

**ANALYSE DE LA
PERFORMANCE DU
CONDENSEUR DE VAPEUR A
LIT POREUX DE GRANITE :
*EXPERIMENTATION ET
SIMULATION***

Présenté par

**ANDRIANANTENAINA Marcelin
Hajamalala^{1*}**

**Doctorant à l'UNIVERSITE DE
FIANARANTSOA**

***Correspondance, courriel :
hajamalalaa@yahoo.fr**

**Co-auteurs: Pr Bertin RAMAMONJISOA¹ et
Pr Belkacem ZEGHMATI²**

¹Laboratoire de Physique Appliquée de l'Université de Fianarantsoa - Madagascar.

² Laboratoire de Mathématiques Et Physique des Systèmes-Groupes de Mécanique-Énergétique Université de Perpignan Via Domitia – France.

1. INTRODUCTION

2. MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1-Analyse expérimentale

2.2-Formulation mathématique

3. RESULTATS

3.1 Influence du diamètre équivalent de la pièce du granite

3.2 Influence de la hauteur du garnissage

3.3 Influence de la durée de l'opération

3.4 Influence du débit de la vapeur à condenser

4. DISCUSSION

5. CONCLUSION

6. REFERENCES

INTRODUCTION

L'utilisation du granite comme garnissage dans le condenseur est un bon choix pour étudier le condenseur de vapeur à lit poreux de granite qui n'altère pas la qualité du produit dans le but d'améliorer la distillation simple voire la colonne de rectification.

Dans cette étude, nous allons analyser la performance du condenseur ainsi conçu. Le système est uniquement constitué par un bouilleur et un condenseur. Mais, on doit avoir besoin un deuxième condenseur pour la condensation totale de la vapeur dans le cas où le débit de la vapeur serait élevé.

Dans ce travail, nous présentons une étude théorique adoptant une méthode semi-empirique basée sur le bilan thermique, massique au niveau de la vapeur et surtout au niveau du lit de granite. Cette étude sera associée à une étude expérimentale de la distillation de l'eau. Des comparaisons des résultats seront faites pour valider les résultats théoriques et expérimentaux.

