



# Réemploi de matériaux de revêtement de sol dans le cadre de l'aménagement des espaces public de la ZAC Gratte-Ciel Centre-ville

## Retour d'expérience

Maître d'ouvrage : SERL  
AMO réemploi : EODD + Bellastock  
Maitre d'œuvre des espaces publics : In Situ, Artelia



# Table des matières

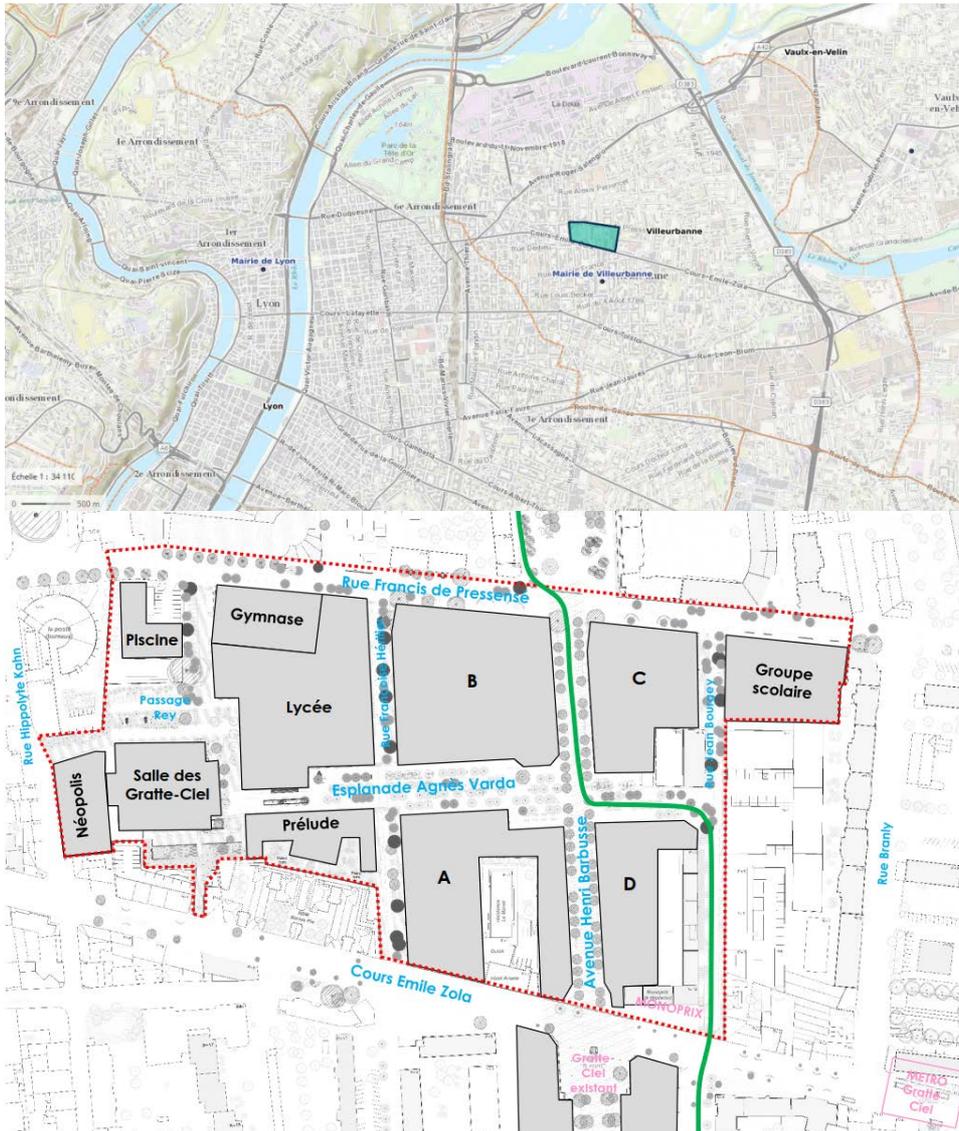
<b>Présentation du contexte</b>	<b>2</b>
<b>Études de la filière sur le territoire</b>	<b>5</b>
<b>Jeu d'acteurs</b>	<b>8</b>
<b>Chronologie de l'opération</b>	<b>9</b>
<b>Conception de l'ouvrage et prise en compte du réemploi</b>	<b>10</b>
<b>Adaptation du marché de travaux / consultation</b>	<b>12</b>
<b>Travaux réalisés et analyse</b>	<b>15</b>
Fourniture	15
Pose 15	
Photographies	16
<b>Bilan économique</b>	<b>17</b>
<b>Bilan environnemental</b>	<b>18</b>
<b>Autres enseignements</b>	<b>20</b>
<b>Si c'était à refaire ?</b>	<b>22</b>
<b>En synthèse</b>	<b>24</b>
<b>Annexe</b>	<b>25</b>

## - Présentation du contexte

Le projet Gratte-Ciel Centre-ville à Villeurbanne (69) consiste à étendre le centre-ville de la commune au nord du Cours Émile-Zola, notamment par le prolongement de l'avenue Henri-Barbusse, symbole du dynamisme culturel et commercial de cette zone.

Le projet, développé sur 8 ha, comprend la création d'environ 750 logements, 23 400 m<sup>2</sup> d'équipements publics, l'extension significative de la surface commerciale existante (+50 commerces environ) pour une surface construite totale de 106 000 m<sup>2</sup> de surface de plancher.

L'aménagement de 2,7 ha d'espaces publics, piétons ou apaisés et fortement végétalisés, contribueront à la qualité de vie dans le quartier.



Localisation de la ZAC Gratte-Ciel Centre-Ville et Projet urbain - source : SERL

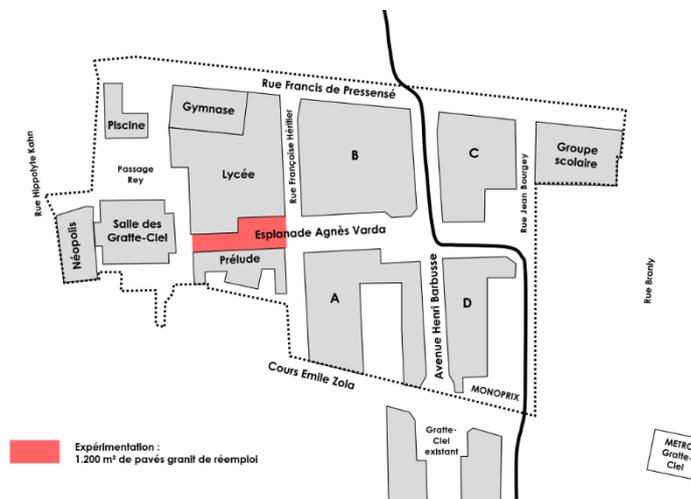
Une démarche de réemploi a été initiée en 2020 pour encourager et expérimenter collectivement cette pratique. Les réflexions avec les parties prenantes ont permis d'aboutir à la réalisation d'un schéma directeur visant à décliner le réemploi de matériaux suivant 4 axes :

- l'intégration de réemploi dans les constructions neuves
- l'utilisation de matériaux de réemploi dans les projets d'occupation temporaire
- la déconstruction sélective du lycée en vue de favoriser le réemploi in et ex-situ
- **l'intégration de réemploi dans les espaces publics, objet du présent retour d'expérience**



Représentation des axes de travail du schéma directeur réemploi. Source : la petite esquisse

L'expérimentation, objet du présent document, a donc consisté à mettre en œuvre 1200 m<sup>2</sup> de pavés granit issus du réemploi dans la première phase d'aménagement de l'esplanade Agnès Varda.



