

IV.1.Introduction :

On sait que le béton est le matériau obtenu en solidarissant, par une pate liante de ciment, et un squelette granulaire (sable, Métakaolin).

Les essais d'évaluation du comportement mécanique du mortier réalisé dans le cadre de cette étude ont été effectués au niveau du laboratoire des matériaux de construction

- département de Génie Civil - Université IBN KHALDOUN DE TIARET

- Laboratoire L.T.P .O. Unité de TIARET et de BECHAR

Après avoir défini pour nos mortiers (mortier,mortier+MK) une formulation basée sur le critère de bonne maniabilité, nous avons définis une référence expérimentale pour mener l'ensemble des essais.

La réalisation des essais destructifs a pour but déduire les résistances mécaniques à la compression et à la traction sur des éprouvettes normalisées de mortier.

Analyse granulométrique :

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Analyse granulométrique de sable(ghassoul).

Les tamis	Masse de Refus cumulée (g)	Pourcentage des Refus cumulée (%)	Pourcentage des tamis cumulée(%)
6.30	4.5	0.9	99
5	5.1	1.02	99
4	6.6	1.32	99
2	11.5	2.3	98
1	20.4	4.08	96
0.500	80	16	84
0.400	122.1	24.42	76
0.315	203.6	40.72	59
0.200	400.4	80.08	20
0.100	482.7	96.54	3
0.080	487.5	97.5	3
fond	4.9		

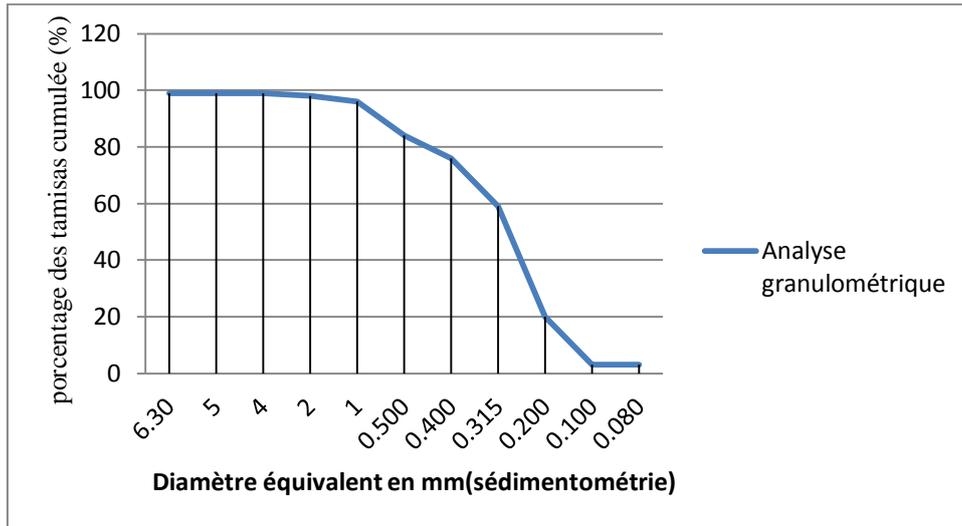


Figure IV.1: Courbe granulométrique.

Commentaire :

Selon l’analyse granulométrique le sable est utilisable pour préparer un mortier ou bien un béton hydraulique

Tableau IV.2: le module de finesse du sable.

Échantillon	Module de finesse	Spécification
Sable nature	2.9	2,8<M f<3,2

Résultat :

Selon le résultat qui obtenue dans le tableau au-dessus on peut dire que :

le sable est à utiliser si l’on recherche des résistances élevées au détriment de l’ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.

➤ **Équivalent de sable :**

Les formules utilisées :

Échantillons 01 : $E_{sv}=(h_2/h_1)*100$ et $E_{sp}=(h_p/h_1)*100$ avec :

$h_1=12.3cm$, $h_2=10.8cm$ et $h_p=9.9cm$ danc : $E_{sv}=88\%$ et $E_{sp}=80\%$

Échantillons 02 : $E_{sv}=(h_2/h_1)*100$ et $E_{sp}=(h_p/h_1)*100$ avec :

$h_1=12.9cm$, $h_2=10.6cm$ et $h_p=9.5cm$ danc : $E_{sv}=82\%$ et $E_{sp}=73\%$

$E_{sv} (moy) =80\%$ et $E_{sp} (moy)=77\%$

Résultat:

Le résultat obtenu d'équivalente de sable d'un échantillon est : $E_{sv}=80\%$ et $E_{sp}=77\%$
 $75 \leq E_{sv} \leq 85$ et $70 \leq E_{sp} \leq 80$ donc le sable est propre à faible proportion de fines argileuses
 ,convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité

➤ **La masse volumique absolue:**

Le tableau suivant regroupe les valeurs de la masse volumique absolue du sable :

Tableau IV.3: la masse volumique absolue de sable.

