

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL



EXTRACTION



EMPREINTE CARBONE



CYCLE DE VIE

D'UN MONUMENT FUNÉRAIRE EN GRANIT

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN MONUMENT FUNÉRAIRE EN GRANIT

Analyse de cycle de vie comparative entre un monument produit localement et un monument importé

AVANT-PROPOS

L'industrie granitière française productrice de monuments funéraires est soumise à une forte concurrence de produits importés, notamment d'Asie.

Afin que les professionnels du funéraire et les familles fassent le choix de leur monument funéraire en toute connaissance de cause, le CTMNC a décidé de réaliser une étude environnementale complète.

Celle-ci prend l'hypothèse d'un monument en granit français, extrait et transformé en Bretagne et mis en œuvre dans un cimetière en Île-de-France.

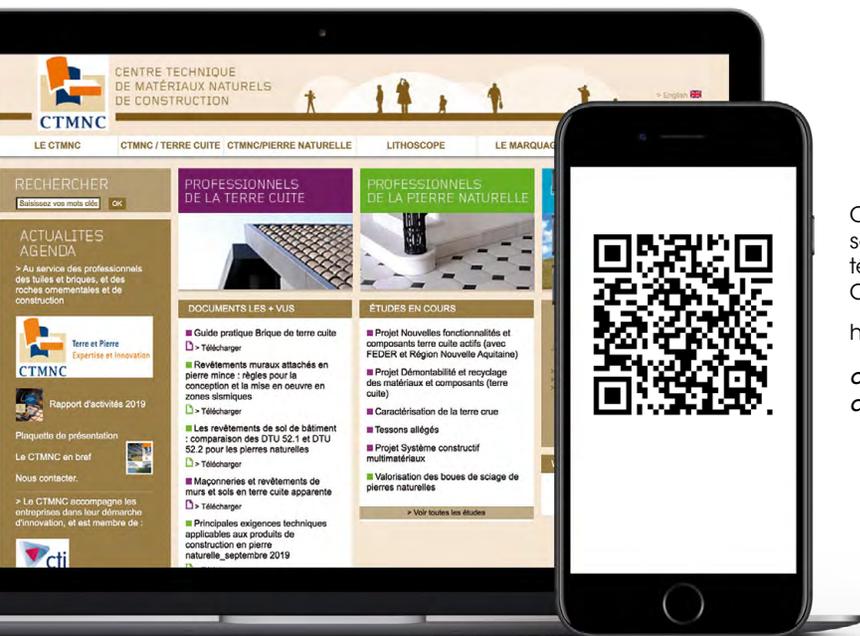
Replacée dans le cadre de l'économie circulaire, l'analyse du cycle de vie propre au monument considéré est présentée dans son détail sur la base d'une démarche normée et rigoureuse. Cette analyse est ensuite comparée à deux études complémentaires d'un monument en granit français transformé en Chine et d'un monument en granit chinois importé en France.

Après une introduction générale, une mise en contexte et un rappel de terminologie, ce guide aborde le sujet dans le détail de l'évaluation environnementale d'un monument funéraire :

- Définition de l'unité fonctionnelle ;
- Evaluation d'impact, incluant toutes les étapes depuis l'extraction du bloc, la fabrication du monument, sa mise en œuvre et son entretien jusqu'à sa déconstruction et sa fin de vie, incluant les transformations, les manutentions, et les transports,

En tout point, les résultats parlent d'eux-mêmes !

Bonne lecture



Comme tous les guides de cette série, vous pouvez également le télécharger sur le site Internet du CTMNC à l'adresse suivante :

<https://bit.ly/3pSQ7F6>

ou flashez ce code à l'aide de votre smartphone !

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. DOMAINE D'APPLICATION.....	5
3. TERMES ET DÉFINITIONS.....	5
4. L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE D'UN MONUMENT FUNÉRAIRE EN GRANIT FRANÇAIS.....	6
4.1 L'unité fonctionnelle.....	6
4.2 Evaluation d'impact.....	7
4.2.1. Extraction des blocs.....	7
4.2.2. Transport et manutention.....	7
4.2.3. Fabrication du monument finition poli sans ornementation.....	8
4.2.4. Palettisation.....	8
4.2.5. Transport et manutention du monument.....	8
4.2.6. Transport et manutention du monument au cimetière.....	9
4.2.7. Mise en œuvre.....	9
4.2.8. Entretien du monument.....	9
4.2.9. Déconstruction du monument.....	9
4.2.10. Fin de vie du monument.....	9
5. ECONOMIE CIRCULAIRE.....	10
6. INTERPRÉTATIONS ET CONCLUSION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE.....	11
7. ANALYSE DE CYCLE DE VIE COMPARATIVE.....	12
8. CONCLUSION.....	14

