

Bordereau d'envoi

Dossier 2014-093 (affaires 130200199)	
Acceptabilité des technosables en technique routière – Evaluation environnementale et étude des risques écotoxicologiques	
Désignation des pièces	Nombre
Rapport	1 ex

Destinataires

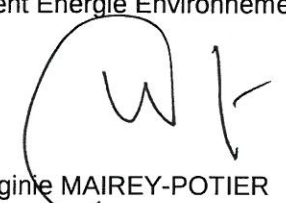
Monsieur Nies Boussiouf
Cerema – Dtech ITM/CSEP/DENV
110 rue de Paris
77171 Sourdun

Groupe Eau et Sol (1 ex)
Archives Département (1 ex)
Médiathèque - support informatique (1 ex)

Copie : Chef de Département ☐
 Direction ☐
 Groupe Eaux et Sols ☒
 Archives ☒
 Médiathèque ☒

Lille, le 17 avril 2014

La Responsable du Département par intérim
Bâtiment Énergie Environnement


Virginie MAIREY-POTIER

2014-093 (Affaire 130200199)
Acceptabilité des technosables en
technique routière – Evaluation
environnementale et étude des
risques écotoxicologiques



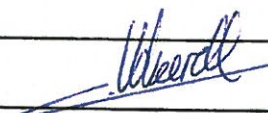
Étude réalisée à la demande du Cerema Dtec ITM – M. Boussiouf Nies

Ont participé à l'étude Eric Dron

Rapport rédigé par Anne-Claire de Rouck le 11/04/14



Rapport vérifié et validé par Céline Hébrard le 11/04/14



Direction Territoriale Nord-Picardie

Département Bâtiment Energie Environnement

Site de Lille
2, rue de Bruxelles
CS 20275
59019 Lille CEDEX
Tél 03 20 49 60 00
Fax 03 20 53 15 25

Site de Sequedin
42 bis, rue Marais
Sequedin – BP 10099
59482 Haubourdin CEDEX
Tél 03 20 48 49 49
Fax 03 20 50 55 09

Site de Saint-Quentin
151, rue de Paris
02100 Saint-Quentin
Tél 03 23 06 18 00
Fax 03 23 64 11 22

Mél : DterNP@cerema.fr – Internet : www.cerema.fr

TABLE DES MATIÈRES

ACCEPTABILITÉ DES TECHNOSABLES® EN TECHNIQUE ROUTIÈRE.....	3
ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE.....	3
Description du déchet et de son gisement.....	3
Sources, origines géographiques et importance du gisement.....	3
Classification du déchet.....	4
Destination actuelle du déchet.....	4
Description du matériau alternatif, du matériau routier et du l'usage routier envisagé.....	5
Technosables®.....	5
Élaboration du matériau alternatif.....	5
Classification du matériau alternatif.....	6
Composition chimique et minéralogique du matériau alternatif.....	6
Matériau routier.....	8
Caractérisation de l'acceptabilité environnementale du matériau alternatif et du matériau routier	9
Constitution des échantillons.....	9
Caractérisation de niveau 1.....	10
Caractérisation de niveau 2.....	11
ÉTUDE DES RISQUES ÉCOTOXICOLOGIQUES LIÉS À L'UTILISATION DES TECHNOSABLES® EN TECHNIQUE ROUTIÈRE.....	12
Caractérisation écotoxicologique du matériau routier.....	12
Plots expérimentaux.....	13
Approche Évaluation des Risques Écotoxicologiques.....	13
Phase 1.....	15
Scénarios et plan d'analyse.....	15
Conclusions.....	15
Phase 2.....	16
Chantier expérimental et plan d'analyse.....	16
Conclusions.....	16
BILAN DES PRÉCONISATIONS POUR LA VALORISATION DES TECHNOSABLES®.....	19

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Performances épuratoires de la station de Mardeuil.....	4
Illustration 2 : Mode de fonctionnement du procédé ATHOS®.....	6
Illustration 3 : Courbe Proctorrhée/IPI du matériau routier.....	9
Illustration 4 : Points et profondeurs de prélèvements des Technosables®.....	10
Illustration 5 : Schéma d'un plot expérimental.....	13
Illustration 6 : Situation et photographie du site expérimental.....	13
Illustration 7 : Travaux de réalisation des plots.....	14
Illustration 8 : Schéma de la méthode d'Évaluation des Risques Écotoxicologiques.....	14
Illustration 9 : Batterie de bioessais en phase 1.....	15
Illustration 10: Positionnement et coupe des tranchées expérimentales.....	17

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats de la campagne de caractérisation du matériau alternatif.....	7
Tableau 2 : Résultats des essais géotechniques sur le matériau routier.....	8
Tableau 3 : Caractérisation niveau 1 – Analyses sur brut.....	11
Tableau 4 : Caractérisation niveau 1 – Analyses sur éluat.....	11
Tableau 5 : Caractérisation niveau 2 – Analyses sur émission cumulative.....	12
Tableau 6 : Valeurs seuils pour les eaux de surface et souterraines.....	18
Tableau 7 : Batterie de bioessais en phase 2.....	18
Tableau 8 : Préconisations relatives au choix du site et au contrôle de la mise en œuvre avant, pendant et après le chantier.....	21

ACCEPTABILITÉ DES TECHNOSABLES[®] EN TECHNIQUE ROUTIÈRE

La Communauté de Communes Épernay Pays de Champagne (CCEPC) dispose d'un gisement de matériau appelé « Technosable », issu de la filière de gestion des boues de sa station d'épuration, pour lequel elle recherche des filières de valorisation. Étant par ailleurs maître d'ouvrage de travaux sur voiries et réseaux divers, elle envisage d'utiliser ces Technosables[®] sur ses chantiers.

Afin d'étudier cette possibilité, une convention de recherche avec la DTer Nord-Picardie du Cerema a été mise en place. L'objectif était de définir, au regard d'exigences techniques et environnementales, des solutions de valorisation des Technosables[®] en travaux publics, et de fournir au maître d'ouvrage les données et outils lui permettant d'effectuer des choix de conception et d'entretien de ses infrastructures adaptés aux enjeux locaux. Cette étude est annexée au présent rapport (rapport 2014-091 confidentiel à ne pas diffuser).

Les conclusions de cette étude sont reprises dans ce rapport afin de compléter les connaissances sur le matériau Technosables[®] dans le cadre de la démarche d'évaluation environnementale préconisée par le guide « Acceptabilité des Matériaux en Technique Routière » (GAMATR).

