

Description

Titre de l'invention : Installation et procédé de carbonatation forcée d'une fraction fine d'un béton recyclé

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne une installation et un procédé de carbonatation forcée d'une fraction fine issue d'un procédé antérieur de dissociation d'un béton recyclé. De façon plus précise, l'invention concerne une installation et un procédé consistant à piéger du dioxyde de carbone dans des bétons recyclés.

Arrière-plan technique

[0002] Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre. La quantité de gaz de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre a un impact sur le changement climatique.

[0003] Il existe plusieurs techniques de réduction des émissions de dioxyde de carbone. L'une de ces techniques consiste à piéger le dioxyde de carbone dans des bétons recyclés, notamment issus de la déconstruction d'anciens bâtiments ou ouvrages d'art.

[0004] Les bétons recyclés comprennent de la pâte de ciment hydratée. La pâte de ciment hydratée peut, dans une certaine mesure, être utilisée comme puit de dioxyde de carbone. En d'autres termes, la pâte de ciment hydratée peut être utilisée pour capter du dioxyde de carbone par mise en contact direct avec ce dernier et ceci afin de réduire la quantité de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

[0005] Afin de charger convenablement ces bétons recyclés avec du dioxyde de carbone, ceux-ci sont exposés au gaz carbonique durant plusieurs heures. Ceci est incompatible avec une cadence industrielle.

[0006] Conscients du problème, et pour atteindre des cadences industrielles, des tentatives ont consisté à réduire le temps d'exposition de la fraction fine au dioxyde de carbone pour atteindre quelques dizaines de minutes. Des mélangeurs destinés à créer de l'agitation ont été utilisés, toutefois, le taux de captation des bétons recyclés en gaz carbonique s'est avéré insuffisant, réduisant l'efficacité du procédé et donc l'intérêt de ces opérations.

[0007] Ainsi, les techniques actuelles demeurent perfectibles. L'enjeu est de parvenir à charger les bétons recyclés en dioxyde de carbone à cadence industrielle, c'est-à-dire en quelques dizaines de minutes tout au plus. L'objectif est de lever le verrou technologique qui entrave l'utilisation par les industriels des bétons recyclés comme puits de gaz carbonique.

Résumé de l'invention

[0008] A cet effet, il est proposé en premier lieu une installation de carbonatation forcée d'une fraction fine d'un béton recyclé, l'installation comprenant :

- un réacteur de carbonatation dans lequel la fraction fine est apte et destinée à être mise en contact avec un gaz contenant du dioxyde de carbone,
 - un premier dispositif de pulvérisation d'eau apte à augmenter le taux d'humidité de la fraction fine, et/ou
- [0009] - un dispositif de conditionnement apte à gérer la température et l'humidité relative du gaz contenant du dioxyde de carbone,
- [0010] l'installation comprenant une unité de contrôle informatique apte à contrôler le premier dispositif de pulvérisation et le dispositif de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone.
- [0011] Diverses caractéristiques supplémentaires peuvent être prévues seules ou en combinaison :
- le premier dispositif de pulvérisation est agencé en amont du réacteur de carbonatation selon le sens de déplacement de la fraction fine ou à l'intérieur dudit réacteur de carbonatation au voisinage de l'entrée de la fraction fine ;
 - l'installation comprend un premier dispositif de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine, ledit premier dispositif de mesure étant agencé en amont du réacteur de carbonatation, selon le sens de déplacement de la fraction fine ;
 - l'installation comprend un deuxième dispositif de mesure de l'humidité relative et/ou de la température du gaz dans le réacteur de carbonatation ;
 - l'installation comprend un circuit d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur de carbonatation, ledit circuit d'injection de gaz contenant du dioxyde carbone étant connecté de façon fluïdique à une alimentation de fumées issues d'une combustion ;
 - le circuit d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone comprend, agencés dans l'ordre suivant selon le sens de déplacement du gaz contenant du dioxyde de carbone :
 - un sécheur de sortie destiné à sécher la fraction fine carbonatée en sortie du réacteur de carbonatation,
 - un dispositif de séparation aéraulique apte à séparer le gaz contenant du dioxyde de carbone d'une part de la fraction fine carbonatée et séchée d'autre part, ledit dispositif de séparation comprenant une première sortie par laquelle la fraction fine carbonatée et séchée est destinée à être évacuée,
 - un système de répartition volumétrique apte à gérer le volume de gaz contenant du dioxyde de carbone envoyé vers le réacteur de carbonatation,
 - un dispositif de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone apte à modifier l'humidité relative et/ou la température du gaz contenant du dioxyde de carbone,
 - un dispositif d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur de

carbonatation.