MATERIEL ET METHODES

Dispositif expérimental

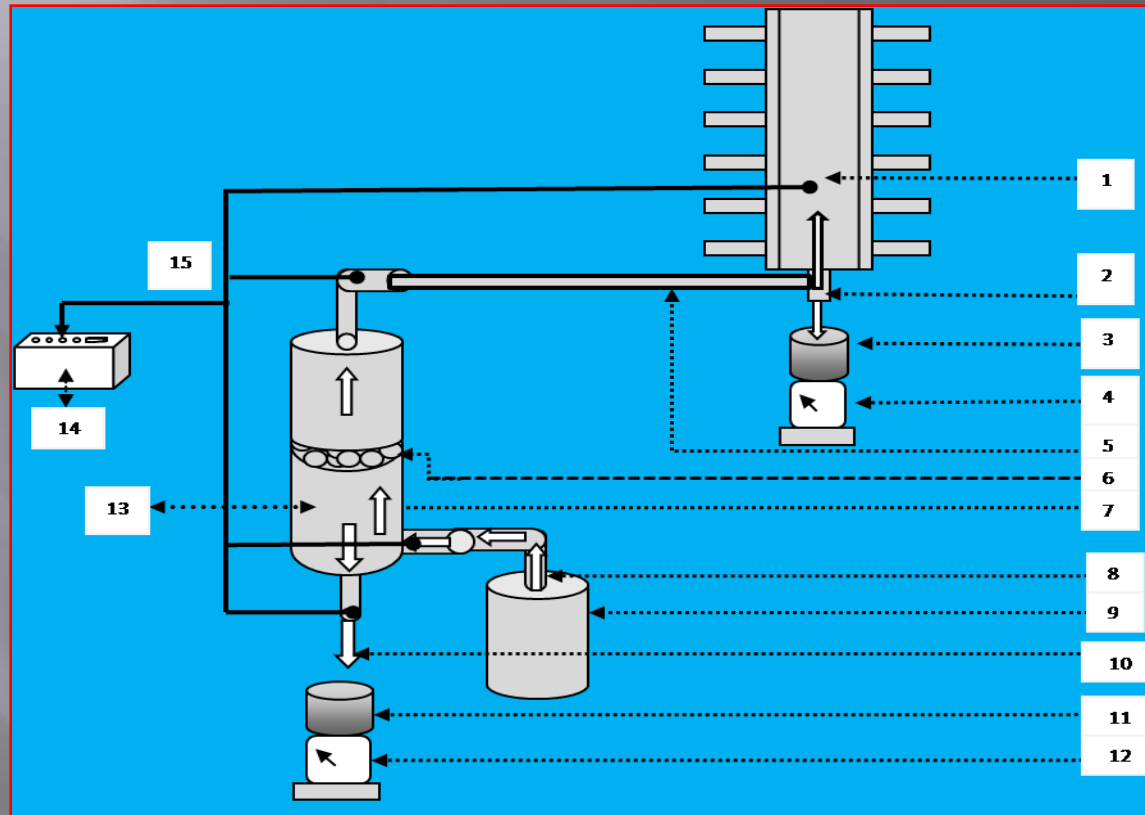


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental du système.

2.1.2 Principe de fonctionnement

La vapeur, maintenue à une température constante, sort du bouilleur électrique (1500Watts/220V muni d'une résistance variable à l'aide d'un potentiomètre de 10 à 110°C), et circule vers le haut dans le condenseur. Il s'ensuit un transfert de chaleur par convection, par condensation entre la vapeur et le lit, et entre la vapeur et la paroi interne du condenseur. Il en résulte une condensation de la vapeur sur la surface de contact vapeur-lit. Une certaine quantité de la vapeur qui ne peut pas être condensée dans le lit est condensée par la suite dans le deuxième condenseur cylindrique à faisceaux de 6 tubes.

2.1.3 Protocole expérimental

