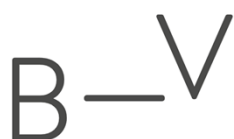


# MATÉRIAUTHÈQUE POUR LES AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS



BOURIETTE & VACONSIN + ALTO STEP

Mars 2025





# MATÉRIAUTHÈQUE POUR LES AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS



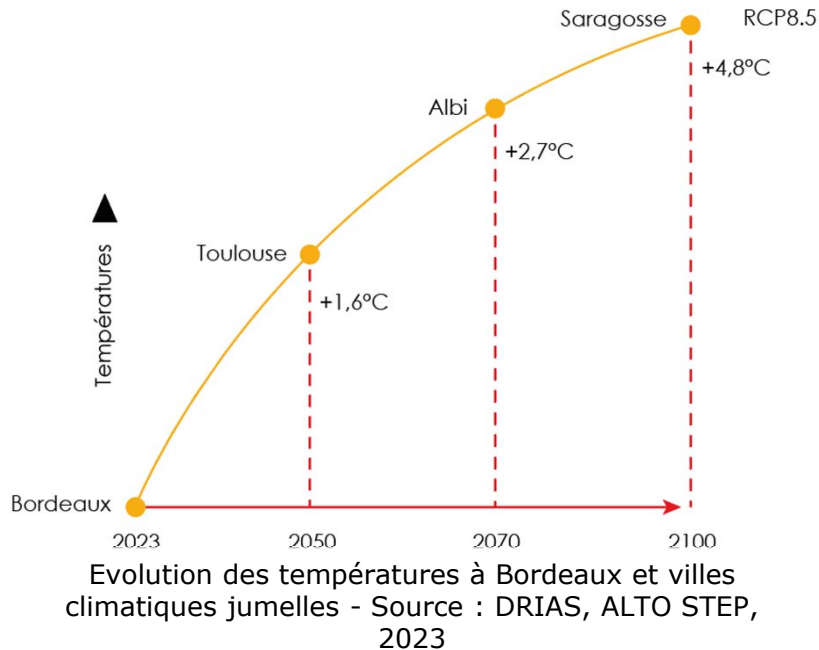
## SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2. Synthèse des caractéristiques des matériaux</b>	<b>6</b>
2.1. Tableau de synthèse de l'adaptation des matériaux aux usages	6
2.2. Tableau de synthèse des performances environnementales	7
<b>3. Présentation des indicateurs</b>	<b>8</b>
<b>4. Fiches techniques</b>	<b>10</b>
4.1. Terres et argiles	11
4.2. Pierres	17
4.3. Bétons	27
4.4. Enrobés	35
4.5. Bois et dérivés	44
4.6. Revêtements végétalisés	58
4.7. Sous couches et gravats	63
<b>5. Références</b>	<b>70</b>



# Introduction

**En Gironde le climat change, en 2100 on pourrait s'attendre à :**



## L'impact de l'aménagement des espaces extérieurs

- Les **travaux publics** représentent **3,5% des émissions carbone en France** et l'utilisation des infrastructures pèse pour la moitié de ces émissions.
- Ces espaces sont le support de nombreux usages avec des **émissions associées** : transports carbonés ou non (piéton, cycle, voiture, camion, etc.) et usages récréatifs (promenades, terrasses, sports...).
- Aménager un espace urbain nécessite de s'interroger pour réduire les impacts sur l'environnement liés :
  - aux consommations de matières premières et de ressources naturelles,
  - à la maîtrise des pollutions (eau de ruissellement, micro-particules aériennes, pollens allergisants),
  - à la préservation et à l'accueil de la biodiversité...
- Il s'agit aussi de s'adapter aux évolutions du climat pour imaginer des espaces vivables et assurer des Ilots de Fraicheur Urbains, des sols perméables, une végétation adaptée aux évolutions des températures, de la pluviométrie et non allergisante...

Sources : Alec, 2023, Rapport ARTELIA, 2015, Carbone 4, 2022, Météo France - DRIAS, GIEC 2023

## + 2 à 6°C

De température moyenne annuelle selon les scénarios du GIEC (comparaison période 1976-2005)

## + 17 jours

Annuels très chauds (>35°C) (comparaison période 1976-2005)

## + 5 à 15 jours

Jours consécutifs de sécheresse estivale (comparaison période 1976-2005)

## 15 jours

De nuit tropicales (>20°C) en Gironde en 2100 (GIEC RCP4.5)

## -20 à -50%

De la recharge des nappes phréatiques en Gironde d'ici 2100

## -5%

De précipitations moyennes en Gironde en 2100 (comparaison période 2071-2100) mais avec des épisodes pluvieux plus intenses et différemment répartis dans l'année.

Sources : Scénario GIEC, DRIAS, Météo France



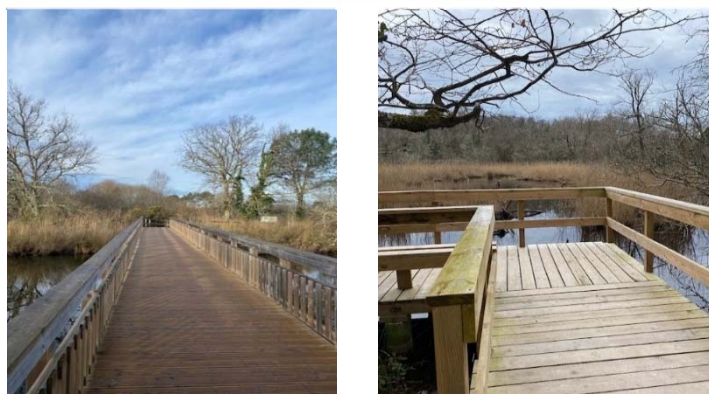
Crue de 2021 à Langon - Source : Ville de Langon

## Le besoin d'un socle commun de connaissance pour les équipes du Département

- Le Département gère plus d'un million de m<sup>2</sup> de bâtiments et autant d'espaces extérieurs : cours de collèges, parkings urbains, aires de stationnement, chemins de pleine nature, espaces verts... Ces espaces comptent pour près de 8% de l'empreinte carbone du Département en 2023.
- La conception et la maintenance de ces espaces évoluent pour répondre aux enjeux d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.
- De nouveaux référentiels sont nécessaires pour guider la commande publique, les échanges d'expériences sont indispensables pour faire évoluer la conception de ces espaces et oser le recours aux nouveaux matériaux et procédés.

## Une matériauuthèque pour partager des solutions techniques sous le prisme :

- **Des usages** : cheminements piétons, accès PMR, stationnement VL/PL, esthétique paysagère, usages sportifs, cours de collèges, etc.
- **Des performances environnementales** : durabilité, perméabilité, poids carbone, proximité de la ressource, etc.
- **Des contraintes techniques et économiques** : facilité de mise en œuvre et d'entretien, coûts d'aménagement, d'entretien et de maintenance.



Passerelles en bois à la réserve ornithologique du Teich - Source : ALTO STEP

## Chemin d'une construction collective

24/01/2024

Réunion de lancement pour partager l'état des lieux des pratiques de la conception des espaces extérieurs par les directions départementales questionné par B&V et ALTO STEP

11/03/2024

Atelier sur les enjeux, REX et besoins du Département

26/06/2024

Atelier sur d'analyse de matériauuthèques, définition de la structure générale, (forme et contenu), famille de matériaux à étudier...

03/07/2024

Atelier de finalisation de la trame générale de la matériauuthèque, définition et représentation des indicateurs, liste de matériaux à étudier... + Visite de l'entreprise SOP Mérignac pour le reconditionnement des pavés napoléoniens et du Parc Treulon à Bruges (cheminement en béton bas-Carbone - Lafarge)

18/09/2024

Atelier de co-construction de la matériauuthèque + Visite de sites (enrobé drainant - Colas ; béton bas carbone - Hoffman)

11/12/2024

Atelier de co-construction de la matériauuthèque + Visite de carrières de granulat, graves et terres recyclées (entreprise CMGO) à Mérignac et Martignas

22/01/2025

Atelier de co-construction de la matériauuthèque + Visite des aménagements extérieurs en bois du Parc Ornithologique du Teich, avec FIBOIS

19/03/2025

Matinale départementale sur les matériaux de revêtement de sols pour les espaces publics

▼ Evolution de l'outil

# TABLEAU CROISÉ DES USAGES

Catégories	Type de matériaux	Cheminement piéton	Cheminement PMR	Voie d'accès	Voie pompiers	Stationnement VL	Stationnement cars / PL	Stationnement PMR	Aménagement paysager	Terrain de sport	Cour de collège
Terres & argiles	Pavés terre cuite										
	Béton d'argile						Sous réserve			Sous réserve	
Pierres	Pavés pierre						Sous réserve				
	Réemploi de pavés napoléoniens						Sous réserve				
	Pavés enherbés		Sous réserve	Sous réserve				Sous réserve			
Bétons	Bas carbone								Sous réserve		
	Drainants						Sous réserve		Sous réserve		
	Pavé coquillages				Sous réserve	Sous réserve	Sous réserve				
Enrobés	Bitumineux drainants										
	A liant organo-minéral drainant										
	A liant végétal drainant										
	Gravillonnage superficiel sur sous-couche										
Bois et dérivés	Liège			Sous réserve							
	Bois brûlés			Sous réserve							
	Bois naturellement imputrescibles			Sous réserve							
	Bois traités autoclave			Sous réserve							
	Bois traité haute température			Sous réserve							
	Matériaux fluants			Sous réserve	Sous réserve		Sous réserve				
Revêtements Végétal	Grave compactée mycorhizée			Sous réserve							Sous réserve
	Mélange terre-pierre			Sous réserve							Sous réserve
Sous-couches et gravats	Sous-couches de voiries recyclées										
	Terres recyclées										
	Traitement en place avec liant hydraulique										



Matériau adapté à l'usage



Matériau peu adapté à l'usage



Matériau adapté à l'usage sous réserve  
(type de pose, épaisseur, etc)

# TABLEAU RÉCAPITULATIF DES INDICATEURS ET PERFORMANCES

Catégories	Type de matériaux	Durabilité (durée de vie)	Coût/an	Fréquence d'entretien	Perméabilité	Impact ICU	Poids carbone	Proximité de la ressource	Accessibilité PMR
Terres & argiles	Pavés terre cuite								
	Béton d'argile								
Pierres	Pavés pierre								
	Réemploi de pavés napoléoniens								
	Pavés enherbés								
Bétons	Bas carbone								
	Drainants								
	Pavés coquillages								
Enrobés	Bitumineux drainants								
	A liant organo-minéral drainant								
	A liant végétal drainant								
	Gravillonnage superficiel sur sous-couche								
Bois et dérivés	Liège								
	Bois brûlés								
	Bois naturellement imputrescibles								
	Bois traités autoclave								
	Bois traité haute température								
	Matériaux fluants								
Revêtements végétal	Grave compactée mycorhizée								
	Mélange terre-pierre								
Sous-couches et gravats	Sous-couches de voiries recyclées					NC			NC
	Terres recyclées					NC			NC
	Traitement en place avec liant hydraulique								



Matériau à impact positif sur l'indicateur



Matériau à impact relativement positif sur l'indicateur



Matériau à impact neutre sur l'indicateur



Matériau à impact relativement négatif sur l'indicateur



Matériau à impact négatif sur l'indicateur



Matériau à impact très négatif sur l'indicateur <sup>7</sup>

# INDICATEURS GÉNÉRAUX

## INDICATEURS SYNTHETIQUES



- **Santé publique et confort** : Plus la jauge est remplie, plus l'impact du matériau sur la santé publique et le confort est positif. Cet indicateur intègre notamment la contribution à l'ICU, le confort d'utilisation...
- **Environnement** : Plus la jauge est remplie, plus le matériau a un impact vertueux sur l'environnement. L'indicateur environnemental intègre notamment l'impact carbone du matériau, la disponibilité du matériau, son caractère perméable...
- **Coûts** : Plus la jauge est remplie, plus le coût global de la solution est élevé (mise en œuvre et entretien / maintenance).

## MISE EN ŒUVRE

La difficulté de mise en œuvre de l'infrastructure est notée par un score qualitatif entre 1 et 3 désigné par les marteaux.



Plus la difficulté est importante, plus il y a de marteaux pleins. Cet encart vient informer les donneurs d'ordre sur le niveau de difficulté technique pour la mise en œuvre de l'infrastructure.

La mesure de l'indicateur se base sur les intervenants, les équipements et le matériel nécessaire. Plus les intervenants sont nombreux et les experts nécessaires dans un domaine particulier (ex : paysagiste, entreprise spécialisée, service espaces verts, service voirie) plus la difficulté sera élevée. De même, plus le matériel sera spécifique (ex : système d'irrigation, nacelle), plus la difficulté sera élevée.

## ENTRETIEN

La difficulté d'entretien de l'infrastructure est notée par un score qualitatif entre 1 et 3 désigné par les clés plate.



Plus la difficulté est importante, plus il y a de clés pleines. Cet encart vient informer les donneurs d'ordre sur le niveau de difficulté technique pour l'entretien de l'infrastructure.

La mesure de l'indicateur se base sur les intervenants, les équipements, le matériel ainsi que sur les fréquences d'entretien nécessaires. Des intervenants nombreux, l'intervention d'experts, du matériel spécifique et des fréquences d'intervention élevées témoigneront d'une plus grande difficulté d'entretien.



# INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

## IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

### Albédo



L'albédo décrit le pouvoir réfléchissant d'une surface. Une surface avec un albédo proche de 0 correspond à une surface qui ne réfléchit pas la lumière, absorbe l'énergie lumineuse, apparaît noire. A l'inverse, une surface avec un albédo proche de 1 réfléchit beaucoup la lumière / l'énergie lumineuse et apparaîtra plus clair / blanche.

L'albédo d'une surface est un facteur contribuant à l'îlot de chaleur urbain et donc au confort thermique des espaces publics généré par le matériau.

*Une note de 0 correspond à un albédo très faible, 5 à un albédo très élevé.*

### Îlot de fraîcheur urbain



L'indicateur d'îlot de fraîcheur décrit la capacité du matériau à favoriser le confort sur l'espace extérieur et à limiter le phénomène d'îlot de chaleur urbain (inconfort voire conséquences sanitaires graves). La contribution à l'IFU reste conditionnée à de nombreux autres paramètres contextuels, tel que l'ombrage par exemple.

*Une note de 0 correspond à un impact fort sur l'îlot de chaleur urbain, 5 à un matériau favorisant le rafraîchissement.*

### Perméabilité des sols



La perméabilité des sols décrit la capacité d'un sol à laisser l'eau s'infiltrer. Elle varie selon le niveau d'artificialisation du sol et des matériaux utilisés. Un sol imperméable (score de 0) favorise le ruissellement des eaux de surface ce qui favorise le risque d'inondation mais également les pollutions.

*Une note de 0 correspond à un sol imperméable, une note de 5 à un sol très perméable.*

### Impact carbone



La prise en compte des émissions de GES est désormais indissociable d'un projet de construction ou d'aménagement comme le montre les avancements de la RE2020. Cet impact environnemental est sourcé via les Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des matériaux.

*Une note de 0 correspond à un matériau à fort impact carbone sur son cycle de vie, une note de 5 à un impact carbone très faible.*

### Proximité géographique



La proximité géographique décrit la distance qui sépare la source d'approvisionnement en matériaux et le lieu d'utilisation. Plus le score est important, plus la proximité géographique est grande et donc le matériau local. Pour un même matériau, le score pourra néanmoins varier selon les producteurs.

*Une note de 0 correspond à un matériau dont le site de production se trouve très éloignée de Gironde, une note de 5 à une production très proche.*

## IMPACTS SOCIAUX

### Accessibilité



Cet indicateur indique l'adaptation du matériau aux déplacements des personnes à mobilité réduite. Il s'agit d'un indicateur empirique établi selon les caractéristiques du matériau : rugosité, dimensions des joints...

*Une note de 0 correspond à une mauvaise accessibilité PMR, une note de 5 à une très bonne accessibilité PMR.*

# 4. FICHES TECHNIQUES

---

<b>4.1. Terres et argiles</b>	<b>11</b>
<b>4.2. Pierres</b>	<b>17</b>
<b>4.3. Bétons</b>	<b>27</b>
<b>4.4. Enrobés</b>	<b>35</b>
<b>4.5. Bois et dérivés</b>	<b>44</b>
<b>4.6. Revêtements végétalisés</b>	<b>58</b>
<b>4.7. Sous couches et gravats</b>	<b>63</b>

# 4.1. Terres & Argiles

## Origine des terres & argiles

La terre crue est utilisée depuis des milliers d'années comme matériau de construction. Il s'agit d'un matériau composite fabriqué à partir de granulats (cailloux, limons et sables de 2 $\mu$ m à 20cm de diamètre) agglomérés par de l'argile (grains plats inférieurs à 2  $\mu$ m) qui joue un rôle de liant. La terre peut ainsi être plus ou moins argileuse selon les concentrations en granulats et en argile.

Ce matériau de construction présente l'avantage d'être facilement disponible et de nombreux gisements existent sur le territoire français, certains sont exploités et on parle alors de glaisière pour désigner ces carrières d'argile. Dans le sol, l'argile se retrouve principalement entre la terre végétale et les blocs de pierre dans les vallées et les plaines à proximité de zones humides. Des alternatives visent également à obtenir cette matière première directement via le recyclage de déchets d'argiles issus de travaux de déblais par exemple.

## L'argile dans les revêtements

L'argile peut s'utiliser crue, compressée ou cuite, sous forme de briques, de panneaux ou de revêtements.

Dans les revêtements de sols extérieurs, on peut la retrouver dans des formes plus historiques comme la brique ou les pavés en terre cuite ou dans les innovations de béton d'argile, en remplacement du clinker (en éléments préfabriqués ou pavés).

## L'argile, une ressource locale

Qu'elle soit issue de terres d'excavation et valorisée ensuite ou issue de carrière d'argile historique, l'argile est une ressource très présente sur le territoire. En effet, nos sous-sols en argile sont plus connus pour présenter un risque (retrait-gonflement) qu'une ressource.

# Pavés terre cuite

## Description générale

Les pavés en terre cuite ou plus communément appelés "calles bordelaises" sont composés d'argile. Ce produit est protégé en ce qui concerne sa fabrication (dernier fabricant de pavés en grés en Gironde) ; il fait partie du patrimoine local. On trouve également de la production de terre cuite autour, dans le 81.

## Les variantes

Une version existe à partir de mégots collectés dans la région (150 mégots incorporés par kg de pavés). Plus d'infos sur : [pave-eco.fr](http://pave-eco.fr).

## L'intégration paysagère

Ces pavés font partie du paysage des trottoirs de Bordeaux. Pour la petite histoire, au XIXe siècle, les premiers pavés de terre cuite sont arrivés par bateaux venus de Boulogne-sur-Mer qui les utilisaient comme lest dans les cales. Les navires abandonnaient ensuite ces pavés sur place sortis des briqueteries du Pas-de-Calais. La ville les réutilisait pour couvrir les trottoirs. Les productions locales ont ensuite pris le relais avec 200 briqueteries dans le Sud-Ouest, installées près des gisements d'argile ; il n'en reste plus qu'une.

## Usages et durabilité

Les pavés en terre cuite sont majoritairement utilisés pour les trottoirs ou les places. Ils peuvent également supporter du stationnement. Très peu poreux, ils résistent bien au gel et ne nécessitent pas de traitement.

Ils sont vendus avec une face lisse et une face bouchardée, il est possible d'alterner les poses.

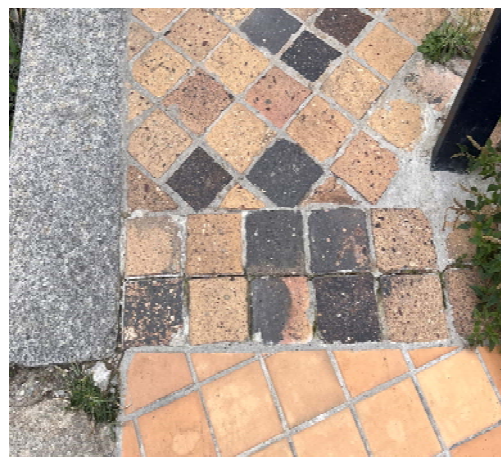
Épaisseur 4 cm : pour trafic piéton et cycliste uniquement, 5 cm : pour véhicules légers ou poids lourds.

## Points d'attention

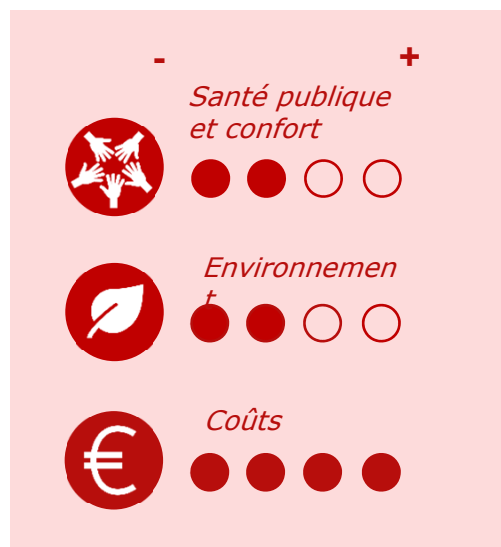
Nous abordons ici le matériau avec une pose sur lit de sable ou sable stabilisé, une pose sur mortier ou ciment n'en fait pas un matériau avantageux dans le cadre de la matériauuthèque (non perméable, fort impact carbone...).

Pour un usage piéton, tous les calepinages peuvent convenir. Pour les voies de circulation, les joints doivent être impérativement décalés.

Une pose sur sable est possible jusqu'à une classe T4 à condition d'avoir un fond de forme avec une bonne résistance, bien compacté, une couche de sable uniforme sur un centimètre pour éviter les tassements différentiels.



Trottoir bordelais constitués d'anciens et nouveaux pavés  
Source : BV – rue Montgolfier



### Avantages (+)

- + Production locale
- + Matière naturelle et locale
- + Savoir-faire local
- + Patrimoine historique
- + Perméable (selon la pose)
- + Réparable (selon la pose)
- + Esthétique

### Inconvénients (-)

- Prix élevé
- Impact énergivore de la cuisson





## La mise en œuvre

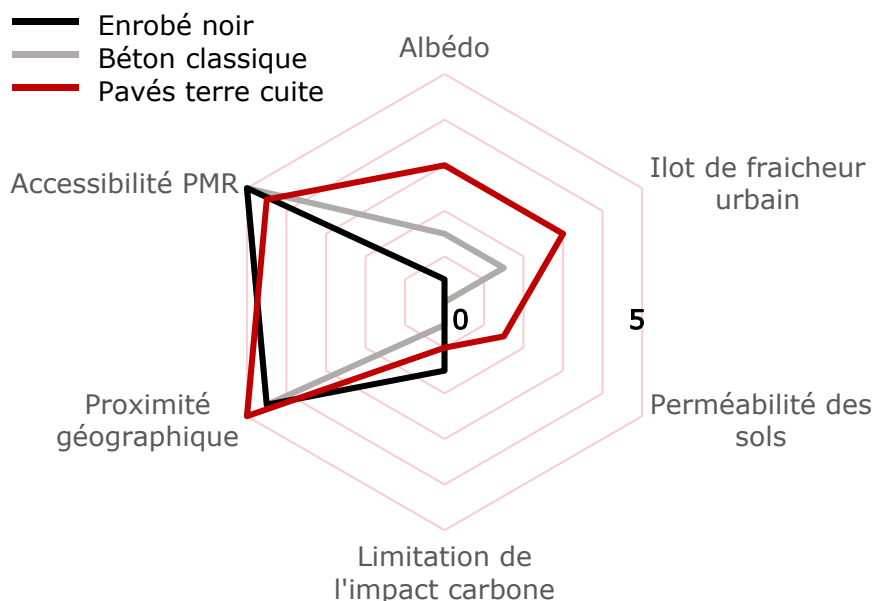
- Réglage de l'altimétrie et dressage du lit de pose. Régler du premier rang au cordeau.
- Poser les pavés bord à bord au maillet en ménageant des joints de 2 à 4 mm. Contrôler la rectitude et le parallélisme des rangs tous les 3 à 4 m.
- Garnir les joints au sable de granulométrie 0/2 introduit au balai à refus.
- Compacter de préférence à l'aide d'une plaque vibrante avec patin et contrôler le remplissage des joints sur toute la hauteur (garnir et compacter de nouveau si nécessaire).

## L'entretien

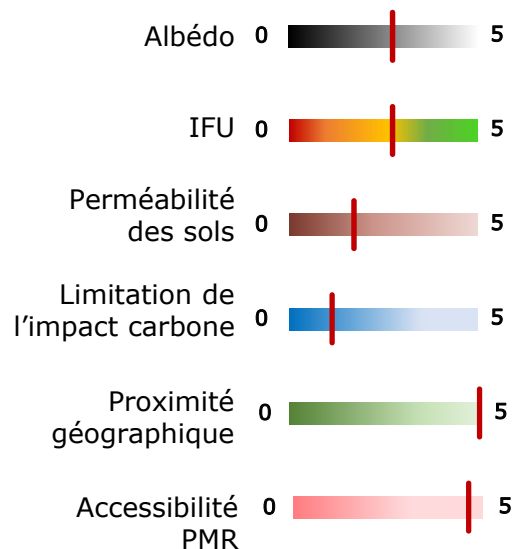
- Le nettoyage, manuel ou mécanisé, creuse inéluctablement les joints au sable mais aussi les joints au mortier
- Balai ou souffleur pour le nettoyage de la voirie et collecte des déchets 1 fois par semaine

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Paveur	Entretien préventif : en interne ou entreprise spécialisée	Entretien curatif : en interne ou entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Pose manuelle (mais peut être mécanisée)	Regarnissage des joints, remplacement à l'unité des pavés, repiquage des flaches, régénération de l'état de surface...	Réfection des zones, reprises de pavage ayant fait l'objet de réfections provisoires
FRÉQUENCE	10m <sup>2</sup> /J/équipe	Selon usages de la place et type de joints	Entretien préventif pour limiter l'entretien curatif pour une durée de vie de 50 ans, voire plus
COÛTS	100 à 160 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	30 €HT/m <sup>2</sup> tous les 10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



### Références

Les Grès de Gascogne - Terreal

# Béton d'argile

## Description générale

Les bétons d'argile se composent d'argile, de sable, de liant minéral ainsi que d'adjuvants. Leur pose se fait sur un support préparé et stabilisé. Les bétons d'argile possèdent plusieurs qualités telles que leur faible impact carbone (environ 50% de moins par rapport à un béton de ciment conventionnel), ou encore leur capacité d'absorption acoustique.