Localisation de la zone d'expérimentation en pavés granit de réemploi. Source : SERL

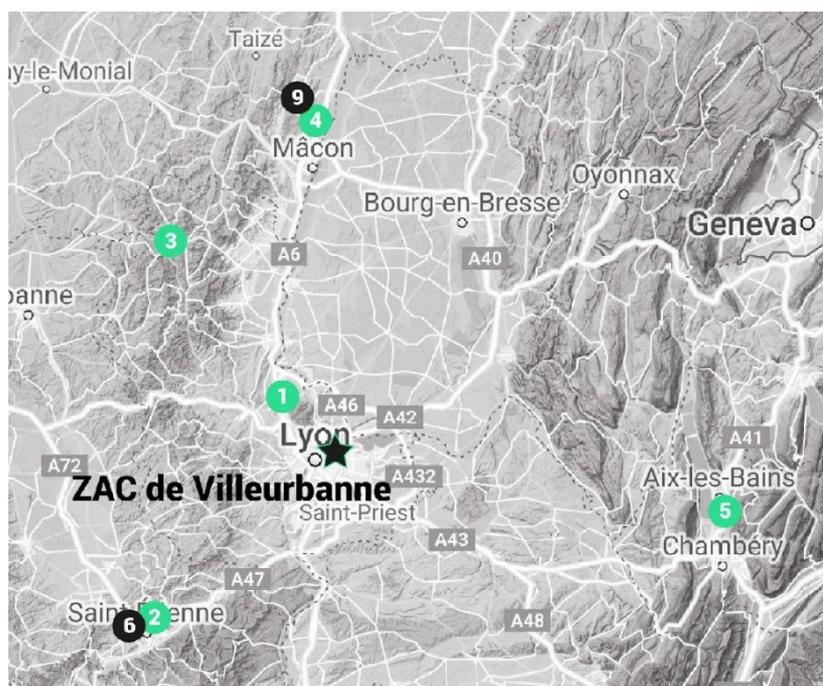
## - Études de la filière sur le territoire

Le diagnostic territorial mené en amont a permis d'identifier plusieurs acteurs de la filière du réemploi proposant à la vente des produits en pierre, tels que des pavés, des bordures, des dalles ou encore des pierres de taille.

Au total, cinq entreprises sont identifiées dans un rayon de 110 km (distance routière).

Chaque entreprise a été contactée pour obtenir des informations sur les matériaux disponibles au moment de l'étude, les modalités de fourniture et les prestations proposées.

N°	Désignation	TYPE	Localisation	Distance
1	Le grenier Beaujolais	Revendeurs Matériaux anciens : pavés et dallages en pierre	5 route de Limonest 69380 Lissieu, A69	20 km
2	Garnier Alban	Revendeurs/Brocante Matériaux anciens : pavés et dallages en pierre mais aussi bois ancien ; poutres et poteaux, parquets et planchers, bardages et lambris bois	23 rue Jean Huss 42000 Saint-Etienne, A42	60 km
3	Antic Mat	Démolisseurs et revendeurs de matériaux anciens : pavés et dallages en pierre	129 Route de Beaujeu Col des Echarmeaux 69870 Poule-Les-Echarmeaux	80 km
4	Rambuteau Renoud-Grappin	Achat et vente de matériaux anciens : pavés et dallages en pierre mais aussi bois ; parquets et planchers, poteaux et poutres, portes	45 rue du Moulin du bois 71260 Charbonnières, A69	89 km
5	Noblema Diffusion	Pavés et dallages en pierre, spécialisés dans le granit, grès, bordures. Sciage de pavés	189 Allée des Érables 73420 Drumettaz-Clarafond, France	110 km



		
<i>Matériaux anciens, photo d'ouvrage en pavé de réemploi. Le Grenier Beaujolais</i>	<i>Noblema, photo d'échantillon. Drumettaz-Clarafond</i>	<i>Photo de pavé conditionné, Rambuteau Renoud-Grappin</i>
		
<i>Photo de stock, Antic Mat</i>	<i>Photo de stock de pavé, Grenier Alban</i>	

Reportage photo de la filière locale

### Stock et source d'approvisionnement

Les types de matériaux proposés sont variables et peuvent être répartis en deux catégories :

- les pierres issues de maçonnerie démolie qui sont généralement de forme et de nature très diverses,
- les matériaux de voiries : dalle, pavé et bordure avec des formats plus ou moins standard.

Les pratiques en termes d'approvisionnement varient et généralement les entreprises ont leur propre réseau de démolisseur ou d'entreprise auprès desquels elles s'approvisionnent.

Certaines entreprises ont des stocks disponibles plus ou moins importants en volume et seul l'entreprise Noblema dispose d'un stock de matériaux de voirie régulièrement approvisionné.

L'entreprise Antic Mat a suggéré de mobiliser ses partenaires afin de constituer le stock demandé d'ici le marché de travaux.

En général les entreprises proposent de visiter leurs stocks pour sélectionner les matériaux, notamment dans le cas de pierres spécifiques issues de démolition de bâtiment.

N°	Désignation	Stocks, matériaux proposés
1	Le grenier Beaujolais	Petit lot. Quelques sources mais jamais fiable. Dalles anciennes à recouper. Grosses bordures de quais : 1000x700.
2	Garnier Alban	1000 T de pavé en stock = 3000 m <sup>2</sup> . Formats 10x15 > 20x25
3	Antic Mat	Dalle en pierre jaune (attention pierre gélive). Pierres issues de démolition : jambage, pierre à maçonner, l'entreprise a racheté les pierres d'un couvent.
4	Rambuteau Renoud-Grappin	Grande diversité de produits comme les dalles de pierre, les sols de terre cuite,, les pavés.

N°	Désignation	Stocks, matériaux proposés
5	Noblema Diffusion	Négociant de pavés et de bordures anciennes en grès et granit. Stock disponible

Au moment où ont eu lieu les échanges seules deux entreprises (Garnier Alban et Noblema) avaient un stock de pavés suffisant pour répondre au besoin. Cependant, les formats des pavés ne correspondant pas aux matériaux prescrits par la MOE, il fallait évaluer la possibilité de leur transformation.

### Prestations

Ici aussi les pratiques sont diverses allant de la transformation complète au simple tri.

Seule l'entreprise Noblema dispose de moyens propres pour la transformation des pavés et bordures. Antic Mat sous-traite le sciage de pavé.

La transformation des pierres et notamment des matériaux de voirie nécessite un outillage lourd (cliveuse, scie...), ce matériel est utilisé par les marbriers par exemple, Noblema a un volume d'activité suffisant pour disposer d'un tel matériel.

Le tableau ci-dessous montre en synthèse comment chaque entreprise porte certaines étapes de la filière.

N°	Désignation	Prestations proposés
1	Le grenier Beaujolais	Restauration des matériaux et pose
2	Garnier Alban	Récupération, tri, stockage et revente
3	Antic Mat	Récupération, tri, possibilité de sous-traiter le sciage de pavé
4	Rambuteau Renoud-Grappin	Transport, démantèlement et mise en œuvre
5	Noblema Diffusion	Récupération, tri, sciage, traitement de surface (bouchardage, flammage)

### Prix

Prix pratiqué pour les pavés, en HT/ m2 avec livraison :

- Pavé de Lyon format 15x15x15 cm : 47 € à 52€
- Pavé de Lyon scié épaisseur 6 à 8 cm : 54 €
- Pavé de Lyon scié épaisseur 9 à 11 cm : 75 €

En général, pour les autres produits plus diffus, les entreprises font un prix à la T ou au volume sur place.

## - Jeu d'acteurs

L'opération d'aménagement de l'esplanade a mobilisé de nombreux acteurs tout au long du projet et de sa réalisation. Le réemploi implique des étapes supplémentaires ou des changements de pratique en phase études et en phase travaux, ceci est principalement dû au fait que la fourniture n'est plus assurée par une filière industrielle capable d'approvisionner en matériaux standardisés neufs.

Répartition des acteurs du projet par rôle principale :

- Commanditaire : SERL, Métropole
- Conception et prescription : In situ, Artelia, AMO réemploi
- Fourniture : Defilipis (entreprise de pose), Noblema
- Mise en œuvre : Defilipis
- Evaluation : Labo voirie, Association PMR

Les changements par rapport à une organisation classique sont :

- la fourniture des matériaux : l'entreprise titulaire du marché de fourniture et pose doit s'approvisionner différemment cela implique la recherche de matériaux, la consultation des acteurs de la filière, la prise en compte des stocks disponibles en interne.  
Les matériaux ont dû être adaptés par l'entreprise ce qui sort de son activité habituelle puisqu'elle commande généralement des matériaux prêts à l'emploi.  
La maîtrise d'ouvrage et la métropole ont également contribué à la recherche de matériaux notamment en mobilisant la subdivision gestionnaire du stock de bordures.
- les modalités d'évaluation de ces matériaux et de l'ouvrage en réemploi : bien que proche d'une solution en neuf, il a fallu adapter le cadre de validation de l'aptitude à l'emploi des matériaux.
- La recherche sur chantier de solutions techniques a nécessité une implication plus forte de la MOA et de la MOE pour aboutir à des compromis équilibrés entre exigences architecturale et fourniture de matériaux.