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Le GAMATR a servi de trame à l'évaluation environnementale des Technosables[®] (matériau alternatif) et du matériau routier étudiés sur le territoire de la CCEPC.

DESCRIPTION DU DÉCHET ET DE SON GISEMENT

Sources, origines géographiques et importance du gisement

La station d'épuration de la CCEPC est implantée à Mardeuil (51). Elle est alimentée en effluent à environ 50 % par 203930 ml de réseau de collecte unitaire. Elle permet de traiter les effluents de 12 communes, représentant une population d'environ 40 000 habitants. La station de Mardeuil traite aussi les effluents issus des activités industrielles et vinicoles de ces communes.

Il s'agit d'une station d'une capacité de 77000 EH en période non vinicole et 150000 en période vinicole.

Les caractéristiques de traitement de la station sont décrites dans l’Illustration 1 :

✓ Sur échantillon moyen 24 h

Paramètres	Concentration maximale mg/l	(ou) Rendement %
MES	30	95
DBO ₅	25	95
DCO	125	90
NTK	10	85
NGL	15	80
Pt	1	80

✓ En moyenne annuelle

Paramètres	Concentration maximale mg/l	(ou) Rendement %
NTK	8	90
NGL	10	85
PT	1	85

Illustration 1 : Performances épuratoires de la station de Mardeuil

Classification du déchet

Les boues de la station de Mardeuil correspondent au code 19 08 05 (Boues provenant du traitement des eaux usées urbaines) selon la liste des déchets figurant à l’annexe II de l’article R.541-8 du code de l’environnement. Il s’agit d’une classe de déchets non dangereux.

Destination actuelle du déchet

En France, la production de boues issues du traitement des eaux s'est établie à environ 1.120.000 tonnes de matières sèches en 2007 dont plus de 70 % ont été valorisées en agriculture. Les autres voies d'élimination sont l'incinération et la mise en centre d'enfouissement technique (décharge d'ordures). En raison de la nature des activités agricoles aux alentours de la station (culture des vignes pour la fabrication du champagne), l'épandage des boues n'est pas envisageable. C'est la raison pour laquelle leur utilisation sous forme d'un matériau alternatif en technique routière a été étudiée.

DESCRIPTION DU MATÉRIAU ALTERNATIF, DU MATÉRIAU ROUTIER ET DU L'USAGE ROUTIER ENVISAGÉ

Technosables®

La CCEPC a doté sa station d'épuration d'un procédé de traitement des boues unique en France. Ce procédé, baptisé ATHOS®, a été conçu et développé par la société OTV et permet une Oxydation par Voie Humide (OVH) des boues. Le résidu obtenu en sortie d'OVH est appelé Technosables®.

Dans l'attente de l'autorisation d'une filière de valorisation, une plate-forme de stockage a été mise en place sur la station d'épuration et permet d'accueillir les Technosables® produits depuis septembre 2006 (pouvant accueillir une quantité de Technosables® correspondant à environ 1 à 2 années de production). La production annuelle attendue est de 1 000 tonnes.

Cette aire permettra la maturation des Technosables® jusqu'à 12 mois ainsi que leur utilisation par quantité plus importante. L'exploitation de l'aire de stockage sera donc faite en conséquence, afin de pouvoir stocker les Technosables® frais et d'avoir accès au Technosables® maturés. Ceux-ci seront ensuite dirigés vers la filière de valorisation choisie.

En effet, en plus de la valorisation sous forme de matériau alternatif en technique routière, une filière céramique est envisagée pour la valorisation des Technosables®.

Élaboration du matériau alternatif

La station est équipée d'un traitement thermique des boues (Oxydation par Voie Humide) dont le résidu minéral est appelé Technosables®. Ce procédé (Illustration 2) est un nouveau concept couplant l'OVH à un traitement biologique qui permet de minéraliser la matière organique des boues en présence d'oxygène pur dans des conditions de température (250°C), de pression (50 bar) permettant de maintenir le milieu liquide. Ainsi, contrairement à l'incinération, cette oxydation s'opère sans combustion, ni flammes.

Les Technosables® sont obtenus sous forme de galettes compactées.

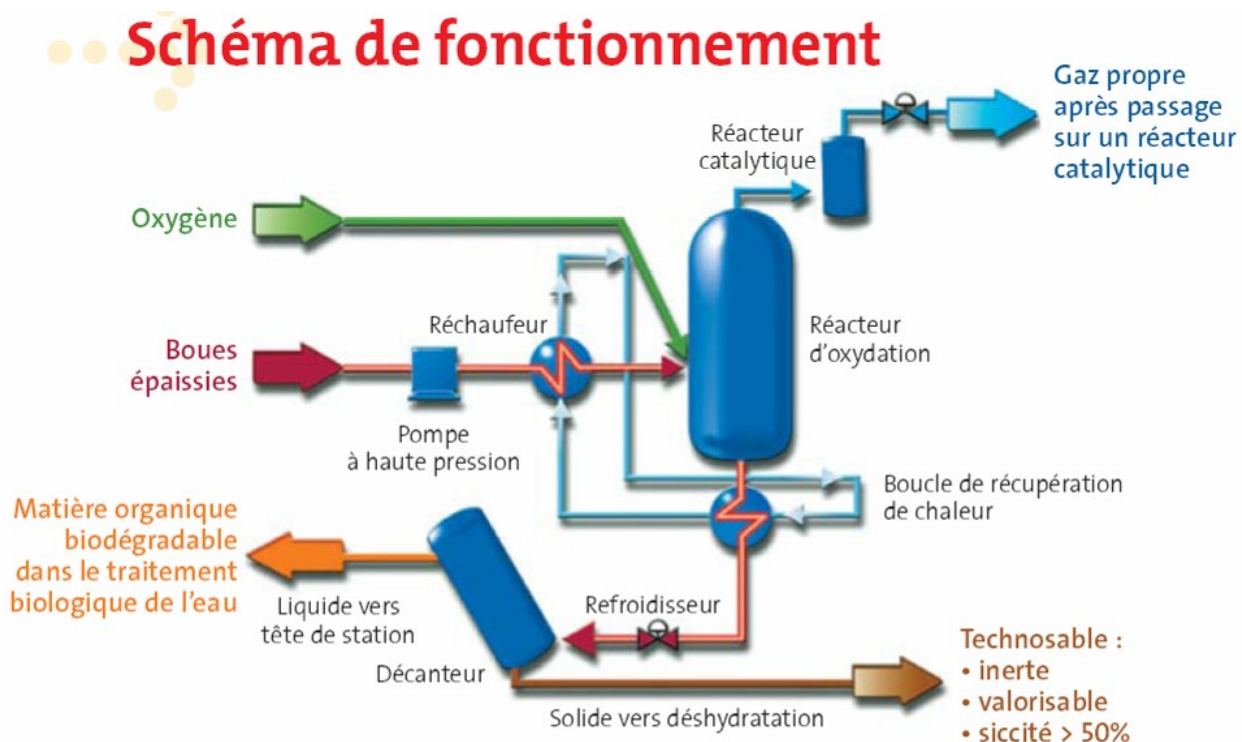


Illustration 2 : Mode de fonctionnement du procédé ATHOS®

Classification du matériau alternatif

L'annexe II de l'article R.541-8 du code de l'environnement, qui définit la classification des déchets, conduit vers la classification suivante pour les Technosables® :