## Les variantes

Les bétons d'argiles peuvent se décliner en de nombreux produits de revêtements extérieurs : dallages coulés, dalles de stationnement préfabriquées, pavés, bordures...

## L'intégration paysagère

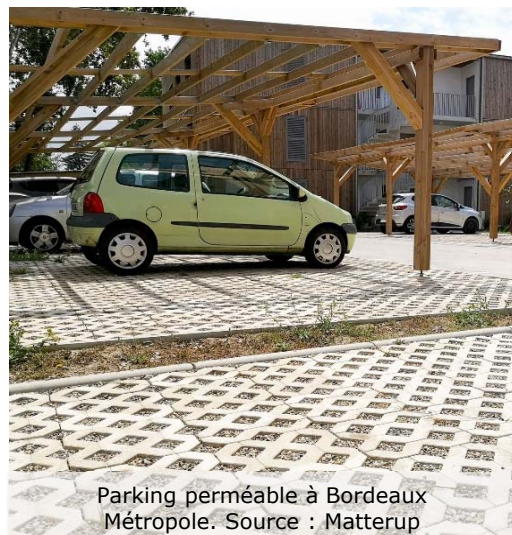
Les bétons d'argile s'intègrent facilement dans les aménagements avec leur teinte douce et claire.

## Usages et durabilité

Les bétons d'argile peuvent être utilisés pour la réalisation de places publiques, cheminements divers, cours de collèges ou trottoirs adaptés aux PMR. Selon les solutions, leur résistance peut toutefois être inférieure à celle des bétons conventionnels mais peut être améliorée avec l'ajout de ciment dans leur composition pour des intensités d'usage forte. Leur utilisation n'est ainsi pas conseillée sur les voies routières mais peut être mobilisée pour des parkings. Leur durée de vie est identique à celle des bétons conventionnels si la formulation du béton d'argile est adaptée à l'intensité d'usage.

## Points d'attention

Certaines solutions visent à s'inscrire dans l'économie circulaire en utilisant de l'argile recyclée ou issue des rebuts.



Parking perméable à Bordeaux Métropole. Source : Matterup



### Avantages (+)

- + Mise en œuvre identique au béton de ciment
- + Matière naturelle et locale
- + Production locale
- + Faible entretien
- + Matériau peu énergivore
- + Matériau abondant et durable
- + Esthétique
- + Performances thermiques et acoustiques
- + Réduction de l'îlot de chaleur

### Inconvénients (-)

- Prix légèrement supérieur à un béton conventionnel
- Résistance légèrement inférieure à un béton classique
- Imperméable en dallage plein



## La mise en œuvre

- La mise en œuvre du béton d'argile est similaire à celle d'un béton classique
- Le matériel nécessaire à la mise en œuvre d'un béton d'argile est similaire à celui d'un béton classique

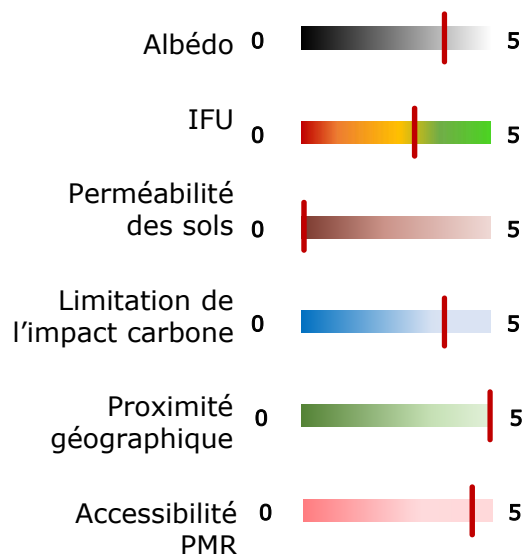
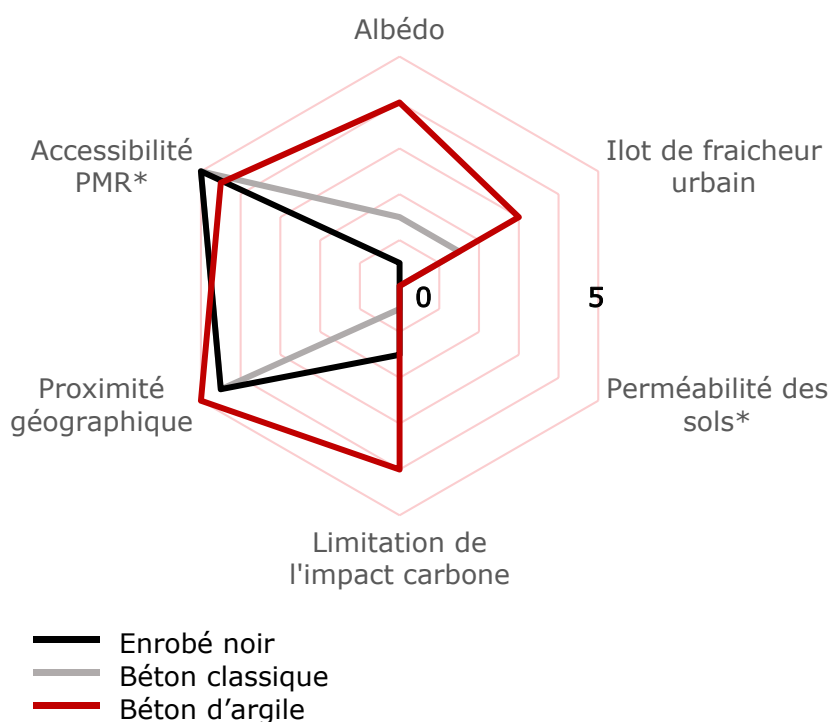
## L'entretien

- Balai ou souffleur pour le nettoyage de la voirie et collecte des déchets 1 fois par semaine
- Entretien plus régulier en automne (chute de feuille) pour éviter les risques de chute
- Nettoyage tous les 3 à 5 ans

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	Entreprise ou service propreté et espaces verts	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Matériels de mise en œuvre d'un béton	Balais ou souffleur	Matériels de mise en œuvre d'un nouveau béton
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets 1 fois par semaine Nettoyage tous les 3 à 5 ans	Jusqu'à 100 ans
COÛTS	100 à 150 €HT/m <sup>2</sup> (dalles) Sur devis pour le béton coulé	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	30 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé

## Performances environnementales et sociales du matériau



\*S'applique au béton d'argile hors dalles préfabriquées de parking

### Références

Materrup - Ecozimet

# Les dalles de parking perméables

## Dalles béton

Dalle en béton ou béton d'argile ou béton bas carbone.

La dalle gazon en béton est un produit plat en béton non armé comprenant de larges ouvertures dans le sens vertical. Lors de la pose, la géométrie des faces latérales permet de créer de nouvelles ouvertures, et au total les ouvertures représentent plus de 25 % de la surface totale.

**Avantage** : durée de vie.

**Inconvénient** : L'engazonnement est plus compliqué (moins de terre / chauffe plus vite).

## Dalles en plastique

Plusieurs matériaux plastiques peuvent entrer dans la composition des dalles alvéolaires mais celles-ci sont généralement en polypropylène ou polyéthylène haute densité. Certaines dalles sont produites à partir de matières plastiques 100% recyclées et recyclables.

L'épaisseur des dalles alvéolaires en matériaux plastiques doit permettre de respecter les exigences de la norme NF EN ISO 844. Les charges de rupture à vide sont toujours significativement plus faibles que les charges de rupture une fois que la dalle est en charge. Les valeurs de charge sont données par les fournisseurs.

Suivant les fabricants, les épaisseurs varient entre 3 et 5 cm.

- Accès piétonnier et piste cyclable: 5 à 10 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et 1 cm de granulats de finition ; compactage (plaque vibrante).

- Voirie légère: 15 à 20 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et 1 cm de granulats de finition ; compactage.

- Voirie lourde : 30 à 40 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et une couche de 2,5 cm de granulats de finition ; compactage.

**Avantage** : Meilleur pour le gazon.

**Inconvénient** : durée de vie moindre que le béton (attention à la qualité). Peut se dégrader en micro-plastique.

## Le remplissage

Les dalles plastiques garnies de gazon ne sont pas les mêmes que les dalles remplies de stabilisés, il s'agit de deux produits différents. Les dalles pour gazon sont souvent plus rigides et ne sont pas posées sur un géotextile, alors que les dalles pour stabilisés sont souvent dotées d'un géotextile (si ce n'est pas le cas, il est fortement conseillé d'en prévoir un) et sont plus résistantes.

- **En graviers** : Cette solution est économique et offre un albédo élevé.
- **Enherbé** : Il conviendra de choisir un gazon résistant à la sécheresse et au piétinement. Il faut éviter les essences comme le Ray-Grass. Le gazon se développe mal dans les dalles béton (les dalles béton offrent moins de surface de terre que les dalles en plastique). Attention, les dalles enherbées n'apprécient pas le stationnement résidentiel. Il existe des dalles alvéolaires pré-plantées de gazon, ce qui évite tout tassement et offre un aspect esthétique et un usage immédiat.
- **Mulch** : Avantage : faible entretien, aspect naturel, idéal parking longue durée et support de vie pour les microorganismes et champignons
- **Pavés béton** : Avantage : Esthétique et PMR. Inconvénient : Le prix.
- **Tuiles concassées + sédums** : Composé de substrat minéral poreux + terre végétale + espèces rasantes (sedums, fétuque, micro-trèfle...).
- **Avantage** : résistant à la sécheresse, à l'excès d'humidité et au stationnement long, reste dense et persistant toute l'année.

## Références

UNEP – cahier C.C.3-R0



## 4.2. Pierres

### Origine de la pierre

Quelques carrières sont présentes localement (Dordogne, Charente...) pour l'extraction de pierres. Le calcaire est assez tendre et disponible en quantités limitées. On trouve également un peu de Granit dans le Tarn et de Grès dans le Pays basque, ou encore de l'ardoise dans les Pyrénées. Une autre façon d'obtenir de la pierre localement est de se tourner vers le réemploi (cf. réemploi des pavés Napoléoniens).

Les gros filons de pierre françaises se trouvent en Bourgogne pour le calcaire (le Comblanchien), dans le Massif central pour le basalte ou en Bretagne pour le Granit. Plus compétitives, nous retrouvons également des calcaires européens du Nord de Barcelone ou la Vallée de l'Ataia au Portugal. Sur la question du poids carbone, il est possible de limiter la provenance à l'Europe (+ norme CE).

### Caractéristiques techniques de la pierre

Le maître d'ouvrage devra dans un premier temps déterminer une classe de trafic attendu sur l'ouvrage (du trafic T5, soit 0 à 25 PL/j à la classe T1 jusqu'à 750PL/j).

Il s'agira ensuite de vérifier si la pierre choisie respecte la norme NF B 10-601 sur les caractéristiques de :

- Compression (pour T5  $\geq 60\text{MPa}$ ),
- Flexion (ne concerne que les dalles),
- Abrasion (pour T5  $\leq 22\text{mm}$ ),
- Glissance (pour T5  $\geq 45$ ),
- Gélivité (144 cycles pour la région),
- Porosité (pas de norme à respecter mais une porosité  $\leq 4$  donne satisfaction par rapport aux salissures).

Un résultat du laboratoire, concernant la pierre exclusivement, au nom de l'entreprise, devra être présenté lors de la consultation. Nous vous conseillons de toujours demander des échantillons.

### Dimensionnement des dalles

Le dimensionnement épaisseur  $e = \sqrt{(1500 \times P \times L \times F_s) / (R_{tf} \times l)}$

- $F_s$  : coefficient de sécurité (tableau)
- $P$  : charge de rupture en kN
- $R_{tf}$  : valeur minimale attendue de la résistance en flexion de la pression en Mpa
- $L$  : Longueur et  $l$  : largeur

Minimum 6cm si trafic. 2cm peuvent suffire si non circulé.

### Lit de pose

Deux types de fonctionnement principaux sont possibles :

- Une pose souple avec un joint souple qui joue un rôle de stabilisateur élastique entre les pavés, ainsi qu'un rôle de blocage et de stabilisation des charges. La transmission des efforts se conjugue avec une certaine déformation élastique.
- Une pose rigide avec un joint élastique qui fait partie intégrante du complexe monolithique assise-lit de pose-revêtement. La transmission des efforts n'autorise pas de déformation élastique, il faut compenser par des joints de dilatation. En cas de faible perméabilité et de drainage insuffisant, les interfaces sous pavés constituent des zones de vulnérabilité au regard des éventuelles mises en pression des eaux piégées au sein des lits de pose. Par conséquent, la déstabilisation des éléments modulaires avoisinants se propage rapidement.

## Les finitions

Les pierres naturelles sont rarement brutes. Un traitement de surface leur est appliqué afin de les rendre aptes à la circulation. Les pierres naturelles peuvent être :

- Flammées : Le choc thermique apporté par le passage d'une flamme sur la surface sciée provoque l'éclatement de la couche superficielle, rendant la surface plane et rugueuse
- Sciées : Opération brut de sciage, laissant apparaître les traits de scie. L'aspect demeure lisse
- Bouchardées : La frappe orthogonale répétée de la surface sciée de la pierre naturelle avec une boucharde (outil muni de pointes plus ou moins espacées) provoque de nombreux points ronds de meurtrissures rendant ainsi la surface rugueuse par le jeu des creux et des bosses (profondeur de 1 à 3 mm). Le bouchardage est possible pour des épaisseurs généralement égales ou supérieures à 3 cm. Il éclaircit la surface du granit
- Grenillées : Choc mécanique provoqué par la projection de billes d'acier. La grenaille crée une surface rugueuse, semblable à la finition bouchardée
- Sablées : Opération réalisée sur pierres tendres, par projection de sable
- etc.

Ces traitements de surface sont susceptibles dans certains cas d'entraîner une modification du coloris de la pierre.

Par ailleurs, certains traitements de surface trop marqués (pierres bosselées, éclatées ou clivées, smillées, etc.) sont déconseillés pour les espaces piétons.

## Les appareillages

Dans le cas d'une pose sur sable, le choix des appareillages va avoir un impact sur la résistance aux efforts tangentiels engendrés par la circulation des véhicules. Les appareillages les plus résistants sont :

- En arceaux, spires ou cerces,
- En arceaux à redans,
- A queues de paon ou fausses queues de paon,
- En chevrons.

## Blocage de l'ouvrage

Le pavage doit être contrebuté à toutes ses extrémités. Ce contre-buttage est indispensable pour empêcher les mouvements latéraux des pavés ou des dalles. Pour cela, on emploie généralement des bordures.

# Pavés Pierre

## Description générale

La pierre naturelle est un matériau d'exception, qualitatif et pérenne. Le choix de la pierre naturelle doit satisfaire à la fois à la cohérence d'écriture au sol, en termes d'esthétique et d'intégration, et aux contraintes d'usage et d'entretien qui peuvent être fortes : climat, qualité de la lumière du ciel, quantité de pluie et gel, mais aussi circulation. La pierre est un matériau de grande beauté qui nous relie à une histoire ancienne et au temps qui passe. Elle est intemporelle et s'adapte aux évolutions d'usage.

## L'intégration paysagère

La pierre est un matériau d'exception qui permet de mettre en valeur le patrimoine et les aménagements. Une liberté dans le calepinage et la qualité du travail des paveurs font des ouvrages d'exceptions qui se suffisent à eux-mêmes sur une place (exemple de Guimares au Portugal).

## Usages et durabilité

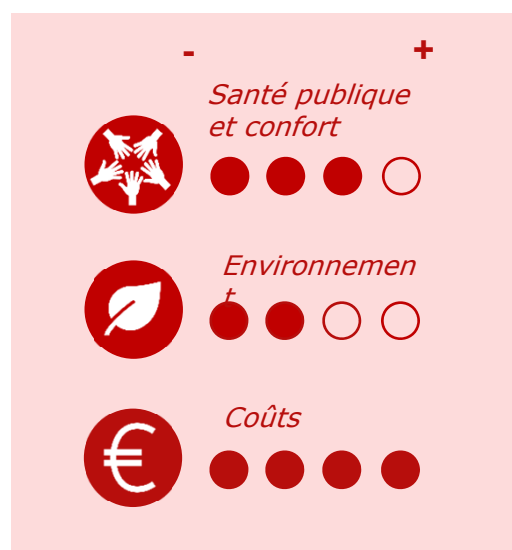
La pierre en elle-même est un matériau pérenne ; il est réemployable (voir fiche suivante). La pérennité des pavages dépend cependant du respect des recommandations (respect du type de joints, joints dans le cas de mortiers...) et de la qualité du travail des paveurs. La pose souple (sur sable) est plus résistante et est moins technique que la pose rigide (joints sur le béton à faire, temps de séchage, mortiers spéciaux...) : les Champs Élysées sont en pose sur sable avec un appareillage en queue de paon qui permet de bloquer l'appareillage.

## Points d'attention

L'origine de la pierre peut avoir des impacts environnementaux et sociaux différents (modalités de transport, conditions de travail dans le pays d'origine par exemple).

Cependant, c'est surtout le choix de l'assise qui a un impact :

- béton ou sable ?
- Perméable ou imperméable ?
- Réparable ou non ?
- Réemployable facilement ?
- ...



### Avantages (+)

- + Pérenne
- + Réemployable
- + Perméable (selon le type de pose)
- + Résistance
- + Mise en valeur du patrimoine
- + Faible entretien
- + Savoir-faire à valoriser

### Inconvénients (-)

- Prix
- Peut-être inconfortable (selon le type de traitement)



## La mise en œuvre

- Réglage de l'altimétrie et dressage du lit de pose. Réglage du premier rang au cordeau.
- Poser les pavés bord à bord au maillet en ménageant des joints de 2 à 4 mm. Contrôler la rectitude et le parallélisme des rangs tous les 3 à 4m.
- Garnir les joints au sable de granulométrie 0/2 introduit au balai à refus.
- Compacter de préférence à l'aide d'une plaque vibrante avec patin et contrôler le remplissage des joints sur toute la hauteur (garnir et compacter de nouveau si nécessaire).

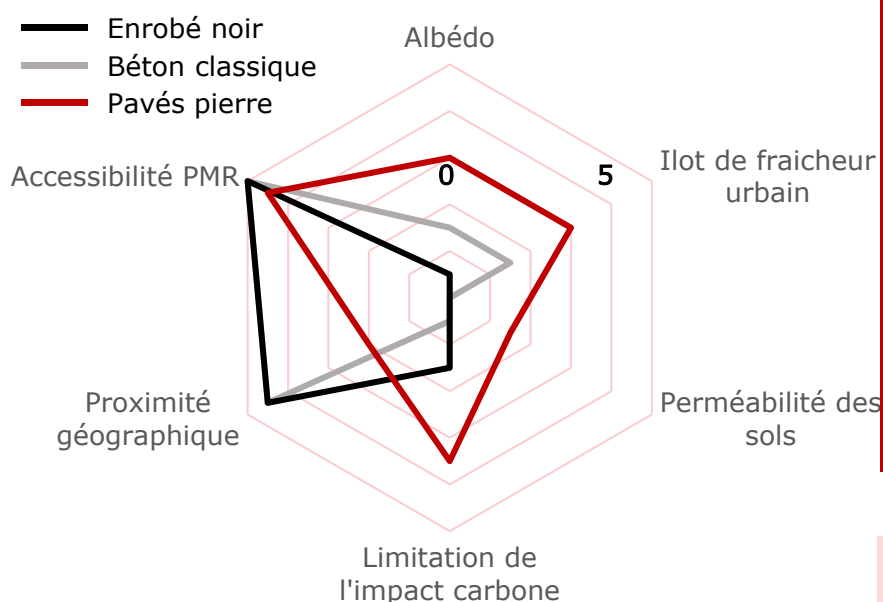


## L'entretien

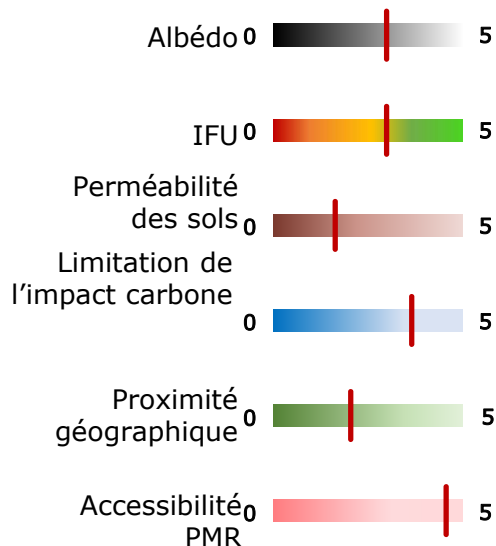
- Le nettoyage, manuel ou mécanisé, creuse inéluctablement les joints au sable mais aussi les joints au mortier.
- L'emploi d'un hydrofuge permet de réduire l'entretien face aux graisses - conseillé quand l'espace accueille des activités salissantes.
- Le nettoyage intensif est possible : haute/basse pression à l'eau froide ou à l'eau chaude. Il est également possible de retraiter des pierres sur site pour améliorer leur adhérence/aspect.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Paveur	Entretien préventif : en interne ou entreprise spécialisée	Entretien curatif : en interne ou entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie à eau, marteau, marteau burineur, piquet d'implantation, niveau, truelle, pelle...	Regarnissage des joints, remplacement à l'unité des pavés, repiquage des flaches, régénération de l'état de surface...	Réfection des zones, reprises de pavage ayant fait l'objet de réfections provisoires
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Selon usages de la place et type de joints	Entretien préventif pour limiter l'entretien curatif pour une durée de vie de 50 ans, voire plus.
COÛTS	150 à 200 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	25 €HT/m <sup>2</sup> tous les 10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



**Références**  
Pierres naturelles - RGRA



# Réemploi de pavés napoléoniens

## Description générale

L'emploi des pavés Napoléoniens date de la moitié du XIXème : ces pavés étaient particulièrement appréciés par Napoléon III car il les trouvait praticables pour les chevaux. Ces pavés carrés pouvaient atteindre jusqu'à 35x35x35 cm. On en trouve en grès ou en granit.

Les travaux de transformation sur le modèle « haussmannien » sous le second empire à Paris mais aussi Lyon, Lille, Rouen ou encore Bordeaux font que la ville possède de nombreuses rues pavées de cette époque. Les rues les plus circulées ont été recouvertes d'enrobé ou démontées ; les pavés ont été récupérés.

Ils sont ensuite stockés puis sciés et réutilisés selon les besoins des projets. Avec un pavé napoléonien, il est possible de faire plusieurs "tranches" de pavés sciés.

L'ensemble des pavés, que ce soient des pavés napoléoniens, ou des pavés plus récents, peuvent être réemployés, l'essentiel du stock concerne cependant les pavés napoléoniens qui ne correspondent en l'état plus à l'usage (pavés clivés désagréables à l'usage).

## L'intégration paysagère

Ces nouveaux pavés s'intègrent parfaitement dans les rues. On remplace du pavé clivé, désagréable sous nos pieds ou sous nos vélos, par du pavé scié, plus agréable.

Un patchwork de couleur est conservé et peut s'accorder avec les façades des bâtiments urbains.

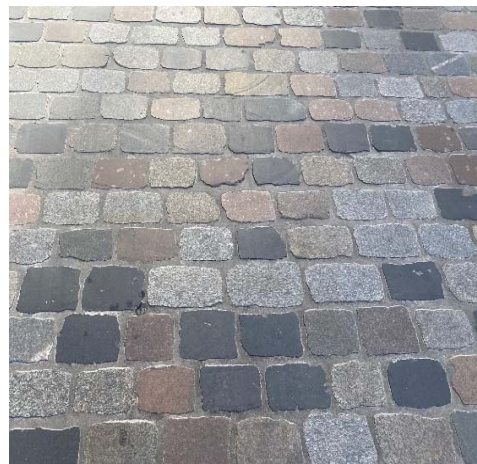
## Usages et durabilité

Les pavés réemployés affichent la même durabilité que des pavés neufs, la pierre n'ayant pas de date de péremption.

La mise en œuvre est illimitée : espaces piétons, routes... Il convient de prescrire l'épaisseur adaptée à l'usage ; le granit et le grès sont les roches les plus dures.

## Points d'attention

Bordeaux Métropole dispose d'un grand stock de pavés en attente de réemploi. Il est également possible de solliciter certains fournisseurs et de les prescrire dans les cahiers des charges, mais cela nécessite d'anticiper.



Réemploi de pavés Napoléoniens rue du Pas-Saint-Georges à Bordeaux – ALTO STEP



## Avantages (+)

- + Pérenne
- + Perméable (selon le type de pose)
- + Résistance
- + Mise en valeur du patrimoine
- + Faible entretien
- + Savoir-faire à valoriser
- + Réemploi
- + Local

## Inconvénients (-)

- Complexité mise en relation gisement > utilisation
- Anticipation pour les exiger dans les marchés publics

## La mise en œuvre

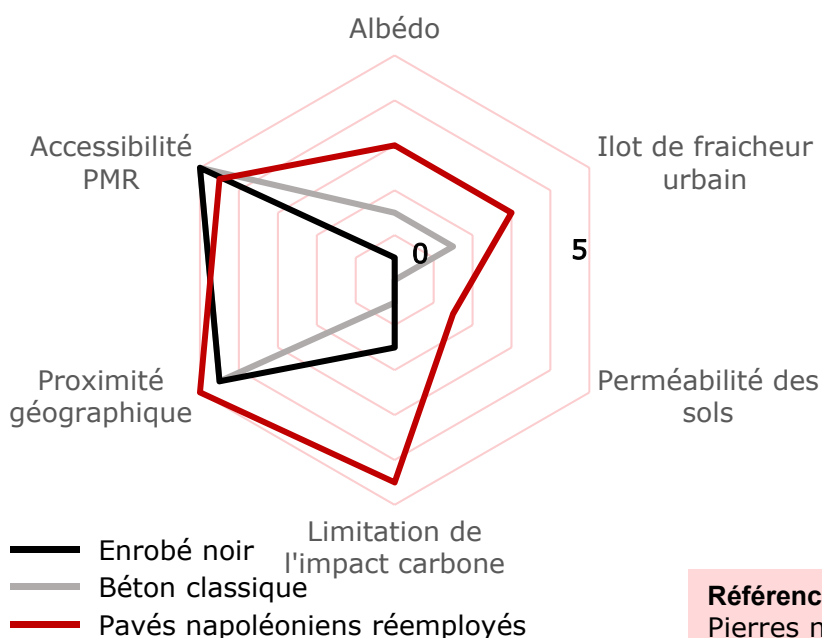
- Réception de l'assise : contrôle de la portance, réalisation du drainage, contrôle du nivellement et vérification des points de raccords au niveau des ouvrages émergents et autres édifices.
- Voir chapitre Poses et joints
- Suspension de la pose sous conditions météorologiques dégradées.
- Remise en circulation à l'avancement pour les poses souples / en pose rigide, selon les techniques employées (jusqu'à un mois).