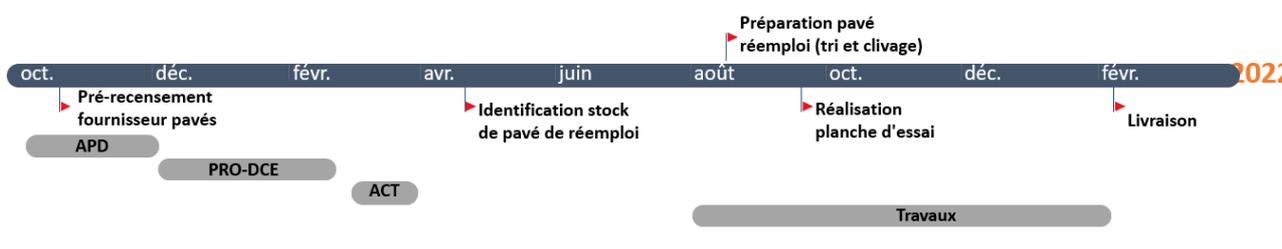
		SERL	Métropole	Labo voirie	Association PMR	MOE	AMO	Entreprise titulaire du marché de pose	Revendeur de matériaux de réemploi
Conception	Définition des objectifs de réemploi	x				x	x		
	Choix des cibles pour l'intégration du réemploi	x				x			
	Conception de l'ouvrage en réemploi								
Consultation	Adaptation du marché de travaux	x				x	x		
	Analyse des offres entreprise	x				x			
Fourniture	Recherche de matériaux adapté en réemploi	x	x				x	x	
	Fourniture de matériaux issus du réemploi							x	x
	Adaptation des matériaux							x	
Pose	Mise en œuvre							x	
Evaluation	Validation de la conformité de l'ouvrage	x	x	x	x	x			

Ce tableau synthétise le rôle de chaque acteur impliqué dans la démarche.

## - Chronologie de l'opération

La question du réemploi a été actée en cours de projet, à partir de l'avant-projet, lors du démarrage de la mission de l'AMO réemploi.

Le planning simplifié est présenté ci-après :



La conception des espaces publics a donc intégré cette composante réemploi en cours d'étude. Cet objectif ne faisait pas partie du cahier des charges initial.

Les adaptations du dessin initial des revêtements extérieurs ont été finalement assez limitées, la ressource disponible étant inconnue en phase d'étude, les ajustements permettant d'intégrer le réemploi dans le projet ne sont intervenus que dans la phase de préparation des travaux suite à la connaissance du stock disponible en pavé de réemploi (voir chapitre ci-après).

C'est une des limites de la démarche. En effet, il aurait été plus aisé d'adapter le dessin et le calepinage pour favoriser l'intégration du réemploi dans le projet, avec la limite tout de même de l'incertitude sur les caractéristiques des gisements disponibles, connus ici qu'après la réponse des entreprises, en l'absence d'une filière structurée et du stock disponible sur le territoire.

## - **Conception de l'ouvrage et prise en compte du réemploi**

L'ouvrage ciblé pour intégrer des matériaux de réemploi est le revêtement de sol du parvis. Les paysagistes In situ, mandataires de la maîtrise d'œuvre des espaces publics, ont conçu un revêtement de sol en pavé de granit avec des exigences fortes et précises sur le calepinage, les teintes et les finitions des matériaux. Les caractéristiques propres à l'usage comme l'épaisseur et la propriété physico-chimique des matériaux, la nature des sous-couches et matériaux annexes, sont quant à elles, définies par le bureau d'étude Artelia.

L'ouvrage a été initialement conçu en matériaux neufs avec des pavés longitudinaux. Les fournisseurs de produit de voirie étant capables à partir de bloc issu de carrière, de fabriquer des pavés de toute taille et ainsi de proposer des produits conformes aux prescriptions de la MOE.

L'objectif d'intégrer des matériaux issus du réemploi a été défini en phase DCE et sur la base du calepinage initial tel que défini en phase PRO par la MOE.

Les exigences propres à l'ouvrage tel que conçu, définissent un cahier des charges pour les matériaux à fournir :

- géométrie : largeur unique mais longueur variable, épaisseur adapté à la classe d'usage, faces planes
- aspect : variation de teinte, arrête nette
- aptitude à l'emploi : surface rugueuse, résistance à la compression (voie pompier)

L'application de ce cahier des charges aux matériaux couramment employés en voirie ne semblait pas possible. Les entreprises de fourniture de matériaux de réemploi consultées lors de l'analyse des filières fournissent principalement des pavés avec des formats relativement homogènes mais ne correspondant pas aux dimensions prévues. Cela suppose leur transformation pour obtenir une épaisseur et une largeur adaptée mais ne permet pas d'obtenir des longueurs variables. Le sciage 4 faces de pavé s'avère techniquement complexe et coûteux. De plus, la recherche de teinte homogène et spécifique suppose un tri fin de stock de pavé aux origines souvent très variées.

D'autres pistes ont été envisagées comme la transformation de tranche de bordure débitée en pavé long. Cette proposition s'appuyait sur les produits proposés par la plateforme des matériaux de la ville de Paris à Bonneuil. Toutes ces hypothèses d'adaptation des matériaux de réemploi au projet, si elle s'avère techniquement faisable, supposent des frais très importants.

Il en ressort un enseignement fondamental pour le réemploi qui est de concevoir à partir d'une ressource disponible et de prendre en compte ces caractéristiques pour en tirer parti au mieux au regard d'objectifs définis lors de la conception.

Les paysagistes In Situ constate qu'il est préférable de connaître la ressource avant de commencer à dessiner l'ouvrage. Lors de cette première expérience c'est l'inverse qui s'est produit les matériaux ont été identifiés en phase consultation des entreprises. Le travail d'adaptation s'est déroulé pendant la phase travaux et à partir des gisements de matériaux disponibles. Il s'agissait de définir une stratégie d'adaptation mutuelle entre la ressource et l'ouvrage, celle-ci est décrite dans les chapitres suivants.

### **Evaluation des matériaux de réemploi :**

Le labo voirie a été consulté pour définir les modalités d'évaluation des matériaux.

Il a estimé que le risque était limité du fait des dimensions des pavés. En effet, le rapport surface / épaisseur et mise en œuvre ont une incidence sur la résistance des matériaux et la stabilité de l'ouvrage.

Par ailleurs, des fiches matériaux ont été fournies par l'entreprise, les matériaux réemployés ayant été posés puis déposés récemment.

Le bureau d'étude VRD Artelia a validé les produits proposés par l'entreprise.

Par ailleurs, les matériaux utilisés pour les revêtements des cheminements piétons n'avait pas de fiche produit, mais étant donné la classe d'usage cela n'a pas été problématique.

## - Adaptation du marché de travaux / consultation

Le dossier de consultation des entreprises a intégré explicitement l'objectif de fournir des pavés de réemploi dans l'aménagement de l'esplanade.

Les critères d'analyse des offres des entreprises comprenaient une part de notation relative à la fourniture des matériaux et la justification de leur provenance (réemploi ; via notamment la transmission de fiche produit), pondéré à hauteur de 35%.

Cette grille d'analyse a été adaptée suivant les lots consultés afin de cibler les revêtements extérieurs.

Ainsi, en l'absence de gisement préalablement identifié (hors fournisseurs recensés préalablement), la responsabilité de la fourniture de pavé de réemploi a été donnée aux entreprises.

Une procédure adaptée ouverte avec possibilité de négociation a été mise en place (possibilité de négocier en "petits lots" compte tenu que ceux-ci représentent moins de 20% des marchés de travaux d'aménagement extérieur de l'ensemble de la ZAC.