Pour un débit fixé de la vapeur à l'entrée du condenseur, nous relevons toutes les 5 mn à l'aide de la centrale de mesure les valeurs instantanées de la température de vapeur à l'entrée et à la sortie du lit. En utilisant une balance, on pèse le distillat/condensat obtenu à la fin de chaque opération. Pour mesurer son volume, un bécher gradué, SIMAX (STABILL KAVALIER), est à notre disposition. En ce qui concerne la mesure du débit, nous avons distillé une quantité de vapeur par unité de temps sans aucune perte à l'extérieure, et la quantité condensée par unité de temps de distillation qui constitue le dit débit.

FORMULATION MATHÉMATIQUE

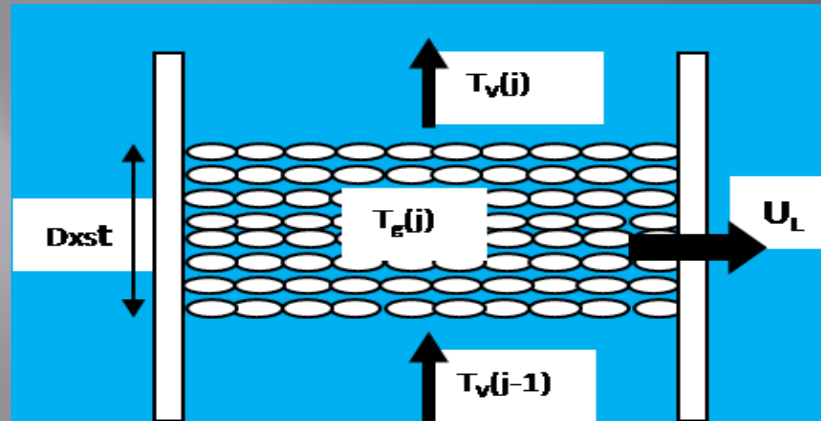


Figure 2 : Schéma d'une tranche du lit de granite

2.2.1 HYPOTHESES

- On néglige la condensation sur la surface du condenseur étudié.
- Les pertes thermiques dans les conduites de liaisons sont négligées.
- Les pertes de charges pendant l'écoulement sont négligées.
- La réaction chimique entre le lit et la vapeur est absente.
- La conduction dans la vapeur est négligeable.
- La conduction dans le solide est négligeable.