N ⁰	Les Volumes	Résultat
1	Pycnomètre +bouchon (m1)	161.2g
2	Pycnomètre+ matériau +bouchon (m2)	186.3g
3	Pycnomètre + l'eau distillée+ matériau +bouchon (m3)	674.5g
4	Pycnomètre + l'eau distillée +bouchon (m4)	659.1g

Résultats :

La masse volumique absolue $\rho_{abs} = (m_2 - m_1) / (m_4 + m_2 - m_1 - m_3) = 2.587 \text{g/cm}^3$

➤ **la masse volumique apparente de sable.**

$$\rho_{app} = 1.42 \text{kg/l}$$

Tableau IV.4: Analyse chimique de sable (ghassoul).

% Insolubles	85,15
% Sulfates	Traces
% Chlorures	0,25
% Carbonates	56,12

Commentaire :

Selon la norme NF P 18-011 (classification des environnements agressifs), Ces résultats montrent que le sable étudié est utilisable pour la fabrication des mortiers et bétons hydrauliques.

Tableau IV.5: Analyse chimique de Métakaolin

Composant %	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂
Kaolin	2,50	0,55	6,13	50,12	28,43	0,54	0,24	0,97

Commentaire :

Selon la norme NF P18-513 qui définit les exigences chimiques et physiques ainsi que les critères de conformité pour les métakaolins, le métakaolin étudié est utilisable pour la production des mortiers et les coulis.

Les différents éléments ou composés des additions peuvent avoir des effets néfastes sur les mortiers et bétons, ce qui explique le besoin d'en limiter leur teneur. C'est le cas notamment : des chlorures, qui peuvent engendrer des problèmes de corrosion des armatures.

Tableau IV.6: Analyse chimique d'eau

DESIGNATION	SYMBOLE	Résultats
Couleur		Transparent
Odeur		Sans Odeur
Matière en suspension	M.E.S	Nul
Matière organique	M.O	Nul
PH		8,22
Sels dissous en mg/l		721,86
Chlorures en mg/l	CL	568,00
Sulfates en mg/l	SO4	123,55

Commentaire :

Suivent ces résultats et selon la norme NF P 18-303 (eau de gâchage), l'eau est utilisable pour le gâchage de béton hydraulique et mortier.

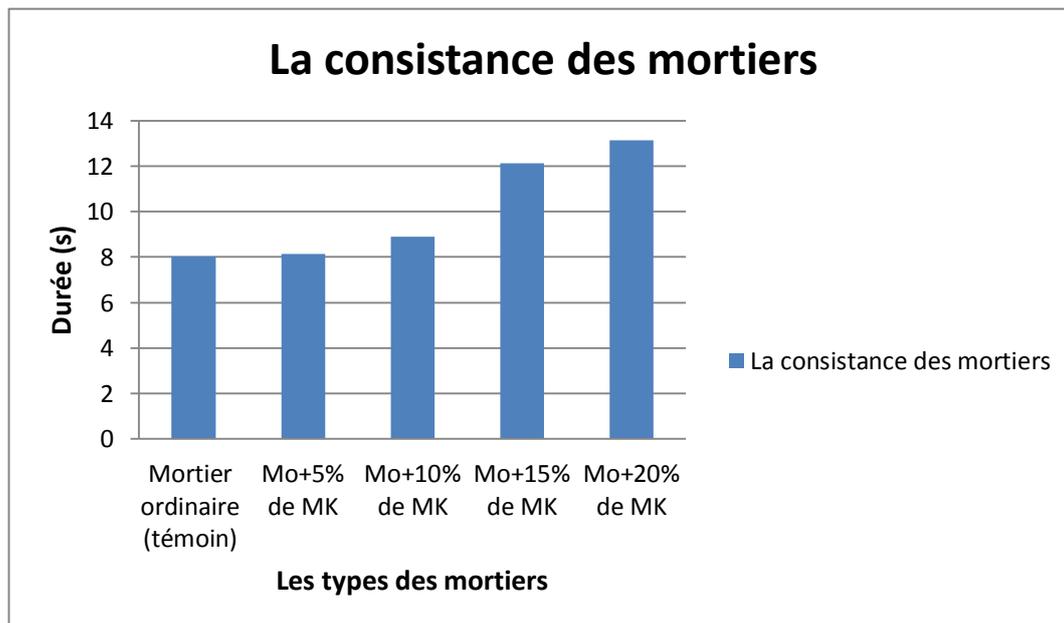
➤ **Consistance :**

La maniabilité des mortiers est mesurée au maniabilimètre à mortier LCL,(NF P 15-437), l'essai consistant à mesurer le temps d'écoulement d'un mortier frais soumis à des vibrations. Le tableau suivant regroupe les valeurs trouvées.

Tableau IV.7: la consistance des mortiers.

