

## Chapitre IV Résultats et interprétations

### Introduction :

Le but de notre travail est l'étude de l'effet de porosité sur les propriétés des mortiers, ce chapitre est consacré à la recherche expérimentale des résultats obtenus du programme d'essais sont présente une discussion de ces résultats.

### IV.1 Méthode de travail du mortier :

Dans ce travail nous avons étudié les caractéristiques mécaniques de 4 compositions de mortier à savoir :

- Sable de dune lavé :  $M_1, M_2$ .
- Sable de dune non lavé :  $M_3, M_4$ .
- Sable concassée lavé :  $M_5, M_6$ .
- Sable concassée non lavé :  $M_7, M_8$ .

Composition du mortier	Sable (kg)	Ciment (kg)	E/C
$M_1$	2	1	0.5
$M_2$	3	1	0.6
$M_3$	2	1	0.5
$M_4$	3	1	0.6
$M_5$	2	1	0.5
$M_6$	3	1	0.6
$M_7$	2	1	0.5
$M_8$	3	1	0.6

**Tableau(IV.1):** Les compositions des mortiers.

### IV.2 La porosité accessible à l'eau :

La masse sèche de l'échantillon  $M_{\text{sec}}$  est mesurée avant la saturation, la masse saturée  $M_{\text{sat}}$  aprée. La masse hydrostatique  $M_{\text{eau}}$  est détermine en pesant l'échantillon saturée, immergé dans l'eau.

Calcul de la porosité accessible à l'eau :

$$P_{eau} = \frac{M_{sat} - M_{sec}}{M_{sat} - M_{eau}} \times 100 \dots \dots \dots (1).$$

### IV.3 Résultats de l'essai la porosité accessible à l'eau :

#### IV.3.1 Sable de dune lavé M1, M2 :

Éprouvette dans l'eau ou éprouvette à l'air

M <sub>1</sub> (kg)									
éprouvette dans l'eau									
Aprée 28j	M <sub>eau</sub> (kg)			M <sub>sat</sub> (kg)			M <sub>sec</sub> (kg)		
tempe	1	2	3	1	2	3	1	2	3
24h	1.20	1.22	1.22	2.17	2.20	2.19	1.96	1.98	1.96
48h	1.18	1.19	1.19	2.16	2.18	2.18	1.95	1.97	1.97
72h	1.18	1.19	1.19	2.16	2.18	2.18	1.95	1.97	1.97
éprouvette à l'air									
	4	5	6	4	5	6	4	5	6
24h	1.09	1.05	1.08	2.04	2.03	2.06	1.99	1.98	2.03
48h	1.06	1.02	1.04	2.04	2.03	2.06	1.95	1.94	1.97
72h	1.06	1.02	1.04	2.04	2.03	2.06	1.95	1.94	1.97

**Tableau(IV.2): résultats de composition M<sub>1</sub>.**

	M <sub>2</sub> (kg)								
	éprouvette dans l'eau								
Aprée 28j	M <sub>eau</sub> (kg)			M <sub>sat</sub> (kg)			M <sub>sec</sub> (kg)		
tempe	7	8	9	7	8	9	7	8	9
24h	1.13	1.20	1.27	2.08	2.20	2.14	1.87	1.96	1.92
48h	1.11	1.17	1.14	2.10	2.18	2.13	1.88	1.96	1.92
72h	1.11	1.17	1.14	2.10	2.18	2.13	1.88	1.96	1.92
	éprouvette à l'air								
	10	11	12	10	11	12	10	11	12
24h	1.03	1.00	1.04	2.00	2.01	2.03	1.93	1.87	1.98
48h	1.00	1.00	1.02	2.01	2.02	2.03	1.91	1.87	1.94
72h	1.00	1.00	1.02	2.01	2.02	2.03	1.91	1.87	1.94

**Tableau(IV.3): résultats de composition M<sub>2</sub>.**

#### IV.3.2 Sable de dune non lavé M3, M4 :

Éprouvette dans l'eau ou éprouvette à l'air

	M <sub>3</sub> (kg)								
	éprouvette dans l'eau								
Aprée 28j	M <sub>eau</sub> (kg)			M <sub>sat</sub> (kg)			M <sub>sec</sub> (kg)		
tempe	13	14	15	13	14	15	13	14	15
24h	1.18	1.18	1.15	2.17	2.17	2.09	1.93	1.94	1.89
48h	1.16	1.17	1.12	2.16	2.17	2.09	1.94	1.95	1.88
72h	1.16	1.17	1.12	2.16	2.17	2.09	1.94	1.95	1.88
	éprouvette à l'air								
	16	17	18	16	17	18	16	17	18
24h	1.08	1.03	1.08	2.08	2.00	2.08	2.05	1.94	2.05
48h	1.06	1.00	1.06	2.08	2.00	2.08	1.98	1.89	1.97
72h	1.06	1.00	1.06	2.08	2.00	2.08	1.98	1.89	1.97

**Tableau(IV.4): résultats de composition M<sub>3</sub>.**

	M <sub>4</sub> (kg)								
	éprouvette dans l'eau								
Aprée 28j	M <sub>eau</sub> (kg)			M <sub>sat</sub> (kg)			M <sub>sec</sub> (kg)		
tempe	19	20	21	19	20	21	19	20	21
24h	1.22	1.19	1.19	2.19	2.14	2.16	1.98	1.95	1.94
48h	1.17	1.15	1.15	2.18	2.13	2.13	1.97	1.94	1.94
72h	1.17	1.15	1.15	2.18	2.13	2.13	1.97	1.94	1.94
	éprouvette à l'air								
	22	23	24	22	23	24	22	23	24
24h	1.07	1.04	1.06	2.06	2.00	2.05	1.98	1.93	1.98
48h	1.06	1.02	1.02	2.06	2.00	2.05	1.96	1.92	1.96
72h	1.06	1.02	1.02	2.06	2.00	2.05	1.96	1.92	1.96