## L'entretien

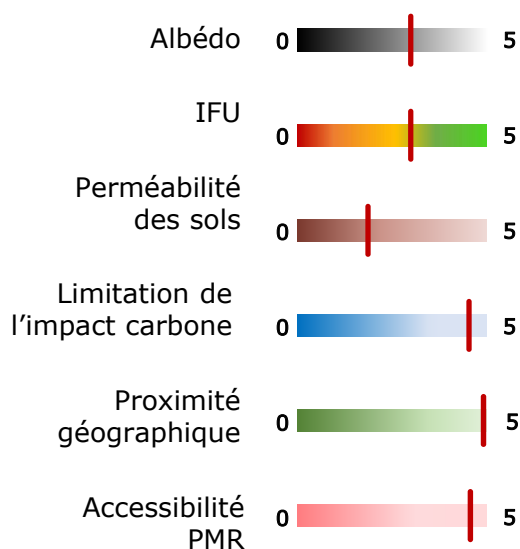
- Le nettoyage, manuel ou mécanisé, creuse inéluctablement les joints au sable mais aussi les joints au mortier.
- L'emploi d'un hydrofuge permet de réduire l'entretien face aux graisses - conseillé quand l'espace accueille des activités salissantes.
- Nettoyages intensifs possibles : haute/basse pression à l'eau froide ou à l'eau chaude. Il est également possible de retraiter des pierres sur site par flammage, bouchardage, grenailage ou sablage pour améliorer leur adhérence/aspect.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Paveur	Entretien préventif : en interne ou entreprise spécialisée	Entretien curatif : en interne ou entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie à eau, marteau, marteau burineur, piquet d'implantation, niveau, truelle, pelle...	Regarnissage des joints, remplacement à l'unité des pavés, repiquage des flaches, régénération de l'état de surface...	Réfection des zones, reprises de pavage ayant fait l'objet de réfections provisoires
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Selon usages de la place et type de joints	Entretien préventif pour limiter l'entretien curatif pour une durée de vie de 50 ans, voire plus.
COÛTS	160 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	25 €HT/m <sup>2</sup> tous les 10 ans

### Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau à l'usage visé



### Performances environnementales et sociales du matériau



# Pavés enherbés

## Description générale

Les pavés enherbés sont des blocs en pierre, en béton, en béton recyclé ou en terre (cuite ou crue) utilisés comme revêtement de chaussée et dont les jointures sont creuses et herbacées. Les pavés enherbés sont très adaptés aux espaces peu circulés, au frais (semi-ombre) et naturellement arrosé par les eaux de ruissellement.

De par leur assise drainante de grave et sable, les pavés enherbés participent à la gestion et à l'infiltration des eaux pluviales sur près de 10% de la surface de l'ouvrage.

## Les variantes

Les différentes variantes de cette solution reposent sur la nature des pavés (béton, béton recyclé, pierre naturelle, terre...) et leurs dispositions (droits, chevauchements, arcs de cercle, etc.).

L'intégration de mycorhizes dans le lit de pose des pavés permet le maintien d'un sol vivant, d'assurer la résilience du végétal, la perméabilité du matériau et de son impact positif sur l'ICU.

## L'intégration paysagère

Les pavés enherbés peuvent être utilisés comme un espace de transition entre une allée et un espace vert, moins fréquenté mais qui devra quand même répondre à des contraintes de circulation.

## Usages et durabilité

Les pavés enherbés sont adaptés à des usages de cheminements piétons, des stationnements de véhicules légers, des voies carrossables à faible affluence, des aménités paysagères, etc.

Si les conditions de pose et les usages réservés à ces revêtements ne sont pas respectés, des dégradations peuvent se produire. Les pneus des voitures peuvent par exemple dissocier les pavés. Ces solutions sont en revanche très facilement remplaçables.

## Points d'attention

Les pavés enherbés doivent être semés (engazonnement) et posés sur une terre végétale - au lot espace vert. Il est possible d'utiliser des cales entre les pavés pour garder des joints fixes (dans le cadre de joints larges).



Collège A. Camus, Eysines  
Source : Département de la Gironde



### Avantages (+)

- + Esthétisme
- + Alternative aux sols coulés
- + Rendu maîtrisé
- + Résistance
- + Matière naturelle
- + Réemploi possible
- + Mise en œuvre modulaire et facile à démonter
- + Gestion des eaux pluviales
- + Rafraîchissement de l'air
- + Fonctionne très bien en cheminement et stationnement

### Inconvénients (-)

- Nuisances sonores lors du passage de véhicules
- Peu adapté aux rues circulées et au stationnement long qui dégarnissent les joints
- Peu adapté à la circulation des PMR
- Mise en place par un personnel spécialisé



## La mise en œuvre

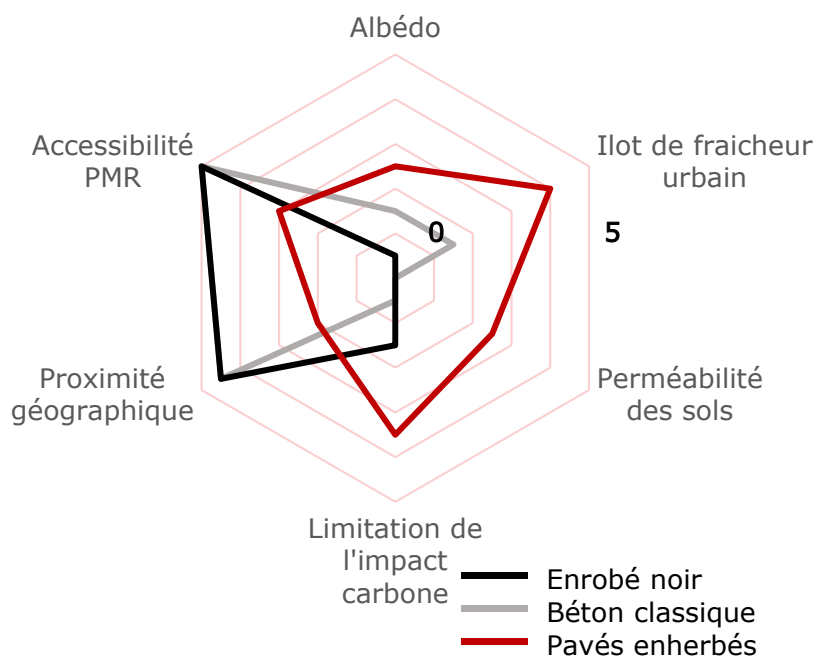
- Le joint (sable, mélange terre-sable) dans lequel est planté l'herbe doit arriver à 0,5 / 1 cm sous le niveau fini des pavés.
- Choisir une herbe résistante à un passage et un piétinement intensif.
- Planter dans des espaces au frais et naturellement arrosés.
- Être vigilant sur le type de substrat employé : le sol ne doit pas être trop compact et le substrat doit être aéré pour permettre aux racines de se développer.
- Éviter la circulation sur les premières semaines après le semis

## L'entretien

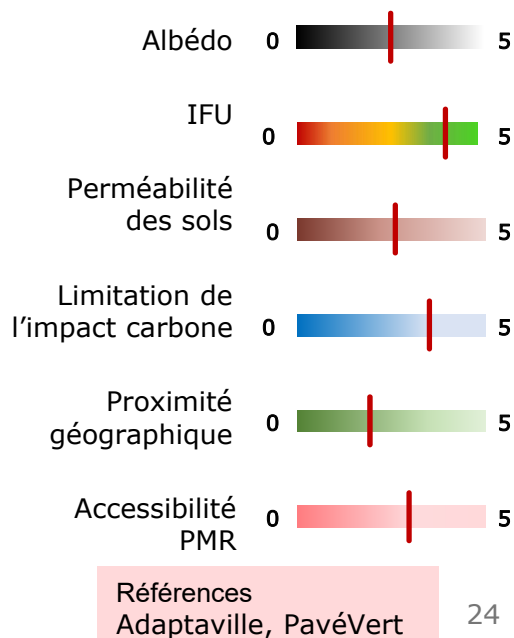
- Les pavés enherbés ne nécessitent aucun entretien si l'espace est fréquenté.
- Si la pousse est trop importante, il est possible de tondre 3 à 6 fois par an.
- Balai ou souffleur et collecte des déchets (nettoyage de la voirie).
- À l'automne, évacuation des feuilles du chemin pour éviter les risques de chute.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée : Pavéur ou entreprise de paysage	Entreprise ou service propreté et espaces verts	Entretien préventif et curatif : en interne ou entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie à eau, marteau, marteau burineur, piquet d'implantation, niveau, truelle, pelle...	Balais ou souffleur Faux, débroussailleuse ou équivalent	Remplacement à l'unité des pavés, regarnissage des joints, reprise des flaches...
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets selon usage Tonte 3 à 6 fois par an si nécessaire	Entretien préventif selon l'usage et le type d'entretien et curatif selon diagnostic. Durée de vie avant remplacement 30 ans minimum.
COÛTS	130 €HT/m <sup>2</sup> (recyclé) 60 €HT/m <sup>2</sup> (béton)	3 €HT/m <sup>2</sup> /an	25 €HT/m <sup>2</sup> tous les 10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



# Poses & Joints

## Description générale

Le choix du type de joint doit être concordant avec le type d'assise.

Une pose rigide sur une assise déformable fonctionne comme une fine plaque de verre sur un support mou : l'ouvrage sera fragile. La pose souple doit être de même nature que le joint : Pose souple - joint souple / pose rigide : joint rigide.

La largeur des joints entre pavés doit être au minimum compris entre 2 et 4 mm.

La largeur des joints entre dalles doit être au minimum de 5 mm.

## Principes de pose

### Pose souple sur lit de sable

Cette technique se compose d'un lit de pose en sable, gravillon ou sable stabilisé et de joints garnis du même élément, éventuellement fermés à l'émulsion ou au mastic bitumineux. La largeur des joints est aussi réduite que le permet la géométrie des produits utilisés, tout en autorisant à la fois un garnissage au sable 0/5 et l'obtention d'un serrage optimal des éléments entre eux.

La pose sur sable stabilisé est une variante pratiquée en cas d'arrivées d'eau et/ou de fortes pentes et/ou de techniques de nettoyage agressives lorsqu'il y a un risque de migration des fines sous l'action de l'eau.

Ce mode de pavage souple est très résistant aux efforts, facilement réparable et ne risque pas de désordres de type fissuration ou soulèvement.

### Pose rigide sur lit de mortier traditionnel

Cette technique se compose d'un lit de pose en mortier ou en micro-béton de ciment traditionnel avec ou sans adjuvant, et de joint au mortier de ciment. Ce type de pose doit impérativement être réalisé sur une assise rigide et comporter obligatoirement des joints de retrait, des joints d'isolement et des joints de dilatation correctement positionnés, notamment par rapport à la taille de l'ouvrage, et remplis avec un matériau élastique.

L'avantage de ce mode de pose est la liberté dans le choix des appareillages et motifs mais il est difficile d'obtenir un collage pérenne entre les couches et les couts de réfection sont importants, sans compter les délais de remise en circulation ou l'obligation d'avoir à remplacer les pavés ou dalles lors d'ouvertures. L'emploi de ce type de pose est limité à un trafic inférieur à 25PL/jour. La mise en œuvre doit s'effectuer entre 5 et 30°C sur un support sain, propre, cohésif et stable, exempt de laitance.

### Pose rigide sur lit de mortier spécial

Là où les contraintes mécaniques sont élevées (trafic supérieur à 25PL/jour - classe T5), il existe des mortiers ou bétons spéciaux dont la pose s'apparente à celle du mortier traditionnel. Se référer à la norme NF P 98-335 pour son emploi. Ces mortiers nécessitent plus de précautions qu'un mortier traditionnel (risque de taches...).



- **Joint**

### **Joint en sable / sable stabilisé / gravillon**

Ces joints sont perméables. Il est donc nécessaire de prévoir une assise perméable. Un taux de fines inférieur à 4% permet une bonne perméabilité. Ce type de joint ne doit pas être nettoyé avec des techniques agressives de nettoyage (haute pression).

### **Joint aux sables polymères**

Il s'agit d'un mélange de sable et de polymère qui a pour but principal d'améliorer la résistance des joints aux techniques de nettoyage. Il convient de réserver ce type de joints à des classes T5. Les joints restent perméables. Le coût reste cependant élevé.

### **Joint en résine synthétique**

Ce mortier est composé d'un liant à base de résine synthétique et d'un matériau de remplissage perméable à l'eau (sable quartz lavé et séché au feu). En les mélangeant, on obtient des matières synthétiques thermodurcissables de résistance élevée. Les sables quartz ne possèdent pas de particules fines, l'eau s'infiltre donc rapidement dans les vides laissés. L'importance des vides dépend de la granulométrie du sable et détermine le degré de perméabilité à l'eau. Cette technique est à limiter aux classes T5.

### **Joint à base de déchets de pavés**

Il existe également des joints réalisés à base de déchets de coupes de pavés de pierres et d'une résine. Ces joints sont des joints rigides et imperméables.

### **Joint enherbés**

Voir fiche spécifique.

## 4.3. Bétons

### Composition d'un béton et enjeux

Un béton est un mélange de granulats naturels (sable et gravier) ou artificiels, de liant (ciment, chaux, bitume, etc.) et d'eau, éventuellement de colorants. On peut améliorer ses propriétés à l'aide d'adjuvants.

Les revêtements en béton coulés en place sont des couches épaisses de béton (généralement de 12 à 25 cm), se substituant à la fois à la couche de base et à la couche de roulement d'une structure routière.

Dans le monde, nous en consommons 4.6 milliards de tonnes par an, ce qui représente 7% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>e.

Le béton étant un matériau très couramment mis en œuvre et bon marché.

L'innovation est forte dans le secteur des formulations de béton pour allier la réduction de l'impact carbone imposée par les nouvelles normes constructives (RE2020) avec la maîtrise des coûts de production et de mise en œuvre, mais aussi avec les performances mécaniques, le maintien des méthodes de mise en œuvre et la pérennité dans le temps du matériau.

**Le Ciment Portland** est le ciment de base, aussi appelé CEM I. Il contient au minimum 95% de clinker et au maximum 5% de constituants secondaires. Son contenu carbone est d'environ 750 kgeqCO<sub>2</sub>/t. Ce type de ciment est voué à être remplacé par d'autres types de ciments, moins dosés en clinker.

**Le ciment CEM II** est composé de 65 à 94% de clinker et additionné de matières secondaires telles que la cendre volante, des laitiers de haut-fourneau, fumées de silice, schiste calciné, calcaire ou de pouzzolane. Il offre des performances similaires au ciment CEM I. C'est aujourd'hui le ciment le plus couramment mis en œuvre, tant dans la construction que dans les aménagements extérieurs. Son contenu carbone est d'environ 550 à 650 kgeqCO<sub>2</sub>/t.

**Les ciments CEM III, IV et V** sont dits « bas carbone » car leur impact environnemental est moins élevé que le CEM I et II.

**Le ciment CEM III** est un ciment de haut-fourneau qui contient 5% à 64% de clinker selon sa classification (CEM III A, B ou C). Le complément est essentiellement constitué de laitier de haut-fourneau. Son contenu carbone est d'environ 230 à 450 kgeqCO<sub>2</sub>/t. Avec une formulation de béton adapté, ce ciment peut convenir pour tous les usages courants.

**Le ciment CEM IV est un ciment pouzzolanique.** Il intègre 15 à 55% de pouzzolane. Son contenu carbone est d'environ 520 kgeqCO<sub>2</sub>/t.

**Le ciment CEM V est un ciment pouzzolanique au laitier.** Il intègre 20 à 64% de clinker, 18 à 49% de laitier de haut-fourneau et 18 à 49% de cendres volantes. Ce ciment est bien adapté aux travaux hydrauliques ou agressifs, souterrains, fondations, injections, environnement marin, ouvrages agricoles, stations d'épuration... Son contenu carbone est d'environ 475 à 525 kgeqCO<sub>2</sub>/t.

Certains ciments sont ainsi en dehors des catégories existantes, comme les ciments Hoffmann qui intègrent 0% de clinker pour un impact carbone minimal. Son contenu carbone est d'environ 85 à 200 kgeqCO<sub>2</sub>/t.

### Mise en œuvre d'un béton

Le béton sera coulé dans un coffrage propre (en bois ou en acier) et enduit d'agents de décoffrage. Les conditions atmosphériques devront être respectées. Après coulage du béton, le béton est ensuite vibré (à l'aiguille et à la règle, ou au rouleau) puis taloché.

L'ouvrage devra comporter obligatoirement des joints de retrait, des joints d'isolement et des joints de dilatation correctement positionnés, notamment par rapport à la taille de l'ouvrage, et remplis avec un matériau élastique.

Il est possible d'appliquer des finitions sur le béton : désactivé, surfacé, imprimé. Attention toutefois au désactivé qui nécessite l'emploi d'un désactivant qui libère des ciments : des précautions doivent être prises pour que ceux-ci ne se retrouvent pas dans l'environnement.

### La production de clinker en France

La fabrication de clinker nécessite une grande quantité d'énergie et est responsable d'une de fortes émissions de CO<sub>2</sub> pour deux raisons :

1. **L'énergie nécessaire pour atteindre la température du four** : elle est majoritairement issue de la combustion d'énergies fossiles. Ainsi, pour obtenir une tonne de clinker, la combustion des carburants du four émet 300 kg de CO<sub>2</sub>e en moyenne ;
2. **le process permettant d'obtenir du clinker par chauffage provoque la décarbonatation du calcaire**, c'est-à-dire la transformation du calcaire (CaCO<sub>3</sub>) en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) + chaux (CaO) ce qui permet son alliance avec l'argile. Aucun autre procédé ne peut parvenir à fabriquer du clinker. En moyenne, on considère qu'une tonne de clinker provoque l'émission de 525 kg de CO<sub>2</sub> suite à cette décarbonatation.

In fine, la fabrication d'une tonne de clinker, produit de base du ciment, génère donc 825 kg de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

De plus, de nombreuses cimenteries utilisent des pneus usagés comme combustible alternatif : des métaux lourds (thallium, cadmium, mercure, sélénium...) se retrouvent donc piégés dans le clinker.

# Béton bas carbone

## Description générale

Le béton bas carbone réduit voire exclut la part de clinker, composant du ciment traditionnel, dont la fabrication est le principal facteur d'émission de GES. Le clinker peut être remplacé par des composés minéraux issus de l'économie circulaire : argile calcinée, cendres volantes, gypse ou laitiers de haut-fourneaux...

La réduction de l'empreinte carbone par rapport à un béton de ciment classique peut être de 30% à 70% pour des niveaux de performance équivalentes.

## Les variantes

Différentes classes de béton bas carbone existent : CEM III/A, CEM III/B, CEM IV. Ces bétons peuvent être utilisés pour tout type d'usage (suivant formulation), mais peuvent avoir des temps de prise allongé et donc une cadence de mise en œuvre inférieure.

## L'intégration paysagère

Selon les finitions apportées au béton, celui-ci aura un aspect plus ou moins qualitatif. Attention, certains traitements restent assez polluants (la désactivation libère des ciments qui peuvent finir dans l'environnement).

## Usages et durabilité

Les usages et la durabilité d'un béton bas carbone sont identiques à ceux d'un béton classique, à savoir une bonne durabilité et de nombreux usages. La résistance du béton sera plus importante si sa porosité est faible dans le but de résister à des déplacements de poids lourds. Le béton convient pour des usages piétons, des cheminements de parcs, d'espaces verts ou encore des usages paysagers ou de jeux et d'activités. Ils sont également facilement accessibles aux PMR.

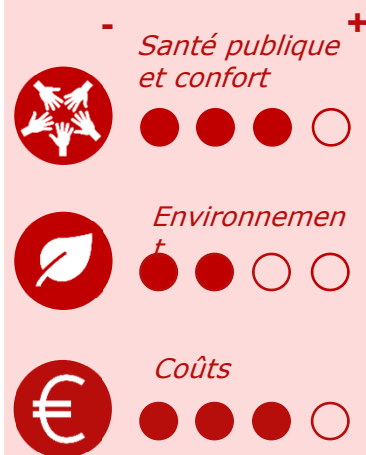
## Points d'attention

Les substituts au clinker par des matériaux de l'économie circulaire peuvent être limités et d'autres solutions sont développées où le clinker est remplacé par d'autres additions minérales comme du filler calcaire, de la pouzzolane ou des métakaolins.

Les bétons bas carbonés ont la plupart du temps des temps de prises supérieurs aux bétons conventionnels (ouverture à la circulation automobile à anticiper dans les plannings de chantier).



Crèche Jean Marquaux, Bordeaux. Source : Hoffmann Green Cement Technologies



## Avantages (+)

- + Disposer des avantages d'un béton classique en réduisant l'impact carbone : résistant, adapté à de nombreux usages, accessible PMR...
- + Contribuer à l'économie circulaire en réemployant des déchets industriels (argiles calcinée, cendres volantes, laitiers etc.)
- + Mise en œuvre identique à celle d'un béton courant

## Inconvénients (-)

- Matériau imperméable qui favorise le ruissellement et la stagnation des eaux de pluie
- Ne favorise pas la biodiversité des sols
- Contribue à l'îlot de chaleur urbain (plus ou moins selon son albédo)
- Un coût environ 20% plus cher que le béton conventionnel
- Une méthode de calcul d'économie carbone difficilement vérifiable



## La mise en œuvre

- Fabriqué dans une centrale à béton.
- Transporté à l'état frais par camion toupie et livré prêt à l'emploi sur le chantier.
- Coulé en place par une entreprise spécialisée du fait de sa mise en œuvre délicate: à la plaque vibrante, à la lisseuse ou à l'aide de patins de carreleurs.
- De légère variation par rapport à un béton classique peuvent exister concernant la cure (protection du béton le temps de son durcissement), le temps de décoffrage et les cinétiques de prise selon les conditions climatiques.

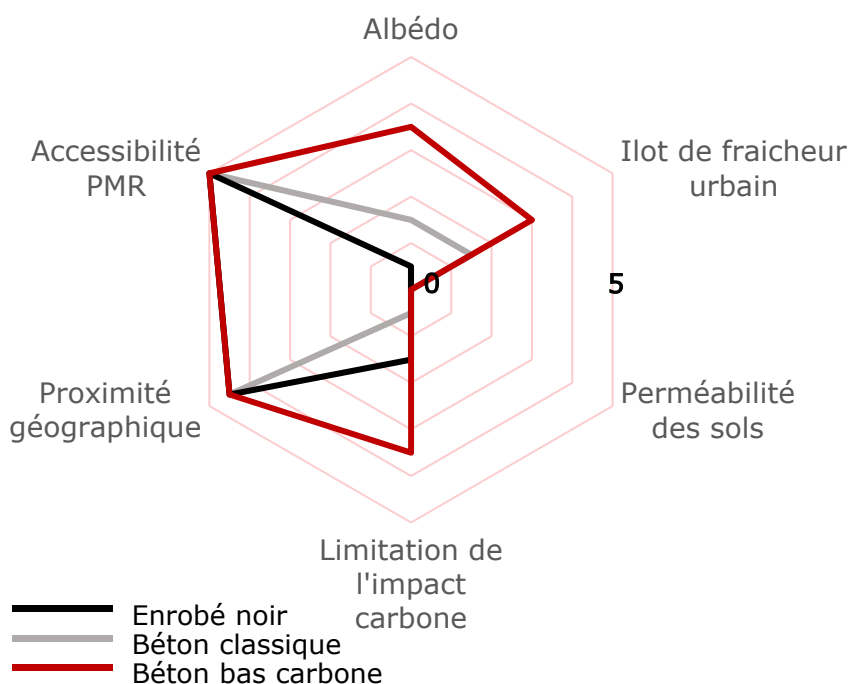


## L'entretien

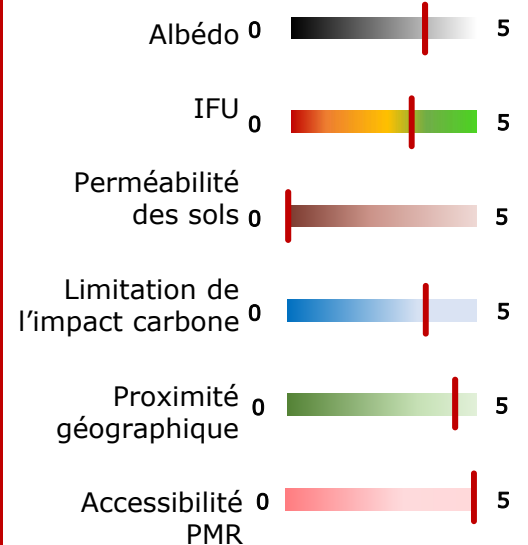
- Le revêtement est peu exigeant en termes d'entretien.
- Le remplacement et les réparations sont relativement aisés. Mais les réparations sont peu esthétiques.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	Service Espaces verts et/ou propreté	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Aiguille vibrante, lisseuse ou patins de carreleurs	Balayage et laveur haute pression pour maintenir l'apparence du béton	Réparation selon usure
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets 1 fois par semaine	Nettoyage tous les 5 ans Durée de vie : 20 à 30 ans sous condition et entretien adapté
COÛTS	60 à 100 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	33€ HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



Références  
Infociments ; Ciment Hoffmann ; ECOPact - Lafarge



# Béton drainant

## Description générale

La constitution des bétons drainants est semblable aux bétons traditionnels à la différence qu'ils ne doivent pas contenir (ou très peu) de sable (0/2). L'espace libéré par cette fraction sableuse et l'ajout d'adjuvants vont assurer une porosité entre 15 et 25%. A ces niveaux de porosité, la perméabilité à l'eau du matériau se situe entre 3 et 5mm/s mais il est extrêmement important que le sol en-dessous soit très perméable. Le béton drainant doit être placé sur un lit drainant composé de cailloux ou de drains.

Le niveau de résistance mécanique de ce béton est inférieur à un béton classique. Il est en revanche plus résistant à l'arrachage qu'un enrobé drainant car plus dur. Il est donc à préférer sur les espaces de stationnement.

## Les variantes

Il est possible de personnaliser le rendu selon l'aspect désiré, notamment par la coloration du béton. Un feutre géotextile perméable permet d'éviter les remontées d'argile qui peuvent provoquer le colmatage du béton.

## L'intégration paysagère

Le béton drainant offre différentes possibilités de rendus : du gris à celui de l'aspect gravillon. Il s'intègre donc autant dans un contexte urbain ou dans un contexte plus nature.

