nous avons proposé 2 méthodes :
 - A l'aide du compteur d'eau :
 - Effectuer un relevé de compteur.
 - Chronométrer notre douche.
 - Relever le compteur.
 - A l'aide d'une bouteille d'eau :
 - Chronométrer le temps de remplissage d'une bouteille d'eau de 1,5L.

Par la suite, dans les 2 cas :

- Estimer la quantité d'eau par minute.
 - Chronométrer les douches.
 - Calculer le volume d'eau utilisé par douche.
- Pour **les pôles « fixes »** chacun devait compter le nombre d'utilisation. Pour les consommations communes au foyer (lave-vaisselle, lave-linge) nous avons divisé par le nombre de personnes dans le foyer.



Angie et Emma expliquant le protocole de mesure de la consommation d'eau au sein de nos foyers.

Résultats : Consommation d'eau au sein de nos foyers

	douche	toilettes	lave-linge	lave-vaisselle	Total
Moyenne/semaine/ pers. (en L)	341,7	204,3	42,2	28,5	616,6
Moyenne/mois pour 4 personnes (L)	5939,3	3550,7	732,9	494,8	10717,8

Selon nos mesures, la consommation moyenne pour un foyer de 4 personnes en Guadeloupe est de 10,7m³ (légèrement inférieure à la moyenne nationale).

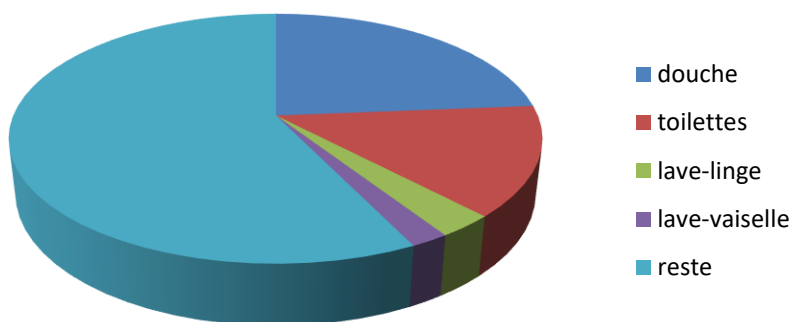
Quelle surface de toits serait nécessaire pour subvenir à nos besoins ?

Compte tenu des précipitations annuelles en Guadeloupe (de 1 000mm à plus de 4 000 mm) et d'environ 2 000 mm au Gosier, soit 167 mm par mois, nous avons donc calculé la surface de toits nécessaire pour nous alimenter en eau.

	douche	toilettes	lave-linge	lave-vaisselle	total
Moyenne/mois pour 4 pers.	5939,3	3550,7	732,9	494,8	10717,8
Surface de toit nécessaire (en m ²)	35,6	21,3	4,4	3,0	64,2

Il nous faudrait donc 64 m² de toits pour combler notre besoin en eau. Or la moyenne de la surface de toit en Guadeloupe est de 150m² !!!!

Surface de toit utile par pôle de consommation



Conclusion:

Grâce à notre forte pluviométrie, la surface de nos toits seraient amplement suffisante pour récupérer assez d'eau de pluie pour être autonome.

Il nous resterait même près de 15 m³ inexploités.

Pourrions-nous utiliser cette eau non utilisée afin de rafraîchir nos maisons ?

Partie 3 : Fraîcheur de pluie

Quel bonheur de sentir la fraîcheur apportée par les premières gouttes de pluies qui tombent sur les tôles, cette même sensation que nous procure un brumisateuseur ou encore la sortie de la douche.

Pourrions-nous utiliser l'eau de pluie pour climatiser nos maisons tout en ne consommant pas de ressources ?

- A. Mise en évidence du phénomène.
- B. Construction de nos maquettes.
- C. Premier test : notre dispositif sur tôle blanche.
- D. Comparaison de nos performances sur tôles blanches et tôles foncées.
- E. Comparaison des performances de notre dispositif avec celle d'une isolation.
- F. Performances de notre dispositif combiné à une isolation.



A. L'évaporation de l'eau permet-elle de refroidir l'air ?

Il est de coutume en Guadeloupe d'emballer nos bouteilles d'eau d'un chiffon mouillée afin de conserver leur contenu au frais.

Cette technique marcherait-elle avec de l'air ?

