



HAL
open science

Etude expérimentale sur les propriétés du béton drainant sous influence de la taille des granulats

Abdenour Khezzane, Abdelhalim Abdelhalim Benouis, Elhem Ghorbel,
Salima Boukour

► To cite this version:

Abdenour Khezzane, Abdelhalim Abdelhalim Benouis, Elhem Ghorbel, Salima Boukour. Etude expérimentale sur les propriétés du béton drainant sous influence de la taille des granulats. The First National Conference on Civil Engineering and Environment (NCC2E'2021), University Yahia Fares of Medea Department of Civil Engineering and Laboratory of Materials and Environment (LME), May 2021, Medea, Algérie. hal-03862103

HAL Id: hal-03862103

<https://hal.science/hal-03862103v1>

Submitted on 20 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



Etude expérimentale sur les propriétés du béton drainant sous influence de la taille des granulats

KHEZZANE Abdenour¹, BENOUIS Abdelhalim², GHORBEL Elhem³, BOUKOUR Salima⁴

¹Laboratoire de génie civil et hydraulique université 8 mai 1945 Guelma , BP 401 Guelma 24000,
khezzane.abdenour@univ-guelma.dz , Agérie.

²Laboratoire de génie civil et hydraulique université 8 mai 1945 Guelma , BP 401 Guelma 24000,
benouis.abdelhalim@univ-guelma.dz, Agérie.

³Laboratoire de Mécanique et matériaux de génie civil, CY Cergy Paris Université ,5 Mail Gay Lussac Neuville sur Oise
95031 Cergy Pontoise Cedex, elhem.ghorbel@cyu.fr , France.

⁴Laboratoire de génie civil et hydraulique université 8 mai 1945 Guelma, centre universitaire Abdelhafid Mila, BP N°26
RP Mila 43000, salimabouk@hotmail.fr, Agérie.

Résumé

Le béton drainant est un matériau respectueux de l'environnement. Il constitue la solution alternative pour les revêtements de soles imperméable qui gèrent mal les divers problèmes causé par les eaux pluviales ... Egalement appelé béton poreux ou béton caverneux ou encore béton perméable, il possède des caractéristiques mécaniques et drainantes. La porosité interconnectée qui constitue ce béton est le facteur essentiel qui favorise ses qualités drainantes, en même temps sa présence conduit à une chute des performances mécaniques. L'objectif de cette recherche est de trouver la meilleure class granulaire pour un béton drainant qui équilibre entre deux propriétés contradictoires, porosité et résistance mécanique. Des essais expérimentaux ont été effectués au laboratoire en analysant l'influence de trois différentes granulométries du gravier sur les caractéristiques du béton drainant à base des matériaux locaux (provenant des carrières et d'usines en Algérie) à l'état frais et à l'état durci. Les résultats ont montré l'effet de l'influence de la granulométrie sur le béton drainant, en termes de porosité et de la résistance mécanique .

Mots clés

Béton drainant, classe granulaire , comportement mécanique, Porosité, Matériaux Algérien.

1. Introduction

Avec la croissance démographique et l'urbanisation continue, nos villes sont recouvertes de surfaces imperméables telles que les bâtiments résidentiels et commerciaux. ce qui conduit à un manque de perméabilité à l'eau et à l'air causé par les chaussées communes imperméables, ainsi les eaux pluviales ne suivent pas leur cycle naturel qui est l'infiltration aux aquifères, mais ruisselles en surface des sols et engendrent plusieurs risques sur l'environnement. L'aménagement urbain et sur la sécurité de la circulation des véhicules et des passagers à pieds [1]. Lors d'une série d'événement pluvieux, le système de drainage urbain se surcharge et atteint souvent ses limites rapidement et les inondations par éclats deviennent inévitables. De plus, avec la surface imperméable, il est difficile pour le sol d'échanger chaleur et humidité avec l'air, par conséquent, la température et l'humidité à la