## Usages et durabilité

Les bétons drainants peuvent être utilisés pour des usages piétons, des cheminements de parcs, d'espaces verts ou encore des usages paysagers ou de jeux et d'activités. Ils sont également facilement accessibles aux PMR.

Ils peuvent également être adaptés pour des voies circulées mais avec des formules plus ou moins poreuses selon les épaisseurs et les usages.

## Points d'attention

Avant la mise en œuvre, vérifier les caractéristiques des sols (sol non pollué, capacité d'infiltration, absence de nappe stagnante, etc.). Avec le temps, le béton drainant peut se colmater ce qui réduit sa perméabilité. Un entretien rigoureux est à prévoir pour éviter ce phénomène. Le matériau sèche vite, il faut donc une mise en œuvre rapide.



Béton drainant ; Source : B&V



## Avantages (+)

- + Perméable
- + Personnalisable (taille du gravillon, couleur)

## Inconvénients (-)

- Mise en œuvre délicate : le matériau sèche vite et sa mise en œuvre doit être confiée à des entreprises spécialisées
- A éviter en stationnement : sujet au risque de gravillonnage dans le temps en cas de manœuvre de véhicule à l'arrêt et au passage de véhicule lourd, mais reste plus adapté qu'un enrobé drainant
- Entretien délicat car des saletés s'accumulent progressivement dans la porosité de surface de matériau
- Le dosage en ciment est un peu plus élevé que dans le béton désactivé (350 kg /m³) donc plus polluant



## La mise en œuvre

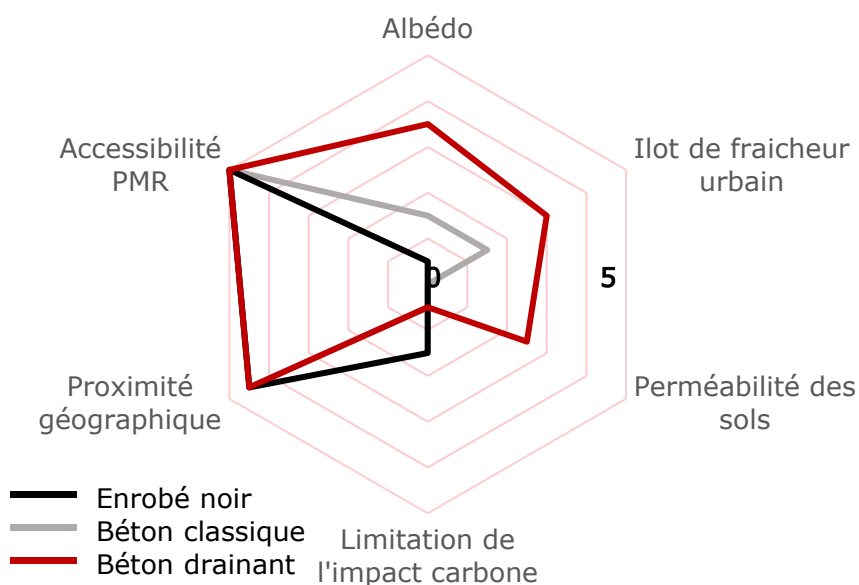
- Le béton drainant est fabriqué dans une centrale à béton.
- Il est transporté à l'état frais par camion toupie et est livré prêt à l'emploi sur le chantier.
- Il est coulé en place par une entreprise spécialisée du fait de sa mise en œuvre délicate, à la plaque vibrante, à la lisseuse ou à l'aide de patins de carreleurs.
- Sa mise en œuvre doit être rapide du fait de son temps de séchage court.

## L'entretien

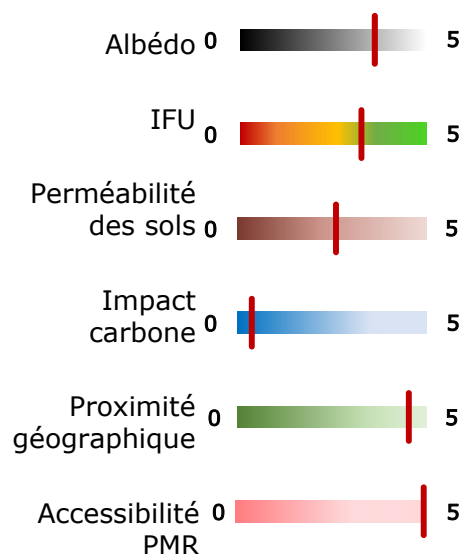
- Pour qu'il conserve toutes ses propriétés, il faut assurer que les poussières, micro-organismes ou autres petits graviers ne viennent pas obstruer les interstices.
- L'accumulation de toutes sortes d'éléments dans la structure, exige une intervention de laveur haute pression de manière régulière.
- Le remplacement et les réparations sont relativement aisés. Mais les réparations sont peu esthétiques.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	Entreprise spécialisée	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Aiguille vibrante, lisseuse ou patins de carreleurs	Surveillance régulière si présence de débris en surface : Laveur haute pression pour évacuer les débris de surface et aspiration optionnelle	Réparation selon usure
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets 1 fois par semaine Nettoyage tous les 5 ans	Entre 20 à 30 ans sous condition d'un entretien adapté
COÛTS	40 à 90 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	50€ HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau



## Performances environnementales et sociales



### Références

Le béton drainant : caractéristiques, avantages et prix (toutsurlebeton.fr) ; Les revêtements drainants en béton- cimbéton ; Etude revêtements perméables – plantes et cités

# Pavés coquillages

## Description générale

Les pavés en béton coquiller sont des pavés poreux constitués d'un liant hydraulique (ciment), d'eau et de granulats. Les granulats de type sable et gravillons sont remplacés par des déchets coquillers broyés, tels que des coquilles Saint-Jacques ou des coquilles d'huîtres... On peut ainsi recycler plusieurs dizaines de kg de coquilles par m<sup>2</sup>. Ces pavés peuvent être mis en œuvre avec ou sans joint. La présence de coquille dans le béton confère une porosité importante aux pavés et leur donne un caractère drainant. On privilégiera donc une pose sur sous-couche drainante pour assurer la gestion des eaux pluviales. Ces caractéristiques confèrent également un potentiel rafraîchissant aux pavés dans certains cas. L'eau peut remonter par capillarité dans les pavés et rafraîchir la surface en s'évaporant lors de fortes chaleurs.

## Les variantes

Un système de stockage et d'irrigation des pavés en sous-couche alimenté par de l'eau pluviale peut être ajouté pour un effet prolongé de l'effet rafraîchissant. Ce système peut rafraîchir la température du sol jusqu'à 15 °C par rapport à des pavés non rafraîchis, soit un gain de 3 à 5 °C en termes de température ressentie. De plus, il existe différents coloris et mode de disposition pour les pavés coquillages, ce qui constitue une autre variante possible.

## L'intégration paysagère

Le pavé coquillage ressemble au pavé béton. Il faut communiquer pour valoriser son origine.

## Usages et durabilité

Les pavés en béton coquiller sont adaptés aux zones de stationnement et voiries de véhicules légers, à des aménagements PMR, zones piétonnes, place publique etc. La classe de résistance mécanique permet le passage de 50 à 80 véhicules > 3,5T/jour/sens.

## Point d'attention

Les pavés ne sont pas préconisés pour des fortes pentes et des zones de giration. Ils ne sont pas non plus adaptés aux véhicules lourds ou à des zones de forte fréquentation afin d'éviter la formation d'ornières. Plusieurs fabricants développent ce type de produits. Une attention sera à porter sur l'origine géographique des coquillages, mais aussi à la nature et au contenu carbone du liant hydraulique utilisé (ex : ciment bas carbone ou non).



Parking à Bourg sous la Roche (85) ; Source : Alegina



### Avantages (+)

- + Economie circulaire, mise en œuvre de granulats 100% recyclés
- + Lutte contre l'ICU, rafraîchissement de l'air
- + Drainant
- + Esthétisme
- + Alternative aux sols coulés
- + Végétalisation possible entre les pavés
- + Mode de pose similaire aux pavés béton "classique"

### Inconvénients (-)

- Non adapté aux zones de circulation fréquente, au passage de véhicules lourds, aux zones de giration et aux zones de pente
- Complexité en cas de la mise en place du système d'irrigation des pavés
- La perméabilité du revêtement dépend du contexte géotechnique et hydrologique de la sous-couche



## La mise en œuvre

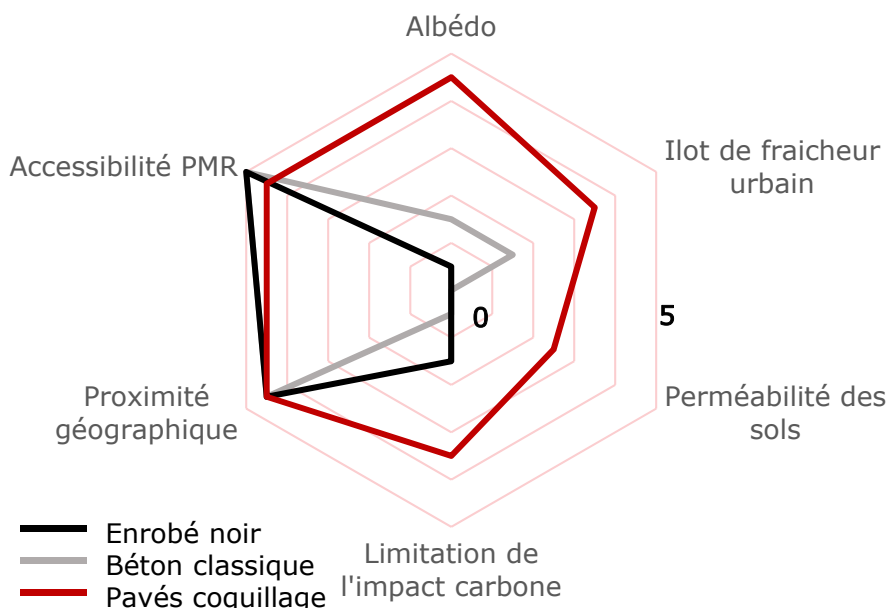
- Le système d'irrigation des pavés est conseillé pour les zones piétonnes qu'il n'est pas possible d'ombrager ou de végétaliser.
- Dans un objectif d'infiltration des eaux pluviales, il est important de prendre en compte le contexte urbain (réseaux, encombrements...), topographique, géologique et hydrographique
- Le fond de forme du pavé doit être adapté et faire le lien avec le sol naturel, un lit de sable peut être mis en place.

## L'entretien

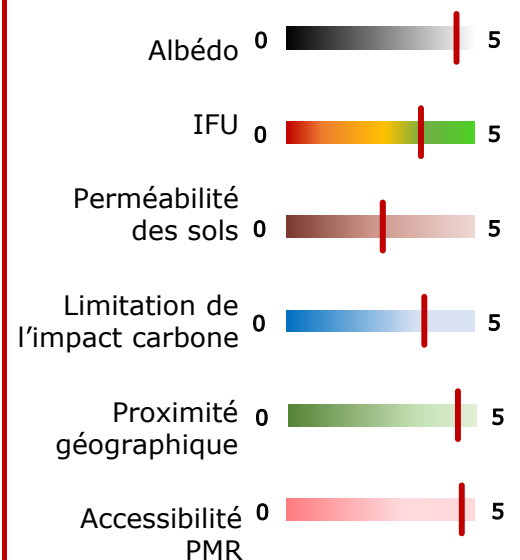
- En cas d'installation d'un système d'irrigation en sous-couche, il faut assurer la purge des eaux en hiver et le nettoyage du système de goutte à goutte.
- Avec le système d'irrigation, vider et nettoyer la cuve de stockage des eaux pluviales une à deux fois par an.
- Balai ou souffleur pour le nettoyage de la voirie et collecte des déchets 1 fois par semaine.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	Entreprise et/ou service propreté et espaces verts	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Plateforme de recyclage des matériaux issus de démolition	Balais et souffleur. Si irrigation : matériel d'entretien du système d'irrigation	Pas de retour d'expérience sur le remplacement de la solution d'irrigation
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets 1 / semaine Si irrigation : nettoyer la cuve une à deux fois / an et purger le système de goutte à goutte en hiver	Pas de retour d'expérience à plus long terme
COÛTS	190 €HT/m <sup>2</sup>	<i>Non connu</i>	<i>Non connu</i>

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



## 4.4. Enrobés

### Origine des enrobés

Un enrobé (ou béton bitumineux) est un mélange de graviers, de sable et de liant hydrocarboné. Ils constituent la majorité des revêtements de sols (routes, stationnements, trottoirs...) car ils offrent une bonne adhérence, un bon drainage des eaux de ruissellement, une réduction du bruit de roulement, une bonne uniformité, un bon aspect esthétique, une mise en œuvre facile et économique. D'une façon générale, ils constituent des revêtements souples, résistants, agréables aux déplacements. Leur omniprésence représente donc un enjeu fort pour leur impact sur l'environnement et notre dépendance aux produits pétroliers.

Plusieurs innovations sont sorties ces dernières années et la recherche continue sur ces projets :

- Les liants végétaux (résine de pin par exemple) ;
- Les enrobés perméables ;
- L'abaissement des températures de fabrication des enrobés.

L'enrobé est un produit recyclable et aujourd'hui largement recyclé.

### Travaux préparatoires

Le support de pose de ce type de revêtement doit être sain, propre, réglé et compacté. La portance doit être suffisante pour le type de circulation qu'il reçoit (exemple : 20 cm minimum de GNT compactée et réglée pour une circulation légère). Un géotextile permet de limiter les éventuelles pousses d'adventices, qui dans certains cas peuvent engendrer des désordres. Un blocage de rives est à prévoir, il permet de guider l'évacuation des eaux de ruissellement et bloque l'ouvrage sur ses côtés. Si l'ouvrage ne comporte pas de blocage des rives, les couches d'assise sont élargies afin de limiter les affaissements.

Il est nécessaire de prévoir plusieurs systèmes de compactage, notamment dans les angles ou aux abords des points singuliers pour lesquels la compaction peut être plus difficile. Des technologies peuvent être mises en œuvre sur les supports (par exemple des géogrilles) pour améliorer les capacités de portance du support et limiter les dégâts en surfaces comme les remontés de fissures sur des revêtements très sollicités.

Une protection des ouvrages extérieurs est à mettre en place.

### Point de contrôle

Après acceptation du support et la mise en place des couches d'assise, vérifier les pentes pour l'écoulement des eaux (2 % minimum) et sa bonne compaction. La couche de base doit être réglée et compactée avec soin. Selon les produits utilisés, il est impératif de respecter les conseils de pose, notamment en ce qui concerne les conditions climatiques et les températures pour la mise en œuvre des produits.

### Drainant ou poreux ?

30% de sable + 70% de granulats : formulations drainantes car pauvre en sable.

70% de sable + 30% de gravillons : formulations poreuses.



# Enrobé bitumineux drainant

## Description générale

Matériaux de revêtement courant et relativement économique, l'enrobé bitumineux drainant dispose de bonnes capacités d'adhérence et de résistance. Contrairement aux autres enrobés, ce produit n'intègre pas de sable dans sa composition ce qui permet plus d'espace entre les granulats (entre 20 à 30% de vide). Seuls des granulats minéraux et du bitume sont utilisés. La particularité des granulats employés réside dans leur taille (0/6, 0/10, 0/14). Leur mise en œuvre doit être associée à une sous-couche et à un sous-sol entièrement drainant.

## Variantes

Il est possible de réaliser des enrobés bitumineux avec un liant végétal. Il est également possible de mettre en place des enrobés bitumineux drainants de différentes couleurs par l'ajout de teinture directement dans la masse (rouge, vert, bleu, etc.).

## Intégration paysagère

Il existe différentes couleurs possibles pour l'enrobé bitumineux drainant, favorisant son intégration paysagère : beige clair ou foncé, ocre, gris, ...

## Usages et durabilité

L'enrobé bitumineux drainant est utilisé pour la création de voies roulantes, de cheminement, etc. Il convient pour équiper toute surface carrossable, y compris les revêtements adaptés aux personnes à mobilité réduites. En revanche, il n'est pas adapté pour les stationnements en raison d'un risque important de gravillonnage avec la manœuvre des véhicules.

## Points d'attention

Avec le temps, l'enrobé bitumineux drainant peut se colmater, ce qui réduit sa perméabilité. En cas de forte chaleur sur un temps long (canicule), la surface tend à se déformer. De plus, en hiver, l'enrobé drainant est sensible au gel et il est fréquent qu'il permette l'apparition de verglas. Il sera alors nécessaire de saler le revêtement.

Par ailleurs, s'il est sombre, il contribue au phénomène d'îlot de chaleur urbain, susceptible de poser des problèmes sanitaires pour les publics vulnérables (enfants, personnes âgées ou fragiles etc.).



Crèche George V à Bordeaux  
Source : Bouriette&Vaconsin



### Avantages (+)

- + Coût de mise en œuvre et d'entretien faible (robuste)
- + Supporte des charges lourdes
- + Bonne adhérence
- + Rendu maîtrisé : granularité, glissance, etc.
- + Une partie des granulats peuvent être issus du recyclage
- + Confort d'usage
- + Gestion des eaux pluviales
- + Offre un gain sonore pour les VL
- + Centrales d'enrobage présentes sur tout le territoire

### Inconvénients (-)

- Si une couleur sombre est choisie, il augmente les effets d'îlot de chaleur urbain
- Produit pétrolier
- À éviter en stationnement (sujet au risque de gravillonnage dans le temps)
- Entretien délicat car des saletés s'accumulent progressivement dans la porosité de surface de matériau



## La mise en œuvre

- L'application de l'enrobé est effectuée manuellement, à l'aide d'une mini-pelle ou d'un finisher en fonction de la surface à couvrir.
- La couche d'enrobé est déposée puis tassée.
- La mise en œuvre habituelle s'effectue à chaud, c'est-à-dire, supérieures à 130°C. Pour cela, une benne chauffée renferme le revêtement jusqu'au chantier.
- Pas de temps de séchage nécessaire, la remise en circulation peut être immédiate.

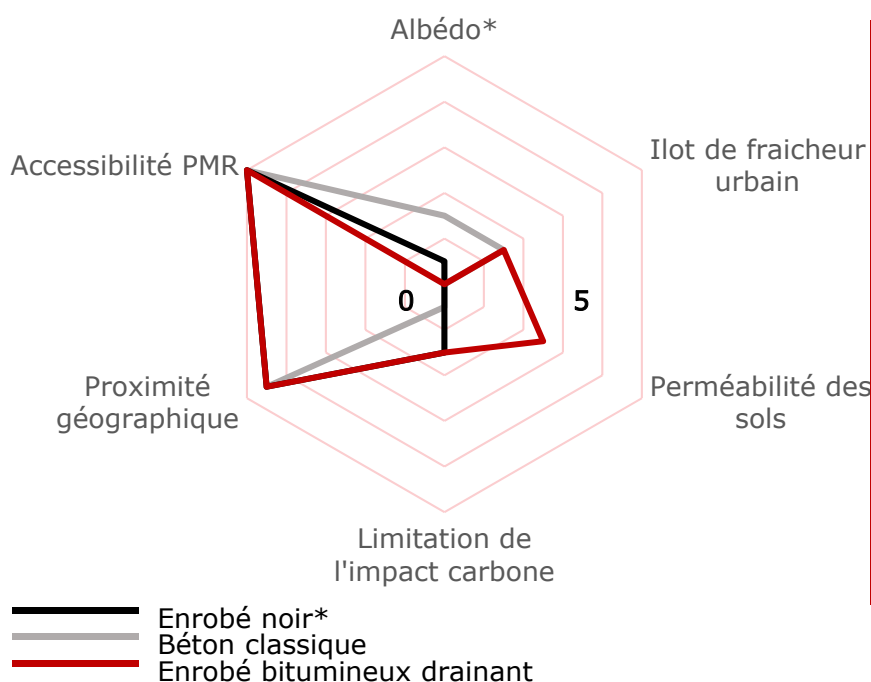


## L'entretien

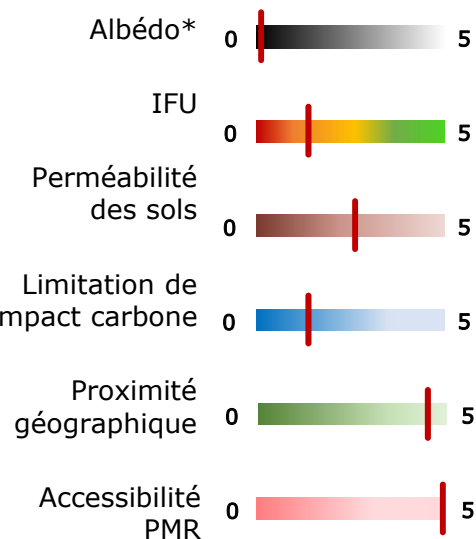
- Le revêtement vieillit relativement bien. Mais selon l'intensité d'usage, on observe plusieurs dégradations de son aspect (nid de poule, grisonnement de la couleur, apparition de fissures).
- Sa durée de vie est d'environ 15 ans.
- L'entretien se résume à un nettoyage mécanisé régulier
- Le remplacement et les réparations sont relativement aisés. Mais les réparations sont peu esthétiques.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée ou service voirie	Service propreté	Entreprise spécialisée ou service voirie
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Pelle et finisher	Balai ou balayeuse Nettoyage haute pression tous les 5 ans	Pelle et finisher, véhicule spécialisé pour le décolmatage
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Balayage et collecte des déchets 1 fois par semaine Nettoyage tous les 5 ans	Si colmatage (accidentel ou manque d'entretien) 15 ans sous condition d'un entretien adapté
COÛTS	45 € HT/m <sup>2</sup>	2 € HT/m <sup>2</sup> /an	40 € HT/m <sup>2</sup> /10 ans

### Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



### Performances environnementales et sociales du matériau



Références : Résineo ; Fiche technique enrobé drainant - DésiVille

# Enrobé à liant organo-minéral drainant

## Description générale

Ce revêtement perméable et recyclable est issu du mélange à froid de granulats avec un liant organo-minéral transparent. Tout le processus, de la fabrication à l'application se fait à froid, sur une faible épaisseur (3/4cm), nécessitant un besoin en ressource réduit. Le matériau est 100% recyclable.

## L'intégration paysagère

Le liant est translucide, le gravier est mis en valeur. Tout en restant sur des carrières locales, il est possible d'obtenir des couleurs qui s'harmonisent bien dans les projets.

## Usages et durabilité

Ce type d'enrobé est adapté pour les modes de déplacement doux, les places, les cours de collèges... Il permet de réduire l'albedo de ces espaces et permet l'infiltration des eaux pluviales.

Il est aussi utilisable :

- dans les zones naturelles.
- dans les parkings : la formule est alors renforcée

Les matériaux drainant sont tous sensibles à l'arrachement : ils sont à exclure dans le cas de stationnement en créneau (manœuvre).

En comparaison avec un béton drainant, l'enrobé drainant nécessite une volige ou une bordure (le béton est coffré) ; celle-ci n'est pas forcément obligatoire. Un enrobé consomme moins de matière qu'un béton : 3cm (hors sous-couches) contre 15 à 20 cm pour le béton.

## Points d'attention

A mettre en œuvre sur une grave drainante 0/20 de 10 à 30 cm de d'épaisseur selon les contraintes.

L'application s'effectue uniquement par temps sec (humidité relative <80%) et température entre 10 et 30°, vent inférieur à 30km/h. Il ne doit pas pleuvoir dans les 48h suivant l'application.



### Avantages (+)

- + Perméable
- + Sans COV
- + Esthétique
- + Technique à froid
- + Couleur claire : réduit l'ICU
- + Mise en œuvre possible en accès contraint
- + Applicable en zone naturelle (un fournisseur)

### Inconvénients (-)

- Mise en œuvre délicate et manutention difficile (respect des conditions météo impérative)
- Résistance au trafic limitée (sujet au risque de gravillonnage dans le temps en cas de manœuvre de véhicule à l'arrêt et au passage de véhicule lourd)
- Entretien délicat car des saletés s'accumulent progressivement dans la porosité de surface de matériau
- Coût 3x supérieur aux enrobés drainants classiques



## La mise en œuvre

- Le mélange arrive en camion ou en big-bag.
- Le support est réceptionné en planimétrie (tolérance +/- 1cm) et portance (EV2>50 Mpa).
- Le lissage se fait immédiatement après application. Compactage léger pour serrage de la matrice granulaire : talochage (pas obligatoire) puis rouleau (indispensable)
- Une pulvérisation de surface avec un liant organo-minéral sera répandue entre 24 et 48h après l'application du revêtement.

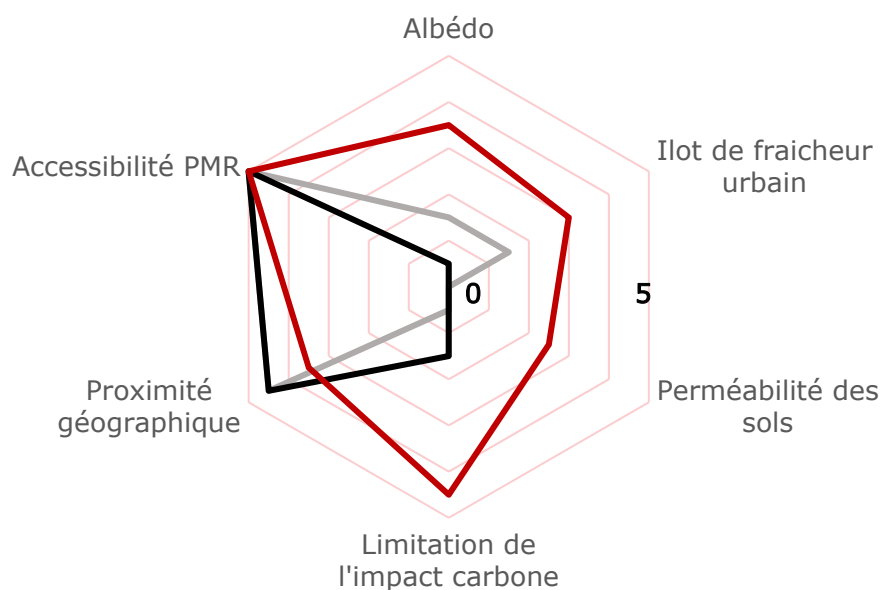


## L'entretien

- Nettoyage plus ou moins régulier à l'aide de balais ou souffleur de feuille ou d'un nettoyeur haute pression à distance raisonnable (au moins 40cm) et avec une pression mesurée.
- Réparation si départ de petits gravillons avec un liant organo-minéral.