ANNEXES

1. INTRODUCTION

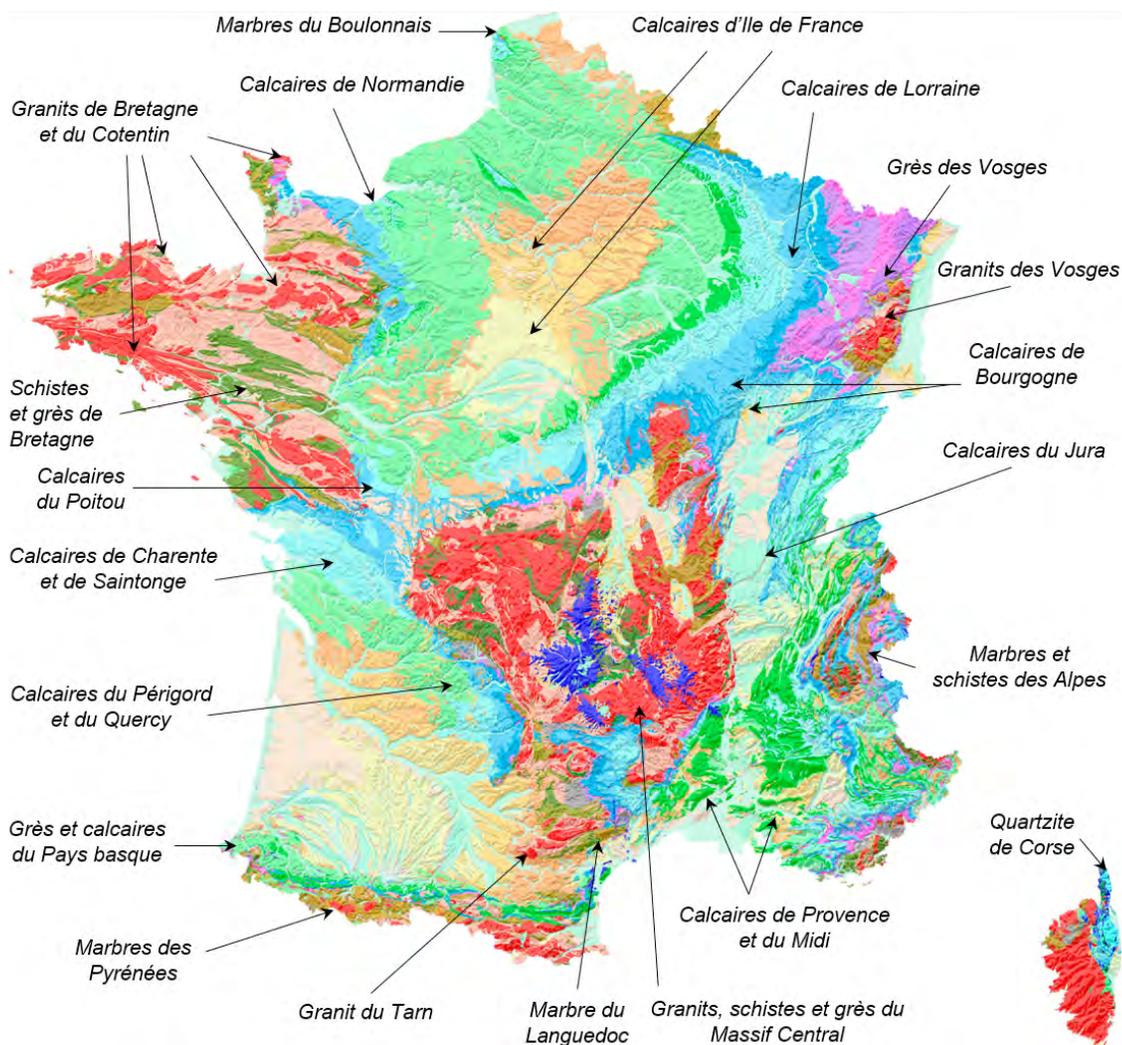
La France compte environ 500 carrières de pierres naturelles dont 70 de granit, matériau le plus souvent utilisé dans le domaine de l'art funéraire. D'autres pierres, comme les calcaires, les marbres et les grès peuvent aussi y trouver leur place. Cette richesse permet de disposer d'une palette de couleurs et d'aspects particulièrement variée.

Notre territoire dispose d'un important tissu d'entreprises spécialisées dans le domaine funéraire (fabrication et/ou pose).

L'Île-de-France, marché significatif, équidistante des trois principaux bassins (Bretagne, Tarn et Vosges) d'extraction du granit et de fabrication du monument, est choisie comme lieu de mise en œuvre.

Consciente des enjeux, la filière funéraire française est pleinement engagée dans une démarche environnementale. Ce guide a pour objet d'en illustrer les principales actions.

Les hypothèses retenues sont établies par la Commission en fonction des pratiques actuelles.



2. DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide vise à évaluer les impacts environnementaux des différentes étapes de cycle de vie d'un monument funéraire représentatif du marché (dimensions, forme, finition), en **granit français extrait et transformé en Bretagne, et mis en œuvre dans un cimetière situé en Île-de-France**.

3. TERMES ET DÉFINITIONS

ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV)

L'Analyse de Cycle de Vie est une méthode d'évaluation des impacts sur l'environnement de la réalisation d'un ouvrage et l'ensemble des activités associées lors de sa mise en œuvre, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement des rebuts.

Les démarches d'ACV sont couvertes par les normes ISO 14040 et 14044.

CO-PRODUIT

Tout matériau, produit ou combustible commercialisables issus du même process de production.

DÉCHET

Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon (code de l'environnement).

FICHE DE DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DE PRODUIT (FDES)

Une FDES est un document normalisé qui présente la synthèse des résultats d'une Analyse de Cycle de Vie. L'élaboration d'une FDES est couverte par les normes NF EN 115804+A1 et 15804/CN.

FILLER

Granulat dont la plupart des grains passe au tamis de 0,063 mm et qui peut être ajouté aux matériaux de construction pour leur conférer certaines propriétés.

INDICATION GÉOGRAPHIQUE

L'Indication Géographique est un signe officiel d'origine délivré par l'état et supervisé par l'INPI (Institut National de la Propriété Industrielle). Elle est utilisée pour désigner un produit qui porte le nom de son territoire d'origine et qui possède une qualité et une notoriété en lien avec ce territoire.

Elle apporte ainsi au consommateur une garantie sur l'origine géographique du produit, lui permettant d'acheter en toute connaissance de cause



et de se protéger contre l'utilisation abusive des dénominations géographiques.

En cas de contestation, il existe une méthode fiable d'identification de l'origine du matériau mise au point par le CTMNC : l'« ADN » de la pierre. Cette méthode scientifique objective et quantitative permettant de caractériser et de comparer des pierres de construction en réalisant plusieurs analyses (pétrographique, géochimique et magnétique) précédées d'une inspection visuelle.

UNITÉ FONCTIONNELLE (UF)

Les résultats d'une ACV sont rapportés à une Unité Fonctionnelle (UF).