Les types des mortiers	Durée(S)	Classe de consistance
Mortier ordinaire (témoin)	8.03	Fluide
Mo+5% de MK	8.15	Fluide
Mo+10% de MK	8.89	Fluide
Mo+15% de MK	12.13	Très plastique
Mo+20% de MK	13.14	Très plastique

La Figure IV.02 représente la variation du temps mesuré par l'essai au maniabilimètre en fonction des différents dosages de Métakaolins :

**Figure IV.02 :** La consistance des mortiers.**Commentaire :**

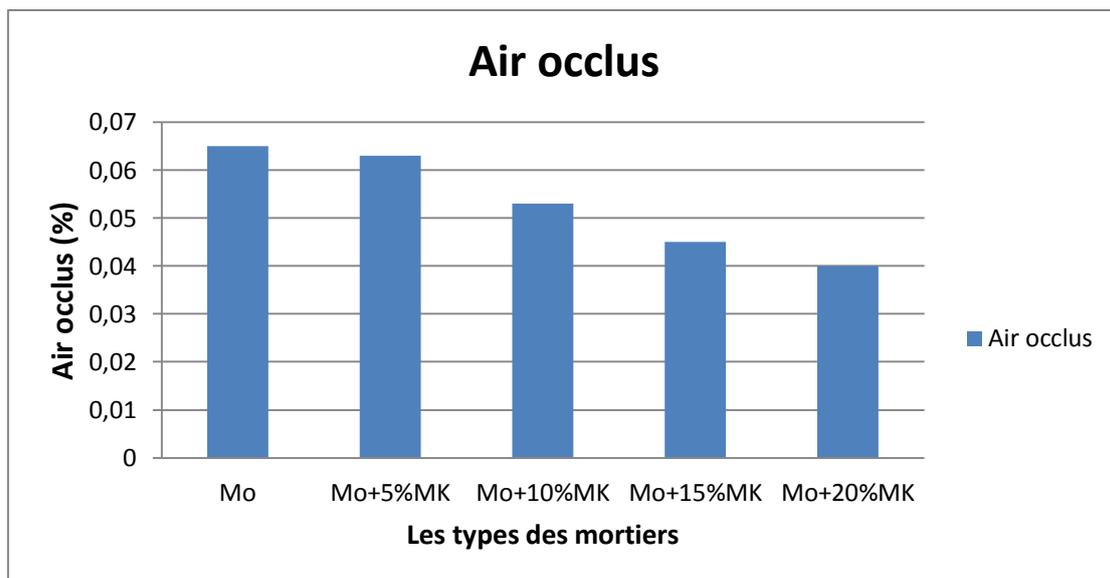
Les résultats présentés sur la figure IV.02 montrent une augmentation importante du temps d'écoulement pour l'ensemble des compositions.

Air occlus :

Les résultats obtenus sont reportés sur le tableau IV.08 et tracé dans la figure IV.03 :

Tableau IV.08:La teneur en air.

Taux de Substitution	Mortier ordinaire	Métakaolin (%)			
		5	10	15	20
Air occlus (%)	0.065	0.063	0.053	0.045	0.040

**Figure IV.03 :** La teneur en air des mortiers frais.**Commentaire :**

L'air occlus diminue au fur et à mesure que le pourcentage de Métakaolin ajouté augmente.

IV.2.Essai mécanique :

A la suite des essais, les éprouvettes sont sorties de l'eau avant 24h pour subir les essais mécanique de compression uni axiale, à travers ces essais il nous a été permis d'observer l'évolution des propriétés mécaniques avec l'élévation du pourcentage de métakaolin.

IV.2.1.Détermination de la résistance à la traction par flexion (NF P 18-407) :

A l'âge de 7, 14, 21, 28, les éprouvettes de mortier destinées à la détermination de la résistance. Les essais sont conduits par flexion « trois points » sur des éprouvettes prismatiques 4x4x16 cm³. Cet essai permet de déterminer une caractéristique du mortier essayé, défini par l'essai de rupture par flexion, dit « essai de flexion ».

La valeur brute de la résistance à la traction par flexion a été calculée d'après l'hypothèse de linéarité de comportement qui suppose que la rupture se produit lorsque la plus grande contrainte de traction atteint la résistance à la traction du mortier.

IV.2.1.1.Equipement nécessaire :

La machine d'essai, de force appropriée, doit être conforme aux normes NF P 18-411 et NF P 18-413. Elle doit être contrôlée et étalonnée à ces normes.

IV.2.1.2.Conduite de l'essai :

IV.2.1.2.1.La mise en place et centrage de l'éprouvette:

Placer l'éprouvette dans l'appareil de chargement en prenant comme faces de chargement ses faces de moulage et en plaçant son axe longitudinal dans le plan de flexion de l'appareil à 1mm près. A cet effet, l'emploi d'un gabarit de centrage est recommandé.