**Tableau(IV.5): résultats de composition M<sub>4</sub>.**

### IV.3.3 Sable concassée lavé M5, M6 :

Éprouvette dans l'eau ou éprouvette à l'air

	M <sub>5</sub> (kg)								
	éprouvette dans l'eau								
Aprée 28j	M <sub>eau</sub> (kg)			M <sub>sat</sub> (kg)			M <sub>sec</sub> (kg)		
tempe	25	26	27	25	26	27	25	26	27
24h	1.29	1.31	1.22	2.27	2.28	2.18	2.03	2.04	1.96
48h	1.25	1.26	1.20	2.26	2.28	2.17	2.03	1.05	1.96
72h	1.25	1.26	1.20	2.26	2.28	2.17	2.03	1.05	1.96
	éprouvette à l'air								
	28	29	30	28	29	30	28	29	30
24h	1.10	1.12	1.15	2.08	2.13	2.17	2.00	2.05	2.10
48h	1.08	1.10	1.12	2.09	2.14	2.17	1.96	2.00	2.04
72h	1.08	1.10	1.12	2.09	2.14	2.17	1.96	2.00	2.04

**Tableau(IV.6): résultats de composition M<sub>5</sub>.**

<b>M<sub>6</sub> (kg)</b>									
éprouvette dans l'eau									
Aprée 28j	<b>M<sub>eau</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sat</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sec</sub> (kg)</b>		
tempe	31	32	33	31	32	33	31	32	33
24h	1.38	1.34	1.31	2.33	2.35	2.27	2.12	2.14	2.05
48h	1.31	1.32	1.26	2.32	2.34	2.26	2.12	2.13	2.05
72h	1.31	1.32	1.26	2.32	2.34	2.26	2.12	2.13	2.05
éprouvette à l'air									
	34	35	36	34	35	36	34	35	36
24h	1.17	1.19	1.15	2.15	2.10	2.10	2.08	2.15	2.05
48h	1.15	1.17	1.15	2.15	2.20	2.10	2.07	2.09	2.02
72h	1.15	1.17	1.15	2.15	2.20	2.10	2.07	2.09	2.02

**Tableau(IV.7): résultats de composition M<sub>6</sub>.**

#### IV.3.4 Sable concassée non lavé M7, M8 :

Éprouvette dans l'eau ou éprouvette à l'air

<b>M<sub>7</sub> (kg)</b>									
éprouvette dans l'eau									
Aprée 28j	<b>M<sub>eau</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sat</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sec</sub> (kg)</b>		
tempe	37	38	39	37	38	39	37	38	39
24h	1.35	1.32	1.33	2.30	2.29	2.28	2.06	2.05	2.04
48h	1.26	1.25	1.25	2.29	2.27	2.27	2.07	2.06	2.04
72h	1.26	1.25	1.25	2.29	2.27	2.27	2.07	2.06	2.04
éprouvette à l'air									
	40	41	42	40	41	42	40	41	42
24h	1.12	1.14	1.15	2.11	2.16	2.15	2.07	2.08	2.10
48h	1.10	1.14	1.14	2.12	2.17	2.15	2.01	2.04	2.05
72h	1.10	1.14	1.14	2.12	2.17	2.15	2.01	2.04	2.05

**Tableau(IV.8): résultats de composition M<sub>7</sub>.**

<b>M<sub>8</sub> (kg)</b>									
éprouvette dans l'eau									
<b>Aprée 28j</b>	<b>M<sub>eau</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sat</sub> (kg)</b>			<b>M<sub>sec</sub> (kg)</b>		
<b>tempe</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>
<b>24h</b>	1.05	1.07	1.18	2.18	2.21	2.24	2.05	2.07	2.09
<b>48h</b>	1.12	1.16	1.16	2.17	2.19	2.21	2.04	2.06	2.08
<b>72h</b>	1.12	1.16	1.16	2.17	2.19	2.21	2.04	2.06	2.08
éprouvette à l'air									
	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>24h</b>	1.14	1.12	1.12	2.12	2.07	2.10	2.07	2.03	2.02
<b>48h</b>	1.12	1.10	1.10	2.12	2.07	2.10	2.04	1.99	2.00
<b>72h</b>	1.12	1.10	1.10	2.12	2.07	2.10	2.04	1.99	2.00

**Tableau(IV.9): résultats de composition M<sub>8</sub>.**

### IV.3 l'essai d'ultrason :

Les essais non destructifs peuvent jouer un rôle exceptionnel dans la garantie de la qualité du béton et dans le développement ultérieur de la technologie de construction. La signification de ces essais se développera considérablement à l'avenir, parce que sa technologie de mesure automatisée et la réduction de la taille de l'appareillage de mesure ouvriront des applications entièrement nouvelles.

#### IV.3.1 But d'utilisation :

Ces essais sont rapides et faciles à mettre en œuvre, et apportent de surcroît une réponse globale à l'échelle d'une structure ou d'un ouvrage, dans le cadre de contrôles d'ouvrages neufs ou en construction comme de diagnostics d'état d'ouvrages anciens.

**IV.3.2 Méthodes d'essais :**

Il existe deux types de méthodes pour l'estimation de la résistance de compression du béton. Les premiers, englobent les méthodes qui ne mesurent pas directement la résistance mais d'autres propriétés du béton, à partir desquelles, une estimation de la résistance peut être obtenue. Ces méthodes incluent les tests suivants :

- Essai au scléromètre.
- Essai d'auscultation dynamique.
- Méthodes combinées.
- Méthode par carottage,...etc.