surface de la Terre ne peuvent être ajustés. Ce qui amène le phénomène des îlots de chaleur en ville. L'utilisation du béton drainant pour les revêtements de sol en ville est favorisée par les planificateurs car c'est un type spécial de béton avec une porosité continue allant de 15% à 35% et se constitue d'un système de pores interconnectés permettant à l'eau de s'écouler facilement [1]–[3]. Au cours des dernières décennies, l'utilisation du béton perméable pour la construction de routes secondaires, de parkings, d'allées, d'aires de jeux et de trottoirs ... augmente continuellement en raison de ses divers avantages environnementaux [1], [3], [4], et ses propriétés mécaniques et drainantes. Ce travail est une étude expérimentale préliminaire basée sur l'étude d'un béton drainant réalisé avec l'utilisation des matériaux locaux provenant des carrières et d'usines en Algérie. Le but est d'évaluer l'influence de la taille des granulats sur ses propriétés, à l'état frais et à l'état durci. La résistance mécanique à la compression du béton drainant sera évaluée à différents âges de durcissement. On ne peut pas étudier le béton drainant sans évoquer la porosité qui est la caractéristique la plus importante pour ce genre de béton, la porosité interconnectée est mesurée à différents âges de durcissement comme pour la résistance à la compression. Ce travail de recherche a été effectué au laboratoire LGCH et s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat à l'université 8 Mai 1945 Guelma portée sur le même axe.

2. Procédures expérimentales et matériaux

La conception du mélange du béton drainant est différente de celle conventionnelle. La conception du mélange de béton drainant est composée de ciment Portland, d'agrégat grossier uniforme (permettant relativement peu de tassement de particules), d'environ 7% d'agrégat fin en poids d'agrégat total et d'eau. L'addition d'une petite quantité d'agrégat fin sous forme de sable fournit une résistance à la compression supplémentaire, une meilleure durabilité et une résistance élevée aux cycles de gel / dégel. En général, le mélange de béton perméable se compose de 270–415 kg m⁻³ de ciment, de 1190–1880 kg m⁻³ d'agrégats et le rapport eau / ciment varie de 0,27 à 0,48. La résistance à la compression typique de 28 jours varie de 3,5 à 28,0 MPa [4]. De plus, les tailles de pores caractéristiques varient de 2 à 8 mm selon le type d'agrégats et la méthode de compactage [4], [5].

Pour voir l'influence de la taille des granulats sur le béton drainant, la seule variable de cette étude est la granulométrie, on a choisi trois tailles en gardant les mêmes quantités des composants, pour un mètre cube de béton drainant. Le dosage en ciment est de 350 Kg avec un rapport E/C de 0,4, et une quantité de sable 100 Kg, la quantité des graviers utilisés est de 1600 Kg avec trois classes 3-8 mm, 8-15 mm et 15-25 mm.

Trois formules de béton drainant avec granulométries différentes ont été utilisées. Une fois la fabrication terminée, le moulage des échantillons du béton drainant est effectué dans des moules (15x15x15 cm³) sans compactage ni compression. À différents âges 7, 14 et 28 jours, des essais au laboratoire LGCH Guelma ont été menés pour évaluer les propriétés mécaniques des échantillons.

2.1. Propriétés des matériaux

Table. 1. Les Compositions des différents bétons drainants (kg/m³).

Béton	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Sable	Ciment kg/m ³	Eau kg/m ³	E/C
BD1	1600	---	---	100	350	100	0.4
BD2	---	1600	---	100	350	100	0.4
BD3	---	---	1600	100	350	100	0.4

