



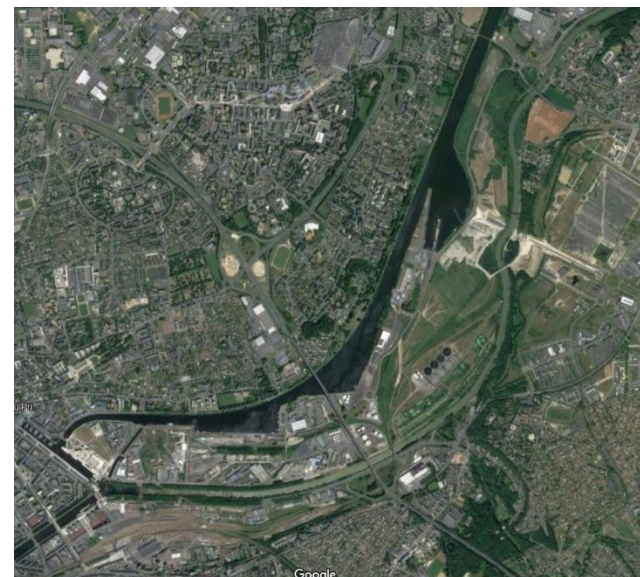
Démarche soutenue par l'Etat – Fonds
National d'Aménagement et de
Développement du Territoire - et la Région
Normandie, dans le cadre du CPIER Vallée de
la Seine



14/10/2021 - POLLUTEC

Mise en œuvre d'une démarche de valorisation des sols à l'échelle d'un territoire

