

Objet : Stratégie sols et renaturation

18-012_EXT01_v3.0

Destinataire : SAMOA

Emetteur : Sol Paysage

Cette note fait suite aux rencontres du 12/02/18 et du 25/06/18 à la SAMOA.

Nom	Structure	Fonction
Alain Bertrand	SAMOA	Directeur Général Adjoint
Virginie Vial	SAMOA	Responsable pôle Etudes
Mathilde Andrieu	SAMOA	Chargée de projets
Charlélie Olié	SAMOA	Chargé de Missions
Sylvain Rullier	SOL PAYSAGE	Chef de projets
Xavier Marié	SOL PAYSAGE	Dirigeant

Elle détaille la problématique de renaturation des sols sur le secteur sud-ouest de l'Île de Nantes, les principes opérationnels envisageables, la proposition de mission exploratoire, et quelques références Sol Paysage.

1) Contexte et enjeux

Intentions de projet

L'Île de Nantes est un territoire fortement impacté et marqué par son passé industriel. L'Aménagement piloté par la SAMOA se veut progressif (horizon 2037) selon une stratégie foncière globale et un processus de renaturation sur le long terme. Les ambitions et intentions y compris politiques sont clairement orientées vers la renaturation du site et le développement de la biodiversité. En cohérence avec la Charte de Développement Durable de l'Île, le projet doit favoriser des solutions d'économie circulaire des ressources, dans un esprit d'innovation et d'expérimentation (Creative Factory...) pouvant apporter un caractère démonstratif voire reproductible.

Le secteur sud-ouest est la principale opportunité opérationnelle à venir, dont le phasage prévoit un aménagement d'Est en Ouest entre 2019 et 2026. Cette emprise de 90 hectares comporte actuellement un important réseau ferré et sera concernée par le déménagement du Marché d'Intérêt National et l'arrivée du CHU.

L'Équipe de Maîtrise d'œuvre urbaine est portée par l'agence Osty, mandataire paysagiste, dont le Plan Guide urbain est en cours de production. Parmi les orientations actuellement envisagées en termes de conception paysagère, gestion des eaux pluviales et nivellement :

- La gestion des eaux pluviales selon un principe de crête et gestion vers la boire Sainte-Anne, et la voie médiane du Métacentre
- La prairie-au-Duc, un espace paysager central à fort usage et au niveau du TN
- Le Parc de Loire : un espace au sud plus extensif, principale opportunité de modelé pour accueillir des terres excavées excédentaires et les dynamiques écologiques de long terme
- Un enjeu important de terrassements : plusieurs centaines de milliers de m³ de déblais/remblais sur le secteur sud-ouest, notamment les travaux du CHU (étude en cours par la MOE)
- Des besoins en sols fertiles estimés en première approche à 100 000 m³

- La notion de site s'applique à l'ensemble de l'Île de Nantes comme territoire pilote, la gestion des terres s'effectue hors cadre de la réglementation déchets. Leur réemploi peut s'envisager selon le cadre de mise en conformité sanitaire avec les usages et selon le fond géochimique urbain, et non selon la classification inerte / non dangereux / dangereux.
- La plateforme de gestion des terres n'est pas ICPE, et peut être mobile
- La gestion des terres peut bénéficier à plusieurs maîtrises d'ouvrages (yc aménageurs des fonciers cédés par la SAMOA)

La SAMOA devra préciser la méthodologie de suivi, les conditions d'exploitation de la plateforme et les conditions de conservation de la mémoire (traçabilité).

A priori l'équilibre déblais/remblais sera difficile à atteindre, une part d'évacuation de déblais excédentaires résiduels s'avèrera nécessaire, même si des opportunités de ressources sont identifiées en principe de substitution et en cohérence avec le fond géochimique urbain. Le cas échéant celle-ci privilégiera l'évacuation d'inertes, soit directement identifiées (gisement) soit après traitement pour passer de non dangereux à inerte.