Les granulats de gravier concassé, provenant de la carrière Ain Abid Constantine. Ils sont tamisés pour assurer trois répartitions granulométriques entre (3 mm et 8 mm), (8 mm et 15 mm) et (15 mm et 25 mm). Afin de maximiser la porosité que nous voulons obtenir, les graviers sont lavés pour éliminer toutes impuretés restantes après le processus de tamisage. La densité et l'absorption d'eau de la pierre concassée après lavage étaient respectivement de 1600 kg / m³ et 0,83%. Pour toutes les compositions du mélange, la teneur en gravier sélectionné est fixée à 1600 kg / m³. Le CEM II / A-S 42.5 a été utilisé comme liant, il est composé de (85 % de Clinker, 10 % de Pouzzolane, 3 % de Gypse et 2 % de Calcaire sableux) selon la norme algérienne NA 442 [6] et il provient de la cimenterie de Hdjar el soud. Le dosage en ciment est de 350 kg / m³. Le rapport eau/ciment (E/C) est fixé à 0,4 pour toutes les compositions. Cela vise à assurer une rhéologie similaire de la pâte de ciment de ces compositions. L'eau utilisée dans ce travail provient du robinet de laboratoire LGCH à Guelma, de plus, une quantité de 100 Kg / m³ de sable provenant de la carrière d'Annaba, a été ajoutée afin d'améliorer le comportement mécanique [7] . Le tableau 1 résume les compositions utilisées dans cette étude. Le processus de mélange est le même pour toutes les formules de béton drainant. Il est préparé dans une bétonnière électrique, en utilisant un récipient d'une capacité nominale de 65 l. Le mélange a été préparé selon la méthode normalisée. Premièrement, le ciment et les granulats ont été mélangés pendant 60 s. Ensuite, 70% de l'eau totale est ajoutée et mélangée pendant 30 s. Enfin, le reste de l'eau a été ajouté et mélangé pendant 60 s. Des lots d'environ de 9 échantillons sont produits pour chaque mélange (tableau 1). Le béton drainant frais obtenu a été immédiatement placé dans les moules cubiques conformément aux spécifications de la norme UNE-EN 12390-1 [8], en trois couches. L'excédent de matériau dépassant le haut du moule est retiré soigneusement pour garantir que la hauteur initiale des échantillons qui est 150 mm ne change pas. Ce retrait a été effectué avec soin, pour éviter d'introduire des forces de compactage. Pour chaque composition neuf échantillons ont été confectionnés. Ensuite, les moules ont été enveloppés dans un sac en plastique pendant les 24 premières heures pour assurer de bonnes conditions de durcissement. Après démoulage, les spécimens ont été immergés dans l'eau pendant 28 jours.

2.2. Méthodes d'essais

Après le malaxage des matériaux, les essais à l'état frais ont été réalisés avec une quantité du mélange du béton drainant frais avant le début de prise, le reste du mélange a été utilisé pour le remplissage des moules de façon à avoir des échantillons pour les essais sur béton drainant à l'état durci aux différents âges de durcissement 7, 14 et 28 jours.



(a)

(b)

(c)

Fig 1. Les éprouvettes des différents bétons drainants .

Les figures 1 (a), 1 (b) et 1 (c) représentent les éprouvettes obtenues avec les bétons BD1, BD2, et BD3 respectivement.

2.2.1. Essais à l'état frais

2.2.1.1. L'affaissement

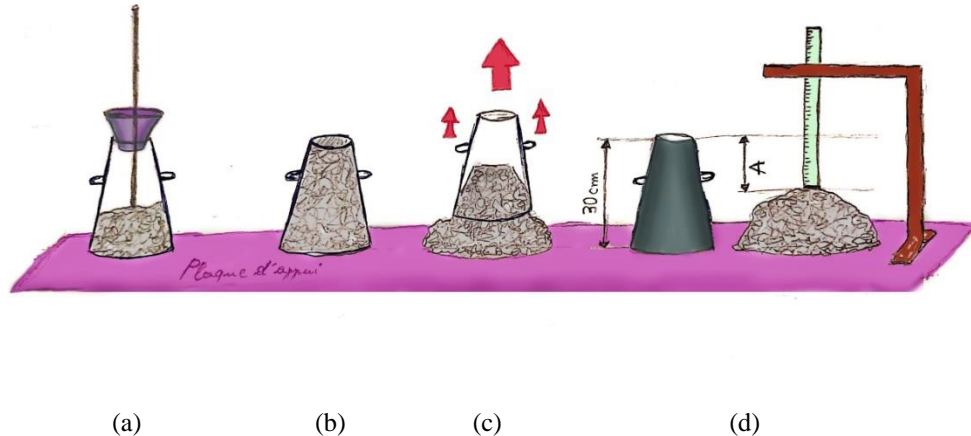


Fig 2. Mode opératoire de l'essai d'affaissement.