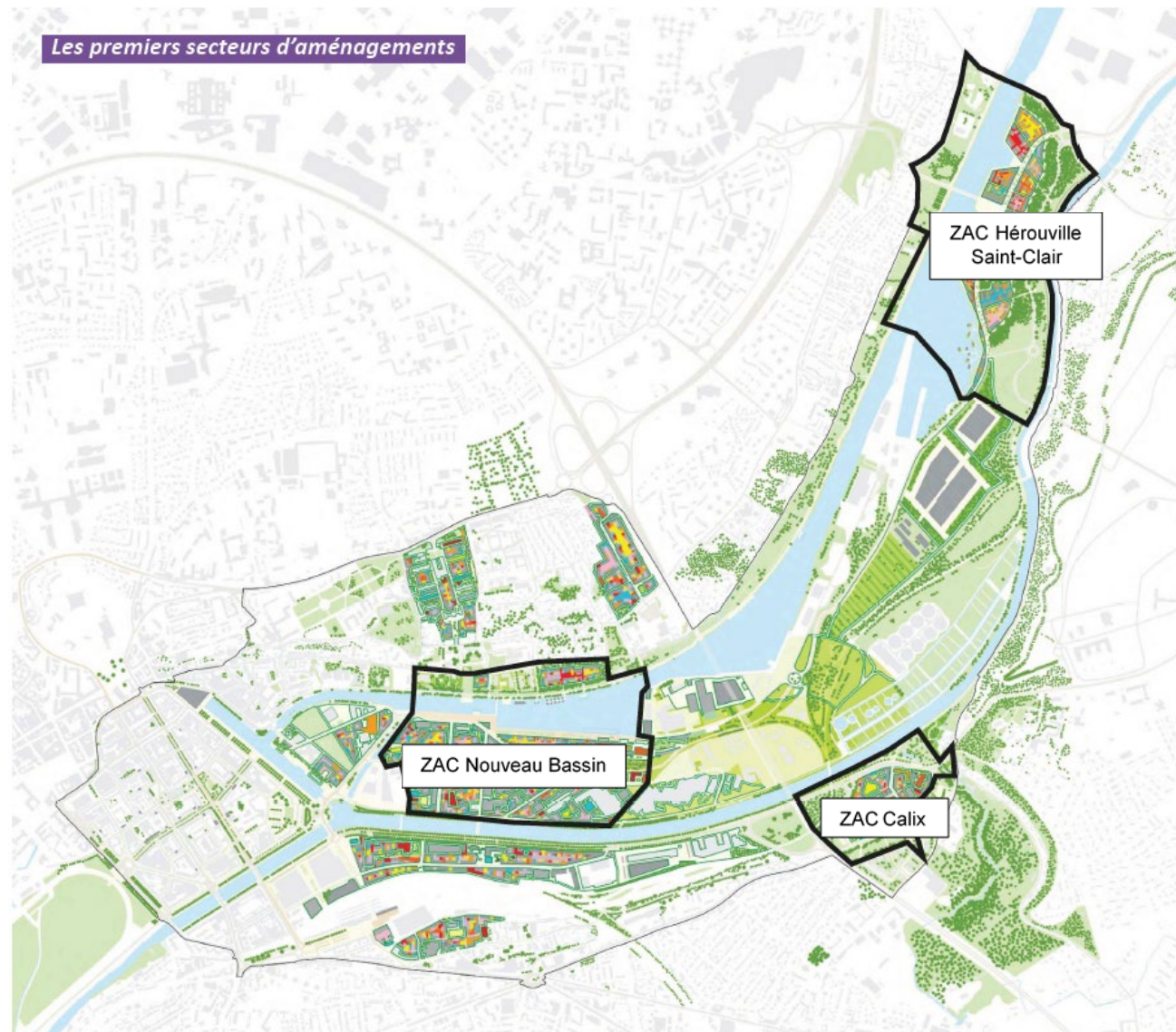
Presqu'île de Caen



TERRITOIRE DE CAEN PRESQU'ÎLE



PROJET CAEN PRESQU'ÎLE



MISSION AMO VALORISATION DES TERRES



PLAN DE GESTION

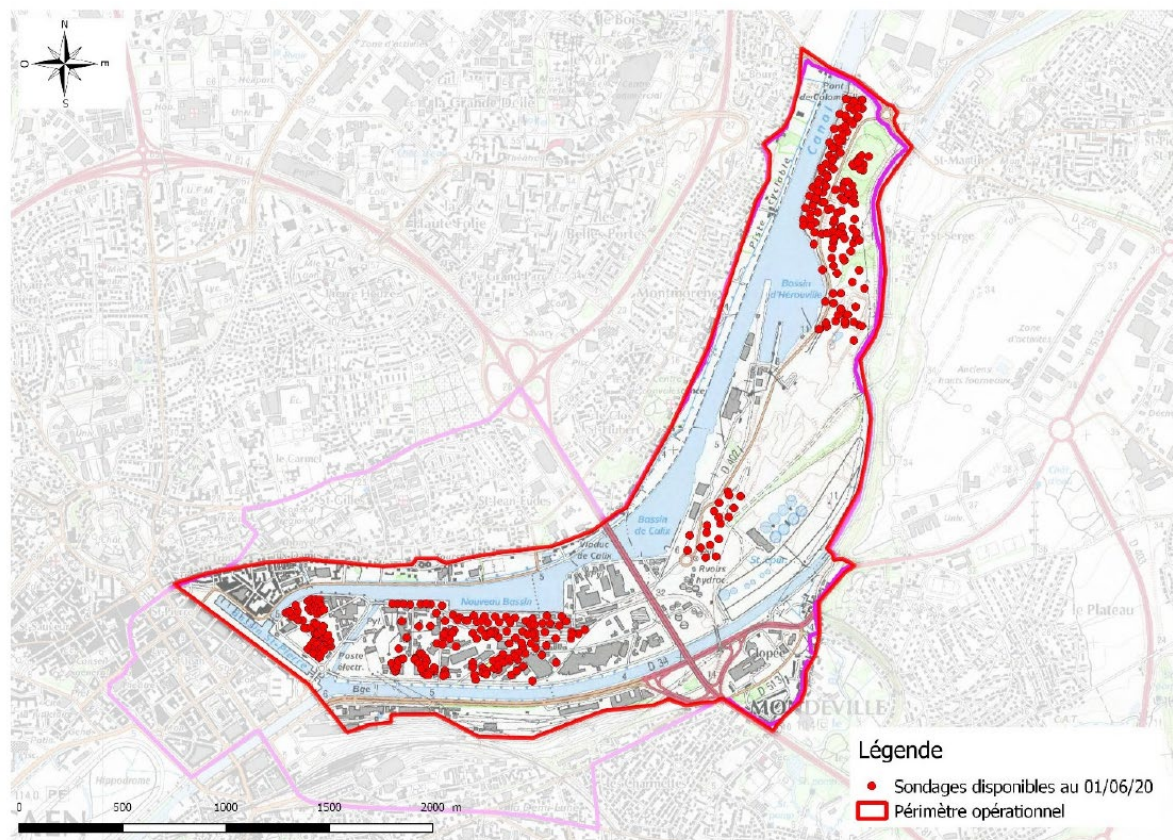
400 sondages pelles
mécaniques

105 sondages carottés

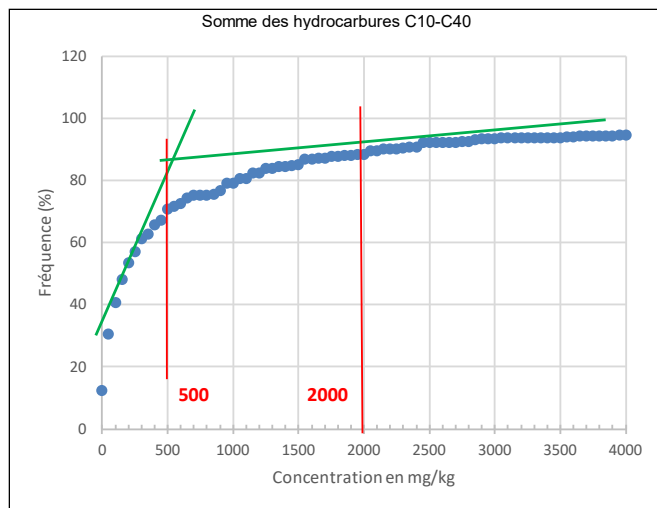
876 échantillons
analysés

Choix : 3 Méthodes de
détermination des ZPC :

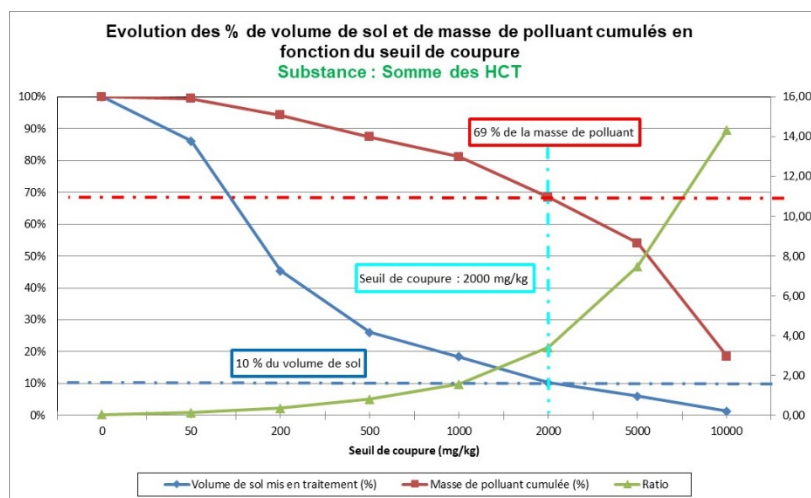
- bilan massique
- étude de la distribution
des polluants au droit
du site
- approche
géostatistique



PLAN DE GESTION : RÉSULTATS DES 3 MÉTHODES ZPC

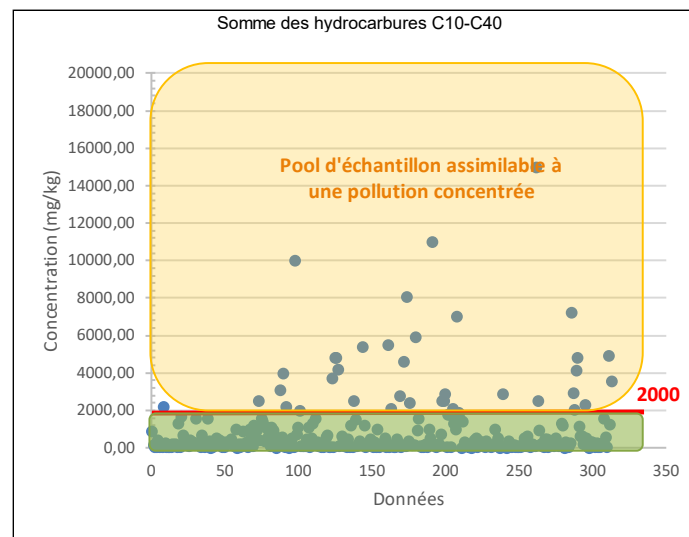


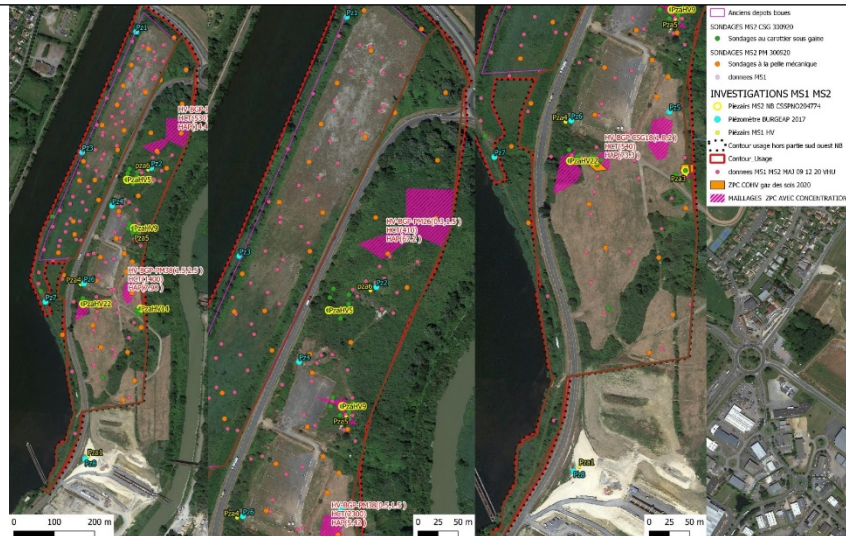
Exemple pour les HCT C10-C40



Exemple pour les HCT C10-C40

Exemple pour les HCT C10-C40





Paramètre	ZAC Hérouville Seuil de coupure (mg/kg MS)	Volume de ZPC (m3)
HCT C10-C40	1000	± 4500 m3
HAP	100	
Naphtalène	2	
BTEX	1	
COHV	0,85	

PLAN DE GESTION

❑ Solutions de gestion

❑ Scénario 1 : excavation et élimination hors site

❑ Scénario 2a : excavation, traitement sur la plateforme de tous les déblais impactés puis :

- réutilisation d'une partie des déblais traités,
- confinement de l'autre partie dans un parc paysager

❑ Scénario 2b : excavation et :

- traitement sur la plateforme des déblais les moins impactés puis réutilisation sur site
- confinement dans un parc paysager des déblais excédentaires et des déblais les plus impactés non traités

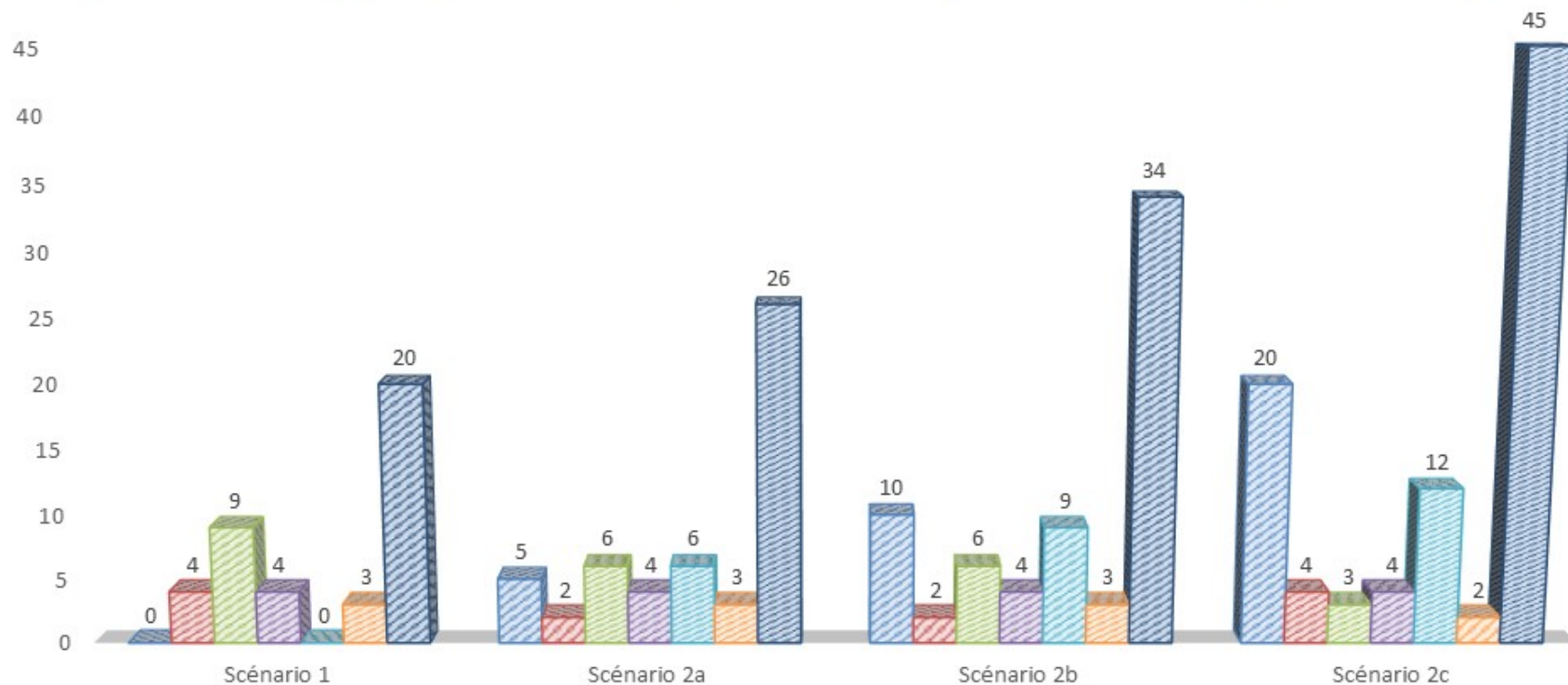
❑ Scénario 2c : excavation, confinement dans un parc paysager sans traitement préalable de tous les déblais impactés et traitement par phytoremediation

