

Domaine de Montgolfier - Marseille

Etude de sol agronomique et caractérisation de la pollution

Livrable 2

Phase 1 – Etude de faisabilité agricole

Juillet 2024

TERREAUCIEL
AGRICULTURE & PAYSAGE



 **SECURAGRI**

AgroParisTech
Innovation 

TABLE DES MATIERES

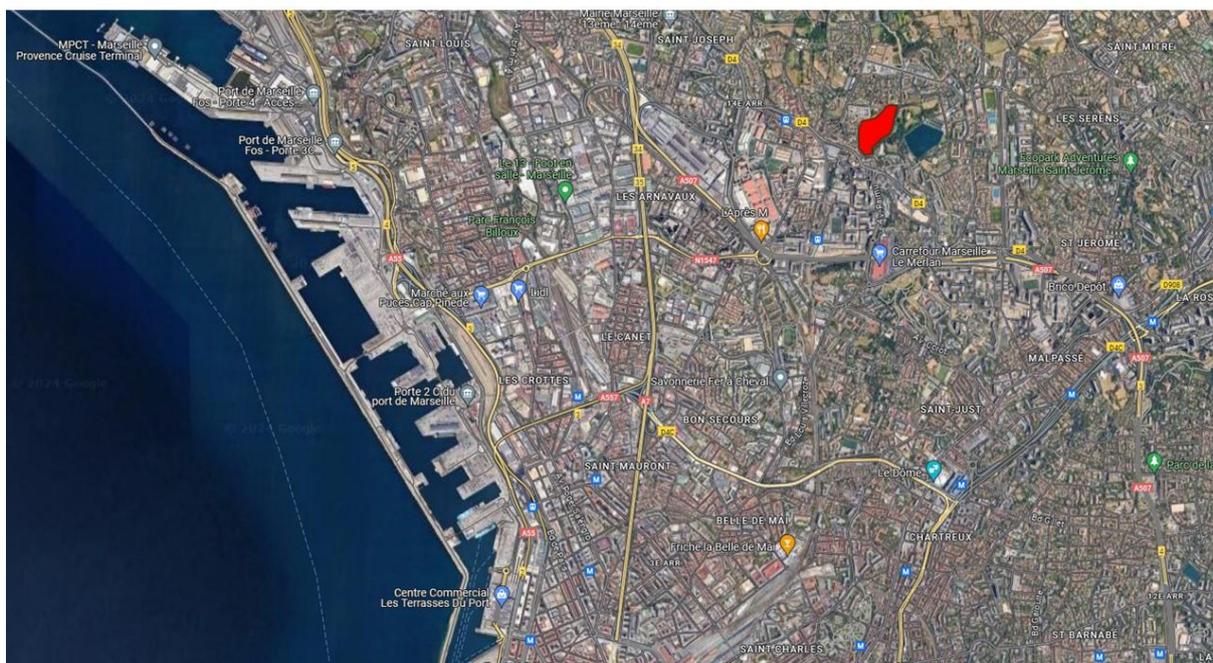
I.	LOCALITE & CONTEXTE	2
I.1.	SITUATION GEOGRAPHIQUE	2
I.2.	RISQUES SANITAIRES LIES A L'ACTIVITE D'AGRICULTURE URBAINE	4
I.3.	RECENSEMENT DES INSTALLATIONS POTENTIELLEMENT POLLUANTES ACTUELLES OU PASSES	5
I.4.	RECENSEMENT DES ACCIDENTS TECHNOLOGIQUES	6
I.5.	CONTEXTE GEOLOGIQUE, PEDOLOGIQUE ET HISTORIQUE DU SITE	6
I.6.	ANALYSES DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES	8
II.	METHODOLOGIE	11
	DEMARCHE REFUGE	11
	ZONAGES ET ECHANTILLONNAGES	11
	LOCALISATION DES OBSERVATIONS	13
	OBSERVATIONS A LA SOUS-SOLEUSE	13
III.	SYNTHESE DES OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN	14
	ZONE A1	14
	ZONE A2	15
	ZONE B	15
	ZONE C	15
	ZONE D	15
IV.	RESULTATS D'ANALYSES	16
IV.1.	INTERPRETATIONS AGRONOMIQUES	16
IV.1.1.	GRANULOMETRIE, CALCAIRE TOTAL, MATIERE ORGANIQUE, BATTANCE ET RESERVE UTILE	16
IV.1.2.	PH ET RAPPORT C/N	17
IV.1.3.	CEC ET ELEMENTS NUTRITIFS	18
IV.2.	INTERPRETATIONS ENVIRONNEMENTALES	20
IV.2.1.	TENEURS EN ELEMENTS TRACES METALLIQUES DANS LES SOLS	20
IV.2.2.	TENEURS EN POLLUANTS ORGANIQUES DANS LES SOLS	23
V.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	25
VI.	GLOSSAIRE	26
VII.	ANNEXES	27
VI.1.	GEOREFERENCMENT DES ECHANTILLONS	27
VI.2.	ANALYSES LABORATOIRE	27

I. Localité & contexte

La première étape de la démarche, avant d'analyser la qualité des sols à proprement dit, est l'étude de l'historique du site, de ses usages et de son environnement, afin d'identifier les potentielles pollutions ayant pu impacter les sols et leur provenance, et le contexte géologique et pédologique des sols. Pour ce faire, nous avons réalisé une visite de site le 28 mai 2024 (avec entretiens d'acteurs ciblés) ainsi qu'une recherche d'informations dans les bases de données spécialisées et accessibles sur internet (Infoterre, Géorisques, Géoportail, Google Maps, Remonter le temps, etc.).

I.1. Situation géographique

Le site d'étude est inscrit dans le Parc de Montgolfier, qui se situe dans les quartiers Nord de Marseille et plus précisément en bordure et à l'est de l'avenue du Parc Montgolfier. La surface totale du parc est d'environ 12 ha. L'emprise d'étude agronomique et pédologique est plus petite. Elle correspond à la potentielle emprise de la future ferme agricole (modèle restant à définir), soit environ 6 ha.



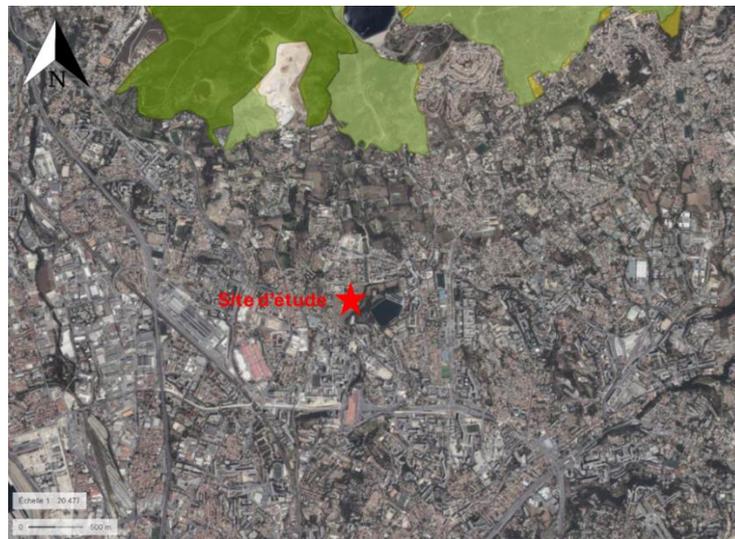


Localisation de la zone d'étude

Espaces protégés

La faune et la flore peuvent représenter des récepteurs de polluants possibles à préserver, dans le cas où le site se trouve dans ou à proximité d'une zone de protection naturelle.

Des ZNIEFF de types I et II sont situées à plus d'1 km au nord du site d'étude (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il s'agit respectivement du Plateau de la Mure et de la Chaîne de l'Étoile. Ces sites protégés ne sont pas à proximité du site d'étude. Il n'est donc pas vulnérable par rapport à celui-ci.



Zones protégées remarquables à proximité de la zone d'étude
Source fond de carte : site internet geoportail.gouv.fr

Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

D'après la base de données du site internet GéoRisques, la zone d'étude n'est pas concernée par des risques inondation.

I.2. Risques sanitaires liés à l'activité d'agriculture urbaine

De manière générale, les projets d'Agriculture Urbaine (AU) font face à un problème d'ampleur conséquente en ville : la **présence potentielle de polluants chimiques dans différents milieux, en particulier dans les sols**. Ces polluants peuvent parfois se retrouver dans des teneurs anormalement élevées, on parle alors de contamination des sols. Dans certains cas, la contamination peut poser des problèmes pour la santé humaine et/ou pour l'environnement. On parle alors de pollution.

Les principaux polluants retrouvés dans les sols urbains sont les **Éléments Traces Métalliques (ETM)** et les polluants organiques suivants : **Hydrocarbures Totaux (HCT)** et **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**. D'autres polluants peuvent être présents mais de façon moins fréquente ; ils ne sont donc pas analysés en routine sauf si leur présence est suspectée de par les activités actuelles ou passées.

Les polluants des sols peuvent avoir différentes origines :

- Présence d'activités polluantes historiques ou actuelles au droit d'un site (ex : station-service, blanchisserie, ...) ou dans ses environs (trafic routier, chauffage urbain...);
- Sols du site issus d'apport de remblais extérieurs contaminés (ex : suite à un besoin de remblaiement du site, des terres ont été rapportées, ces dernières étant issues de travaux, de chantiers, de mélanges de déchets, ...);
- Terrains agricoles avec historique d'apports de boues et gadoues urbaines ;
- Utilisation du site en tant que décharge sauvage ;
- Présence historique de cuves à fioul de particuliers ;
- Accidents, déversements, fuites ;
- Remontées de nappes polluées ;
- Etc.

Se pose alors la question du risque sanitaire associé à la présence de polluants dans les sols pour les usagers. Les populations exposées dans le cadre d'un projet de cultures maraîchères sont : les agriculteurs professionnels, les jardiniers amateurs, les visiteurs ainsi que les consommateurs de fruits et légumes. Chaque groupe est considéré séparément en distinguant les adultes et les enfants. Le risque sanitaire varie en fonction des groupes considérés et de leur niveau d'exposition.

L'exposition aux polluants des sols peut se faire par différent biais : l'ingestion de sol, l'inhalation de poussières ou de gaz du sol et/ou l'ingestion de végétaux contaminés (ou encore le contact cutané, mais qui est difficilement quantifiable).

Si un sol est contaminé, le risque ne peut pas être négligé. Il est alors nécessaire de vérifier si l'usage projeté du site est compatible avec le niveau de contamination du sol.

C'est ce que nous proposons d'étudier en appliquant les principes de la méthodologie **REFUGE : Risques en Fermes Urbaines – Gestion et Evaluation** (cf. partie II. Méthodologie).

Enfin, le témoignage d'une personne ayant vécu sur le site dans les années 1950 confirme qu'il n'y a pas eu d'après elle d'activité de ce type sur le site d'étude.