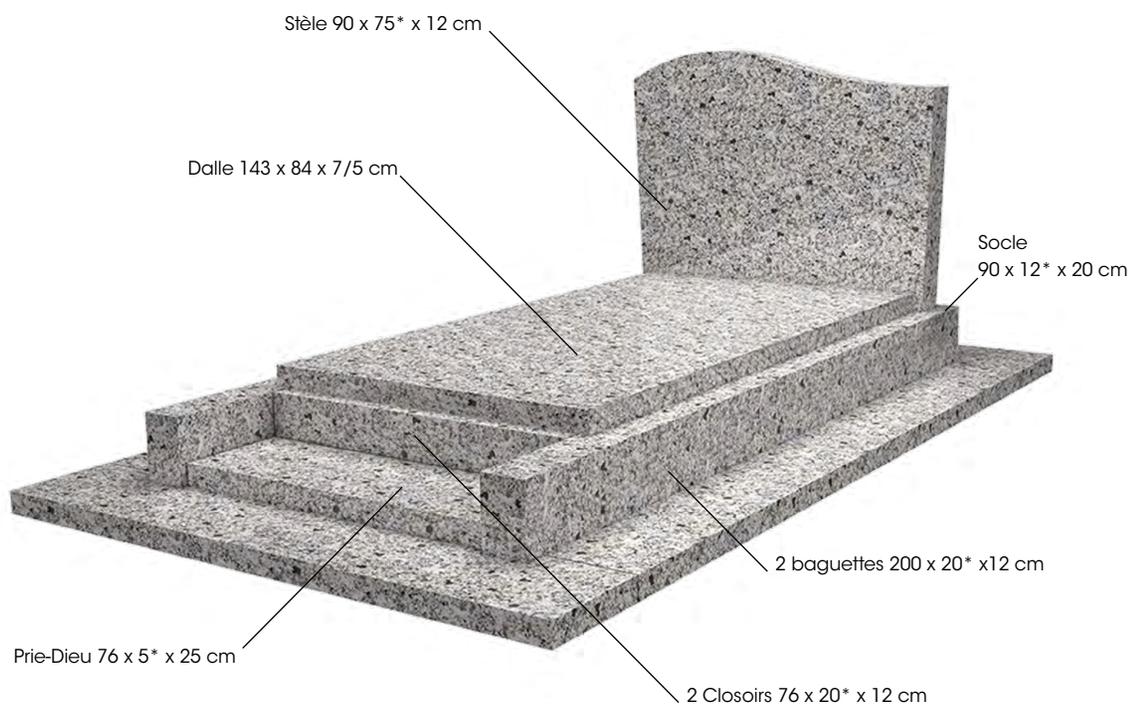
Celle-ci est définie au début de la démarche et précise les dimensions et la composition du produit inclus dans un ouvrage pour une durée déterminée.

4. L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE D'UN MONUMENT FUNÉRAIRE EN GRANIT FRANÇAIS

Le granit utilisé pour fabriquer le monument est extrait et transformé en Bretagne. Le produit fini est ensuite mis en œuvre dans un cimetière en Île-de-France. La Bretagne fait partie des trois grands bassins granitiers français, avec celui des Vosges et du Tarn. Les processus de fabrication en carrières et en ateliers sont identiques et font appel aux mêmes technologies. Les distances parcourues et les quantités de consommables utilisés peuvent légèrement varier mais l'impact environnemental d'un monument funéraire reste similaire quel que soit le bassin d'origine considéré.

4.1. L'UNITÉ FONCTIONNELLE

L'unité fonctionnelle est un monument funéraire en granit français en finition poli d'une surface au sol de 2 m² constitué de huit pièces, destiné à assurer la fonction de pierre tombale pour une durée de vie de 30 années.



* Hauteur

Crédit photo : La Générale du Granit

Pour la réalisation de l'ACV, une Durée de Vie de Référence de 30 ans est prise en compte, conformément à la norme NF EN 15804+A1 et son complément national. Cette valeur correspond davantage à la durée des concessions funéraires qu'à la durabilité du matériau, qui en pratique, peut-être réemployé plusieurs fois avant d'être recyclé (granulats, ouvrages funéraires de plus petites dimensions, etc.).

4.2. EVALUATION D'IMPACT

4.2.1 EXTRACTION DES BLOCS

En France, les carrières sont répertoriées comme installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et font, à ce titre, l'objet de mesures spécifiques appliquées dès le projet d'ouverture et jusqu'à la remise en état du site :

L'extraction des blocs en carrière se fait par différentes opérations :

- Foration ;
- Sciage au fil diamanté et/ou au disque ;
- Minage.



Ces opérations utilisent essentiellement de l'eau de récupération qui est ensuite recyclée.

La part de matière non utilisée pour la production destinée au funéraire est employée à d'autres usages : voirie, enrochements, gabions, granulats ...

L'extraction consomme différents types d'énergie : de l'électricité et/ou des combustibles fossiles. Une partie de cette énergie est dédiée à la protection des hommes et de l'environnement (traitement des poussières, arrosage des pistes ...).

4.2.2 TRANSPORT ET MANUTENTION

Les blocs extraits sont chargés à l'aide d'engins de levage fonctionnant au gasoil.

Ces blocs sont ensuite transportés par camion de la carrière à l'atelier de transformation où ils sont déchargés au moyen de chariots élévateurs ou de ponts roulants.

La majorité des monuments funéraires fabriqués en France et en granits français est produite dans des ateliers situés à moins de 10 km des carrières (Bretagne, Tarn, Vosges). Certains ateliers sont plus éloignés, on retient donc une distance moyenne de 30 km.



4.2.3 FABRICATION DU MONUMENT *FINITION POLI SANS ORNEMENTATION*

Le processus de fabrication du monument nécessite les opérations suivantes : équarrissage, sciage primaire, petit débit, façonnage, polissage.

Celles-ci sont détaillées dans le guide d'élaboration d'un monument funéraire :

> <https://bit.ly/2OnmBt2>

Elles nécessitent de l'électricité, de l'eau et des consommables (huiles et graisses, outils diamantés, meules).

Elles génèrent des co-produits, des sous-produits et des déchets :

- Les chutes de sciage peuvent être concassées en granulats.
- Les eaux de sciage sont récupérées et peuvent être utilisées en circuit fermé.
- Les boues de sciage sont décantées, filtrées pressées.

Elles sont inertes et peuvent être destinées au comblement et à la réhabilitation des carrières ou utilisées en fillers dans les bétons ou enrobés bitumineux (étude CTMNC).

4.2.4 PALETTISATION

Pour faciliter le transport, les pièces du monument sont palettisées et cerclées.



4.2.5 TRANSPORT ET MANUTENTION DU MONUMENT

Le monument est livré chez le marbrier funéraire qui en assure la pose.

Note : la distance du lieu de production jusqu'à Paris retenue est de 330 km.

4.2.6 TRANSPORT ET MANUTENTION DU MONUMENT AU CIMETIÈRE

On considère la vingtaine de cimetières parisiens (intramuros et extramuros). Une distance de 10 km est prise en compte.

4.2.7 MISE EN ŒUVRE

Le terrassement, la sous-semelle et l'assise en béton ne sont pas pris en compte. Du mortier est utilisé pour assembler le monument (environ 80 litres). Le camion grue fonctionne durant une heure et consomme environ du 10L/h de gazole selon les professionnels.

Les opérations de pose sont décrites dans le guide « règles professionnelles de mise en œuvre » :
> <https://bit.ly/3sG1EII>

4.2.8 ENTRETIEN DU MONUMENT

Un nettoyage à l'eau claire est réalisé une fois par an. Une consommation moyenne de 20 litres d'eau est prise en compte.