### Procédure achat

Responsabilité reportée aux candidats quant à la recherche et la proposition d'une fourniture adaptée (exigence 100% réemploi)



Impératif de négociation avec les entreprises

Montant du marché



Appel d'Offre Ouvert obligatoire (pas de négociation possible)

Passation de ce marché en « petits lots » (limite financière de 20%)



Procédure adaptée ouverte **avec possibilité de négociation**

### Critères d'analyse

#### Pondération des critères adaptée :

Les sous-critères font l'objet de la pondération suivante :

#### LOT 01 :

	Pourcentage d'attribution
Organisation et méthodologie	20%
Modes et Délais d'exécution des travaux	35%
Provenances des principales fournitures et références des fournisseurs correspondants	35%
Environnement, Hygiène et Sécurité	10%

#### LOT 02 et LOT 03 :

	Pourcentage d'attribution
Organisation et méthodologie	30%
Modes et Délais d'exécution des travaux	35%
Provenances des principales fournitures et références des fournisseurs correspondants	25%
Environnement, Hygiène et Sécurité	10%

#### Sous-sous-critère spécifique :

- Provenance et atteinte des objectifs qualitatifs pour la fourniture des matériaux exigés en réemploi (LOT 01 uniquement)

Cette procédure a permis de mener des échanges et des négociations indispensables pour atteindre les objectifs de réemploi fixés.

En effet, si certains répondant ont affirmé pouvoir fournir des pavés issus de filière de réemploi, mais ceci sans de réelles garanties d'origine, l'entreprise attributaire du marché était initialement réticente quant à la fourniture de matériaux de réemploi (voir échanges avec l'entreprise lors de la phase négociation figurant en annexe).

## AVANT NÉGOCIATION

Très peu de détails sur le réemploi

Offres se basant sur les filières en place mais sans identification précise de matériaux de réemploi

Parfois, des refus explicites de faire du réemploi

=> **Globalement, des réponses très frileuses sur la thématique du réemploi**

## APRES NÉGOCIATION

Une majorité d'offres restant frileuses et évasives sur la thématique réemploi

Des propositions satisfaisantes

Une proposition qui sortait du lot avec une identification précise de matériaux de réemploi et local en bonus

=> **Globalement, des réponses évasives mais une proposition qui se distinguait**



*Appréciation et déroulement de la phase de négociation. Source : SERL*

Néanmoins, durant la phase de négociation, le groupement lauréat Jean Lefebvre / De Fillipis a proposé de réemployer un gisement de dalles granit, déposé sur la rue de la République à Lyon, et disponible en stockage sur leur plateforme d'Irigny.



*Photo du stock de pavés proposé par l'entreprise*

Ces modules de 29x29 cm ont donc présenté une réelle opportunité pour fournir des pavés de seconde main, redécoupés pour s'adapter au dessin du parvis et répondre à l'ambition du réemploi. Les matériaux proposés se rapprochaient des attentes de la MOE.

Les matériaux stockés chez l'entreprise présentaient certaines caractéristiques compatibles avec le cahier des charges : épaisseur homogène, dimensions permettant par la transformation de varier les longueurs, teinte unique mais conforme aux attentes, matériaux récents et adaptés à un usage de voirie. Cependant, ces pierres issues de la rue de la République ont été une opportunité sans laquelle l'opération en réemploi n'aurait pu se faire.

Rue de la République – 69001 Lyon



Dalles granit 29x29



## - Adaptation de l'ouvrage - phase pré-travaux

### - Fourniture

Les matériaux proposés par l'entreprise titulaire du marché de travaux sont issus du chantier d'aménagement de la rue de la République à Lyon. Il s'agit de dalles en granit de format carré de 29 cm par 29 cm et de 10 cm d'épaisseur. L'entreprise avait dû les déposer suite à des malfaçons liées à plusieurs facteurs, notamment les joints trop serrés ne jouaient pas correctement leur rôle d'espace de dilatation entre les pierres ce qui a provoqué des épaufrures sur certaines arêtes.

L'entreprise les a déposées et stockées sans soin particulier, dans l'optique de les concasser pour produire de la grave. Ces manipulations mécanisées ont pu également provoquer des dégradations sur les matériaux.

Lors de la phase de pré-travaux une planche d'essai a été réalisée pour valider les produits et leur mise en œuvre. Cette étape est importante dans la validation des solutions d'adaptation des matériaux.

L'échantillon comprenait la mise en œuvre de pavé scié, de pavé clivé et de pavé réalisé à partir de bordure sciée (cheminement piéton).

Le choix de la méthode de transformation des dalles n'est pas anodin. D'un point de vue de la mise en œuvre, l'échantillon démontre qu'il n'y avait pas de différence majeure entre les deux solutions. La technique du clivage a été retenue pour plusieurs raisons : moins consommatrice d'eau, temps de transformation plus courts et coût inférieur (5%) en comparaison avec le sciage

Ce choix est une première adaptation au regard des prescriptions initiales.

Les dalles ont été transformées par clivage, c'est à dire à l'aide d'une presse hydraulique équipée d'une mâchoire qui en appliquant sa pression sectionne nette la pierre. Au vu des quantités à traiter, l'entreprise a acheté le matériel pour l'occasion. Mais les machines utilisées n'étaient pas adaptées pour un usage intensif. Ce type d'opération est généralement réalisée par le carrier ou le marbrier qui transforme les matériaux issus de carrière en produits prêt à l'emploi.

La recherche d'une solution optimum entre exigences de calepinage et donc de format de pavé et les caractéristiques des dalles : géométrique et état des arêtes (épaufrure), a abouti à la création de 2 bandes de pierres de 11 cm de large pouvant être divisées dans la longueur pour obtenir des variations de longueur tel que prévu dans le dessin de calepinage.

Cette transformation génère donc 2 chutes de 3 à 4 cm de large, qui n'ont pas été utilisées dans le projet.

L'évaluation des quantités réellement réemployable et donc le taux de perte entre la quantité initiale (1500 m<sup>2</sup>) et les surfaces réalisables était compliquée. Il n'était pas possible de connaître à l'avance le nombre de dalles en bon état. Au cours du chantier l'entreprise a constaté qu'il n'y aurait pas assez de dalle pour fournir la totalité de la surface à paver.

A posteriori l'entreprise De Fillipis estime à environ 40% le taux de perte, soit 600 m<sup>2</sup> sur 1500 m<sup>2</sup> de stock potentiel.

La maîtrise d'œuvre a demandé à l'entreprise d'intégrer les dalles plus sombres également issues de la rue de la République.

Les quantités n'étant toujours pas suffisantes il a fallu s'approvisionner auprès ailleurs. L'entreprise a fait appel à Noblema, l'une des entreprises identifiées lors de l'étude de la filière sur le territoire. Il s'avère que Noblema est un négociant en matériaux de réemploi, il propose des pavés provenant de différentes régions d'Europe. Noblema a fourni des tranches de granit provenant du Portugal. Rien n'indique qu'il s'agisse de pierre de réemploi et aucune information permet de connaître l'origine précise de cette dernière fourniture.

Cette dernière source de matériaux est arrivée tard. Le chantier devant être livré avant l'ouverture du nouveau lycée attendant les dernière surface réalisées avec ces matériaux ont été moins bien réalisés.

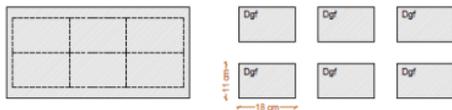
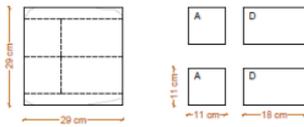
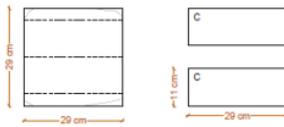
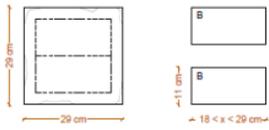
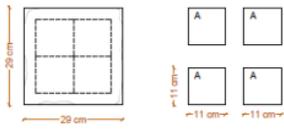
Afin de garantir la reproductibilité de l'opération sur toute la surface du parvis (tranches futures) et d'obtenir une certaine homogénéité, il a fallu mettre en place une stratégie de répartition des types de pierres suivant leur teinte.

Le MOE a fait introduire les pierres plus foncées et mettre de côté des matériaux pour les faire incorporer progressivement. Il a fallu également faire changer certaines pierres pour obtenir le panachage souhaité.