Nous avons donc décidé de le vérifier.

Protocole :

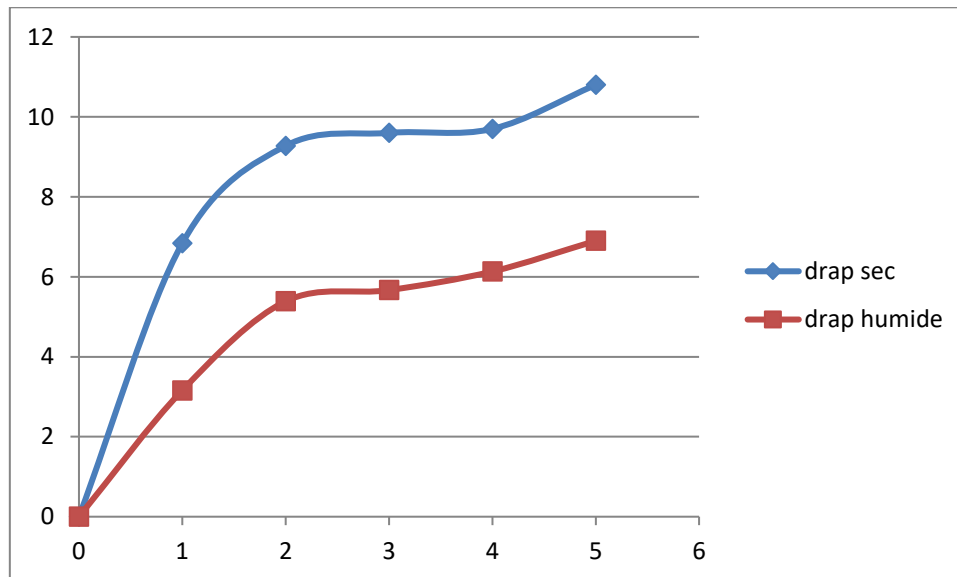
Pour savoir si l'évaporation de l'eau permettait de refroidir l'air contenu dans une bouteille, nous avons disposé 2 bouteilles vides, dans lesquelles nous avons introduit un thermomètre, entourées d'un chiffon dont l'un était mouillé toutes les heures.

Nous avons relevé la température à chaque heure et ce pendant 10 jours.



Résultats : Température de l'air contenue dans les bouteilles d'eau
(Résultats exprimés en variation de température en °C)

	t=0h	t=1h	t=2h	t=3h	t=4h	t=5h
Bouteille avec drap sec	0	+6,8	+9,3	+9,6	+9,7	+10,8
Bouteille avec drap humide	0	+3,2	+5,4	+5,7	+6,1	+6,9



Nous pouvons constater que l'air contenu dans les 2 bouteilles a vu sa température augmenter. Cependant l'air contenu dans la bouteille entourée du drap mouillée a eu une augmentation de température inférieure de près de 4°C.

Conclusion:

Nous avons donc montré qu'un linge mouillé permet de maintenir l'air, contenu dans une bouteille, au frais de près de 4°C de moins.

Pourrions-nous utiliser ce phénomène pour climatiser nos maisons ?

B. Construction de nos maquettes



Et tout ça sans perdre
un seul doigt !!!!

C. Notre dispositif permettrait-il de refroidir une maison ?

Nous avons voulu tester notre dispositif de rafraîchissement sur nos maquettes. Nous avons fait le choix d'effectuer notre première série de test sur des maquettes avec des tôles blanches. Cette couleur de tôle semble la plus adéquat pour éviter que notre toit n'absorbe trop l'énergie lumineuse reçue.

Protocole :

Nous avons donc placés 2 maquettes de maison surplombée d'une tôle blanche dans lesquelles nous avons placés 2 thermomètres (1 en bas de la maquette : le rez-de chaussé, et l'autre en haut de la maquette : l'étage).

L'une des 2 maisons était équipé de notre dispositif.

Nous avons relevé la température à chaque heure.

Ces mesures ont été effectuées en après-midi.

Nous avons aussi mesuré la température des tôles à l'aide d'un thermomètre à infrarouge.