BILAN THERMIQUE AU NIVEAU DU LIT DE GRANITE

Phase solide :

Chaleur gagnée par le lit= chaleur échangée entre la vapeur et le lit – chaleur perdue par le lit dans le milieu extérieur.

$$M_g C_{pg} \frac{(T_g(j) - T_g^*(j))}{\Delta t} = h_{cvv} \cdot A_S \cdot \sec \cdot Dxst \cdot (T_v(j-1) - T_g(j)) + \pi \cdot Dst \cdot Dxst \cdot U_L \cdot (Ta - T_g(j)) \quad (1)$$

Phase gazeuse :

Chaleur perdue par la vapeur = Chaleur échangée entre la vapeur et le lit + Chaleur échangée entre la vapeur et la surface de la paroi interne du condenseur + chaleur perdue par condensation au niveau du granite.

$$Debv(j) \cdot C_{pv} \cdot (T_v(j) - T_v(j-1)) = h_{cvv} \cdot A_S \cdot \sec \cdot Dxst \cdot (T_v(j-1) - T_g(j)) + h_{cvp} \cdot S_p \cdot (T_v(j-1) - T_{p1}(j)) + P_{cond} \quad (2)$$

BILAN DE MASSE AU NIVEAU DU LIT DE GRANITE

Le débit du condensat dans le lit :

$$\Delta G_L(j) = \frac{h_{cvg} \cdot F_T (T_{sat} - T_g(j))}{L_W} \quad (4)$$

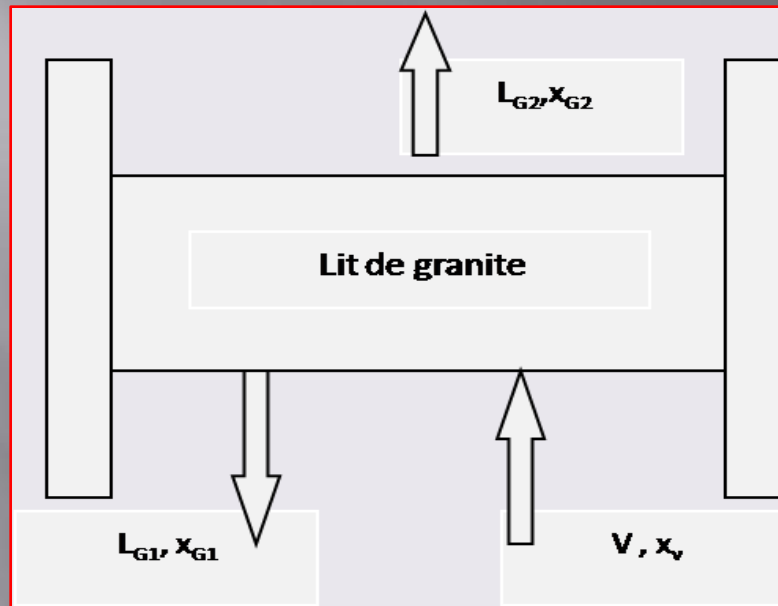
Le débit du distillat produit dans la tranche j :

$$\Delta G(j) = \Delta G_L(j) \quad (5)$$

Le débit de vapeur à la sortie de la tranche j :

$$Debv(j) = Debv(j-1) - \Delta G(j) \quad (6)$$

BILAN AU NIVEAU DU SYSTEME CONDENSEUR



Bilan de matière :