I.4. Recensement des accidents technologiques

Au regard des photographies anciennes et de la base de données ARIA, il ressort qu'aucun incident ou accident susceptible de porter atteinte à la santé ou à l'environnement n'est recensé au droit du site et à ses abords immédiats.

La zone d'étude n'est pas soumise à un plan de prévention des risques technologiques (PPRT).

À noter que le site se situe à environ 20 km à l'est d'une installation nucléaire (nom de l'installation : Ionisateur Gammaster).

I.5. Contexte géologique, pédologique et historique du site

L'application i-Info Terre, qui regroupe les données géoscientifiques du **Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)** décrit la surface ci-dessous comme de « l'oligocène inférieur (Stampien) : argiles et poudingues ; lentilles calcaires ; brèches de base ».



Figure 3 : localisation de la zone concernée par de « l'oligocène inférieur (Stampien) : argiles et poudingues ; lentilles calcaires ; brèches de base »

Figure 4 : Extrait de l'application i-Info Terre (BRGM) concernant cette même zone

Cette même application décrit la surface ci-dessous comme du « Villafranchien-Gunz : tufs ».

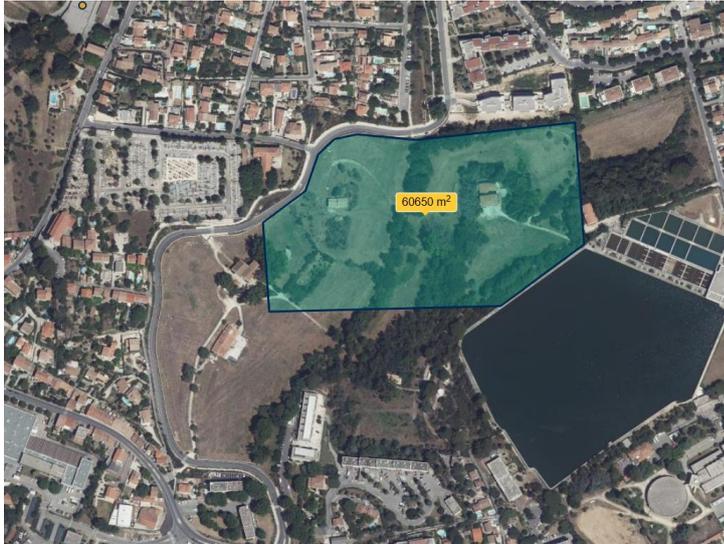


Figure 5 : localisation de la zone concernée par le « Villafranchien-Gunz : tufs »

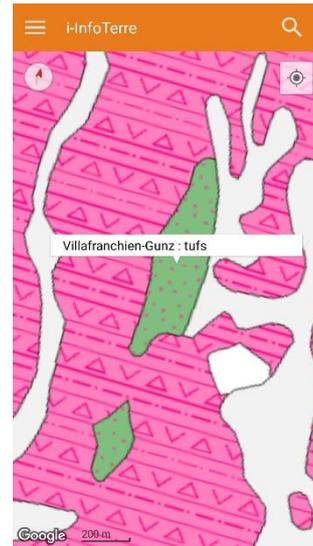
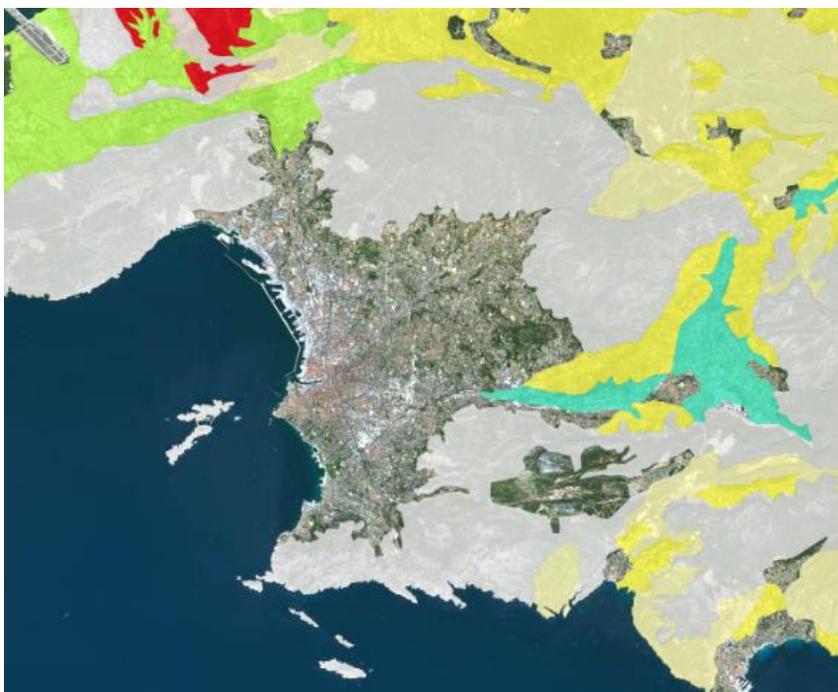


Figure 6 : Extrait de l'application i-Info Terre (BRGM) concernant cette même zone

La carte des sols proposée par Géoportail est complémentaire à celle du BRGM. Cette carte donne les types de sols rencontrés sur un territoire et en quel pourcentage est-ce qu'on les rencontre. En tant que zone urbaine, Marseille n'est pas représentée sur la carte (cf. ci-dessous). Toutefois, il apparaît que la très grande majorité des sols repérés autour de Marseille sont des « lithosols ». Viennent ensuite les « calcosols » puis les « fluvisols » et « rendosols ».



- Sols minéraux**
 - Lithosols
 - Régosols
 - Rankosols
 - Arénosols
 - Peyrosols
- Sols des vallons, vallées et milieux côtiers**
 - Colluviosols
 - Fluvisols
 - Thalassosols
 - Sodisols
- Sols issus de matériaux calcaires**
 - Rendosols
 - Calcosols
 - Rendosols
 - Calcosols
 - Dolomitosols

Figure 7 : Extrait de la carte géologique des sols de Géoportail et légendes associées

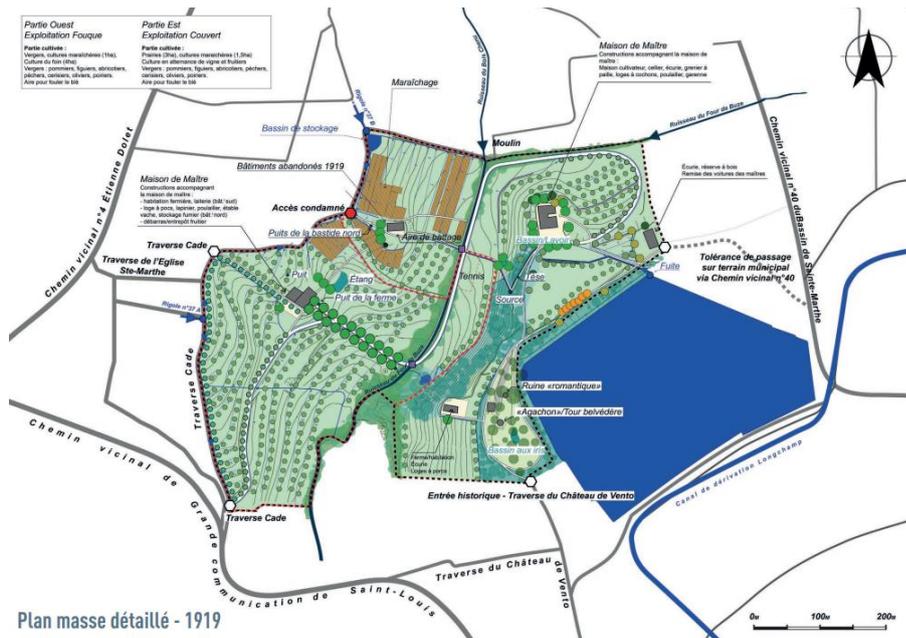


Figure 8 : Plan masse détaillé – 1919

1.6. Analyses des photographies aériennes

Dans le but de définir l'occupation du site et de ses alentours au cours du temps, les sites internet de la photothèque de l'Institut Géographique National (IGN) et de Google Maps ont été consultés le 24 mai 2024. Les archives de l'IGN ne comportent aucune photographie du site exploitable et antérieure à 1943.

Les photographies ont été comparées à la photo satellite de Géoportail prise en 2023, considérée comme la photographie de référence (Figure 3 ci-dessous).

Description des clichés

En 1943, le site et les alentours s'apparentent probablement à des parcelles agricoles et/ou des friches végétalisées avec quelques pavillons et zones boisées. Nous constatons que le site ressemble d'ores et déjà beaucoup à la configuration d'aujourd'hui avec les constructions des actuels pavillons respectivement au centre et au nord du site ainsi qu'un petit chemin sur la partie sud du site.

De 1943 à 1957, aucune modification notable n'est observée sur le site ni les alentours.