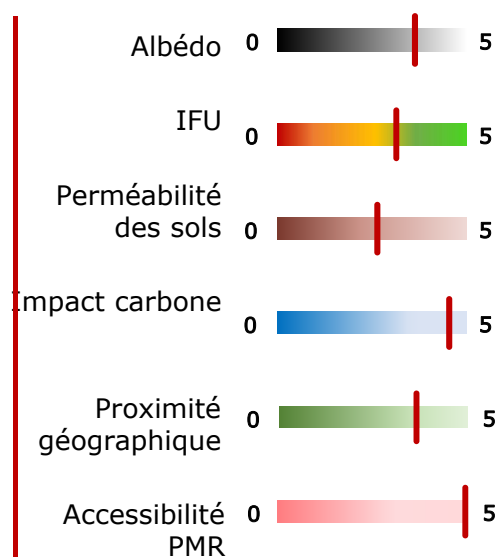
	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée ou service voirie	Service propreté	Entreprise spécialisée ou service voirie
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Pelle et finisher	Balai ou balayeuse Nettoyeur haute pression	Pelle et finisher, véhicule spécialisé pour le décolmatage
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	1 fois par an	Si colmatage (accidentel ou manque d'entretien) 15 ans sous condition d'un entretien adapté
COÛTS	60 à 80 €HT/m <sup>2</sup>	4 €HT/m <sup>2</sup> /an	45 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



- Enrobé noir
- Béton classique
- Enrobé à liant organo-minéral drainant

## Performances environnementales et sociales du matériau





# Enrobé à liant végétal drainant

## Description générale

Ce revêtement clair et esthétique présente une empreinte carbone réduite d'au moins 70% par rapport à un enrobé clair traditionnel. Un liant majoritairement végétal stocke du carbone biogénique dans ses composants d'origine végétale, grâce à une température de fabrication abaissée.

L'application se fait sur une faible épaisseur (3/4cm), nécessitant un besoin en ressource réduit. Le matériau est 100% recyclable.

## L'intégration paysagère

Le liant étant translucide, c'est le gravier utilisé qui est mis en valeur. Tout en restant sur des carrières locales, il est possible d'obtenir des couleurs qui s'harmonisent très bien dans les projets.

## Usages et durabilité

Ce type d'enrobé est circulaire par un trafic de desserte et de véhicules légers.

Le liant est un liant biosourcé issu du pin.

## Points d'attention

Le transport est conseillé en benne calorifugée.

A mettre en œuvre sur une grave drainante 0/20 de 10 à 30cm de profondeur selon les contraintes.



Source : Collège A Camus, Eysines, CD33



## Avantages (+)

- + Existe en version perméable
- + Esthétique
- + Couleur claire : réduit l'ICU
- + Mise en œuvre possible en accès contraint
- + Plus faible impact carbone qu'un enrobé classique
- + Circulaire immédiatement
- + Mise en œuvre simple

## Inconvénients (-)

- Entretien délicat car des saletés s'accumulent progressivement dans la porosité de surface de matériau
- L'application ne se fait pas à froid (contrairement à l'enrobé à liant organo-minéral) - fabrication entre 135 et 155°C et application entre 130 et 150°C





## La mise en œuvre

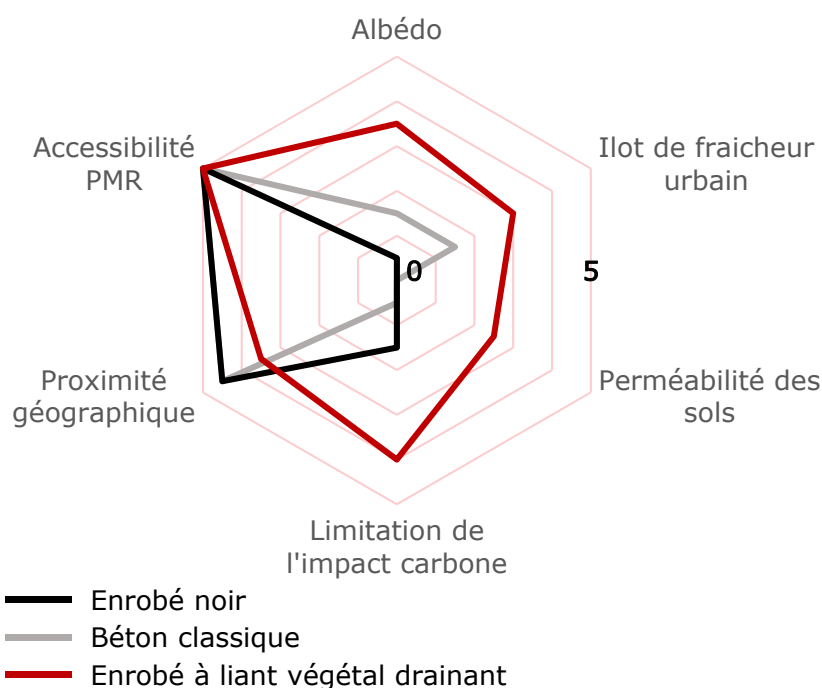
- L'application de l'enrobé est effectuée manuellement, à l'aide d'une mini-pelle ou d'un finisher en fonction de la surface à couvrir.
- La couche d'enrobé est déposée puis tassée.
- La mise en œuvre habituelle s'effectue à chaud, c'est-à-dire, supérieures à 130°C. Pour cela, une benne chauffée renferme le revêtement jusqu'au chantier.
- Pas de temps de séchage nécessaire, la remise en circulation peut être immédiate.

## L'entretien

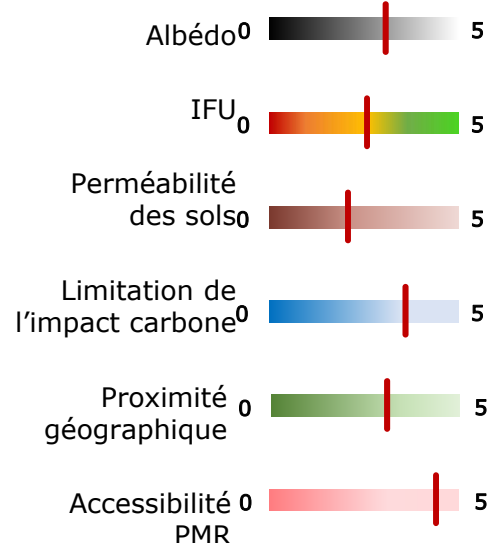
- Les réparations avec le même produit sont compliquées car nécessitent une fabrication spéciale et un volume minimum.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée ou service voirie	Service propreté	Entreprise spécialisée ou service voirie
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Mise en œuvre à la main ou mécanisée, finisher traditionnel ou mini puis compacteur tandem avec arrosage des cylindres	Balai ou balayeuse Nettoyeur haute pression	Pelle et finisher, véhicule spécialisé pour le décolmatage
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	1 fois par an	Si colmatage (accidentel ou manque d'entretien) 15 ans sous condition d'un entretien adapté
COÛTS	65 €HT/m <sup>2</sup>	4 €HT/m <sup>2</sup> /an	45 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



Références  
Hydroway  
Vegecol

# Gravillonnage superficiel sur sous-couche

## Description générale

Un gravillonnage superficiel est un épandage de mélange cailloux/émulsion sur une structure granulaire (GNT) ou bitumineuse (sous couche en enrobé de type grave bitume) permettant l'imperméabilisation et la circulation légère de VL sur la structure.

L'enduit apporte donc de la rugosité et empêche l'infiltration des eaux dans la structure, ce qui pourrait la fragiliser.

Le gravillonnage superficiel est défini par le nombre et l'arrangement des couches de liant et de granulats, on utilise alors le terme de : monocouche, bicouche, tricouche.

## L'intégration paysagère

Les gravillonnages permettent de faire ressortir la teinte de la roche utilisée qui dépendra de la carrière utilisée. Globalement, l'aspect sera foncé par l'utilisation d'émulsion de bitume.

## Usages et durabilité

Les enduits peuvent être utilisés comme revêtement provisoire ou définitif sur les structures en fonction de leurs usages :

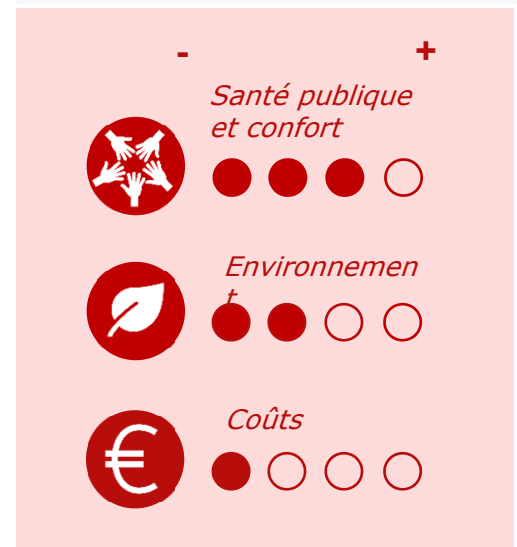
- Réparation sommaire de voirie
- Cheminement léger de type accès de parking en maison individuelle
- Réimperméabilisation d'une chaussée ayant de la microfissuration afin de garantir une durée de vie prolongée de la chaussée
- Apporter une rugosité à une chaussée existante ne respectant plus les normes

## Points d'attention

Les enduits doivent être choisis selon le trafic routier prévu, il faut alors adapter la granulométrie des matériaux, la viscosité et le type d'émulsion, la quantité de couche à mettre en œuvre.



Gravillonnage superficiel  
Source : Vosges.mag



### Avantages (+)

- + Faible consommation de liant et de granulats, donc impact carbone limité
- + Prix faible
- + Mise en œuvre rapide (une équipe et un camion)

### Inconvénients (-)

- Ne convient que pour des faibles trafics
- Niveau sonore élevé au passage de roue
- Non adapté à la giration
- Période spécifique de mise en œuvre sur chaussée bitumineuse existante (été)
- Deux semaines de circulation perturbée pendant le rejet (vitesse réduite)
- Non perméable
- Produit pétrolier
- Contribue à l'ICU



## La mise en œuvre

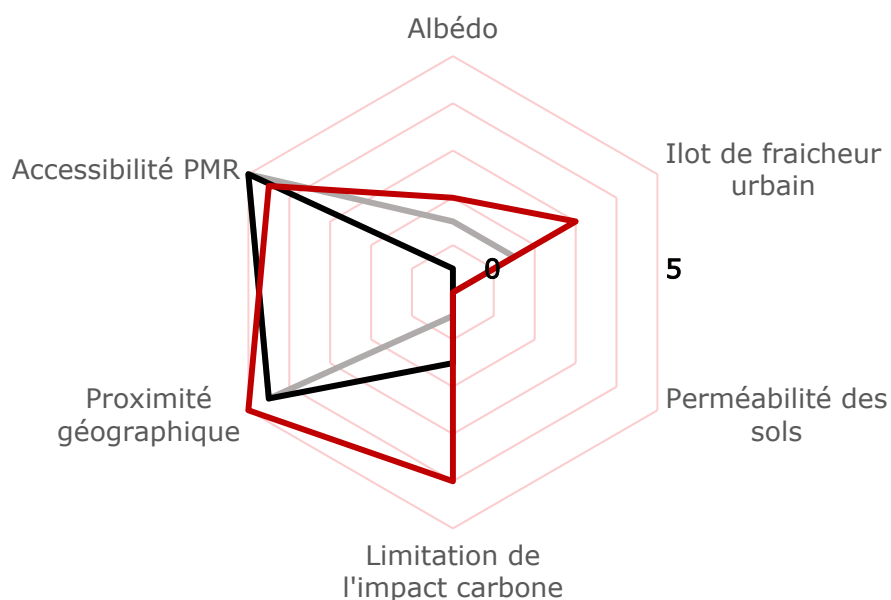
- Nettoyage des impuretés du support à la balayeuse et rectification de celui-ci si des déformations sont présentes
- Epanchage d'émulsion de bitume
- Gravillonnage
- Compactage de la couche
- Balayage du rejet au bout de deux semaines
- 500 à 5000m<sup>2</sup> par jour en fonction de l'environnement

## L'entretien

- Il n'y a pas d'entretien spécifique pour un gravillonnage superficiel. Mais il peut être nécessaire de faire des rustines avec la même technique si des décollements se font.

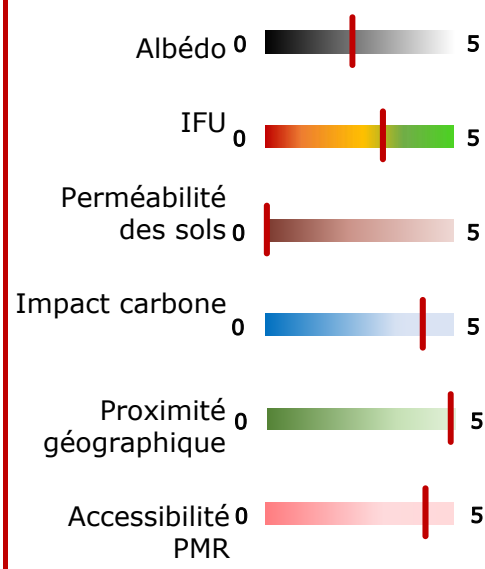
	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	<i>Non concerné</i>	Pas de maintenance spécifique :  Lorsque l'enduit superficiel est usé, on procède à une nouvelle mise en œuvre
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Camion gravillonneur, répandeuse, compacteur à pneu	<i>Non concerné</i>	
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>	
COUTS	3 à 10 €HT/m <sup>2</sup> en fonction de l'ESU choisi.	<i>Non concerné</i>	

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



- Enrobé noir
- Béton classique
- Gravillonnage superficiel

## Performances environnementales et sociales du matériau



## 4.5. Bois & Dérivés

### Origine du bois

Le bois est un matériau renouvelable et durable, disponible localement, recyclable et biosourcé.

1m<sup>3</sup> de bois = 1 tonne de CO<sub>2</sub> absorbé. Le bois massif est un produit 100% biosourcé. Il est peu énergivore, léger (peu d'énergie pour le transport et sa transformation), sec (pas de gaspillage d'eau) mais aussi un isolant (agréable pour une assise par exemple).

La région Nouvelle-Aquitaine est la plus boisée de France (34% de superficie forestière). Les principales essences sont : le pin maritime, le chêne pédonculé, le châtaignier, le hêtre, le douglas et le peuplier. Il est donc facile de trouver du bois local adapté au projet.

Pour faire face au changement climatique (augmentation des sécheresses, risque incendie, évolution des essences), la forêt française se réinvente en jouant sur la structure, la densité et la composition des peuplements.

### Classement du bois

On distingue les différentes classifications du bois suivant leur durabilité et usages dans lesquels ils sont employés.

Pour les platelages bois, les bois de classe 1 ou classe 2 sont proscrits.

Les bois de classe 3 conviennent s'ils ne touchent pas le sol (ils sont prévus pour être utilisés en humidité constante).

La classe 4 est à utiliser respectivement pour des pièces en contact avec le sol et humidification constante.

Tableau simplifié des classifications naturelles du bois (sans traitement) :

Essences résineuses tempérées	Classes			
	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)
Épicéa				
Hemlock				
Sapin				
Pin noir et laricio				
Pin weymouth				
Cèdre				
Douglas				
Mélèze				
Pin maritime				
Pin sylvestre				
Pitchpine				
Western red cedar				

Essences feuillus tempérées	Classes			
	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)
Bouleau				
Charme				
Érable				
Eucalyptus				
Frêne				
Hêtre				
Peuplier				
Tilleul				
Chêne rouge d'Amérique				
Orme				
Noyer				
Châtaignier				
Chêne rouvre & pédonculé				
Robinier				

Source du tableau :  
Règles UNEP C.C.3-A-R0

## Durabilité et imprégnabilité du bois

La durabilité du bois est naturelle ou conférée.

Elle est décrite dans la norme NF EN 350-2 :

- cinq classes de durabilité naturelle (hors aubier, sont définies vis-à-vis des champignons lignivores : de D1 (très durable) à D5 (non durable)
- deux classes de durabilité naturelle sont définies vis-à-vis des capricornes (seuls les résineux sont concernés) et des vrillettes : D (durable) et S (sensible)
- trois classes de durabilité naturelle (hors aubier) sont définies vis-à-vis des termites : D (durable), M (moyennement durable) et S (sensible).

L'imprégnabilité désigne quant à elle la facilité à traiter le bois. Quatre classes d'imprégnabilité sont définies : de 1 (imprégnable, facile à traiter) à 4 (non imprégnable, pénétration minimale du produit).

Les données pour les différentes espèces sont répertoriées dans la norme NF EN 350-2.

## Aspect du bois

La surface des bois est lisse (bois raboté) ou striée (rainurée), et les bords sont chanfreinés. La pose se fait sur l'une ou l'autre des faces, ou encore en alternance.

Le taux d'humidité du bois doit toujours être inférieur à 20 %. Avant installation, il convient ainsi d'être vigilant aux conditions de stockage qui peuvent influencer sur la qualité du produit (l'exposition au soleil peut déformer le bois, le griser, et l'humidité peut provoquer de légères variations dimensionnelles en largeur et/ou des microfissures).

## Choix des essences pour les platelages (en local)

### 1. Essences résineuses

#### Durabilité naturelle :

- Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) hors aubier et bois de transition ;
- Mélèze (*Larix decidua*) hors aubier et bois de transition

#### Durabilité conférée :

- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) traité pour une utilisation en classe 4 ;
- Pin de Weymouth (*Pinus strobus*) traité pour une utilisation en classe 4 ;
- Pin maritime (*Pinus pinaster*) traité pour une utilisation en classe 4

### 2. Essences feuillues tempérées

- Châtaignier (*Castanea sativa*) hors aubier et bois de transition
- Robinier (*Robinia pseudoacacia*) hors aubier et bois de transition
- Chêne pédonculé (*Quercus robur*) hors aubier et bois de transition

## Points d'attentions sur les lames

Le bois est un matériau très sensible à l'humidité. Suivant le bois, l'épaisseur des joints sera très différente. De manière générale, plus l'humidité optimale est importante, plus l'écartement est important.

C'est pourquoi, il est fortement déconseillé de poser des lames de terrasse à bords jointifs, et primordial de se référer aux préconisations des fabricants.

De même, on ne pose que des lames ou dalles de bois aux arêtes chanfreinées ou arrondies.

L'idée reçue que le bois strié est antidérapant est fausse. Les rainures retiennent l'humidité et favorisent le développement des mousses qui au fil du temps rendent le platelage glissant. Les rainures ne jouent pas sur la résistance mécanique, mais apportent une plus-value esthétique. Il est possible d'améliorer les propriétés antidérapantes d'un platelage en alternant des lames d'épaisseurs différentes ou en utilisant du bois brut de sciage au lieu de bois raboté.

## Références

Fibois

Règles UNEP C.C.3-A-R0



# Liège

## Description générale

Les sols souples en liège sont une alternative plus écologique au sol souple type EPDM (ou résisport), qui peuvent être mis en œuvre comme matériau amortissant au niveau des aires de jeux pour enfants (jusqu'à 3m de hauteur de chute). Ce type de revêtement ne se disperse pas et est facile d'entretien. De plus, ce matériau n'émet pas de perturbateurs endocriniens ou de composés organo-volatils, à la différence des solutions type EPDM. Les sols souples en liège sont amortissants (composés à 90% d'air), antidérapants (coefficient de frottement élevé qui prévient des glissades), auto-extinguibles (contribue à la lutte contre les incendies), perméables et sains (matériau naturel, renouvelable et recyclable). Sa couleur claire favorise la réflexion de la chaleur.

## Les variantes

Certains fabricants travaillent actuellement sur une résine époxy biosourcée.

## L'intégration paysagère

En tant que matériau naturel, le liège s'intègre facilement dans les aménagements avec sa teinte douce couleur bois.

## Usages et durabilité

Ce matériau souple est utilisé principalement sur les aires de jeux mais il peut aussi être utilisé sur tout aménagement pour ses qualités phoniques ou encore son côté perméable. Il absorbe les chocs et réduit ainsi le risque de blessures. Le liège est un matériau extrêmement durable. Sa résistance naturelle aux intempéries et à l'usure en fait un choix idéal pour une utilisation en extérieur. Le liège conserve ses propriétés au fil du temps (malgré les effets UV et humidité).

## Points d'attention

La hauteur de chute possible dépend de l'épaisseur de la couche et de la sous couche appliquées. Les conditions d'applications en termes d'humidité et de température sont contraignantes.

Attention aux différents produits sur le marché : le sol en liège doit être perméable une fois fini. La sous-couche doit être perméable (et non pas en caoutchouc ou EPDM). Vérifier les formations et fiches techniques du liège et de la résine.



Crèche du Grand Parc à  
Bordeaux  
Source : Bouriette-Vaconsin



*Santé publique+  
et confort*



*Environnement*



*Coûts*



### Avantages (+)

- + Rétention du CO2
- + Matériau écologique (renouvelable, recyclable et issu d'une récolte durable)
- + Imputrescible et drainant
- + Antidérapant et amortissant
- + Résistant : adapté au passage intensif, résistant aux intempéries, résistant aux UV, à l'eau, aux cycles gel/dégel
- + N'émettent pas de substances organiques volatiles néfastes pour la santé
- + Surface finie non abrasive
- + Léger

### Inconvénients (-)

- Plusieurs jours sans pluie sont nécessaires à sa mise en œuvre
- Ne peut pas être déposé en cas d'intervention sur le sous-sol (penser à découper ou pré-découper les tampons ou regards)
- Aspect dégradé en cas d'intervention sur le sous-sol une fois posé



## La mise en œuvre

- A installer sur un sol dur (enrobé ou béton drainant ou non drainant avec gestion de l'eau intégrée) et prévoir une pente >1% pour l'évacuation des EP.
- Pour assurer la capacité amortissante du sol, installer une sous-couche en liège avant de couler la surface.
- Appliquer le mélange sur le support. Régler, talocher puis lisser à l'aide d'une lisseuse inox.
- Laisser sécher au minimum 48h avant ouverture.
- Le temps de maniabilité est d'environ 40 minutes (varie selon la température et l'humidité).

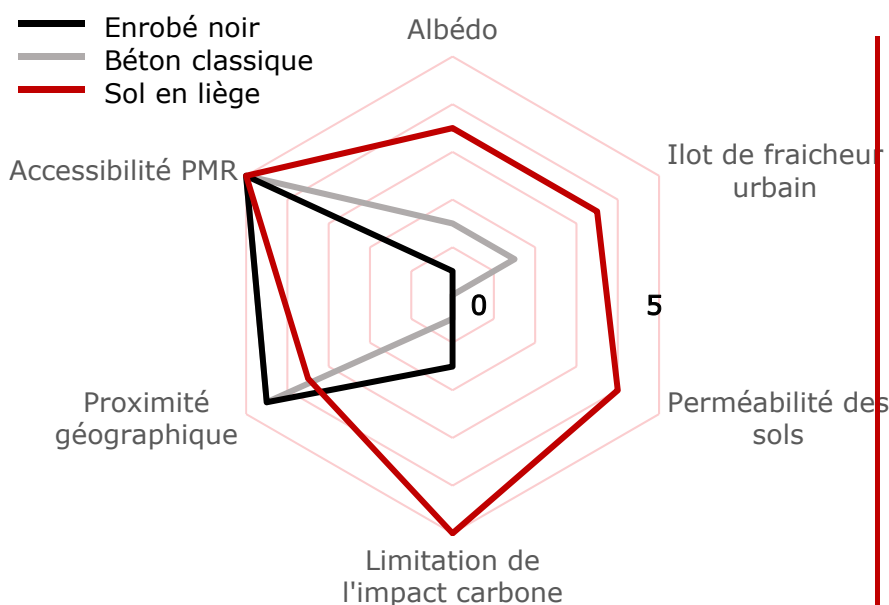


## L'entretien

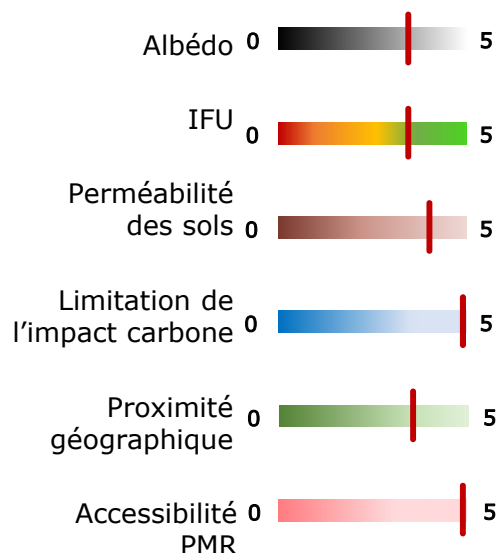
- Le revêtement est peu exigeant en termes d'entretien. Il est facile à nettoyer et retient peu la saleté ou les débris.
- Résistant aux moisissures et aux champignons qui réduit le besoin de traitements chimiques.
- Balayage, nettoyage à l'eau et inspection des surfaces pour détecter tout signe d'usure ou de dommage.
- Des réparations courantes peuvent être faites par un professionnel (selon protocole de la marque).

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise spécialisée	Service des espaces vert et/ou propreté	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Malaxeur à axe vertical Lisseuse inox type plateau flamand ou italien Règle de maçon ou râteau réglable	1/mois : Balai 1/an : Brosses douces ou nettoyeur haute pression 50 bar max à 50cm minimum	Réparation selon usure : patch possible
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Intervention annuelle	Durée de vie : ~15 ans
COÛTS	120 €HT pour 2cm d'épaisseur 150 à 180 €HT/m <sup>2</sup> pour 4 cm	5 €HT/m <sup>2</sup> /an	100 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



# Bois brûlé

## Description générale

La technique du bois brûlé, ou Yakisugi, trouve ses racines au Japon au XVIII<sup>e</sup> siècle. Réintroduite il y a environ vingt ans au Canada, avant de conquérir l'Europe et les pays Scandinaves, cette méthode traditionnelle de traitement du bois par le feu s'inscrit parfaitement dans les démarches de transition écologique de notre époque.

Cette technique s'applique à tous les bois, mais plus particulièrement cèdre, douglas, mélèze, pin et chêne.

Le bois brûlé ne nécessite aucune lasure ou produit chimique pour sa protection et permet de conserver l'aspect du bois pendant 50 ans. Sa couche de carbone le protège des UV (et même mieux du feu) et des insectes xylophages et champignons lignivores.

Il est possible de le laisser brut ou de passer une huile (huile de lin, huile de tung) - à réappliquer tous les 10 ans.

## L'intégration paysagère

Le bois brûlé offre un look distinctif, avec des teintes profondes et un grain accentué, créant une esthétique à la fois contemporaine et naturelle. Il existe plusieurs finitions : écaillée, brossée et braisée...