Les opérations de nettoyage sont décrites dans le guide « Entretien du monument funéraire » :
> <https://bit.ly/2YAum0S>

4.2.9 DÉCONSTRUCTION DU MONUMENT

Toutes les situations existent, la commission professionnelle, à l'origine de ce guide, a retenu une durée de 30 ans avant la déconstruction.

Compte tenu de la durabilité du matériau, les éléments du monument déposé sont réemployés pour une seconde vie.

4.2.10 FIN DE VIE DU MONUMENT

Les différents constituants du monument déconstruit sont triés, l'acier est recyclé, les plastiques sont incinérés, le mortier et 27% de la pierre sont enfouis. Une part de la pierre est réemployée après reconditionnement (30%). Une autre part est recyclée sous forme de granulats (24.5%) et le reste est utilisé pour le réaménagement obligatoire des carrières (18.5%). Ces hypothèses sont le fruit d'un consensus de professionnels du domaine, représentatives des pratiques courantes, étayées par les statistiques de gestion des déchets du domaine du BTP (d'après des données Eurostat de la commission Européenne et du Datalab du gouvernement Français).

5. ECONOMIE CIRCULAIRE

Les monuments funéraires en pierre naturelle respectent tous les préceptes de l'économie circulaire :

- **L'écoconception** pour minimiser les impacts environnementaux dès l'élaboration d'un produit.
- **L'écologie industrielle**, organisation qui optimise l'usage ressources (matière et énergie).
- **L'économie de fonctionnalité** privilégie l'usage à la possession, comme par exemple, le columbarium.
- **Le réemploi** : lors d'une reprise de concession, le monument peut être remis en œuvre sur une nouvelle concession.
- **La réparation** : les ouvrages peuvent retrouver une deuxième vie par le biais d'une remise en état par un professionnel qualifié.
- **La réutilisation** : les éléments de monuments démontés peuvent trouver de nouveaux usages funéraires ou autres.
- **Le recyclage** : la pierre du monument est, par exemple, transformée en granulats.



Chapelle transformée en columbarium (Crédit photo : Philippe GUERIN)

6. INTERPRÉTATIONS ET CONCLUSION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

L'analyse est réalisée selon la NF EN 15804+A1 (avril 2014) et les différentes étapes du cycle de vie sont séparés en modules, de A1 à C4 (+D), comme représentés dans le schéma suivant. C'est une ACV dite « du berceau à la tombe » car elle prend en compte toutes les étapes du cycle de vie.

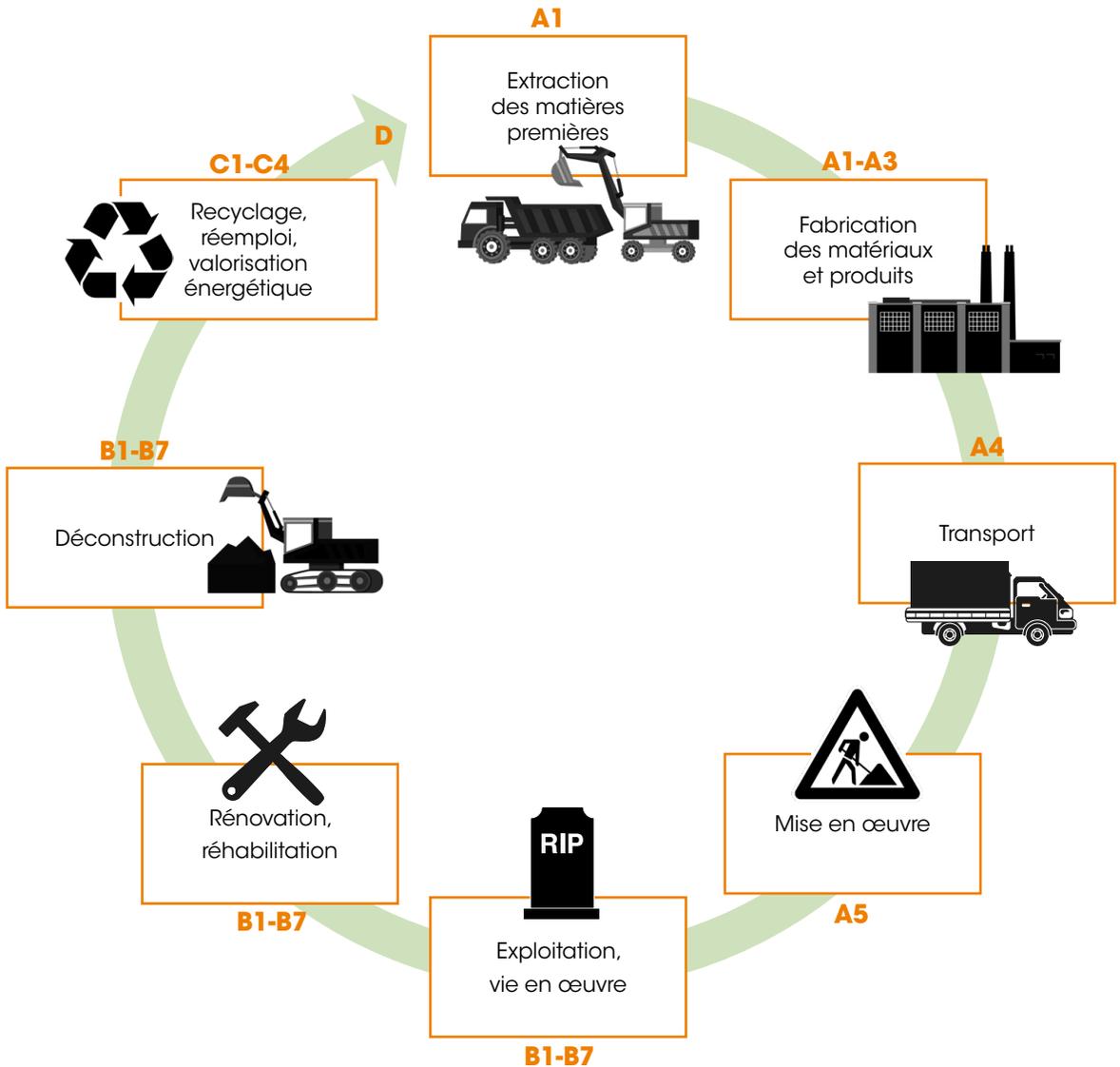


Schéma de l'ACV avec modules

Les données de flux de matière et d'énergie entrants et sortants du système sont collectées lors de la phase d'inventaire du cycle de vie (enquête auprès des sachants, producteurs, poseurs, ...). Ces flux sont reliés à des impacts, sur l'environnement, sur l'utilisation des ressources et sur la production de déchets, pour chaque étape du cycle de vie.

