

*Il est conseillé de traiter chacun des exercices (indépendants)  
 L'exercice IV est à rédiger sur une copie séparée*

**Exercice I : Durabilité**

1- D'où provient l'hydrogène sulfuré présent dans les réseaux d'assainissement ?

2- Une équipe de chercheurs travaille sur la bio-précipitation des carbonates de calcium. Les différentes expériences menées sont résumées dans le tableau 2 et les résultats sont donnés dans la figure 1. NB : OD (optical density) correspond à la concentration en microorganismes.

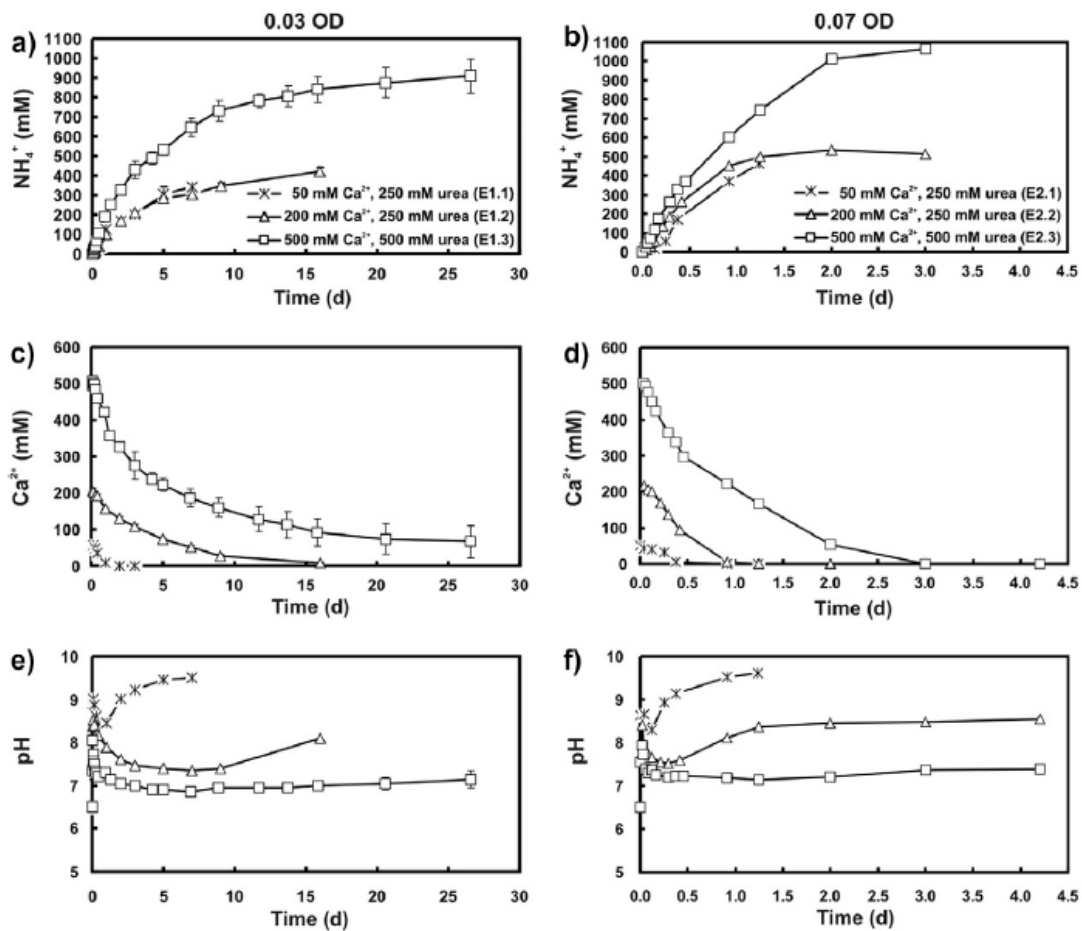


Fig. 1. Time series showing changes in NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (a and b), Ca<sup>2+</sup> (c and d), and pH (e and f) for oxalic acid (AGW) experiments supplemented with a range of Ca<sup>2+</sup> (50, 200, and 500 mM) and urea concentrations (250 and 500 mM) and an optical density (OD) of *S. pasteurii* of 0.03 (a, c, and e) and 0.07 (b, d, and f). Each data point represents the average of triplicate experiments with associated standard deviation (σ = 1, shown as error bars).

Table 2

Summary of tested experimental conditions. AGW = artificial groundwater and NGW = natural groundwater.

