

# ZAC DES DEUX RUISSEAUX A THOUARE-SUR-LOIRE

## Dossier d'autorisation environnementale unique

### VOLET G : Annexes – Partie 3 : Etudes spécifiques

Mai 2025



Loire Océan  
Développement

Nantes Métropole  
COMMUNAUTÉ URBAINE



**sce**  
Aménagement  
& environnement

## Maître d'ouvrage

RAISON SOCIALE	Loire Océan Développement
COORDONNÉES	34 rue du Pré Gauchet - CS93521 44035 NANTES CEDEX
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Madame Audrey Thorau Tél. + 33 2 40 92 95 30 athoreau@lod44.com

## SCE

COORDONNÉES	4, rue Viviani – CS 26220 44262 NANTES Cedex 2 Tél. 02.51.17.29.29 - Fax 02.51.17.29.99 E-mail : sce@sce.fr
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Clémence AUMOND Cheffe de projets Tél. 02 51 17 29 29 E-mail : clemence.aumond@ateliersup-plus.fr

## Rapport

TITRE	ZAC des Deux Ruisseaux - Volet G – Annexes – Partie 3 : Etudes spécifiques
-------	--

## Suivi des versions

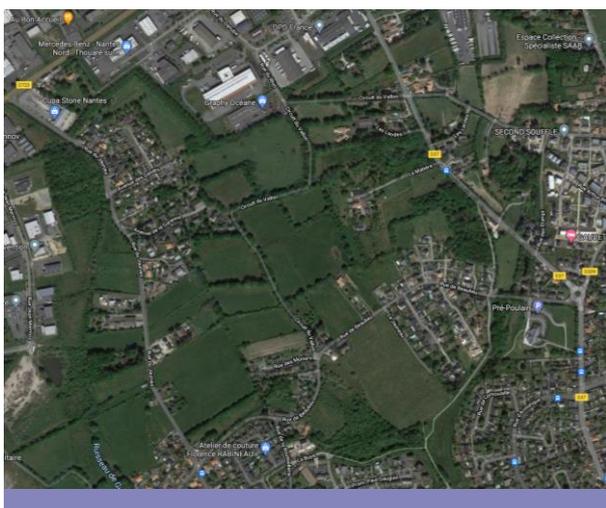
RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
200146	Octobre 2024	Edition 1	Création	EAB / FPR	PIB
200146	Décembre 2024	Edition 2	Prise en compte des remarques de LOD	EAB / FPR	PIB
200146	Mai 2025	Edition 3	Prise en compte des remarques DDTM	EAB	PIB

## Sommaire

<b>Chapitre 1. Etude trafic .....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre 2. Evaluation du potentiel de développement en énergie renouvelable .....</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre 3. Bilan Carbone et GES .....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre 4. Etudes géotechniques – APC Ingénierie.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Mission géotechnique G1.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Recherche d'amiante et de HAP dans les enrobés.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Suivi piézométrique .....</b>	<b>10</b>
<b>Chapitre 5. Diagnostic d'archéologie préventive : arrêté de prescription de la DRAC .....</b>	<b>11</b>



# Chapitre 1. Etude trafic



# ZAC des 2 Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire

## Etude de trafic

Rapport d'étude

Juillet 2024, version V7



LOD  
Bat 02 - 7ème étage  
34, rue du Pré-Gauchet  
CS 93521  
44035 NANTES CEDEX 01

## CLIENT

RAISON SOCIALE	LOD – Loire Océan Développement
COORDONNÉES	Bat 02 – 7ème étage 34, rue du Pré-Gauchet CS 93521 44035 NANTES CEDEX 01, France
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Corinne LABORIE, Tel : 02.40.92.95.30 / fax : 02.40.92.12.05 claborie@lod44.com

## SCE

COORDONNÉES	4, rue Viviani – CS26220 44262 NANTES Cedex 2 Tél. 02.51.17.29.29 - Fax 02.51.17.29.99 E-mail : sce@sce.fr
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Monsieur BARREAU Jean-Philippe Tél. 02.51.17.28.53. E-mail : jean-philippe.barreau@sce.fr

## RAPPORT

TITRE	ZAC des 2 Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire - Etude de trafic
NOMBRE DE PAGES	37
NOMBRE D'ANNEXES	2
OFFRE DE RÉFÉRENCE	P20003384
N° COMMANDE	Avenant n°1 au MS1 de l'accord cadre 19 03 009 (CO 09-1183 CL/ELM)

## SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
200146AH2	20/10/21	V1	Diagnostic	MHM/JBA	JBA
200146AH2	18/11/21	V2	Correction diagnostic + prévisions trafic	MHM/JBA	JBA
200146AH2	25/11/21	V3	Correction rapport	MHM/JBA	JBA
200146AH2	26/11/21	V4	Correction rapport	MHM/JBA	JBA
200146AH2	06/12/21	V5	Compléments	MHM/JBA	JBA
200146AH2	04/12/23	V6	Reprises / nouveau programme	MHM/JBA	JBA
200146AH2	17/07/24	V7	Reprises / nouveau programme	MHM/JBA	JBA

## Sommaire

<b>Chapitre 1 - Diagnostic</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Analyse quantitative et qualitative des réseaux</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. Le réseau de voirie et les pôles générateurs de trafic</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2. Trafic routier</b> .....	<b>8</b>
1.2.1. Flux de circulation.....	8
1.2.2. Conditions de circulation.....	16
<b>1.3. Le réseau de transports collectifs</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4. Les modes actifs</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5. Les accidents</b> .....	<b>20</b>
<b>2. Description du projet</b> .....	<b>21</b>
<b>Chapitre 2 - Génération et affectation de trafic</b> .....	<b>25</b>
<b>1. Génération de trafic par accès</b> .....	<b>25</b>
<b>1.1. Hypothèses sur les données de mobilité</b> .....	<b>25</b>
<b>1.2. Génération de trafic</b> .....	<b>26</b>
1.2.1. Tous modes confondus.....	26
1.2.2. Par mode de transport.....	28
1.2.3. Zoom sur les seuls véhicules générés.....	29
<b>2. Affectation de trafic sur les voies</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1. Méthodologie appliquée pour les affectations de trafic</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2. Evolution du trafic en total jour</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3. Evolution du trafic en HPM</b> .....	<b>33</b>
<b>2.4. Evolution du trafic en HPS</b> .....	<b>34</b>
<b>3. Evolution des réserves de capacité</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1. Evolution des réserves de capacité en HPM</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2. Evolution des réserves de capacité en HPS</b> .....	<b>36</b>
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>37</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>39</b>

# Chapitre 1 - Diagnostic

# Chapitre 1 - Diagnostic

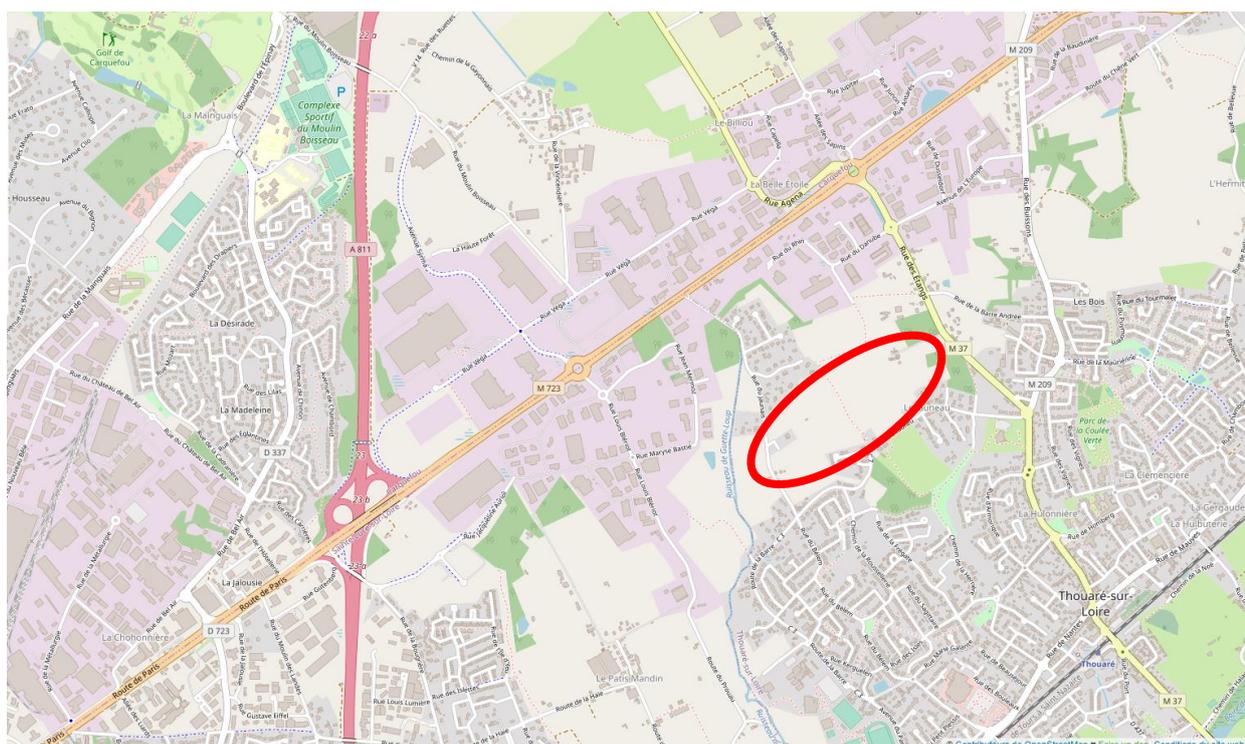
La ZAC des 2 Ruisseaux s’inscrit dans un contexte où la circulation croît régulièrement. Entre la Route de Paris et le bourg de Thouaré-sur-Loire, les voies existantes font l’objet d’un trafic significatif malgré leur gabarit parfois étroit. Il peut s’agir de trafic d’échange, mais il est probable que du transit profite également de ces voies encore préservées de la congestion pour éviter les grands axes.