- Les modules de A1 à A3 représentent la production du matériau, de l'extraction des matières premières à l'emballage du produit fini.
- Les modules A4 et A5 comprennent le transport du produit fini sur site et sa mise en œuvre.
- Les modules B1 à B7 concernent l'utilisation et l'entretien du produit. Dans notre cas, seul le module B2 de maintenance (nettoyage du monument) est concerné.
- Les modules C1 à C4 sont dédiés à la déconstruction et au traitement des déchets (fin de vie du produit).
- Le module D est en dehors du cycle de vie mais permet de prendre en compte les bénéfices et les charges sur l'environnement du produit. Par exemple, un produit réemployé bénéficiera à l'environnement en évitant d'extraire et de transformer une ressource naturelle « neuve », mais également des charges dues au transport et à d'éventuelles rectifications nécessaires à son nouvel usage.

La synthèse des résultats extraits de la FDES monument funéraire en granit français, cas d'un granit extrait et transformé dans le bassin breton, est présentée dans l'Annexe 1.

7. ANALYSE DE CYCLE DE VIE COMPARATIVE

Parallèlement à l'étude initiale (Cas 1 : solution locale) qui traite d'un monument funéraire en granit extrait et transformé en Bretagne puis installé en Île-de-France, deux études complémentaires ont été réalisées afin de comparer les impacts environnementaux avec des monuments funéraires importés.

La seconde étude concerne donc un monument réalisé en granit français, extrait en France, transformé en Chine puis installé dans un cimetière localisé en Île-de-France (Cas 2).

La troisième étude traite d'un monument en granit extrait et transformé en Chine puis installé dans un cimetière situé en Île-de-France (Cas 3).

Nom de l'étude	Lieu d'extraction	Lieu de transformation	Cimetière de destination
CAS 1	 (1)	 (1)	 (2)
CAS 2	 (3)		 (2)
CAS 3			 (2)

(1) Issu du bassin breton

(2) En Île-de-France

(3) Extrait et transformé en France

Nous avons considéré que les flux entrants et sortants sont les mêmes que le granit soit extrait et transformé en France ou en Chine (hypothèse simplificatrice permettant de ne pas favoriser ou défavoriser une des études sans preuves). Cependant, les distances de transport et les mix énergétiques varient d'une étude à l'autre.

HYPOTHÈSES SUR LES DISTANCES DE TRANSPORT TOTALES :

Nom de l'étude	Extraction > Transformation > Cimetière
CAS 1	 360 km
CAS 2	 760 km +  35 000 km
CAS 3	 320 km +  17 900 km

HYPOTHÈSES ÉNERGÉTIQUES :

Ces chiffres sont basés sur les données Ecoinvent 3.4 de 2018 (market for, cut-off, U) d'électricité moyenne tension pour la France {FR} et la Chine {CN}.

Catégorie d'impact :	Electricité  (1kWh)	Electricité  (1kWh)
Réchauffement climatique (kg CO2 eq/UF)	4,50E-02	1,12E+00
Appauvrissement de la couche d'ozone (kg CFC 11 eq/UF)	9,08E-08	6,01E-09
Acidification des sols et de l'eau (kg SO2 eq/UF)	2,03E-04	1,08E-02
Eutrophisation (kg (PO4)3- eq/UF)	2,40E-05	5,17E-04
Formation d'ozone photochimique (kg C2H4 eq/UF)	1,27E-05	5,15E-04
Épuisement des ressources abiotiques – Eléments (kg Sb eq/UF)	4,96E-08	5,21E-09
Épuisement des ressources abiotiques – Fossiles (MJ/UF)	5,20E-01	8,79E+00
Pollution de l'eau (m³/UF)	8,94E-03	5,82E-02
Pollution de l'air (m³/UF)	2,62E+00	9,11E+01
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) (MJ/UF)	6,66E-01	8,24E-01
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) MJ/UF	1,23E+01	9,17E+00
Utilisation nette d'eau douce m³/UF	3,29E-03	4,91E-03
Déchets dangereux éliminés kg/UF	3,78E-04	5,93E-02
Déchets non dangereux éliminés kg/UF	1,96E-02	1,12E+00
Déchets radioactifs éliminés kg/UF	1,68E-04	6,10E-06

		
 Energies fossiles (charbon, gaz, pétrole)	8%	70%
 Nucléaire	71%	4%
 Energies renouvelables (solaire, éolien, etc)	21%	26%

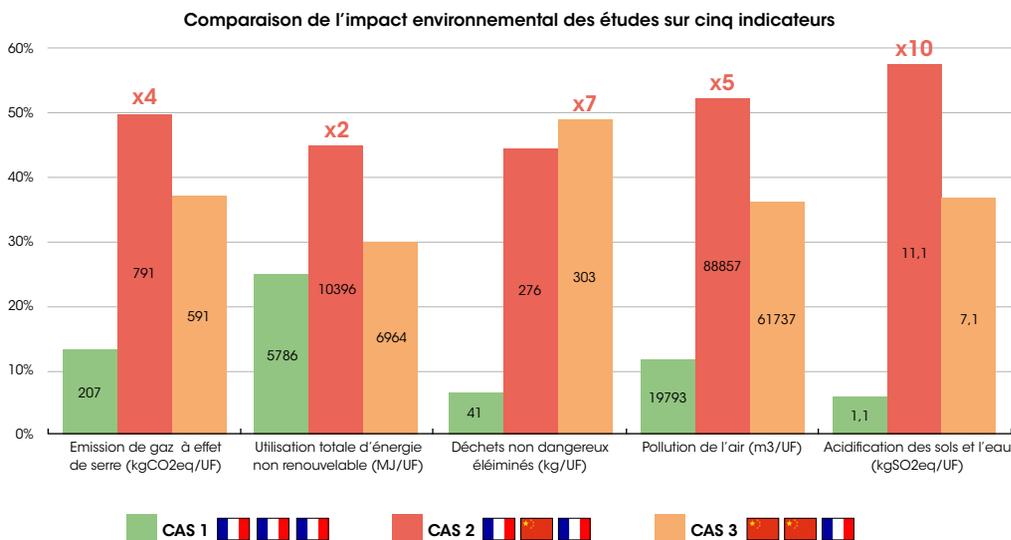
Les différences d'impacts environnementaux liés à la consommation d'électricité sont notamment dû aux mix énergétiques respectifs des deux pays