La figure 2 illustre le mode opératoire de l'essai d'affaissement. Cet essai est réalisé selon les normes NF EN 12350-2 [9][10], à la fin du malaxage du béton drainant, il a été introduit directement dans le cône d'Abrams (moule tronconique normalisé) par la partie supérieure du moule en trois couches, chacune d'entre elle recevra 25 coups de piquage à l'aide d'une tige métallique (figure 2a), le béton débordant est retiré pour que la surface supérieure du moule soit arasée (figure 2b), pour le bon déroulement de l'essai, l'appareillage est positionné sur une surface horizontale, un démoulage immédiat est effectué on soulève le moule verticalement (figure 2c) et l'affaissement est mesuré par la différence de hauteur entre la partie supérieure du béton drainant démoulé et la hauteur du moule tronconique, à l'aide d'un portique de mesure en cm (figure 2d).

2.2.1.2. La masse volumique

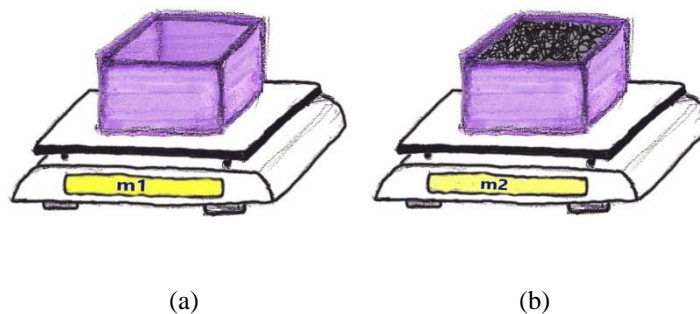


Fig 3. Détermination de la masse volumique.

La figure 3 illustre le mode opératoire de l'essai de la masse volumique selon la norme NF EN 12350-6 [11], qui consiste à remplir avec du béton drainant frais un moule avec des dimensions connues, pour notre étude on a opté d'utiliser nos mêmes moules cubiques (15x15x15 cm), (figure



3b) un bon serrage à refus par couches d'épaisseur approximativement égales de hauteur maximale d'environ 50 mm est nécessaire, la surface supérieure est talochée et soigneusement arasée avec la règle. On calcule la masse volumique D (kg/m^3) selon la formule (1) en kilogramme par mètre cube arrondie aux $10 \text{ kg}/\text{m}^3$ les plus proches, m_1 est la masse du moule vide, en kilogramme (kg) (figure 2a), m_2 est la masse du moule plus la masse de béton frais contenu dans le moule, en kilogramme (kg) et V est le volume du moule cubique, en mètre cube (m^3).

$$D = (m_2 - m_1) / V \quad (1)$$

2.2.2. Essais à l'état durci

2.2.2.1. Essais de compression

Les éprouvettes confectionnées sont retirées de l'eau quelques heures avant l'essai et sont essuyées avec un tissu absorbant. La presse des essais se compose d'un plateau inférieur fixe sur lequel on pose les éprouvettes, et d'un plateau supérieur mobile. En dévalant celui-ci écrase le corps de l'éprouvette contre le plateau inférieur. L'effort est appliqué progressivement à vitesse de chargement constante selon la norme NFP 18-406 [12]. La charge maximale P en (Mpa) est connue lorsque la rupture est enclenchée, on peut dire à ce moment, que l'essai de compression est achevé. Pour chaque âge de durcissement l'essai est reproduit sur 3 échantillons pour chaque granulométrie.