$$V = L_{G1} + L_{G2} \quad (22)$$

Figure 3 : Schéma représentant le bilan au niveau du système condenseur

EFFICACITE DU CONDENSEUR ETUDIE

$$\eta = \frac{L_{G1}}{L_{G1} + L_{G2}} \quad (24)$$

RESULTATS

INFLUENCE DU DIAMETRE EQUIVALENT DE LA PIECE DE GRANITE

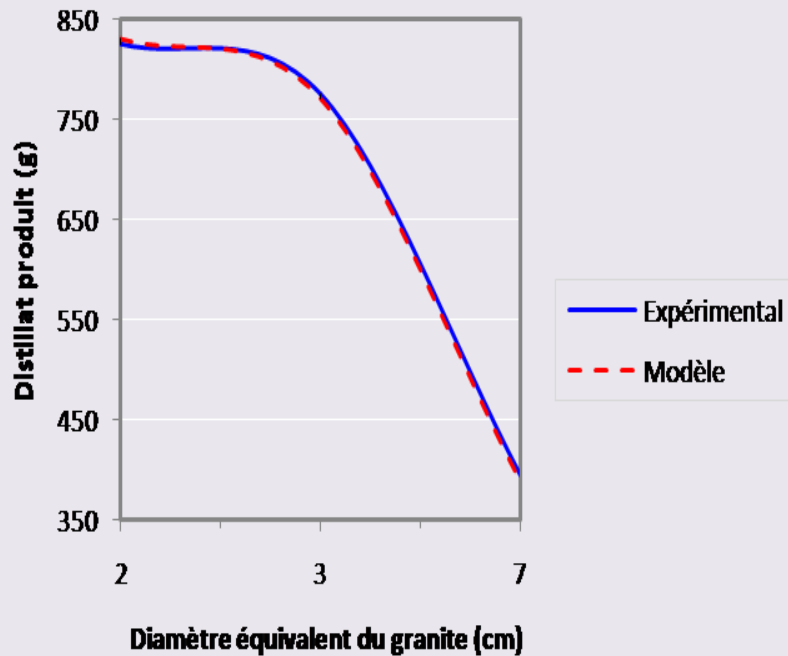


Figure 4 : *Influence du diamètre équivalent d'une pièce de granite sur la quantité du distillat produit. Modèle et expérimental.*

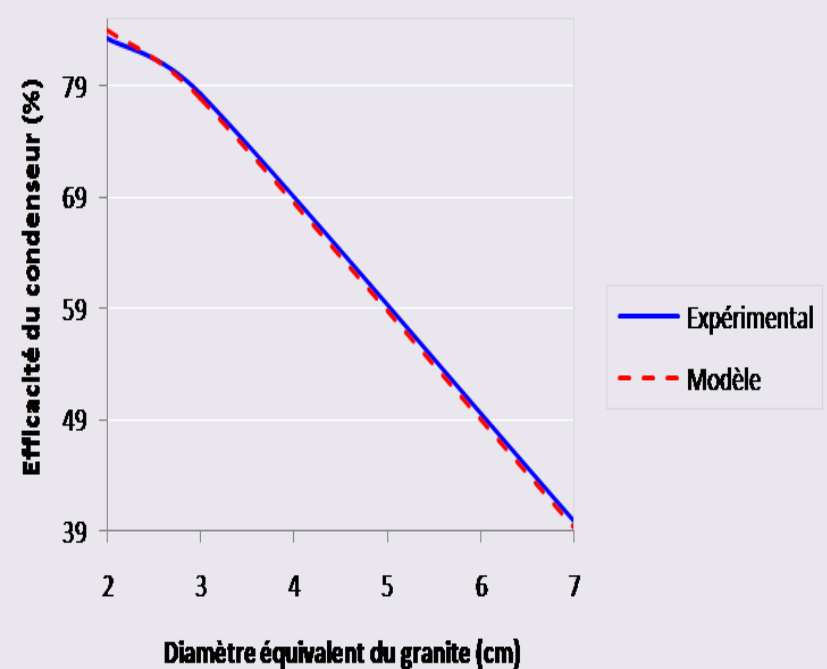


Figure 5 : *Efficacité du condenseur en fonction du diamètre équivalent. Modèle et expérimental.*

Tableau 2 : Données expérimentales 1 à différentes valeurs du diamètre équivalent d'une pièce de granite.