- 19 xx xx : les TS sont des déchets du traitement des eaux usées.
- Dans la classe 19, plusieurs classements sont possibles, dont :

- 19 02 11* : autres déchets contenant des substances dangereuses provenant des traitements physico-chimiques des déchets,
- 19 02 99 : déchets non spécifiés ailleurs provenant des traitements physico-chimiques des déchets,
- 19 08 99 : déchets non spécifiés ailleurs provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs.

Les essais d'écotoxicité réalisés (essais préconisés pour le critère H14 pour l'évaluation du caractère écotoxique des déchets) montrent que les TS ne sont pas des déchets dangereux. Parmi les 2 codes restants, le code le plus adapté est 19 08 99.

Composition chimique et minéralogique du matériau alternatif

Les informations concernant la teneur en certains éléments chimiques, listés aux annexes 3 et 4 du GAMATR, sont résumées dans le Tableau 1.

Acceptabilité des technosables en technique routière – Evaluation environnementale et étude des risques écotoxicologiques

Unité	Arrêté du 15 mars 2005	Décision n°2003/33/CE du 19 décembre 2002 (liviviation 1°24h)		Résultat de la campagne de caractérisation			Dépassement moyen en % des seuils de stockage de déchets inertes	Epernay CREED 1 30/03/2007	Epernay CREED 2 06/04/2007	Epernay CREED 3 13/04/2007	Epernay CREED 4 24/04/2007	Epernay CREED 5 25/04/2007	Epernay CREED 6 03/05/2007	Epernay OTV TS VINICOLE 30/10/2007	Epernay OTV TS Stockés 27/09/2007	Epernay OTV TS VINICOLE (stockés 6 mois) 11/04/2008	
	Seuil stockage déchets Inertes	Seuil stockage déchets non dangereux	Seuils stockage déchets dangereux	Mini	Moyenne hors dépassement du percentile 90	Percentile 90											
Analyses sur échantillon brut																	
COT	%	3	5	6	2,7	3,1	3,8	3,3	4,1	3,8	3,1	3	3,3	2,7	2,76	3,01	3,15
Hc tot (C10 à C40)	mg/kg MS	500			398	716	1144	43	398	565	790	1 038	1 198	1 021	925	420	569
HAP	mg/kg MS	50			0,14	< 0,9*	0,9*	-	-	-	-	-	-	-	<0,9	0,89	<0,14
PCB	mg/kg MS	1			0,021	< 0,41*	0,41*		<0,35	<0,35	<0,35	<0,41	<0,38	<0,35	0,29	0,021	<0,19
BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et xylènes)	mg/kg MS	6			0,06	< 0,44*	0,44*		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,31	<0,05	<0,44
Test de lixiviation	NF EN 12457-2: Lixiviation 1 fois 24h																
As	mg/kg MS	0,5	2	25	<0,2	< 0,2*	0,2*		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	<0,2
Ba	mg/kg MS	20	100	300	0,6	< 1,2*	1,2*		0,6	0,7	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	1,2
Cd	mg/kg MS	0,04	1	5	0,01	< 0,04*	0,04*		< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,01	< 0,01	<0,01
Cr total	mg/kg MS	0,5	10	70	0,2	< 0,5*	0,5*		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5
Cu	mg/kg MS	2	50	100	2	6,18	12	209	6	7	8	11	9	12	3	2	4
Hg	mg/kg MS	0,01	0,2	2	<0,005	0,01*	0,02*		< 0,005	0,006	< 0,005	0,02	0,008	0,008	< 0,005	0,005	< 0,005
Mo	mg/kg MS	0,5	10	30	<0,5	0,5*	0,7*		< 0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ni	mg/kg MS	0,4	10	40	<0,2	< 0,2*	0,2*		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5
Pb	mg/kg MS	0,5	10	50	<0,2	< 0,5*	0,5*		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5
Sb	mg/kg MS	0,05	0,7	5	<0,02	< 0,05*	<0,05*		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,02
Se	mg/kg MS	0,1	0,5	7	<0,05	< 0,1*	0,1*		0,1	0,07	0,07	0,08	0,1	0,1	< 0,05	0,08	0,05
Zn	mg/kg MS	4	50	200	<0,2	< 3*	3*		0,8	1,1	1,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	< 0,2	3
Fluorures	mg/kg MS	10	150	500	4	<10*	**		4	10	10	21	43	20	< 10	< 10	<10
Indice phénols	mg/kg MS	1			<0,1	0,46	1,05		0,3	0,2	0,2	1,1	0,9	1	0,5	0,1	<0,1
COT sur éluat	mg/kg MS	500	800	1 000	360	1 026	1 798	105	1 900	680	850	1 400	1 600	1 400	1 300	420	360
FS	mg/kg MS	4 000	60 000	100 000	2 700	5 375	14 774	34	9 000	6 000	6 000	4 000	6 000	4 000	2 700	22 200	5 300

Tableau 1 : Résultats de la campagne de caractérisation du matériau alternatif

Matériau routier

La Direction Territoriale Nord-Picardie a réalisé l'évaluation environnementale du matériau routier caractérisé par la composition suivante : TS+GNT = 25 % Technosables® + 75 % Grave Naturelle + 1 % Chaux. Ce mélange a vocation à être utilisé en remblai supérieur de tranchée (hors structure de voirie). Le chantier expérimental réalisé à cet effet a été le premier chantier test pour les Technosables®.

Les caractéristiques mécaniques du matériau routier sont résumées dans le Tableau 2 et l'illustration 3.