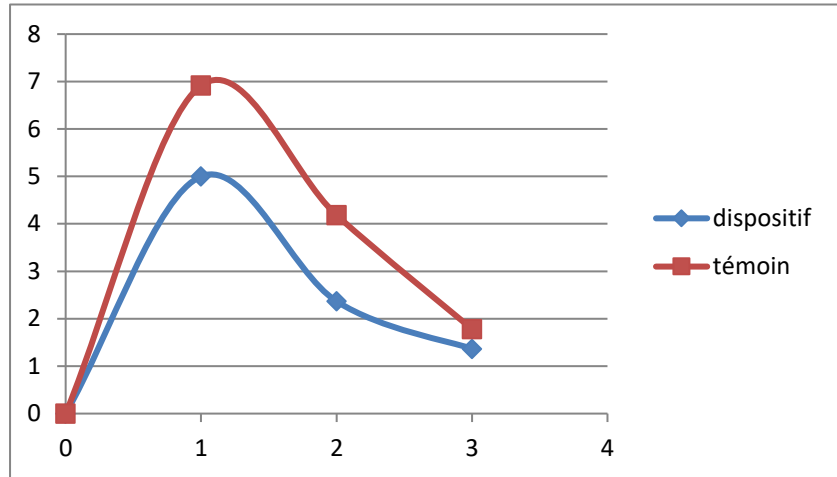


1. Température de la tôle.

Résultats : Variation de la température des tôles (en °C)

	0	1	2	3
dispositif	0	+5	+2,4	+1,4
témoin	0	+6,9	+4,2	+1,8

On peut constater que quelque soit l'heure de mesure (même en d'après-midi), la tôle blanche témoin chauffe jusqu'à 2°C de plus que celle disposant de notre système de refroidissement.

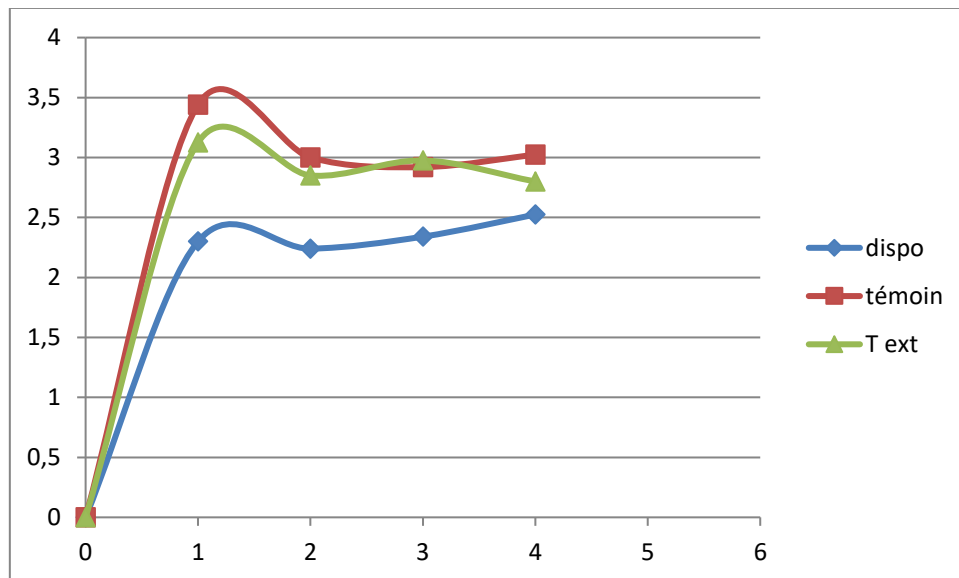


fin

2. Température du « rez de chaussé »

Résultats : Variation de la température du « rez de chaussé » (en °C)

	0	1	2	3	4
dispositif	0	+2,3	+2,04	+2,34	+2,525
témoin	0	+3,44	+3	+2,92	+3,025
T°ext	0	+3,125	+2,85	+2,975	+2,8