**IV.4 Résultats de l'essai :**

- Éprouvette dans l'eau

N° éprouvette	V (m/s)	T (µ/s)
1	3565	28
2	3565	28
3	3482	28.7
7	3203	31.2
8	3136	31.9
9	3136	31.9
13	3309	30.2
14	3403	29.4
15	3403	29.4
19	3120	32
20	3203	31.2
21	3212	31.1
25	3153	31.7
26	3238	30.9
27	3264	30.6

<b>31</b>	3238	30.9
<b>32</b>	3203	31.2
<b>33</b>	3238	30.9
<b>37</b>	3238	30.9
<b>38</b>	3256	30.7
<b>39</b>	3161	31.6
<b>43</b>	3238	30.9
<b>44</b>	3186	31.4
<b>45</b>	3238	30.9

**Tableau(IV.10):** résultats de l'essai ultrason (éprouvette dans l'eau).

- Éprouvette à l'air

<b>N° éprouvette</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>T (/s)</b>
<b>4</b>	3440	29.1
<b>6</b>	3440	29.1
<b>5</b>	3600	27.7
<b>10</b>	3380	29.6
<b>11</b>	3550	28.6
<b>12</b>	3290	30.4
<b>16</b>	3500	28.6
<b>17</b>	3440	29.1
<b>18</b>	3460	28.9
<b>22</b>	3256	30.7
<b>23</b>	3238	30.9
<b>24</b>	3346	29.9
<b>28</b>	3290	30.4
<b>29</b>	3440	29.1
<b>30</b>	3440	29.1
<b>34</b>	2981	33.6



<b>35</b>	3186	31.4
<b>36</b>	3041	32.9
<b>40</b>	3161	31.6
<b>41</b>	3238	31.9
<b>42</b>	3136	31.9
<b>46</b>	3153	31.7
<b>47</b>	3161	31.6
<b>48</b>	3041	32.9

**Tableau(IV.11): résultats de l'essai ultrason (éprouvette à l'air).**

#### IV.5 Résultats de porosité et ultrason :

<b>N° de l'éprouvette</b>	<b>sable</b>	<b>cure</b>	<b>propre</b>	<b>Ultrason V (m/s)</b>	<b>E/C</b>	<b>Porosité(%)</b>
<b>1</b>	De dune	L'eau	lavé	3565	0.5	12.42
<b>2</b>	De dune	L'eau	lavé	3565	0.5	21.21
<b>3</b>	De dune	L'eau	lavé	3482	0.5	21.21
<b>4</b>	De dune	L'air	lavé	3440	0.5	9.18
<b>5</b>	De dune	L'air	lavé	3440	0.5	38.61
<b>6</b>	De dune	L'air	lavé	3600	0.5	8.82
<b>7</b>	De dune	L'eau	lavé	3203	0.6	22.22
<b>8</b>	De dune	L'eau	lavé	3136	0.6	23.65
<b>9</b>	De dune	L'eau	lavé	3136	0.6	21.21
<b>10</b>	De dune	L'air	lavé	3380	0.6	9.90
<b>11</b>	De dune	L'air	lavé	3550	0.6	14.70
<b>12</b>	De dune	L'air	lavé	3290	0.6	8.91
<b>13</b>	De dune	L'eau	Non lavé	3309	0.5	22
<b>14</b>	De dune	L'eau	Non lavé	3403	0.5	22

15	De dune	L'eau	Non lavé	3403	0.5	21.64
16	De dune	L'air	Non lavé	3500	0.5	9.80
17	De dune	L'air	Non lavé	3440	0.5	11
18	De dune	L'air	Non lavé	3460	0.5	10.78
19	De dune	L'eau	Non lavé	3120	0.6	20.79
20	De dune	L'eau	Non lavé	3203	0.6	19.38
21	De dune	L'eau	Non lavé	3212	0.6	19.38
22	De dune	L'air	Non lavé	3256	0.6	10
23	De dune	L'air	Non lavé	3238	0.6	8.16
24	De dune	L'air	Non lavé	3346	0.6	8.73
25	concassé	L'eau	lavé	3153	0.5	22.77
26	concassé	L'eau	lavé	3238	0.5	22.58
27	concassé	L'eau	lavé	3264	0.5	21.64
28	Concassé	L'air	lavé	3290	0.5	8.91
29	concassé	L'air	lavé	3440	0.5	13.46
30	concassé	L'air	lavé	3440	0.5	12.36
31	concassé	L'eau	lavé	3238	0.6	19.80
32	concassé	L'eau	lavé	3203	0.6	20.58
33	concassé	L'eau	lavé	3238	0.6	21
34	concassé	L'air	lavé	2981	0.6	8
35	concassé	L'air	lavé	3186	0.6	10.67
36	concassé	L'air	lavé	3041	0.6	8.42
37	concassé	L'eau	Non lavé	3238	0.5	21.35
38	concassé	L'eau	Non lavé	3256	0.5	20.58
39	concassé	L'eau	Non lavé	3161	0.5	22.54

<b>40</b>	concassé	L'air	Non lavé	3161	0.5	10.78
<b>41</b>	concassé	L'air	Non lavé	3238	0.5	12.62
<b>42</b>	concassé	L'air	Non lavé	3136	0.5	9.90
<b>43</b>	concassé	L'eau	Non lavé	3238	0.6	12.38
<b>44</b>	concassé	L'eau	Non lavé	3186	0.6	12.62
<b>45</b>	concassé	L'eau	Non lavé	3238	0.6	12.38
<b>46</b>	concassé	L'air	Non lavé	3153	0.6	8
<b>47</b>	concassé	L'air	Non lavé	3161	0.6	8.24
<b>48</b>	concassé	L'air	Non lavé	3041	0.6	10

**Tableau(IV.12): résultats de l'essai porosité et ultrason.**

<b>Essai</b>	<b>E/C</b>	<b>Type sable</b>	<b>Cure</b>	<b>Porosité (%)</b>	<b>Ultrason</b>	<b>propre</b>
<b>1</b>	0.5	De dune	L'eau	18.28	3537.33	Lavé
<b>2</b>	0.5	De dune	L'air	18.87	3493.33	lavé
<b>3</b>	0.6	De dune	L'eau	22.36	3158.33	lavé
<b>4</b>	0.6	De dune	L'air	11.17	3406.66	lavé
<b>5</b>	0.5	De dune	L'eau	21.88	3371.66	Non lavé
<b>6</b>	0.5	De dune	L'air	10.52	3466.66	Non lavé
<b>7</b>	0.6	De dune	L'eau	19.85	3178.33	Non lavé
<b>8</b>	0.6	De dune	L'air	8.96	3280	Non lavé
<b>9</b>	0.5	concassé	L'eau	22.33	3218.33	lavé
<b>10</b>	0.5	concassé	L'air	11.91	3390	lavé
<b>11</b>	0.6	concassé	L'eau	20.46	3226.33	lavé
<b>12</b>	0.6	concassé	L'air	9.03	3069.33	lavé
<b>13</b>	0.5	concassé	L'eau	21.49	3218.33	Non lavé
<b>14</b>	0.5	concassé	L'air	11.1	3178.33	Non lavé
<b>15</b>	0.6	concassé	L'eau	12.46	3220.66	Non lavé
<b>16</b>	0.6	concassé	L'air	8.74	3118.33	Non lavé

**Tableau(IV.13): la raiponce.**

**IV.5 Méthode expérimental :**

Effet du rapport E/C, qualité de sable, la conservation de l'éprouvette et la propreté de l'eau sur la porosité et la vitesse ultra sonique d'un mortier.