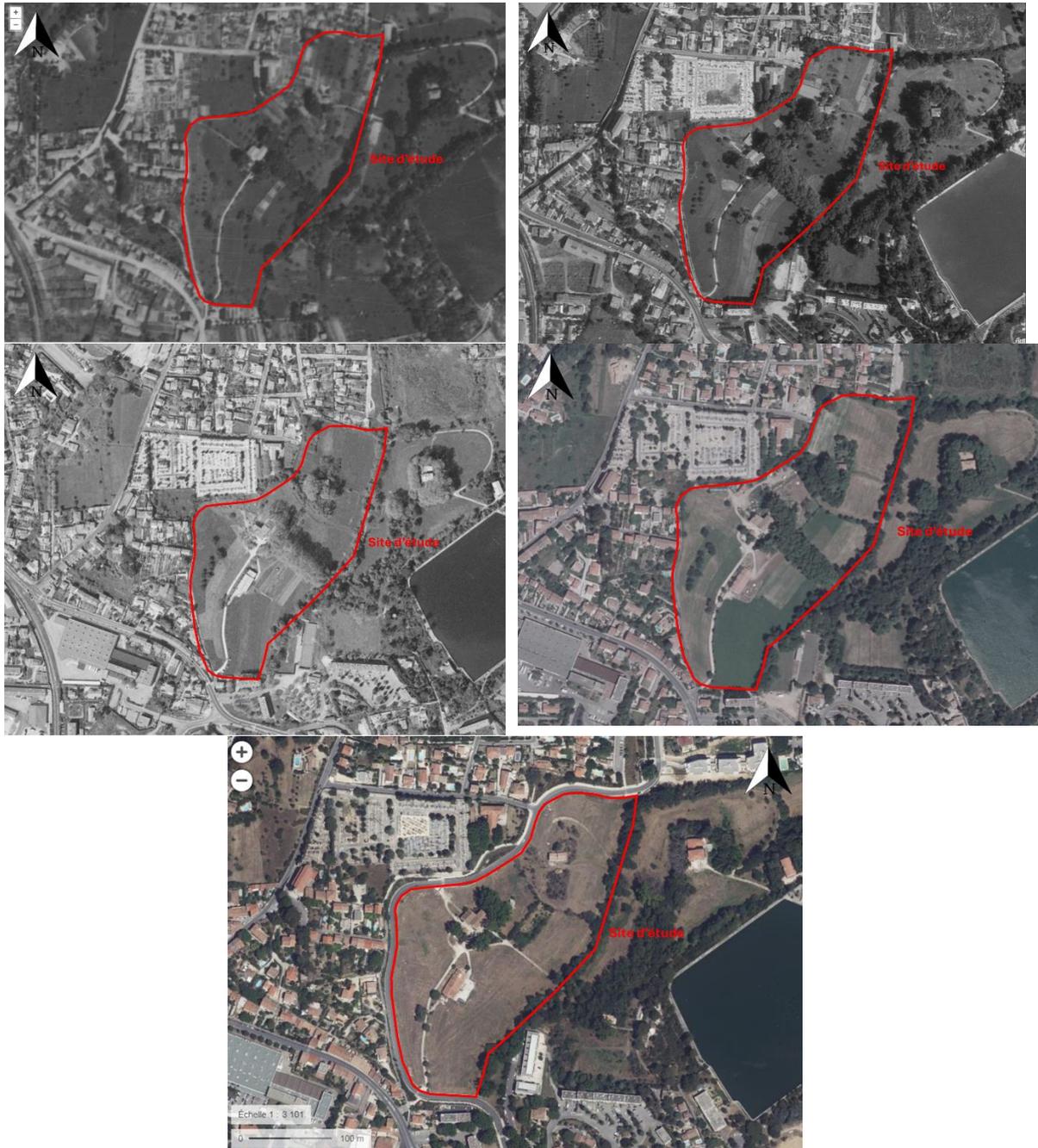
De 1957 à 1972, aucune modification notable n'est observée sur le site hormis une « dépendance » au pavillon existant au centre du site. Nous observons l'apparition de l'actuel cimetière Saint-Marthe à proximité immédiate du site et situé au nord-ouest.

De 1972 à 1982, aucune modification notable n'est observée sur le site. Nous observons l'apparition de l'actuel bâtiment de logements collectifs à proximité immédiate du site et situé au sud-est.

De 1982 à 1991, nous observons l'apparition de l'actuel hangar/entrepôt situé sur la partie sud du site, près du chemin. Aucune modification notable n'est observée dans les alentours du site.

De 1991 à 2003, aucune modification notable n'est observée sur le site ni les alentours.

De 2003 à aujourd'hui, hormis une raréfaction des arbres sur la zone d'étude, aucune modification notable n'est observée sur site et aux abords. Le site demeure majoritairement végétalisé jusqu'à aujourd'hui.



De haut en bas et de gauche à droite : photographies de 1943, 1972, 1979, 1991, 2003 et 2023 (photographie de référence) pour la description des clichés IGN

Source fonds de carte : Géoportail (pour 2023) et remonterletemps.ign.fr (pour les autres photographies)



Emprise (>2000m²) du potager familial géré par M. Coppola entre 1950 et 1980 (schéma fourni par son fils Michel Coppola)

Le contexte géologique et pédologique informe de la présence d'un sol calcaire avec des argiles et de possibles conglomérats formés par d'anciens galets. Les sols aux alentours sont peu épais (rendosols – de 35cm) à très peu épais (lithosols – de 10cm). Ces sols se caractérisent par leur aspect séchant et perméables. La présence proche de fluvisols laisse à penser que les sols peuvent être riches puisque issus d'alluvions.

L'historique montre que le site d'étude n'a pas subi d'urbanisation ou projets immobiliers d'ampleurs. Il est planté et/ou cultivé depuis longtemps, la figure 8 montrant que de nombreux fruitiers occupaient l'espace visé pour le projet agricole en 1919. M. Coppola, fils de l'ancien jardinier de la famille Montgolfier nous a également indiqué que beaucoup de fruitiers étaient encore présents sur toute l'exploitation jusqu'en 1970 ou 1980. Lors de ce même entretien, M. Coppola nous a précisé que plusieurs animaux (poules, canards, vaches, chevaux) étaient élevés entre 1950 et 1980. Nous savons par ailleurs que l'élevage s'est poursuivi avec la récente ferme pédagogique.

Il y a eu, depuis 1919 et jusqu'en 1980, plusieurs emprises jardinées sur le site (figures 8 et 9). M. Coppola nous ayant précisé que son père, jardinier de la famille de Montgolfier, ne vendait pas les légumes mais qu'ils étaient produits à des fins d'autoconsommation (représentant jusqu'à 25 personnes entre la famille sur site et en dehors). Il précise que les espèces de légumes étaient très variées (courges, petits pois, blettes, haricots, fraises, pommes de terre...) et de manière générale, les rendements étaient selon lui très bons.

Nous ne constatons pas de fortes suspicions de pollutions ayant pu influencer sur la qualité des milieux au droit du site ainsi qu'aux alentours.

II. Méthodologie

Démarche REFUGE

SecurAgri est une plateforme d'accompagnement, de recherche et de transfert de connaissances au sujet de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires liés à la présence de contamination/pollution en agriculture urbaine.

Issue du programme de recherche REFUGE : Risques en Fermes Urbaines – Gestion et Evaluation et initiée par le bureau de recherche sous contrat Exp'AU, SecurAgri accompagne les projets d'AU en contexte de contamination/pollution via des missions contractuelles avec des spécialistes capables de répondre à la demande.

La démarche proposée a été établie dans le cadre de la méthodologie REFUGE : Risques en Fermes Urbaines : Gestion et Evaluation. REFUGE est un programme de recherche-action mené conjointement par AgroParisTech et l'INRAE proposant une méthodologie d'évaluation et de gestion des risques sanitaires liés à la présence potentielle de contaminants tels que les ETM et les polluants organiques dans les sols des micro-fermes urbaines.

L'objectif de la mission est de caractériser la contamination potentielle des sols du terrain et d'évaluer les risques liés à la potentielle pollution des sols, si cette dernière est révélée, pour aboutir à des préconisations de gestion de la contamination.

Pour répondre à cet objectif, SecurAgri et Terreauciel ont proposé d'accompagner la ville de Marseille dans sa démarche en réalisant une étude historique et de l'environnement du site, suivie d'investigations des sols du site, puis SecurAgri et Terreauciel ont proposé une interprétation des résultats des sols sur les volets pollution et agronomique, pour aboutir à des préconisations et à une conclusion.

Zonages et échantillonnages

Après avoir réalisé l'étude historique et de l'environnement du site, la seconde étape de la démarche consiste en l'élaboration de la stratégie d'échantillonnage et d'analyse des sols. La stratégie s'adapte au contexte spécifique de chaque site.

Les prélèvements de sols ont été effectués à la tarière manuelle le 28 mai 2024 par Terreauciel.

La parcelle à investiguer de 57 720 m² a été divisée en 8 mailles nommées A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 et D2, allant de 3 190 à 10 270 m² (Figure 1 ci-dessous).



Figure 12 : Zonage de l'emprise d'étude

Les 4 zones représentées par des lettres (A, B, C et D) ont fait l'objet d'un sondage réalisé à la tarière pédologique dans le but de réaliser une analyse agronomique. Des tests-bêches ont également été réalisés sur chacune de ces zones pour compléter l'analyse agronomique et pédologique.

Les 8 zones représentées par des lettres associées à des chiffres ont fait l'objet de sondages réalisés à la tarière pédologique dans le but d'effectuer une analyse environnementale (polluants), permettant de localiser plus précisément une éventuelle pollution des sols voire mettre en évidence une certaine hétérogénéité en termes de contamination des sols si tel est le cas.

Nous avons réalisé un échantillon composite (composé de 8 échantillons unitaires répartis aléatoirement sur l'ensemble de la maille) par maille et par horizon identifié.

Nous avons donc constitué 8 échantillons composites au total. Cette stratégie permet de couvrir de manière homogène la surface à investiguer.

Le Tableau 1 présente le détail des investigations des sols :

Référence du sondage	Profondeur	Lithologie
A1	0-30 cm	Texture homogène avec présence d'argiles, de limons et de sables. Présence importante de calcaire
A2		
B1		
B2		
C1		
C2		
D1		
D2		

Tableau 1 : Détail des investigations des sols - Avenue du Parc Montgolfier, Marseille

Localisation des observations

Les sondages ont été réalisés en évitant les zones non destinées à l'agriculture (culture ou élevage), c'est-à-dire hors zones boisées et bâties. L'ensemble des sondages effectués est représenté sur la figure ci-après et les points GPS associés sont précisés en annexe.

Lors de la visite de site, aucun indice qui aurait pu nous faire penser à une pollution n'a été relevé.

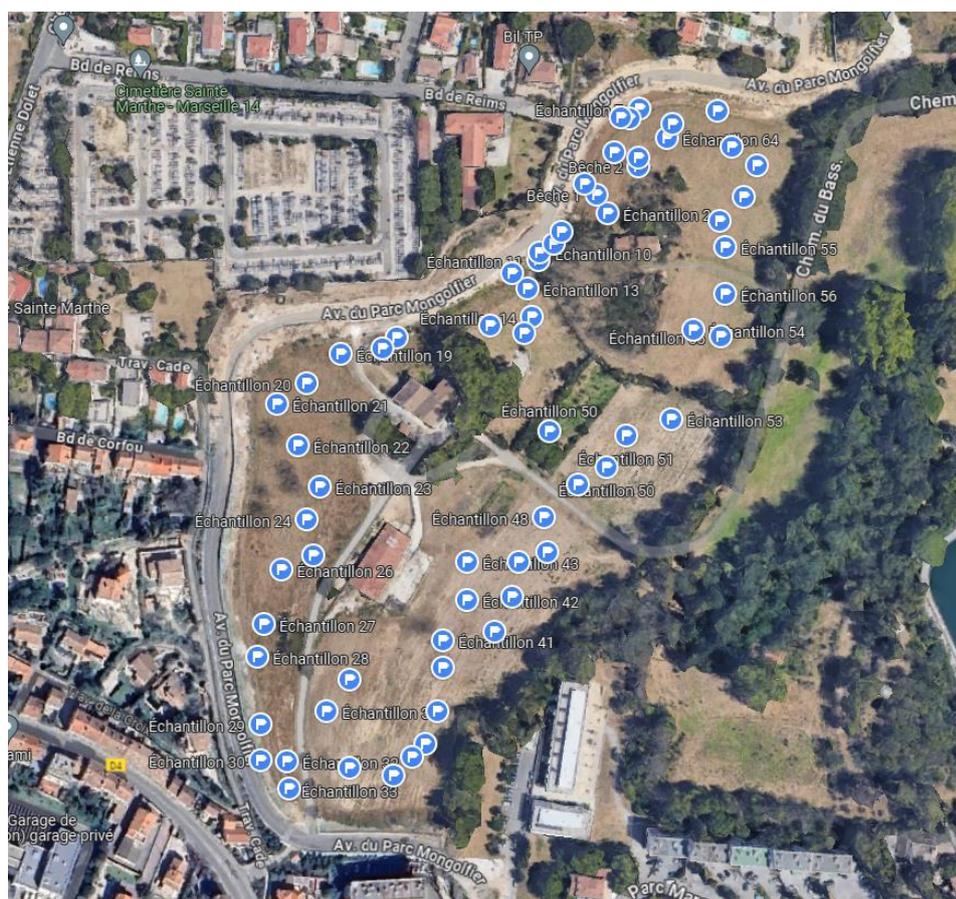


Figure 13 : localisation de l'ensemble des sondages effectués

Observations à la sous-soleuse

Pour donner suite à nos observations d'un sol compacté, nous avons contacté Rémy Van Den BUSSCHE, de la ferme des petits champs située à proximité du site. Celui-ci est venu sur site le jeudi 11/07/2024 avec son tracteur et une sous-soleuse, dans le but de vérifier que le site n'est pas à l'affleurement de la roche mère. Trois observations ont été réalisées (1 point bas et 2 points hauts sur site). Sa sous-soleuse a permis une observation sur une profondeur d'environ 40cm. Il n'a pas été relevé la présence de la roche mère.