L’urbanisation du secteur va générer de nouveaux flux. De plus, les aménagements routiers propres à l’opération, ainsi que ceux envisageables de manière connexe, vont contribuer à modifier les pratiques locales et ainsi impacter sur les flux et les conditions de circulation.

**C’est dans ce contexte que s’inscrit l’étude qui suit, visant à caractériser la situation locale en la matière et établir les prévisions de trafic en lien avec les caractéristiques du projet.**

*Nota : la présente étude ne porte pas sur les autres modes de déplacements : transports collectifs, vélo, marche à pied, transport de marchandises, etc., ni sur le stationnement.*

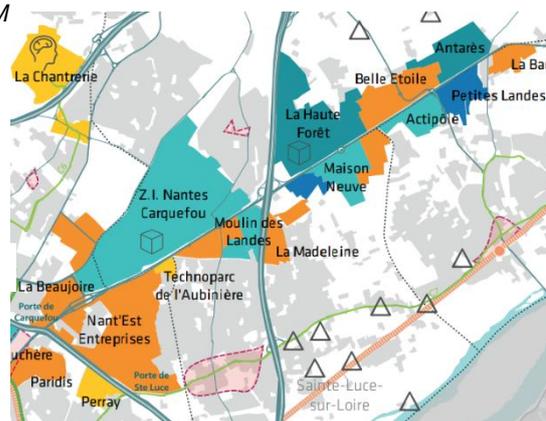
## Plan de localisation du site



Source : OSM

## Zones d’activités

Source : Nantes Métropole



# 1. Analyse quantitative et qualitative des réseaux

## 1.1. Le réseau de voirie et les pôles générateurs de trafic

Le site du projet est implanté entre la Voie Métropolitaine 723 (Route de Paris) et la rue de Beaulieu. Il est délimité à l'Ouest par la rue du Jaunais, à l'Est par la Voie Métropolitaine 37 (rue des Etangs). Les deux voies métropolitaines sont classées en voies principales A, d'intérêt d'agglomération, selon la nomenclature métropolitaine. Ce classement correspond aux liaisons internes à l'agglomération, entre grands quartiers et/ou centres-villes. Elles accueillent tous les modes de déplacements qui doivent y cohabiter grâce à un partage de l'espace public adapté au contexte local (Source : PDU Nantes Métropole).

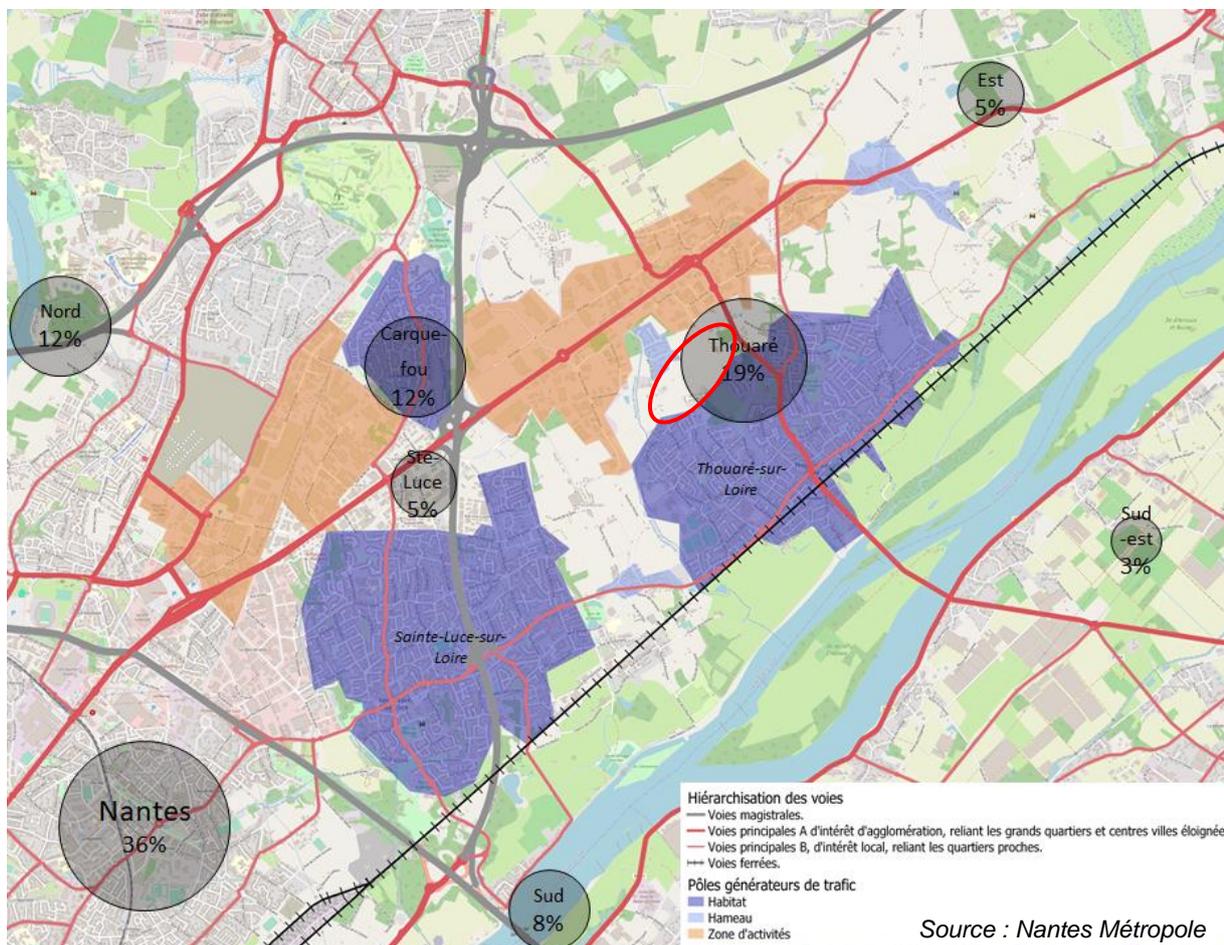
Les voies structurantes desservent plusieurs pôles générateurs de trafic :

- ▶ deux centralités constituées par les bourgs des communes de Thouaré-sur-Loire au Sud et de Sainte-Luce-sur-Loire au Sud-ouest,
- ▶ plusieurs zones d'activités, situés le long de la Route de Paris : Belle Etoile, Antarès, Actipôle ... sur plusieurs centaines d'hectares et, à l'Ouest de l'A811, la ZI de Carquefou.

65% des emplois des Thouaréens sont localisés sur Nantes, Nantes Métropole Nord-Loire et le Nord-ouest, 19% sur Thouaré.

Au Sud, la Loire et la voie ferrée parallèle constituent des coupures limitant les échanges entre les deux rives. Deux ponts permettent toutefois la traversée du fleuve, le premier au droit de Thouaré-sur-Loire, le second sur le périphérique via le pont de Bellevue.

### Hiérarchisation des voies, pôles générateurs de trafic et lieux de travail



La Route de Paris comporte une à deux voies par sens de circulation. La Rue des Etangs, également classée en voie principale, propose un dispositif de ralentissement en entrée d'agglomération, au Sud, et un terre-plein-central dans sa section Nord.

L'ensemble du réseau secondaire dispose d'une voie par sens de circulation. Plus particulièrement, la rue du Jaunais est interdite aux poids-lourds de plus de 3,5 tonnes et celle de Beaulieu est équipée de quelques dispositifs de ralentissement (chicanes et coussins berlinois).

Les rues du Jaunais, de Baulieu et des Etangs forment le périmètre du site et constitueront l'armature viaire principale de desserte de l'opération.

Sur la Route de Paris, les intersections sont traitées en ronds-Points - La Belle Etoile et Les Bornes - avec, sur cette section de 500 mètres, quelques accès directs à des commerces en tourne-à-droite, mais pas de carrefours secondaires. Sur les 3 voies périmétrales, les priorités sont traitées de manière hétérogène : priorité à droite sur la rue du Jaunais, priorité à droite ou stop sur la rue de Beaulieu, giratoire pour l'accès aux ZA et cédez le passage pour les autres voies sur la rue des Etangs. Pour les intersections entre ces 3 voies, le carrefour en T Route de Paris X rue du Jaunais au Nord-ouest interdit les tourne-à-gauche. Au Sud-ouest, le carrefour à stop rue du Jaunais X rue de Baulieu donne la priorité à cette dernière. Au Sud-est, le carrefour rue de Beaulieu X rue des Etangs est traité en giratoire.

### Réglementation de voirie



La vitesse de circulation est limitée à 50 km/h le long de la rue du Jaunais, ainsi que sur les sections Nord et Sud de la rue des Etangs. La rue de Beaulieu est limitée à 30 km/h. Nota : le quartier situé au Sud-ouest de la zone d'études a été classé en zone 30.