A priori il n'est pas identifié pas de contrainte hydrologique / PPRI car le périmètre n'est pas en zone d'aléa. Les contraintes seront étudiées avec la MOE urbaine selon les projets d'infiltration des espaces publiques.

Les besoins de la SAMOA

La problématique majeure est de trouver une alternative à l'évacuation actuellement quasi-systématique des déblais, généralement en ISDND, car ces terres présentent une contamination diffuse correspondant au bruit de fond géochimique urbain.

L'enjeu économique des solutions de valorisation des terres est significatif compte tenu des volumes en jeu et de la double économie de la limitation des évacuations en ISD et de l'achat de terre végétale.

La faisabilité financière et environnementale du projet doit être cohérente avec les ambitions en termes de qualité urbaine et d'usage. La réflexion sur la mise en conformité sanitaire et la gestion des déblais doit être menée de manière complémentaire à l'identification des besoins de constitution des futurs sols, adaptés aux fonctions et usages visés : aménagements paysagers et récréatifs, support d'infrastructure, dynamiques écologiques, gestion hydraulique, limitation de l'exposition au risque, fonction du sol comme puit de carbone, limitation des îlots de chaleur urbaine, etc.

La stratégie de gestion des terres est guidée par l'identification des contraintes et du potentiel de l'existant, et par l'objectif de restaurer ou recréer des substrats plus ou moins fertiles en quantité permettant de couvrir les besoins en sols, dans une logique d'économie circulaire.

Un besoin émerge d'une étude de valorisation des sols (renaturation) pour anticiper la stratégie en phase pré-opérationnelle puis opérationnelle, dont les grands axes sont les suivants :

- Etude de faisabilité, mission exploratoire
- Stratégie de valorisation agronomique des ressources, en interface avec l'étude « plateforme »
- Ingénierie des sols et stratégie végétale et biodiversité, en relation à l'équipe de conception
- Définition des modalités de gestion des terres pour la renaturation des sols et la biodiversité

Les premières pistes techniques sont exposées ci-après.

2) Principes et pistes techniques de valorisation des sols

Identifier les ressources valorisables

Sur la base de l'IHU et la modélisation menés par le BRGM, et en interface avec l'étude en cours SEREA, le premier objectif de l'étude de renaturation des sols est de préciser l'état des lieux agropédologique des sols en place et leur potentiel de valorisation pour la renaturation :

- Compléter la connaissance environnementale (pollution) par des diagnostics à caractère agropédologiques : granulométrie fine des sols, structure, matière organique, hydromorphie, pH, etc.
- Produire une typologie des sols anthropiques en place et des matériaux : « catalogue » des matériaux selon leur nature, leurs caractéristiques, leur répartition, notamment la diversité des remblais
- Croiser l'évaluation des ressources avec les opportunités de projet pour la renaturation : intentions de nivellement, hydrologie, programmation des espaces verts, etc.
- Cartographier et quantifier les ressources valorisables pour la renaturation

Presque tout le territoire a déjà été couvert par des investigations de pollution, hormis la pointe sud-ouest qui pourra faire l'objet d'investigations supplémentaires mutualisées pollution-agropédologie.

Des prix nouveaux d'analyses agronomiques pourront être intégrés au marché d'investigations pollution.

Un complément géotechnique pourra être proposé pour préciser les caractéristiques physiques des matériaux (granulométrie, perméabilité...), qui permettront de définir les possibilités de réemploi des sables et graves triés/criblés en sols infiltrants ou portants (structures de voirie, mélanges terre pierres, noues/tranchées infiltrantes...).

Remarques :

- Les 1^{ères} tranches opérationnelles porteront sur les déblais et réseaux de la voie médiane, et la perspective de la démolition du MIN en 2020.
- Les déblais-remblais du CHU n'entreront pas dans le bilan car gérés par une maîtrise d'ouvrage spécifique, hormis en cas de possibilité de capter une ressource préalablement identifiée pour la valorisation.
- Seul le secteur SNCF a fait l'objet de quelques données agronomiques (analyses de terre).