❑ Validation sanitaire des seuils de coupure et des mesures de gestion dans l'ARR - proposition de mesures constructives

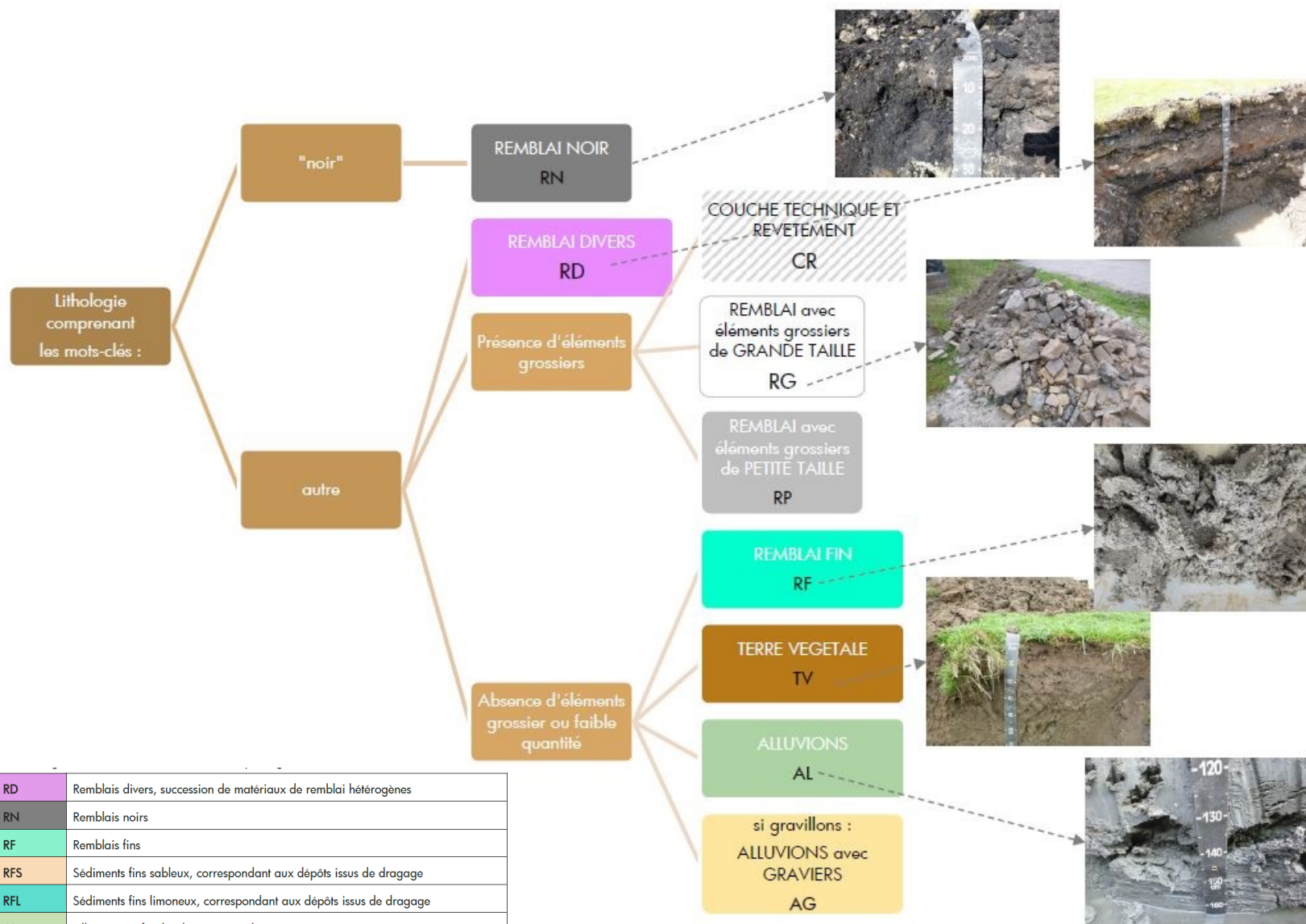
PLAN DE GESTION : RÉSULTAT DU BILAN COUT AVANTAGE

BILAN BCA

■ Critère économique
■ Délai
■ Critère technique
■ Critère socio-politique
■ Critère environnemental
■ Critère juridique
■ TOTAL