III. Synthèse des observations sur le terrain

Zone A1

Deux test-bêches ont été réalisés sur cette zone. Le sol n'a pas permis de réaliser ces tests dans de bonnes conditions puisqu'il n'était pas possible de creuser en-dessous de 15cm.

Ces tests-bêches partiels mettent en avant :

- Un sol très dur. La dureté pourrait être liée au calcaire qui fait office de ciment avec l'argile
- Un sol sec
- Peu de traces de vie du sol à l'exception de plusieurs carabes observés
- Un sol clair, lié à la présence de calcaire
- Un horizon organique (O) d'environ 3cm. Pas d'autre horizon visible, lié à la présence importante de calcaire
- La présence de nombreuses racines sur les 5 premiers centimètres. Au-delà, leur nombre chute.
- Une mauvaise structure de sol (la motte ne tient pas sur la pelle bêche)
- Présence de quelques petits galets en faible quantité

A noter que le test-bêche n°2 a mis en évidence un sol plus sombre, un peu plus profond et marqué par la présence de remblais (briques). Ce sol ne semble pas représentatif du site, en particulier vis-à-vis des autres test-bêches effectués.



Figures 14, 15 et 16 avec et dans l'ordre : refus de test-bêche pour le premier test, 2ème test-bêche, mauvaise structure de sol sur 2ème test bêche illustrée par la non tenue de la motte excavée.

Le test à l'acide Chlorhydrique met en avant la présence importante de calcaire (forte réaction).

Un test boudin a été réalisé sur cette zone. Le boudin se forme difficilement. Il n'est pas possible de réaliser un anneau sans que celui-ci ne se fissure. Le test du boudin montre la présence d'argile en quantité limitée (l'anneau se forme mais se fissure), associée à des limons et/ou du sable fin (la terre mouillée ne colle pas aux mains et aucun crissement, signe de sable grossier, n'est audible).



Figure 17 : test du boudin

Zone A2

Un test-bêche a été réalisé sur cette zone. Il met en avant :

- La présence importante de matière organique de type compost sur 20cm et qui a du être apportée assez récemment
- Au-delà de 20cm, un sol similaire à celui observé en zone A1 lors du 1^{er} test-bêche

Zone B

Un test-bêche a été réalisé en zone B1. Il met en avant les mêmes observations décrites en zone A pour le premier test bêche réalisé, à la différence que de nombreuses coquilles de petits escargots ont été observées en surface.

Zone C

Un test-bêche a été réalisé en zone C1. Il met en avant les mêmes observations décrites en zone A pour le premier test bêche réalisé.

Zone D

Un test-bêche a été réalisé en zone D1. Il met en avant les mêmes observations décrites en zone A pour le premier test bêche réalisé, à la différence que la structure du sol est légèrement meilleure (davantage de tenue sur la pelle bêche). Ce qui pourrait s'expliquer par le jardinage intensif effectué par M. Coppola (cf. figure 11) et son travail du sol associé.

L'observation terrain met en avant un sol pris en masse, à l'exception de la zone A2 qui semble avoir fait l'objet d'apports massifs de MO de type compost. Le sol est calcaire (forte réaction à l'acide chlorhydrique) et est de forte chance de présenter un pH basique. Il semble séchant en surface (très sec lors de l'observation malgré des précipitations dans les jours précédents). Le potentiel de fertilité paraît assez limité, principalement lié à la compaction. La zone A2 présente un potentiel agronomique beaucoup plus important, en lien avec l'apport massif de MO. Pour envisager des cultures, il semble important d'apporter de la matière organique, qui aidera à rompre les liaisons chimiques entre le calcium et l'argile. La présence potentielle d'alluvions est susceptible d'améliorer la fertilité des sols.

IV. Résultats d'analyses

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire d'analyses UDM - Laboratoire Développement Méditerranée.

IV.1. Interprétations agronomiques

IV.1.1. Granulométrie, calcaire total, matière organique, battance et réserve utile

- La **granulométrie**, aussi appelée **texture**, sert à classer les sols mais elle donne aussi des renseignements sur ses propriétés. Ces informations sont cependant à adapter en tenant compte de la profondeur du sol, de sa charge en éléments grossiers et de sa structure.

	Sables	Limons	Argiles
Capacité de rétention en eau	Faible. Sols séchants et perméables.	Forte surtout pour les limons fins.	Importante. Cependant la rétention est également forte ce qui rend l'extraction par les plantes plus difficile que dans des limons. Risque d'asphyxie – Drainage lent.
Action sur la structure	Faible. Allège certains sols lourds.	Forts surtout pour les limons fins (battance).	Intéressante. Limite les phénomènes de battance. Pouvoir de fragmentation lors d'alternances de gonflement et dessiccation. L'aptitude au gonflement est cependant variable suivant le type d'argile.
Fixation des éléments fertilisants	Très faible.	Faible.	Fixent les cations (K, Ca, Mg) et certains ions (phosphates, hydroxydes de fer et d'alumine). Le pouvoir de fixation est différent suivant le type d'argile.

- Le **calcaire total** correspond à la quantité de carbonate de calcium (CaCO_3). Le calcaire est un élément très favorable au maintien de la structure d'un sol. Mais en proportion importante dans sa forme active, il peut entraîner le blocage d'autres éléments fertilisants.
- La **matière organique** joue un rôle majeur dans la stabilité de sa structure et son potentiel agronomique : éléments fertilisants, réserve en eau, vie microbienne...
- La **battance** est la croûte superficielle compacte formée par l'action des gouttes de pluie et le fractionnement des agrégats à la surface du sol. La formation d'une croûte de battance est favorisée par la présence de limons.
- Le Réservoir en Eau Utilisable d'un sol (RU), souvent appelé « **Réserve Utile** », représente la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour la vie végétale.

Le tableau suivant présente les différentes fractions granulométriques inférieures à 2 mm, de la plus fine (argile, < 2 μm) à la plus grossière (sable grossier, 0,5 à 2 mm), le pourcentage de matières organiques ainsi que les teneurs en calcaire total CaCO_3 , la réserve utile et l'indice de battance calculé. Ce dernier rend compte de la sensibilité de l'horizon à se fermer sous l'effet des pluies, provoquant une imperméabilisation des sols et un risque accru d'érosion.

Référence	Argile (%)	Limon fin (%)	Limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Matières organiques (%)	Calcaire total (%)	Indice de battance	RU réserve utile (mm)
A (0 - 15 cm)	15,5	31,7	15,1	19,9	17,8	4,3	45,4	0,7	36
B (0 - 15 cm)	22,3	28,7	14,3	20,7	14	5,5	47	0,47	41
C (0 - 15 cm)	19,4	21,4	16	22,7	20,4	4,6	45	0,45	35
D (0 - 15 cm)	21,9	17	14,3	30,1	16,7	3,1	45	0,46	31
Seuil de référence pour le maraîchage	< 20% : peu argileux > 30% : très argileux					<1% : faible 1 à 3% : modérée >3% : élevée	10 à 25 : calcaire 25 à 50 : fortement calcaire >50 : très fortement calcaire	<1,4 : non battant >1,8 : battant	
Interprétations	limon sablo-argileux et limono-argilo-sableuse					MO élevée mais bloquée par le calcaire	(Très) fortement calcaire - impact sur le pH (basique), sur la prise en masse du sol + risque de non assimilation de certains nutriments	sol non battant	RU satisfaisante

- Au niveau de la **granulométrie**, les échantillons présentent une texture homogène avec la présence d'argiles, de limons et de sables. A noter que les sables grossiers n'ont pas été repérés lors des relevés terrain.
- **L'argile, couplé à la présence très importante de calcaire, provoque une prise en masse du sol** qui a été repéré avec l'impossibilité de réaliser un test-bêche et la grande difficulté d'effectuer des sondages à la tarière pédologique au-delà de 30cm de profondeur.
- Les limons présentent l'avantage de retenir l'eau mais ne sont pas en trop forte proportion **et n'induisent pas un sol battant**.
- Les sables permettent d'améliorer la structure du sol et de limiter l'effet de prise en masse.
- Au niveau de la **matière organique (MO)**, celle-ci est théoriquement élevée (équivalente au taux habituellement rencontré en forêt), ce qui peut s'expliquer par l'historique d'élevage et la possible présence d'alluvions. Toutefois, ce taux est à prendre avec précaution. Il est en effet probable que cette MO soit bloquée, du fait des liaisons chimiques qu'elle entretient avec les ions calcium. Cette MO a donc de grande chance d'être stable et non disponible pour de futures plantations.
- Le **calcaire total** est en quantité très importante. Généralement, sur des taux aussi élevés, les cultures sont limitées : fabacées et vignobles sont privilégiées. Le maraîchage trouve aussi sa place. En effet, c'est un système agricole qui ne nécessite pas de grande surface de culture et le sol peut donc être modifié facilement via l'apport massif de matières organiques.
- Il n'y a **pas de risque de battance**, lié à la présence de sables et d'argiles dans le sol. L'inverse aurait compliqué l'utilisation d'outils tels que le motoculteur.
- La **réserve utile** est intéressante. Toutefois, sous climat méditerranéen elle gagnerait à être améliorée pour lutter contre la chaleur et le dessèchement des plantes en lien avec les vents importants.