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Température de la vapeur à l'entrée du lit de granite (°C)	95,6	95,6	95,6
Débit de la vapeur à l'entrée du lit de granite. (mL.s⁻¹)	0,5554	0,5554	0,5554
Hauteur du garnissage (cm)	29	29,5	30
Masse du granite (kg)	23	23	23
<i>Diamètre équivalent d'une pièce de granite (cm)</i>	7	3	2
Durée de l'opération (mn)	30	30	30
Diamètre du condenseur (cm)	29,7/29,9	29,7/29,9	29,7/29,9
Hauteur du condenseur (cm)	33	33	33
Nombre de pièce de granite	47	253	874

INFLUENCE DE LA HAUTEUR DU GARNISSAGE

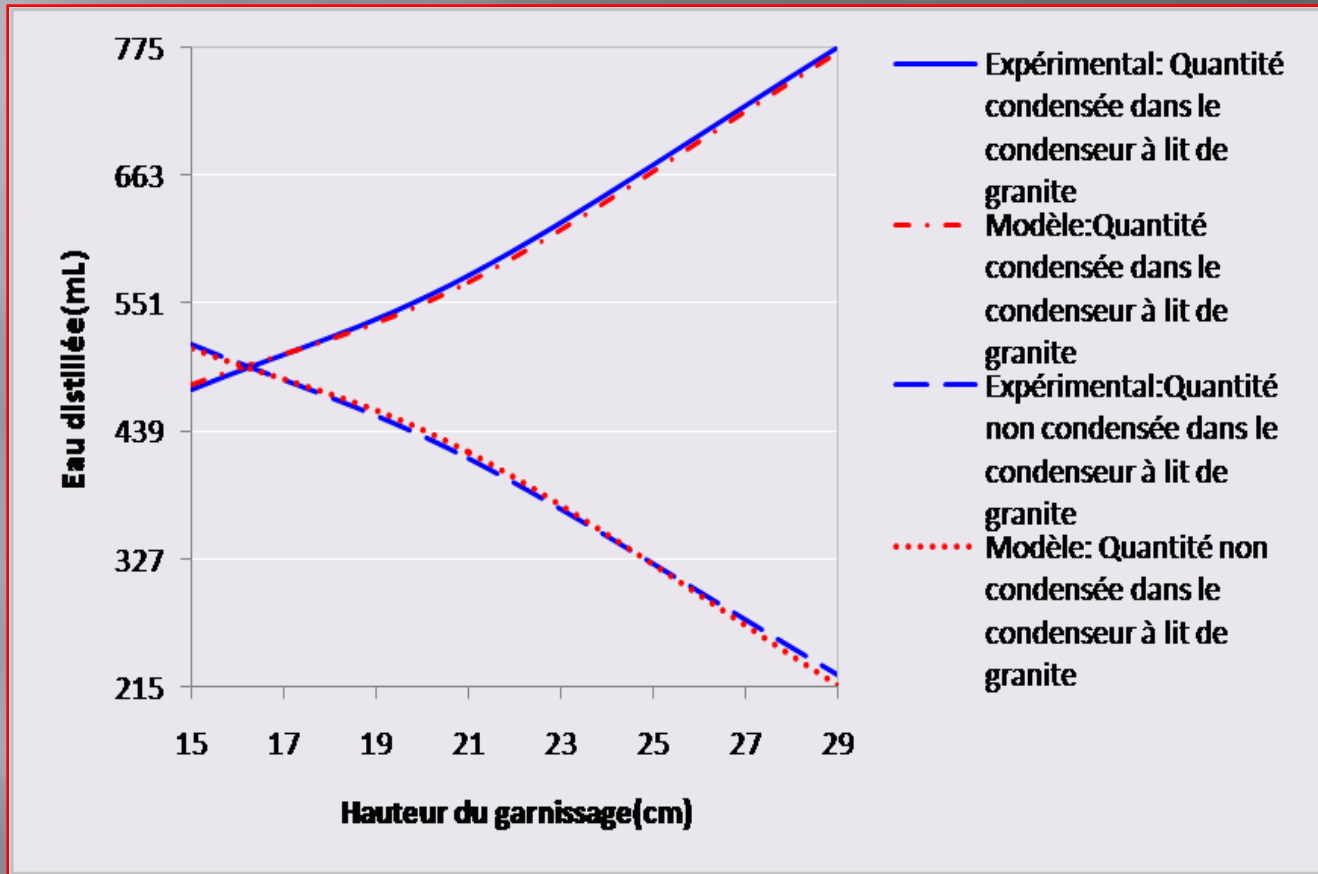


Figure 7 : Quantité de l'eau distillée obtenue dans le condenseur à lit et perdue dans le condenseur à faisceaux de tubes en fonction de la hauteur du garnissage. Modèle et expérimental.

Tableau 3 : Données expérimentales 2 à différentes valeurs de la hauteur du garnissage (Épaisseur du lit)

	Expérience 4	Expérience 5	Expérience 6
Température de la vapeur à l'entrée du lit de granite (°C)	95,6	95,6	95,6
Débit de la vapeur à l'entrée du lit de granite. (mL.s⁻¹)	0,5554	0,5554	0,5554
Hauteur du garnissage (cm)	15	21	29
Masse du granite (kg)	13	18	23
Diamètre équivalent d'une pièce de granite (cm)	3	3	3
Durée de l'opération (mn)	30	30	30
Diamètre du condenseur (cm)	29,7/29,9	29,7/29,9	29,7/29,9
Hauteur du condenseur (cm)	33	33	33
Nombre de pièce de granite	253	253	253