Globalement, le suivi de chantier a demandé plus de temps et de présence que dans le cas d'un chantier en matériaux neuf.



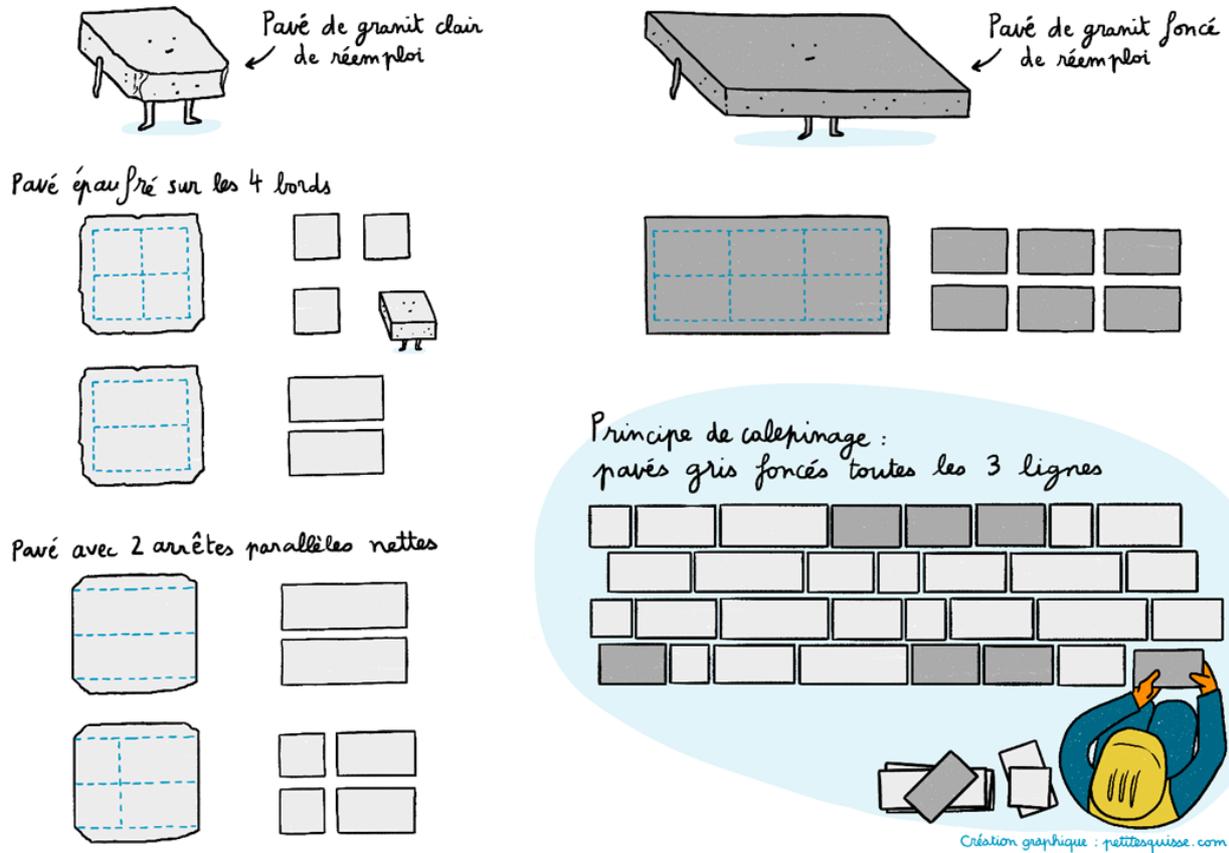
Adaptation du calepinage



1. Des pavés découpés dans les pavés
2. Adaptation de la taille des pavés pour minimiser la perte
3. Diversification de pierres pour assurer la reproductibilité du pavage dans le futur (mélange de teintes de pierres)



## REVÊTEMENT / DÉCOUPAGE DES DALLES GRANIT



### - Pose

La pose des pavés issus du réemploi est identique à la pose de matériaux neufs. La spécificité de ce chantier est la stratégie de répartition des pierres de teinte différentes et la réflexion menée pour anticiper les raccords entre les tranches de travaux d'aménagement du parvis.

Il a fallu adapter le calepinage des différentes teintes et mettre en place une stratégie de répartition au fur et à mesure de l'acquisition des matériaux complémentaires. Au total 4 teintes sont utilisées pour cet ouvrage.

L'association des PMR est venue tester le revêtement pour en valider le confort d'usage. Les retours sont critiques, l'épaisseur des joints entre pavé est trop importante et crée des variations inconfortables. La largeur des joints est due à la planéité des surfaces des pavés après clivage. En effet, cette opération sectionne le pavé par cisaillement, il en résulte des irrégularités en surface. Ces reliefs même légers imposent une épaisseur de joint minimal supérieure à des pavés sciés.

- Photographies



stock de pavé



clivage des pavés



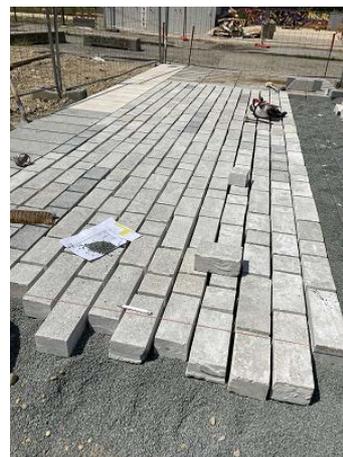
stockage sur palette



planche d'essai



hétérogénéité des pavés



mise en œuvre

Crédits SERL

## - Bilan économique

L'analyse financière réalisée par la maîtrise d'œuvre fait état d'une économie entre une version pavé de réemploi par rapport à la fourniture et la mise en œuvre de pavé neuf :

Prix du pavage classique : 180,00 € HT / m<sup>2</sup> (fourniture et pose) (découpe par sciage)

Prix du pavage Réemploi proposé dans le marché : 182,14 € HT / m<sup>2</sup> (fourniture et pose) (découpe par sciage initialement alors que clivage réalisé)

**Le surcoût estimé de l'utilisation et préparation du pavé de réemploi est d'environ 3500 €HT pour la surface posée de 1180 m<sup>2</sup>.**

En réalité, cette approche est un peu biaisée car l'entreprise attributaire du marché a pu s'appuyer sur un stock "gratuit" de pavé disponible à son dépôt.

Le coût de la main d'œuvre lié à la préparation et transformation des pavés de réemploi a été intégrée dans la fourniture du matériau.

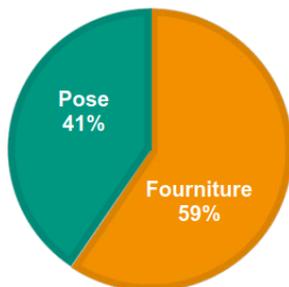
Si la ressource "gratuite" n'avait pas été disponible, et en considérant l'achat de pavés de réemploi auprès d'une filière extérieure (à raison de 50 €HT/m<sup>2</sup>), auquel s'ajouteraient le coûts de préparation estimés à 99 €HT/m<sup>2</sup>, le surcoût serait plus important ; de l'ordre de 53 €HT/m<sup>2</sup> par rapport à une "solution neuve classique."

En outre, l'immobilisation et la tenue du stock des pavés Rue de la République n'a ici pas été quantifié.