Run	Mixture	Ca <sup>2+</sup> /Urea (mM)
<i>Oxic experiments</i>		
E1.1	AGW + 0.03 OD <i>S. pasteurii</i>	50/250
E1.2	AGW + 0.03 OD <i>S. pasteurii</i>	200/250
E1.3	AGW + 0.03 OD <i>S. pasteurii</i>	500/500
E2.1	AGW + 0.07 OD <i>S. pasteurii</i>	50/250
E2.2	AGW + 0.07 OD <i>S. pasteurii</i>	200/250
E2.3	AGW + 0.07 OD <i>S. pasteurii</i>	500/500

2-1- Pourquoi suivent-ils la concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup> ?

2- 2 - D'après la figure 1 quels sont les facteurs influençant la bio-précipitation ? Et comment influencent-ils la bio-précipitation ?

3. En quoi l'humidité affecte le comportement d'un bâtiment et pourquoi ?

4. Concernant la corrosion des armatures en acier (dans le béton) par carbonatation, cela se produit plutôt à faible, moyenne ou forte humidité relative ? (justifier votre réponse)

5. Comment positionnez-vous l'électricité d'origine nucléaire dans le contexte du développement durable ?

## **Exercice II : Isolation thermique**

### **Questions 1 : Produits pour l'isolation**

#### **1.1 Epaisseur requise par les réglementations**

La situation considérée est la construction d'une maison individuelle rez de chaussée + combles aménagés en zone climatique H1b (Nancy).

A l'aide des trois certificats ACERMI de matériaux joints (chanvre et lin, laine de verre et mousse polyuréthane) déduire ou calculer l'épaisseur requise pour chacun des trois produits pour l'isolation en toiture qui nécessite une résistance thermique minimale  $R \geq 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

#### **1.2 Comparaison avec le Passivhaus allemand**

Calculer l'énergie perdue par la toiture précédente qui développe une surface totale de  $100 \text{ m}^2$  durant une année (assimilée à 200 jours de chauffage avec un gradient moyen de température de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Comparer avec la même toiture respectant le niveau Passivhaus Allemand ( $R = 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) et commenter.

### **Questions 2 : influence des macropores dans les super-isolants à pression atmosphérique**

La conductivité d'un aérogel de silice dont la taille de pores moyenne est de  $10 \text{ nm}$  est mesurée dans une enceinte à pression variable. A température ambiante ( $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ) et très basse pression ( $0.01 \text{ Pa}$ ) sa conductivité est de  $10 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

## 2.1 Prévoir sa conductivité thermique

Expliquer et calculer la conductivité thermique à température et pression ambiantes.

Rappels :  $\lambda_{cg} = \frac{\lambda_{cg0}}{1 + C \frac{T}{\phi.P}}$  avec  $\lambda_{cg0} = 25 \text{ mW}/(\text{m.K})$  et  $C = 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ m.Pa/K}$

## 2.2 Conductivité modifiée par la présence de macropores

La fabrication industrielle de cet aérogel a pour conséquence la dégradation de la distribution de taille de pores. La porosité effective se trouve être 80 % de mésopores de diamètre 10 nm et 20 % de macropores de diamètre 1  $\mu\text{m}$ .

Quelle est la conductivité du matériau industriel à température et pression ambiantes (une simple loi de mélange peut être utilisée).

## Question 3 : Diagnostic de performance énergétique et rénovation

On considère une maison rectangulaire compacte moyenne d'un seul niveau, sur terre plein, en combles non aménagés, construite avant 1973 en zone H2 et rénovée en 1992, chauffage central au gaz, de dimensions :

- Façades : 12.5 m
- Pignons : 8.0 m
- Hauteur d'étage : 2.69 m

Maison avant 1973 rénovée en 1992		Isolation				Paroi
	Remarques	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Nature	Epaisseur (mm)	Conductivité (mW/(m.K))	Coef. transmission thermique U (W/(m <sup>2</sup> .K))
Toiture	Combles non aménagés		Laine de verre ancienne 1992	80	40	
Murs	Blocs maçonnés		Non isolés			2.5
Fenêtres	6 : surface totale = 10 m <sup>2</sup>	10	Double vitrage 1992			3
Plancher	Béton sur terre plein					2

## 3.1 - Diagnostic

En faisant les hypothèses suivantes, a) déterminer les classements de consommation énergétique et d'émission de gaz à effet de serre.