## 1.2. Trafic routier

### 1.2.1. Flux de circulation

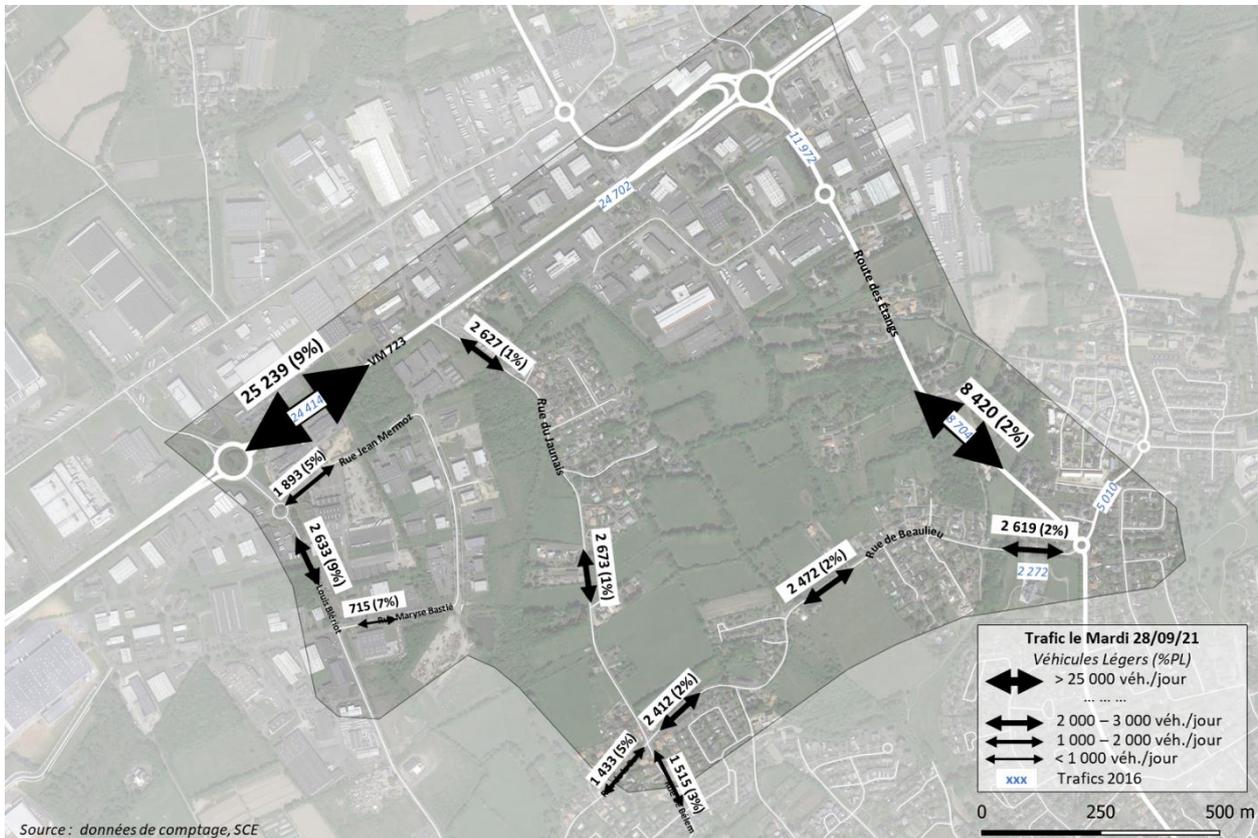
Des comptages de trafic (comptage automatique et directionnel) ont été réalisés sur les voies de circulation du secteur (VM723, rue des Étangs, rue de Beaulieu, rue de la Barre, rue de Bélem, rue du Jaunais, rue Jean Mermoz, rue Maryse Bastié et rue Louis Blériot). Ces données de trafic permettent d'une part de connaître les flux actuels auxquels s'ajouteront les trafics générés par le projet, d'autre part d'identifier les itinéraires de shunt en heures de pointe.

Les relevés de comptages automatiques ont été réalisés un jour type de semaine : le mardi 28 septembre 2021. Les comptages directionnels ainsi que l'analyse de certains itinéraires ont été réalisés sur les heures de pointe du matin (8h-9h) et du soir (17h30-18h30). Les conditions météorologiques étaient ensoleillées, partiellement nuageuses. Des travaux sur les réseaux souterrains avaient lieu sous horaires (09h30-16h30) et sous alternat sans feux au niveau du n°436 de la rue des Etangs. Ainsi, les conditions de circulation en heures de pointe peuvent être jugées normales.

Les cartes qui suivent, illustrent le trafic total journalier, puis les trafics à l'heure de pointe du matin (HPM) de 8h à 9h et à l'heure de pointe du soir (HPS) de 17h à 18h.

1.2.1.1. Trafic total jour

Traffic VL/PL sur la journée du mardi 28/09/21



La VM723 est la voie la plus empruntée avec plus de 25 000 VL sur une journée en raison de son rôle de transit et de desserte de plusieurs zones d'activités (Belle Etoile, Antarès, Actipôle, ZI de Carquefou ...). Son trafic a augmenté de 3,4% depuis 2016.

La rue des Étangs relie directement le centre-bourg de Thouaré-sur-Loire à la VM723 et draine ainsi, avec plus de 8 000 v/j, un trafic de plus de 3 fois supérieur aux trafics relevés sur les autres voies du quartier, en légère baisse depuis 2016, sans doute en raison de sa congestion en heure de pointe du matin. A l'approche de la VM723, l'induction liée aux entreprises voisines génère une hausse de 40% de trafic environ.

La rue de Beaulieu et la rue du Jaunais sont empruntées par près de 2 500 VL/jour, tandis que la rue de la Barre et la rue de Bélem sont circulées par près de 1 500 VL/jour.

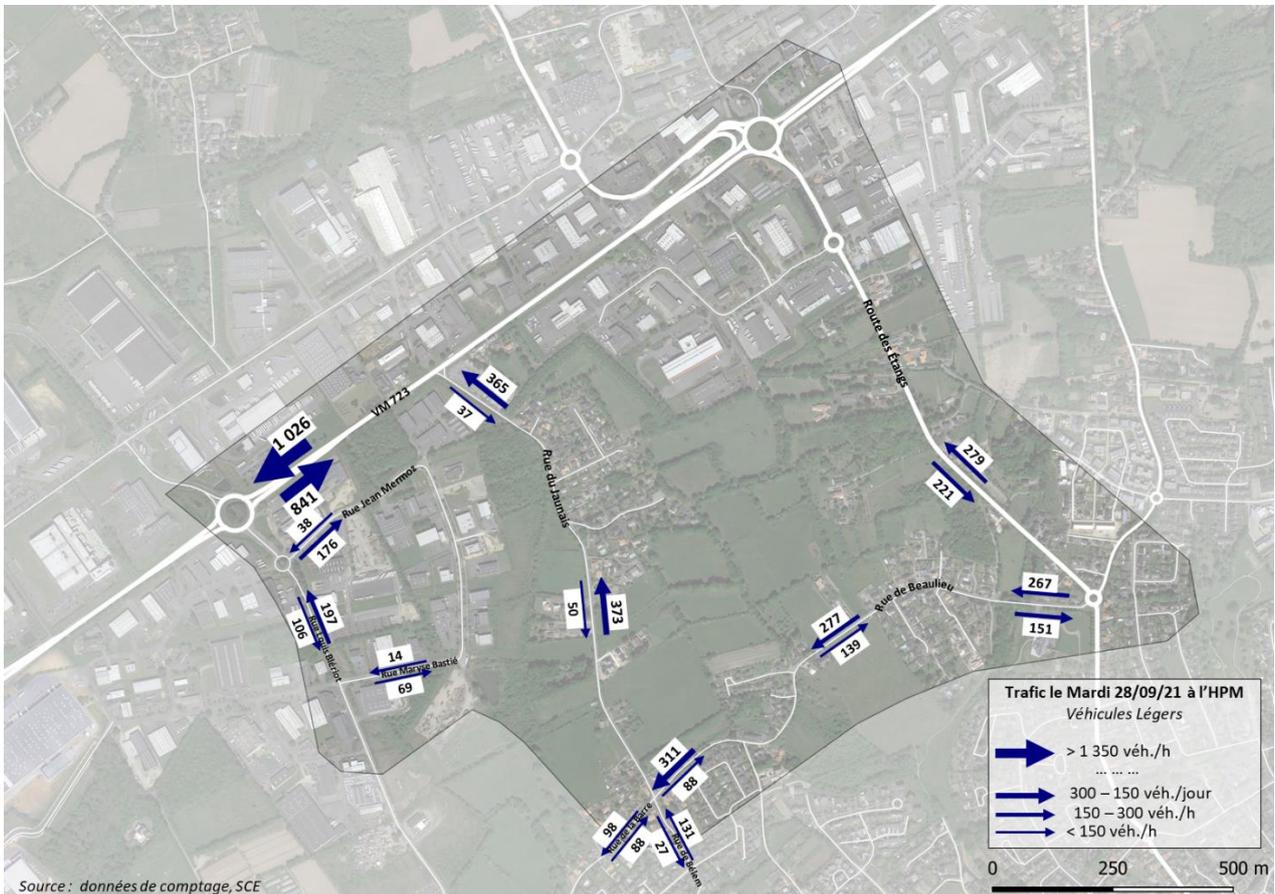
Le trafic s'élève entre 700 et 2 600 VL/jour dans le PA de la Maisonneuve, situé à l'Ouest de la ZAC.

Globalement, la pendularité des flux les oriente vers l'agglomération nantaise le matin (sens Sud > Nord pour rejoindre la VM723 ou Est > Ouest pour rejoindre la VM723 ou l'itinéraire rte de la Barre – VM68 au Sud), vers le bourg de Thouaré le soir. En l'absence de voies à sens uniques dans le quartier et son environnement, les flux sont relativement équilibrés selon les sens de circulation sur le total jour. Cependant, quelques voies connaissent des distorsions en la matière : la rue des Étangs et la rue du Jaunais accueillent un trafic proportionnellement plus élevé en HPS en direction du bourg de Thouaré, sans doute lié à la moindre utilisation de la VM68 le soir et au mouvement de tourne à droite autorisé depuis la VM723 Ouest vers la rue du Jaunais.