Finalement, dans l'hypothèse où l'entreprise n'aurait pas eu en sa possession un stock de pavés pouvant être retravaillé pour réemploi et si elle devait se fournir dans des filières externes (en structuration), **le surcoût global lié à la mise en œuvre de pavé de réemploi versus des pavés neuf peut être estimé entre 20 et 30%.**

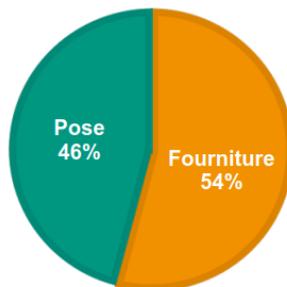
Estimation réemploi (+15% par rapport à classique à 180 €): **205 € HT / m<sup>2</sup>**  
 110 €HT / m<sup>2</sup> fourniture  
 75 €HT / m<sup>2</sup> pose

RÉEMPLOI ESTIM - 205 €/M<sup>2</sup>



Prix du pavage réemploi (prix marché) : **183 € HT / m<sup>2</sup>**  
 99 €HT / m<sup>2</sup> fourniture  
 84 €HT / m<sup>2</sup> pose

RÉEMPLOI MARCHÉ - 183 €/M<sup>2</sup>

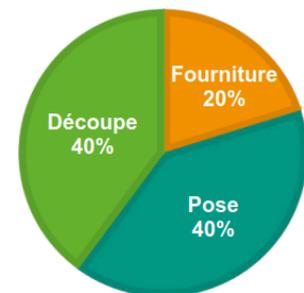


Fourniture « gratuite » car opportunité

Retour financier complexe pour le titulaire du marché (main

Prix du pavage réemploi (hypothèse) : **233 € HT / m<sup>2</sup>**  
 50€HT / m<sup>2</sup> fourniture  
 99 €HT / m<sup>2</sup> découpe  
 84 €HT / m<sup>2</sup> pose

RÉEMPLOI HYPOTHESE - 233 €/M<sup>2</sup>



**+30 % par rapport à du pavage classique**

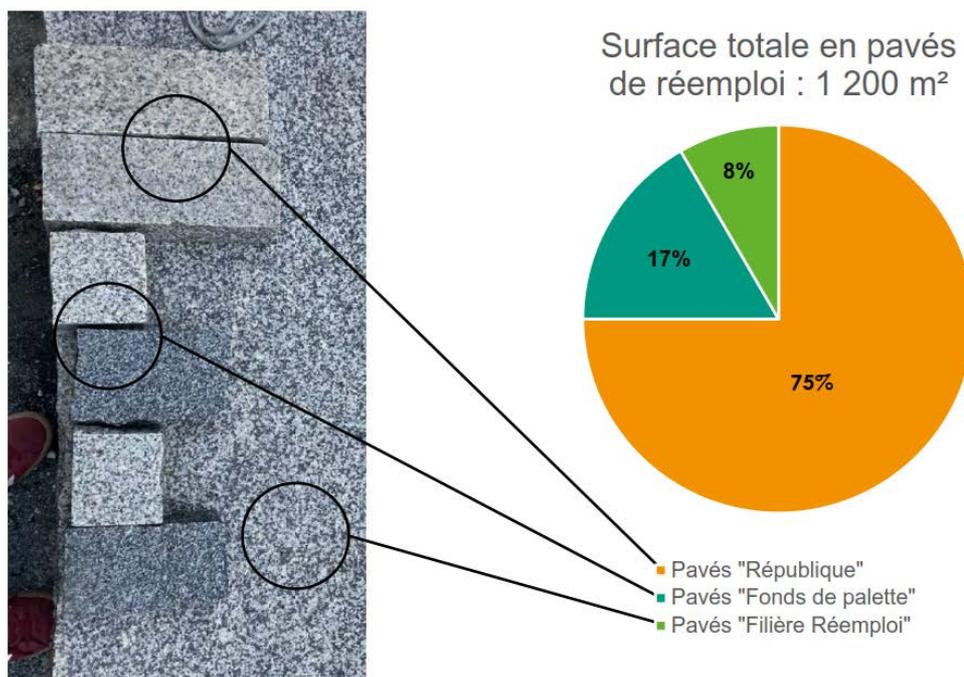
Nous pouvons aussi compléter cette approche en intégrant les **externalités négatives** liées à l'impact carbone évité. En considérant un gain d'émissions de CO<sub>2</sub> équivalent de 65 T (voir chapitre ci-après) et en monétarisant la tonne de CO<sub>2</sub> à hauteur de 250 €/T (source rapport Quinet, valeur 2030) ; **l'économie "additionnelle" est de l'ordre de 16250 € ;** soit moins 13,5 €/m<sup>2</sup> par rapport à un pavé neuf.

## - Bilan environnemental

La surface totale de pavés de granit issus du réemploi sur le parvis est de **1180 m<sup>2</sup>**.

Cette quantité comprend :

- les pierres issues de la rue de la République, dont le stock de 1500 m<sup>2</sup> était disponible chez l'entreprise De Fillipis, et dont la surface totale après façonnage représente 900 m<sup>2</sup>
- les pierres complémentaires fournies par la société Noblema, d'une surface de 100 m<sup>2</sup> et provenant de chutes de carrière portugaises
- des pierres diverses issues du stock de l'entreprise (fond de palette), comprenant une surface d'environ 180 m<sup>2</sup>



*Répartition des gisements de pavés de réemploi. Source : SERL*

Pour quantifier l'impact environnemental évité par ce réemploi, nous nous appuyons sur la fiche de données environnementale par défaut disponible sur la base INIES "Voirie et revêtements extérieurs en pierre naturelle". C'est à ce jour la seule fiche validée, élaborée à partir d'anciennes FDES représentatives de l'impact du matériau (pavé granit breton, pavé granit du Tarn, Pierre de Comblanchien...).

L'unité fonctionnelle de la fiche est la suivante : "Assurer le revêtement d'1m<sup>2</sup> et d'épaisseur 15 cm de voirie ou d'espace public en pierre naturelle pendant une durée de vie de référence de 150 ans"

Les principaux impacts, par unité fonctionnelle, de ce matériau sont les suivant :

	Production	Construction	Utilisation	Fin de vie	Total
Réchauffement climatique (kg CO2 eq.)	45	13,1	0	4,39	66,4
Utilisation nette d'eau douce (m <sup>3</sup> )					2,9
Déchets non dangereux éliminés (kg)					5830

Deux principales approches simplifiées peuvent être suivies pour quantifier l'impact environnemental évité par le recours aux matériaux de réemploi :

On considère l'impact total comme nul, convention adoptée dans la RE2020, visant à favoriser l'émergence de ces pratiques.

On considère uniquement l'impact évité de la phase de la production de la matière (module A1 à A3) qui correspond à la phase d'extraction et de transformation au niveau de la carrière de pierre.

Dans le premier cas, les valeurs d'impacts évités sont les suivantes :

Gaz à effet de serre évités	78	TCO2
Eau consommée évitée	3422	m3
Production de déchets évités	6879	T

Dans le second cas, les valeurs d'impacts évités sont les suivantes :

Gaz à effet de serre évités	53	TCO2
Eau consommée évitée	2738	m3
Production de déchets évités	5504	T

Ici, l'hypothèse prise est que 80% de l'eau consommé et des déchets générés le sont lors de la production (carrière).

En croisant les 2 approches et en faisant une moyenne approchée, nous pouvons considérer que **le recours à près de 1200 m<sup>2</sup> de pavés de réemploi sur le parvis du lycée permet d'éviter les impacts suivants :**

- **65 Tonnes CO<sub>2</sub>éq, soit 13,5 tours de la terre en voiture**
- **3000 m<sup>3</sup> d'eau économisés, soit une piscine olympique remplie**
- **6200 T de déchets évités**