Figure.IV.04 : Ecrasement des éprouvettes prismatique (4x4x16) cm³

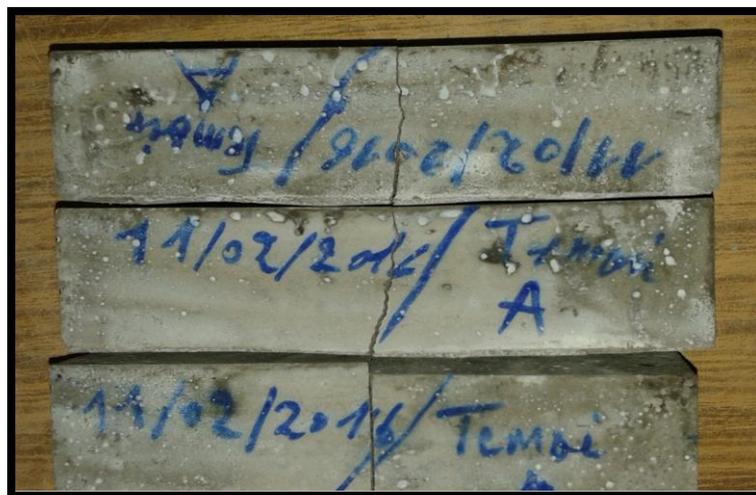


Figure.IV.05 : Rupture des éprouvettes prismatique à 07 jours (mortier).

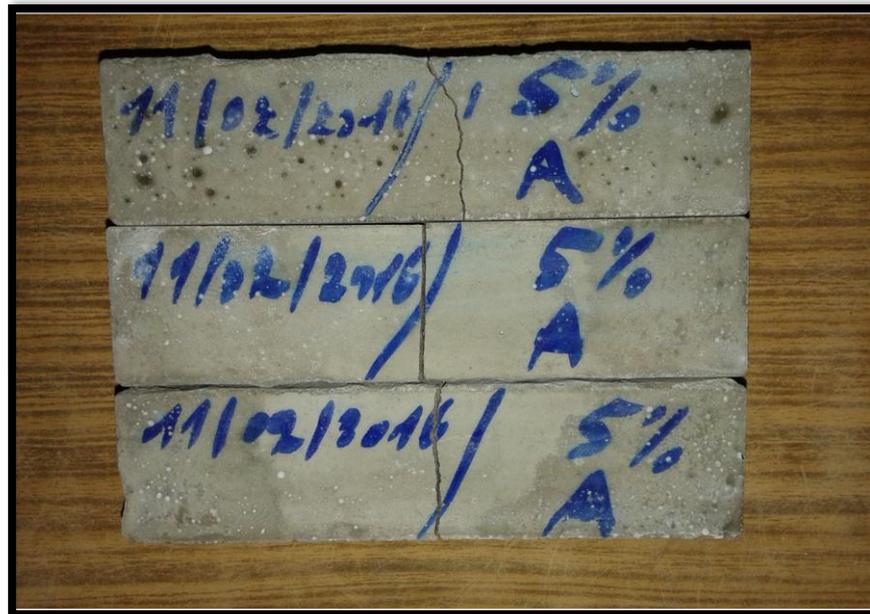


Figure.IV.06 : Rupture des éprouvettes prismatique à 07 jours (Mo à base de 5%du MK)

IV.2.2.Détermination de la résistance à la compression (f_{cj}) :

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression du mortier , qui peut être mesurée en laboratoire sur des éprouvettes.

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissantes jusqu'à la rupture.la résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.

A l'âge de 7, 14, 21, 28, les éprouvettes de mortier destinées à la détermination de la résistance en compression. Les éprouvettes sont surfacées, pour éliminer les défauts de rectitude, placées sous la presse, centrée grâce à un gabarit, et enfin chargées mécaniquement.

Les dimensions mesurées grâce au pied à coulisse servent à déterminer les sections réelles des éprouvettes prenant en compte les dilatations éventuelles des éprouvettes. Ces éprouvettes sont de dimensions $4 \times 4 \times 16 \text{ Cm}^3$



Figure.IV.07 :Ecrasement des éprouvettes à 7 jours

IV.2.3.Résultats des essais, interprétation et discussion :

Le travail présenté dans ce chapitre a pour l'objectif de caractériser expérimentalement la réponse du mortier et mortier à base de métakaolin sous des conditions extrêmes.

IV.2.3.1.Résistance à la flexion:

Les résultats des essais de flexion des éprouvettes prismatique (4x4x16) cm³ sont résumés dans les tableaux ci-après :

Tableau.IV.09.Résultats de la résistance à la flexion du Mo et Mo+ (5, 10, 15 ,20)% de MK.