[0012] L'invention concerne en deuxième lieu un procédé de carbonatation forcée d'une fraction fine issue d'un béton recyclé, ce procédé mettant en œuvre une installation telle que précédemment décrite, le procédé comprenant :

- une étape de conditionnement de la fraction fine de sorte que ladite fraction fine ait un taux d'humidité prédéterminé sensiblement égal à une valeur de consigne, et/ou
- une étape de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone de sorte que l'humidité relative et/ou la température dudit gaz soient sensiblement égales à des valeurs de consigne,
- une étape d'alimentation du réacteur de carbonatation avec la fraction fine étant issue d'un béton recyclé comprenant de la pâte de ciment hydratée, ladite fraction fine ayant une granulométrie inférieure ou égale à 16 millimètres, ladite fraction fine ayant été préalablement conditionnée au cours de l'étape de conditionnement de la fraction fine,
- une étape d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur de carbonatation, ledit gaz ayant été préalablement conditionné au cours de l'étape de conditionnement du gaz,
- une étape de carbonatation de la fraction fine dans le réacteur de carbonatation.

[0013] Diverses caractéristiques supplémentaires peuvent être prévues seules ou en combinaison :

- le procédé comprenant une étape de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine, la mesure étant comparée à une valeur de consigne, procédé dans lequel la quantité d'eau injectée en amont du réacteur de carbonatation est ajustée de sorte que le taux d'humidité dans la fraction fine est sensiblement égal à la valeur de consigne ;
- procédé comprenant une étape de mesure de l'humidité relative et/ou de la température du gaz dans le réacteur de carbonatation, la ou les mesures étant chacune comparée(s) à une valeur de consigne, procédé dans lequel l'humidité relative et/ou la température du gaz contenant du dioxyde de carbone est ou sont modifiée(s) au cours de l'étape de conditionnement du gaz de sorte que l'humidité relative et/ou la température dans le réacteur de carbonatation est ou sont chacune sensiblement égale(s) à la valeur de consigne ;
- procédé comprenant une étape de séchage de la fraction fine au moyen de fumées issues d'une combustion à la sortie du réacteur de carbonatation, la fraction fine étant séchée après avoir été carbonatée ;
- le dioxyde de carbone injecté dans le réacteur de carbonatation provient de fumées issues d'une combustion ;
- le procédé comprend une étape de séparation aéraulique réalisée au moyen du dispositif de séparation aéraulique, étape au cours de laquelle la fraction fine sèche et

carbonatée est séparée des fumées ;

- le procédé comprend une étape de répartition volumétrique de sorte à envoyer une quantité prédéterminée de dioxyde de carbone vers le dispositif de conditionnement du gaz ;
- la température dans le réacteur de carbonatation est comprise entre 30°C et 80°C, de préférence 40°C ;
- l'humidité relative des gaz dans le réacteur de carbonatation est comprise entre 40% et 100% ;
- le temps de séjour de la fraction fine dans le réacteur de carbonatation est compris entre 20 minutes et 120 minutes ;
- la pression à l'intérieur du réacteur de carbonatation est sensiblement égale à la pression atmosphérique ;
- la fraction fine a une granulométrie inférieure ou égale à 6 millimètres.

Brève description des figures

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera au dessin annexé dans lequel :

[0015] [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation schématique d'une installation selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0016] Sur la [Fig.1] est représentée une installation 1 de carbonatation forcée. L'installation 1 comprend un réacteur 2 de carbonatation. Le réacteur 2 de carbonatation est destiné à recevoir une fraction fine d'un béton recyclé. Le réacteur 2 de carbonatation est apte à mettre en contact la fraction fine avec du dioxyde de carbone.