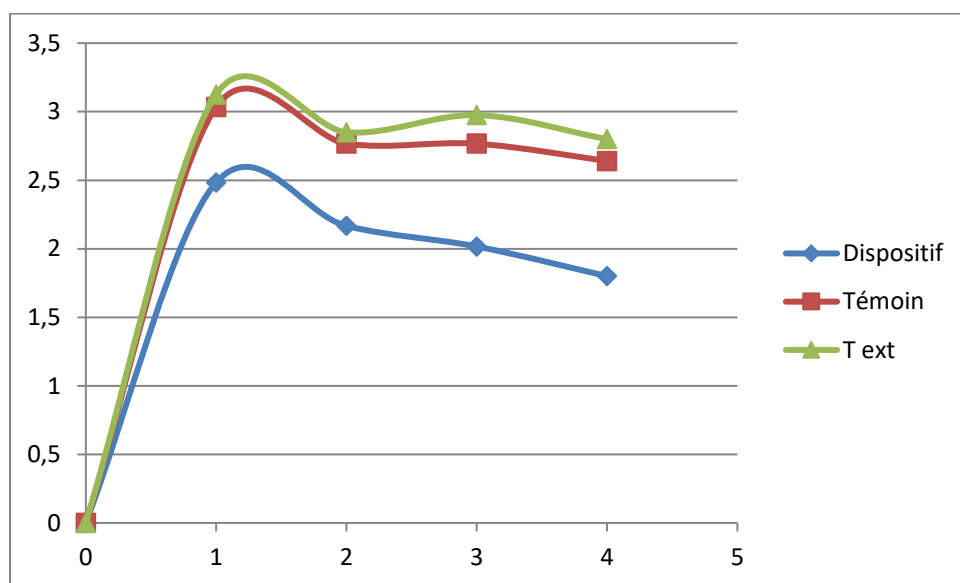


On peut constater que notre dispositif permet de conserver une température au rez-de chaussé inférieure de près de 1°C alors que sans notre dispositif, l'intérieur de la maison chauffe malgré la couleur blanche de la tôle.

3. Température de l'étage

Résultats : Résultats : Variation de la température « à l'étage » (en °C)

	0	1	2	3	4
dispositif	0	+2,5	+2,2	+2,0	+1,8
témoin	0	+3,0	+2,8	+2,8	+2,6
T° ext	0	+3,1	+2,9	+3,0	+2,8



On constate que la température sous tôle suit la même tendance que la température au rez de chaussé.

Conclusion:

Notre dispositif permet donc de refroidir de manière significative la tôle blanche (jusqu'à 2°C). Il nous permet d'obtenir une température à l'intérieur de notre maquette inférieure à la température extérieure de près de 1°C à n'importe quel niveau de la maison.

Empêcher la masse d'air sous les toits, de chauffer, nous permet de conserver la fraîcheur dans la maison alors qu'une climatisation traditionnelle doit sans cesse refroidir l'air au niveau du sol celui-ci étant chauffé par l'air chaud en haut de la pièce.

D. Notre dispositif permettrait-il de refroidir, aussi bien, une maison avec une tôle foncée ?

Depuis quelques années, de nombreux guadeloupéens optent pour une toiture gris foncé pour des raisons esthétiques et d'entretien sans, malheureusement, tenir compte de l'impact écologique de ce choix.

Nous avons donc voulu savoir si notre dispositif serait aussi performant sur ces tôles foncées.

Protocole :

Nous avons placés 4 maquettes de maison : 2 avec une tôle blanche et 2 avec une tôle grise.

Pour chaque couleur, une maison était équipée de notre système de climatisation.

Nous avons relevé la température à chaque heure.

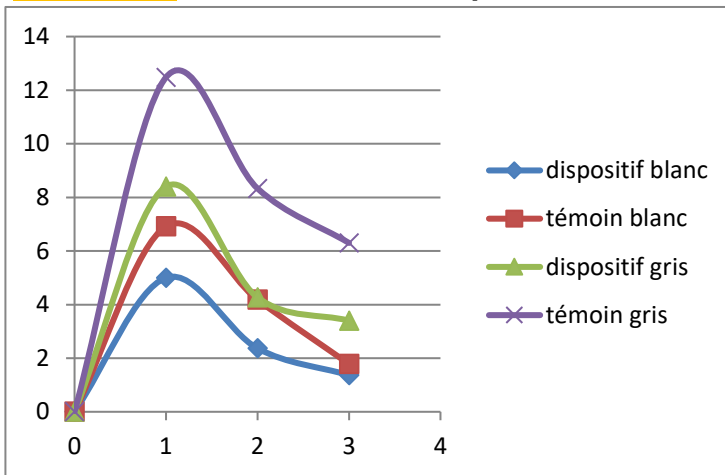
Ces mesures ont été effectuées en après-midi.