- L'épaisseur des murs est négligée
- Les ponts thermiques sont négligés

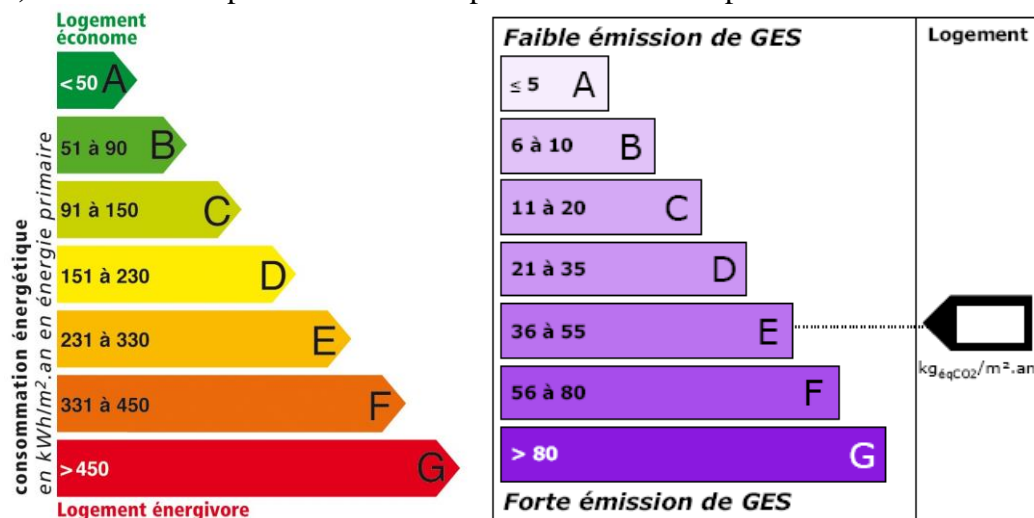
- Saison de chauffage (à 20 °C intérieur) : 200 j/an avec température extérieure moyenne = 10 °C
- Chaudière gaz de 1992
  - Eau chaude sanitaire (ECS)
  - Chauffage
  - Rendement énergétique de l'installation = 0.635
- Consommations pour l' eau chaude sanitaire (besoins / rendement global) : 3840 kWh/an
- Consommation énergétique = chauffage + ECS

Renseignements complémentaires :

- La consommation en énergie s'exprime en énergie primaire par m<sup>2</sup> habitable (kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an))
- Pour le gaz :
  - kWh<sub>ep</sub> = kWh
  - Emission : 234 gCO<sub>2</sub>/kWh

Conseil : commencer par établir les besoins annuels de chauffage

b) Commenter le poids relatif des déperditions selon les parois



### 3.2 Rénovation

On se propose de procéder à une rénovation de la maison afin de diminuer sa facture énergétique. Les propriétaires ne disposent que de 6000 €. On va comparer deux solutions :

- 1) Remplacement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation qui porterait le rendement de l'installation à 0.794 ; Prix fourni posé : 6000 €
- 2) L'isolation des deux murs de façade, qui cumule 6 m<sup>2</sup> de fenêtre, par un doublage PSE performant (100 mm PSE de conductivité 30 mW/(m.K)+ 10 mm plaque de plâtre) ; prix fourni posé : 100 €/m<sup>2</sup>

- a) Quels sont les impacts sur les classements énergie et GES ?
- b) Calculer le retour sur investissement des deux solutions (sans actualisation et paiement comptant).

Renseignements nécessaires :

- Abonnement annuel gaz : 233.76 €
- Prix du gaz : 0.052 €/KWh

### **Exercice III : Analyse de cycle de vie**

1. Quelles sont les 4 étapes obligatoires d'une ACV ?
2. Quels sont les deux principes de l'approche ACV ?

### **Exercice IV : Matériaux bio-sourcés**

1. Qu'est-ce qu'un matériau partiellement biosourcé ?
2. Expliquez en quelques mots, en quoi consiste le label bâtiment biosourcé du 19 décembre 2012 ?
3. Une maison individuelle construite en Charente Maritime incorpore 40Kg/m<sup>2</sup> de surface de plancher en bois épicea, le reste des composants de cette habitation est en maçonnerie classique (matériaux cimentaires...). Argumentez si cette maison répond ou pas au label bâtiment biosourcés ?
4. Dans un projet de construction BBC, et pour des raisons d'isolation intérieure, deux types d'isolants sont proposés pour le maître d'œuvre : un isolant en bottes de paille et un isolant en laine de roche.
  - i) Présenter la différence entre ces deux isolants afin d'aider le maître d'œuvre dans son choix ?
  - ii) Quelles sont les précautions à prendre dans le cas du choix de l'isolant en bottes de paille?