[0017] On entend par « béton recyclé », le béton issu de la déconstruction de bâtiments ou d'ouvrages d'art, ainsi que, les déchets provenant des unités de production de béton, par exemple et de façon non limitative, les résidus de lavage des cuves, les fonds de toupie.

[0018] Une fraction fine correspond à la fraction d'un béton recyclé ayant fait l'objet d'une attrition ou ayant été broyé et dont la granulométrie est inférieure ou égale à 16 millimètres. La fraction fine présente avantageusement une granulométrie inférieure ou égale à 6 millimètres.

[0019] Le réacteur 2 de carbonatation présente une entrée 9 par laquelle entre la fraction fine et une sortie 10 par laquelle est évacuée la fraction fine.

[0020] L'installation 1 comprend un premier dispositif 11 de pulvérisation d'eau apte à pulvériser de l'eau sur la fraction fine. Sur la [Fig.1], le premier dispositif 11 de pulvérisation est agencé en amont du réacteur 2 de carbonatation selon le sens de dé-

placement de la fraction fine. Selon une variante de réalisation non représentée, le premier dispositif 11 de pulvérisation est agencé à l'intérieur du réacteur 2 de carbonatation, au voisinage de l'entrée 9.

- [0021] Le premier dispositif 11 de pulvérisation est relié de façon fluïdique à un réservoir 3 d'eau.
- [0022] Le premier dispositif 11 de pulvérisation permet de pulvériser de l'eau directement sur la fraction fine de façon à augmenter son taux d'humidité.
- [0023] En agissant sur le taux d'humidité de la fraction fine à l'entrée 9 du réacteur 2 de carbonatation, la fraction fine est mise dans les meilleures conditions pour se charger en dioxyde de carbone durant son séjour dans ledit réacteur 2 de carbonatation. En conditionnant la fraction fine de façon à obtenir un taux d'humidité optimal dans celle-ci, la réactivité chimique du dioxyde de carbone avec la fraction fine dans le réacteur 2 de carbonatation est améliorée. Il devient ainsi possible d'obtenir une carbonatation de la fraction fine à cadence industrielle.
- [0024] Avantagement, l'installation 1 comprend un premier dispositif 7 de mesure du taux d'humidité de la fraction fine. Le dispositif 7 de mesure est agencé en amont du réacteur 2 de carbonatation. Le dispositif 7 de mesure est agencé en amont du dispositif 11 de pulvérisation tel que représenté sur la [Fig.1]. En variante non représentée sur la [Fig.1], le dispositif 7 de mesure peut être agencé en aval du dispositif 11 de pulvérisation. Il s'agit d'un capteur apte à communiquer en temps réel les données obtenues à l'unité 6.
- [0025] La fraction fine a initialement un taux d'humidité inférieur ou égal à une valeur de consigne déterminée. Par « *initialement* », on entend avant le premier dispositif 11 de pulvérisation selon le sens de déplacement de la fraction fine.
- [0026] Le réacteur 2 de carbonatation se présente sous la forme d'un tambour 4 rotatif. Le tambour 4 rotatif est entraîné en rotation au moyen d'au moins un moteur, non représenté sur les dessins.
- [0027] Avantagement, l'installation 1 comprend une unité 6 de contrôle informatique. L'unité 6 permet de piloter l'installation 1.
- [0028] Avantagement, l'installation 1 comprend un deuxième dispositif 8 de mesure de l'humidité relative et de la température des gaz dans le réacteur 2 de carbonatation. Il s'agit d'un capteur mesurant l'humidité relative et la température des gaz dans le réacteur 2 de carbonatation et apte à communiquer en temps réel les données obtenues à l'unité 6.
- [0029] Avantagement l'installation 1 comprend un sécheur 13 de sortie. Le sécheur 13 de sortie est apte à sécher la fraction fine carbonatée. Le séchage de la fraction fine carbonatée permet de la rendre apte à être transportée et stockée.
- [0030] Le sécheur 13 de sortie est agencé à la sortie 10 du réacteur 2 de carbonatation. Le

sécheur 13 de sortie ainsi agencé est apte à sécher la fraction fine carbonatée dès sa sortie du réacteur 2 de carbonatation.