## Usages et durabilité

Cette technique permet également de réemployer du vieux bois en extérieur.

Il est utilisable en clôture, en poteau (les anciens avaient également l'habitude de passer au feu la partie enterrée des piquets de noisetier) ou lame de terrasse. Il existe également des créateurs de mobilier/designer en bois brûlé.

## Points d'attention

Attention au faux bois brûlé qui pourrait être proposé pour faire des économies (saturateur utilisé pour donner l'effet mais les propriétés n'y sont pas).

Avant que les flammes ne s'approchent du bois, les planches doivent être séchées jusqu'à un taux d'humidité résiduelle de 10 à 14 % pour être prêtes à être carbonisées. Les panneaux doivent être fins (15mm max).



Marché couvert d'Andernos  
Source : Bouriette-Vaconsin



### Avantages (+)

- + Pas de produits chimiques
- + Longévité
- + Rendu unique
- + Réemploi possible de vieux bois non classe 3

### Inconvénients (-)

- Prix
- Filière peu organisée
- Peu de retour scientifique sur les produits proposés sur le marché



## La mise en œuvre

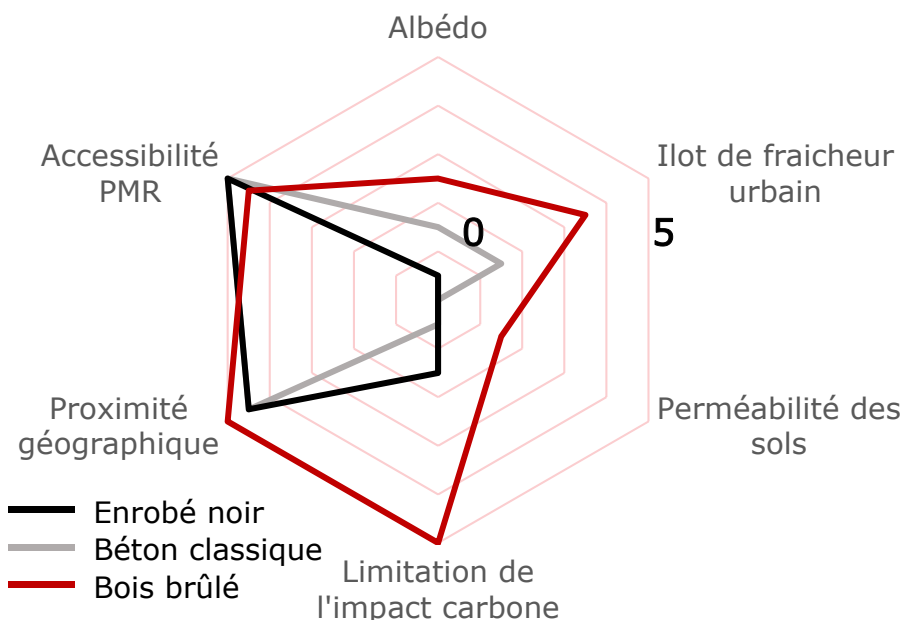
- La face brûlée ne doit pas être cognée et la manipulation des lames doit se faire avec précaution lors de la mise en œuvre.
- Toutes les découpes doivent être retraitées (huile).

## L'entretien

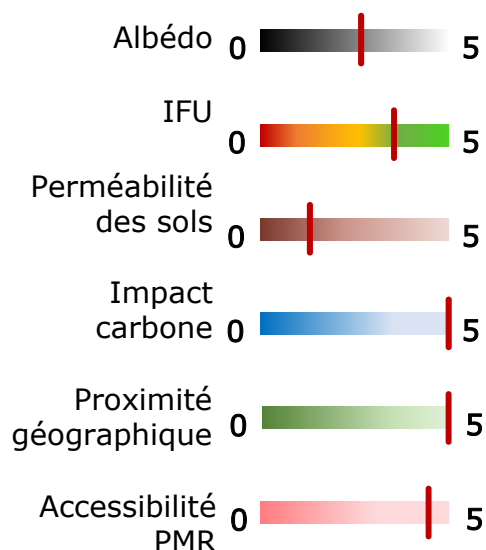
- Il est conseillé d'appliquer une huile tous les 10 ans pour garder son aspect.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Menuisier	Service Espaces Verts ou Propreté	Menuisier
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie, perceuse...	Huile de lin ou de tung au rouleau	<i>Remplacement ponctuel</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Tous les 10 ans	Durée de vie 50 ans
Coûts	150 à 200 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	20 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

### Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



### Performances environnementales et sociales du matériau



Références  
E-wood

# Bois naturellement imputrescible

## Description générale

Les bois suivants sont naturellement classe 4 :

- Châtaignier : Eviter le contact direct avec le sol, sauf pour faire des poteaux ou piquets dont on aura passé au feu toute la partie enterrée. Il peut durer 10 ans en conditions dégradées (classe 4) et plus de 25 ans en conditions plus favorable (classe 3).
- Chêne rouvre & pédonculé : Eviter le contact direct avec le sol, même si le chêne peut être complètement immergé, le contact à l'air libre avec la terre entrainera un pourrissement.
- Robinier : Seul le robinier faux-acacia peut être en contact direct avec le sol, il est aussi résistant que le teck. C'est le seul bois local naturellement imputrescible. En Aquitaine, il est présent depuis 1600 et occupe 10 000 hectares.

## L'intégration paysagère

Concernant le robinier faux acacia, ce bois est aujourd'hui très demandé. C'est un bois clair et dense qui grise rapidement.

En sylviculture, le robinier est un arbre mellifère, apprécié des abeilles. Considéré comme invasif, il enrichit le sol en azote par les racines et la décomposition des feuilles : jusqu'à 60kg/ha de nitrate soluble, rapidement décomposé et disponible pour d'autres végétaux.

## Usages et durabilité

Le robinier est surtout utilisé en piquet ou en clôture (ganivelle) ou encore dans les aires de jeux (en forte progression avec le changement d'image > cours oasis).

Le risque de fentes est élevé en séchant (notamment si le séchage n'est pas respecté).

On le retrouve également de plus en plus chez les particuliers sous forme de mobiliers de jardin ou de lames de terrasse.

Il sera idéal pour faire des pavés de bois.

## Points d'attention

Du fait de la forte demande envers ce bois, le séchage n'est pas toujours respecté.



Ponton de pêche, Blasimon - CD33



### Avantages (+)

- + Pas de produits chimiques
- + Pas de traitement
- + Permet de valoriser les essences locales
- + Résistance naturelle
- + Facilité de mise en œuvre
- + Stockage de carbone
- + Isolation
- + Résistance à la compression
- + Absorption des chocs

### Inconvénients (-)

- Flux tendu sur l'approvisionnement (selon la forme) : augmentation des prix et recours aux pays de l'Est pour répondre à la demande (notamment la Hongrie)
- Espèce considérée comme invasive





### La mise en œuvre

- Le robinier étant un bois dur, les outils doivent être affûtés.
- Un pré-perçage est recommandé.

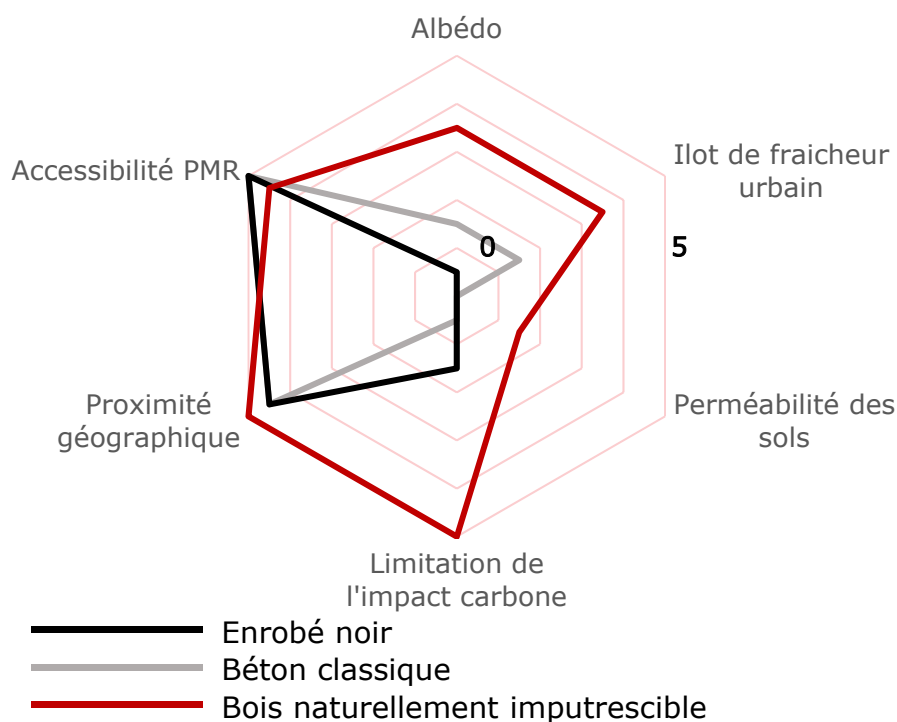


### L'entretien

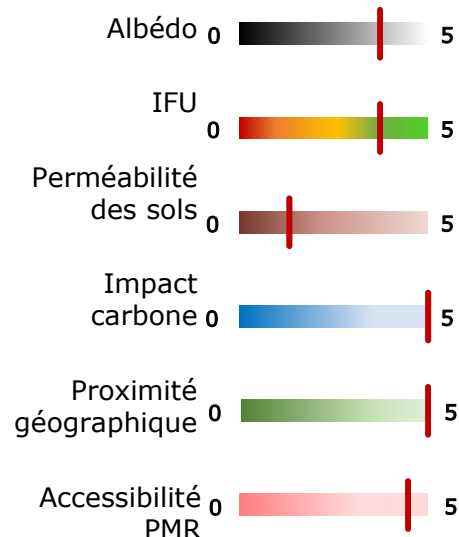
- Le robinier grise rapidement. Il faut passer un saturateur si on ne souhaite pas cette couleur, il est aussi possible d'accepter cette couleur qui n'altère pas ces propriétés.
- Surveillance des fissures et réparations selon le lieu (jeux d'enfants, risque de pourrissement...)

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Menuisier	Service Espaces Verts ou Propreté	Menuisier
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie, perceuse...	Surveillance	<i>Remplacement ponctuel</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	<i>Tous les ans</i>	Durée de vie 50 ans
COÛTS	130 à 250 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	20 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

### Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



### Performances environnementales et sociales du matériau



Références  
Fibois  
[www.acacia-robinier.be](http://www.acacia-robinier.be)

# Bois traité autoclave

## Description générale

Le traitement en autoclave « vide et pression » est une solution pour protéger les bois exposés directement aux intempéries ou en contact avec le sol. L'utilisation du vide et de la pression permet d'injecter en profondeur des agents de préservation pour l'homme et l'environnement et de renforcer ainsi la résistance du bois aux attaques naturelles (insectes, champignons et termites). Ce traitement permet d'obtenir des durées de service de 10 ans minimum selon les expositions en situation.

Le traitement par autoclave vide-pression donne une teinte au bois (vert, marron, gris) qui tient bien dans le temps et génère un vieillissement progressif et uniforme.

La directive Biocides « 98/8/CE » est venue réglementer des utilisations des traitements du bois. Ainsi, on a pu voir disparaître des substances très nocives qui étaient utilisées depuis plus de 50 ans comme l'arsenic...

Le marquage CE est régi par la norme NF EN 15228, sur le traitement du bois contre les attaques biologiques. Il valide les exigences en termes de résistance aux agents pathologiques, il vérifie les origines et les quantités de substances actives et il atteste de la réaction au feu et de la rigidité du bois.

## L'intégration paysagère

Les traitements autoclaves donnent souvent une couleur au bois : vert quand le traitement est au cuivre (oxydation) ou marron/brun dans le cas où un additif a été ajouté. Il est également possible d'appliquer une huile de lin ou un saturateur. Des sels de traitement peuvent cristalliser à la surface du bois.

## Usages et durabilité

Les bois autoclaves sont garantis 10 ans en extérieurs.

Les bois traités autoclave sont souvent amenés à être en contact avec la terre. Pour un piquet ou un tuteur d'arbre, leur durée de vie est suffisante.

## Points d'attention

Toute découpe du bois ou même trou (vis...) doit être retraité. A préciser dans les CCTP !

Les bois traités ont une résistance mécanique moindre.

Prenez des précautions en travaillant sur un bois traité autoclave (ramasser les sciures, se laver...)



Allée de Boissière, Domaine de Certes, CD33



## Avantages (+)

- + Prix
- + Produits facilement accessibles
- + Permet de valoriser les essences locales

## Inconvénients (-)

- Produits chimiques
- Longévité relative (dépend notamment du respect de la mise en œuvre)



## La mise en œuvre

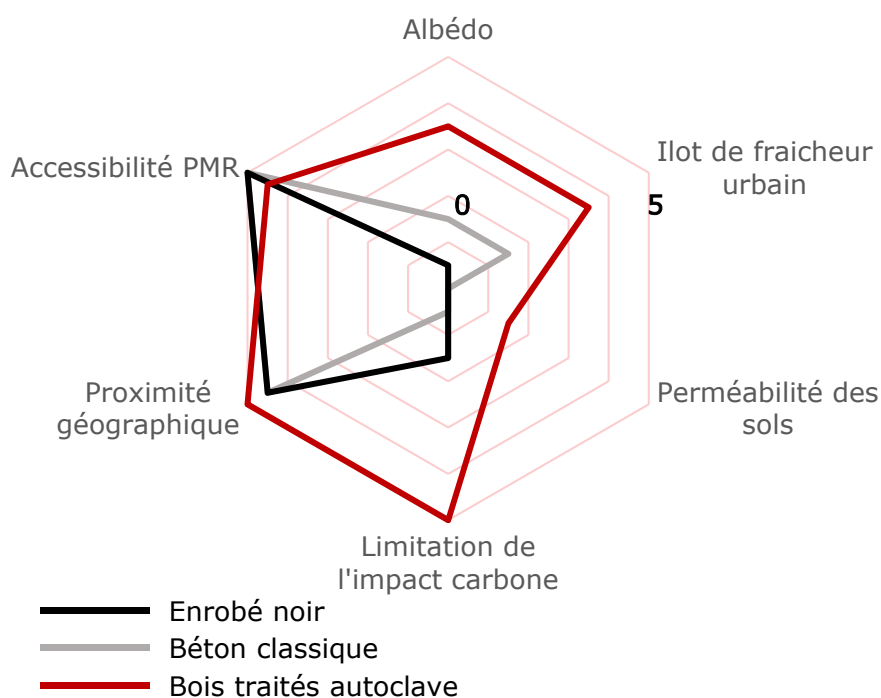
- Toutes les coupes doivent être retraitées.
- Si le bois traité autoclave doit être en contact avec le sol, il ne doit en aucun cas être recoupé (même s'il est retraité). Une couche de gravier doit être disposé au fond du trou pour évacuer l'eau.
- Sous une terrasse, il conviendra de mettre un géotextile pour éviter les mauvaises herbes et le contact avec la terre.

## L'entretien

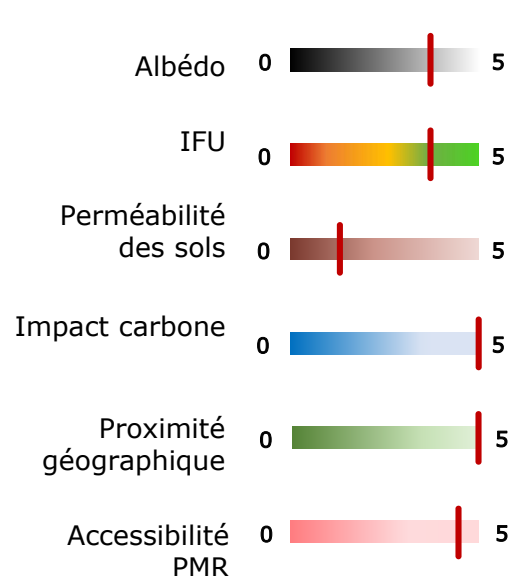
- Laver et broser pour éliminer les mousses selon exposition.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Menuisier	Service Espaces Verts ou Propreté	Menuisier
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie, perceuse...	Brosse	Remplacement à envisager
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Tous les ans	Garanti 10 ans
COÛTS	70 à 130 €HT/m <sup>2</sup>	2 €HT/m <sup>2</sup> /an	70 à 130 €HT/m <sup>2</sup>

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



Références  
Fibois

# Bois traité haute température ou THT

## Description générale

Le traitement haute température permet au bois d'être plus durable et plus stable.

Ce traitement s'apparente à une pyrolyse ménagée. Le bois est chauffé à une température pouvant atteindre 240 °C dans des conditions extrêmement précises. Sans ajout de produits chimiques, le procédé entraîne une modification physico-chimique définitive des composants du bois. Il s'en suit une modification de sa teinte, une augmentation de sa stabilité dimensionnelle, une plus grande résistance aux champignons et aux insectes xylophages. Le bois est traité à cœur et les chutes peuvent être incinérées sans risque.

Le traitement haute température permet d'utiliser et de valoriser des bois de pays mais elle demande une dépense d'énergie non négligeable (environ 3,8 MJ/kg). Cependant cette solution reste préférable aux bois exotiques.

Les bois traités haute température ont pour avantages d'être très stables, d'avoir très peu de variation dimensionnelle (dilatation et retrait des lames). En revanche, le fait qu'une partie de la lignite présente dans le bois disparaisse lors de cette opération rend l'élément traité plus fragile et plus cassant en abaissant sa contrainte de flexion. Généralement, on utilise le pin maritime, le frêne, le hêtre, et le chêne.

## L'intégration paysagère

Le traitement haute température modifie la couleur vers des teintes fumées plus chaudes ; le rendu esthétique est très intéressant. Mais, comme pour tous les bois, la teinte évoluera vers un gris clair sous l'action des UV.

## Usages et durabilité

Les effets sur le bois sont variés : il devient imputrescible, sa couleur se trouve modifiée, il obtient une stabilité dimensionnelle améliorée, il résiste mieux aux agressions des nuisibles, il craint moins l'humidité... Il peut être utilisé en lame (terrasse, assise, palissade) ou en poteau.

## Points d'attention

On retrouve différentes technologies telles que la réтификаction, Thermowood... Dans le CCTP, il faut utiliser la mention "bois traité par haute température".



Terrasse en thermo-frêne  
Source : Les Arts des Bois



### Avantages (+)

- + Pas de produits chimiques
- + Longévité
- + Permet de valoriser les essences locales

### Inconvénients (-)

- Prix
- Energivore
- Moins résistant à la flexion



## La mise en œuvre

- Le bois THT étant cassant, il faut pré-percer et fraiser toutes les vis.

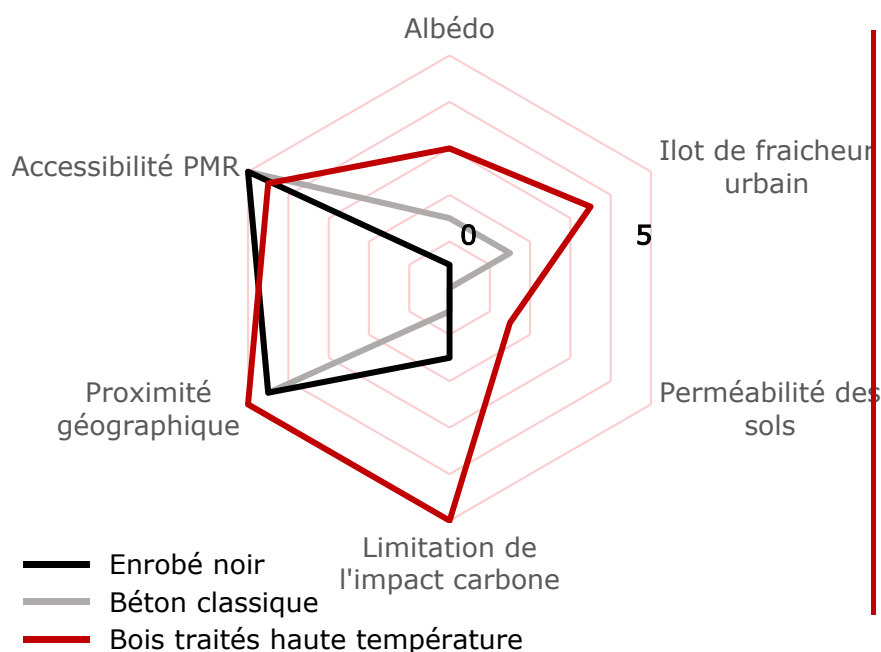


## L'entretien

- Il est conseillé d'appliquer une huile tous les 10 ans.
- Pour garder la couleur "caramel" du bois, un saturateur doit être appliqué.

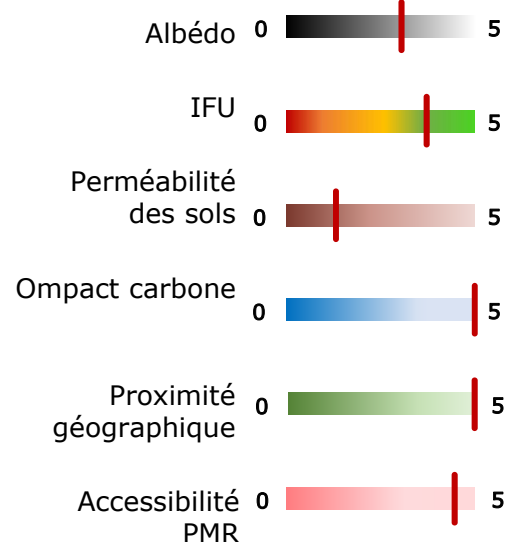
	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Menuisier	Service Espaces Verts ou Propreté	Menuisier
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Scie, fraiseuse, perceuse...	Rouleau et huile	<i>Remplacement ponctuel</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Tous les 10 ans	Garanti 20 ans
COÛTS	130 à 200 €HT/m <sup>2</sup>	0 €HT/m <sup>2</sup> /an	20 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



Références  
Fibois  
Fédération Nationale du Bois

## Performances environnementales et sociales du matériau





# Matériaux fluants

## Description générale

Cette fiche concerne tous les matériaux fluants issus du végétal : mulch, bois broyé, aiguilles de pins, noyaux, coques...

Les surfaces biodégradables doivent être stables dans le temps.

Les matériaux fluants présentent à la fois un intérêt en tant que matériaux de sol mais sont aussi une couche de protection du sol contre les herbes indésirables, pour limiter l'arrosage, réguler la température du sol, pour enrichir le sol en matière organique...

Dans la mesure du possible, le choix de ces matériaux doit se faire en fonction des ressources accessibles à proximité, voir issues du site : arbres abattus, défrichage, etc.

## L'intégration paysagère

Ces matériaux s'intègrent parfaitement au caractère naturel des sites. Certains renforcent l'origine locale (aiguilles de pin par exemple).

## Usages et durabilité

Ce type de revêtement est utilisé dans le cas de circulation faible, surtout piétonne. Il peut aussi être utilisé pour du stationnement ponctuel, des aires de jeux (copeaux normés) ou en couvre-sol pour éviter le désherbage et limiter l'arrosage des massifs plantés.

## Points d'attention

Selon la provenance, certains déchets (plastiques) peuvent être présents dans le cas de matériaux broyés mal triés. Un second passage doit alors être fait par l'entreprise pour ne pas polluer le site, ce qui entraîne une perte de temps.

Il conviendra de s'assurer que le sol est suffisamment filtrant avant d'appliquer ce type de revêtement ou de corriger la sous-couche dans le cas contraire.



Parking en aiguilles de pins à Capbreton ; Source : Cerema



### Avantages (+)

- + Produits naturels
- + Ressource locale, voir du site
- + Ne dégrade pas le sol en place / permet de l'enrichir
- + Régule la température

### Inconvénients (-)

- Nécessite un rechargement régulier
- Non PMR



## La mise en œuvre

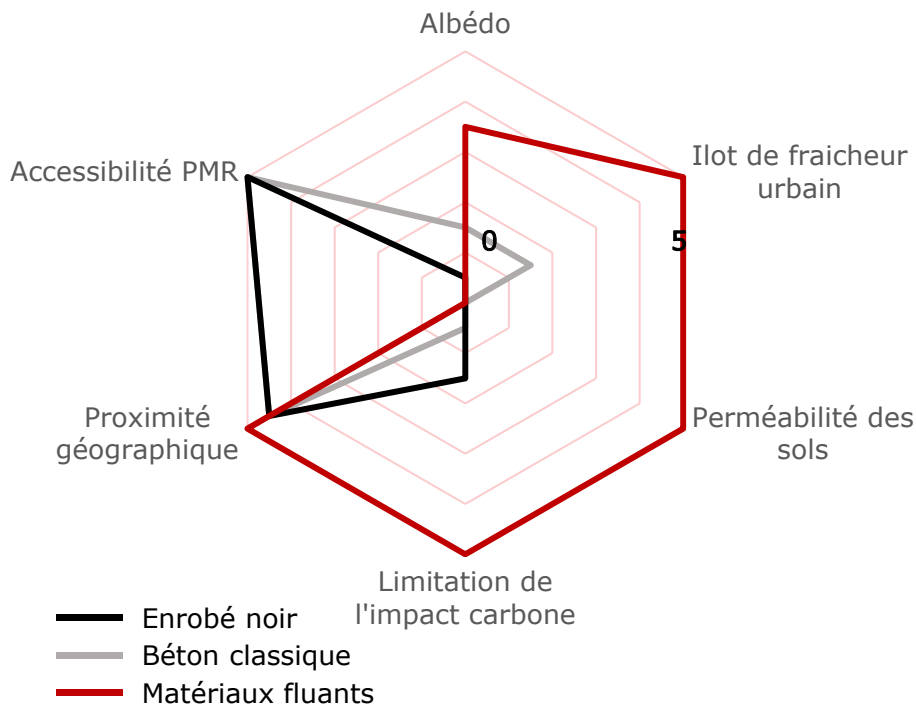
Comme pour les surfaces gravillonnées, il n'y a pas de manière particulière pour réaliser l'épandage. Il faut toutefois veiller à ce que la répartition soit uniforme. Un géotextile doit recouvrir le sol, qui doit être suffisamment filtrant.