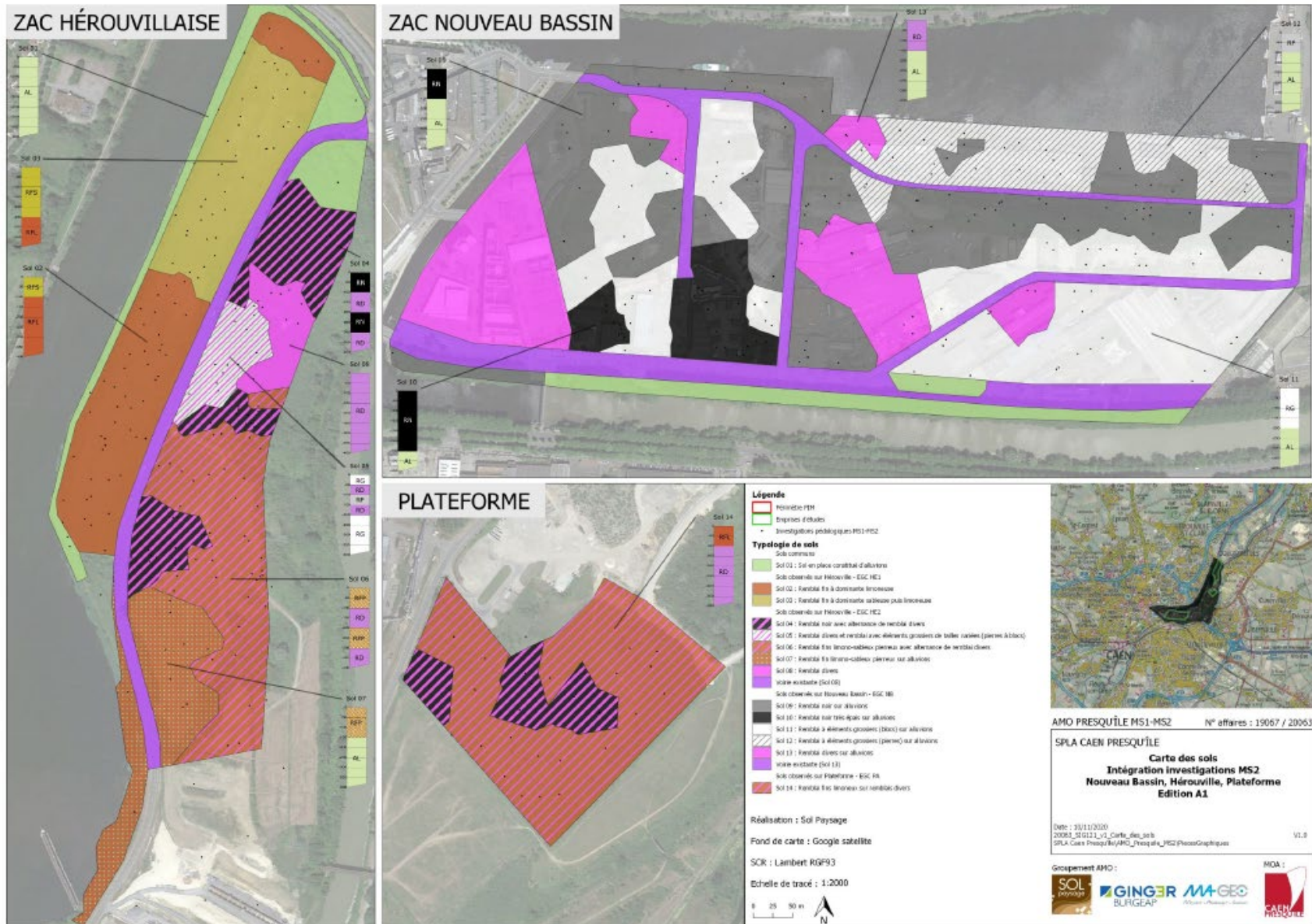


STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - TYPOLOGIE DES SOLS



RD	Remblais divers, succession de matériaux de remblai hétérogènes
RN	Remblais noirs
RF	Remblais fins
RFS	Sédiments fins sableux, correspondant aux dépôts issus de dragage
RFL	Sédiments fins limoneux, correspondant aux dépôts issus de dragage
AL	Alluvions profondes, limons vasards

STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - TYPOLOGIE DES SOLS



STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - TYPOLOGIE DES SOLS

❑ Réemploi potentiel BESOINS par types de matériaux RESSOURCES

Code	Nom	Descriptif	Caractéristiques	Réemploi en matériau pour nivellement général	Réemploi en matériau fertile	Réemploi en matériau technique	Traitement potentiel pour réemploi
RD	remblais urbains divers hétérogènes dont éléments grossiers	Remblais divers (succession de matériaux de remblai hétérogènes, granulométrie et répartition variable)	hétérogène, granulométrie fine à grossière, charge en éléments grossiers variables (blocs, pierres, cailloux, DIB), teneur en matière organique issus de charbonnage variable, impacts variables en polluants, volume important	oui	non	oui	Tri, criblage, concassage
RN	remblais urbains noirs	Remblai noir	homogène, teneur en matière organique très élevée, granulométrie fine à grossière, charge en éléments grossiers variable (pierres, cailloux, graviers), impacts variables à assez élevés en polluants	sous conditions	non	non	Tri, criblage, restrictions sanitaires et environnementales
RF	remblai fin de sable / limon / argile	Remblai fin à peu d'éléments grossiers	homogène, granulométrie fine variable, faible charge en éléments grossiers, teneur en matière organique faible, assez faibles impacts en polluants, volume important	oui	sous conditions	sous conditions	tri nécessaire, amendement organique nécessaire en sol fertile
RFS	Sédiments fins sableux	Remblai fin issus des sédiments de dragage et à dominante sableuse	homogène, granulométrie de sable fin, charge nulle en éléments grossiers, teneur en matière organique faible, faibles impacts en polluants, volume important	oui	oui	oui	amendement organique nécessaire en sol fertile, renaturation par pré-végétalisation
RFL	Sédiments fins limoneux	Remblai fin issus des sédiments de dragage et à dominante limoneuse	homogène, granulométrie fine (limon argileux), charge nulle en éléments grossiers, teneur modérée en matière organique, impacts assez faibles en polluants, volume important	sous conditions	oui	non	tri nécessaire, amendement organique uniquement en sol fertile de surface
AL	alluvions	Alluvions (limons, argiles, sables, profonds)	homogène, granulométrie fine, charge nulle en éléments grossiers, teneur en matière organique assez élevée, impacts faibles en polluants, volume faible	sous conditions	oui	non	séchage, émotage si sol fertile, amendement organique uniquement en sol fertile de surface

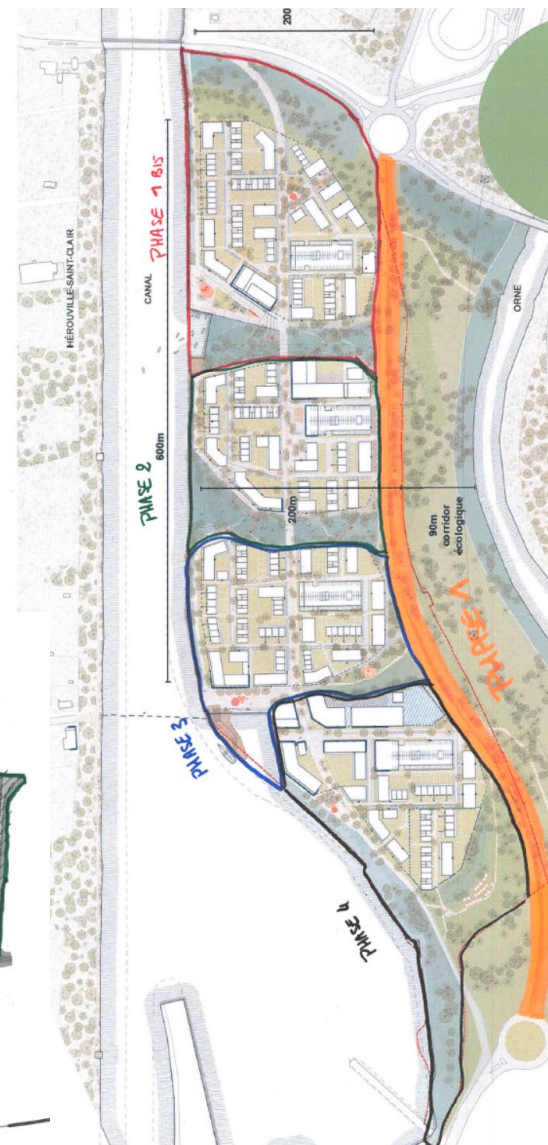
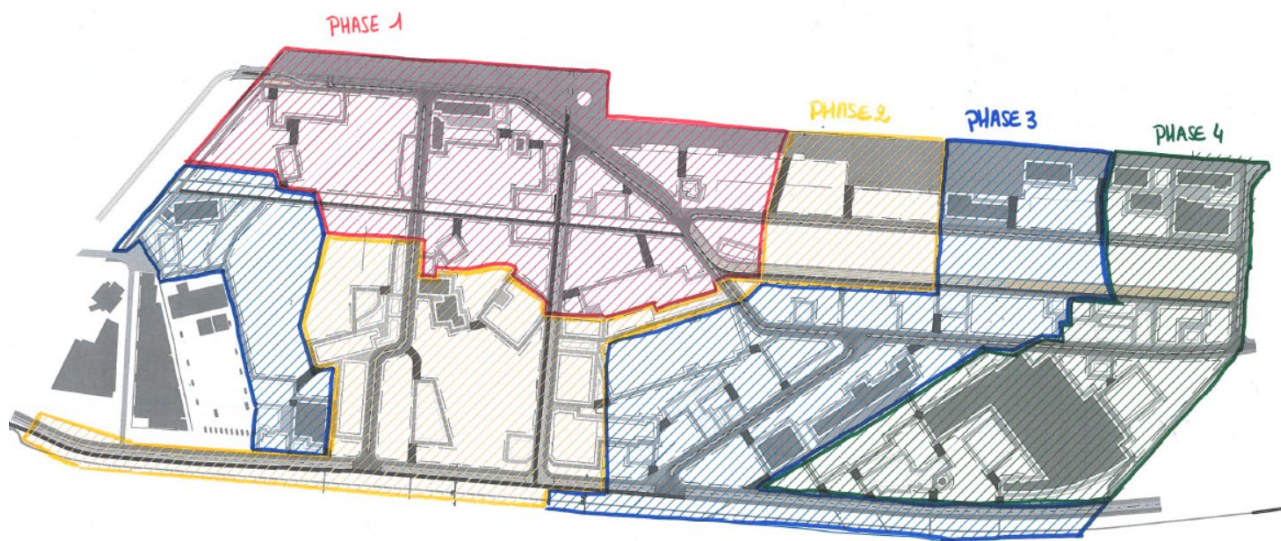
STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - PHASAGE ET ENJEUX VOLUMIQUES

❑ ZAC NB : Phasage (plan guide 2017)