IV.1.2. pH et rapport C/N

- Le **pH** est révélateur de l'acidité ou de l'alcalinité d'un sol.
- Le **rapport C/N** caractérise l'activité biologique du sol. En effet, lors de la transformation de la matière organique en humus (la minéralisation) le carbone contenu dans le sol s'échappe en se

transformant en CO₂. Un rapport en C/N trop élevé caractérisera donc un sol dont l'activité biologique est faible.

Le tableau suivant présente les valeurs de pH et le rapport C/N.

Référence	pH eau	Rapport C/N
A (0 - 15 cm)	8,5	9,8
B (0 - 15 cm)	8	8,3
C (0 - 15 cm)	8	8,1
D (0 - 15 cm)	8	8,5
Seuil de référence pour du maraîchage	< 6,5 : acide >7,5 : basique	<8 : minéralisation très rapide <10 : minéralisation très bonne 10<C/N<12 : minéralisation convenable >12 : minéralisation lente >15 : minéralisation très difficile
Interprétations	pH théoriquement trop basique pour certaines culture	Rapport C/N intéressant, mais phénomène de polycondensation induisant un complexe stable

- **Le pH** des échantillons est très basique. Il risque de provoquer le blocage de certains éléments comme MgO ou P₂O₅ et la plupart des oligo-éléments.

Toutefois, ce risque est à nuancer vis-à-vis des retours que nous avons eu :

- M. Coppola nous ayant précisé que du jardinage intensif a été réalisé sur site pendant de longues années, avec de bonnes récoltes
- Rémy Van Den Bussche, maraîcher à la ferme des Petits Champs située à quelques centaines de mètres du site, explique que ses cultures poussent très bien malgré le pH basique

Il demeure utile de prévoir l'apport de quantités importantes de MO sur les emplacements destinés à être cultivé, particulièrement pour le maraîchage. Cette MO aura pour effet de rapprocher le pH de la neutralité en relâchant des protons H⁺. Il est aussi probable que la culture de fraise ne soit pas possible, ou à renouveler tous les ans, en raison de la chlorose ferrique fréquemment présente en sol alcalin (Rémy Van Den Bussche nous indiquant avoir ce problème sur sa ferme des petits champs, située à quelques centaines de mètres du site de Montgolfier).

- **Les rapports C/N** sont globalement équilibrés et pourrait indiquer, à première vue, une bonne minéralisation. Il faut toutefois prendre ces résultats avec précaution. Dans notre cas, une réaction de polycondensation est probable, provoquant un complexe très stable et la non-disponibilité des nutriments tels que l'azote. Il conviendra donc de vérifier l'état des plantes cultivées et de réaliser des apports d'engrais au besoin.

IV.1.3. CEC et éléments nutritifs

- **La CEC** représente la capacité maximale de cations échangeables qu'un sol peut retenir à un pH donné. Autrement dit, la CEC permet d'évaluer la « taille » du réservoir du sol en éléments nutritifs (comme le K⁺, le Mg²⁺ et le Na⁺) et son « taux de remplissage ».
- **Les éléments nutritifs** correspondent aux besoins de la plante.

Le tableau suivant présente les valeurs de CEC et d'éléments nutritifs.

Référence	CEC (mé/100g)	Azote total (g/kg)	P2O5 (Joret-Hebert)	K2O (g/kg)	MgO (g/kg)	CaO (g/kg)	Na2O (g/kg)
A (0 - 15 cm)	12,6	2,53	1624	1,979	0,457	7,72	0,066
B (0 - 15 cm)	15,1	3,83	511	0,168	0,36	10,4	0,081
C (0 - 15 cm)	13,1	3,29	505	0,104	0,291	9,38	0,038
D (0 - 15 cm)	11,1	2,12	744	0,124	0,246	9,59	0,027
Seuil de référence pour du maraîchage	11 à 19 : optimum	0,14 - 0,20 : élevé	151 à 280 : optimum	0,189 à 0,281 : optimum	0,15 à 0,26 : optimum	5,7 à 11,1 : optimum	0,02 à 0,07 : optimum
Interprétations	CEC satisfaisante théoriquement. Mais attention au caractère très stable de ce sol !	Tx d'azote élevé (car MO élevée) mais risque de blocage	Beaucoup de phosphore. Risque de pollution des eaux par ruissellement.	Satisfaisants (même si risque de blocage)			Pas de pb de salinité

- **La CEC** se situe dans les seuils de références satisfaisants. De manière générale, on recherche une CEC la plus saturée possible, ce qui signifiera que l'on a beaucoup de nutriments en réserve dans le sol. La CEC s'améliore également avec la présence d'argiles et de MO, chargées négativement et qui attirent les éléments nutritifs (Ca²⁺, Na²⁺, Al³⁺, Fe²⁺...). Dans notre cas, la CEC pourrait donc être meilleure. Mais la présence très forte d'ions Ca²⁺ la limite, ces derniers se liant au complexe argilo-humique. Celle-ci demeure satisfaisante sur le papier, mais compte-tenu du caractère très stable de ce sol argilo-calcaire, il peut être utile d'envisager de l'augmenter. L'apport de MO y participera.
- **Les éléments nutritifs** sont présents en bonne quantité. Il n'est pas obligatoire de prévoir, en l'état, d'apport supplémentaire même si une vigilance devra être effectuée sur les premières plantations, en lien avec le risque de blocage de ces éléments, induit par le sol argilo-calcaire. L'apport de MO reste une bonne solution.
- **Le phosphore** est présent en quantité très importante, en particulier sur la zone A. Le risque de pollution des eaux au phosphore est un risque par érosion. Il n'y a pas de risque par lixiviation car le phosphore s'accroche fortement aux argiles. Pour le sol et les cultures, le fait qu'il y ait beaucoup de phosphore est parfait. Pour l'eau (lacs, mer, étang...) c'est un désastre car cela provoque l'eutrophisation. Pour éviter ce problème, il faut mettre en place une bande enherbée le long du cours d'eau situé en contrebas (chemin du Bass.).

IV.2. Interprétations environnementales

Les paramètres suivants ont été analysés sur les échantillons de sols :

- 8 ETM (Éléments Traces Métalliques) : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc ;
- 16 HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ;
- HCT C10-C40 (Hydrocarbures totaux C10-C40).

Remarque : au vu de la parution récente de nouveaux guides à l'instar de ceux du BRGM² ou de l'ARS³, on considère que l'on peut désormais ne plus prendre en compte systématiquement le sélénium, ETM généralement peu problématique, sauf si l'étude historique et de l'environnement du site implique une suspicion particulière au sélénium.

Les résultats des analyses de sol sont interprétés à l'aide de la méthodologie conçue dans le cadre du programme de recherche REFUGE développé par AgroParisTech et l'INRAE ainsi qu'à la base de données RMQS.

IV.2.1. Teneurs en Éléments Traces Métalliques dans les sols

Les résultats d'analyses en ETM dans les sols ont été interprétés à l'aide des données ASPITET⁴ (provenant de l'INRA) en prenant comme référence la gamme de valeurs définie pour les sols « ordinaires » de toutes granulométries.

Les résultats d'analyses ont également été interprétés à l'aide de valeurs repères établies par le guide REFUGE, les VASAU 2 (établies sur la base du retour d'expérience ainsi que l'état actuel des connaissances scientifiques vis-à-vis des risques sanitaires pour un usage d'agriculture urbaine).

Les valeurs de référence issues d'ASPITET représentent les teneurs en ETM au-dessus desquelles les sols sont considérés comme contaminés à ces éléments.

Les VASAU 2 représentent les teneurs au-delà desquelles les sols, lorsqu'ils sont destinés à de la culture maraîchère, sont contaminés de telle manière qu'il est nécessaire de déclencher une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires avant de pouvoir se prononcer sur la possibilité ou non d'y cultiver des légumes.

Lorsqu'au moins un des résultats de teneurs en ETM est supérieur à sa valeur ASPITET mais qu'aucun résultat n'est supérieur ou égal à sa VASAU 2 (et que tous les autres polluants présents dans les sols ont des teneurs inférieures à leur valeur ASPITET) la démarche REFUGE indique que la culture maraîchère est possible, à condition de réaliser des analyses de végétaux pour contrôler leur qualité sur plusieurs années.

Les concentrations présentant un dépassement de la **VASAU 2** sont colorées en **rouge** dans les tableaux ci-dessous.

² MTES - BRGM, « Guide de valorisation hors site des terres excavées non issues de sites et sols pollués dans des projets d'aménagement », avril 2020.

³ ARS Île-de-France, Guide « Aménager un jardin collectif », mai 2022, ISBN : 978-2-36950-148-0.

⁴ Données provenant du programme INRA-ASPITET (Apport d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces) mené entre 1993 et 2005 et dont l'objectif était notamment de créer un premier référentiel national pour comprendre la répartition tridimensionnelle des éléments trace dans les sols.

Les concentrations présentant un dépassement de la valeur **ASPITET** sont coloriées en **orange** dans les tableaux ci-dessous.

Les concentrations présentant des teneurs en dessous de la valeur ASPITET ne sont pas coloriées.

8 échantillons composites ont été analysés. Les résultats sont présentés et interprétés ci-dessous.

Aucune des concentrations mesurées pour les polluants analysés ne dépasse les valeurs ASPITET sauf une concentration en zinc avec 115 mg/kg de MS en maille D2. Cependant, la concentration moyenne en zinc sur l'ensemble des points de prélèvement de sols du site est de 48,7 mg/kg de MS et demeure inférieure à la valeur ASPITET.

Marseille - Av. du Parc Montgolfier	Unité	RMQS - échelle nationale	ASPITET - échelle nationale	VASAU 1	VASAU 2	Mailles							
Nom de l'échantillon						A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
Date de prélèvements						28.05.2024							
Profondeur de prélèvement	cm					0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Éléments Traces Métalliques (ETM)													
Arsenic (As)	mg/kg MS	-	1 à 25	-	20	5,2	4,5	4,8	4,8	4,7	4,4	5,2	5,9
Cadmium (Cd)			0,05 à 0,45		1	0,21	0,22	0,22	0,21	0,24	0,24	0,26	0,24
Chrome (Cr)			10 à 90		130,4	3,4	3,3	3,5	3,3	3,8	3,7	4,1	4
Cuivre (Cu)			2 à 20		84	16,4	16,6	14,1	13,8	16,6	19	16,2	16,5
Mercure (Hg)			0,02 à 0,1		0,64	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,09	0,05
Nickel (Ni)			2 à 60		62,4	6,7	4,5	4,5	4	5,1	4,6	5,5	6,1
Plomb (Pb)			9 à 50		100	29,8	36,1	32,4	45,8	45,3	41,4	45,5	37,6
Zinc (Zn)			10 à 100		264	34,9	44,9	37,7	33,1	41,2	43,8	38,8	115

A1 : Prélèvement composite sur 0-30 cm de la maille A1

< LQ : Concentration inférieure à la limite de quantification du laboratoire (LQ)

ASPITET - échelle nationale : Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries, à l'échelle nationale.