Les poids lourds circulent principalement sur deux axes : la VM723, avec 2 500 PL recensés sur une journée, et la rue Blériot, avec 276 PL au total, soit 9% du trafic sur ces voies. Bien que la rue des Étangs soit interdite à la circulation des plus de 3,5t sur la commune de Thouaré-sur-Loire, 195 PL l'ont empruntée sur la journée du mardi (desserte locale ou shunts pour éviter la VM723 saturée). Sur les autres voies, le trafic PL représente moins de 100 PL/jour.

### 1.2.1.2. Trafic aux heures de pointe

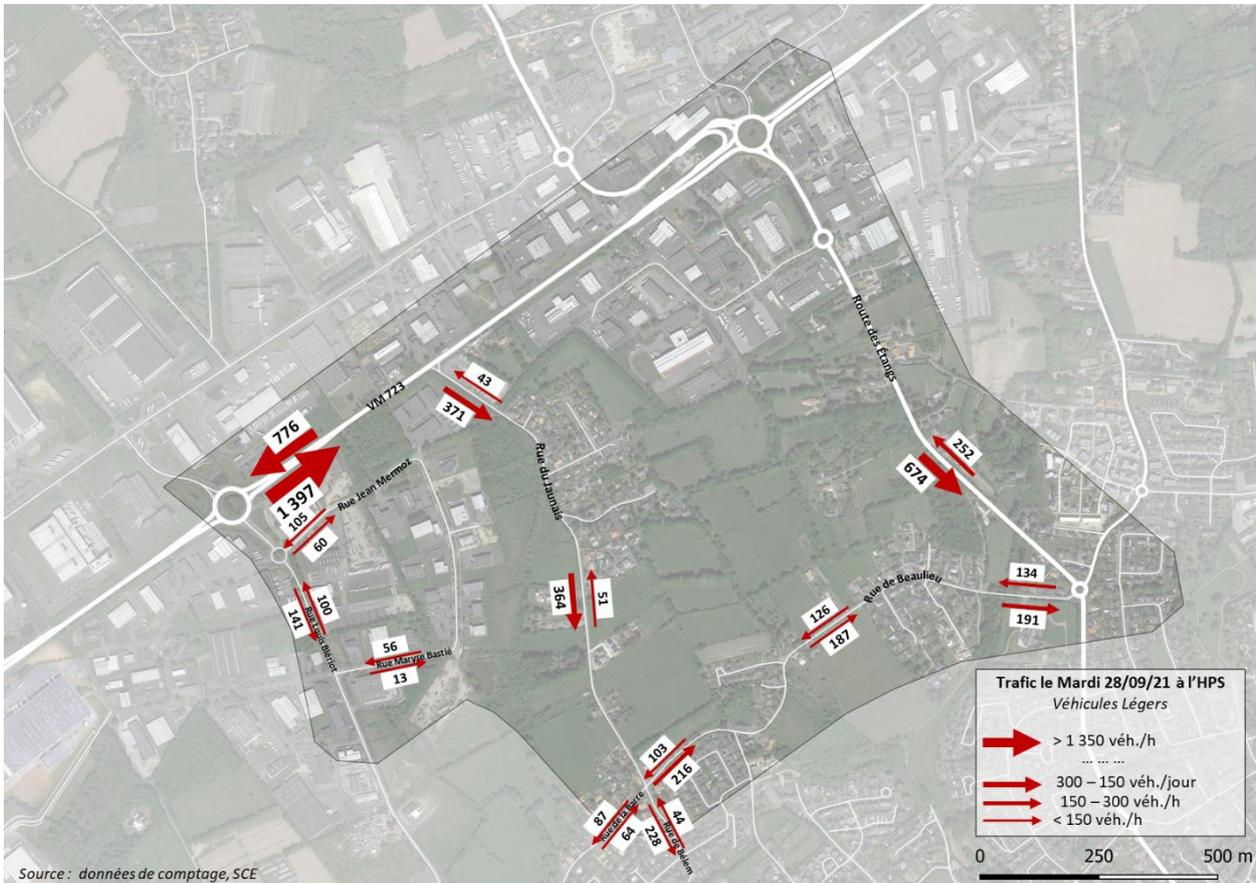
#### Traffic VL le mardi 28/09/21 à l'heure de pointe du matin (8h – 9h)



#### À l'heure de pointe du matin (8h-9h) :

- ▶ Sur la route de Paris, 1 000 VL se dirigent dans la direction de Nantes et 840 VL sont comptabilisés dans le sens inverse, confirmant la pendularité des flux.
- ▶ Le nombre d'automobilistes sortant du rond-point Schumann se partagent équitablement entre la rue des Étangs avec son accès direct au giratoire de la Belle Étoile sur la VM723 (279 VL sens S>N), et la rue de Beaulieu qui mène à la rue du Jaunais (267 VL en sens E>O).
- ▶ Rue des Etangs, la pendularité est peu marquée (seulement 58 véhicules de différence entre le sens montant et le sens descendant)
- ▶ Le trafic rue du Jaunais dépasse 350 VL/h dans le sens S>N : les automobilistes empruntent ensuite la VM723 Est. Dans le sens opposé, seule une cinquantaine de véhicules circulent en sens N>S.
- ▶ Dans le parc d'activités à l'Ouest, au sud du rond-point des Bornes, les flux s'élèvent à 197 VL/h sur la rue Blériot (sens S>N). 245 VL (176+69) entrent dans la zone tandis que 52 en sortent (38+14).

**Trafics VL le mardi 28/09/21 à l'heure de pointe de soir (17h – 18h)**

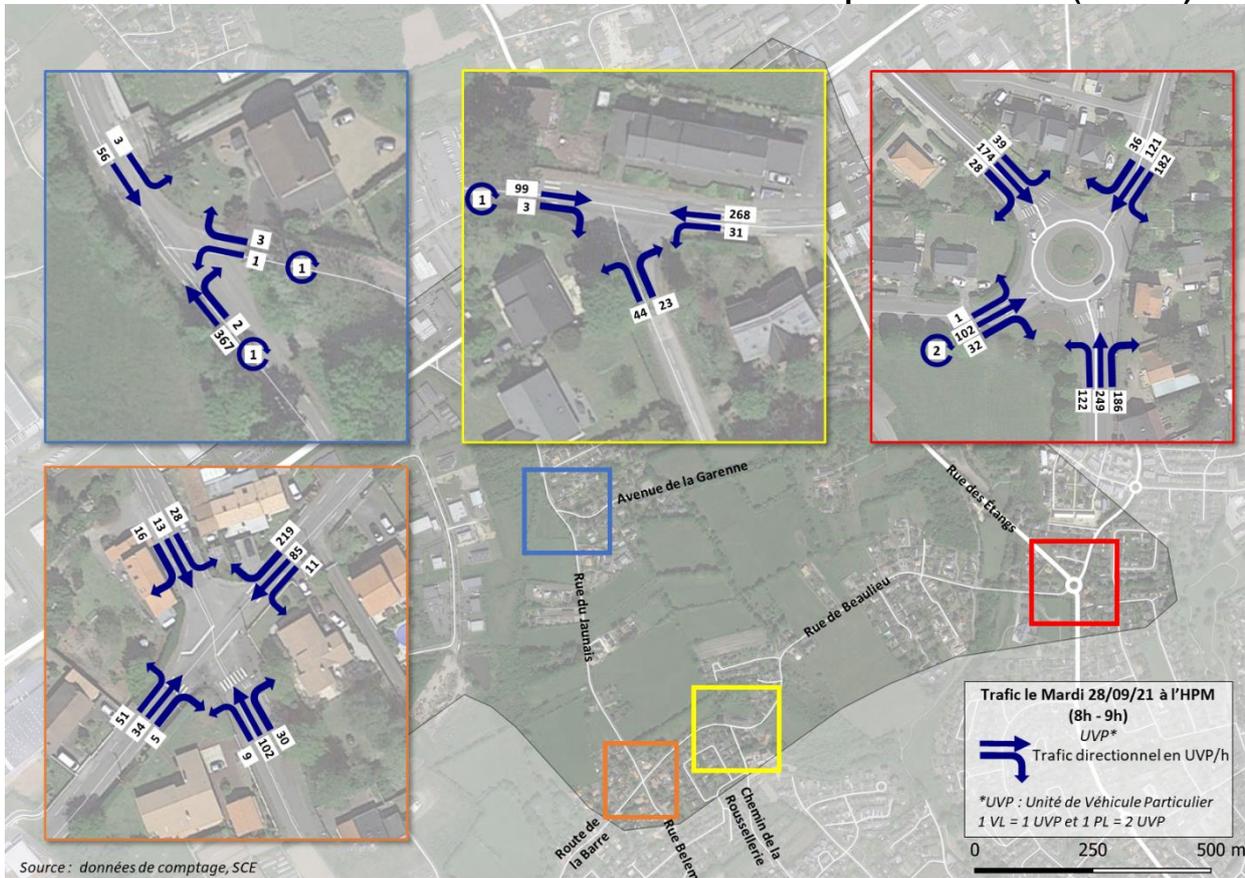


**À l'heure de pointe du soir (17h-18h) :**

- ▶ De manière générale, les flux sont inversés par rapport au matin, mais avec un différentiel entre sens plus élevé, traduisant une moindre utilisation de la VM68 le soir en sens sortant que le matin en sens entrant.
- ▶ Sur la route de Paris, 1 400 VL se dirigent vers l'Est et 770 VL sont comptabilisés en direction de Nantes.
- ▶ Le phénomène pendulaire est également observable sur la rue des Étangs, contrairement au matin. On enregistre 670 VL dans le sens N>S pour seulement 250 VL dans le sens inverse. Le trafic est alors 2 fois plus élevé que sur la rue parallèle du Jaunais, qui comptabilise 360 VL dans le sens N>S. Cela s'explique par une situation plus fluide le soir sur la rue des Etangs (cf plus loin).
- ▶ Rue de Beaulieu, les niveaux de trafics sont légèrement plus faibles que le matin.
- ▶ La rue du Jaunais enregistre autant de trafic que le matin, mais dans le sens opposé.
- ▶ Le parc d'activités se vide, les flux sont alors comparables à ceux du matin dans le sens opposé : 73 VL (13+60) entrent dans la zone tandis que 161 en sortent (105+56).