**IV.5.1 Détermination de la réponse et des facteurs d'étude :**

- ✓ Les facteurs
  - ❖ E/C
    - max 0.6 (+1).
    - min 0.5 (-1).
  - ❖ La cure
    - à l'eau (+1).
    - à l'air (-1).
  - ❖ La propreté
    - lavé (+1).
    - non lavé (-1).
  - ❖ Sable
    - dune (-1).
    - concassé (+1).
- ✓ Les réponses
  - ❖ Porosité.
  - ❖ Vitesse ultra sonique.
  - ❖ Nombre des essais à réaliser **16**.
  - ❖ Nombre d'éprouvette **48**.

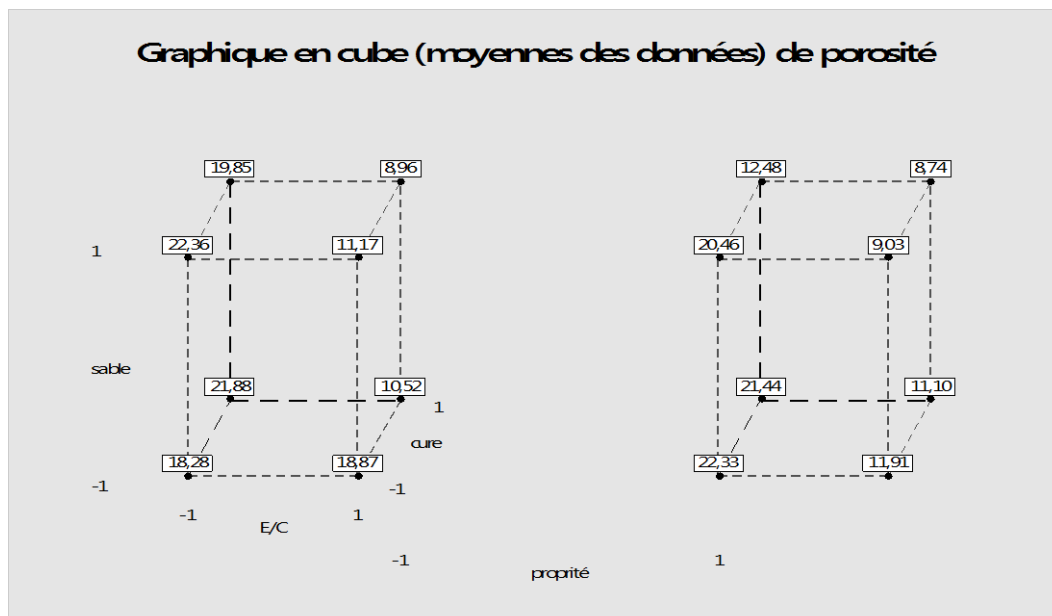
Nb d'essai	E/C	Sable	cure	propriété	porosité	VUS
1	-1	1	1	-1	19,85	3178,33
2	1	1	-1	-1	11,17	3406,66
3	-1	1	1	1	12,48	3220,66
4	1	-1	1	-1	10,52	3466,66
5	1	1	1	-1	8,96	3280,00
6	1	1	1	1	8,74	3118,33
7	-1	1	-1	-1	22,36	3158,33
8	1	1	-1	1	9,03	3069,33
9	1	-1	-1	-1	18,87	3493,33
10	-1	-1	-1	-1	18,28	3218,33
11	-1	-1	1	1	21,44	3537,33
12	-1	-1	-1	1	22,33	3218,33
13	1	-1	1	1	11,10	3178,33
14	-1	1	-1	1	20,46	3226,33
15	-1	-1	1	-1	21,88	3371,66
16	1	-1	-1	1	11,91	3390,00

Tableaux(IV.14) : résultats de la raiponce de la porosité et ultrason.

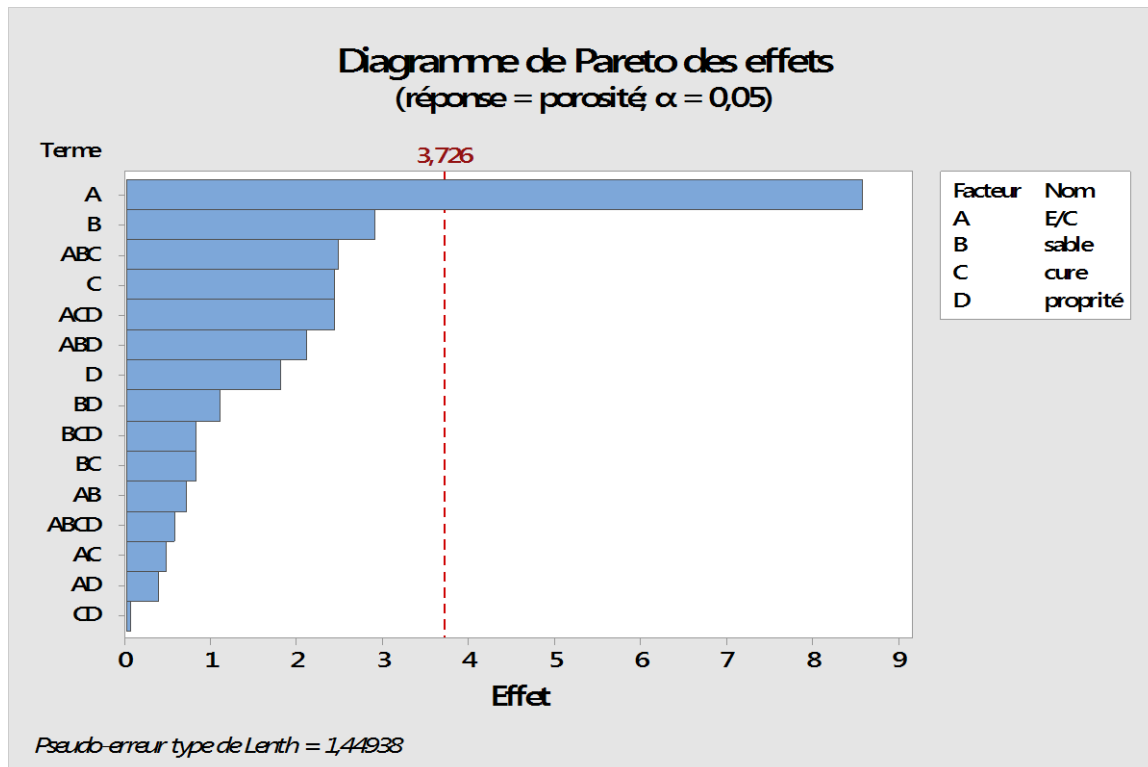
#### IV.5.2 Analyse des résultats :