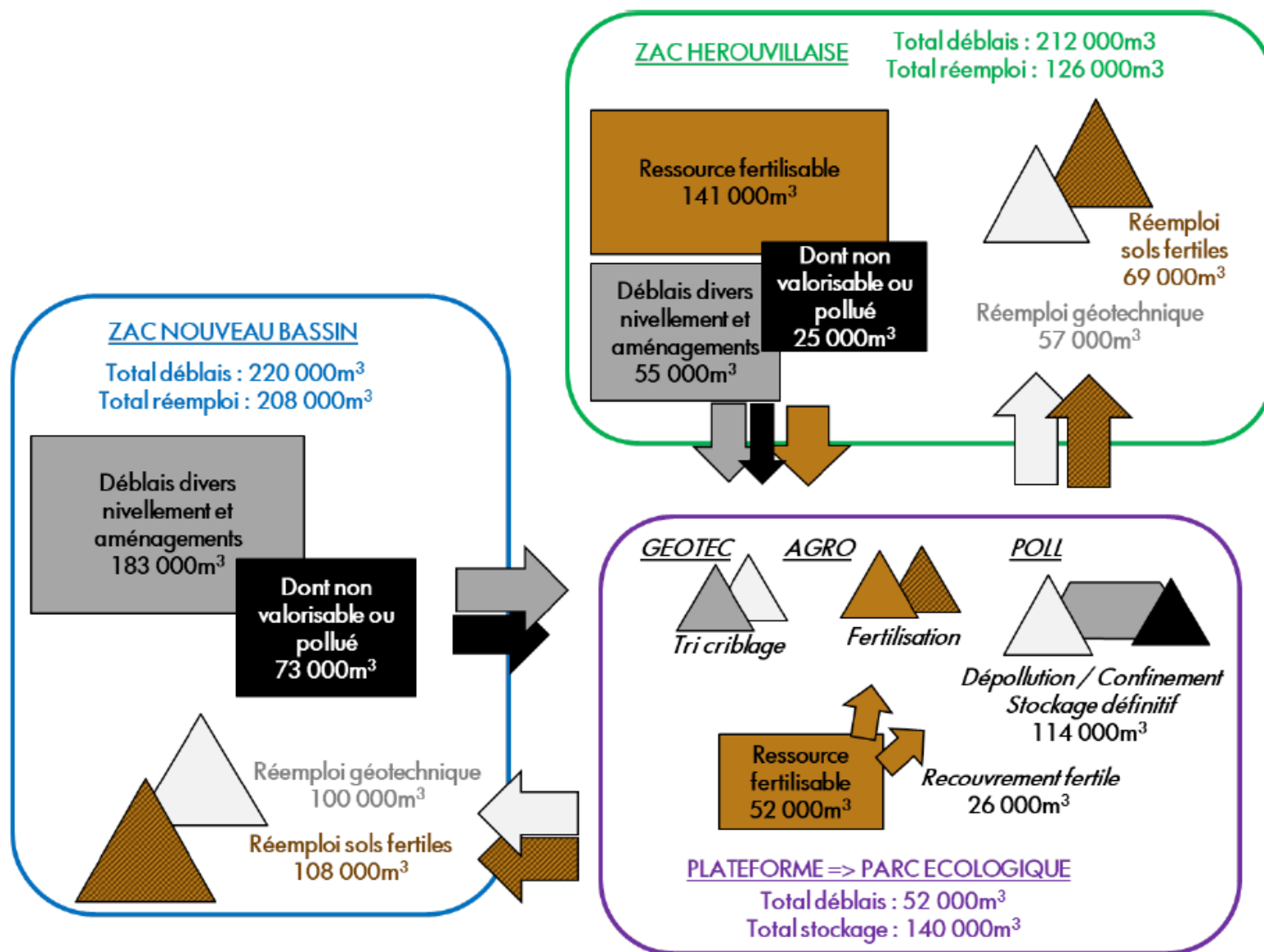
- ➔ Début des travaux 2022 et effectués sur 20 ans
- ➔ Durée d'une phase de chantier entre 4 et 6 ans

❑ ZAC HSC : Phasage (Nexity 2021)

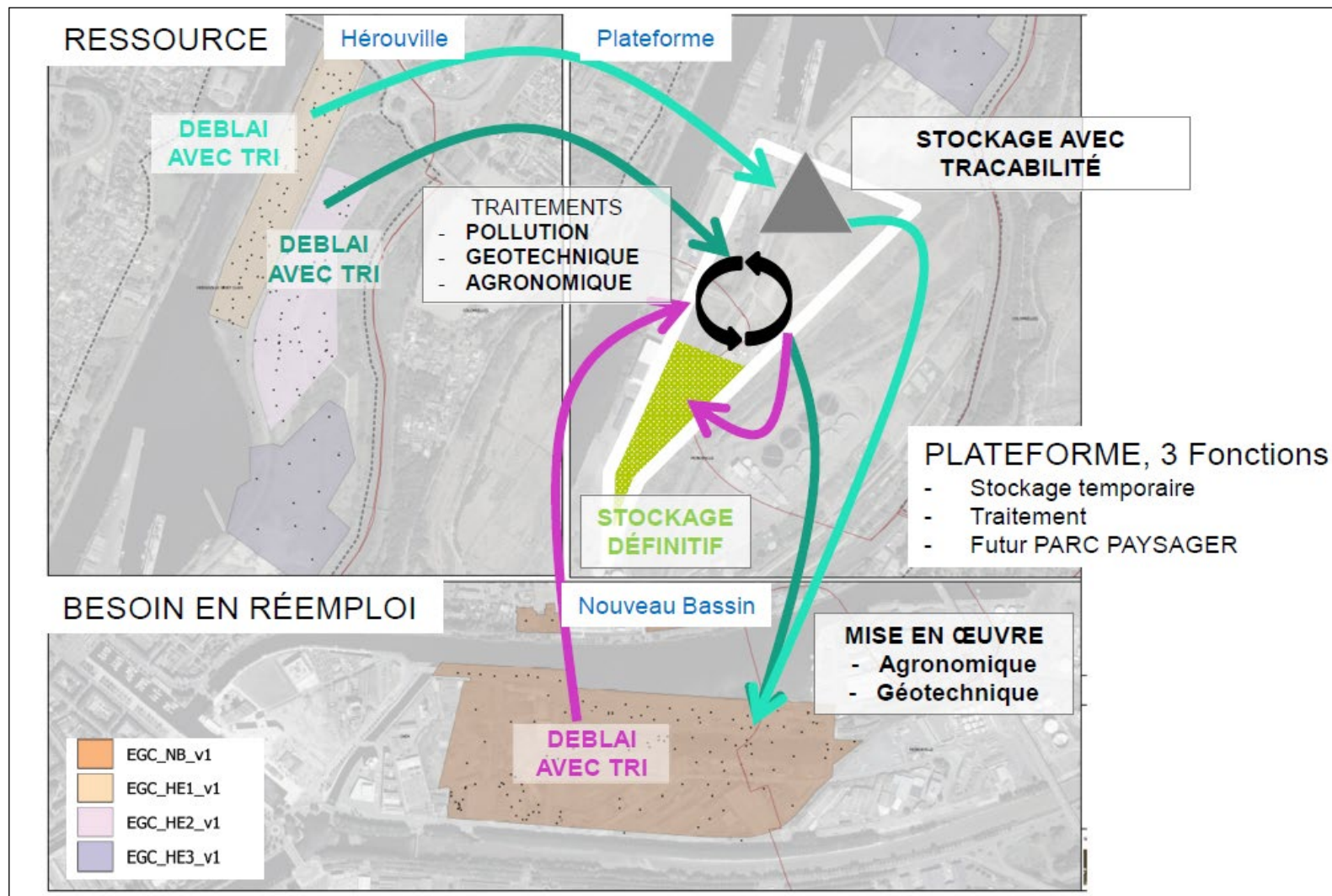
- ➔ Début des travaux 2022/2023 et effectués sur 15 ans
- ➔ Durée d'une phase de chantier entre 3 et 4 ans



STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - PHASAGE ET ENJEUX VOLUMIQUES



SCHEMA FONCTIONNEL DE LA PLATEFORME DE VALORISATION



STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - DÉMARCHE

- PIM : échelle d'un site (Note ministérielle 20-106 du 10/12/2020)
- Gestion des déblais non soumis au statut sur les déchets
- **Réutilisation sur site « inspirée » du guide TEX du BRGM (2020)**