### 1.2.1.3. Trafics directionnels

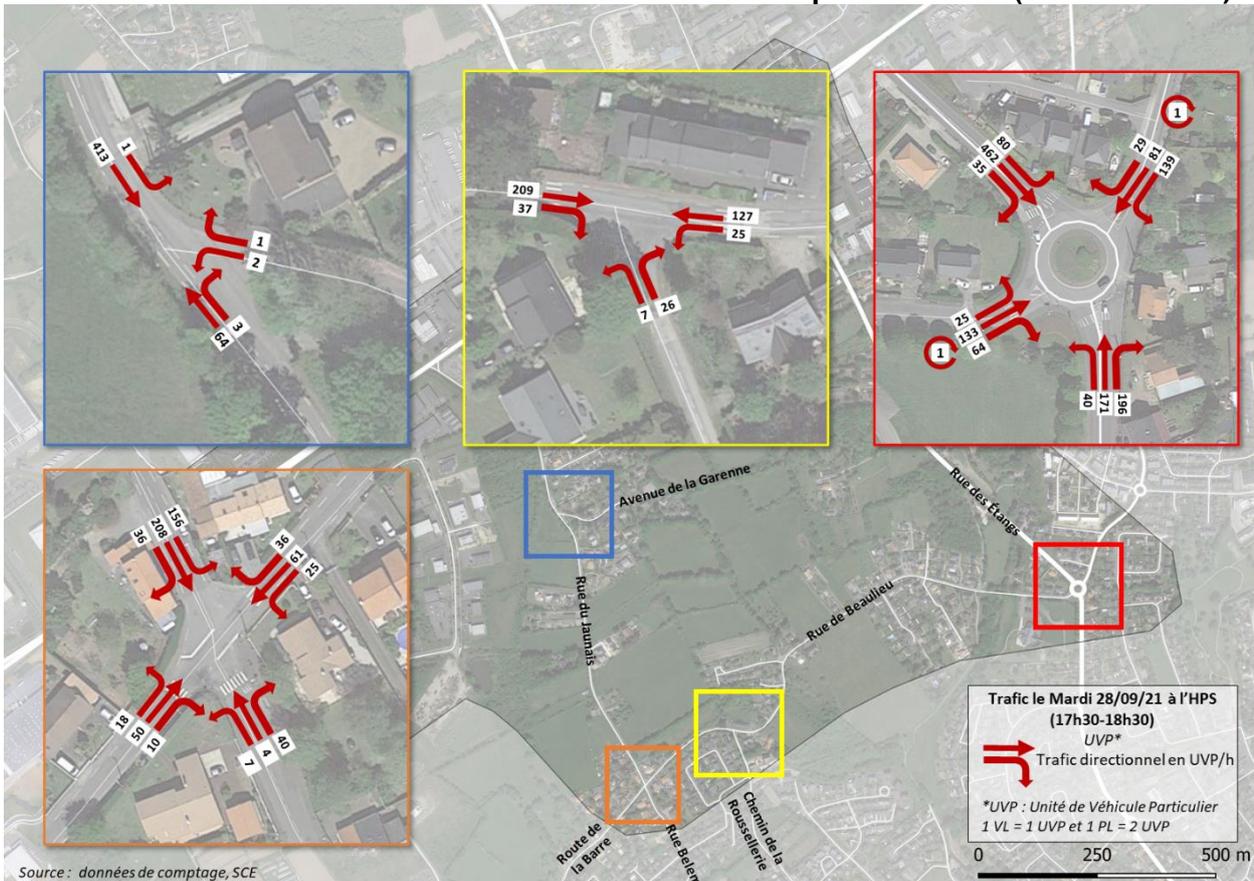
#### Trafics directionnels UVP le mardi 28/09/21 à l'heure de pointe du matin (8h – 9h)



Nota : UVP = Unité Véhicules Particuliers (1 VL = 1 UVP, 1 PL = 2 UVP)

- ▶ **Carrefour Jaunais x Garenne** : 430 UVP l'empruntent au total ; la majorité des UVP circulent sur la rue du Jaunais du Sud vers le Nord, avec peu de mouvements en lien avec la rue de la Garenne.
  - ▶ **Carrefour Beaulieu x Roussellerie** : 470 UVP l'empruntent au total ; la plupart des véhicules réalisent un tout droit sur Beaulieu (367 UVP), le plus souvent vers l'Ouest ; 45 mouvements de tourne-à-gauche sont comptés depuis le chemin de la Roussellerie et 31 tourne-à-gauche depuis Beaulieu Est.
  - ▶ **Giratoire Schuman** : 1 300 UVP l'empruntent au total ; les principaux mouvements s'opèrent entre d'un côté la rue de Carquefou et de l'autre celle des Étangs et celle des Buissons, dans les deux sens (170 à 250 UVP par sens et par mouvement). Cependant, le trafic en lien avec la rue de Beaulieu est notable, avec plus de 400 UVP au total tous mouvements inclus.
  - ▶ **Carrefour Jaunais x Belem x Barre x Beaulieu** : 603 UVP l'empruntent au total ; la majorité des UVP se dirigent en direction de Jaunais Nord dont 219 UVP en provenance de la rue de Beaulieu. A noter que 80 UVP circulent tout droit de la rue de Beaulieu vers la route de la Barre.
- Nota : les comptages directionnels de ce carrefour sont issus non pas d'enquêtes comme les précédents, mais de reconstitutions à partir des comptages automatiques, de l'enquête origine – destination et d'un corps d'hypothèses de redressement.

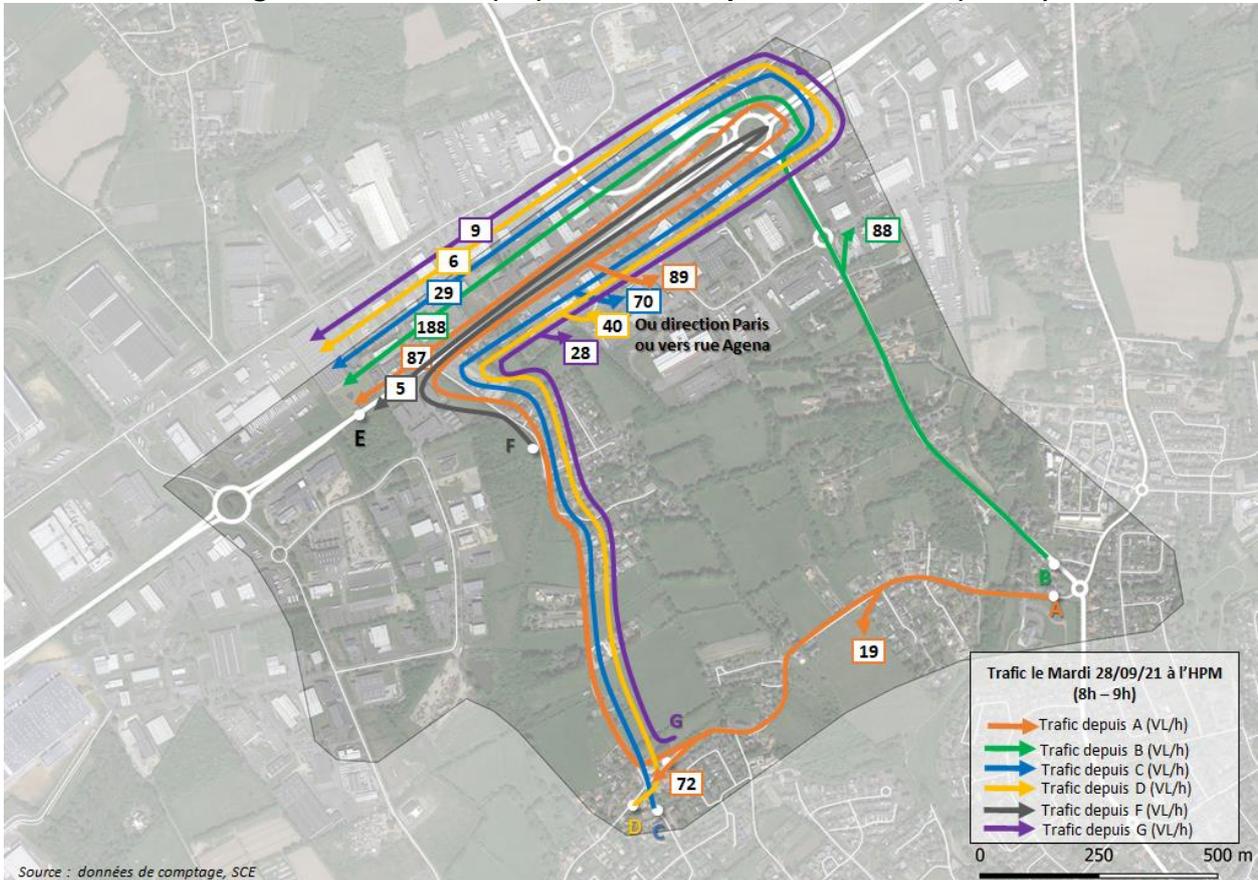
**Trafics directionnels UVP le mardi 28/09/21 à l'heure de pointe de soir (17h30 – 18h30)**