INFLUENCE DE LA DUREE DE L'OPERATION

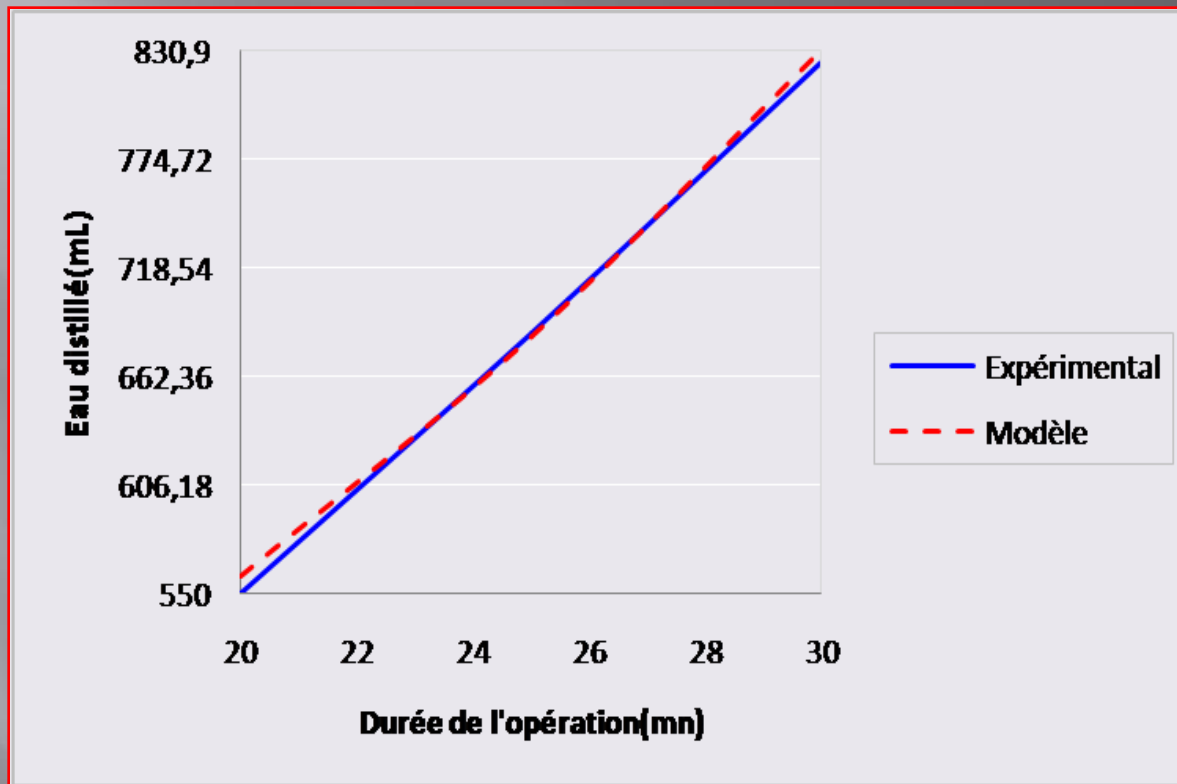


Figure 9 : Influence de la durée de l'opération sur la quantité de l'eau distillée produite. Modèle et expérimental.

Tableau 4 : Données expérimentales 3 à différentes valeurs de la durée de l'opération.

	Expérience 7	Expérience 8	Expérience 9
Température de la vapeur à l'entrée du lit de granite (°C)	95,6	95,6	95,6
Débit de la vapeur à l'entrée du lit de granite. (mL.s⁻¹)	0,5554	0,5554	0,5554
Hauteur du garnissage (cm)	30	30	30
Masse du granite (kg)	23	23	23
Diamètre équivalent d'une pièce de granite (cm)	2	2	2
<i>Durée de l'opération (mn)</i>	20	25	30
Diamètre du condenseur (cm)	29,7/29,9	29,7/29,9	29,7/29,9
Hauteur du condenseur (cm)	33	33	33
Nombre de pièce de granite	874	874	874