Source : Agence Internationale de l'Énergie pour l'année 2018

RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE COMPARATIVE :

Les graphiques ci-dessous illustrent la comparaison de l'impact environnemental des trois études sur cinq indicateurs particulièrement significatifs :

- Le premier indicateur de réchauffement climatique, ou d'émission de gaz à effet de serre est exprimé en kilogrammes de CO₂ équivalent pour une unité fonctionnelle « UF » (par monument).
- Le deuxième correspond à l'utilisation totale d'énergie primaire non renouvelable en mégajoule par monument (1 MJ = 0.278 kWh).
- Le troisième représente la quantité de déchets éliminés en kilogrammes par monument. Les déchets dangereux et radioactifs sont séparés dans deux autres indicateurs.
- Le quatrième exprime la quantité d'air polluée en mètres cubes par monument.
- Le cinquième indicateur correspond à l'acidification des sols et de l'eau, exprimé en kilogrammes de dioxyde de soufre équivalent par monument.



Les résultats détaillés des analyses de cycle de vie sont présentés en Annexe 2 pour le cas 2 et en Annexe 3 pour le cas 3.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS :

Sans surprise, le granit extrait et transformé en Bretagne puis installé en Île-de-France (Cas 1) est bien moins impactant que les deux autres cas étudiés. En effet, son impact environnemental (sur 20 indicateurs) est en moyenne 3 fois moins élevé.

Dans le cas du granit extrait en France, transformé en Chine et installé en France (Cas 2), la distance parcourue par le monument avoisine le tour du monde et les impacts environnementaux en témoignent : c'est le cas le plus défavorable pour la majorité des indicateurs.

Le granit chinois, transformé en Chine puis importé en France (Cas 3) parcourt une distance moitié moins importante que dans le cas précédent, mais l'opération d'extraction est réalisée en Chine, générant un impact environnemental plus lourd qu'en France. C'est le cas intermédiaire, avec des impacts environnementaux tout de même 2,5 fois supérieurs à la solution locale.

Cela s'explique notamment par la différence de mix énergétiques entre les deux pays. La France a, par rapport à la Chine, la particularité d'avoir une électricité largement basée sur l'énergie nucléaire, considérée plus « propre » que l'électricité produite par la combustion de ressources fossiles qui émet davantage de dioxyde de carbone atmosphérique.

Ce guide, le 7^{ème} de la série, élaboré par la Commission funéraire du Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC).

Rédaction

Mélanie DENECKER (CTMNC)

Philippe DUPUIS (ESPACE PIERRE)

Laurent FLEURETTE (GRANITERIE PETITJEAN)

Claude GARGI (FUNERAIRE MAGAZINE)

Philippe GUERIN (UNA MC CAPEB)

Michel MARCHETTI (CPFM)

Gilles MARTINET (SNROC)

Didier PALLIX (CTMNC)

Tristan PESTRE (CTMNC)

François ROTH (UNA Métiers de la pierre CAPEB)

Shahinaz SAYAGH

Christian SCHIEBER (UNA Métiers de la pierre CAPEB)

Jean-Claude THEBAULT (SOTHEROC)

Jean-Jacques VIARDOT (MARBRERIE FUNERAIRE VIARDOT)

Charles WENNBERG (LA GENERALE DU GRANIT)

Conception graphique

Laurent FARGES - laurentfarges.com

Contributeurs iconographiques

Carrière B.G.P., Carrières Plo, CTMNC, Funéraire Magazine, Graniterie Petitjean, La Générale du Granit, Serge Moret, SETP, SOCAL, Sotheroc.

Édition Mars 2021

Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction

17 rue Letellier, 75015 PARIS

ANNEXE 1

Synthèse des résultats, extrait de la FDES monument funéraire en granit français (cas d'un granit extrait et transformé dans le bassin breton) :

Catégorie d'impact / Cas 1	Total A-D	Total A-C	A1-A3 Production	A4-A5 Mise en œuvre	B1-B7 Utilisation	C1-C4 Fin de vie	D. Bénéfices charges au-delà du système
Réchauffement climatique kg CO2 eq/UF	1,94E+02	2,07E+02	9,01E+01	8,08E+01	1,48E-01	3,61E+01	-1,31E+01
Appauvrissement de la couche d'ozone kg CFC 11 eq/UF	4,37E-05	5,41E-05	3,15E-05	1,48E-05	1,63E-08	7,85E-06	-1,03E-05
Acidification des sols et de l'eau kg SO2 eq/UF	9,85E-01	1,08E+00	4,90E-01	3,51E-01	8,10E-04	2,33E-01	-8,96E-02
Eutrophisation kg (PO4)3- eq/UF	1,77E-01	1,94E-01	7,95E-02	6,40E-02	9,97E-05	5,08E-02	-1,76E-02
Formation d'ozone photochimique kg C2H4 eq/UF	1,40E-01	1,51E-01	6,59E-02	5,07E-02	4,46E-05	3,47E-02	-1,13E-02
Épuisement des ressources abiotiques - éléments kg Sb eq/UF	2,89E-04	3,07E-04	1,84E-04	1,22E-04	2,68E-07	5,87E-07	-1,83E-05
Épuisement des ressources abiotiques - combustibles fossiles MJ/UF	2,71E+03	2,89E+03	1,20E+03	1,12E+03	1,64E+00	5,75E+02	-1,79E+02
Pollution de l'eau m3/UF	5,90E+01	6,25E+01	2,88E+01	2,22E+01	3,90E-02	1,14E+01	-3,52E+00
Pollution de l'air m3/UF	1,87E+04	1,98E+04	9,33E+03	7,62E+03	1,08E+01	2,83E+03	-1,12E+03
Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	5,10E+02	5,75E+02	5,53E+02	2,11E+01	4,22E-01	5,88E-01	-6,49E+01
Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables MJ/UF	5,10E+02	5,75E+02	5,53E+02	2,11E+01	4,22E-01	5,88E-01	-6,49E+01
Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	4,48E+03	5,78E+03	4,05E+03	1,13E+03	2,88E+00	5,96E+02	-1,30E+03
Utilisation des ressources d'énergie non primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	3,00E+00	3,00E+00	4,84E-03	2,99E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables MJ/UF	4,48E+03	5,79E+03	4,05E+03	1,13E+03	2,88E+00	5,96E+02	-1,30E+03
Utilisation de matières secondaires kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation nette d'eau douce m3/UF	2,70E+00	3,40E+00	2,43E+00	3,72E-01	6,03E-01	1,27E-03	-7,01E-01
Déchets dangereux éliminés kg/UF	1,22E+01	1,26E+01	8,04E+00	4,60E+00	4,49E-03	-4,70E-02	-4,22E-01
Déchets non dangereux éliminés kg/UF	3,65E+01	4,07E+01	3,52E+01	7,54E+00	5,17E-02	-2,02E+00	-4,26E+00
Déchets radioactifs éliminés kg/UF	4,00E-02	5,69E-02	4,50E-02	7,61E-03	1,89E-05	4,25E-03	-1,70E-02
Composants destinés à la réutilisation kg/UF	2,58E+02	2,58E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,58E+02	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