- ▶ **Carrefour Jaunais x Garenne** : 480 UVP l'empruntent au total ; comme le matin, le trafic est essentiellement propre à la rue du Jaunais, mais en sens inverse, et peu de mouvements vers ou depuis l'avenue de la Garenne sont comptabilisés.
- ▶ **Carrefour Beaulieu x Roussellerie** : 430 UVP l'empruntent au total, dont plus des trois-quarts pour des échanges propres à la rue de Beaulieu ; les mouvements de tourne à gauche sont moins nombreux que le matin.
- ▶ **Giratoire Schuman** : 1 460 UVP l'empruntent au total ; contrairement au matin, un mouvement se détache clairement des autres : celui de la rue des Étangs vers la rue de Carquefou, représentant 30 % de l'ensemble des flux gérés par le giratoire. Les autres flux sur les autres branches sont assez comparables à ceux de l'heure de pointe du matin.
- ▶ **Carrefour Jaunais x Belem x Barre x Beaulieu** : 650 UVP l'empruntent au total ; les flux majoritaires sont ceux provenant de la rue du Jaunais en direction de la rue de Belem (208 UVP) et en direction de la rue de Beaulieu (156 UVP).  
*Nota : remarque identique à ce carrefour pour l'HPM.*

### 1.2.1.4. Itinéraires privilégiés

#### Origine/Destination (VL) à l'heure de pointe du matin (8h-9h)



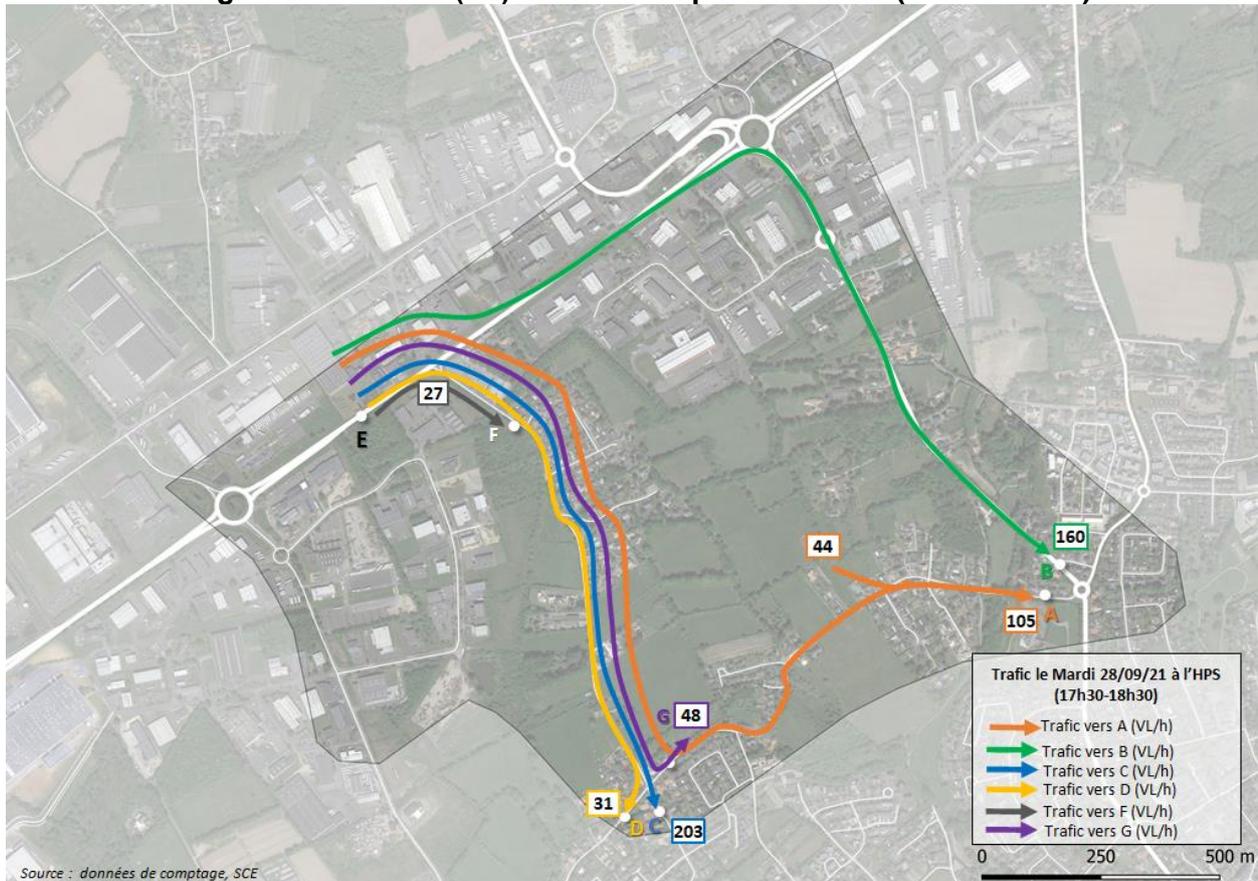
Cette carte permet de mettre en évidence les comportements liés aux effets de shunts pendant l'heure de pointe du matin (8h-9h) :

- ▶ 188 véhicules en provenance de l'Est de Thouaré-sur-Loire empruntent la rue des Étangs pour rejoindre la VM723 direction Nantes, soit deux-tiers des VL.
- ▶ 87 véhicules en provenance de l'Est de Thouaré-sur-Loire préfèrent emprunter l'itinéraire de shunt par la rue de Beaulieu, la rue du Jaunais et opérer un demi-tour au rond-point de la Belle Étoile, soit un tiers des VL.
- ▶ 44 véhicules en provenance du Nord, du centre ou de l'Ouest de Thouaré-sur-Loire (via les rues de la Barre, de Bélem ou de Beaulieu) empruntent la rue du Jaunais et opèrent un demi-tour au rond-point de la Belle Étoile. 5 véhicules opèrent le même mouvement depuis la rue du Jaunais.
- ▶ La somme des véhicules empruntant la VM723 et faisant demi-tour au rond-point de la Belle-Etoile pour rejoindre Nantes atteint 136, soit plus de deux par minute, et pénalise l'insertion sur le giratoire précité depuis la rue des Etangs.

**En conclusion, sur les 368 VL et 1 PL passant par la rue du Jaunais en heure de pointe du matin (point F) en direction de la VM723, 136 VL font ensuite demi-tour au rond-point de la Belle-Etoile, soit un rapport de 37 % (dont les deux-tiers provenant du rond-point Robert Schuman). Les autres véhicules poursuivent en direction de Paris ou tournent à gauche en direction de Carquefou. Aucun PL ne fait demi-tour.**

**Les 3 PL réalisant l'itinéraire Schuman > VM723 vers Nantes empruntent tous la rue de l'Etang.**

**Origine/Destination (VL) à l'heure de pointe du soir (17h30-18h30)**



À l'heure de pointe du soir :

- ▶ La majorité des automobilistes souhaitant rejoindre Thouaré Est empruntent la rue des Etangs (160 véhicules, soit 60% du total), tandis que 105 véhicules empruntent l'itinéraire de shunt par Jaunais et Beaulieu (40% du total).
- ▶ La rue du Jaunais est également beaucoup empruntée pour rejoindre Thouaré Nord, Ouest ou centre (282 véhicules au total, dont 203 vers la rue du Bélem).

**En conclusion, sur les 414 VL passant par la rue du Jaunais en heure de pointe du soir (point F) en direction du Sud, 105 VL poursuivent jusqu'au rond-point Robert Schuman via la rue de Beaulieu, soit un rapport de 25 %. Les autres véhicules s'arrêtent rue du Jaunais (7%) ou rue de Beaulieu (12%), voire poursuivent en direction de la rue de Bélem (49%) ou de celle de la Barre (7%). Les 3 PL réalisant l'itinéraire VM723 depuis Nantes > Schuman empruntent tous la rue de l'Etang.**

## 1.2.2. Conditions de circulation

### État du trafic le mardi 12 octobre 2021 à 8h15



Source : Google Traffic

Globalement, la pointe du matin se situe entre 8h00 et 9h00. Le secteur subit des difficultés de circulation dès 7h30 et le pic se situe à 8h15. La Rue des Étangs est congestionnée entre la sortie de Thouaré-sur-Loire et le Rond-Point de la Belle Étoile. Dans une moindre mesure, on note des ralentissements à l'hyperpointe (entre 8h15 et 8h45), à la sortie de l'intersection entre la rue du Jaunais et la route de Paris. Il peut être également estimé que les demi-tours au rond-point de la Belle Etoile entravent l'insertion des véhicules depuis la VM723 Est. En aval en direction de Nantes, le trafic est relativement fluide.

### État du trafic le mardi 12 octobre 2021 à 17h45



Source : Google Traffic

La pointe du soir correspond à la période 17h30 - 18h30 et atteint son maximum aux alentours de 17h45. Contrairement au matin, c'est la Route de Paris qui subit des difficultés majeures dans sa section comprise entre le rond-point des Bornes et celui de la Belle-Etoile. En aval de ce dernier, le trafic se divise en 4 voies (VM723 Est, rues des Etangs et Agena, allée des Sapins, et devient ainsi fluide). Cette congestion de la VM723 incite de nombreux automobilistes à emprunter l'itinéraire Jaunais - Beaulieu.

Par ailleurs, certains comportements nuisent à la sécurité : en HPS, des automobilistes roulent à cheval sur le terre-plein de la VM723 (sens sortant) puis tournent à gauche au rond-point de la Belle-Etoile.