**65 tonnes** de CO<sub>2</sub> évitées  
13,5 tours de la terre en voiture



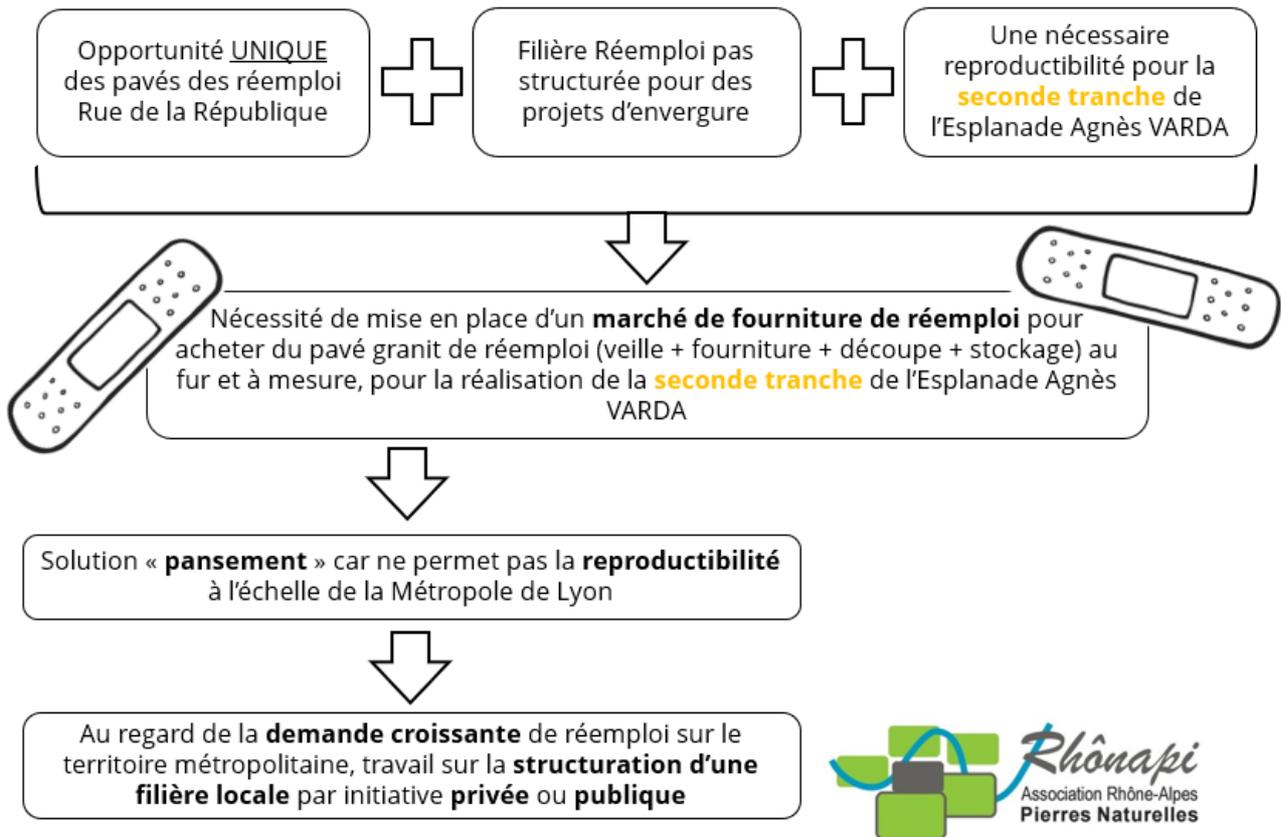
**3 000 m<sup>3</sup>** d'eau économisés  
1 piscine olympique remplie



**6 200 tonnes** de déchets économisés  
1 500 tonnes par an pour une famille de 4

À titre de comparaison, la pierre complémentaire fournie par Noblema et issue de chutes de carrière du Portugal, a engendré une émission de CO<sub>2</sub>, durant la phase de transport jusqu'au chantier d'environ 3,5 Tonnes de CO<sub>2</sub>.

## - Autres enseignements



Le recours aux pavés en granit de réemploi pour la réalisation de la première phase d'aménagement de l'esplanade Agnès Varda s'est appuyé sur une **opportunité unique**, proposé par l'entreprise qui disposait d'un stock important de pavé issus de la déconstruction de la rue de la République à Lyon.

Le volume de matériaux stockés et aptes à être réemployés dans les espaces publics s'est avéré insuffisant, demandant à l'entreprise de se fournir, en partie, via des gisements extérieurs pour répondre à la demande du cahier des charges, stipulant la mise en œuvre de 100% de pavés de réemploi.

Bien que certains acteurs aient été identifiés et sollicités pour fournir ce type de matériau, **la disponibilité et la traçabilité** des pavés fournis en complément peut poser question : peut-on considérer des chutes de carrières ou surplus de stock comme du réemploi ?

Sur cette fourniture en stock issu de surplus de chantier, nous pouvons aussi nous interroger sur une éventuelle double facturation de la part de l'entreprise (matériaux vendus au client initial et fourniture facturée une seconde fois par un nouveau maître d'ouvrage). Néanmoins, ici, cet éventuel biais peut être nuancé du fait que la fourniture intégrait les coûts de préparation et de redécoupe des pavés en stock (plus coût d'immobilisation porté par l'entreprise).

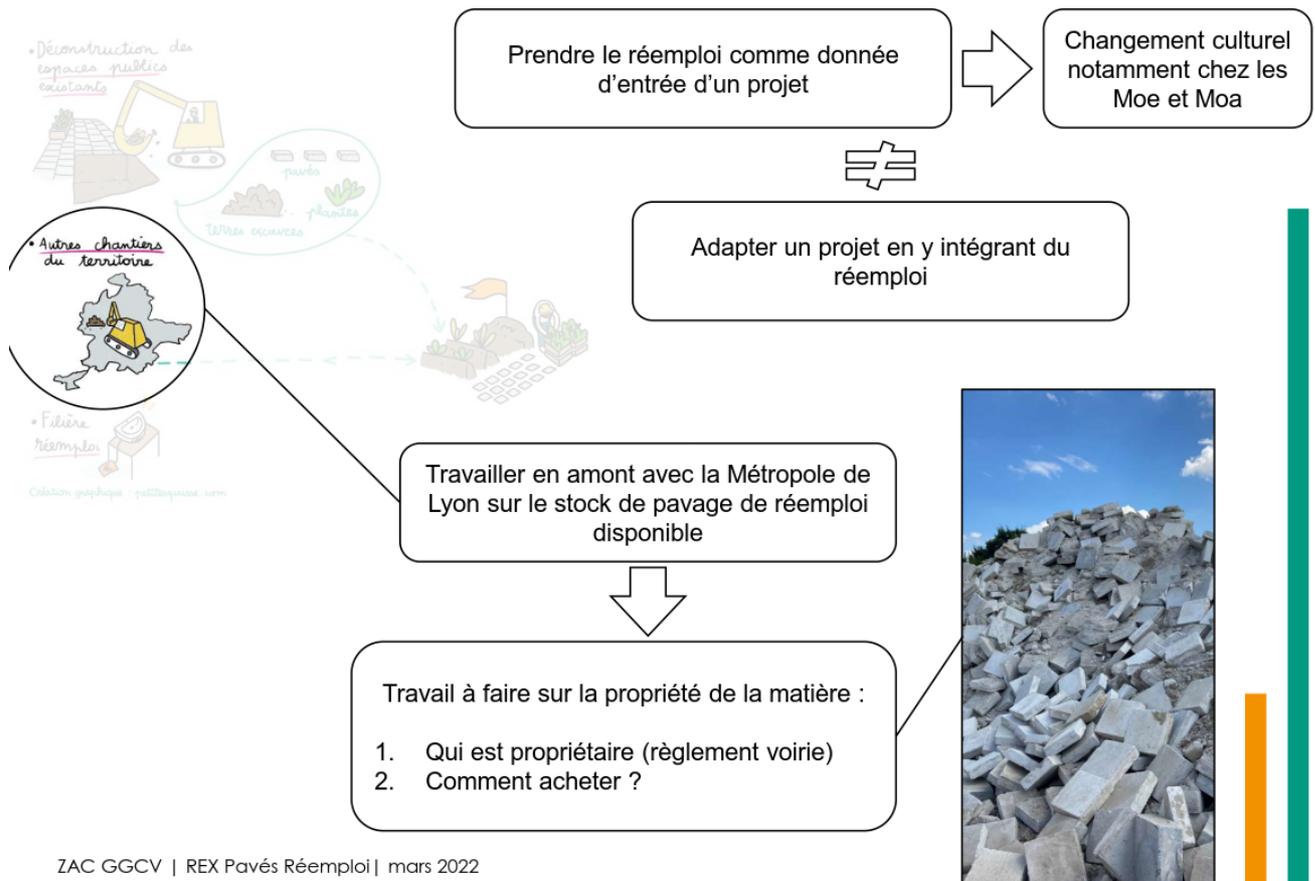
Le recours aux matériaux issus du réemploi suppose un changement de pratique pour les acteurs du secteur de la construction et invite les concepteurs à concevoir leur projet à partir des ressources disponibles et de prendre en compte leur caractéristiques. Les pratiques de réemploi de matériaux de voirie pré-existents et l'idée de faire avec et de limiter les actions de transformation reviennent régulièrement.

La subdivision VTPF située à Vénissieux dispose d'un stock de bordures issues de chantier de dépose. Il existe une clause technique dans les marchés de travaux publics à Lyon demandant aux entreprises de livrer au dépôt de Vénissieux les bordures déposées. Il est intéressant de s'appuyer sur cette démarche existante pour poursuivre des objectifs de réemploi en espace public.