Type de mortier	Age (jours)	Résistance à la flexion (MPa)
Mo(témoin)	7j	2,35
	14j	2,41
	21j	4,50
	28j	5,67
Mo+5% MK	7j	3,56
	14j	4,52
	21j	5,83
	28j	6,95
Mo+10% MK	7j	3,77
	14j	5,75
	21j	5,95
	28j	7,25
Mo+15% MK	7j	4,96
	14j	6,03
	21j	6,34
	28j	8,55
Mo+20% MK	7j	5,95
	14j	6,16
	21j	7,56
	28j	8,95

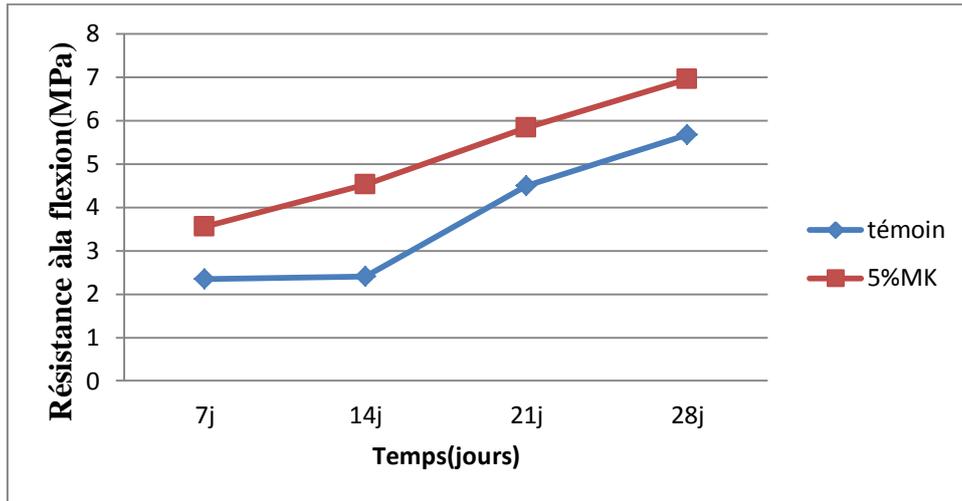


Figure.IV.08 :Résistance à la flexion de Mo et Mo+ 5%MK.

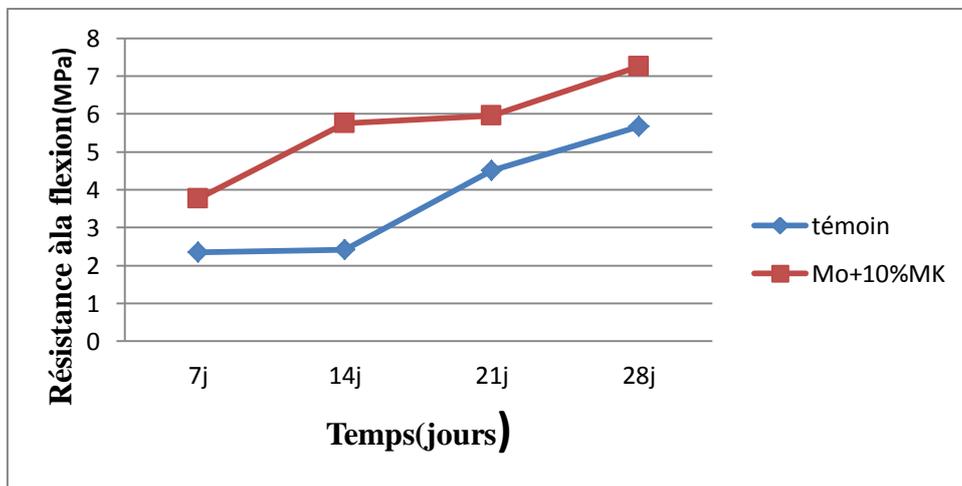


Figure.IV.09 :Résistance à la flexion de Mo et Mo+ 10%MK.

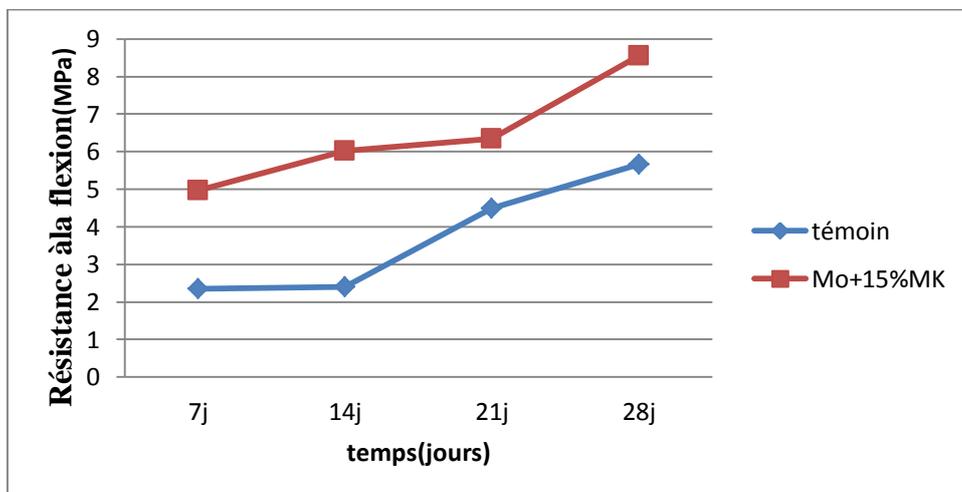


Figure.IV.10 :Résistance à la flexion de Mo et Mo+ 15%MK.