##### A/ Pour la porosité :

Le schéma suivant regroupe les différents essais qui ont bien été choisis aux extrémités du domaine d'étude pour la porosité.**fig(IV.1).**



Fig(IV.1) : graphique en cube de porosité.



**Fig(IV.2) :** *Diagramme de Pareto des effets de porosité.*

**Commentaire :**

Les facteurs influents sur la porosité du mortier sont classés progressivement de 8,59 à 0,062 %.

(A) fort influence.

(B, ABC, C, ACD, ABD, D, BD, BCD, BC) influence moyenne.

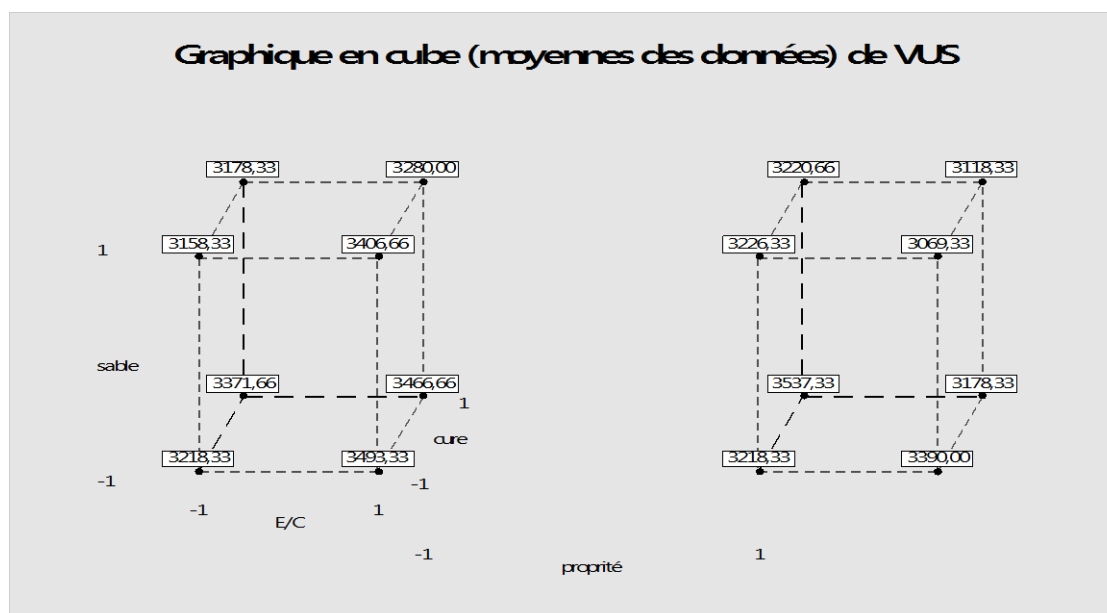
(AB, ABCD, AC, AD, CD) influence faible.

**Conclusion :**

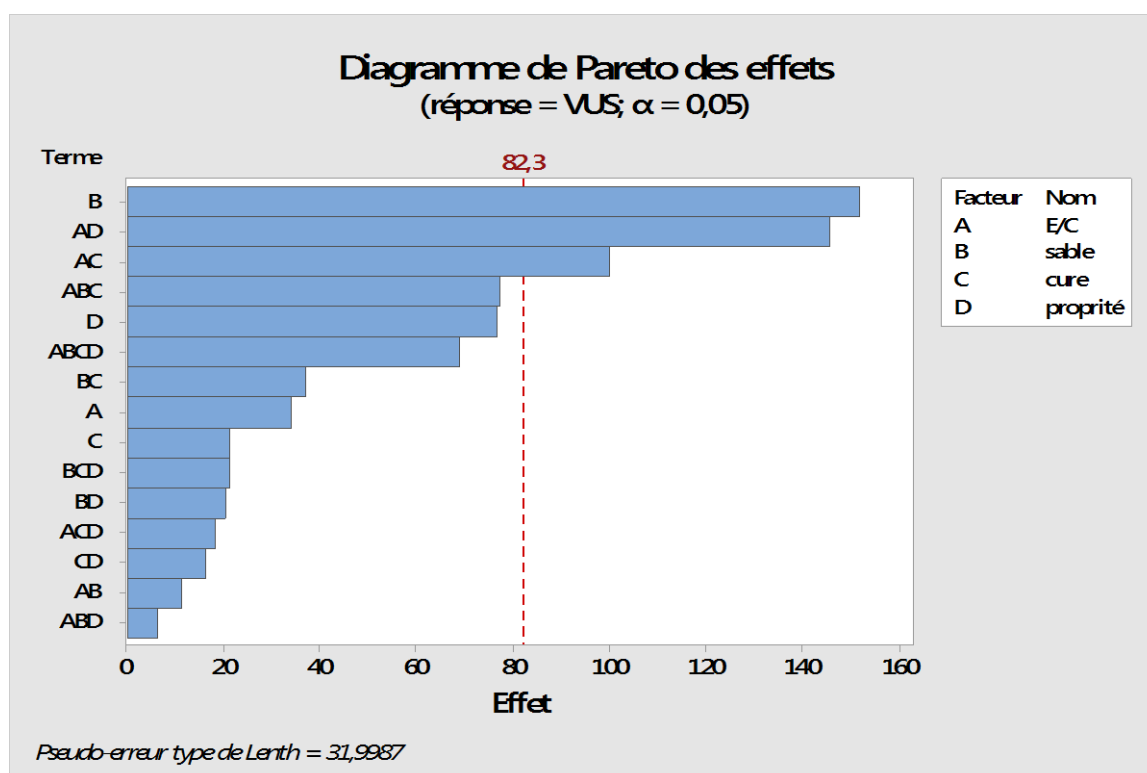
Tous les facteurs et l'interaction sont influent sur la porosité du mortier mais à un niveau différent.