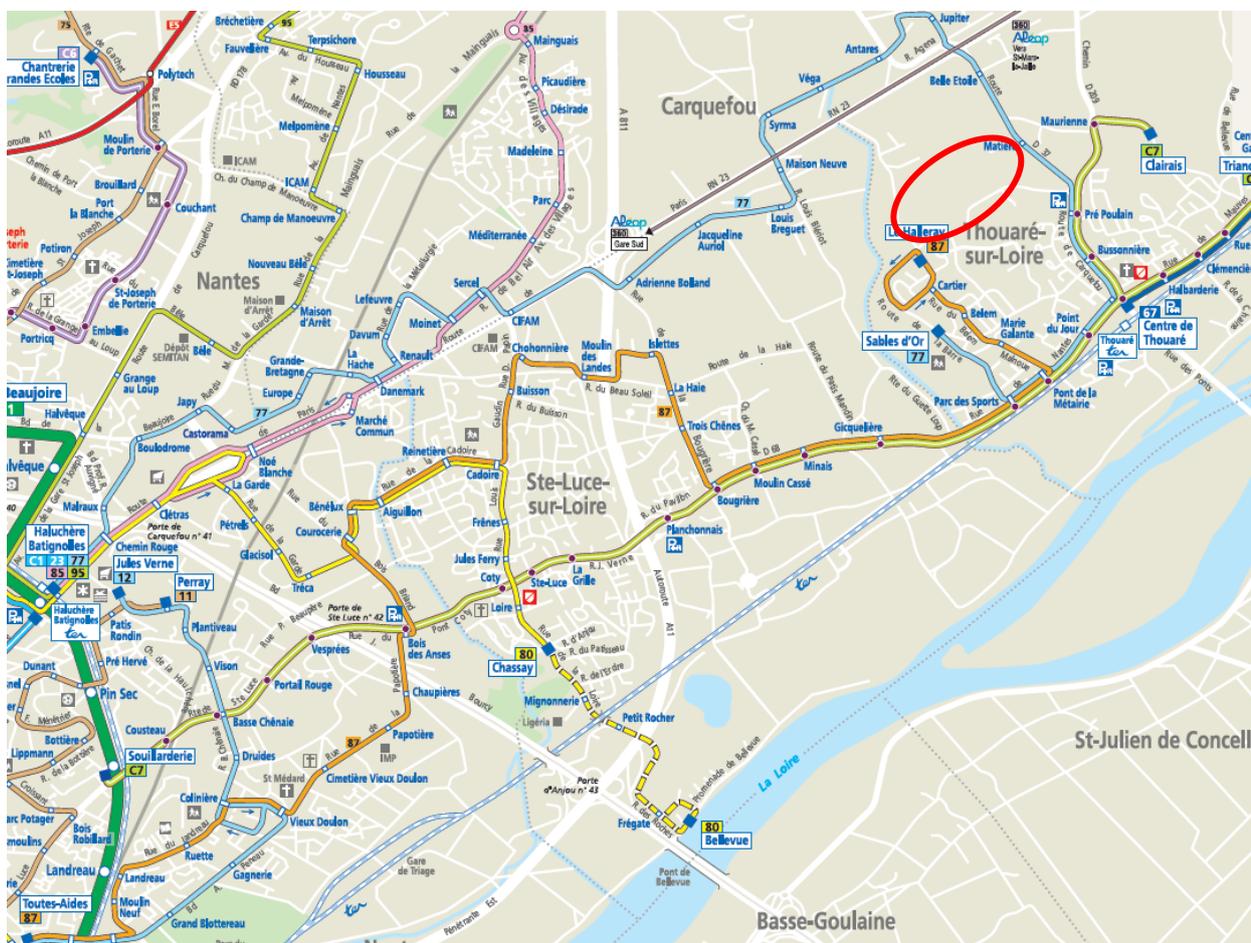
*Nota : ces données Google Traffic concordent avec les relevés effectués sur le terrain le mardi 28 septembre 2021.*

### 1.3. Le réseau de transports collectifs

Le secteur est desservi par les lignes 67, 77 et 87 du réseau de bus urbain Tan, ainsi que par la ligne de Chronobus C7.

- ▶ La ligne C7 (Souillarderie – Trianon / Clairais) dessert plusieurs arrêts à Thouaré-sur-Loire, et propose des fréquences attractives (cf plus loin). Elle est rabattue sur le Tramway, qu'il faut ensuite emprunter pour rejoindre Nantes.
- ▶ La ligne 67 (Le Cellier - centre de Thouaré), circule sur la rue des Mauves, au sud du secteur. Elle dessert le centre de Thouaré, et permet de rejoindre les communes de Mauves-sur-Loire et Le Cellier. Elle offre peu d'intérêt pour les futurs habitants.
- ▶ La ligne 77 (Haluchère-Batignolles – Sables d'Or), relie le centre de Thouaré à Nantes Est, en passant par les zones d'activités majeures situées au Nord du site du projet.
- ▶ La ligne 87 (Toutes Aides – Le Halleray), emprunte la rue du Bélem. Elle dessert l'arrêt « Le Halleray » qui se situe à l'intersection des rues du Jaunais et de Beaulieu. A l'Ouest, elle rejoint le quartier Doulon-Bottière de Nantes.

Desserte par le réseau de transports en commun Tan



Source : données TAN

Cette offre de transport collectif s'arrête actuellement aux marges du projet, avec des arrêts éloignés du site, mais une étude est en cours avec la SEMITAN en vue de prolonger, à terme, la ligne 87 sur la rue de Beaulieu ou la rue du Jaunais.

Néanmoins, concernant la qualité de service, la ligne de chronobus C7 permet d'offrir un service régulier et fréquent (8 minutes en heures de pointe). A l'intersection entre les rues de Beaulieu et du Jaunais, l'arrêt de bus « Le Halleray » (ligne 87) est le plus proche du site. Les fréquences sont moyennes.

Enfin, les lignes 67 et 77 se concentrent sur les heures de pointes, et leurs arrêts sont très éloignés.

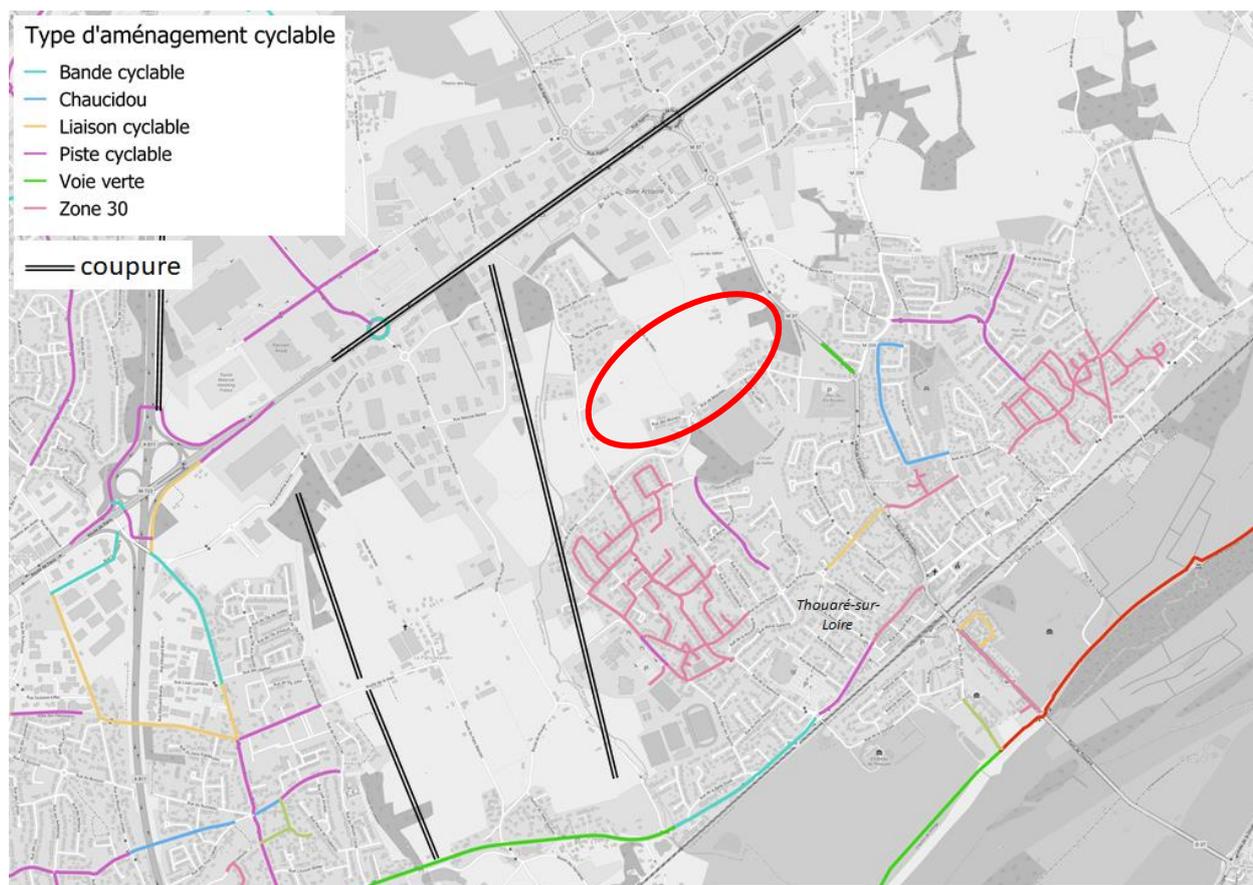
**Niveau de service (situation en semaine hors vacances scolaires)**

Ligne	Amplitude quotidienne	Fréquences moy. en heure de pointe	Fréquences moy. en heure creuse
C7	5h05 – 00h55	8 minutes	12 minutes
67	6h35 – 20h30	30 minutes	70 minutes
77	6h45 – 19h40	20-25 minutes	//
87	6h05 – 20h30	18 minutes	25 minutes

### 1.4. Les modes actifs

Thouaré-sur-Loire est reliée à Nantes par des bandes et pistes cyclables de qualité via la VM68 et les berges de Loire. Une zone 30 a été mise en place au Sud de l'intersection Beaulieu X Jaunais et sécurise les cyclistes.