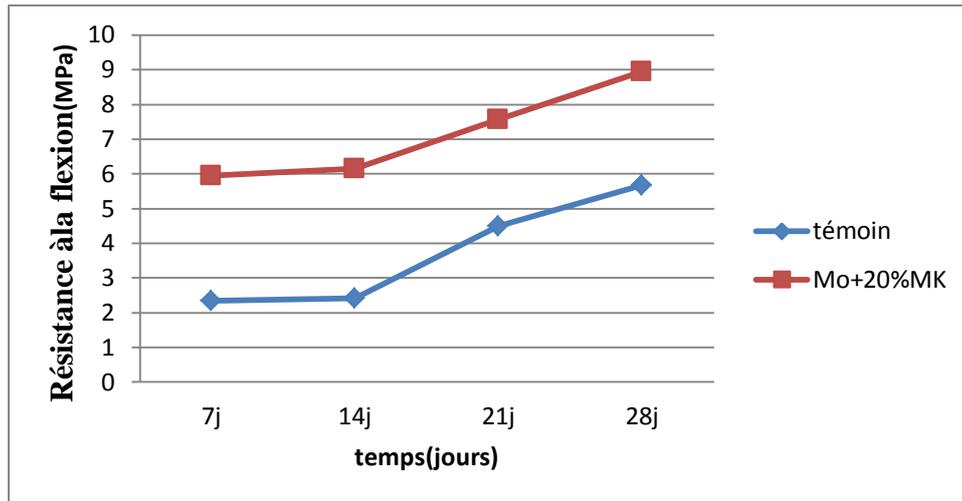


Figure.IV.11:Résistance à la flexion de Mo et Mo+ 20%MK.

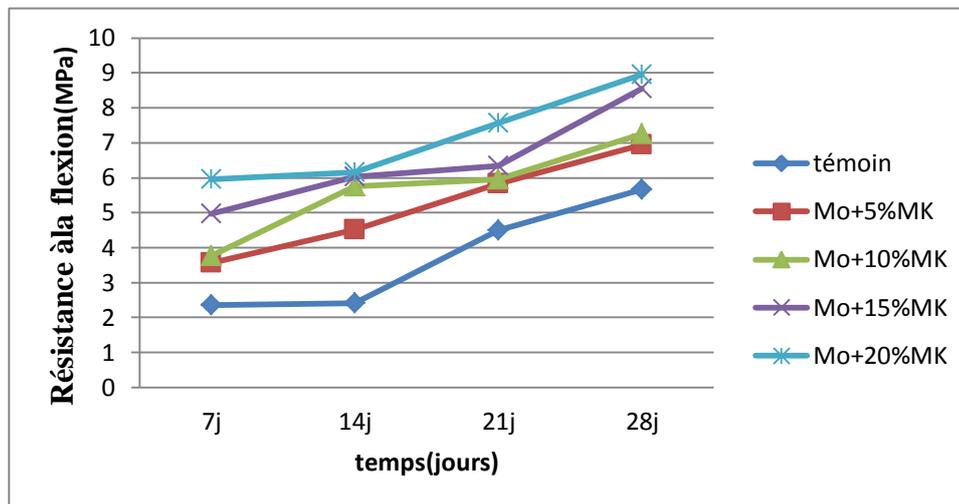


Figure.IV.12 :Résistance à la flexion de Mo et Mo+ (5, 10,15,20)% MK.

Commentaire

On remarque qu'il y a une augmentation de la résistance à la flexion, on montre que le MK joue un rôle positif dans le développement de la résistance à la flexion pour des mortiers incorporant des pourcentages de 05, 10, 15,20% de substitution à partir de 07 jours.

Les mortiers mixtes (ciment-métakaolins) utilisés sont de la même composition que ceux utilisés pour la mesure de la résistance en compression.

A 7,14,21 et 28 jours, tous nos mortiers mixtes présentent des résistances en flexion supérieures à celles obtenues par le mortier de référence.

VI.2.3.2. Résistance à la compression :

Les résultats de la résistance à la compression des éprouvettes cubique de dimension $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ retenues sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau.IV.10. Résultats de la résistance à la compression du Mo et Mo+ (5,10,15,20)% de MK.