Données issues de l'étude ASPITET de l'INRA

RMQS - échelle nationale : Données RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) à l'échelle nationale provenant de la base de données INDIQUASOL de l'INRA.

Choix du 90e percentile de l'ensemble des données

VASAU : Valeurs d'Analyse de la Situation d'Agriculture Urbaine

Dépassement ASPITET

Dépassement VASAU 2

Résultats d'analyses des ETM dans les sols du site
Avenue du Parc Montgolfier, Marseille – le 28 mai 2024

IV.2.2. Teneurs en polluants organiques dans les sols

Les résultats d'analyses en HAP dans les sols ont été interprétés à l'aide des données du programme RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) (source : INRA INFOSOL), valeurs de référence acquises principalement en milieu rural. Cette base de données est basée sur le suivi de 2 200 sites répartis uniformément sur le territoire français, selon une maille carrée de 16 km de côté. Les valeurs de référence retenues sont les 90^{ème} percentiles de l'ensemble des données.

Bien que les HCT soient d'origine purement anthropique, il existe des valeurs de fond pédo-géochimique urbain dont les données sont extraites de la base BDSolU et données à titre indicatif pour les zones urbaines de la France entière. La valeur vibrisse (valeur définie comme seuil de détection d'anomalies) a été retenue en tant que VASAU 1 (Valeurs d'Analyse de la Situation d'Agriculture Urbaine).

Lorsque les concentrations mesurées sont inférieures aux valeurs de référence issues du RMQS (pour HAP) ou aux VASAU 1 (pour HCT) pour tous les éléments analysés, le sol investigué est en principe cultivable, sans mesure de gestion des risques particulière (à condition de prendre en compte également les interprétations des ETM ci-avant).

Lorsqu'au moins un des résultats de concentration dépasse sa valeur de référence issue du RMQS ou sa VASAU 1, pour statuer sur la possibilité ou non d'utiliser le sol en pleine terre pour de la culture maraîchère, il est nécessaire de déclencher une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), en retenant pour les calculs toutes les concentrations de polluants dépassant leur valeur de référence dans les sols, ainsi que les concentrations mesurées ou bien estimées dans les légumes.

Les concentrations présentant un dépassement de la valeur de référence du **RMQS** ou de la **VASAU 1** sont colorées en **rouge** dans les tableaux ci-dessous.

Les concentrations présentant des teneurs en dessous de la valeur de référence du RMQS ou de la VASAU 1 ne sont pas colorées.

8 échantillons composites ont été analysés. Les résultats sont présentés et interprétés ci-dessous.

Aucun des paramètres ne présente de concentrations en HAP supérieures ou égales aux valeurs de référence du RMQS.

Les concentrations en HCT demeurent toutes inférieures à la limite de quantification du laboratoire (LQ).

Concernant les Éléments Traces Métalliques (ETM) dans les sols de surface, aucun des paramètres ne présente de concentrations supérieures ou égales aux valeurs ASPITET sauf une concentration en zinc en D2. Ce dépassement reste inférieur à la gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées (100 à 250 mg/kg MS pour le zinc – source : ASPITET) et de plus le zinc en tant qu'oligo-élément est moins toxique que d'autres ETM. Donc ce dépassement ponctuel n'est pas considéré comme problématique.

Concernant les polluants organiques dans les sols de surface, aucun des paramètres ne présente de concentrations supérieures ou égales aux valeurs de référence du RMQS ou à la VASAU 1 pour les hydrocarbures totaux (HCT).

On peut conclure que les sols du site sont non-contaminés, sauf légèrement en zinc en D2.

Marseille - Av. du Parc Montgolfier		Unité	RMQS - échelle nationale	ASPITET - échelle nationale	VASAU 1	VASAU 2	Mailles							
Nom de l'échantillon							A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
Date de prélèvements							28.05.2024							
Profondeur de prélèvement		cm					0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)														
Naphtalène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acénaphthylène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acénaphthène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluorène		0,01					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phénanthrène		0,04					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoranthène		0,06					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00012	0,0001	< 0,05	0,00008	< 0,05
Pyrène		0,05					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00014	0,00009	< 0,05	0,00006	< 0,05
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,03	-	-	-		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthène		0,04					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00015	0,0001	< 0,05	0,00011	< 0,05
Benzo(k)fluoranthène		0,02					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)pyrène		0,03					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00009	0,00006	< 0,05	0,00009	< 0,05
Dibenzo(a,h)anthracène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(g,h,i)pérylène		0					< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		0,03					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00005	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
HAP (EPA) - somme		0,39					< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,00055	0,00035	< 0,05	0,00034	< 0,05
Hydrocarbures Totaux (HCT)														
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	-	-	69,5	-		<15,0	<15,0	<15,0	<15,0	<15,0	<15,0	<15,0	<15,0

A1 : Prélèvement composite sur 0-30 cm de la maille A1

< LQ : Concentration inférieure à la limite de quantification du laboratoire (LQ)

ASPITET - échelle nationale : Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries, à l'échelle nationale.

Données issues de l'étude ASPITET de l'INRA

RMQS - échelle nationale : Données RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) à l'échelle nationale provenant de la base de données INDIQUASOL de l'INRA.

Choix du 90e percentile de l'ensemble des données

VASAU : Valeurs d'Analyse de la Situation d'Agriculture Urbaine

Dépassement RMQS ou VASAU 1

Résultats d'analyses des polluants organiques dans les sols du site
Avenue du Parc Montgolfier, Marseille – le 28 mai 2024

V. Conclusion et recommandations

Le sol du site de Montgolfier présente plusieurs particularités en lien avec ses caractères physico-chimiques, et en particulier la **très forte présence de calcaire** (induisant un pH très basique) **associée aux argiles**. Ce complexe provoque une prise en masse dès lors que le sol n'est pas travaillé. Par ailleurs, ce même complexe aura tendance à stabiliser les éléments nutritifs qui risquent de ne plus être disponibles pour les plantes.

Pour autant, plusieurs critères sont intéressants dans l'objectif de cultiver le site :

- la réserve utile est satisfaisante (présence d'argiles et de limons)
- la présence de sables et la faible pierrosité favorise le travail mécanique du sol
- la présence d'eau permet d'irriguer le site
- le climat ensoleillé est favorable aux cultures

Par ailleurs, aucun des paramètres concernant les ETM dans les sols de surface ne présente des concentrations supérieures ou égales aux valeurs de référence sauf le zinc en D2. Il en est de même pour les polluants organiques dans les sols de surface. Il est donc possible de cultiver des légumes en pleine terre, pour les adultes et les enfants.

Afin d'envisager la culture de légumes, il conviendra de décompacter le sol et d'apporter de la matière organique. La culture de fraises sera compliquée (risque de chlorose ferrique).

Pour décompacter le sol, deux techniques sont possibles, l'idéal étant de les associer. Si le **projet de maraichage** peut attendre 2 ou 3 ans, il conviendra de planter un couvert végétal dense et dont les racines seront capables d'alléger le sol. Une culture de luzerne pourrait être une bonne solution, d'autant que les fabacées se développent bien en milieu calcaire. Au vu de la compaction du sol, cet itinéraire technique ne devrait pas être suffisant et il faudra certainement envisager un travail mécanisé (outil à dents type cultivateur ou à disques type charrue à disque).

L'apport massif de matières organiques pour une activité de maraichage semble indispensable. Elle permettra de diminuer le pH, d'apporter des éléments nutritifs (ceux présents risquent de ne pas être biodisponibles, d'améliorer la structure tout en l'allégeant et d'augmenter la réserve utile. Du fumier ou du compost pourra ainsi être épandue, en complément d'un engrais vert planté et couché sur la parcelle.

Par ailleurs, l'historique du site nous enseigne que l'arboriculture a été présente durant de nombreuses années. Poursuivre la culture des arbres fruitiers est une piste intéressante même si la superficie totale semble trop limitée pour envisager une **activité arboricole** classique qui soit rentable. Cette activité devra donc être couplée à d'autre(s). Les préconisations décrites précédemment (décompaction + apport de MO) restent valables, dans une moindre mesure toutefois, puisque les arbres fruitiers seront en mesure de capter des nutriments plus profondément et devraient profiter du sol calcaire pour y trouver des réserves d'eau.

NB1 : une emprise située en zone A2 (cf. figure 12, p.7) a fait l'objet d'apport massif de matières organiques végétales. Elle pourra être priorisée en cas de culture maraîchère.

NB2 : le phosphore est présent en très forte quantité, certainement lié aux activités humaines historiques. Ce phosphore est susceptible de polluer les eaux par ruissellement. Il conviendra de maintenir une bande enherbée le long du ruisseau situé en contrebas.

NB3 : il est préconisé de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires à base de zinc en D2. Globalement, nous préconisons de ne pas utiliser de produits phytosanitaires, sur l'ensemble du site.

VI. Glossaire

Calcosols : Les calcosols sont des sols moyennement épais à épais (plus de 35 cm d'épaisseur), développés à partir de matériaux calcaires. Ils sont riches en carbonates de calcium sur toute leur épaisseur, leur pH est donc basique. Ils sont fréquemment argileux, plus ou moins caillouteux, plus ou moins séchants, souvent très perméables. Ils se différencient des calcisols par leur richesse en carbonates. Représentent 10.8% du territoire métropolitain.

Fluvisols : Les fluvisols sont des sols issus d'alluvions, matériaux déposés par un cours d'eau. Ils sont constitués de matériaux fins (argiles, limons, sables) pouvant contenir des éléments plus ou moins grossiers (galets, cailloux, blocs). Situés dans le lit actuel ou ancien des rivières, ils sont souvent marqués par la présence d'une nappe alluviale et sont généralement inondables en période de crue. Représentent 6.3% du territoire métropolitain.

Günz : en géologie, désigne une des glaciations de l'ère quaternaire.

Lentilles calcaires : dépôt ou un amas de faible épaisseur de calcaire

Lithosols : Les lithosols sont des sols très peu différenciés et très peu épais car limités à moins de 10 cm de la surface du sol par une roche cohérente et dure (granite, calcaire, schiste...). Représentent 3.6% du territoire métropolitain.

Oligocène inférieur (ou Stampien) : s'étend de 33,9 à 28,1 millions d'années.

Poudingue : roche sédimentaire détritique consolidée, constituée de débris arrondis, qui sont d'anciens galets ayant subi un transport sur une certaine distance dans des rivières ou sur un littoral. C'est une roche qui fait partie des conglomérats, comme la **brèche**. Cette dernière, contrairement au poudingue, contient des morceaux anguleux, qui ont subi peu de transport.

Rendosols : Les rendosols sont des sols peu épais (moins de 35 cm d'épaisseur), reposant sur une roche calcaire très fissurée et riche en carbonates de calcium. Ce sont des sols au pH basique, souvent argileux, caillouteux, très séchants et très perméables. Ils se différencient des rendisols par leur richesse en carbonates. Représentent 6.5% du territoire métropolitain.