- [0031] Avantageusement, le sécheur 13 de sortie est relié de façon fluide à une alimentation 14 de fumées issues d'une combustion. Cette combustion est par exemple celle du brûleur d'un four de cimenterie. Ainsi les fumées issues du four, chargées en dioxyde de carbone sont refroidies dans le sécheur 13 de sortie et en même temps humidifiées. Ceci présente un avantage car ces fumées contiennent du dioxyde de carbone et seront mises en contact avec la fraction fine dans le réacteur 2 de carbonatation ainsi que ceci sera décrit ultérieurement. La demanderesse a en effet déterminé après essais, que la réaction de carbonatation est plus efficace lorsque le dioxyde de carbone est à basse température.
- [0032] Avantageusement, l'installation 1 comprend un circuit 60 d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone. Ce circuit 60 comporte, agencés dans l'ordre suivant selon le sens de déplacement des fumées :
- un sécheur 13 de sortie,
 - un dispositif 17 de séparation aéraulique,
 - un système 20 de répartition volumétrique,
 - un dispositif 16 de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone,
 - un dispositif 15 d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone.
- [0033] Les éléments 13, 17, 20, 16, 15 sont reliés successivement les uns aux autres de façon fluide.
- [0034] Le circuit 60 est connecté de façon fluide à une alimentation 14 de fumées. Ainsi les fumées sont acheminées vers le réacteur 2 de carbonatation et injectées dans celui-ci.
- [0035] L'installation 1 comprend avantageusement un dispositif 17 de séparation aéraulique agencé en aval du sécheur 13 de sortie de la fraction fine selon le sens de déplacement des fumées et de la fraction fine représenté par la flèche 24. A partir du sécheur 13 de sortie, les fumées transportent la fraction fine vers le dispositif 17 de séparation aéraulique. Le dispositif 17 de séparation aéraulique permet de séparer la fraction fine, des fumées. A une première sortie 18 du dispositif 17 de séparation aéraulique, la fraction fine carbonatée est évacuée tandis qu'à une deuxième sortie 19 du dispositif 17 de séparation aéraulique, les fumées sont envoyées en direction du dispositif 16 de conditionnement. Le dispositif 17 de séparation aéraulique est avantageusement du type cyclone et peut comporter en plus un séparateur dynamique.
- [0036] Avantageusement l'installation 1 comprend un système 20 de répartition volumétrique. Le système 20 de répartition volumétrique est agencé entre le dispositif 17 de séparation aéraulique et le dispositif 16 de conditionnement. Le système 20 de répartition volumétrique permet de gérer le volume de fumées envoyé vers le dispositif

15 d'injection de gaz dans le réacteur 2 de carbonatation afin d'envoyer uniquement la quantité nécessaire de fumée dans ledit réacteur 2 de carbonatation. Ainsi ne sont conditionnées que les fumées qui seront acheminées au réacteur 2 de carbonatation. Le reste des fumées est évacué vers un échappement.