	Gonflement volumique	Masse volumique optimum	Teneur en eau optimum	Validité de la courbe Proctor	IPI
Rappel des critères	<5 %	>1,50 remblai >1,70 assise			>10 remblai >40 assise
Matériau routier	0,15 %	1,83 T/m ³	12,00 %	Oui	28

Tableau 2 : Résultats des essais géotechniques sur le matériau routier

 Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de St Quentin Nord Picardie	COURBE PROCTOR / IPI	
	NF P 94-093 NF P 94-078	
	X	Proctor Normal Proctor Modifié

Activité : Audits, Essais de laboratoire et Instrumentation

CHANTIER / ETUDE :	Etude de réutilisation de boue d'épuration
Demandeur :	N° affaire : 47088/01

Date prélèvement :	Mode prélèvement :
Date essai : 14/08/2009	N° enregistrement : 7S 09 048 01
Sondage - profondeur :	
Nature du matériau : 65% Gravel + 35 % Tsable	Traitement éventuel : 1% CaO

Teneur en eau avant traitement (%)					
Teneur en eau après traitement (%)	10,5	12,5	14,0	16,0	
Masse volumique apparente (t/m ³)	1,717	1,742	1,832	1,786	
Indice de Portance Immédiate (IPI)	31	30	23	3	

A l'OPN/M Masse Volumique sèche: **1,83** pour une teneur en eau de : **14%**

% de passant à 20 mm :
Après correction : MV sèche : pour une teneur en eau de :

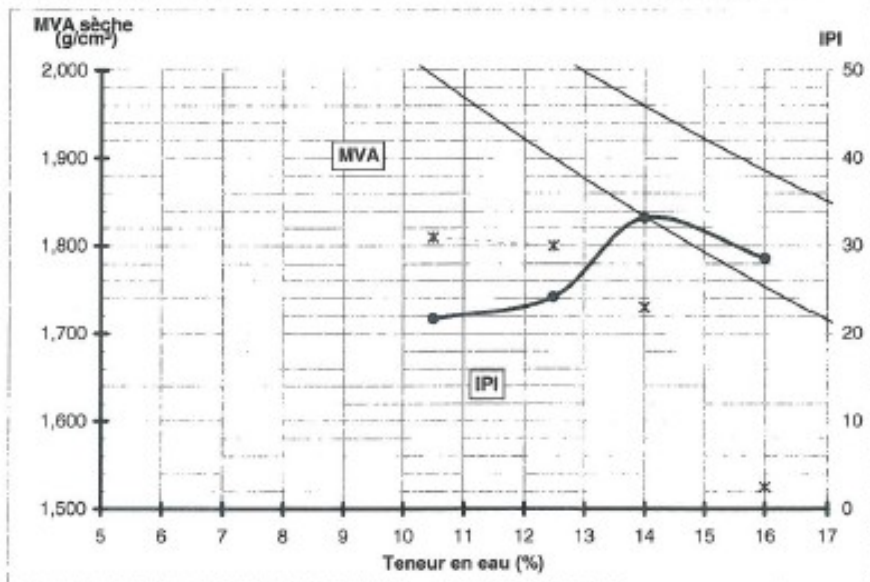


Illustration 3 : Courbe Proctor/IPI du matériau routier

CARACTÉRISATION DE L'ACCEPTABILITÉ ENVIRONNEMENTALE DU MATÉRIAU ALTERNATIF ET DU MATÉRIAU ROUTIER

Constitution des échantillons

Trois échantillons ont été constitués pour la formulation TS+GNT.

Les échantillons de matériau routier ont été constitués comme suit :

- prélèvements de Technosables® en de multiples points sur le tas de stockage et à de multiples profondeurs (Illustration 4),
- récupération de GNT auprès d'une entreprise réalisant un chantier de travaux publics sur le territoire de la CCEPC, afin de garantir l'utilisation d'une grave représentative du matériau disponible dans les carrières locales.

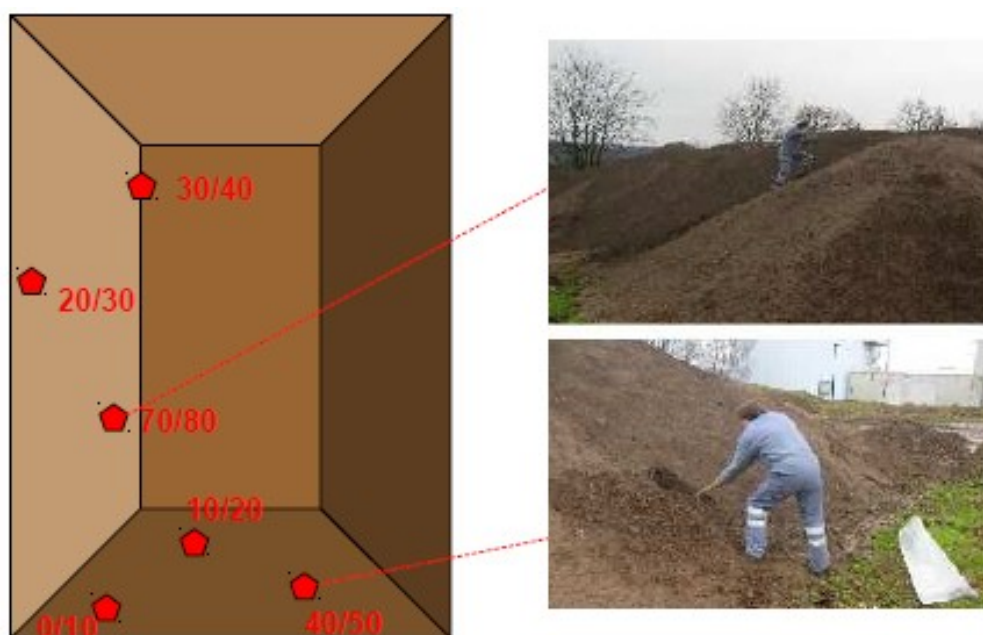


Illustration 4 : Points et profondeurs de prélèvements des Technosables®

Caractérisation de niveau 1

Le programme d'analyses du GAMATR prévoit des analyses dites « sur brut », réalisées directement sur l'échantillon solide (Tableau 3), ainsi que des analyses sur lixiviat (Tableau 4), et fournit deux types de valeurs de contrôle :

- des valeurs basses qui permettent une validation directe du matériau si tous les résultats leur sont inférieurs,

- des valeurs hautes qui invalident directement le matériau si elles sont dépassées.

Si des résultats sont compris entre ces deux valeurs, il convient alors de passer à la caractérisation de niveau 2.

On observe un dépassement de la valeur de validation directe pour le cuivre et la fraction soluble. Le GAMATR prévoit qu'un dépassement sur la fraction soluble peut être toléré si les résultats sont positifs sur les chlorure et fluorures, ce qui est le cas ici. Néanmoins, le dépassement sur le cuivre conduit à réaliser une caractérisation de niveau 2.