Définir les besoins agronomiques, écologiques, techniques

Les besoins de constitution des sols sont identifiés avec l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine, et sont à différencier selon les niveaux de qualité visés, d'usages, de fréquentation et de temporalité. La stratégie repose sur une ingénierie pédologique, visant à définir une typologie de sols fonctionnels pour optimiser les ressources et s'adapter aux besoins. Cette typologie intègre les niveaux d'exposition aux polluants, la profondeur et qualité agronomique des sols reconstitués (enracinement des végétaux) ou leur capacité hydrique ou mécanique (filtration, portance).

Renaturation des sols

L'ingénierie pédologique repose sur le modèle du sol naturel en horizons : fond de forme minéral à capacité drainante ou de rétention, sous-face minérale à fort potentiel d'enracinement, surface organique pour la nutrition, l'activité biologique et le développement du chevelu racinaire. La refonctionnalisation de sol urbain dégradé consiste donc à utiliser une base minérale issue de l'existant (sol en place ou économie circulaire des terres excavées du site), à trier et agencer les horizons selon des constitutions et épaisseurs adaptées aux besoins, et mobiliser une filière d'amendement organique. L'état organique est restauré en quelques mois, ce qui rétablit un environnement favorable au développement en quelques années d'une activité biologique du sol, nécessaire au cycle de vie du sol (matière organique, entretien de la structure, etc.). L'échelle de temps pour la reconstitution d'un sol fertile apte à l'implantation d'un couvert végétal est ainsi d'environ 3 mois à 3 ans : le sol reconstitué est fonctionnel pour les plantations et semis dès la 1^{ère} année, sa structuration et son activité biologique se rétablissent progressivement après quelques années.

L'ingénierie végétale associée définit les palettes paysagères implantées, adaptées aux sols en place et reconstitués, à savoir une tendance de sol sableux filtrant, et une possibilité d'alimentation hydrique en profondeur pour les arbres sur le long terme (nappe de la Loire).

Compte tenu du contexte les deux facteurs pédologiques déterminants de la renaturation seront :

- La restauration de l'état organique de surface : la démarche de renaturation s'appuiera au maximum sur les filières locales de fourniture de composts de déchets verts pour les amendements, et de paillage ligneux type BRP.
- L'alimentation hydrique : accès à l'eau en profondeur pour les racines des arbres à moyen / long terme, valorisation de l'eau pluviale d'espaces publics voire bâti notamment à court terme et pour les strates basses pour la reprise des végétaux

Des apports de matériaux terreux fins extérieurs (limon, etc.) pourront s'avérer nécessaires pour servir les besoins, à ajuster avec l'équipe de MOE urbaine et selon le bilan coût/avantage : comparaison de scénarios avec une valorisation plus ou moins poussée.

Support de biodiversité

En interface avec le groupement de MOE urbaine, l'accent pourra être mis sur des palettes à vocation écologique voire favorisant les dynamiques de flore spontanée, associée à une gestion différenciée, intégrant notamment la gestion des Angéliques des Estuaires, et la gestion préventive des invasives typiques de sols urbains dégradés.

L'objectif de biodiversité renvoie à :

- La restauration de la biodiversité du sol : recréer des sols propices au développement de l'écosystème du sol. Sol Paysage porte actuellement avec l'université de Rennes un projet de thèse sur la biodiversité des sols urbains, visant notamment à identifier les conditions de reconstitution de sols les plus favorables à la biodiversité (micro et macrofaune), à travers le suivi de lombriciens comme bioindicateur fonctionnel.
- La diversification des espèces végétales et des habitats : recréer une typologie de sols diversifiés, voire contrastés, permettant de développer différentes ambiances végétales adaptées aux intentions paysagères, écologiques et d'usages. Plusieurs paramètres pédologiques peuvent être ajustés : sol profond / superficiel, sol peu organique / enrichi, sol séchant / alimenté en eau. Certains espaces pourraient être définis comme moins accessibles et orientés vers le développement d'habitats écologiques diversifiés et pérennes. (cf indicateur n°4 du PLUm de Nantes Métropole).