**B/ Pour la vitesse ultra sonique :**

Le schéma suivant regroupe les différents essais qui ont bien été choisis aux extrémités du domaine d'étude pour la vitesse ultra sonique **Fig(IV.3).**



Fig(IV.3) : graphique en cube de vitesse.



Fig(IV.4) : diagramme de Pareto des effets d'ultrason.

**Commentaire :**

Les facteurs influents sur la vitesse ultra sonique du mortier sont classés progressivement de 152 à 6,5 m/s.

(B, AD) fort influence

(AC, ABD, D, ABCD, BC, A) influence moyenne

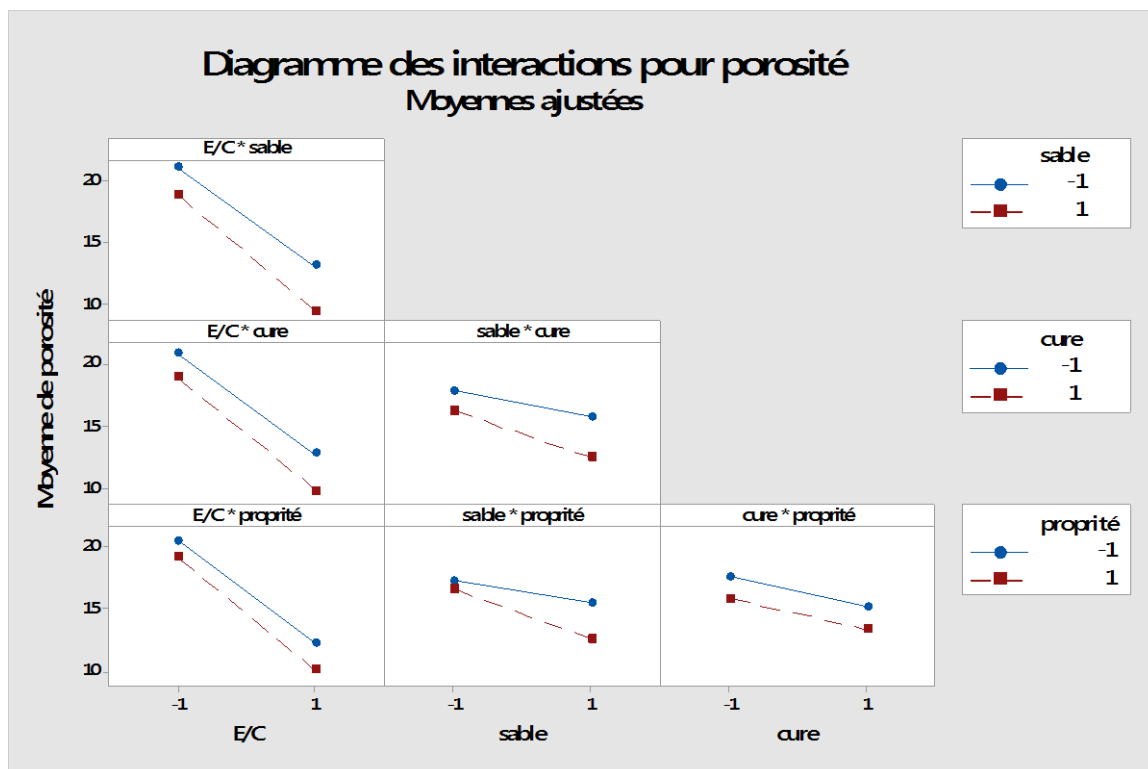
(C, BCD, BD, ACD, CD, AB, ABD) influence faible

**Conclusion :**

Tous les facteurs et l'interaction sont influent sur la vitesse ultra sonique du béton mais à un niveau différent.

**IV.5.3 Diagrammes factoriels :**

**A/ Pour la porosité :**



**Fig(IV.5) :** *Diagramme des interactions pour porosité.*



**Commentaire :**

A l'examen visuel des graphes on note que les quatre facteurs doivent avoir un effet :

**-l'interaction E/C et sable:** lorsque on utilise le sable concassé avec le minimum de rapport E/C, la porosité est importante même on utilise le sable de dune la porosité toujours elle reste importante, mais si on utilise le maximum de rapport E/C la porosité est diminuer et sera faible.