Caractérisation de niveau 2

Le programme d'analyses du GAMATR prévoit des analyses sur percolat (Tableau 5), et fournit des valeurs de contrôle qui invalident le matériau si elles sont dépassées.

En l'occurrence, aucune valeur de contrôle n'est dépassée. De plus, le paramètre cuivre ayant conduit à réaliser la caractérisation de niveau 2 se situe largement en deçà des valeurs de référence, ce qui non seulement conduit à valider le matériau, mais indique également que des résultats supérieurs en lixiviation sur ce paramètre seraient satisfaisants.

Par conséquent, les contrôles de qualité du matériau en phase chantier, basés sur des tests de lixiviation, pourront être réalisés en conservant les valeurs du guide pour l'ensemble des paramètres à l'exception du cuivre pour lequel ce seuil peut être fixé à 5 mg/kg_{MS}.

Analyse	Unité	Valeurs limites interdisant l'utilisation du matériau	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
COT	% MS	3	0,8	1	1,3
BTEX total	mg/kg MS	6	<0,2	<0,2	<0,2
HAP totaux (16) - EPA	mg/kg MS	50	<0,32	<0,32	<0,32
PCB totaux (7)	µg/kg MS	1000	210	480	220
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	500	370	400	410

Tableau 3 : Caractérisation niveau 1 – Analyses sur brut

Analyse	Unité	Valeurs limites autorisant l'utilisation du matériau	Valeurs limites interdisant l'utilisation du matériau	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
pH final après lixiviation	-	[5,5 - 12,5]		11,35	11,32	11,43
LIXIVIATION						
L/S	ml/g			10	10	10
METAUX						
antimoine	mg/kg MS	0,06	0,7	<0,039	<0,039	<0,039
arsenic	mg/kg MS	0,5	2	<0,1	<0,1	<0,1
baryum	mg/kg MS	20	100	<0,1	<0,1	<0,1
cadmium	mg/kg MS	0,04	1	<0,01	<0,01	<0,01
chrome	mg/kg MS	0,5	10	<0,1	<0,1	<0,1
cuivre	mg/kg MS	2	50	1,9	2	3
mercure	mg/kg MS	0,01	0,2	<0,001	<0,001	<0,001
plomb	mg/kg MS	0,5	10	<0,1	<0,1	<0,1
molybdène	mg/kg MS	0,5	10	0,1	<0,10	0,15
nickel	mg/kg MS	0,4	10	<0,1	<0,1	<0,1
sélénium	mg/kg MS	0,1	0,5	0,07	0,04	<0,039
zinc	mg/kg MS	4	50	<0,2	<0,2	<0,2
COMPOSES INORGANIQUES						
fraction soluble	mg/kg MS	4000	60000	3560	3700	6080
DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES						
fluorures	mg/kg MS	10	150	<2	<2	<2
chlorures	mg/kg MS	800	15000	10	<10	<10
sulfate	mg/kg MS	1000	20000	1000	620	1500

Tableau 4 : Caractérisation niveau 1 – Analyses sur éluat

Composé	Valeur limite guide SETRA (mg/kg MS)	Emission cumulative L/S=10 (limite haute) mg/Kg MS Essai de percolation NF CEN/TS 14405		
	Scénario Remblai technique recouvert	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
arsenic	0,5	0,053	0,056	0,06
baryum	28	0,057	0,064	0,07
cadmium	0,16	0,004	0,004	0,004
chrome	2	0,015	0,045	0,03
cuivre	50	2,82	5,30	5,18
mercure	0,04	0,001	0,001	0,001
molybdène	2,8	0,086	0,11	0,11
nickel	0,8	0,10	0,10	0,10
plomb	0,5	0,10	0,10	0,10
antimoine	0,2	0,039	0,039	0,04
sélénium	0,4	0,054	0,062	0,07
zinc	50	0,224	0,20	0,20
fluorure	30	1,40	1,40	1,40
chlorures	5000	18,0	18,7	16,6
sulfate	5000	964	1538	1560

Tableau 5 : Caractérisation niveau 2 – Analyses sur émission cumulative

ÉTUDE DES RISQUES ÉCOTOXICOLOGIQUES LIÉS À L'UTILISATION DES TECHNOSABLES® EN TECHNIQUE ROUTIÈRE

La DTer Nord-Picardie a également réalisé une étude des risques écotoxicologiques liés à l'utilisation des Technosables dans les conditions envisageables suite à la caractérisation préconisée par le guide « Acceptabilité des Matériaux Alternatifs en Technique Routière ».

CARACTÉRISATION ÉCOTOXICOLOGIQUE DU MATÉRIAU ROUTIER

Les analyses physico-chimiques réalisées en 2007 et 2008 par OTV, au regard des conditions fixées par l'arrêté du 15 mars 2006, mettent en évidence le caractère non inerte du matériau brut, tandis que des résultats de bioessais tendent par ailleurs à en démontrer le caractère non écotoxique (le protocole mis en œuvre s'appuie sur les recommandations d'une étude de l'INERIS réalisée en 1998 pour le Ministère de l'Aménagement des Territoires et de l'Environnement).

La DTer Nord-Picardie a ainsi mené une étude afin de vérifier que, dans les conditions d'emploi en technique routière (mélange avec d'autres matériaux et adjuvants), les TS ne présentent pas un potentiel toxique dangereux pour les écosystèmes.

Pour cela, il a été décidé dès le début de l'étude de réaliser un suivi de plots expérimentaux, et de mettre en œuvre une approche inspirée des méthodes d'Évaluation des Risques Écotoxicologiques (ÉRÉ).

Plots expérimentaux

Un plot expérimental est un ouvrage au sein duquel le matériau routier est mis en œuvre dans des conditions représentatives de l'usage routier étudié. Il est équipé afin de récupérer les eaux qui ont percolé à travers la structure (Illustration 5), et est soumis aux conditions d'exposition réelles locales (météorologie, etc.). Un plot témoin est également constitué, reproduisant la même structure mais utilisant un matériau local pris comme référence.