Gérer les terres excavées et le phasage de renaturation

Plateforme

Le principe de valorisation agronomiques des terres présente des avantages techniques, économiques et environnementaux :

- Limitation des coûts d'évacuation de terres excavées en ISD
- Réduction des coûts et nuisances associés aux transports des terres hors Ile de Nantes : circulations de poids lourds, bruit, poussières, bilan carbone, etc.
- Economie d'achat de terre végétale issue de décapages agricoles pour les besoins des aménagements paysagers

L'étude de renaturation des sols doit venir en soutien de l'étude de faisabilité de la plateforme pour définir l'économie circulaire des déblais excédentaires vers la fabrication de terres fertiles : identifier la qualité et les volumes concernés de chaque type de matériau, mettre en place des itinéraires techniques adaptés de tri, criblage, stockage, amélioration par fertilisation, etc.

L'opportunité d'une plateforme physique est favorable à la gestion dans le temps des flux et des besoins de stockage (quantités et qualité), l'accueil de terres nécessitant des précautions de stockage (surfaces imperméabilisées, collecte des eaux de ruissellement), des surfaces pour l'amélioration physique et biologique des terres.

Plusieurs hypothèses d'allotissement de marchés de travaux pourront être envisagées (1 lot de terrassement alimentant la plateforme, 1 lot gérant la plateforme et remettant en place les terres, etc.).

Etats intermédiaires de renaturation

Au-delà de la plateforme stricte, les emprises dédiées à l'amélioration des terres peuvent être intégrée au phasage de commercialisation progressive, sous forme d'emprises paysagères et écologiques temporaires. L'emprise sud-ouest pourrait ainsi être valorisée en « état intermédiaire » en préfiguration du futur parc de Loire pour :

- Le remblaiement / confinement de déblais pollués excédentaires
- La maturation des terres fertiles reconstituées avec la mise en place d'un couvert végétal : amendement organique, ensemencement d'un couvert type prairie, développement de l'activité biologique sur plusieurs années, dynamique écologique de développement de la flore spontanée et d'entretien d'une banque de graine dans le sol.
- Démonstrateur de fertilisation des substrats et de renaturation des sols à partir d'une friche industrielle.

Cette solution peut permettre d'assurer la mise en conformité sanitaire et la première étape de renaturation pour des coûts de réalisation et d'entretien limités, avant l'aménagement des grands espaces verts de l'île.

Démonstrateur

L'espace de démonstration de valorisation des terres peut être compatible avec des initiatives d'agriculture urbaine. Il peut également constituer un site pilote de phytoremédiation, dont le fonctionnement complexe et les dynamiques de long terme ne permettent pas d'envisager un déploiement systématique et rapide sur les espaces publics. Des espaces pourraient être végétalisés sur le moyen terme par des plantes herbacées ou arbustives présentant des capacités d'accumulation, de stabilisation (polluants métalliques) ou de dégradation (polluants organiques).

L'espace de démonstration peut également viser le suivi comparatif de biodiversité suivant différents degrés de renaturation : indicateurs phytosociologiques (développement de la flore spontanée, etc.), bioindicateurs du sol. L'île de Nantes peut constituer un site d'étude dans le cadre du projet de thèse en cours.

Le caractère innovant de la démarche de renaturation des sols voire son exemplarité peuvent s'envisager en partenariat avec le milieu scientifique local (projet POLLUSOL de l'ONUSA / Université de Nantes, IFSTTAR) et générer des possibilités de financements sur des thématiques de gestion des ressources et d'économie circulaire des déchets.