Nous avons aussi mesuré la température des tôles à l'aide d'un thermomètre à infrarouge.



1. Température de la tôle.

Résultats : Variation de la température des tôles (en °C)



On observe que la tôle grise sans dispositif chauffe beaucoup plus que la tôle blanche non équipée.

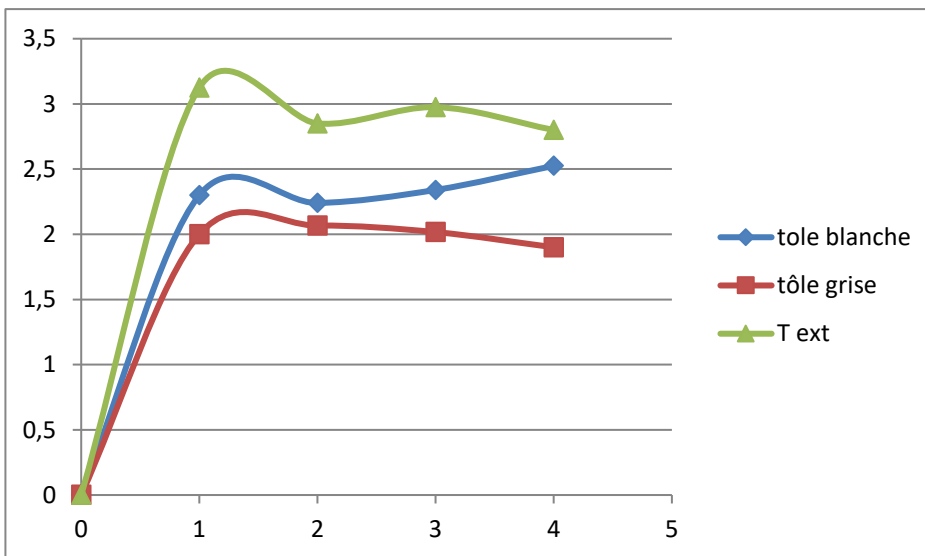
La tôle grise avec notre dispositif reste plus chaude que la tôle blanche non équipée.

L'écart de température est plus important lorsque la tôle est foncée.

2. Température dans les maison

Résultats : Variation de la température à l'intérieur des maisons (en °C)

	0	1	2	3	4
tôle blanche	0	+2,3	+2,2	+2,3	+2,5
tôle grise	0	+2,0	+2,1	+2,0	+1,9
T ext	0	+3,1	+2,9	+3,0	+2,8



On observe que la température à l'intérieure de la maison avec le toit foncé est plus fraîche que celle avec le toit clair.

Conclusion:

Notre dispositif se montre donc plus performant sur tôle foncée que sur tôle blanche. L'évaporation de l'eau étant plus importante, due à la plus grande quantité de chaleur absorbée, permet de refroidir d'autant plus l'intérieur de la maison.

E. Notre dispositif est-il aussi performant qu'une isolation classique ?

L'isolation : maître mot de la rénovation énergétique.

S'il est vrai qu'elle permet de ralentir l'augmentation de la température à l'intérieur d'une maison, il est aussi vrai que la chaleur se retrouve prisonnière et notre maison met un certain temps à se refroidir lorsque la nuit tombe.

Nous avons voulu comparer les performances de notre climatisation avec celles d'une isolation à la laine de verre.

Protocole :

Nous avons placés 3 maquettes de maison avec des tôles noires:

- Notre témoin (pas d'isolation, pas de dispositif).
- Une maison isolée avec de la laine de verre.
- Une maison surmontée de notre système de climatisation.

Comme précédemment nous avons effectué des relevés de température toutes les heures.

Ces mesures ont été effectuées le matin (de 7h à 12h).