- [0037] Le dispositif 16 de conditionnement permet de réguler le taux d'humidité et la température du gaz contenant du dioxyde de carbone. En effet, l'humidité relative et la température étant des facteurs d'importance dans la réaction de carbonatation, la gestion de ceux-ci est effectuée de façon optimale à l'aide du dispositif 16 de conditionnement.
- [0038] En optimisant la température et l'humidité relative des gaz dans l'enceinte du réacteur 2 de carbonatation, la réaction de carbonatation est accélérée ce qui permet de réduire le temps de séjour de la fraction fine dans ledit réacteur 2 de carbonatation.
- [0039] L'augmentation de l'humidité relative du gaz est réalisée directement par ajout d'eau ou de vapeur d'eau. La diminution de l'humidité relative du gaz est obtenue par condensation de la vapeur d'eau. Le dispositif 16 de conditionnement est ainsi relié de façon fluïdique au réservoir 3 d'eau afin notamment que ledit dispositif 16 pour y puiser de l'eau. Avantagusement, le dispositif 16 de conditionnement est apte à refroidir et réchauffer le gaz contenant du dioxyde de carbone pour obtenir une température optimale. Le dispositif 16 de conditionnement est ainsi apte à modifier la température du gaz contenant du dioxyde de carbone.
- [0040] Le dispositif 16 de conditionnement est agencé entre le système 20 de répartition volumétrique et le dispositif 15 d'injection de gaz. Le dispositif 16 de conditionnement ainsi agencé permet de gérer l'humidité relative et la température du gaz contenant du dioxyde de carbone avant que ledit gaz ne soit injecté dans le réacteur 2 de carbonatation.
- [0041] Dans un mode de réalisation préféré, le réacteur 2 de carbonatation présente une longueur sensiblement égale à 15 mètres et un diamètre de 1,6 mètre. Le réacteur 2 de carbonatation est agencé de sorte à former un angle sensiblement égal à 2 degrés avec l'horizontale. La vitesse de rotation est sensiblement égale à 1,5 tour par minute.
- [0042] Dans ce qui suit un procédé de carbonatation forcée mettant en œuvre l'installation va être décrit.
- [0043] La fraction fine arrive dans l'installation 1 par une arrivée 22.
- [0044] Le procédé comprend une étape de conditionnement de la fraction fine. La fraction fine comporte une granulométrie inférieure ou égale à 16 millimètres. La fraction fine résulte du broyage ou de l'attrition d'un béton recyclé. La fraction fine d'un béton recyclé, c'est-à-dire celle dont la granulométrie est inférieure 16 millimètres est utilisée pour la carbonatation car ses propriétés sont propices à un chargement en dioxyde de carbone. La granulométrie de la fraction fine est avantagusement inférieure ou égale à

6 millimètres, ses propriétés étant alors optimales pour le chargement en dioxyde de carbone. La fraction fine comprend de la pâte de ciment hydratée. Cette pâte de ciment hydratée présente des propriétés captatrices de dioxyde de carbone. Cette étape de conditionnement de la fraction fine consiste à gérer le taux d'humidité de la fraction fine en amont du réacteur 2 de carbonatation. La gestion du taux d'humidité est réalisée via une opération d'injection d'eau sur la fraction fine. L'opération d'injection d'eau en amont du réacteur 2 de carbonatation est réalisée au moyen du premier dispositif 11 de pulvérisation qui permet d'asperger la fraction fine avec de l'eau. Ce conditionnement de la fraction fine permet d'améliorer ses propriétés de captation de dioxyde de carbone.

- [0045] Avantageusement, le procédé comprend une étape de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone. Au cours de cette étape de conditionnement, le gaz contenant du dioxyde de carbone est conditionné par régulation de sa température et de son humidité relative afin d'obtenir une température et une humidité relative optimale dans le réacteur 2 de carbonatation. Cette étape est réalisée au moyen du dispositif 16 de conditionnement. L'humidité relative correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau et de la pression de vapeur saturante dans le réacteur 2 de carbonatation. L'enjeu est donc de maintenir une température et une humidité relative optimale dans le réacteur 2 de carbonatation afin d'augmenter la cinétique de captation du dioxyde de carbone par la fraction fine.
- [0046] Le procédé comprend une étape d'alimentation du réacteur 2 de carbonatation avec la fraction fine conditionnée au cours de l'étape de conditionnement de la fraction fine.
- [0047] Avantageusement, le procédé comprend une étape d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur 2 de carbonatation. Dans le mode de réalisation représenté sur le dessin, des fumées issues d'une combustion dans un four et contenant du dioxyde de carbone sont injectées dans le réacteur 2 de carbonatation.
- [0048] Avantageusement, le procédé comprend une étape de carbonatation de la fraction fine dans le réacteur de carbonatation. Cette étape est réalisée par mise en contact direct de la fraction fine avec le gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur 2 de carbonatation.
- [0049] Le procédé comprend avantageusement une étape de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine. Cette étape est réalisée au moyen du premier dispositif 7 de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine. Les mesures obtenues sont envoyées vers l'unité 6 de contrôle. L'unité 6 de contrôle compare les mesures avec une valeur de consigne prédéterminée. Plusieurs cas de figures peuvent alors apparaître :
 - le taux d'humidité mesuré est inférieur à la valeur de consigne, l'unité 6 de contrôle commande alors au premier dispositif 11 de pulvérisation de pulvériser de l'eau sur la fraction fine ;