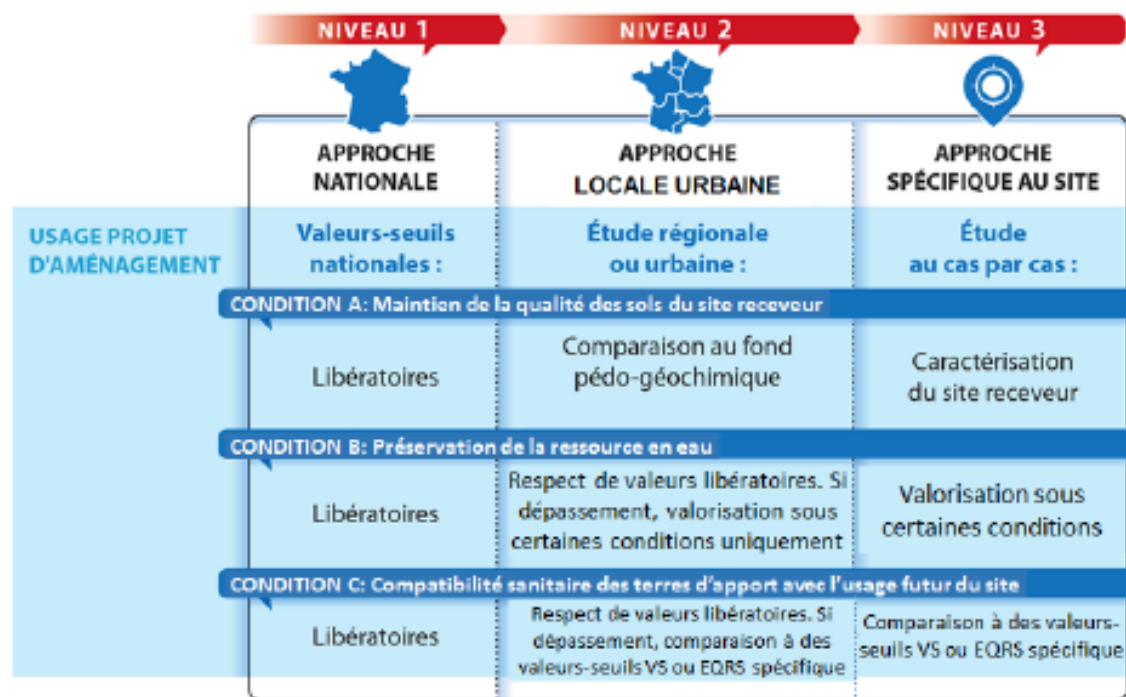


Figure 3 : Principe de la démarche de valorisation des terres excavées à trois niveaux

STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - FPGA

- ❑ Guides pour la détermination des valeurs de fonds dans les sols – échelle d'un territoire / échelle d'un site (ADEME, Novembre 2018)

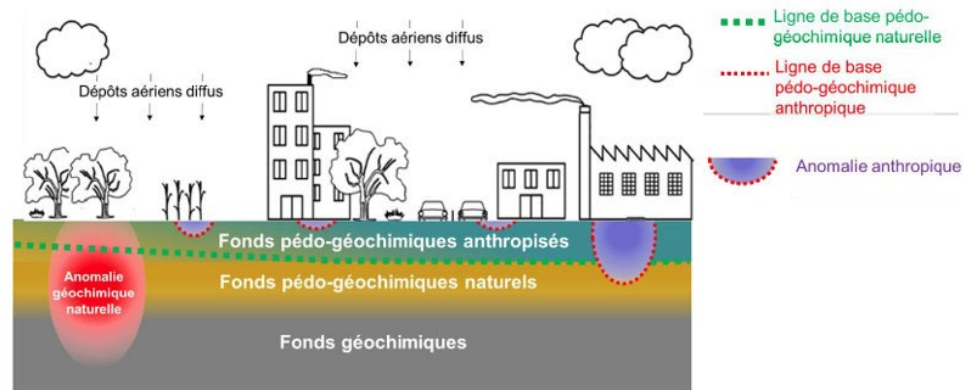


Figure 2 : Schéma conceptuel définissant les fonds géochimiques (ADEME, 2018)

- ❑ Fond = « une gamme (population statistique) de concentration d'une substance donnée dans le sol ou le sous-sol, à une profondeur donnée et sur un territoire donnée » (ADEME, 2018)
- ❑ Approche :
 - ➔ Description des sols d'un point de vue pédologique – structuration des données selon la lithologie
 - ➔ Etablissement des valeurs de FOND par nature pédologique ET Entités Géographiques Cohérentes

STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - FPGA

Application du guide ADEME. 2018. Méthodologie de détermination des valeurs de fonds dans les sols : Echelle d'un site.

❑ 2 variables catégorielles

- ✓ matériaux (mat : RD, RF, RG, RN, RP, AL, R)
- ✓ **Entité Géographique Cohérente** (EGC : HE1, HE2, NB, PA)

❑ 10 variables continues : paramètres chimiques de pollution organique (2) et métallique (8)

❑ 8 couples EGC x Matériaux

- ✓ HE1+HE2+NB x AL
- ✓ HE1 x RFL
- ✓ HE1 x RFS
- ✓ HE2 x R2 (RD+RN)
- ✓ HE2 x R1 (RG+RF+RP)
- ✓ NB x R1 (RG+RF+RP)
- ✓ NB x R2 (RD+RN)
- ✓ PA x R (RD + RD + RF)

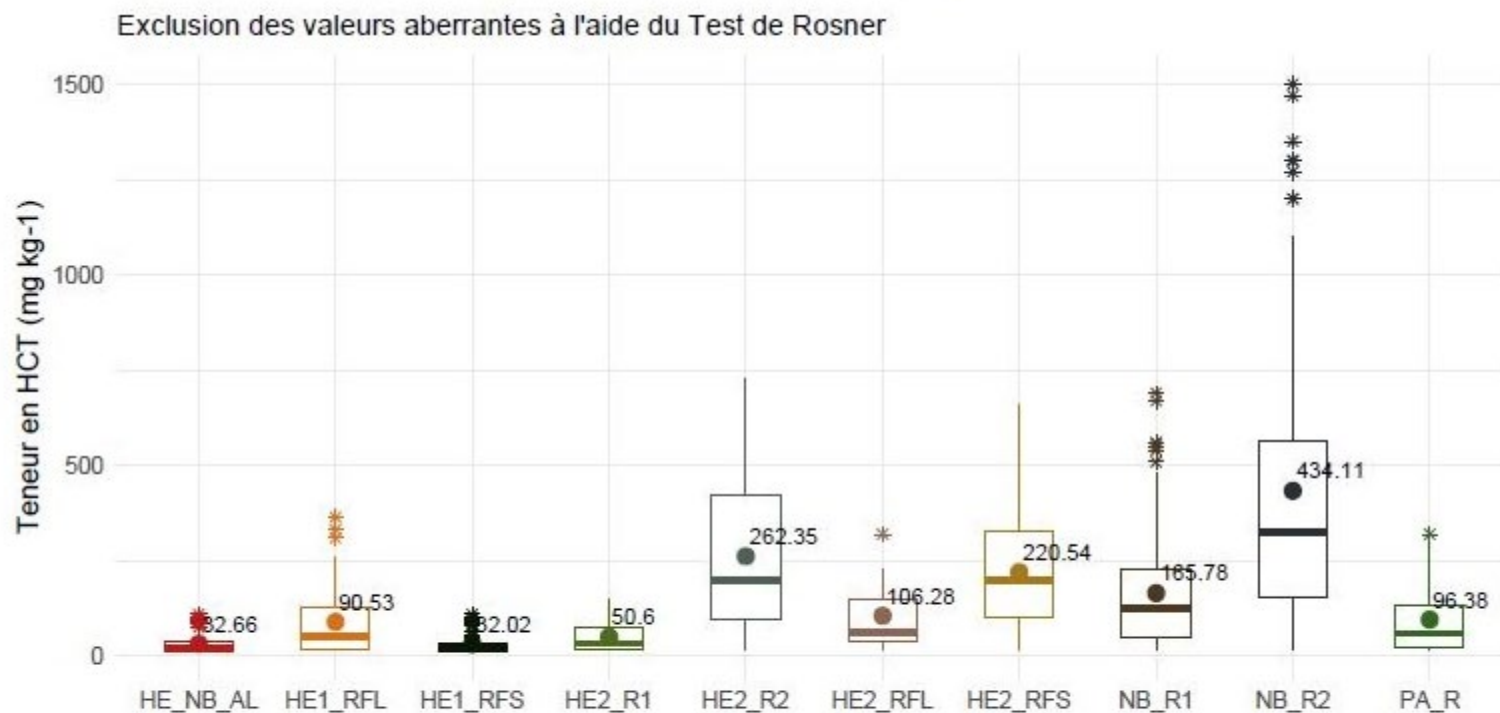
STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - FPGA

- En concertation avec l'ADEME -> adaptation du guide en réalisant une première élimination des valeurs aberrantes ou significatives de ZPC