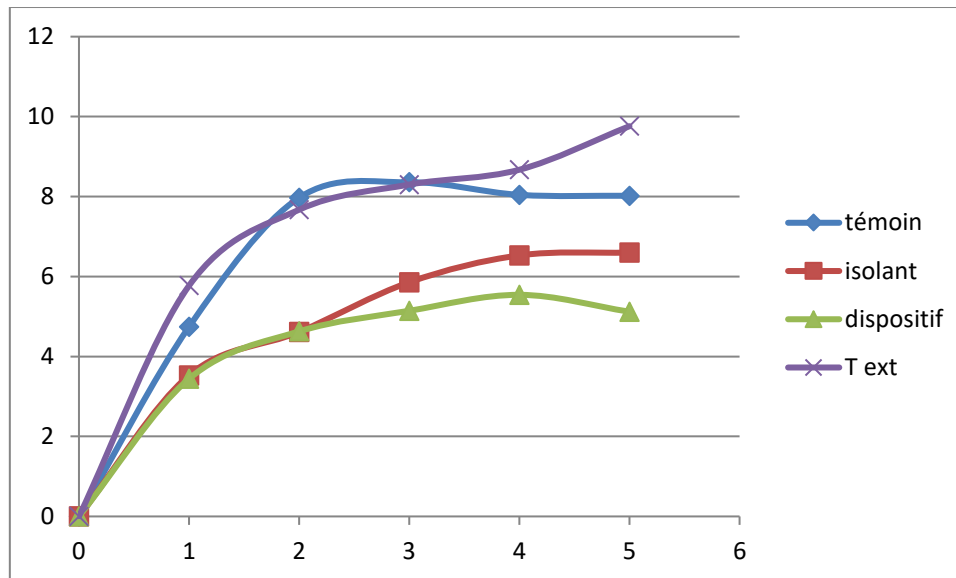
Visite de M. LE HIR de l'entreprise **IDEX**, notre partenaire, qui nous a permis de mieux comprendre le principe des climatisations.



Résultats : Variation de la température à l'intérieur des maisons (en °C)

	t=0h	t=1h	t=2h	t=3h	t=4h	t=5h
témoin	0	+4,7	+8,0	+8,4	+8,0	+8,0
isolant	0	+3,5	+4,6	+5,9	+6,5	+6,6
dispositif	0	+3,4	+4,6	+5,1	+5,5	+5,1

	t=0h	t=1h	t=2h	t=3h	t=4h	t=5h
T ext	0,0	+5,8	+7,7	+8,3	+8,7	+9,8



On observe que notre dispositif a les mêmes performances que l'isolation (qui demeure inférieure à la maison témoin) sur les 2 premières heures.

Au-delà, la maison isolée continue de chauffer alors que notre dispositif continue de rafraîchir la maison qui devient plus fraîche.

Conclusion:

Notre dispositif obtient des performances supérieures à celles d'une maison isolée.

De plus, ces mesures ayant été effectuées le matin, on constate que nos performances sont supérieures à celles effectuées en fin de journée.

Plus il y a de soleil, plus il fait chaud, plus l'Eau de là-eau rafraîchi votre maison !!!!!

F. Quelles seraient les performances de notre dispositif combiné à une isolation classique ?

L'isolation permettant de ralentir la diffusion de la chaleur et notre dispositif ayant pour effet d'empêcher la tôle de chauffer, nous nous sommes demandé quelles seraient les performances de ces 2 techniques combinées.

Protocole :

Nous avons placés 3 maquettes de maison avec des tôles noires:

- Une maison isolée avec de la laine de verre.
- Une maison surmontée de notre système de climatisation.
- Une maison combinant l'isolation et notre système.