- ;
- le taux d'humidité mesuré est égal à la valeur de consigne, l'unité 6 de contrôle commande au premier dispositif d'injection de ne pas pulvériser d'eau sur la fraction fine.
- [0050] Le procédé comprend avantageusement une étape de mesure de l'humidité relative et de la température dans le réacteur 2 de carbonatation au moyen du deuxième dispositif 8 de mesure. Les mesures obtenues sont envoyées vers l'unité 6 de contrôle. L'unité 6 de contrôle compare les mesures avec des valeurs de consigne. L'unité 6 de contrôle commande alors au dispositif 16 de conditionnement, de conditionner le gaz contenant du dioxyde de carbone de sorte que son humidité relative et sa température soient sensiblement égales auxdites valeurs de consignes.
- [0051] Avantageusement l'humidité relative dans le réacteur 2 de carbonatation est comprise entre 40% et 100%. La valeur de consigne de l'humidité relative est ainsi comprise dans cet intervalle. La demanderesse a déterminé qu'une humidité relative comprise dans cet intervalle permet d'obtenir une cinétique de réaction de carbonatation suffisamment rapide pour obtenir des cadences industrielles.
- [0052] Avantageusement la température dans le réacteur 2 de carbonatation est comprise entre 30 et 80°C. La valeur de consigne de la température est ainsi comprise dans cet intervalle. La demanderesse a déterminé qu'une température comprise dans cet intervalle permet d'obtenir une cinétique de réaction de carbonatation suffisamment rapide pour obtenir des cadences industrielles.
- [0053] Lorsque la fraction fine a achevé son séjour dans le réacteur 2 de carbonatation et qu'elle est par conséquent carbonatée, elle est séchée au moyen du sécheur 13 de sortie. Ainsi que précédemment évoqué, le gaz chaud utilisé dans le sécheur 13 de sortie et qui traverse la matière, provient d'une combustion, par exemple celle d'un four de cimenterie.
- [0054] En référence à la [Fig.1], les fumées sortant du sécheur 13 de sortie, transportent la fraction fine jusqu'au dispositif 17 de séparation aéraulique. La fraction fine carbonatée et sèche est évacuée par la première sortie 18. Les fumées sont évacuées par la deuxième sortie 19.
- [0055] Le procédé comprend une étape de répartition volumétrique des fumées. En sortie du dispositif 17 de séparation aéraulique, les fumées sont envoyées vers le système 20 de répartition volumétrique. Au cours de cette étape, le dispositif de répartition volumétrique envoie une quantité donnée de fumées vers le dispositif 16 de conditionnement. Le reste des fumées est évacué par un échappement 25. En effet, il est avantageux de ne conditionner que la quantité nécessaire de fumées afin de maximiser l'efficacité globale de l'installation.
- [0056] En sortie du système 20 de répartition volumétrique, les fumées sont envoyées vers le

dispositif 16 de conditionnement afin de réguler leur humidité relative et leur température. En effet, et dans la mesure où les fumées sont utilisées comme gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur 2 de carbonatation, il est avantageux de les conditionner pour obtenir les conditions propices et optimales de la réaction de carbonatation dans le réacteur 2 de carbonatation.

- [0057] Les fumées de combustion préalablement conditionnées puis décarbonées, c'est-à-dire déchargées au moins en partie de leur dioxyde de carbone dans le réacteur 2 de carbonatation, sont ensuite évacuées par une évacuation d'échappement non représentée sur la [Fig.1]. Dans une variante de réalisation, les fumées décarbonatées peuvent être envoyées vers un autre élément de l'installation.
- [0058] Avantageusement, le temps de séjour de la fraction fine dans le réacteur 2 de carbonatation est compris entre 20 minutes et 120 minutes. Cette durée est acceptable dans le cadre d'une production à cadence industrielle et permet dans le cadre de l'invention, un taux de chargement en dioxyde de carbone de la fraction suffisant en quantité.
- [0059] Avantageusement, la pression dans le réacteur 2 de carbonatation est sensiblement égale à la pression atmosphérique. L'installation 1 est ainsi rendue moins dangereuse, moins complexe et moins onéreuse, qu'une installation sous pression.
- [0060] Avantageusement, les fumées comprennent au moins 5% de dioxyde de carbone en masse ou en volume. De telles fumées permettent un taux de chargement en dioxyde de carbone efficace en quantité et en rapidité.