Type de mortier	Age (jours)	Résistance à la compression (MPa)
Mo(témoin)	7j	12,4
	14j	13,5
	21j	15,1
	28j	17,7
Mo+5% MK	7j	14,3
	14j	15,4
	21j	20,5
	28j	22,3
Mo+10%MK	7j	17,1
	14j	19,2
	21j	24,6
	28j	26,7
Mo+15%MK	7j	21,0
	14j	23,9
	21j	29,0
	28j	32,2
Mo+20% MK	7j	22,5
	14j	25,0
	21j	32,7
	28j	34,5

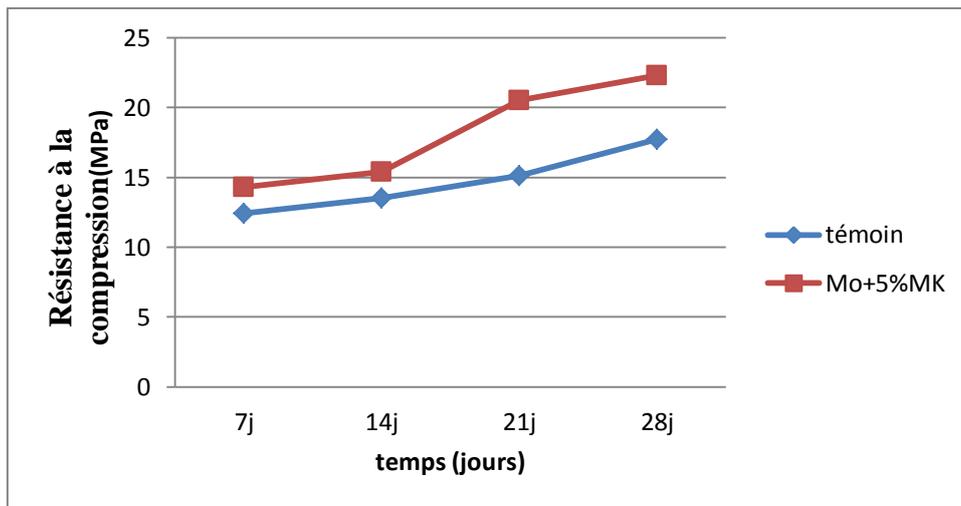


Figure.IV.13 :Résistance à la compression de Mo et Mo+ 5%MK.

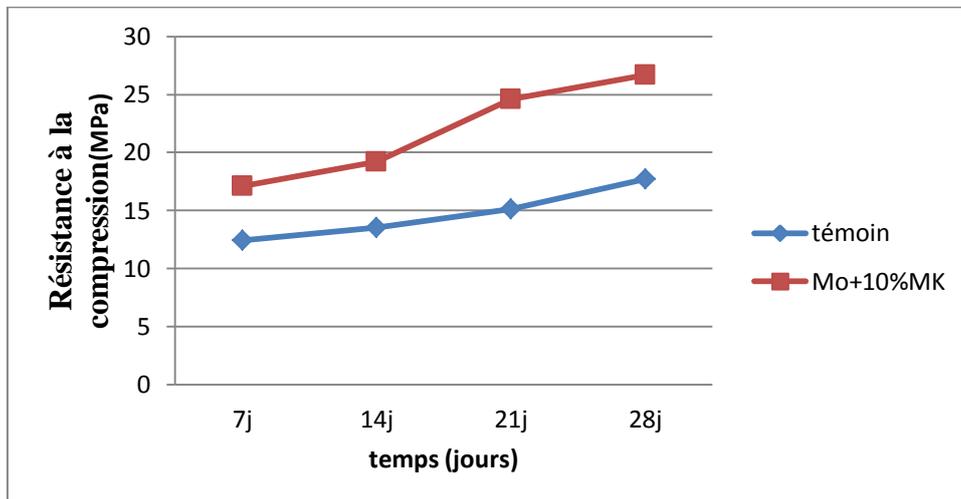


Figure.IV.14:Résistance à la compression de Mo et Mo+ 10%MK.