2.2.2.2. Essai de porosité connecté

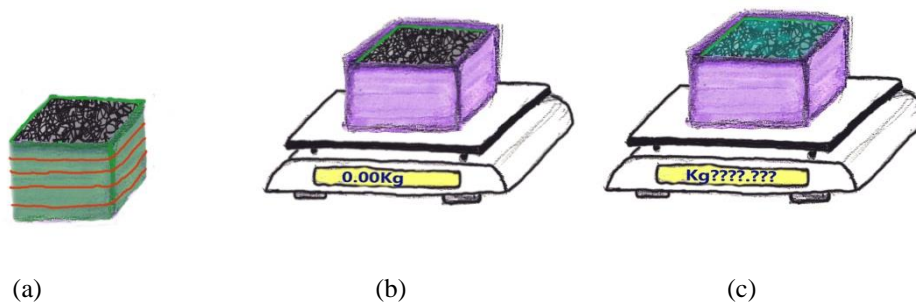


Fig 4. Mesure de la porosité connectée.

Avant le calcul de la porosité ouverte P en %, selon la norme NF P18-459, les échantillons sont retirés 3 heures de l'eau et essuyés à sec à l'aide d'un tissu absorbant. La méthode consiste à mesurer la quantité d'eau qui traverse les pores interconnectés de l'échantillon. On commence par mesurer ses dimensions de tous les côtés et on calcule son volume V en (m^3), on recouvre notre échantillon avec deux couches de film imperméable sur cinq côtés, les élastiques sont placés autour des couches imperméables afin de fournir une légère pression latérale (Fig. 4a). Ensuite on les introduit dans le moule de coulage et on les met sur une balance numérique tarée (Fig. 4b), ensuite, on verse de l'eau dessus jusqu'à atteindre le niveau de la surface supérieure de l'échantillon. On a légèrement tapoté sur les côtés de l'éprouvette pour faire remonter les bulles d'air. On complète avec de l'eau qui manque pour qu'il soit à arborée avec la surface supérieure de l'échantillon. On note la masse d'eau introduite M en (kg) (Fig. 4c), la porosité ouverte P en (%) est calculée selon la formule (2) pour les éprouvettes à différents âges 7, 14 et 28 jours, à la fin de chaque mesure, les échantillons sont retournés à l'eau pour conservation. Pour chaque âge de durcissement, l'essai a été reproduit sur 3 échantillons pour chaque granulométrie.



$$P\% = 100 \times (M / V) \quad (2)$$

3. Résultats et discussions

Table. 2. Les Résultats des essais a l'état frais.

Béton	BD1	BD2	BD3
Affaissement (cm)	9.80	11.92	12.60
Masse volumique (kg/m ³)	1.65	1.59	1.59

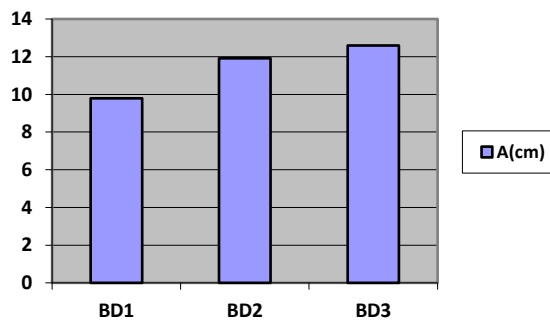


Fig 5. Affaissement (cm).

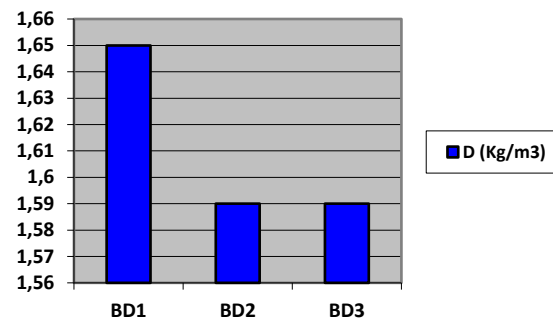


Fig 6. Masse volumique (Kg/m3).