Soulignons par ailleurs que cette demande forte de l'aménageur a **mobilisé les acteurs de la filière pierre sur la structuration d'offre de réemploi** : l'association Rhonapi a en effet initié un groupe de travail regroupant les carriers de la région, les prescripteurs et les donneurs d'ordre pour échanger autour de cet enjeu du réemploi de la pierre.

Enfin, nous pouvons noter que la mise œuvre de pavé de réemploi a fait l'objet d'un avis de la **commission accessibilité** qui a émis des réserves du fait de ressaut ponctuels (joints larges et profonds) constaté dans l'aménagement, en partie à cause de l'irrégularité des pavés clivés qui a nécessité d'épaissir localement les joints.

## - Si c'était à refaire ?



ZAC GGCV | REX Pavés Réemploi | mars 2022

### Un lot fourniture de matériaux de réemploi ?

Étant donné l'ampleur des aménagements publics à réaliser et au vu de la difficulté d'accès à des matériaux issus du réemploi, la mise en place d'un marché de fourniture à part entière est une piste pertinente. Ce lot aurait en charge d'approvisionner les chantiers d'espaces publics.

Cela suppose un travail de sourcing d'entreprise en amont pour dimensionner le cahier des charges et s'assurer que le lot ne sera pas infructueux.

On peut imaginer que des entreprises répondent en groupement pour multiplier les sources d'approvisionnement mais aussi pour agréger des compétences qui comme nous l'avons correspondent habituellement à différents métiers : négoce, dépose, nettoyage, tri, transformation, gestion de stock.

La mise en place d'un tel marché nécessite de traiter la question de la propriété des matériaux. Dans le cas de chantier public il s'agirait plus d'un marché de service puisque l'entreprise intervient pour collecter, stocker et gérer des matériaux qui sont propriétés publiques.

La mise en place d'un marché de fourniture peut être considéré comme une "solution pansement", en l'absence à l'heure actuelle de filière structurée de matériaux de réemploi pour les aménagements publics.

### Clauses types pour les marchés public du territoire ?

Par ailleurs, il est nécessaire d'anticiper la recherche de matériaux et de faciliter l'accès à la ressource. Pour cela la métropole peut s'appuyer sur la clause technique imposant la restitution des bordures et les pavés déposés sur les chantiers publics (obligation dans le règlement de voirie de la Métropole). Actuellement, les bordures en granit sont bien récupérées pour réemploi ultérieur mais le réemploi systématique des pavés déposés est finalement peu opérationnel en l'absence de moyens humains et techniques pour structurer la requalification des pavés récupérés par la métropole.

Cette clause peut être renforcée et augmentée en prenant en compte d'autres matériaux. Un suivi des pratiques permettrait d'optimiser l'approvisionnement et de sensibiliser les acteurs du chantier.

Des clauses techniques types peuvent également être rédigées pour l'ensemble des marchés publics.

### Consolider une activité de réemploi à terme

L'opération de Gratte-Ciel, du fait de ses ambitions élevées, a initié des changements de pratiques dans la filière. Ce projet est un moteur qui entraîne des changements plus profonds et durables. Il s'agit de se saisir de cette dynamique et d'anticiper les effets possibles de l'opération sur la structuration de la filière. Certaines actions en France ou à l'étranger peuvent être inspirantes, par exemple celle de la plateforme de gestion des matériaux de voirie de la Ville de Paris, à Bonneuil.

Voir exemple de la ville de Paris : [http://www.ctmnc.fr/images/galerie/Presentation\\_P.\\_Marchetti.pdf](http://www.ctmnc.fr/images/galerie/Presentation_P._Marchetti.pdf)



### Concevoir avec l'existant

Comme nous l'avons vu, la conception ne peut être traitée sans prendre en compte les particularités des matériaux disponibles. Dans le cas de l'esplanade Agnès Varda, les exigences devront être respectées pour obtenir un revêtement homogène. Il s'agira pour la suite, d'identifier en amont les matériaux pour pouvoir mener le travail d'adaptation en amont des travaux. Le MOE pourra apporter des modifications tout en restant dans le même vocabulaire.

Plus largement, au-delà de cette opération, il apparaît nécessaire de créer des espaces de dialogue entre concepteur / prescripteur et acteur de la filière pour développer des stratégies adaptées et innover en faveur de la préservation des ressources et de la qualité de nos espaces publics.

## - En synthèse

**Chiffres clés :**

- 1200 m<sup>2</sup> de pavés granit réemployés
- Surcoût de 20 à 30% par rapport au neuf
- Émissions CO2 évitées : 65 Tonnes
- Déchets évités : 6200 Tonnes

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opportunité de pouvoir réemployer un stock de pavés existants</li> <li>- Contraintes techniques peu bloquantes sur le matériau pavé</li> <li>- Rendu satisfaisant et correspondant aux attentes malgré une certaine hétérogénéité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptation du projet pour intégrer du réemploi après coup</li> <li>- Filière de la pierre de réemploi peu structurée</li> <li>- Traçabilité des compléments de matériaux peu satisfaisante</li> </ul>
Principaux enseignements	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionnement sur le mode de passation des marchés pour faciliter le réemploi -&gt; création d'un lot fourniture pour les prochaines phases d'aménagement ?</li> <li>- Intérêt manifesté par les acteurs de la filière "pierre" (Rhonapi) -&gt; mise en place d'un groupe de travail réemploi</li> <li>- Nécessité de coordonner les flux sur la métropole (stock, demande...) -&gt; initiative à faire porter par le privé ou le public ?</li> </ul>	

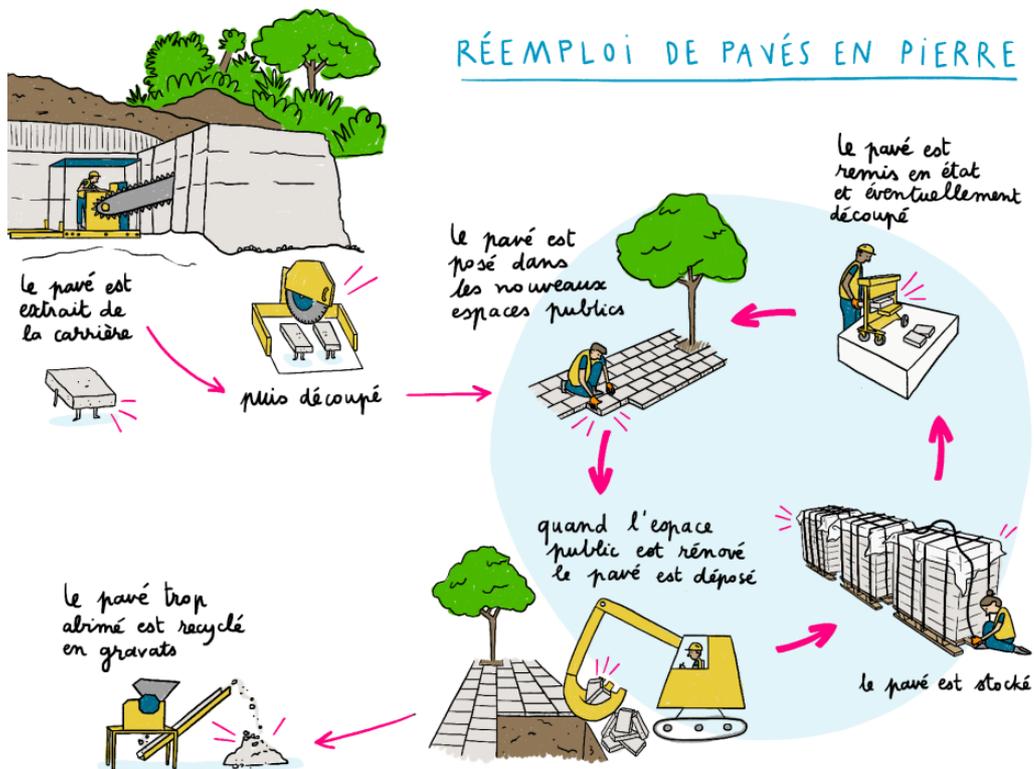


Schéma réemploi de pavés - Source : La petite esquisse