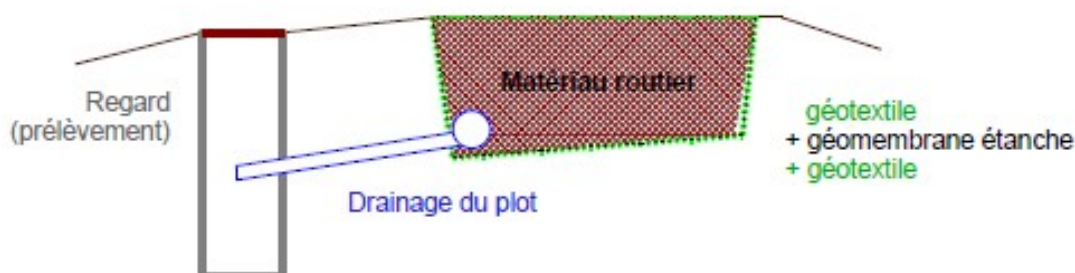


Illustration 5 : Schéma d'un plot expérimental

Un plot expérimental a été réalisé courant 2009 à Épernay, sur la zone Terres Rouges (Illustration 6), mettant en œuvre la formulation alors étudiée dans le cadre du volet géotechnique. Pour des raisons d'opportunité de calendrier (présence de l'entreprise sur la ZAC), les travaux de réalisation du plot (Illustration 7) ont été engagés sans attendre les conclusions définitives de l'étude géotechnique. Par conséquent, le plot a été réalisé avec une formulation à 35% de TS au lieu de 25%.

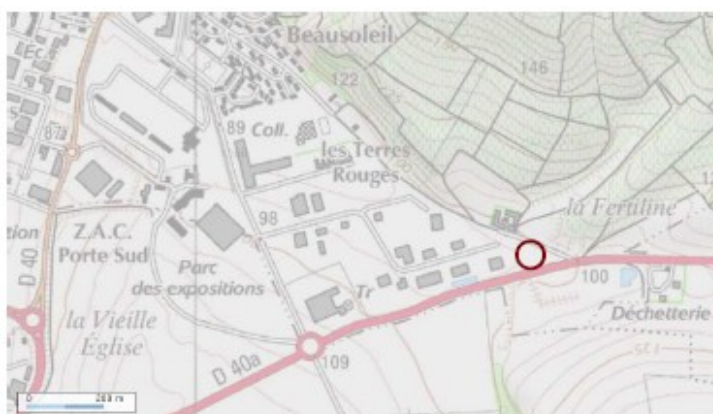


Illustration 6 : Situation et photographie du site expérimental

Approche Évaluation des Risques Écotoxicologiques

La démarche d'ERE comporte trois parties (Illustration 8) :

- la formulation du problème, qui vise à élaborer un modèle conceptuel et définir les moyens à mettre en œuvre pour caractériser le risque,
- l'analyse proprement dite, où l'on collecte les données nécessaires à l'évaluation des effets et de l'exposition,
- la caractérisation des risques, où l'on estime le(s) risque(s) (en comparant les valeurs

d'exposition et d'effet) et, autant que possible, les incertitudes associées.



Illustration 7 : Travaux de réalisation des plots

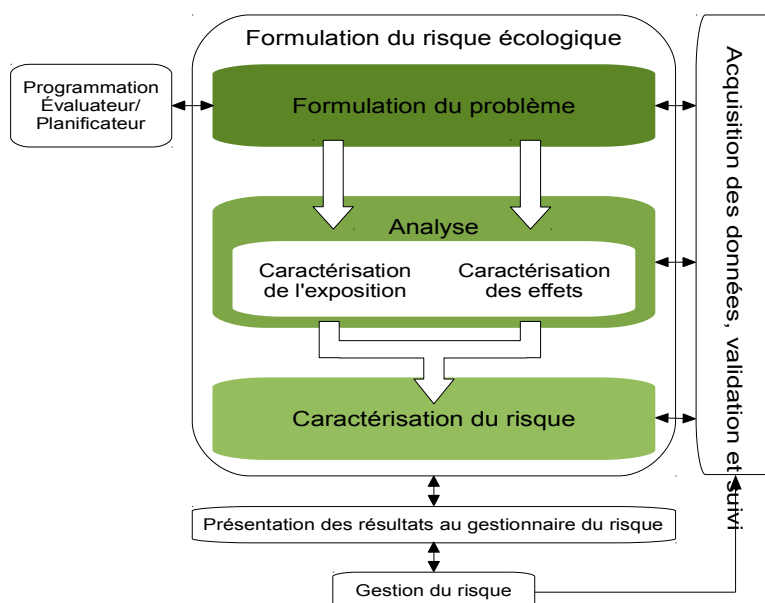


Illustration 8 : Schéma de la méthode d'Évaluation des Risques Écotoxicologiques

PHASE 1

Scénarios et plan d'analyse

Les risques associés aux situations accidentelles de fuite des réseaux sont traités a priori par la définition de conditions de mise en œuvre et de suivi terrain des Technosables® afin d'éviter que ces situations ne se produisent.

Deux situations d'exposition restent donc à étudier :

- (1) percolation des eaux au travers de la tranchée et jusqu'à une nappe souterraine
- (2) diffusion du percolat de tranchée dans le sol avoisinant

La batterie de bioessais (Illustration 9) retenue pour l'évaluation des effets s'inspire de la pratique usuelle pour évaluer la dangerosité des déchets sur le critère H14-écotoxicité (cas des tests menés par OTV sur les Technosables® bruts).

Elle couvre les différents compartiments biologiques (selon espèces et fonctions) pertinents pour l'écosystème « sol » (aussi bien en matrice « eau » que « sol ») à travers des protocoles d'exposition chronique et aiguë, et permet également d'appréhender les effets sur les milieux aquatiques.

test	norme	toxicité		matrice		niveau trophique	paramètre mesuré
		aiguë	chronique	eau	sol		
inhibition de luminescence de <i>Vibrio Fischeri</i>	ISO 11348-3 (microtox)	x		x		décomposeur	émission de la lumière
inhibition de la mobilité de <i>Daphnia Magna</i>	ISO 6341	x		x		consommateur primaire	immobilisation
mortalité de <i>Eisenia Fetida</i> (ver de terre)	(ISO 11268-1) Protocole modifié afin de travailler sur éluat	x			x	décomposeur	mortalité
inhibition de la croissance de l'algue <i>Pseudokirchneriella Subcapitata</i>	ISO 8692		x	x		producteur	croissance
inhibition de la reproduction de <i>Ceriodaphnia Dubia</i>	ISO/CD 20665		x	x		consommateur primaire	mortalité et reproduction
inhibition de l'émergence et de la croissance de l'orge et de la laitue	(ISO 11269-2) Protocole modifié afin de travailler sur éluat		x		x	végétal	premiers stades de la croissance

Illustration 9 : Batterie de bioessais en phase 1

Conclusions

Concernant le scénario 1, on a pu conclure de l'ensemble des résultats de la batterie de tests écotoxicologiques qu'il existait une toxicité forte des éluats sur les écosystèmes aquatiques. Une mise en œuvre des Technosables® n'est donc envisageable qu'à condition de s'assurer de l'absence de masse d'eau superficielle susceptible d'être contaminée dans un périmètre suffisamment large. Pour déterminer ce périmètre, il est apparu souhaitable de suivre expérimentalement un chantier dans un environnement suffisamment maîtrisé et peu vulnérable.