L'essai au cône d'Abrams permet d'évaluer la consistance d'un béton, c'est-à-dire évaluer sa fluidité qui est fonction du rapport E/C mais aussi fonction de la teneur en fines. Le béton drainant doit avoir un aspect ni trop sec ni trop fluide. Le tableau 2 ainsi que la (figure 5) et la (figure 6) montrent les résultats moyens des essais à l'état frais sur les différents bétons drainants. Les résultats selon la norme ENV 206 [10] et la norme de l'affaissement [9] qui définissent les classes de consistance du mélange des bétons drainants montrent que les trois bétons drainants sont classés comme bétons très plastiques. Cependant, on remarque que la fluidité des bétons augmente avec l'augmentation de la granulométrie des graviers. Le béton BD2 (8/15) présente une augmentation de son affaissement de 22% par rapport à celui du béton BD1 (3/8), alors que celui du béton BD3 (15/25) augmente de 29% toujours par rapport à celui du béton BD1. Donc, l'effet de la granulométrie du gravier sur son ouvrabilité est relativement limité car on est resté toujours dans la même classe (S3). Le béton drainant étant très plastique de classe S3, il ne sera pas très difficile à mettre en œuvre et nécessite donc, un savoir faire particulier pour pouvoir l'étaler sur de grandes surfaces tels que les parkings et les aires de jeux.

La masse volumique des trois mélanges correspond à un béton de densité moyenne [11], On remarque qu'avec l'augmentation de la taille des graviers la masse volumique diminue et c'est expliqué par l'augmentation des vides dans le béton drainant. Mais cette diminution reste relativement faible avec moins de 4%.

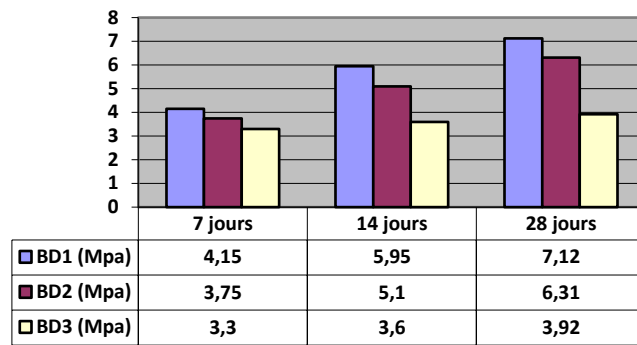


Fig 7. Résultats moyennes de la résistance a la compression (Mpa).

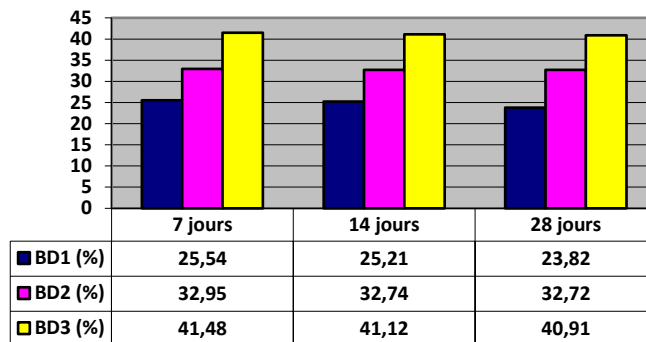


Fig 8. Résultats moyennes de la Porosité connecté (%).

Les deux histogrammes sur la (figure 7) et la (figure 8) montrent les résultats moyennes des essais à l'état durci sur les différents bétons drainants en fonction pour les trois âges. Les résistances évoluent inversement à la grosseur des graviers et ceci à tous les âges. Le béton avec des granulats 3/8 (BD1) est le plus compacte des trois bétons comme indiqué par les valeurs de porosité. Le béton BD1 présente des résistances à la compression supérieures à celles des bétons BD2 et BD3 à 7j, 14j, 28 j respectivement de 11% et 26%, 17% et 65%, 13% et 82%. On constate aussi que l'évolution de la résistance du béton BD3 avec le temps est faible comparativement aux deux autres bétons. Elle est seulement de 20% pour le béton BD3 alors qu'elle atteint les 71% pour le béton BD1 et 68% pour le béton BD2. Donc, une granulométrie plus faible des graviers est favorable à une meilleure cinétique du durcissement.