3) Mission exploratoire

Contenu de la mission

La mission exploratoire vise à étudier la faisabilité d'une stratégie de valorisation et renaturation des sols à l'échelle du secteur Sud-Ouest de l'île de Nantes :

1. Synthèse de l'existant, contraintes et ressources, 1^{er} diagnostic de terrain
 - Réunion avec AMO pollution plateforme, définition des rôles de chaque prestataire sur la valorisation des sols
 - Diagnostic à caractère agropédologique sur la base documentaire : intégration de la synthèse BRGM et autres études de sol du secteur sud-Ouest
 - Diagnostic agropédologique de terrain sur 1 secteur d'investigations de pollution (site test de la méthodologie d'investigations mutualisées) : sur la base de 20 descriptions de profils pédologiques, y compris production de fiches illustrées
 - Etablissement d'une première typologie de matériaux : « référentiel »
 - Compréhension des contraintes et potentiels agronomiques, géotechniques, environnementaux
2. Identification des besoins, principes de génie pédologique
 - Réunion / groupe de travail avec la MOE urbaine sur les intentions / opportunités en termes de renaturation et de biodiversité
 - Rencontre du service Espaces Verts Ville de Nantes sur les principes de constitution des sols et la stratégie végétale (gestion, dynamiques écologiques) : retours d'expérience sur la palette végétale et les plantations de l'île réalisées il y a 20 ans
 - Définition des grands principes de constitution des sols du projet : sols fertiles, infiltrants, portants
3. Scénarios de valorisation et aide à la décision
 - Identification des scénarios possibles selon l'existant : stratégie globale de réemploi vers des économies de coûts de travaux
 - Scénarios de phasage : tri par la plateforme, mise en place d'états intermédiaires, etc.
 - Premier bilan quantitatif ressources-besoins
 - Pré-chiffrage des scénarios (base ratios) pour évaluer la pertinence technique et économique d'une gestion innovante des terres et de la renaturation des sols
 - Synthèse : tableau de bilan coûts-avantages
4. Bilan et perspectives
 - Identification des études nécessaires pour développer la stratégie : investigations complémentaires initiales (agropédologiques et géotechniques), contrôle par les AMO pollution et plan guide de gestion des sols, essais de renaturation et suivi biologique, etc.
 - Rapport de mission et de cadrage des besoins
 - Réunion de restitution

La mission fait l'objet de présentations ou comptes-rendus de réunions, et d'un rapport de mission.

Chiffrage et calendrier

	Mission exploratoire	Interfaces	PU / Qtté jours			TOTAL jours	montant HT
			950 € expert	800 € chargé d'affaire	600 € chargé d'étude		
1	Synthèse de l'existant, contraintes et ressources, 1er diagnostic terrain	AMO investigations, AMO pollution plateforme		1	7	8	5 000 €
2	Identification des besoins, principes de génie pédologique	MOE urbaine, DEV, AMO Angélique	2	4	4	10	7 500 €
3	Scénarios de valorisation et aide à la décision	MOE urbaine	2	4	4	10	7 500 €
4	Bilan et perspectives	AMO pollution plateforme	1	2	4	7	4 950 €
			5	11	19	35	
						MONTANT TOTAL HT	24 950 €
						TVA 20%	4 990,00 €
						MONTANT TOTAL TTC	29 940,00 €

Calendrier prévisionnel

Mission exploratoire	mois 1	mois 2	mois 3	mois 4
1 Synthèse de l'existant, contraintes et ressources	X			
2 Identification des besoins, principes de génie pédologique	X	X		
3 Scénarios de valorisation et aide à la décision		X	X	
4 Bilan et perspectives				X

4) Références Sol Paysage

Sol Paysage offre depuis plus de vingt ans une double expertise des diagnostics de sols urbains et de la maîtrise d'œuvre opérationnelle des projets de nature en ville. Nous développons des solutions d'ingénierie de travaux des sols fertiles et plantations, en position d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage ou Maîtrise d'œuvre, des phases pré-opérationnelles jusqu'au suivi de travaux.