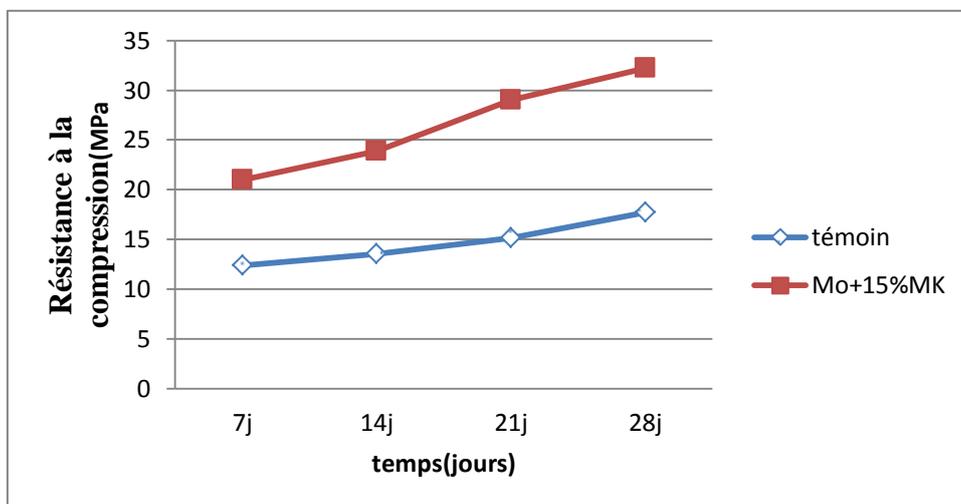


Figure.IV.15:Résistance à la compression de témoin et Mo+ 15%MK.

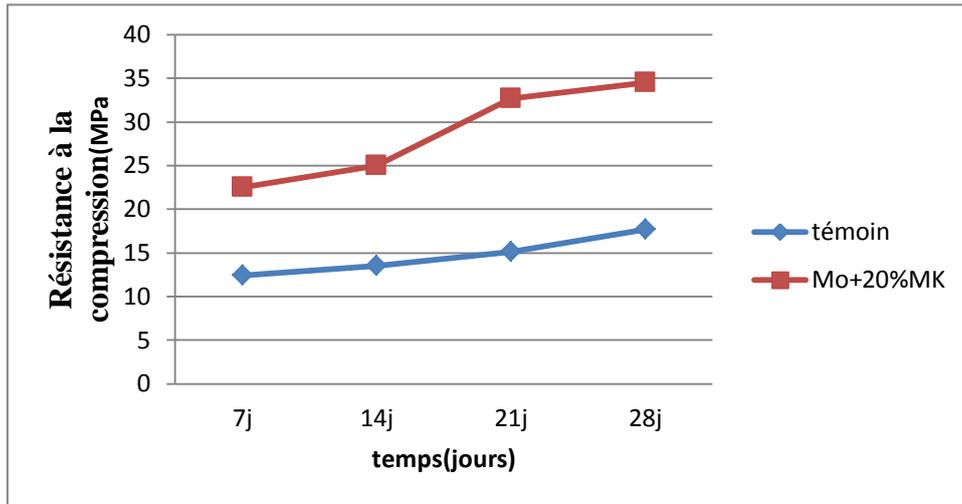


Figure.IV.16: Résistance à la compression de témoin et Mo+ 20%MK.

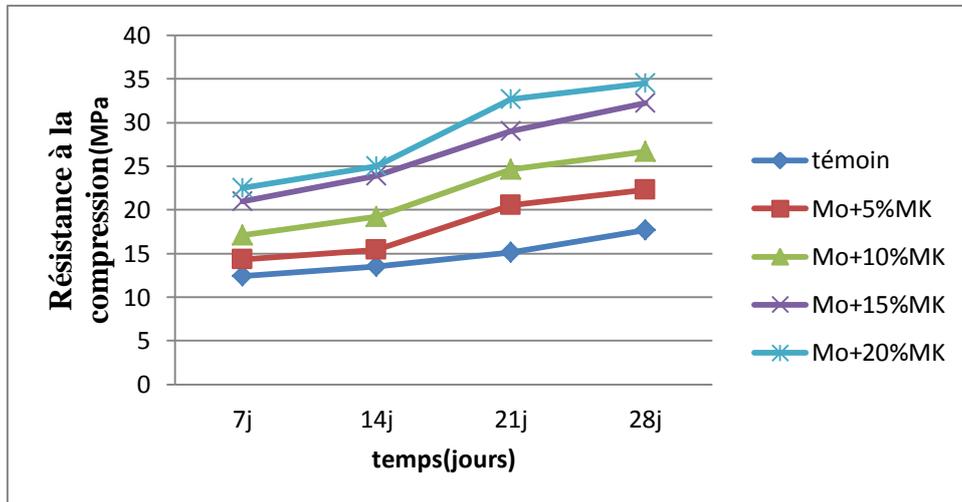


Figure.IV.17 : Résistance à la compression de Mo et Mo+ (5, 10,15,20)% MK.

Commentaire :

La figure IV.17 permet de visualiser les performances mécaniques des mortiers formulés en partie avec les métakaolins et de les comparer à un mortier ordinaire. A 7,14,21 et 28 jours , le mortier contenant du métakaolin obtient des performances mécaniques pratiquement supérieure au mortier de référence.

VI.3.Conclusion :

Dans ce chapitre on a montré l'importance de l'incorporation du Métakaolin dans le mortier. Les mortiers subissent une perte de maniabilité suite à l'incorporation du Métakaolin d'où la nécessité d'utiliser un superplastifiant. Cette étude a montré aussi que le Métakaolin a un rôle beaucoup plus positif sur le mortier.