## L'entretien

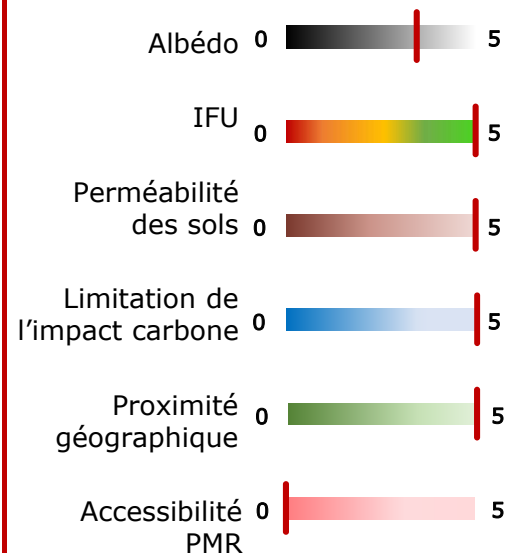
Les surfaces biodégradables nécessitent un entretien facile mais régulé. Le matériau doit être rechargé, le revêtement réuniformisé, etc. Les reprises sont invisibles.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise Paysage ou Service E.V	Service Espaces Verts ou Propreté	Entreprise ou Service Espaces Verts
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Pelle, rateau ou broyeuse (si production BRF)	Vérification visuelle du niveau + enlever les déchets	Camion Benne et pelle, rateau + nouveaux matériaux
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Régulièrement selon usages	Selon niveau et usages
COÛTS	5 à 150 €HT/m <sup>2</sup> (suivant type de matériau et provenance)	5 €HT/m <sup>2</sup> /an	100 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



## 4.6. Revêtements végétalisés

### **Origine des revêtements végétalisés - ou faire avec la nature**

Les revêtements végétalisés s'appuient sur la nature pour offrir des revêtements accessibles à des usages plus denses : de la terre, des pierres, des plantes, des mycorhizes.

Ce sont donc des revêtements perméables, qui filtrent les pollutions avant l'infiltration des eaux, qui participent à la régulation des températures (quand il y a un couvert végétal), qui ne dégradent pas le sol et qui ne nécessitent pas d'être recyclés.

Ces revêtements s'intègrent parfaitement au paysage, à partir du moment où ils sont réussis - ils font partie du paysage. Ces revêtements sont écologiques et participent à l'expression de la biodiversité.

# Graves compactées mycorhizées

## Description générale

Les graves compactées mycorhizées se composent d'une structure de chaussée classique dont l'épaisseur varie selon les usages. Les 20 centimètres supérieurs contiennent un mélange de graves, enrichi par des microorganismes (mycorhizes) qui vivent en symbiose avec les **racines** des plantes sélectionnées et semées sur la surface. Le rendu final est un sol compacté et dur à l'intérieur duquel poussent les végétaux plantés et dont les racines permettent un bon maintien du sol et une bonne perméabilité.

## Les variantes

Les différentes variantes de cette solution reposent sur la nature et la couleur des granulats utilisés et des graines semées à la surface.

## L'intégration paysagère

Bien réussi, le substrat mycorhizé s'intègre comme une pièce de paysage. L'aspect visuel peut toutefois varier au fil des saisons et les zones plus fréquentées peuvent également être moins végétalisées. Par ailleurs, la végétation peut donner un aspect « moins entretenu » qui nécessite un peu de pédagogie avec les usagers.

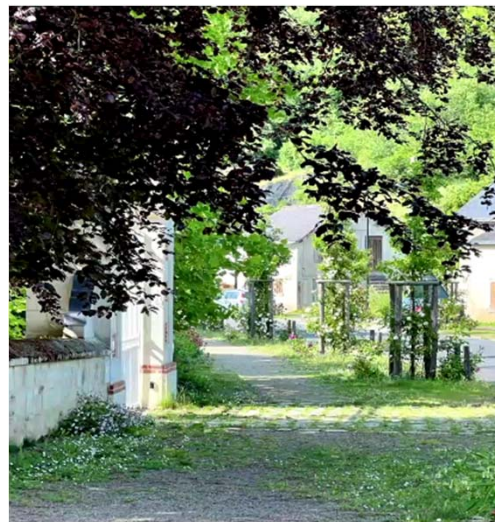
## Usages et durabilité

Les chaussées en graves compactées mycorhizées sont adaptées à une vaste gamme d'usage en raison de leur résistance et de leur durabilité mais avec une intensité d'usage plutôt basse : allées piétonnes, aires de stationnement, accotements routiers, places, cimetières, voies pompiers, cours de collèges, etc.

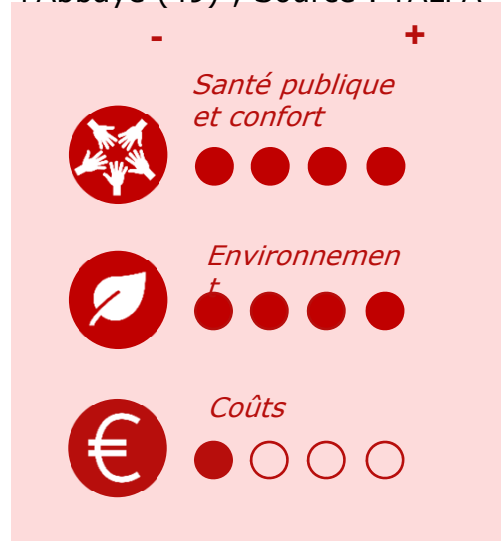
## Points d'attention

Dans les zones très fréquentées, ce type de chaussée n'est pas préconisé. Cette solution n'est pas non plus recommandée pour les terrains sportifs.

L'intégration de mycorhizes dans le substrat permet de maintenir un sol vivant, d'assurer la résilience du végétal, la perméabilité du matériau et de son impact positif sur l'ICU.



Centre bourg de Fontevraud l'Abbaye (49) ; Source : TALPA



### Avantages (+)

- + Entretien très limité
- + Perméabilité très importante car sol vivant
- + Source de biodiversité
- + Accessibilité PMR
- + Esthétisme
- + Matière naturelle
- + Réemploi possible pour la grave utilisée
- + Impact positif sur l'ICU
- + Coût peu élevé

### Inconvénients (-)

- Aspect variable selon la saison
- Besoin de pédagogie sur l'aspect « moins entretenu » de ce type de chaussée
- Végétation moins présente si passage important sur la chaussée
- Ne supporte pas les fortes vitesses de véhicules (max 20 km/h) ni les girations



## La mise en œuvre

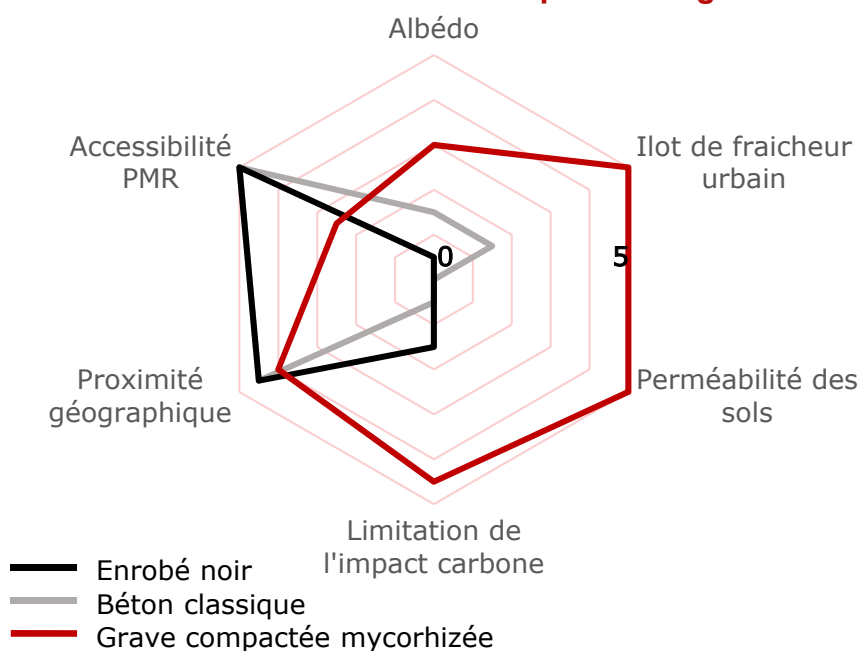
- Mise en place d'un géotextile sur le sol en place puis d'une structure de chaussée classique d'épaisseur variable selon l'usage futur de la chaussée.
- Ajouter ensuite les graves de structure de chaussée et les décompacter légèrement avant de venir la semer et la recomprimer ensuite.
- Au bout de 2 à 3 semaines, les végétaux peuvent commencer à pousser si les conditions météo sont propices.

## L'entretien

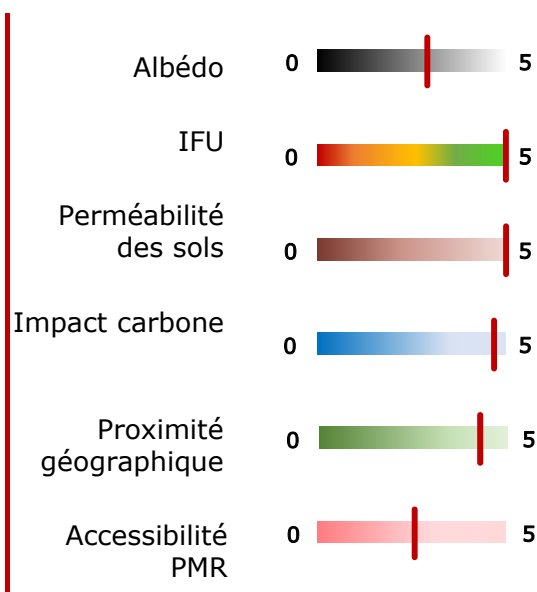
- Les substrats mycorhizés nécessitent un entretien très limité car les espèces végétales sont sélectionnées pour ne pas pousser en hauteur
- Si des travaux affectent la chaussée mycorhizée (par exemple, une tranchée pour modifier un réseau), celle-ci peut être retirée par couches. Une fois les travaux terminés, elle peut être remise en place de manière identique. La cicatrisation se produit naturellement, et un réensemencement peut être effectué pour atténuer les marques laissées par l'intervention.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise espaces verts	Entreprise ou service propreté et espaces verts	Entreprise spécialisée
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	<i>Non concerné</i>	Balais ou souffleur	Matériel de pose de la chaussée
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	Ramassage des déchets ou tonte occasionnelle si besoin	Si nécessaire
COÛTS	30 €HT/m <sup>2</sup> (piéton) 45 €HT/m <sup>2</sup> (stationnement)	5 €HT/m <sup>2</sup> /an	5 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

### Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



### Performances environnementales et sociales du matériau





# Mélange terre-pierre

## Description générale

Le recours à un mélange terre-pierres peut s'avérer être un compromis efficace dans le cas où l'on cherche à associer de façon pérenne la circulation piétonnière et automobile à la présence de végétaux et surtout de racines. Il s'agit d'un mélange de granulats (pierres) et de terre végétale et/ou de terre support associant des propriétés de fertilité, de porosité, de perméabilité et de portance pour permettre, dans le même volume, le bon développement du système racinaire et la bonne stabilité du revêtement de voirie.

## Les variantes

Les proportions du mélange terre-pierres peuvent varier. Le mélange comporte 60% à 75% de pierres et 25% à 40% de terre. Le mélange doit répondre aux critères d'usages du revêtement. Un mélange trop riche en pierre peut nuire à l'implantation d'un couvert végétal dans le temps. Le revêtement doit aussi être suffisamment drainant pour garantir l'infiltration des EP. Par ailleurs, certains mélanges terre-pierre ont recours à des structures en plastiques mais cela est déconseillé car leur dégradation entraîne une pollution des sols.

## L'intégration paysagère

Bien réussi, le terre-pierre s'intègre comme une pièce de paysage.

## Usages et durabilité

Ce matériau est utilisé pour des couches de roulement et d'assise, pour les zones de stationnement à usage modéré, les cheminements piétonniers, les aménagements cyclables. Ce matériau n'est cependant pas adapté aux lieux à forte fréquentation. Il est adapté à tous les climats avec toutefois une sensibilité à la sécheresse. Le mélange terre-pierre s'il est bien entretenu, possède une durée de vie de 20 à 50 ans.

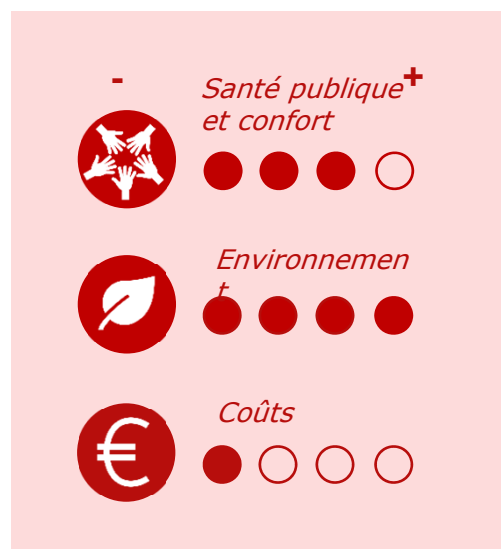
## Point d'attention

La nature des espèces végétales va varier selon les critères de rendu et de résistance (roulement, piétinement, sécheresse). Généralement, le couvert est constitué de graminées (fétuques, ray-grass), de diverses espèces vivaces (achillées millefeuilles, marguerites communes) ou de sédums. Par ailleurs, un risque de tassement, de compactage et de boue à l'utilisation existe et peut faire baisser la perméabilité du sol. Des ornières peuvent se former, en particulier si le sol est humide. Ce risque est d'autant plus important si les bonnes proportions de terre et de pierre dans le mélange ne sont pas respectées.

Les pierres doivent avoir une dureté suffisante pour pouvoir résister au compactage lors de la mise en œuvre et pour ne pas s'altérer à moyen long terme au cours de leur utilisation.



Source : CAUE de l'Aveyron



### Avantages (+)

- + Durée de vie importante (20 à 50 ans)
- + Coût faible
- + Fort potentiel d'infiltration des eaux pluviales
- + Filtration des eaux pluviales
- + Réduction de l'îlot de chaleur urbain
- + Support de déplacements des véhicules
- + Esthétique paysagère
- + Support de végétation et de biodiversité

### Inconvénients (-)

- Réparabilité moyenne
- Entretien fréquent
- Risque de compactage et de tassement
- Remontée de terre en surface qui finit par former de la boue
- Risque de pollution des sols si utilisation de structure en plastique



## La mise en œuvre

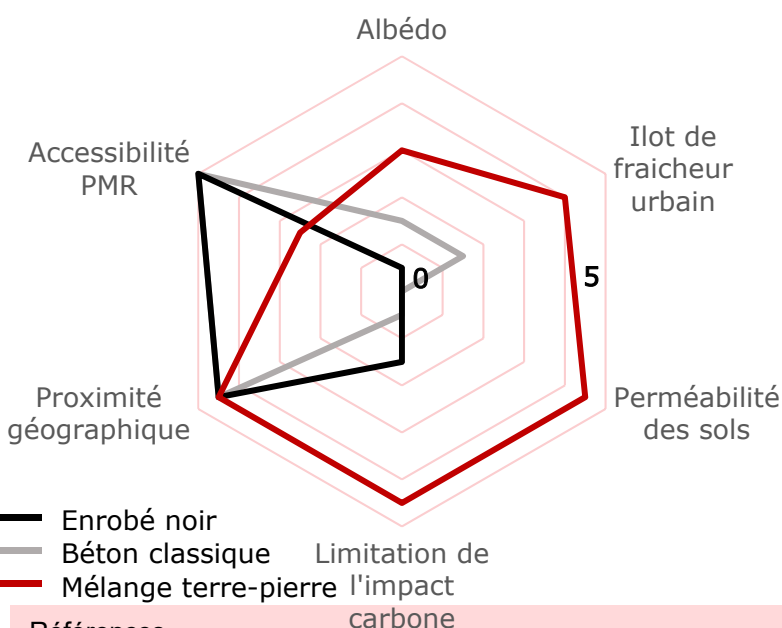
- Décapage terre-végétale et dressage du fond de forme
  - Mise en place d'une structure porteuse si nécessaire et d'un géotextile (si terrain trop argileux)
  - Mise en place et compactage du terre-pierre en fonction de l'usage (environ 20cm).
  - Semis de gazon sur fine couche de terre végétale ou végétalisation par la flore spontanée locale.
  - La période idéale est septembre-octobre.
- Circulation interdite pendant le développement du gazon.

## L'entretien

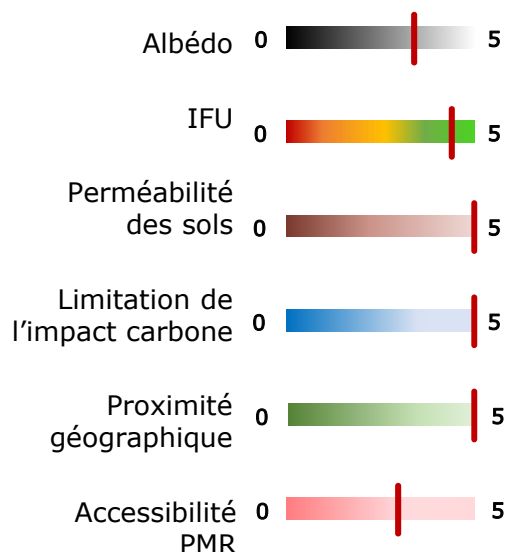
- Deux tontes par an (une au printemps et une en été)
- Semis de gazon au fur et à mesure si nécessaire

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise EV	Entreprise ou service propreté et espaces verts	Service EV
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	<i>Non concerné</i>	Tondeuse	Réapport de mélange terre-pierre en cas d'apparition d'ornières
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	2 fois par an pour limiter la pousse de la végétation et réfection occasionnelle des ornières	Si nécessaire
COÛTS	8 €HT/m <sup>2</sup> (piéton) 15 €HT/m <sup>2</sup> (stationnement)	5 €HT/m <sup>2</sup> /an	5 €HT/m <sup>2</sup> /10 ans

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



# 4.7. Sous-couches et gravats

## Origine des gravats de sous-couches

Dans le cadre des projets urbains, nous utilisons des matériaux, que ce soit la terre agricole ou les granulats de carrière, qui ne sont pas renouvelables. Pour nos projets, 3 100 000 m<sup>3</sup> / an de terre végétales ou 1 000 ha / an disparaissent en France.

D'un autre côté, la France produit des déchets et sous-produits : 171 millions de tonnes/an de terres et cailloux dont seulement 76% sont recyclés, le reste partant en stockage.

Le site [www.ecominero.fr](http://www.ecominero.fr) répertorie les points de reprise où déposer gratuitement ses déchets inertes à proximité (destiné aux professionnels).

Le code de l'Environnement (Article L 541) précise que le statut de déchet n'existe que si le matériau sort du site et incite donc très clairement à la valorisation des matériaux sur le site. Elle mentionne aussi que cette dernière doit se faire « sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement »- l'article L-541-2 du code l'Environnement rappelle que « tout producteur ou détenteur de déchets reste responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers ».

Le CCTG fascicule 35 incite au réemploi "Au regard de l'analyse du sol fournie dans le DCE, les sols en place (corrigés si nécessaire) sont à réemployer. À défaut, ils doivent être valorisés (de préférence sur place) et l'utilisation de sols reconstitués est préférable à l'importation de terres d'origine agricole."

## Intérêt du réemploi de gravats

En optant pour le réemploi de ces matériaux, cela de :

- Réduire nos déchets : autrefois, ces matériaux étaient enfouis,
- Limiter l'impact lié aux rotations des camions (trafic routier, nuisances sonores, pollution de l'air...)
- Lutter contre la transformation de nos paysages, que ce soit par la pression sur les carrières ou les sols agricoles

Au même titre que les matériaux de carrière, ces matériaux de réemploi sont contrôlés et offrent les mêmes garanties qu'un matériau "classique", sur des questions de risque de pollution, ou de résistance.

# Sous-couches de voiries recyclées

## Description générale

Les sous-couches de voirie nécessitent l'utilisation de matériaux granulaires qui peuvent être issus du réemploi de matériaux du bâtiment et des travaux publics : déconstruction de bâtiments, d'ouvrage de génie civil, de chaussées hors partie bitumineuse etc. Certains matériaux sont toutefois indésirables dans la grave tels que le plâtre et les matériaux pouvant se dégrader (tuiles, briques...) ou proscrits tels que l'amiante. Ils imposent donc une procédure de séparation en amont lors de la déconstruction et de contrôle à l'entrée de la plate-forme de recyclage. Les GNT recyclées ne sont pas adaptées aux chantiers architecturaux : en effet, la présence potentiel de sulfate (déchets de plâtre) pourrait mettre en péril la structure d'un bâtiment par des phénomènes de retrait/gonflement.

## Les variantes

Les différentes variantes de cette solution reposent sur la classification des graves recyclées dont va dépendre leur usage.

Les installations de recyclage peuvent être fixes (à proximité des grands centres de traitement) ou mobiles (pour des interventions ponctuelles sur des chantiers de démolition).

## Usages et durabilité

L'utilisation des graves recyclées dépend de leur granularité, de leur classe, de leur argilosité, etc. Selon leurs caractéristiques, elles peuvent servir à différents usages, comme remblais sous voiries, couches de forme ou remblais pour réseaux.

## Point d'attention

Les matériaux issus à la déconstruction sont d'abord traités sur une plateforme de recyclage avant d'être réutilisés. Seuls les déchets respectant toutes les conditions d'acceptation seront admis : il est interdit d'apporter des déchets liquides, non pelletables, pulvérulents, radioactifs, contaminés, contenant de l'amiante ou du goudron. Les spécificités de ces restrictions peuvent varier en fonction des matériaux à réemployer et des plateformes de recyclage. Au même titre que n'importe quel matériau, la GNT recyclée doit être fournie avec une fiche technique sur laquelle sont indiquées les valeurs techniques sur lesquelles le producteur s'engage.



Grave de sous-couche recyclée en Gironde - Source : Lefort



## Avantages (+)

- + Réemploi, gisement abondant
- + Adaptée à de nombreux usages
- + Performance de résistance/dureté supérieure à la grave de carrière
- + Sources d'approvisionnement locales
- + Potentiel abondant mais filière à structurer
- + Economie de ressources naturelles
- + Réduction des volumes de stockage des déchets inertes
- + Economie de transport (donc CO<sup>2</sup>)
- + Réduction de nos besoins sur les carrières
- + Coût limité

## Inconvénients (-)

- Pollutions potentielles des matériaux de déconstruction
- Seuils de valeurs physico-chimiques à respecter pour les graves recyclées
- Usages à adapter aux caractéristiques de la grave recyclée



## La mise en œuvre

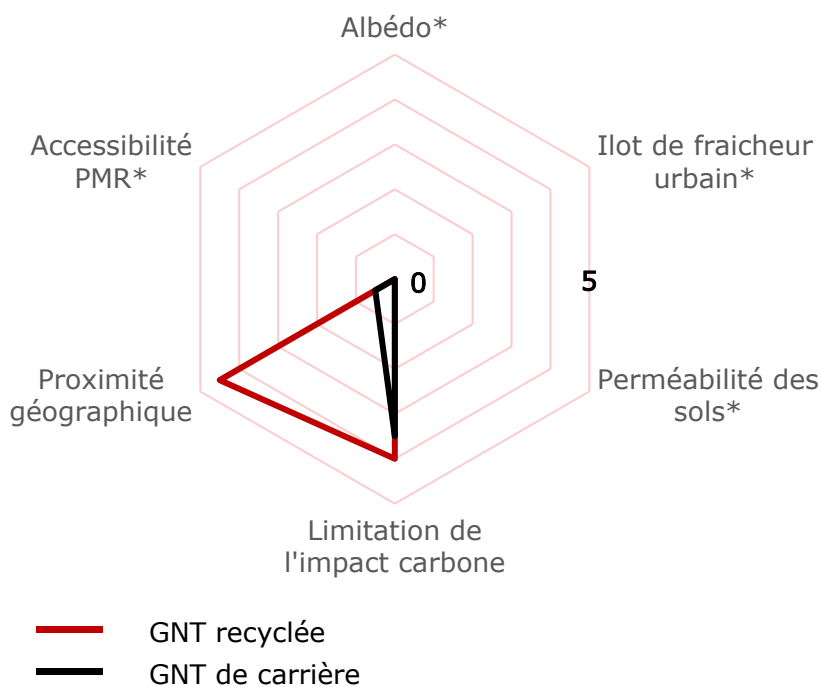
- La grave recyclée s'emploie comme une grave classique : mise en place d'un géotextile pour séparer du sol en place puis mise en place.
- La grave recyclée ne peut être employée uniquement pour des aménagements extérieurs (interdite pour la construction de bâtiments).

## L'entretien

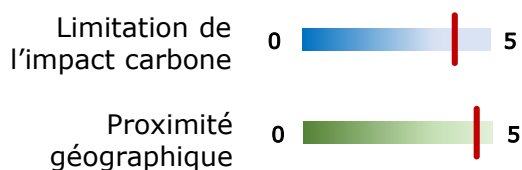
- Pas d'entretien ou de maintenance spécifique.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise VRD	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Géotextile, pelle ou tractopelle	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
COÛTS	17 à 19 €HT/t (prix carrière)	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



\*Impacts environnementaux et sociaux non pertinents car il s'agit d'un matériau de sous-couche

### Références

Classification et aide au choix des matériaux recyclés - Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM)

Utilisation des grèves recyclées issues de la déconstruction - NOVABUILD



# Réemploi de terre

## Description générale

Dans le cadre de projets d'espaces publics ou privés, nous avons besoin de reconstituer des sols fertiles pour assurer la pérennité du végétal.

La plupart du temps, la terre végétale est prélevée sur des sols agricoles. Il apparaît donc essentiel de préserver cette ressource.

Dès la phase conception, il est primordial de se renseigner sur l'historique du site et de prescrire une analyse complète du sol (pollution + agronomique), pour réutiliser la terre du site, autant que possible.

Dans le cas où la terre est polluée :

- Une dépollution partielle peut également être envisagée dans le projet paysager (phyto-extraction ou phyto-rhizodégradation).
- Les terres polluées peuvent également être conservées sous un géotextile recouvert de 30 cm de terre saine dans le cas où l'on ne plante ni potager, ni arbre fruitier.

Il est aussi possible de faire appel à une terre de substitut. Issue des chantiers de déconstruction, la terre est stockée en andains par origine et propriété. Un assemblage est ensuite réalisé pour obtenir une terre aux propriétés souhaitées (en rapport avec le site et la palette végétale), par exemple : argiles, limons, sables et amendements en proportions variables.

## Usages et durabilité

L'utilisation de la terre végétale de substitut n'apporte aucune différence dans le projet. Pour autant, elle économise la terre des champs (non renouvelable à une échelle de temps acceptable) et valorise des matériaux inexploités.

## Points d'attention

Ces terres doivent venir avec une fiche agronomique, comme toute terre végétale être conforme à la norme NF U44-551.