Notre stratégie d'innovation se traduit par la participation à de nombreux projets à caractère innovant ou expérimental, impliquant des partenaires privés, publics, institutionnels, scientifiques. Sol Paysage est administrateur du Vivant & la Ville, de Plante & Cité, et membre actif de l'Union Professionnelle de Génie Ecologique (UPGE).

Les visuels ci-après sont extraits d'études récentes de valorisation des sols en contexte urbain :

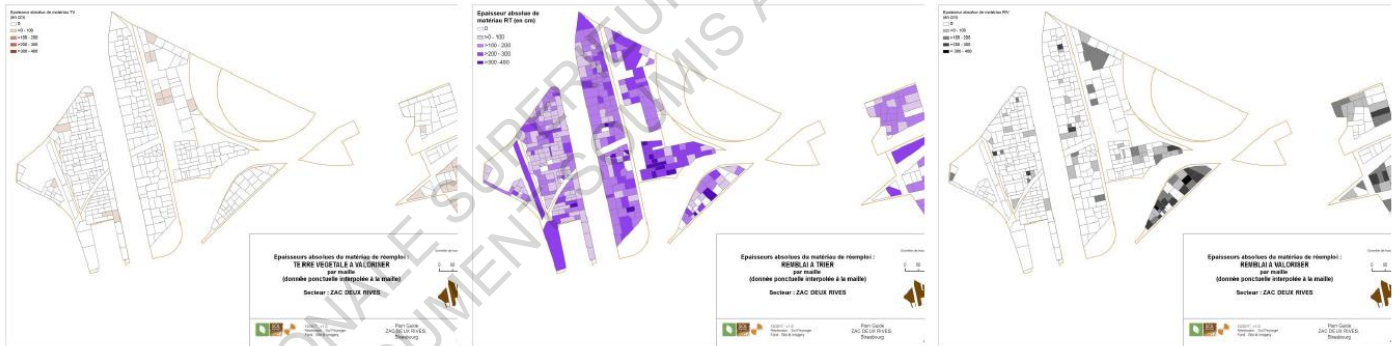
- ZAC des Deux Rives à Strasbourg, pour la SPL Deux Rives
- ZAC du Nouveau Bassin sur la Presqu'île de Caen, pour la SPLA Caen Presqu'île
- ZAC de l'Union à Lille, pour la SEM Ville Renouvelée
- ZAC St Jean Belcier à Bordeaux, pour l'EPA Euratlantique
- Projet de plateforme de fabrication Terre Fertile 2.0, Lyon Métropole
- Ecocité à La Réunion, Territoire de la Côte Ouest
- ZAC Quartier de l'Ecole Polytechnique et plateau de Saclay, EPA Paris-Saclay