ANNEXE 2

Synthèse des résultats de l'analyse de cycle de vie pour le cas 2 : monument funéraire en granit français, extrait dans le bassin breton, transformé en Chine et installé en Île-de-France) :

Catégorie d'impact / Cas 2	Total A-D	Total A-C	A1-A3 Production	A4-A5 Mise en œuvre	B1-B7 Utilisation	C1-C4 Fin de vie	D. Bénéfices charges au-delà du système
Réchauffement climatique kg CO2 eq/UF	6,43E+02	7,91E+02	5,41E+02	2,15E+02	1,48E-01	3,61E+01	-1,48E+02
Appauvrissement de la couche d'ozone kg CFC 11 eq/UF	8,62E-05	1,04E-04	5,62E-05	3,98E-05	1,63E-08	7,85E-06	-1,78E-05
Acidification des sols et de l'eau kg SO2 eq/UF	9,02E+00	1,11E+01	7,00E+00	3,83E+00	8,10E-04	2,33E-01	-2,04E+00
Eutrophisation kg (PO4)3- eq/UF	8,02E-01	9,60E-01	5,51E-01	3,59E-01	9,97E-05	5,08E-02	-1,59E-01
Formation d'ozone photochimique kg C2H4 eq/UF	6,26E-01	7,52E-01	4,49E-01	2,69E-01	4,46E-05	3,47E-02	-1,26E-01
Épuisement des ressources abiotiques - éléments kg Sb eq/UF	2,83E-04	2,99E-04	1,76E-04	1,23E-04	2,68E-07	5,87E-07	-1,57E-05
Épuisement des ressources abiotiques - combustibles fossiles MJ/UF	8,18E+03	9,86E+03	6,22E+03	3,07E+03	1,64E+00	5,75E+02	-1,68E+03
Pollution de l'eau m3/UF	1,50E+02	1,76E+02	1,04E+02	6,03E+01	3,90E-02	1,14E+01	-2,62E+01
Pollution de l'air m3/UF	7,34E+04	8,89E+04	5,72E+04	2,89E+04	1,08E+01	2,83E+03	-1,55E+04
Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	5,42E+02	6,19E+02	5,93E+02	2,47E+01	4,22E-01	5,88E-01	-7,70E+01
Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables MJ/UF	5,42E+02	6,19E+02	5,93E+02	2,47E+01	4,22E-01	5,88E-01	-7,70E+01
Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	8,30E+03	1,04E+04	6,71E+03	3,08E+03	2,88E+00	5,96E+02	-2,10E+03
Utilisation des ressources d'énergie non primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	3,00E+00	3,00E+00	4,84E-03	2,99E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables MJ/UF	8,30E+03	1,04E+04	6,71E+03	3,09E+03	2,88E+00	5,96E+02	-2,10E+03
Utilisation de matières secondaires kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation nette d'eau douce m3/UF	3,37E+00	4,28E+00	3,10E+00	5,69E-01	6,03E-01	1,27E-03	-9,03E-01
Déchets dangereux éliminés kg/UF	2,10E+01	2,51E+01	2,05E+01	4,69E+00	4,49E-03	-4,70E-02	-4,15E+00
Déchets non dangereux éliminés kg/UF	2,02E+02	2,76E+02	2,68E+02	9,38E+00	5,17E-02	-2,02E+00	-7,42E+01
Déchets radioactifs éliminés kg/UF	4,71E-02	6,11E-02	3,51E-02	2,17E-02	1,89E-05	4,25E-03	-1,40E-02
Composants destinés à la réutilisation kg/UF	2,58E+02	2,58E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,58E+02	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

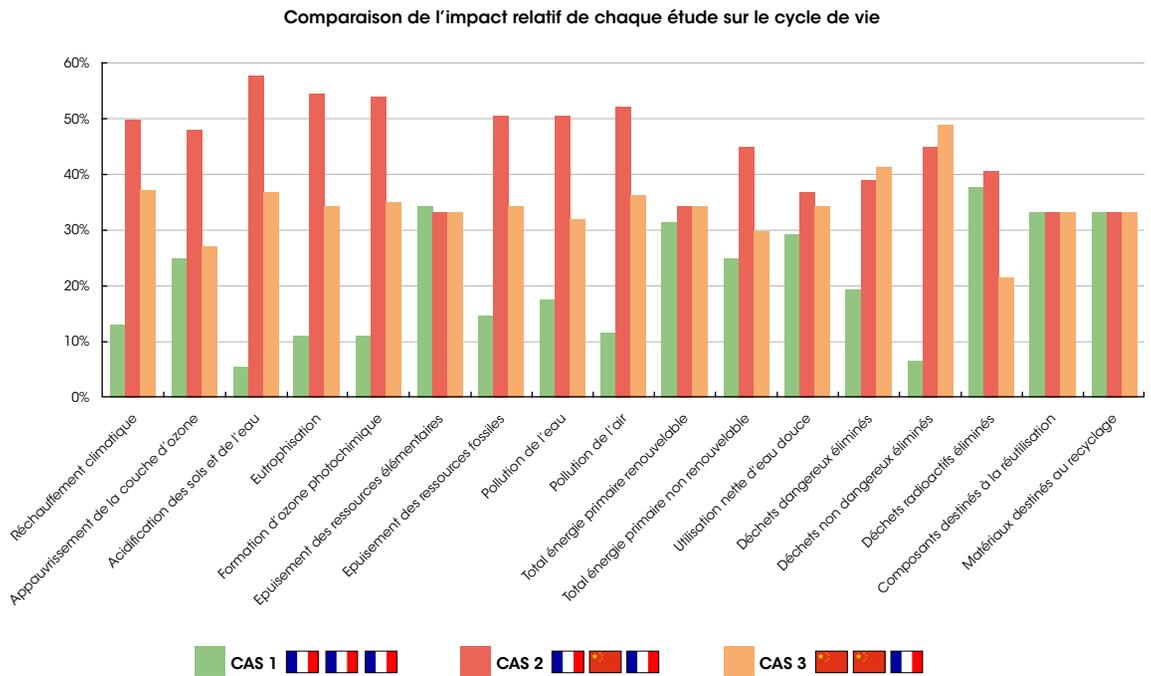
ANNEXE 3

Synthèse des résultats de l'analyse de cycle de vie pour le cas 3 : monument funéraire en granit, extrait et transformé en Chine, et installé en Île-de-France :