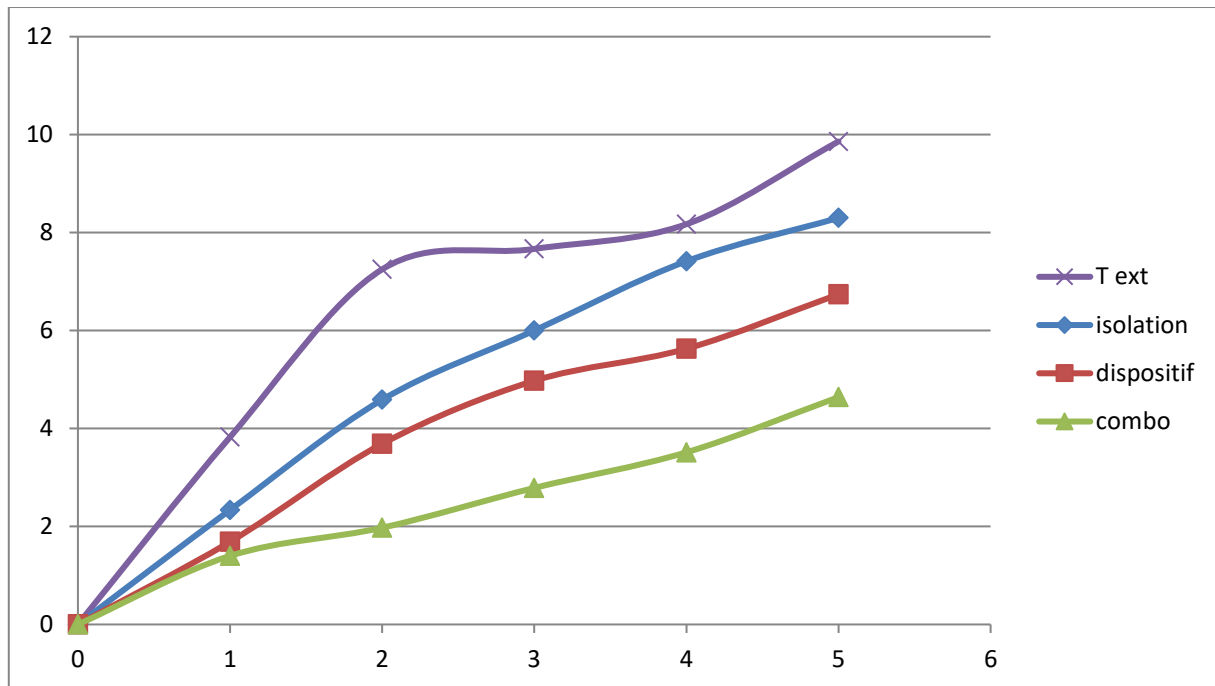
Comme précédemment nous avons effectué des relevés de température toutes les heures. Ces mesures ont été effectuées le matin (de 7h à 12h).



Résultats : Variation de la température à l'intérieur des maisons (en °C)

	t=0h	t= 1h	t= 2h	t= 3h	t= 4h	t= 5h
isolation	+0,0	+2,3	+4,6	+6,0	+7,4	+8,3
dispositif	+0,0	+1,7	+3,7	+5,0	+5,6	+6,7
combo	+0,0	+1,4	+2,0	+2,8	+3,5	+4,6

	t=0h	t= 1h	t= 2h	t= 3h	t= 4h	t= 5h
T ext	+0,0	+3,8	+7,3	+7,7	+8,2	+9,9



On constate que la combinaison de notre système de climatisation et d'une isolation classique permet d'augmenter encore les performances et obtenir une température à l'intérieur de notre maison jusqu'à 6°C en dessous de la température extérieure.

Conclusion:

Nos résultats vont au-delà de nos espérances !!!!!!!

L'isolation reste un élément important dans le cadre de la rénovation énergétique des bâtiments mais combinée à notre système de climatisation cela permet de garder la fraîcheur matinale et obtenir une température à l'intérieur de la maison de **6°C** en-dessous de la température extérieure et ce **SANS UTILISER AUCUNE RESSOURCE.**

Conclusion :

Grâce à nos précipitations abondantes, il nous serait donc facile de rendre nos foyers autonomes en eau. Surtout pour les pôles de consommation n'ayant pas besoin d'une excellente qualité d'eau et qui sont les plus gros consommateurs.

En moyenne, les 15 m³ mensuels qui nous restent pourront donc être utilisés pour refroidir la maison.

Pour cela, il nous suffirait de disposer une pompe alimentée par un panneau solaire qui permettrait de faire monter l'eau de nos cuves de récupération.

L'eau s'écoulant serait ainsi récupérée et renvoyée dans nos cuves (enterrées ou placées à l'ombre) pour se refroidir avant d'être réinjecté sur le toit ou dans notre domicile.

Notre système permettrait ainsi de préserver la fraîcheur et ce, sur l'ensemble de la maison (y compris sous les toits).

Imaginez la quantité d'énergie économisée si nos climatiseurs le soir avaient 6°C de moins à rafraîchir !!!! Et tout ça sans aucune émission de gaz à effet de serre.

Face à la hausse des températures, nous avons donc trouvé une solution écologique et à moindre coût pour préserver nos ressources et notre confort de vie.

Quant à notre bambou, s'il ne parvient pas à nettoyer notre eau, nous ne manquerons pas de tester son efficacité pour isoler les toitures !

Quand il fait beau, quand il fait chaud, utilisez



Et ça ne coule pas de source.