Revendications

- [Revendication 1] Installation (1) de carbonatation forcée d'une fraction fine d'un béton recyclé, l'installation comprenant :
- un réacteur (2) de carbonatation dans lequel la fraction fine est apte et destinée à être mise en contact avec un gaz contenant du dioxyde de carbone,
 - un premier dispositif (11) de pulvérisation d'eau apte à augmenter le taux d'humidité de la fraction fine, et/ou
 - un dispositif (16) de conditionnement apte à gérer la température et l'humidité relative du gaz contenant du dioxyde de carbone,
- l'installation comprenant une unité (6) de contrôle informatique apte à contrôler le premier dispositif (11) de pulvérisation et le dispositif (16) de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone.
- [Revendication 2] Installation (1) selon la revendication 1 dans laquelle, le premier dispositif (11) de pulvérisation est agencé en amont du réacteur (2) de carbonatation selon le sens de déplacement de la fraction fine ou à l'intérieur dudit réacteur (2) de carbonatation au voisinage de l'entrée de la fraction fine.
- [Revendication 3] Installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans laquelle, celle-ci comprend un premier dispositif (7) de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine, ledit premier dispositif (7) de mesure étant agencé en amont du réacteur (2) de carbonatation, selon le sens de déplacement de la fraction fine.
- [Revendication 4] Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle, celle-ci comprend un deuxième dispositif (8) de mesure de l'humidité relative et/ou de la température du gaz dans le réacteur (2) de carbonatation.
- [Revendication 5] Installation (1) selon la revendication 4 dans laquelle, celle-ci comprend un circuit (60) d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur (2) de carbonatation, ledit circuit (60) d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone étant connecté de façon fluïdique à une alimentation (14) de fumées issues d'une combustion.
- [Revendication 6] Installation (1) selon la revendication 5 dans laquelle, le circuit (60) d'injection de gaz contenant du dioxyde de carbone comprend, agencés dans l'ordre suivant selon le sens de déplacement du gaz contenant du dioxyde de carbone :
- un sécheur (13) de sortie destiné à sécher la fraction fine carbonatée en

sortie du réacteur (2) de carbonatation,

- un dispositif (17) de séparation aéraulique apte à séparer le gaz contenant du dioxyde de carbone d'une part de la fraction fine carbonatée et séchée d'autre part, ledit dispositif (17) de séparation comprenant une première sortie (18) par laquelle la fraction fine carbonatée et séchée est destinée à être évacuée,

- un système (20) de répartition volumétrique apte à gérer le volume de gaz contenant du dioxyde de carbone envoyé vers le réacteur (2) de carbonatation,

- un dispositif (16) de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone apte à modifier l'humidité relative et/ou la température du gaz contenant du dioxyde de carbone,

- un dispositif (15) d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur (2) de carbonatation.

[Revendication 7]

Procédé de carbonatation forcée d'une fraction fine issue d'un béton recyclé, ce procédé mettant en œuvre une installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, le procédé comprenant :

- une étape de conditionnement de la fraction fine de sorte que ladite fraction fine ait un taux d'humidité prédéterminé sensiblement égal à une valeur de consigne, et/ou

- une étape de conditionnement du gaz contenant du dioxyde de carbone de sorte que l'humidité relative et/ou la température dudit gaz soient sensiblement égales à des valeurs de consigne,

- une étape d'alimentation du réacteur (2) de carbonatation avec la fraction fine étant issue d'un béton recyclé comprenant de la pâte de ciment hydratée, ladite fraction fine ayant une granulométrie inférieure ou égale à 16 millimètres, ladite fraction fine ayant été préalablement conditionnée au cours de l'étape de conditionnement de la fraction fine,

- une étape d'injection du gaz contenant du dioxyde de carbone dans le réacteur (2) de carbonatation, ledit gaz ayant été préalablement conditionné au cours de l'étape de conditionnement du gaz,

- une étape de carbonatation de la fraction fine dans le réacteur (2) de carbonatation.