Famille	Substance	Médiane ASPITET	ASPITET (max de la gamme de valeurs dans les sols ordinaires)	Seuil ISDI	Seuils d'exclusion retenus	Détail
ETM	Pb	34,1	50	X	170,5	médiane ASPITET x 5
	Cd	0,16	0,45	X	0,8	médiane ASPITET x 5
	Hg		0,06 (médiane de la gamme 0-0,1)	X	0,3	médiane ASPITET x 5
	Cu	12,8	20	X	38,4	médiane ASPITET x 5
	Zn	80	100	X	240	médiane ASPITET x 5
	As		12,5 (médiane de la gamme 1-25)	X	62,5	médiane ASPITET x 5
	Ni	31	60	X	93	médiane ASPITET x 5
	Cr	66,3	90	X	198,9	médiane ASPITET x 5
HAP	Somme 16 HAP	X	X	500	1500	seuil ISDI x 3
HCT	Hydrocarbures C10-C40	X	X	50	150	seuil ISDI x 3

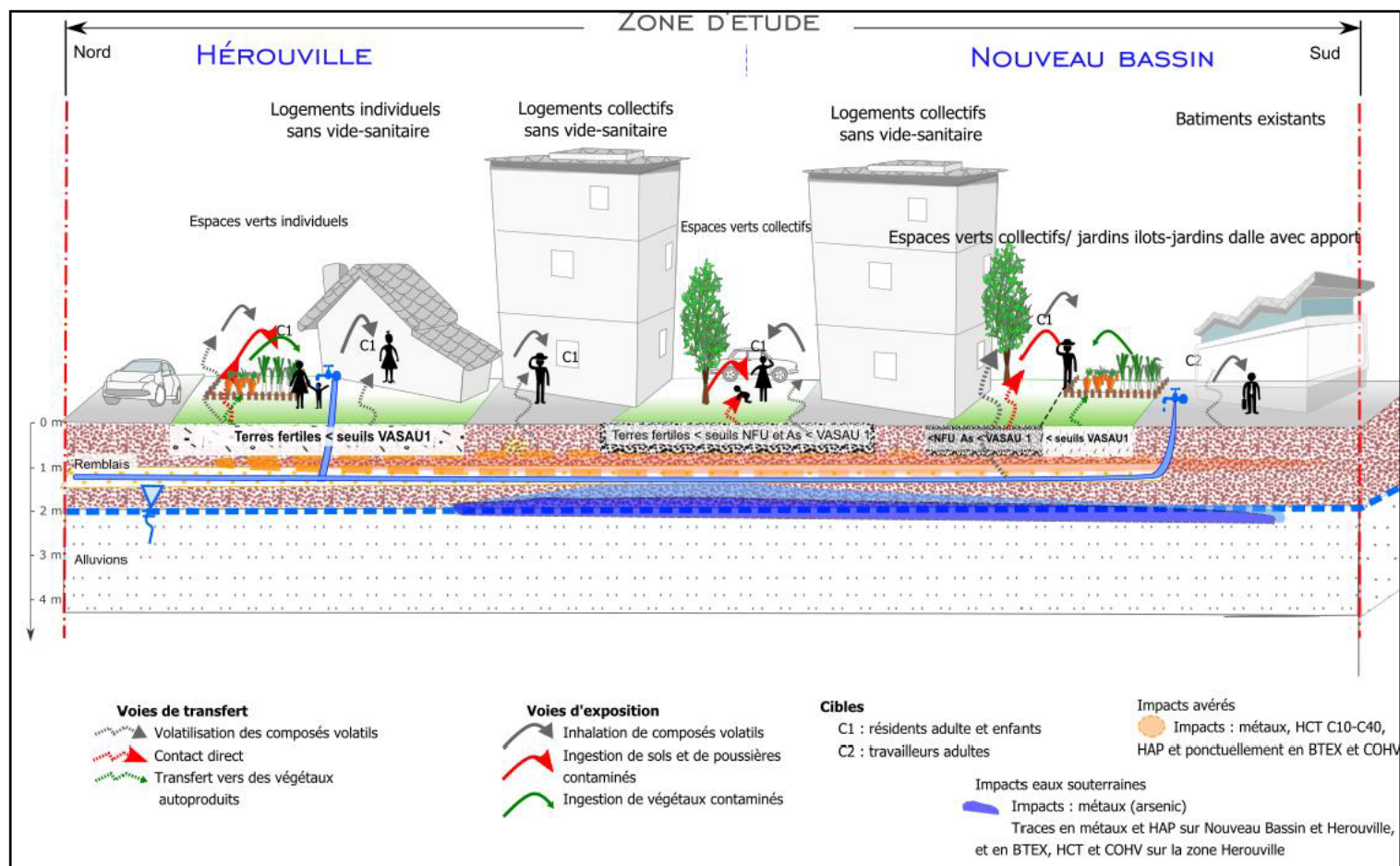
- 3 traitements statistiques (exploration visuelle et statistique):**
 - ✓ 1/ sur données brutes
 - ✓ 2/ sur données corrigées avec seuil de coupure
 - ✓ 3/ sur données corrigées sans valeurs extrêmes selon test de Rosner)

STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX - FPGA



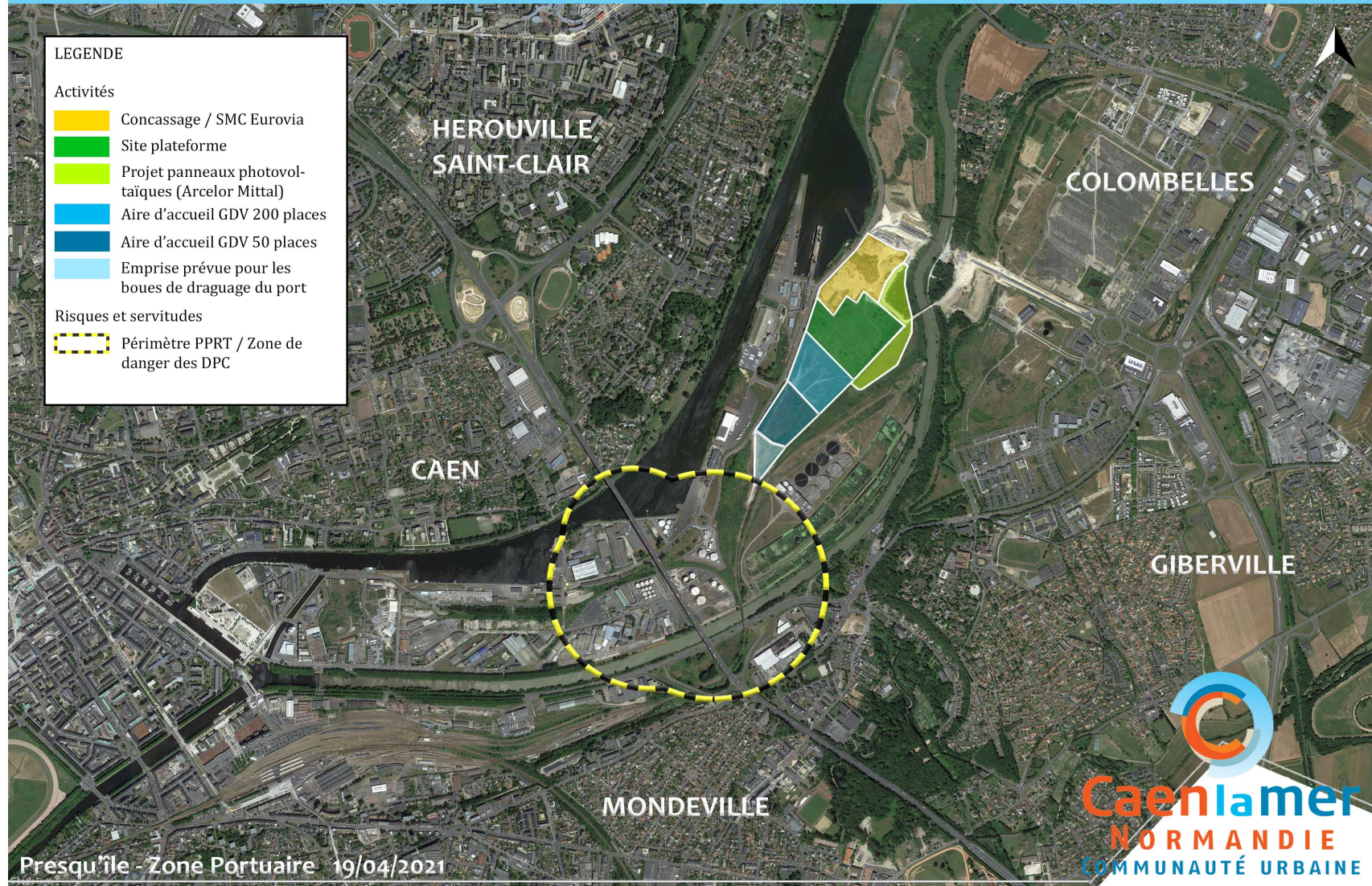
Histogramme & boxplot données corrigées – seuil de coupure 3 x ISDI + test de Rosner