Concernant le scénario 2, on a pu conclure qu'il ne semblait pas y avoir de risque rédhibitoire pour l'écosystème « sol » dans le cas d'une mise en œuvre en remblaiement de tranchée. Cette interprétation repose cependant sur l'hypothèse que les phénomènes de transfert dans le corps de chaussée (et ses abords) contribuent à réduire suffisamment le risque. Il est donc là aussi apparu souhaitable de vérifier cette hypothèse par le suivi expérimental d'un chantier.

PHASE 2

Chantier expérimental et plan d'analyse

Le chantier a été réalisé selon les préconisations issues de la phase 1 (Tableau 8) en termes de choix du site expérimental. Trois tranchées test ont été mises en place, de manière à tester plusieurs échantillons d'éluat, résultant des différentes étapes de cheminement dans le sous-sol, et pouvant présenter des compositions différentes. Ces trois tranchées sont localisées et décrites par l'illustration 10.

Deux campagnes de prélèvements ont été réalisées en juillet 2013 et en octobre 2013. Les prélèvements ont été réalisés dans la semaine suivant un épisode de fortes précipitations.

Les paramètres étudiés sur ces échantillons d'eau sont de deux sortes :

- les paramètres physico-chimiques qui ont été comparés à des valeurs seuils de qualité des eaux reprises dans le Tableau 6,
- l'écotoxicité est évaluée à l'aide de trois bioessais (sur l'échantillon « optimisé ») présentés dans le Tableau 7.

Conclusions

Les analyses physico-chimiques montrent que le respect des préconisations énoncées dans le rapport de phase 1 suffira à limiter le risque de dépassement des valeurs seuils concernant la contamination chimique des masses d'eau souterraines. La comparaison des valeurs entre les différents prélèvements montre aussi l'effet du transfert des polluants dans le corps de chaussée, qui permet de réduire le risque pour les écosystèmes terrestres.

Concernant les eaux superficielles, les essais écotoxicologiques réalisés confirment que les eaux de percolation issues de tranchées contenant des Technosables® présentent un risque pour les eaux de surface. Ce résultat confirme les restrictions de mise en œuvre des Technosables® à proximité de masses d'eau de surface (cours d'eau, plan d'eau).