Les valeurs de la porosité sont inversement proportionnelles à celles des résistances. Le béton BD1 présente une porosité inférieure à celles des bétons BD2 et BD3 à 7j, 14j, 28 j respectivement de 22% et 38%, 23% et 37%, 27% et 42%.

En terme d'évolution dans le temps, les porosités des différents bétons présentent des chutes à 28 jours par rapport à celles à 7 jours. Ces chutes sont respectivement, pour les bétons BD1, BD2 et BD3, de 6.7%, 1% et 1.3%. Ces évolutions ne reflètent pas celles des résistances car les valeurs sont



celles des porosités ouvertes alors les bétons contiennent d'autres types de porosités (non connectées et non accessibles).

4. Conclusions

A partir des résultats obtenus de cette étude expérimentale sur trois bétons drainants avec trois classes granulaires, les conclusions suivantes sont tirées :

La rhéologie du béton drainant est influencée par un facteur qui est la taille des granulats. Les petits granulats conduisent à moins d'affaissement.

Les granulats du béton drainant de petite taille, ont une meilleure compacité par l'enchevêtrement de ces granulats.

La résistance à la compression de nos bétons drainants est relativement faible mais cette résistance est acceptée pour les structures à revêtement perméable.

La résistance à la compression du béton le plus grossier est la plus petite des trois bétons testés. Alors sa porosité est la plus grande.

L'augmentation des résistances de ces bétons dans le temps est beaucoup plus importante que la diminution de leurs porosités.

References

- [1]G. Xu *et al.*, "Investigation on the properties of porous concrete as road base material," *Constr. Build. Mater.*, vol. 158, pp. 141–148, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.151.
- [2]N. Xie, M. Akin, and X. Shi, "Permeable concrete pavements : A review of environmental benefits and durability," *J. Clean. Prod.*, vol. 210, pp. 1605–1621, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.134.
- [3]J. Yang and G. Jiang, "Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials," *Cem. Concr. Res.*, vol. 33, no. 3, pp. 381–386, 2003, doi: 10.1016/S0008-8846(02)00966-3.
- [4]ACI Committee 522, "Report on Pervious Concrete," *Aci 522R-10*, p. 42, 2010.
- [5]D. H. Nguyen, N. Sebaibi, M. Boutouil, L. Leleyter, and F. Baraud, "A modified method for the design of pervious concrete mix," *Constr. Build. Mater.*, vol. 73, pp. 271–282, 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.088.
- [6]N. ALGERIENNE, "Liants hydrauliques-ciments courants: composition, spécifications et critères de conformité." NA, 2000.
- [7]L. Korat, V. Ducman, and I. Netinger, "Influence of aggregate type and size on properties of pervious concrete," vol. 78, pp. 69–76, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.12.073.
- [8]B. EN, "12390-1 Testing hardened concrete—Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds," *Eur. Comm. Stand.*, 2000.
- [9]N. F. essai d'affaissement EN, "12350-2, 2012," *Norme. Essais pour Bét. frais-Partie*, vol. 2.
- [10] J. M. R. Caltarino, "Statistical criteria for acceptance of materials performance of concrete standards ENV 206: 1993 and prEN 206; 1997," in *12 th ERMCO Congress. Proceedings*, vol. 1.
- [11] N. F. EN, "12350-6 Essais pour béton frais-Partie 6: masse volumique." Avril, 2012.
- [12] P. AFNOR and P. NF, "P 18-406," *Béton—Essai de compression*, Paris, 1990.