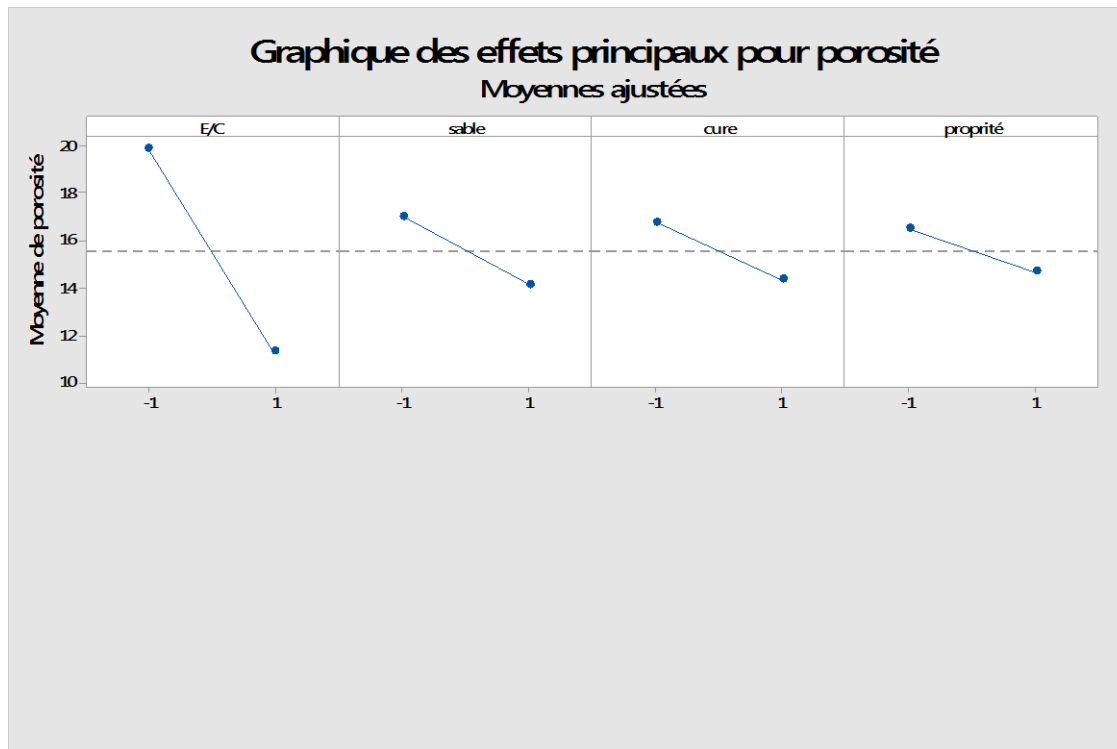
**-l'interaction E/C et la cure:** si on utilise le cure avec le minimum de rapport E/C, la porosité est importante même on n'utilise pas la cure la porosité toujours elle reste importante, mais si on utilise le maximum de rapport E/C la porosité est diminuer et sera faible.

**-l'interaction E/C et propreté :** si on utilise le sable lavé ou non avec le minimum de rapport E/C, la porosité est importante même, mais si on utilise le maximum de rapport E/C la porosité est diminuer et sera faible.

**-l'interaction sable et la cure :** si on utilise le sable concassé avec l'utilisation de la cure ou non la porosité est importante, mais si on utilise le sable de dune la porosité diminuer et sera moyenne sans la cure, mais avec la cure sera faible.

**-l'interaction sable et propreté :** si on utilise le sable concassé avec lavage de sable ou sans lavage la porosité est importante, mais si on utilise le sable de dune la porosité diminuer et sera moyenne sans lavage de sable, mais avec lavage de sable sera faible.

**-l'interaction cure et la propreté :** lorsque on n'utilise pas la cure et lavage, la porosité est importante, mais si on utilise la cure avec lavage de sable la porosité est diminuer et sera moyenne.

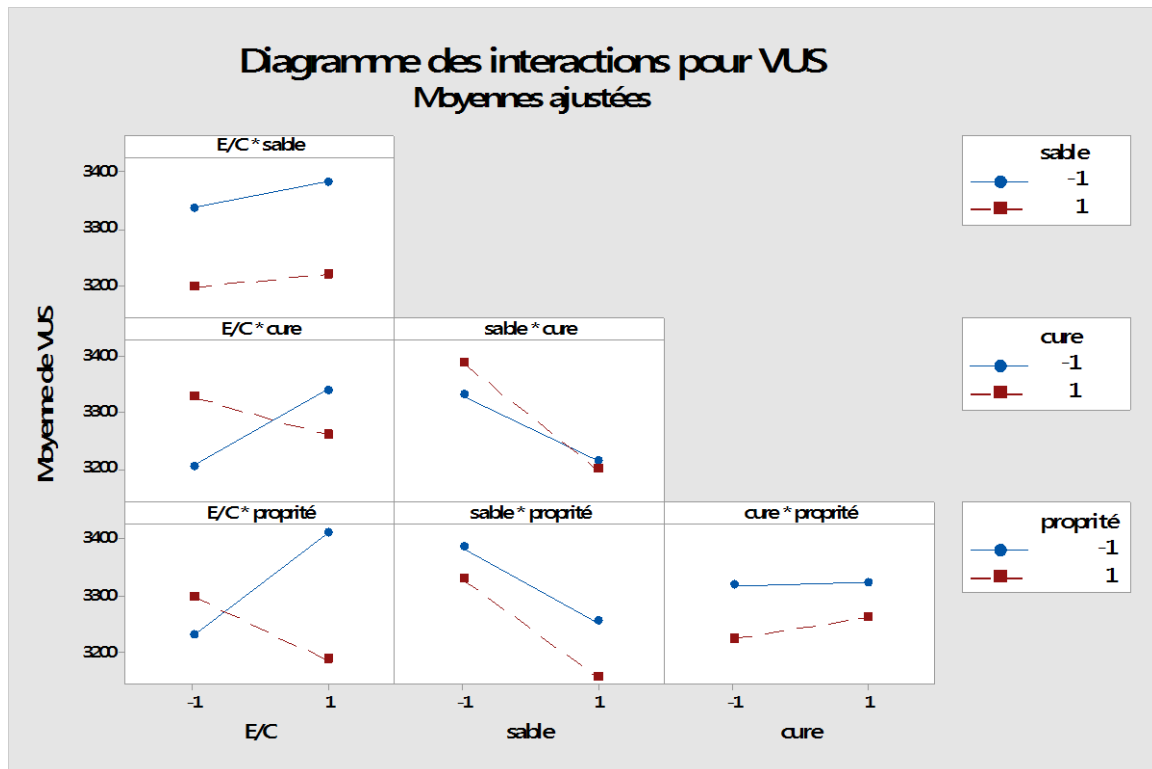


**Fig(IV.6):** *Graphique des effets principaux pour porosité.*

**Conclusion :**

Lorsque on augmenter le rapport E/C et on utilise la cure et le sable de dune et on lavé le sable on remarquant que la porosité diminuer, mais l'influence de rapport E/C est importante par rapport les autres facteurs.

b/ Pour la ultrason :



Fig(IV.7) : Diagramme des interactions pour vus.