Tufs : Roche poreuse légère, souvent friable, formée de dépôts volcaniques ou calcaires

Villafranchien : Se dit de l'étage le plus ancien du quaternaire, soit environ 3 millions d'années

VII. Annexes

VI.1. Géoréférencement des échantillons

ZONE A

Echantillon 1 : 43°20'18.8"N 5°23'57.5"E
Echantillon 2 : 43°20'22.8"N 5°23'57.5"E
Echantillon 3 : 43°20'23.6"N 5°23'58.2"E
Echantillon 4 : 43°20'23.7"N 5°23'57.7"E
Echantillon 5 : 43°20'24.3"N 5°23'58.0"E
Echantillon 6 : 43°20'24.3"N 5°23'57.8"E
Echantillon 7 : 43°20'24.4"N 5°23'58.2"E
Echantillon 8 : 43°20'23.2"N 5°23'57.0"E
Echantillon 9 : 43°20'22.3"N 5°23'56.4"E
Echantillon 10 : 43°20'22.1"N 5°23'56.0"E
Echantillon 11 : 43°20'22.0"N 5°23'56.0"E
Echantillon 12 : 43°20'21.8"N 5°23'55.5"E
Echantillon 13 : 43°20'21.6"N 5°23'55.8"E
Echantillon 14 : 43°20'21.2"N 5°23'55.9"E
Echantillon 15 : 43°20'20.9"N 5°23'55.7"E
Echantillon 16 : 43°20'21.0"N 5°23'55.0"E

ZONE B

Echantillon 17 : 43°20'20.8"N 5°23'53.0"E
Echantillon 18 : 43°20'20.6"N 5°23'52.7"E
Echantillon 19 : 43°20'20.5"N 5°23'51.8"E
Echantillon 20 : 43°20'20.1"N 5°23'51.0"E
Echantillon 21 : 43°20'19.7"N 5°23'50.4"E
Echantillon 22 : 43°20'19.1"N 5°23'50.9"E
Echantillon 23 : 43°20'18.4"N 5°23'51.3"E
Echantillon 24 : 43°20'17.9"N 5°23'51.0"E
Echantillon 25 : 43°20'17.4"N 5°23'51.2"E
Echantillon 26 : 43°20'17.1"N 5°23'50.5"E
Echantillon 27 : 43°20'16.3"N 5°23'50.1"E
Echantillon 28 : 43°20'15.8"N 5°23'50.0"E
Echantillon 29 : 43°20'14.7"N 5°23'50.0"E
Echantillon 30 : 43°20'14.1"N 5°23'50.0"E
Echantillon 31 : 43°20'13.7"N 5°23'50.6"E
Echantillon 32 : 43°20'14.1"N 5°23'50.6"E

ZONE C

Echantillon 33 : 43°20'14.0"N 5°23'51.9"E
Echantillon 34 : 43°20'14.9"N 5°23'51.4"E
Echantillon 35 : 43°20'15.4"N 5°23'51.9"E
Echantillon 36 : 43°20'13.8"N 5°23'52.9"E
Echantillon 37 : 43°20'14.1"N 5°23'53.3"E
Echantillon 38 : 43°20'14.3"N 5°23'53.6"E
Echantillon 39 : 43°20'14.8"N 5°23'53.8"E
Echantillon 40 : 43°20'15.5"N 5°23'54.0"E
Echantillon 41 : 43°20'16.0"N 5°23'53.9"E
Echantillon 42 : 43°20'16.6"N 5°23'54.5"E
Echantillon 43 : 43°20'17.2"N 5°23'54.5"E
Echantillon 44 : 43°20'16.1"N 5°23'55.1"E
Echantillon 45 : 43°20'16.7"N 5°23'55.5"E
Echantillon 46 : 43°20'17.2"N 5°23'55.6"E
Echantillon 47 : 43°20'17.4"N 5°23'56.2"E
Echantillon 48 : 43°20'18.0"N 5°23'56.2"E

ZONE D

Echantillon 49 : 43°20'18.5"N 5°23'56.9"E
Echantillon 50 : 43°20'19.3"N 5°23'56.3"E
Echantillon 51 : 43°20'18.8"N 5°23'57.5"E
Echantillon 52 : 43°20'19.3"N 5°23'58.0"E
Echantillon 53 : 43°20'19.5"N 5°23'58.9"E
Echantillon 54 : 43°20'20.9"N 5°23'59.4"E
Echantillon 55 : 43°20'20.8"N 5°23'60.0"E
Echantillon 56 : 43°20'21.5"N 5°24'00.1"E
Echantillon 57 : 43°20'22.2"N 5°24'00.1"E
Echantillon 58 : 43°20'22.7"N 5°23'60.0"E
Echantillon 59 : 43°20'23.1"N 5°24'00.5"E
Echantillon 60 : 43°20'23.5"N 5°24'00.8"E
Echantillon 61 : 43°20'23.8"N 5°24'00.2"E
Echantillon 62 : 43°20'24.4"N 5°23'59.9"E
Echantillon 63 : 43°20'24.2"N 5°23'58.9"E
Echantillon 64 : 43°20'24.0"N 5°23'58.8"E

VI.2. Analyses laboratoire



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

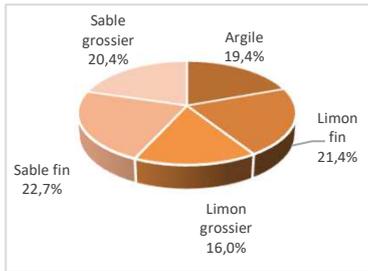
TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABIUTE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243013
 Référence : 1 C Agro
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

TEXTURE

moyenne de limon sablo-argileux



% refus > 2mm 8,5

Aptitude faible à la fissuration.

Structure très instable

Risque d'asphyxie moyen à élevé

Indice de battance 0,45 Sol non battant

RU réserve utile 35 mm d'eau
(0 à 30 cm)

ETAT PHYSIQUE

pH eau 8,0
 pH KCl
 ΔpH
 Calcaire total % 45,0
 Calcaire actif %
 Saturation en calcium % 256 sol saturé

ETAT CHIMIQUE

ELEMENTS MAJEURS

Element	Valeur	Optimum
P ₂ O ₅ Joret-Hebert mg/kg	505	151 à 280
P ₂ O ₅ Dyer mg/kg		
P ₂ O ₅ Olsen mg/kg		
K ₂ O g/kg	0,104	0,189 à 0,281
CaO g/kg	9,38	5,7 à 11,1
MgO g/kg	0,291	0,15 à 0,26
SO ₃ mg/kg		

RAPPORTS SPECIFIQUES

K/Mg	0,15	0,36 à 0,59
Ca/Mg	23,3	21 à 39

HUMIFICATION ET VIE DU SOL

Matières organiques %	4,6	Indice de fertilité
C organique %	2,7	
Azote total g/kg	3,29	
Rapport C/N	8,1	
Humification - Perte en kg/ha/an	1491	
Potentiel de libération d'azote U/ha	122	
Indice de fertilité biologique	67	
Humidité %		
Biomasse microbienne mg C/kg		
Activité enzymatique FDAH U/g		
Rapport biologique % de MO		

OLIGO-ELEMENTS

mg/kg Optimum

Fer (EDTA)
 Zinc (EDTA)
 Cuivre (EDTA)
 Manganèse (EDTA)
 Bore (eau chaude)
 Fer (oxalate)
 IPC

SALINITE

Optimum

Conductivité mS/cm
 Na₂O g/kg 0,038 0,02 à 0,07
 Chlorures mg/kg

Elevé

Normal

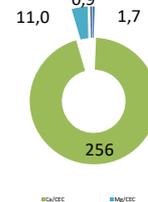
Faible

EQUILIBRE ET MOBILISATION CHIMIQUE

RESERVES DU SOL

Optimum

CEC mé/100g	13,1	11 à 19
Taux de saturation %	270	
K/CEC	1,7	2,5 à 4,0
Ca/CEC	256	70 à 85
Mg/CEC	11,0	4,0 à 6,0
Na/CEC	0,9	



Mobilisation oligo-éléments %

POTENTIEL D'ABSORPTION

du phosphore P₂O₅ ↑ impasse possible
 de la potasse K₂O → apports recommandés
 de la magnésie MgO ↑ impasse possible

T. de Laborde.
 Directeur du Laboratoire.



La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

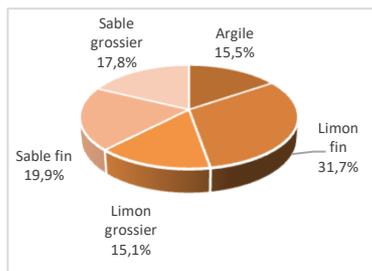
TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABIUTE

PRODUIT : **terre**
 Numéro laboratoire : 20243014
 Référence : 2A Agro
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

TEXTURE

moyenne de limon sablo-argileux



% refus > 2mm 13,2

Aptitude faible à la fissuration.

Structure très instable

Risque d'asphyxie moyen à élevé

Indice de battance 0,70 Sol non battant

RU réserve utile 36 mm d'eau
(0 à 30 cm)

ETAT PHYSIQUE

pH eau **8,5**
 pH KCl
 ΔpH
 Calcaire total % **45,4**
 Calcaire actif %
 Saturation en calcium % **219** sol saturé

ETAT CHIMIQUE

ELEMENTS MAJEURS

Element	Valeur	Optimum
P ₂ O ₅ Joret-Hebert mg/kg	1624	151 à 280
P ₂ O ₅ Dyer mg/kg		
P ₂ O ₅ Olsen mg/kg		
K ₂ O g/kg	1,979	0,189 à 0,281
CaO g/kg	7,72	5,7 à 11,1
MgO g/kg	0,457	0,15 à 0,26
SO ₃ mg/kg		

RAPPORTS SPECIFIQUES

K/Mg	1,86	0,36 à 0,59
Ca/Mg	12,2	21 à 39

HUMIFICATION ET VIE DU SOL

Matières organiques %	4,3
C organique %	2,5
Azote total g/kg	2,53
Rapport C/N	9,8
Humification - Perte en kg/ha/an	1088
Potentiel de libération d'azote U/ha	77
Indice de fertilité biologique	51

Indice de fertilité



Humidité %
 Biomasse microbienne mg C/kg
 Activité enzymatique FDAH U/g
 Rapport biologique % de MO

OLIGO-ELEMENTS

mg/kg Optimum

Fer (EDTA)
 Zinc (EDTA)
 Cuivre (EDTA)
 Manganèse (EDTA)
 Bore (eau chaude)
 Fer (oxalate)
 IPC

SALINITE

Optimum

Conductivité mS/cm
 Na₂O g/kg **0,066** 0,02 à 0,07
 Chlorures mg/kg

Elevé

Normal

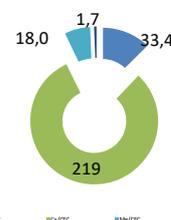
Faible

EQUILIBRE ET MOBILISATION CHIMIQUE

RESERVES DU SOL

Optimum

CEC mé/100g	12,6	11 à 19
Taux de saturation %	272	
K/CEC	33,4	2,5 à 4,0
Ca/CEC	219	70 à 85
Mg/CEC	18,0	4,0 à 6,0
Na/CEC	1,7	



Mobilisation oligo-éléments %

POTENTIEL D'ABSORPTION

du phosphore P₂O₅ ↑ impasse possible
 de la potasse K₂O ↑ impasse possible
 de la magnésie MgO → apports de correction

T. de Laborde.
 Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

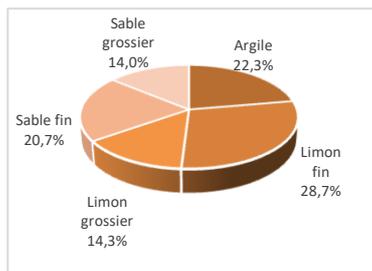
TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABIUTE

PRODUIT : **terre**
 Numéro laboratoire : 20243015
 Référence : 2B Agro
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

TEXTURE

fine limono-argilo-sableuse



% refus > 2mm 9,8

Aptitude faible à la fissuration.