[Revendication 8]

Procédé selon la revendication 7, ce procédé mettant en œuvre une installation selon la revendication 3, ce procédé comprenant une étape de mesure du taux d'humidité dans la fraction fine, la mesure étant comparée à une valeur de consigne, procédé dans lequel la quantité d'eau injectée en amont du réacteur de carbonatation est ajustée de sorte

que le taux d'humidité dans la fraction fine est sensiblement égal à la valeur de consigne.

- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, ce procédé mettant en œuvre une installation selon la revendication 4, ce procédé comprenant une étape de mesure de l'humidité relative et/ou de la température du gaz dans le réacteur de carbonatation, la ou les mesures étant chacune comparée(s) à une valeur de consigne, procédé dans lequel l'humidité relative et/ou la température du gaz contenant du dioxyde de carbone est ou sont modifiée(s) au cours de l'étape de conditionnement du gaz de sorte que l'humidité relative et/ou la température dans le réacteur de carbonatation est ou sont chacune sensiblement égale(s) à la valeur de consigne.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, ce procédé mettant en œuvre une installation selon la revendication 6, ce procédé comprenant une étape de séchage de la fraction fine au moyen de fumées issues d'une combustion à la sortie du réacteur de carbonatation, la fraction fine étant séchée après avoir été carbonatée.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, le procédé mettant en œuvre une installation selon l'une des revendications 5 ou 6, procédé dans lequel le dioxyde de carbone injecté dans le réacteur de carbonatation provient de fumées issues d'une combustion.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 7 à 11, le procédé mettant en œuvre une installation selon la revendication 6, le procédé comprend une étape de séparation aéraulique réalisée au moyen du dispositif (17) de séparation aéraulique, étape au cours de laquelle la fraction fine sèche et carbonatée est séparée des fumées.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, le procédé mettant en œuvre une installation selon la revendication 6 dans lequel, le procédé comprend une étape de répartition volumétrique de sorte à envoyer une quantité prédéterminée de dioxyde de carbone vers le dispositif (16) de conditionnement du gaz.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 13 dans lequel, la température dans le réacteur (2) de carbonatation est comprise entre 30°C et 80°C, de préférence 40°C.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 14 dans lequel, l'humidité relative des gaz dans le réacteur de carbonatation est comprise entre 40% et 100%.
- [Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 15 dans lequel, le

temps de séjour de la fraction fine dans le réacteur de carbonatation est compris entre 20 minutes et 120 minutes.

[Revendication 17] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 16 dans lequel, la pression à l'intérieur du réacteur de carbonatation est sensiblement égale à la pression atmosphérique.

[Revendication 18] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 17 dans lequel, la fraction fine a une granulométrie inférieure ou égale à 6 millimètres.

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 908789
FR 2206361

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2010/110563 A2 (KOREA INST CONSTRUCTION TECH [KR]; LEE SAE HYUN [KR] ET AL.) 30 septembre 2010 (2010-09-30) * le document en entier * -----	1-18	C04B7/38 B01D53/62
X	US 2022/152554 A1 (SKOCEK JAN [DE] ET AL) 19 mai 2022 (2022-05-19) * le document en entier * -----	1-4, 6-8, 10, 12, 13, 16, 17	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 février 2023		Roesky, Rainer	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2206361 FA 908789**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-02-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2010110563 A2	30-09-2010	AUCUN	
US 2022152554 A1	19-05-2022	AU 2020291602 A1	07-10-2021
		CA 3138976 A1	17-12-2020
		CN 113950365 A	18-01-2022
		DK 3750619 T3	28-03-2022
		EP 3750619 A1	16-12-2020
		ES 2909489 T3	06-05-2022
		PL 3750619 T3	09-05-2022
		PT 3750619 T	28-03-2022
		US 2022152554 A1	19-05-2022
		WO 2020249444 A1	17-12-2020