INFLUENCE DU DEBIT DE LA VAPEUR A CONDENSER

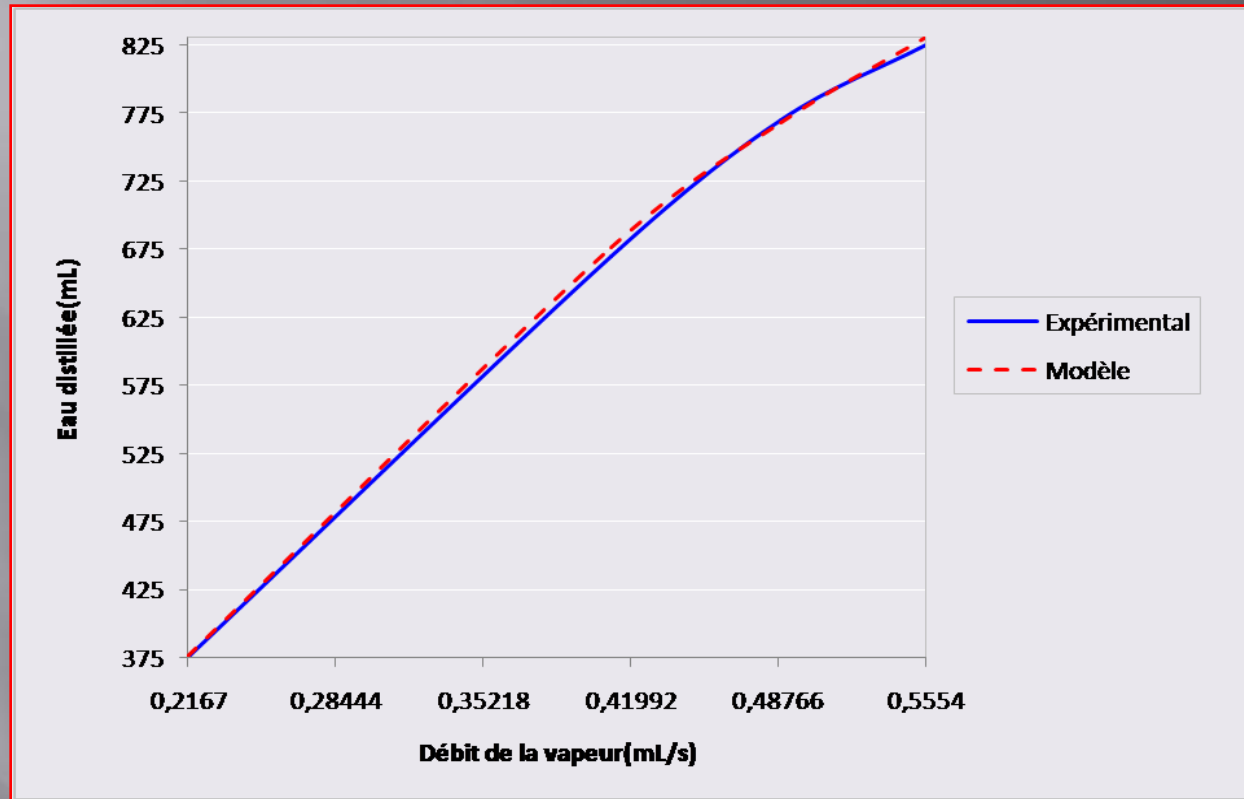


Figure 11 : Influence du débit de la vapeur à condenser sur la quantité de l'eau distillée produite. Modèle et expérimental.

Tableau 5 : Données expérimentales 4 à différentes valeurs du débit d'entrée de la vapeur d'eau.

	Expérience 10	Expérience 11	Expérience 12	Expérience 13
Température de la vapeur à l'entrée du lit de granite (°C)	95,6	95,6	95,6	95,6
<i>Débit de la vapeur à l'entrée du lit de granite. (mL.s⁻¹)</i>	<i>0,2167</i>	<i>0,4111</i>	<i>0,4889</i>	<i>0,5554</i>
Hauteur du garnissage (cm)	30	30	30	30
Masse du granite (kg)	23	23	23	23
Diamètre équivalent d'une pièce de granite (cm)	2	2	2	2
Durée de l'opération (mn)	30	30	30	30
Diamètre du condenseur (cm)	29,7/29,9	29,7/29,9	29,7/29,9	29,7/29,9
Hauteur du condenseur (cm)	33	33	33	33
Nombre de pièce de granite	874	874	874	874

LIMITE DU CONDENSEUR A LIT DE GRANITE

1-Température initiale du granite:

Tableau 6 : Valeurs expérimentales représentant la limite du condenseur à lit de granite. Température initiale du lit : 84,9°C.

	Condensée dans le condenseur à lit	Vapeur non condensée sortant du lit de granite
Quantité (ml)	400	590
Efficacité (%)	40,40	59,60

2-La hauteur du garnissage: inférieure à 15cm (*Figure 7*),

3-Le diamètre équivalent du granite: supérieur à 7cm (*Figure 5*).

CONCLUSION

1. le diamètre équivalent: 2 cm et non nul,
2. la hauteur du garnissage : $\leq 17\text{cm}$,
3. le débit de la vapeur : $>$ ou égale à $0,2167 \text{ ml.s}^{-1}$
la température initiale du lit égale à 20°C

Ces conditions permettent à la vapeur d'eau saturée de $95,6^{\circ}\text{C}$ de se condenser à 100%.