STRATÉGIE DE VALORISATION DES TEX – COMPATIBILITÉ SANITAIRE



→ Niveaux de risques estimés inférieurs aux critères d'acceptabilité

Zone Presqu'île - Inventaire Activités INTER ZAC



PLATEFORME - PRINCIPE

❑ Principe

- En application de la note nomenclature sur les déchets du 25 avril 2017, les terres excavées, qu'elles soient polluées ou non, qui sont évacuées du site dont elles sont extraites ont un statut de déchet. Ainsi, la gestion des terres excavées en dehors de leur site d'origine est réalisée conformément à la législation applicable aux déchets, notamment en ce qui concerne les modalités de traçabilité et de responsabilités
- Note ministérielle 20-106 du 10/12/2020 relative aux modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets : notion de site acceptée par les services de l'état correspond au périmètre de la parcelle ou de l'opération d'aménagement
- Territoire du PIM = un seul et même site
- Gestion des terres excavées sur le territoire du PIM - > ces terres ne prennent pas le statut de déchets tant qu'elles restent stockées et qu'elles sont valorisées au sein de ce territoire
- La gestion de ces terres est prévue par la mise en œuvre d'un plan de gestion global de réutilisation des terres excavées sur site, conformément aux enjeux sanitaires environnementaux du projet

PLATEFORME – FAISABILITÉ

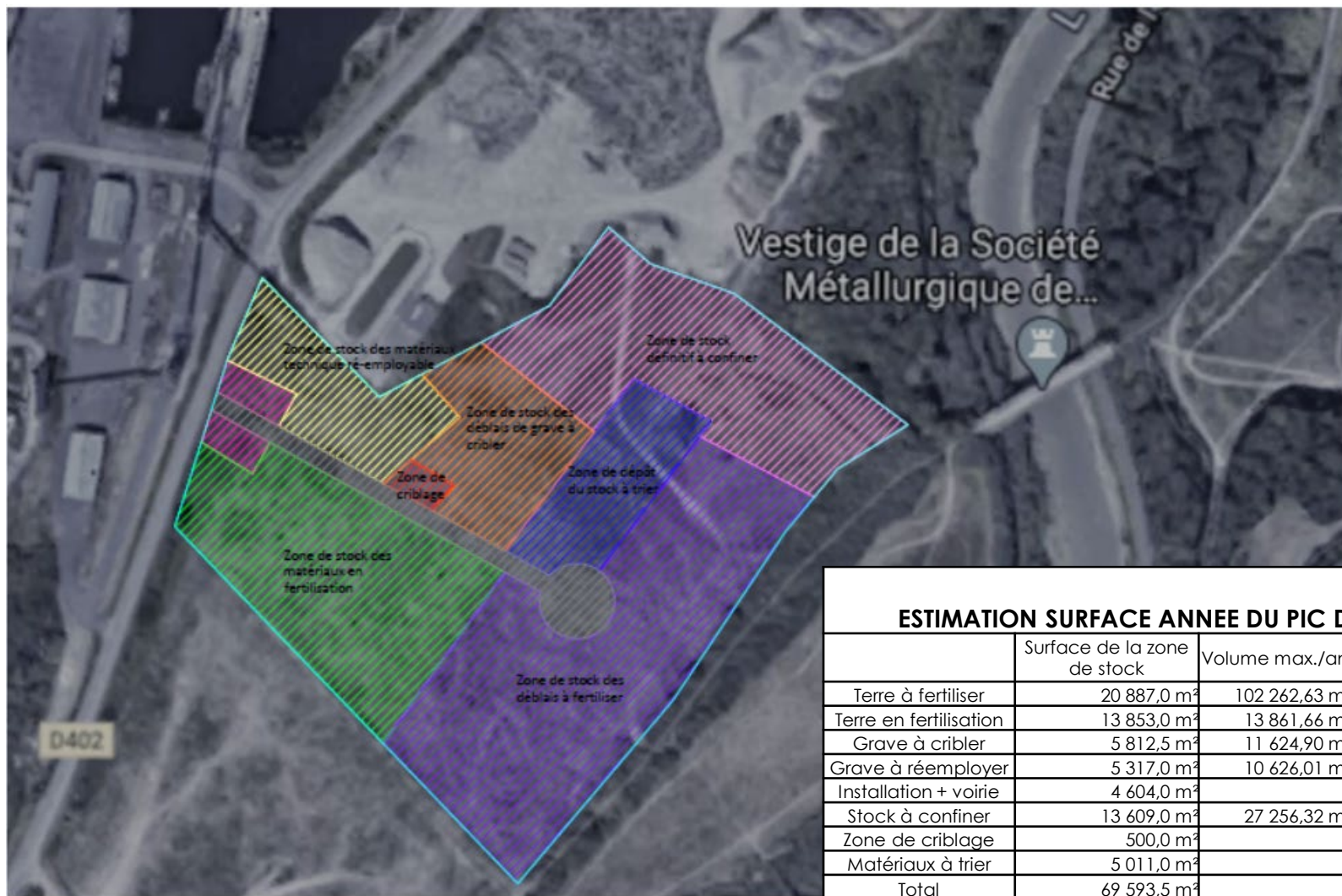
❑ Scénario 1 : excavation et élimination hors site, remblaiement avec des matériaux d'apport

- Evacuation LSD des terres polluées, des déblais de nivellements et aménagements
- Fourniture de matériaux technique et terre végétale

❑ Scénario 2 : économie circulaire et plateforme de gestion des terres excavées

- Réemploi des matériaux de déblais en géotechnique, fertilisation pour la production de terres fertiles
- Scénario 2a : plateforme de valorisation géotechnique et agronomique et de traitement de tous les matériaux pollués (volumes de pollution concentrée)
- Scénario 2b : plateforme de valorisation géotechnique et agronomique et de traitement des matériaux les moins pollués (absence de désorption thermique)
- Scénario 2c : plateforme de valorisation géotechnique et agronomique uniquement

PLAN D'AMÉNAGEMENT DE LA PLATEFORME



ESTIMATION SURFACE ANNEE DU PIC DE FERTILE

	Surface de la zone de stock	Volume max./an.	Hauteur du stock
Terre à fertiliser	20 887,0 m²	102 262,63 m³	4,90 m
Terre en fertilisation	13 853,0 m²	13 861,66 m³	1,00 m
Grave à cribler	5 812,5 m²	11 624,90 m³	2,00 m
Grave à réemployer	5 317,0 m²	10 626,01 m³	2,00 m
Installation + voirie	4 604,0 m²		
Stock à confiner	13 609,0 m²	27 256,32 m³	2,00 m
Zone de criblage	500,0 m²		
Matériaux à trier	5 011,0 m²		
Total	69 593,5 m²		

PLATEFORME - GOUVERNANCE ET SOLUTION JURIDIQUE

❑ **Caractéristiques de fonctionnement attendues :**

- ➔ Plusieurs usagers : public et privé(s)
- ➔ Une grille de prix : matériaux pollués, usages géotechniques, sols fertiles ou gestion des matériaux excédentaires

❑ **Montage juridique : concession de services et de travaux**

PROPOSITION DE PROJETS R&D

❑ **Ségrégation des polluants selon la granulométrie de remblais**

- Evaluation de l'effet du criblage du matériau RD dans la ségrégation des polluants dans l'objectif du réemploi/valorisation (géotechnique, refertilisation, stockage définitif, matériaux de construction, ...)

❑ **Dynamiques écologiques des sédiments fertilisés d'Hérouville**

- Améliorer les qualités agronomiques des RFS et des RFL par la mise en culture de la chambre de dragage
- Qualifier l'amélioration apportée par le processus de bioremédiation sur la fertilité des sédiments
- Evaluer les effets de la bioremédiation des matériaux pédologiques sur les sols fertiles reconstitués

❑ **Désartificialisation et refonctionnalisation écologique de sols reconstitués**

- Caractériser la désartificialisation des sols dégradés
- Evaluer le gain de fonctionnalité des sols restaurés
- Evaluer des fonctions de valeur et de représentation du sol du fait de sa désartificialisation