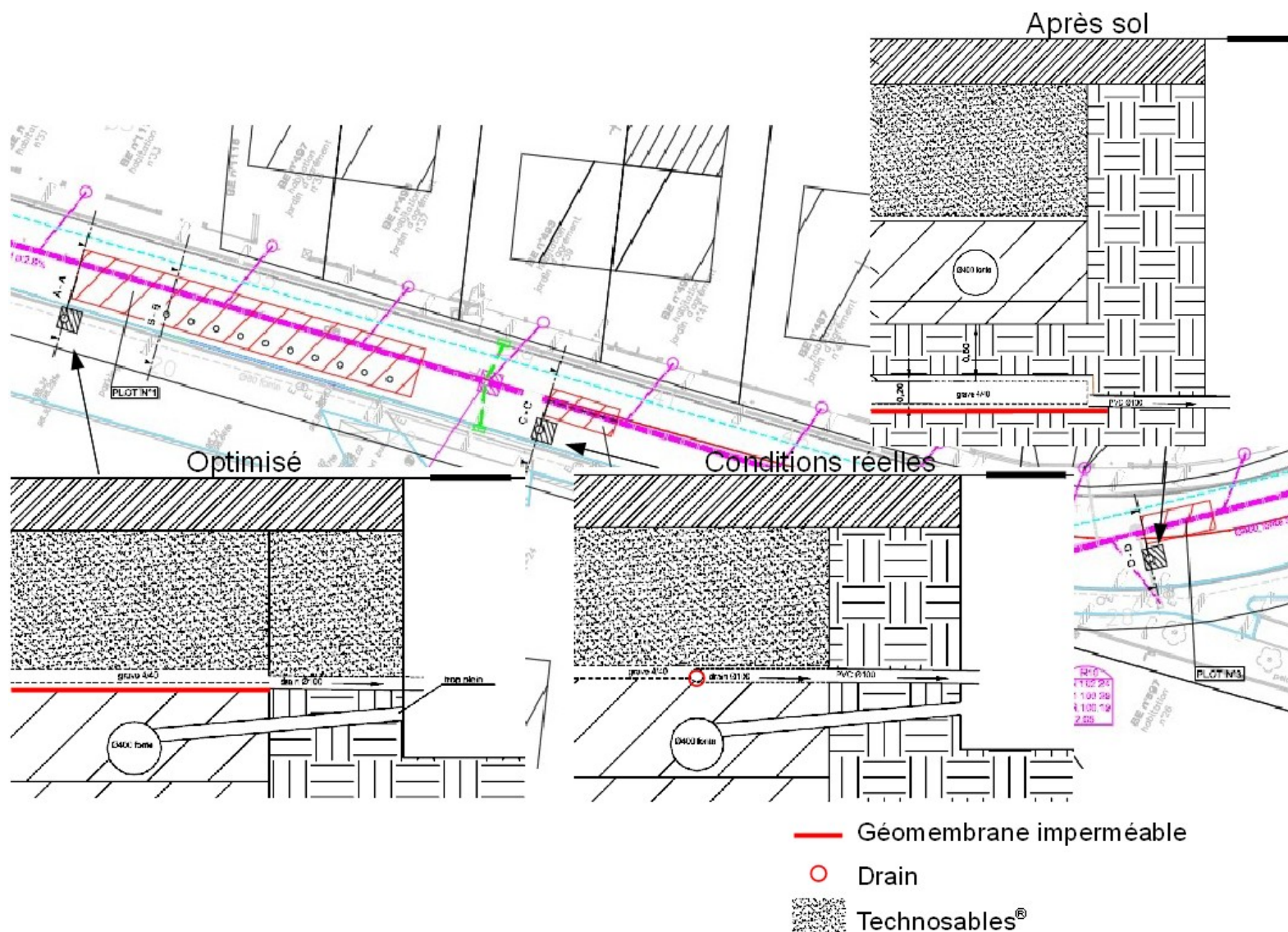


Illustration 10: Positionnement et coupe des tranchées expérimentales

Substance	Valeur seuil imposées par la DCE pour les eaux de surface (NQE) (directive 12/08/2013) (µg/L)	Valeur seuil imposées par la DCE pour les eaux souterraines (arrêté 17/12/2008) (µg/L)	Valeur limite associée à la caractérisation environnementale de niveau 2 (GAMATR) (µg/L)
As	-	10	80
Ba	-	-	5600
Cd	0,08	5	32
Cr total	-	-	400
Cu	-	-	5000
Hg	-	1	8
Mo	-	-	560
Ni	4	-	160
Pb	1,2	10	80
Sb	-	-	40
Se	-	-	50
Zn	-	-	5 (mg/L)
Fluorures	-	-	6 (mg/L)
Chlorures	-	-	1000 (mg/L)
Sulfates	-	-	1000 (mg/L)
Nitrates	-	50 (mg/L)	-
Pesticides	-	0,1 total 0,5	-
Trichloréthylène	10	10	-
Tétrachloréthylène	10	10	-
Ammonium	-	0,5 (mg/L)	-

Tableau 6 : Valeurs seuils pour les eaux de surface et souterraines

test	norme	toxicité		matrice		niveau trophique	paramètre mesuré
		aigue	chronique	eau	sol		
inhibition de la mobilité de <i>Daphnia Magna</i>	ISO 6341	x		x		consommateur primaire	immobilisation
inhibition de la croissance de l'algue <i>Pseudokirchneriella Subcapitata</i>	ISO 8692		x	x		producteur	croissance
inhibition de la reproduction de <i>Ceriodaphnia Dubia</i>	ISO/CD 20665		x	x		consommateur primaire	mortalité et reproduction

Tableau 7 : Batterie de bioessais en phase 2

Le niveau de risque représenté par les eaux de percolation vis-à-vis de la qualité des eaux souterraines est principalement influencé par la filtration à travers le sol sous-jacent (fonction de la nature du sol) ainsi que par la dilution dans la nappe (fonction du débit). Par conséquent, la mise en œuvre des Technosables® en remblai suivra les recommandations émises sur la nature du sol sous-jacent ainsi que sur la profondeur de la nappe au droit de l'ouvrage.

Les préconisations résultant des deux phases de la caractérisation écotoxicologique du matériau routier sont reprises dans le tableau global des préconisations Tableau 8.

BILAN DES PRÉCONISATIONS POUR LA VALORISATION DES TECHNOSABLES®

Les préconisations liées à l'évaluation environnementale du matériau alternatif et du matériau routier, ainsi qu'à l'étude des risques écotoxicologiques sont reprises dans le Tableau 8.

Dans le cas de l'utilisation dans le mélange d'un matériau autre que la grave naturelle (limon ou matériau alternatif de recyclage par exemple), il conviendra de s'assurer que les caractéristiques de ce matériau respectent les recommandations du Guide d'Acceptabilité des Matériaux Alternatifs en Technique Routière, et que le mélange ainsi formulé respecte l'ensemble des préconisations énoncées dans ce rapport.

Choix du site	
<i>Préconisations</i>	<i>Critères et modalités de vérification</i>
Usage en remblai supérieur de tranchée en voirie urbaine (trottoir, voie de circulation) : -hors structure de voirie -hors remblai supérieur de chaussée	Environnement immédiat du site « Site urbanisé/aménagé » sans milieu naturel ou agricole
	Absence d'arbres d'ornement aux abords de la voie (ou isolement du système racinaire)
Éloignement des masses d'eau superficielles	Distance minimale de 20m entre le site et les eaux superficielles « libres » (ruisseau, rivière) les plus proches
	Distance minimale de 100m entre le site et les eaux superficielles non renouvelées (plan d'eau)
	Étanchéité entre le système de collecte des eaux pluviales et le corps de chaussée (pas de rejet de percolat vers le réseau d'eau pluviale)
Protection des aquifères	Site hors zone inondable, hors périmètre de protection de captage
	-Absence de masse d'eau souterraine peu renouvelée (faible débit) au droit du site et/ou -Épaisseur minimale de 2m de matériau de perméabilité inférieure ou égale à 10-6m/s entre le fond de la fouille et le niveau des plus hautes eaux en cas de présence d'un aquifère (vérification par sondage pédologique et pose de piézomètre)
	Utilisation de matériaux limitant les risques de perméation pour les canalisations du réseau d'alimentation en eau potable.

NB : Il est nécessaire de conserver la mémoire des sites de mise en œuvre des Technosables® par le repérage cartographique des chantiers et la conservation des pièces afférentes au suivi.

Contrôle du matériau avant mise en œuvre (formulation avec un matériau alternatif à la GNT)		
<i>Préconisations</i>	<i>Critères et modalités de vérification</i>	
Caractéristiques mécaniques	Stabilité	Teneur en MO inférieure à 5 % Gonflement (7j à 40°C) inférieur à 5 %
	Utilisation courante en chantier	Courbe proctor « classique » Valeur de densité minimum de 1,50T/m3
	Portance	Teneur en eau sur TS brut < 40 % Vérification de la teneur en eau sur le mélange MA+TS Vérification de la mise en œuvre du mélange (IPI)
	Caractéristiques environnementales	Sur le matériau alternatif à la GNT : programme d'analyse déchet classe III et GAMATR (programme en annexe) Sur la formulation « remblai de tranchée » matériau alternatif+Technosables® : programme d'analyses du GAMATR (programme en annexe)

Suivi de chantier / Instrumentation		
<i>Objectif</i>	<i>Conception spécifique en phase travaux</i>	<i>Prélèvements et mesures</i>
Maîtrise des risques environnementaux pendant et après le chantier		
Éviter le lessivage non maîtrisé du matériau	Pas de stockage sur site (matériau brut et mélange)	
Contrôler l'absence de transfert dans les réseaux de collecte EU/EP et réseau AEP		Contrôle régulier de l'état des réseaux EU/EP et AEP à proximité des tranchées remblayées
Maîtrise des propriétés mécaniques pendant et après le chantier		
Garantir la portance et la compacité à long terme : pérennité de la technique innovante		Respect du GTR pour l'épaisseur de couches et le compactage, en prenant les caractéristiques du matériau routier
Garantir la stabilité et vérifier la mise en œuvre	Portance	
	Essai plaque si possible	Entre 20 et 50MPa
	Compacité	
	Mesure de densité (PDG1000) ou Panda par défaut	q4 ou q5 (conformément au Guide remblaiement tranchée)

Tableau 8 : Préconisations relatives au choix du site et au contrôle de la mise en œuvre avant, pendant et après le chantier