Commentaire :

A l'examen visuel des graphes on note que les quatre facteurs doivent avoir un effet :

**-l'interaction E/C et sable :** on remarque que si on utilise le sable de dune avec le rapport E/C minimum (0,5) la vitesse ultra sonique est importante, mais avec le maximum de rapport E/C c'est mieux, mais lorsque on utilise le sable concassé avec le maximum de rapport E/C ou le minimum on remarque que la vitesse ultra sonique est faible.

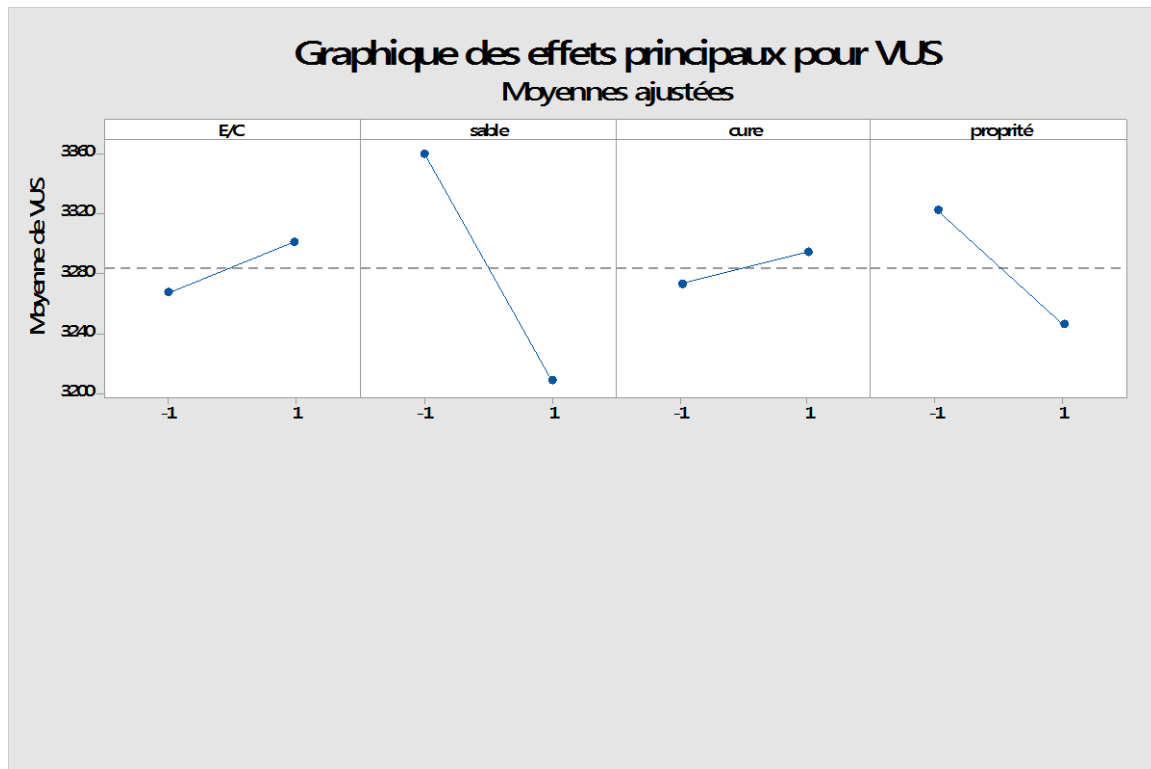
**-l'interaction E/C et la cure:** si on utilise le minimum de rapport E/C avec la cure la vitesse ultra sonique est importante, mais lorsque on utilise le maximum de rapport E/C la vitesse ultra sonique est diminuer et sera moyenne, mais si on n'utilise pas la cure avec le minimum de rapport E/Con remarque que la vitesse ultra sonique est faible mais avec le maximum de rapport E/C est augmenté et sera important.

**-l'interaction E/C et la propreté:** lorsque on utilise le minimum de rapport E/C sans lavage de sable la vitesse ultra sonique est moyenne mais avec le maximum de rapport E/C est diminuer et sera faible, mais si on lavé le sable avec le minimum de rapport E/C on remarque que la vitesse ultra sonique est faible mais avec l'utilisation de maximum de rapport E/C la vitesse ultra sonique est augmenté et sera important.

**-l'interaction sable et la cure :** si on utilise le sable de dune avec la cure ou sans, la vitesse ultra sonique est important, mais avec la cure c'est mieux que sans la cure, mais avec le sable concassé la vitesse ultra sonique diminuer et sera faible.

**-l'interaction sable et la propreté :** si on utilise le sable de dune avec ou sans lavage de sable la vitesse ultra sonique est important, mais sans lavage c'est mieux que avec lavage, mais si on utilise le sable concassé la vitesse ultra sonique diminuer et sera moyenne sans lavage et faible avec lavage.

**-l'interaction cure et la propreté :** si on n'utilise pas la cure et sans lavage de sable la vitesse ultra sonique est moyenne et avec l'utilisation de la cure reste stable, mais si on lavé le sable et sans la cure la vitesse ultra sonique est presque faible, mais avec l'utilisation de la cure on remarque que la vitesse ultra sonique augmenté et sera moyenne mais sans lavage de sable c'est mieux que avec lavage.



**Fig(IV.8) :** *graphique des effets principaux pour vitesse ultrason.*

#### **Conclusion :**

Lorsque on augmenter le rapport E/C et on utilise la cure et le sable de dune on remarque que la vitesse ultra sonique est grand, mais si on utilise le sable concassé avec lavage de sable la vitesse ultra sonique est sera diminuer.