Structure instable

Très grand risque d'asphyxie

Indice de battance 0,47 Sol non battant

RU réserve utile 41 mm d'eau
(0 à 30 cm)

ETAT PHYSIQUE

pH eau **8,0**
 pH KCl
 ΔpH
 Calcaire total % **47,0**
 Calcaire actif %
 Saturation en calcium % **247** sol saturé

ETAT CHIMIQUE

ELEMENTS MAJEURS

Element	Valeur	Optimum
P ₂ O ₅ Joret-Hebert mg/kg	511	151 à 280
P ₂ O ₅ Dyer mg/kg		
P ₂ O ₅ Olsen mg/kg		
K ₂ O g/kg	0,168	0,189 à 0,281
CaO g/kg	10,4	5,7 à 11,1
MgO g/kg	0,360	0,15 à 0,26
SO ₃ mg/kg		

RAPPORTS SPECIFIQUES

K/Mg	0,20	0,36 à 0,59
Ca/Mg	20,8	21 à 39

HUMIFICATION ET VIE DU SOL

Matières organiques %	5,5	Indice de fertilité
C organique %	3,2	
Azote total g/kg	3,83	
Rapport C/N	8,3	
Humification - Perte en kg/ha/an	1711	
Potentiel de libération d'azote U/ha	139	
Indice de fertilité biologique	63	
Humidité %		
Biomasse microbienne mg C/kg		
Activité enzymatique FDAH U/g		
Rapport biologique % de MO		

OLIGO-ELEMENTS

mg/kg Optimum

Fer (EDTA)
 Zinc (EDTA)
 Cuivre (EDTA)
 Manganèse (EDTA)
 Bore (eau chaude)
 Fer (oxalate)
 IPC

SALINITE

Optimum

Conductivité mS/cm
 Na₂O g/kg **0,081** 0,02 à 0,07
 Chlorures mg/kg

Elevé

Normal

Faible

EQUILIBRE ET MOBILISATION CHIMIQUE

RESERVES DU SOL

Optimum

CEC mé/100g	15,1	11 à 19
Taux de saturation %	263	
K/CEC	2,4	2,5 à 4,0
Ca/CEC	247	70 à 85
Mg/CEC	11,8	4,0 à 6,0
Na/CEC	1,7	



Mobilisation oligo-éléments %

POTENTIEL D'ABSORPTION

du phosphore P₂O₅ ↑ impasse possible
 de la potasse K₂O → apports recommandés
 de la magnésie MgO ↑ impasse possible

T. de Laborde.
 Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

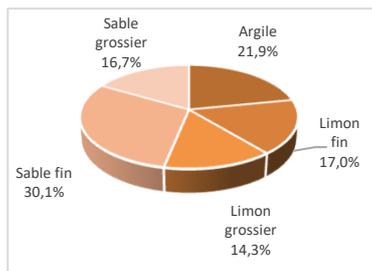
TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABIUTE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243016
 Référence : 2D Agro
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

TEXTURE

fine limono-argilo-sableuse



% refus > 2mm 7,6

Aptitude faible à la fissuration.

Structure instable

Risque d'asphyxie moyen à élevé

Indice de battance 0,46 Sol non battant

RU réserve utile 31 mm d'eau
(0 à 30 cm)

ETAT PHYSIQUE

pH eau 8,0
 pH KCl
 ΔpH
 Calcaire total % 45,1
 Calcaire actif %
 Saturation en calcium % 308 sol saturé

ETAT CHIMIQUE

ELEMENTS MAJEURS

Element	Valeur	Optimum
P ₂ O ₅ Joret-Hebert mg/kg	744	151 à 280
P ₂ O ₅ Dyer mg/kg		
P ₂ O ₅ Olsen mg/kg		
K ₂ O g/kg	0,124	0,189 à 0,281
CaO g/kg	9,59	5,7 à 11,1
MgO g/kg	0,246	0,15 à 0,26
SO ₃ mg/kg		

RAPPORTS SPECIFIQUES

K/Mg	0,22	0,36 à 0,59
Ca/Mg	28,1	21 à 39

OLIGO-ELEMENTS

Element	mg/kg	Optimum
Fer (EDTA)		
Zinc (EDTA)		
Cuivre (EDTA)		
Manganèse (EDTA)		
Bore (eau chaude)		
Fer (oxalate)		
IPC		

SALINITE

Element	Valeur	Optimum
Conductivité mS/cm		
Na ₂ O g/kg	0,027	0,02 à 0,07
Chlorures mg/kg		

Elevé

Normal

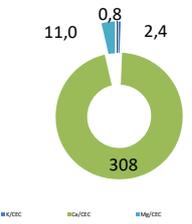
Faible

HUMIFICATION ET VIE DU SOL

Matières organiques %	3,1	Indice de fertilité
C organique %	1,8	
Azote total g/kg	2,12	
Rapport C/N	8,5	
Humification - Perte en kg/ha/an	968	
Potentiel de libération d'azote U/ha	74	
Indice de fertilité biologique	56	
Humidité %		
Biomasse microbienne mg C/kg		
Activité enzymatique FDAH U/g		
Rapport biologique % de MO		

EQUILIBRE ET MOBILISATION CHIMIQUE

RESERVES DU SOL	Valeur	Optimum
CEC mé/100g	11,1	11 à 19
Taux de saturation %	323	
K/CEC	2,4	2,5 à 4,0
Ca/CEC	308	70 à 85
Mg/CEC	11,0	4,0 à 6,0
Na/CEC	0,8	



Mobilisation oligo-éléments %

POTENTIEL D'ABSORPTION

du phosphore P₂O₅ ↑ impasse possible
 de la potasse K₂O → apports recommandés
 de la magnésie MgO ↑ impasse possible

T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.



La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243017
 Référence : Zone 1A pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,21	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,4	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	16,4	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,05	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	6,7	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	29,8	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	34,9	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	5,2		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE
Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	interne (toluène)
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	< 0,05	

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243018
 Référence : Zone 1B pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

		RESULTAT	Valeurs limites	METHODE
Cadmium	mg/kg	0,22	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,5	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	14,1	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,06	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	4,5	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	32,4	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	37,7	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	4,8		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05		interne (toluène)
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05		
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05		
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05		
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05		
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05		
Fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05		
Pyrène	µg/kg MS	< 0,05		
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05		
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05		
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05		
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05		
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	< 0,05		
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05		
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05		
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05		
Somme des HAP	µg/kg MS	< 0,05		

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243019
 Référence : Zone 1C pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,24	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,8	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	16,6	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,07	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	5,1	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	45,3	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	41,2	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	4,7		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	0,10	
Pyrène	µg/kg MS	0,09	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	0,10	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	0,06	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	0,35	

interne (toluène)

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243020
 Référence : Zone 1D pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,26	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	4,1	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	16,2	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,09	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	5,5	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	45,5	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	38,8	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	5,2		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	0,08	
Pyrène	µg/kg MS	0,06	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	0,11	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	0,09	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	0,34	

interne (toluène)

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243021
 Référence : Zone 2A pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,22	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,3	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	16,6	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,06	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	4,5	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	36,1	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	44,9	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	4,5		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE
Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	interne (toluène)
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	< 0,05	

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243022
 Référence : Zone 2B pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

		RESULTAT	Valeurs limites	METHODE
Cadmium	mg/kg	0,21	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,3	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	13,8	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,06	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	4,0	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	45,8	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	33,1	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	4,8		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	0,12	
Pyrène	µg/kg MS	0,14	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	0,15	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	0,09	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	0,55	

interne (toluène)

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243023
 Référence : Zone 2C pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,24	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	3,7	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	19,0	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,09	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	4,6	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	41,4	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	43,8	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	4,4		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	< 0,05	

interne (toluène)

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture agrément T1-T2-T5
Membre du Gemas

TERREAUCIEL
216 route de Launaguet
31200 Toulouse

TRACABILITE

PRODUIT : terre
 Numéro laboratoire : 20243024
 Référence : Zone 2D pollution
 Parcelle : NC
 Date de réception : 10/06/24
 Date d'édition : 26/06/24

ELEMENTS TRACES METALLIQUES

ELEMENTS TRACES METALLIQUES	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE	
Cadmium	mg/kg	0,24	2	NF EN 13-650
Chrome	mg/kg	4,0	150	NF EN 13-650
Cuivre	mg/kg	16,5	100	NF EN 13-650
Mercure	mg/kg	0,05	1	NF EN 13-650
Nickel	mg/kg	6,1	50	NF EN 13-650
Plomb	mg/kg	37,6	100	NF EN 13-650
Zinc	mg/kg	115	300	NF EN 13-650
Arsenic	mg/kg	5,9		NF EN 13-650
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg	< 15		NF EN ISO 16703

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	RESULTAT	Valeurs limites	METHODE
Naphtalène	µg/kg MS	< 0,05	interne (toluène)
Acénaphthylène	µg/kg MS	< 0,05	
Acénaphthène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluorène	µg/kg MS	< 0,05	
Phénanthrène	µg/kg MS	< 0,05	
Anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Chrysène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/kg MS	< 0,05	
Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	< 0,05	
Indéno(123-cd)pyrène	µg/kg MS	< 0,05	
Somme des HAP	µg/kg MS	< 0,05	

COMMENTAIRES

Valeurs limites selon l'arrêté du 08/01/98 applicable aux épandages des boues sur les sols agricoles.



T. de Laborde.
Directeur du Laboratoire.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu au laboratoire.

Les résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse et les déterminations présentées.

Fin du rapport