Ne pas oublier l'indice de tassement de la TV qui est de 14 à 18%. Pour combler un trou d'1 m<sup>3</sup> avec de la terre végétale, il est nécessaire d'apporter entre 1,16 et 1,22 m<sup>3</sup> de terre végétale. Une fois compacté, ce volume de terre végétale occupera bien un volume de 1 m<sup>3</sup>.



Terre de substitut  
Source : Subster



## Avantages (+)

- + Réemploi, gisement abondant
- + Adaptée à de nombreux usages
- + Sources d'approvisionnement locales
- + Gisement abondant
- + Economie de ressources naturelles
- + Réduction des volumes de stockage
- + Economie de transport

## Inconvénients (-)

- Plateformes de stockage importants / en péril dans les métropoles (prix du foncier)



## La mise en œuvre

- La terre de substitut est vendue comme une terre classique. Elle devra être fournie avec une analyse de terre (propriétés physiques + pollution) + sa fiche agronomique.

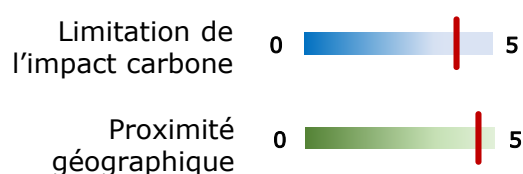
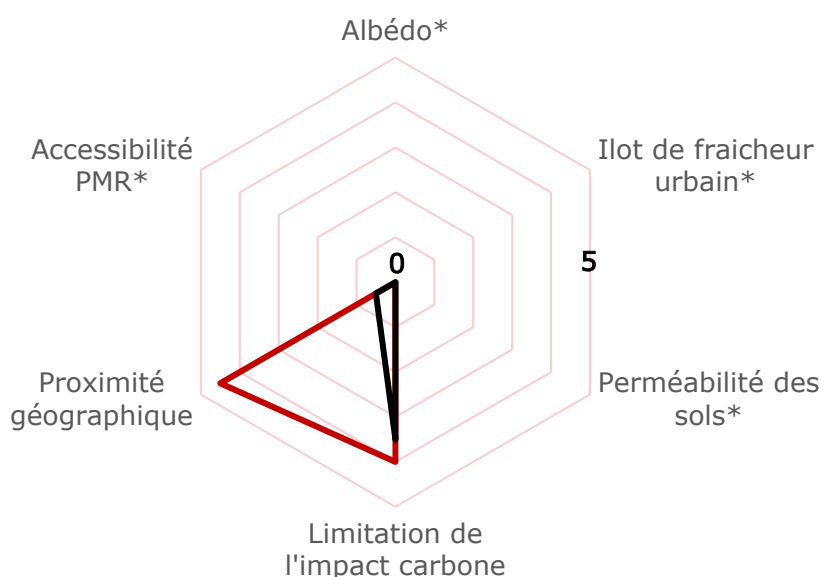
## L'entretien

- Entretien comme une terre classique via l'apport annuel d'un amendement ou d'un engrais organique selon le type de plantation.

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise de paysage	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Pelle	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
COÛTS	15 €HT/T (prix carrière)	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé

## Performances environnementales et sociales du matériau



— Terre « classique »  
 — Terre de substitut

# Traitement en place avec liant hydraulique

## Description générale

Le traitement permet d'augmenter les caractéristiques physico-chimiques d'un sol qui n'aura pas eu les capacités de portances nécessaires à la réception de plateformes bâtementaires ou voiries.

Cette technique permet de valoriser un sol en place sans procéder à des opérations de déblais / remblais trop volumineuses pour remplacer les couches existantes.

Un atelier de traitement est composé de camions d'épandages de liant, de machines malaxant le sol et mélangeant les produits, d'une niveleuse réglant le terrain aux altimétries prévues et de compacteur pour compacter le sol.

## L'intégration paysagère

Cette technique est utilisée pour travailler les sols qui vont se retrouver sous voirie ou bâtiment. Il n'est donc pas prévu que le sol traité soit visible à terme.

## Usages et durabilité

Le traitement de sol nécessite des liants hydrauliques, et de l'eau. Les liants vont durcir au contact de l'eau et du sol :

- Le ciment aura une prise plus rapide, est constitué principalement de clinker
- Les liants routiers (LHR) et la chaux auront une prise plus lente mais aussi un délai de maniabilité plus important

## Points d'attention

Les LHR ne conviennent pas à la confection des bétons de ciment. Ils sont uniquement élaborés pour le traitement des granulats et des sols, destinés à la construction routière.

Cette technique nécessite également des études de sol au préalable.



Traitement en place  
Source : Infociment



## Avantages (+)

- + Méthode rapide, fiable et efficace
- + Utilisation d'une faible quantité d'intrants : impact carbone limité
- + Permet de revaloriser des sols en place qui auraient dû être évacués en ISDI : réduction des transports en camions
- + Adapté à des grandes plateformes

## Inconvénients (-)

- Des produits volatiles et toxiques
- Nécessite une bonne météo
- La zone traitée ne peut être circulée directement, nécessite 28j de séchage avant remise en service
- Non adapté à des petites surfaces ou des surfaces exiguës
- Nécessite des études préalables



## La mise en œuvre

- Vérification de la compatibilité du sol à traiter
- Epandage du liant
- Malaxage du liant avec le sol en place et arrosage pour respecter les besoins hydriques nécessaire à la prise
- Réglage et compactage du matériau traité
- Réalisation d'un cloutage et d'une imprégnation
- 28j de séchage avant de pouvoir rouler dessus et réaliser les couches de base et de roulement
- 2000 à 5000 m<sup>2</sup>/jour

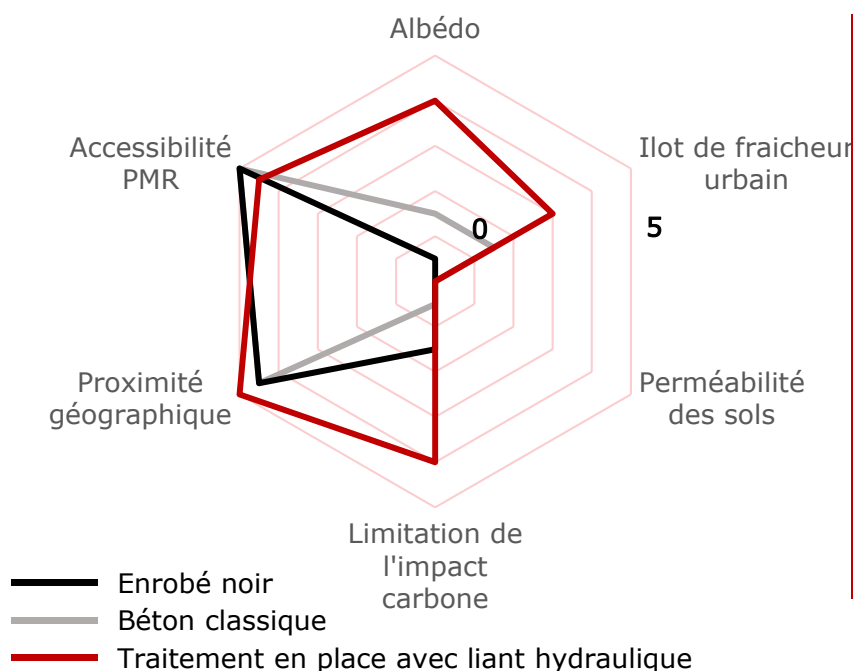


## L'entretien

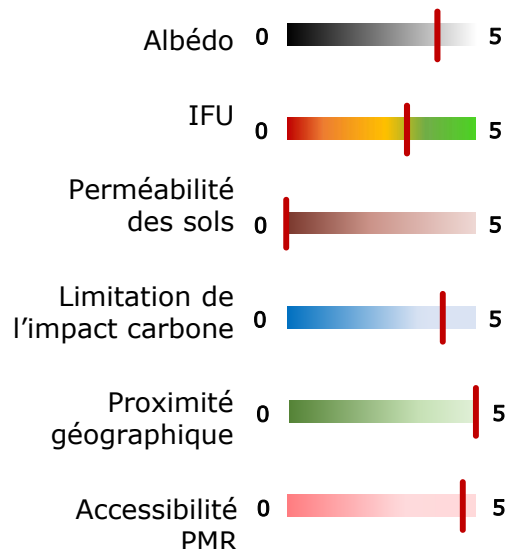
- Il n'y a pas d'entretien spécifique pour un traitement de sol, mais comme toute voirie, le maintien en bon état des éléments servant à gérer les eaux (fossé, assainissement, imperméabilisation de la voirie) permettront une durée de vie augmentée

	MISE EN ŒUVRE	ENTRETIEN ANNUEL	MAINTENANCE
INTERVENANTS	Entreprise de terrassement	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
EQUIPEMENTS & MATÉRIELS	Malaxeur, épandeur, gravillonneur, répandeur, compacteur, niveleuse	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
FRÉQUENCE	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
COÛTS	6 à 10 €HT/m <sup>2</sup>	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>

## Comparaison des performances environnementales et sociales du matériau adapté à l'usage visé



## Performances environnementales et sociales du matériau



# RÉFÉRENCES

---

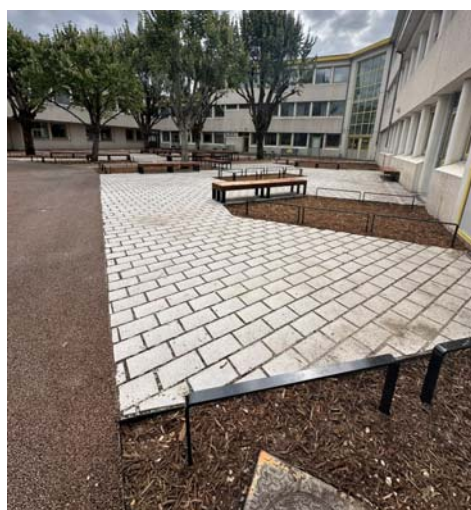




# Collège Blanqui Bordeaux

Requalification de la cour de  
récréation / Démarche Libre  
cour

Source : Département de la Gironde



## Description

### REVETEMENTS :

- Sol perméable : Enrobé drainant à liant végétal
- Sol semi-imperméable : pavé à joints engazonnés
- Sol poreux : copeaux de bois
- Sol végétalisé : arbustes, massifs de vivaces

### EQUIPE DE MOE :

- Paysagiste mandataire : Usage & Paysage : Agnès Brugeron
- BE VRD : AMB
- Démarche participative : EXTRA
- Architecte : Fanny Périer
- BE environnemental : 180 JC

### ENTREPRISE TRAVAUX :

- VRD : EIFFAGE
- Espaces verts et mobiliers : PINSON

La requalification de la cour du collège Blanqui a repensé globalement à la fois les usages de la cour mais également les revêtements de sol. La grande diversité des revêtements proposés permet de

## Adresse du site

75 Rue Charles Martin, 33000 Bordeaux

Référent MOA

CD33/DGAC/DEC

2024

Année de réalisation



Source : Département de la Gironde

# Collège Val des Pins Le Teich

Requalification de la cour de  
récréation  
Démarche Libre cour

## Description

### REVETEMENTS :

- Sol perméable : calle en terre cuite, enrobé classique
- Sol semi-perméable : pavés réemployés avec joints perméables, pas perdus en gneiss
- Sol perméable : castine calcaire
- Sol poreux : mulch
- Sol végétalisé : arbustes, massifs de vivaces
- Noues végétales.

### EQUIPE DE MOE :

- Paysagiste mandataire : QLAADF
- BE VRD en environnemental : Alto step
- Démarche participative : Alto step

### ENTREPRISE TRAVAUX

- VRD : EIFFAGE
- Espaces verts et mobiliers : BRETTE PAYSAGES

### DESCRIPTION

Le projet de requalification de la cour de récréation, y compris le plateau sportif dédié à la pratique pédagogique propose un réaménagement des espaces tenant compte des usages nombreux usages nécessaires dans la cour de récréation.

## Adresse du site

Avenue François Mitterrand, 33470 LE TEICH

**2024**

Année de réalisation

Référent MOA

CD33/DGAC/DEC



Source : Département de la Gironde

# Collège Albert Camus Eysines

Requalification de la cour de  
récréation  
Démarche Libre cour



## Description

REVETEMENTS :

- Pavés enherbés
- Enrobés à liant végétal drainant

EQUIPE DE MOE :

- Paysagiste mandataire : Atelier Anne Gardoni

DESCRIPTION

Le projet de requalification de la cour de récréation, y compris le plateau sportif dédié à la pratique pédagogique propose un réaménagement des espaces tenant compte des usages nombreux usages nécessaires dans la cour de récréation.

## Adresse du site

3 rue Lucien Piet, 33320 EYSINES

**2023**

Année de réalisation

Référent MOA

CD33/DGAC/DEC





Source : Matter'up

# Béton d'argile

## Référence 1 : Dallage pour parkings perméables à Bordeaux

### Description

Utilisation des dalles en béton d'argile pour la réalisation de parking sur les espaces extérieurs des logements sociaux d'Aquitanis (Office public de l'habitat de Bordeaux métropole) qui favorisent la perméabilité du site. Le parking associe esthétique et haute performance environnementale.

Les dalles sont ici remplies de graviers, ce qui l'infiltration des eaux pluviales à leur point de chute.

### Adresse du site

Résidence privée Aquitanis

**2022**

Année de réalisation

Référent MOA

Aquitanis



# Réemploi de pavés Napoléoniens

## Référence 1 :

**Pavés Napoléoniens rue du Pas-Saint-Georges à Bordeaux**

Source : ALTO STEP

## Description

Entreprise de pavage : Sud-Ouest Pavage  
Les pavés appartenant à Bordeaux Métropole ont été déposés par l'entreprise Sud-Ouest Pavage (SOP) qui les a stockés sur son site et nettoyés au besoin (reste de goudron par exemple).  
Pour répondre au projet de la rue du Pas-Saint-Georges et des contraintes (circulation, type de pose), SOP a ensuite scié les pavés à l'épaisseur souhaitée et a réalisé la pose avec les pavés de réemploi.

## Adresse du site

Rue du Pas-Saint-Georges, Bordeaux

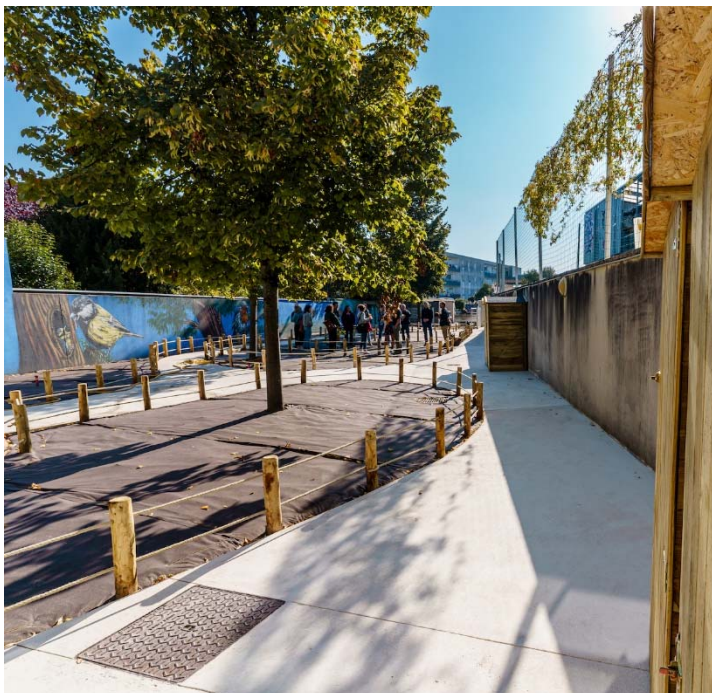
## Référent MOA

Ville de Bordeaux /  
Bordeaux Métropole

**2023**

Année de réalisation





Source : Hoffman

# Béton bas carbone

**Référence 1 :**  
**Rénovation de la cour de la**  
**crèche Jean Marquaux à**  
**Bordeaux (33)**

## Description

Les ciments Hoffmann H-UKR 0% Clinker ont été utilisés pour la rénovation de la cour de la crèche Jean Marquaux à Bordeaux dans le cadre du projet des Cours Buissonnières de la ville qui constitue un vaste plan de rénovation des écoles et crèches. 130 m<sup>2</sup> de béton décarboné 0% clinker avec une épaisseur de 12 cm ont été coulés dans la cour. Il possède un aspect de surface lisse et une couleur beige clair. Dans une logique d'économie, aucun traitement de surface n'a été appliqué.  
MOE : Agence Bouriette-Vaconsin  
Mise en œuvre du béton : Colas  
Technologie : Béton Hoffman

## Adresse du site

1 bis rue de l'Hérisson, 33 000 Bordeaux

Référent MOA

Ville de Bordeaux

**2024**

Année de réalisation



Source : Agence Bouriette-Vaconsin

# Enrobés bitumineux drainants

**Référence 1 :**  
**Crèche George V**

## Description

Nous sommes ici dans une petite cour de 23m<sup>2</sup> avec accès contraint dans le cadre du projet des Cours Buissonnières de la ville qui constitue un vaste plan de rénovation des cours d'écoles et de crèches de Bordeaux. Cet enrobé drainant a été mis en place comme support à du liège en 2cm. Cette enrobé drainant va donc être recouvert, l'effet albédo n'est donc pas un critère de choix du matériau. Nous avons en revanche un matériau très drainant, économique, résistant et stable, et dont la mise en œuvre est possible à la main.

MOE : Agence Bouriette-Vaconsin (Paysage)

Mise en œuvre : Eiffage

## Adresse du site

154 Boulevard George V, 33000 Bordeaux

Référent MOA  
Ville de Bordeaux

**2023**

Année de réalisation



Source : Agence Bouriette-Vaconsin

# Enrobés drainants à liant organo-minéral

**Référence 1 :**  
**Ecole maternelle Lac III**

## Description

Il s'agissait d'une grande cour d'école recouverte d'enrobé noir dans le quartier Lac III qui a bénéficié du programme des Cours Buissonnières de Bordeaux.

La cour a été entièrement desimperméabilisée avec 50% des sols rendus en espaces verts, 57 arbres plantés et l'utilisation de cet enrobé drainant. Une noue a également été créée. La nappe étant peu profonde, il s'agissait de permettre l'infiltration au maximum.

Au total, 436m<sup>2</sup> d'Urbalith ont été coulés. Aucun entretien n'a été réalisé pour le moment.

MOE : Agence Bouriette-Vaconsin (Paysage)

Mise en œuvre : Colas

Technologie : Urbalith sur 436m<sup>2</sup>

## Adresse du site

Rue Caumont, 33300 Bordeaux

Référent MOA  
Ville de Bordeaux

**2023**

Année de réalisation



Source : Département de la Gironde

# Enrobés à liant végétal drainant

Référence 2 :

**Enrobé à liant végétal drainant au collège Jean Verdier**

## Description

Mise en œuvre d'un enrobé à liant végétal drainant dans la cour du collège Jean Verdier

Moe : VERDI

Mise en œuvre : Eiffage

Technologie : Bioklair

## Adresse du site

16 Rue des Cigales, 33980 Audenge

Référent MOA

CD33/DGAC/DEC

**2024**

Année de réalisation





# Liège

## Référence 1 : Crèche du Grand Parc à Bordeaux

Source : Bouriette & Vaconsin

### Description

La crèche du Grand Parc est un site prioritaire du programme des cour Buissonnière de Bordeaux. En effet, malgré sa livraison récente, les utilisateurs souffraient du manque d'ombre et d'une chaleur étouffante dès les beaux jours.

Sur les terrasses, il y avait un gazon synthétique qui ne séchait pas pendant plusieurs jours après une précipitation. Nous cherchions un matériau pour le remplacer qui devait être léger (structure du bâtiment), fin (seuils de porte) et perméable (évacuation des pluies)) et nous nous sommes tournés vers le liège.

Nous avons décidé de remplacer le béton au rez-de-chaussée et d'appliquer le même revêtement pour faire baisser la température et permettre aux enfants en bas-âge d'avoir un amorti.

Le liège de Corkeen est également un revêtement sain pour les enfants qui ont tendance à mettre à la bouche les revêtements quand ils se désagrègent.

MOE : Agence Bouriette Vaconsin (Paysagiste)

Mise en œuvre : Sonedi

Technologie : Liège Corkeen

### Adresse du site

47 rue Trebord, 33300  
Bordeaux

Référent MOA

Ville de Bordeaux

**2022**

Année de réalisation



# Liège



Source : Département de la Gironde

**Référence 2 :**  
**Collège Porte du Médoc**

## Description

Mise en place de liège sur une partie du sol.  
Groupement Bouygues / MOE : TLR

## Adresse du site

1 Av. des Sports, 33290 Parempuyre

**Référent MOA**  
Ville de Bordeaux

**2023**

Année de réalisation



# Bois brûlés

**Référence 1 :**  
**Marché couvert d'Andernos**

Source : Agence Bouriette-Vaconsin

## Description

Moe : Bouriette-Vaconsin (architecte)

Mise en œuvre : Pyrénées Charpente

Fournisseur : NOIRDELUNE

Les matériaux biosourcés ont été privilégiés :  
Réalisation de la charpente bois, mur rideau bois,  
isolation biosourcée, bardage bois brûlé extérieur,  
bardage bois intérieur, ciel de banc des commerces en  
bois, traitement de l'acoustique par panneaux bois  
microperforés.

La halle est bioclimatique et le bâtiment est HQE.

## Adresse du site

Place du 14 juillet, Andernos

Référent MOA  
Ville d'Andernos

**2024**

Année de réalisation



# Bois brûlés

## Référence 2 : MDS Langon

Source : Département de la Gironde

### Description

Mandataire : [Eovest bâtiment](#) | [Delta Construction](#)

AMO : Yaël LARROZE LESS is MORE

Architecte : ABF-LAB, Architecture & Milieux Ambiants

BET structure bois (EXE) : CBS

Charpentier : Lifteam

Le bâtiment de 2 400 mètres carrés, présente du bois brûlé en bardage, mais aussi du bois pour la structure, de la terre argileuse pour les enduits intérieurs. L'argile vient d'une carrière à Fumel (47), le bois du massif des Landes de Gascogne (seulement 25 %), du Massif central ou du Jura. Ce bâtiment passif est entièrement démontable et recyclable.

### Adresse du site

Rue Jules Ferry, Langon

### Référent MOA

Département de la  
Gironde

**2025**

Année de réalisation



Source : Département de la Gironde

# Bois naturellement imputrescible

**Référence 1 :**  
**Platelage à la base de loisirs  
de Blasimon**

## Description

Utilisation de robinier pour la réalisation du ponton de pêche de la base de loisirs de Blasimon  
Il s'agit de robinier abouté.

## Adresse du site

Base de loisirs de Blasimon

Référent MOA

Département de la  
Gironde

**2020**

Année de réalisation



Source : Département de la Gironde

# Bois traité autoclave

**Référence 1 :**  
**Domaine de Certes**

## Description

Utilisation de pin traité autoclave pour réalisation des pontons et du mobilier (banc, présentoir...).

Mise en œuvre : SOCAMA

## Adresse du site

Domaine de Certes

## Référent MOA

Département 33 –  
Direction de  
l'Environnement

**2023**

Année de réalisation



Image à venir

Source : ALTOSTEP

# Grave compactée mycorhizée

**Référence 1 :**  
**Aménagements extérieurs  
sur le collège de Lacanau**

## Description

MOE : ALTO STEP

La mise en œuvre de grave compactée mycorhizée sur le collège de Lacanau s'intègre dans le projet d'extension de ce dernier. La zone d'extension était initialement un espace vert clôturé inaccessible aux élèves et la gestion des eaux pluviales du collège était faite par une noue. Afin de ne pas impacter cette gestion et d'induire des surcoûts de terrassement, le projet a choisi de réaliser un revêtement perméable. La grave compactée mycorhizée a permis de répondre à ces problématiques à moindre coût.

## Adresse du site

Allée du collège, 33 680 Lacanau

Référent MOA  
CD33

**2024**

Année de réalisation

Image à venir

# Grave compactée mycorhizée

**Référence 2 :**  
**Aménagement paysager sur  
le secteur Mérignac Soleil**

Source : ALTOSTEP

## Description

Equipe de MOE :

- LIST : Architecture et urbanisme
- Michel Desvigne Paysagiste
- ALTO STEP : Environnement et VRD
- 8'18" éclairagiste

Entreprise travaux : EUROVIA

La chaussée végétale est appliquée sur le « Triangle Kennedy », un espace formé à la fourche entre l'avenue de la Somme et l'avenue Kennedy qui sera la première placette aménagée sur le secteur Soleil. Elle participe à la stratégie de renaturation du projet Mérignac Soleil avec la suppression des espaces en enrobé pour créer des sols perméables et vivants accueillants des zones plantées favorables à la biodiversité. Il s'agit d'une placette exclusivement piétonne sur laquelle ont été installés quelques bancs et corbeilles pour que les usagers puissent s'y arrêter lorsque le réaménagement du quartier sera terminé.

## Adresse du site

Mérignac Soleil

## Référent MOA

La Fabrique de  
Bordeaux Métropole

**2024**

Année de réalisation



# Mélange terre-pierre

Référence 1 :  
**Marais de la Vergne**

Source : Département de la Gironde

## Description

Réalisation d'un terre-pierre en interne pour cheminement des véhicules.

## Adresse du site

Anglade

## Référent MOA

Département 33 –  
Direction de  
l'Environnement

**2022**

Année de réalisation

# Béton coquillages

## Référence 1 : Requalification du site d'accueil de la dune du Pilat



Source : Site de la dune du Pilat

### Description



La requalification de l'espace d'accueil de la dune du Pilat entre 2022 et 2023 a intégré l'utilisation de béton fabriqué à partir de granulats issus du broyage de coquilles d'huîtres du Bassin d'Arcachon. Ce projet expérimental a été réalisé en partenariat avec le Comité Régional de la Conchyculture Arcachon Aquitaine (CRCAA) et l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Le béton à base de coquilles d'huître broyées a été utilisé pour créer une voie piétonne sur le site. Outre ses avantages environnementaux, ce matériau présente également des qualités esthétiques intéressantes grâce à la nacre présente à l'intérieur des coquilles.

### Adresse du site

La Teste-de-Buch

### Référent MOA

Syndicat mixte de la  
grande dune du Pilat

**2022 - 2023**

Année de réalisation



Source : Département de la Gironde

# Dalle parking drainante plastique

## Référence

**Parking de ENS de la forêt  
de Migelane**

## Description

Mise en œuvre de dalles de parking en plastique drainante  
MOE : Bercat

## Adresse du site

Martillac

## Référent MOA

Département 33 –  
Direction de  
l'Environnement

**2023**

Année de réalisation



B—V