Catégorie d'impact / Cas 3	Total A-D	Total A-C	A1-A3 Production	A4-A5 Mise en œuvre	B1-B7 Utilisation	C1-C4 Fin de vie	D. Bénéfices charges au-delà du système
Réchauffement climatique kg CO2 eq/UF	5,03E+02	5,91E+02	3,40E+02	2,15E+02	1,48E-01	3,61E+01	-8,81E+01
Appauvrissement de la couche d'ozone kg CFC 11 eq/UF	5,45E-05	5,86E-05	1,09E-05	3,98E-05	1,63E-08	7,85E-06	-4,17E-06
Acidification des sols et de l'eau kg SO2 eq/UF	6,21E+00	7,05E+00	2,99E+00	3,83E+00	8,10E-04	2,33E-01	-8,40E-01
Eutrophisation kg (PO4)3- eq/UF	5,53E-01	6,05E-01	1,95E-01	3,59E-01	9,97E-05	5,08E-02	-5,24E-02
Formation d'ozone photochimique kg C2H4 eq/UF	4,41E-01	4,87E-01	1,84E-01	2,69E-01	4,46E-05	3,47E-02	-4,67E-02
Épuisement des ressources abiotiques - éléments kg Sb eq/UF	2,82E-04	2,97E-04	1,74E-04	1,23E-04	2,68E-07	5,87E-07	-1,52E-05
Épuisement des ressources abiotiques - combustibles fossiles MJ/UF	6,00E+03	6,75E+03	3,11E+03	3,07E+03	1,64E+00	5,75E+02	-7,53E+02
Pollution de l'eau m3/UF	1,05E+02	1,11E+02	3,95E+01	6,03E+01	3,90E-02	1,14E+01	-6,75E+00
Pollution de l'air m3/UF	5,44E+04	6,17E+04	3,00E+04	2,89E+04	1,08E+01	2,83E+03	-7,33E+03
Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	5,40E+02	6,16E+02	5,90E+02	2,47E+01	4,22E-01	5,88E-01	-7,62E+01
Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables MJ/UF	5,40E+02	6,16E+02	5,90E+02	2,47E+01	4,22E-01	5,88E-01	-7,62E+01
Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, exclu. matières premières MJ/UF	5,89E+03	6,97E+03	3,28E+03	3,08E+03	2,88E+00	5,96E+02	-1,07E+03
Utilisation des ressources d'énergie non primaire renouvelables, en tant que matières premières MJ/UF	3,00E+00	3,00E+00	4,84E-03	2,99E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables MJ/UF	5,89E+03	6,96E+03	3,28E+03	3,09E+03	2,88E+00	5,96E+02	-1,07E+03
Utilisation de matières secondaires kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation nette d'eau douce m3/UF	3,16E+00	3,98E+00	2,81E+00	5,69E-01	6,03E-01	1,27E-03	-8,15E-01
Déchets dangereux éliminés kg/UF	2,20E+01	2,66E+01	2,19E+01	4,69E+00	4,49E-03	-4,70E-02	-4,59E+00
Déchets non dangereux éliminés kg/UF	2,21E+02	3,03E+02	2,96E+02	9,38E+00	5,17E-02	-2,02E+00	-8,25E+01
Déchets radioactifs éliminés kg/UF	2,71E-02	3,25E-02	6,57E-03	2,17E-02	1,89E-05	4,25E-03	-5,41E-03
Composants destinés à la réutilisation kg/UF	2,58E+02	2,58E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,58E+02	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage kg/UF	2,12E+02	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00
Matériaux destinés à la récupération d'énergie kg/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - électricité MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - vapeur MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur - gaz MJ/UF	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

ANNEXE 4

Synthèse des résultats de l'impact relatif des 3 cas étudiés pour 17 indicateurs environnementaux :



LES GUIDES DÉJÀ PARUS



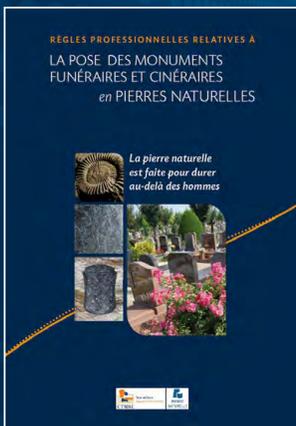
GUIDE D'ÉLABORATION
DES MONUMENTS FUNÉRAIRES



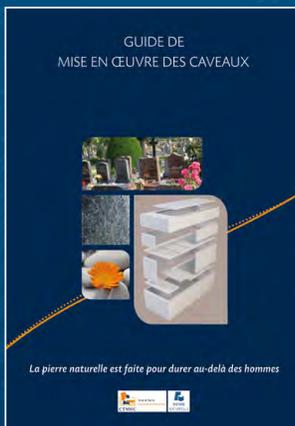
VOTRE SITE CINÉRAIRE
EN PIERRE NATURELLE



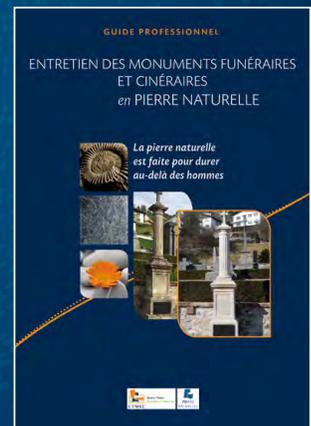
COMPOSITION
D'UN MONUMENT FUNÉRAIRE



RÈGLES PROFESSIONNELLES
RELATIVES À LA POSE DES MONUMENTS
FUNÉRAIRES ET CINÉRAIRES
EN PIERRES NATURELLES



GUIDE DE MISE EN ŒUVRE
DES CAVEAUX



ENTRETIEN DES MONUMENTS
FUNÉRAIRES ET CINÉRAIRES
EN PIERRE NATURELLE

TÉLÉCHARGEZ-LES SUR
WWW.CTMNC.FR