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



SCENARIO CONCERNÉ : A	TECHNIQUE : Approvisionnement en matériaux/terres fertiles	ITINÉRAIRE 1 : SUBSTITUTION MATÉRIEAUX NATURELS/REMBLAIS → AUTONOMIE SECTEUR
Principe : Sur la ZAC, « sourcing » des matériaux naturels sous-jacents par substitution avec les remblais de surface	Etapes : 1. Secteur avec volumes de matériaux naturels valorisables importants. 2. Ratio volume naturel/remblai >1	Application : Espaces privés Condition d'application : Épaisseur de matériaux naturels >0,5m entre 0 et -3m/TN
Process 1. Déblaiement des matériaux de remblais (à trier et revaloriser le cas échéant), stockage sur ¼ du lot privé 2. Déblaiement des matériaux naturels valorisables (à stocker et traiter : amendement), stockage sur ¼ du lot privé 3. Remblaiement avec matériaux de remblais divers à la cote projet 4. Remblaiement avec un mélange terre-compost sur 30cm d'épaisseur + pré-verdissement	Avantages - Economique sur le plan financier - Principe d'économie circulaire - Pas d'évacuation de déchets, pas d'achat de matériaux exogènes à la ZAC - Ressources à proximité des besoins/autonomie des secteurs concernés - Foncier temporairement disponible - Compatible avec les usages futurs - Compatible avec les traitements de dépollution (décaissement des remblais, Multivalorisation opérationnelle/gain de temps)	Inconvénients - Repose sur la réalisation d'études de diagnostic agro-pédologique, environnemental, géotechnique et analyse de la faisabilité opérationnelle en amont du projet - Contraintes d'une démarche innovante, expérimentale - Réalisation anticipée aux travaux du projet - Temps de réalisation - Zone de stockage temporaire dans le secteur
ASPECT TECHNIQUE		
ASPECT ADMINISTRATIF, JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE	Conformité réglementaire : vérification de la compatibilité sanitaire de la mise en remblai de terres non inertes, par rapport à la cote de plus hauts eaux	
ASPECT ÉCONOMIQUES	Coût de la technique (excavation, substitution) : 11 à 13,20€/m3 de remblais par des matériaux naturels escavés	
ASPECT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIÉTAL	Impact transport limité (zone ressource proche de zone de besoin) ; limitation des gaz à effet de serre et nuisances sonores trafic Impact valorisation moyen : nuisances sonores Impact pédologie moyen : modification de l'enchaînement des couches pédologiques et modification qualitatifs des matériaux valorisés Impact spatial / psychologique très positif : matériaux locaux réutilisés, bonne acceptabilité de la démarche de valorisation des matériaux du site vis-à-vis du maître d'ouvrage	

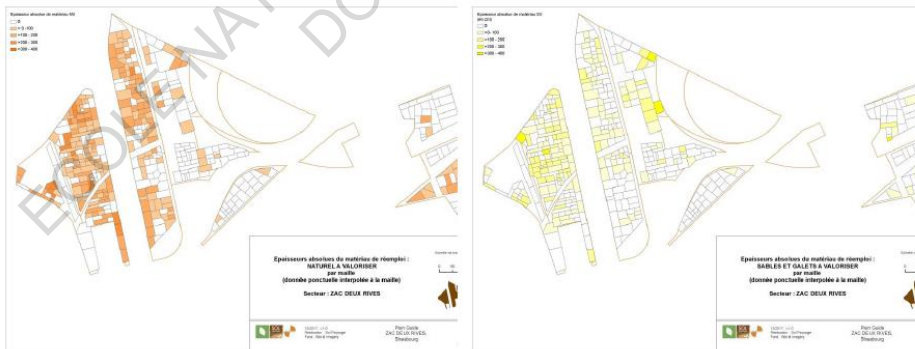
ZAC Deux Rives à Strasbourg, Sol Paysage / SPL Deux Rives



Matériaux de Terre végétale à valoriser (TV)

Matériaux de remblais à trier (RT)

Matériaux de remblais à valoriser (RV)



Matériaux naturels à valoriser (NV)

Matériaux de sables à valoriser (SV)

ZAC Deux Rives à Strasbourg, Sol Paysage / SPL Deux Rives



Projet de plateforme Terres Fertiles 2.0, Sol Paysage / Lyon Métropole

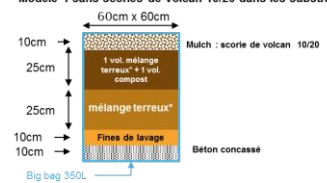


Démonstrateur de substrats et plantations sur le plateau de Saclay, Sol Paysage / EPA Paris-Saclay



Vue de profil des modèles de sols constituant le prototype

Modèle 1 sans scories de volcan 10/20 dans les substrats H1 et H2



Modèle 2 avec scories de volcan 10/20 dans les substrats H1 et H2



*Mélange terreux :
1 vol. fines + 2 vol. de terre criblée ou terre de Tan Rouge

Essais de fabrication de substrats en économie circulaire, Ecocité la Réunion, Sol Paysage / TCO