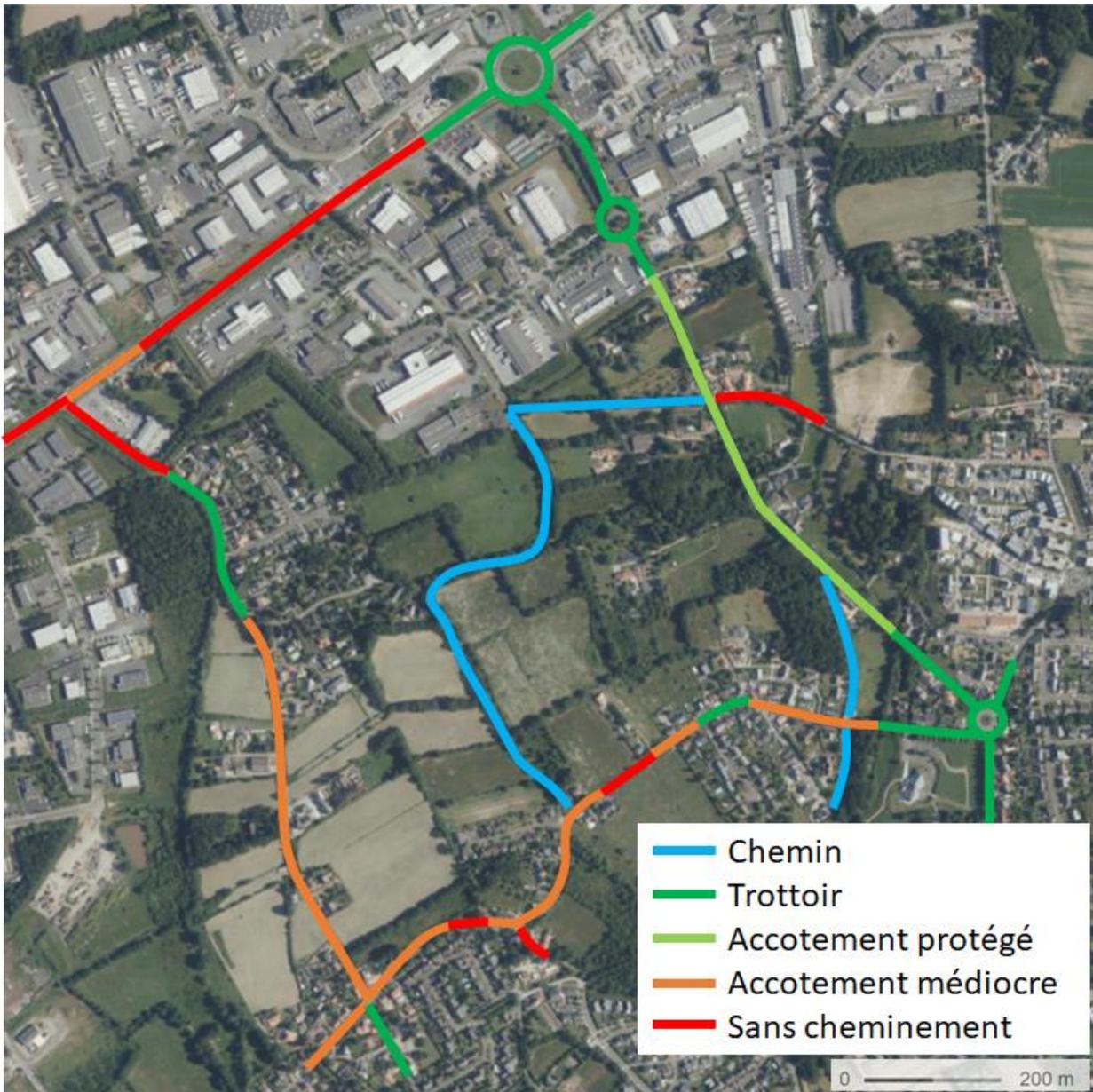
**Desserte par les aménagements cyclables**



Source : OSM

A l'inverse, les voies environnantes du secteur de projet sont rarement aménagées. Le ruisseau de Guette-Loup constitue une véritable coupure entre Thouaré Nord d'une part et le PA de la Maison Neuve et Sainte-Luce d'autre part. De plus, la Route de Paris ne dispose d'aucun aménagement cyclable et provoque également un effet de coupure, d'autant plus que les voies carrefouriennes ne sont pas non plus aménagées pour les vélos.

### Desserte par les aménagements piétons

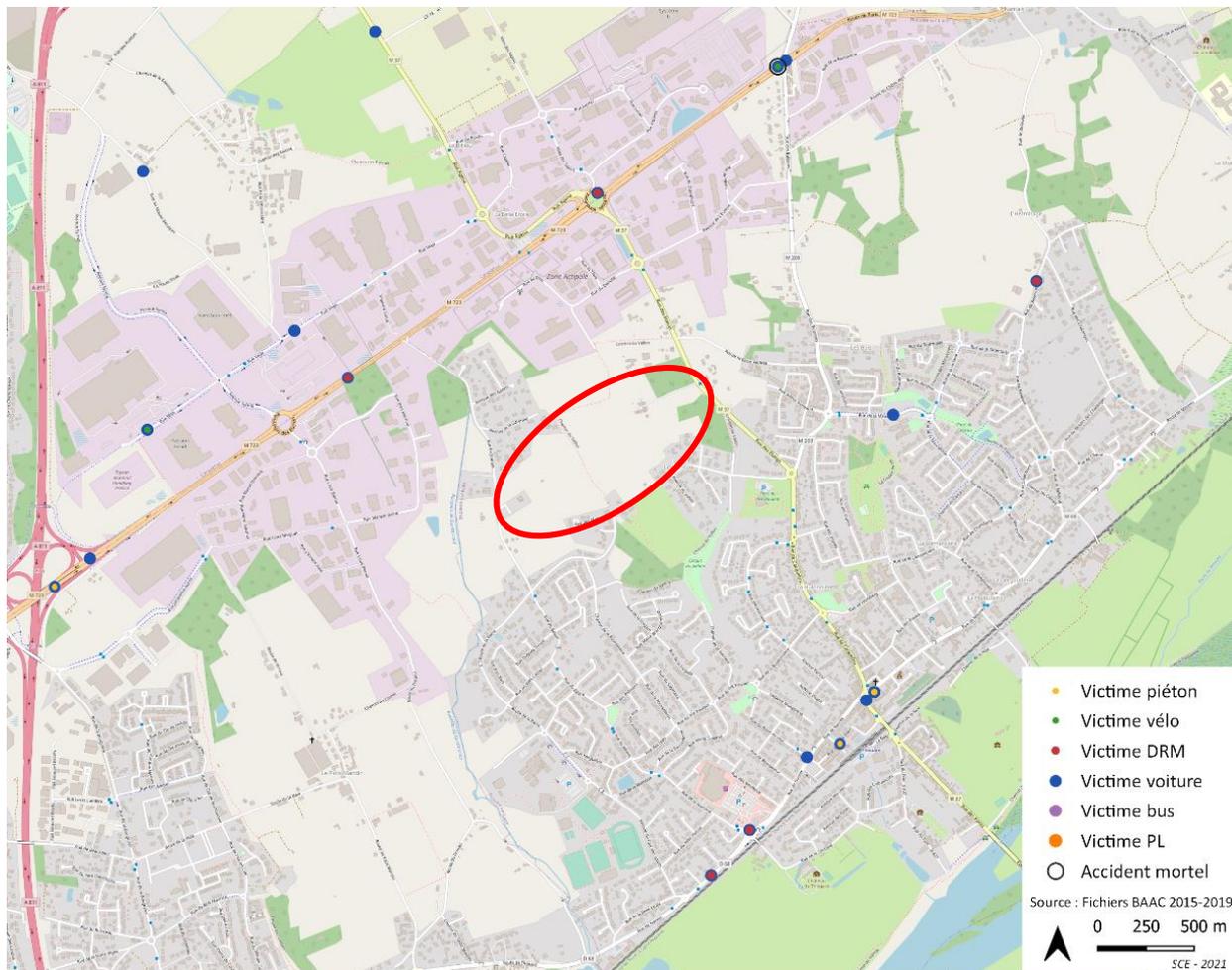


Concernant les piétons :

- ▶ La **Route de Paris** n'est pas accessible aux piétons, elle ne propose pas de trottoir (hormis à proximité du rond-point de la Belle Etoile) et aucun passage piéton ni ouvrage ne permet de la traverser entre la ZI de Carquefou et le Chemin nantais.
- ▶ La **Rue du Jaunais** présente de nombreuses discontinuités piétonnes. A proximité des lotissements on retrouve des trottoirs suffisamment accessibles, mais, sur les autres sections de la rue, les accotements mono-latéraux ne sont pas sécurisés.
- ▶ La **Rue de Beaulieu** est également très peu marchable. Elle ne propose quasiment aucun trottoir, sauf ponctuellement à l'Est. Les accotements, non aménagés, sont souvent étroits et peu praticables. Bien que des dispositifs de ralentissement des voitures soient installés (plateau, rétrécissement de chaussée), la rue n'est pas sécurisée pour les mobilités actives.
- ▶ La **Rue des Etangs** est plus accessible aux piétons. A la sortie du Rond-Point Robert Schuman, une voie verte est aménagée, et hors agglomération, les accotements sont sécurisés, derrière des bornes en bois avec collier réfléchissant.

## 1.5. Les accidents

### Accidentologie de 2015 à 2019



Source : OSM, Fichiers BAAC

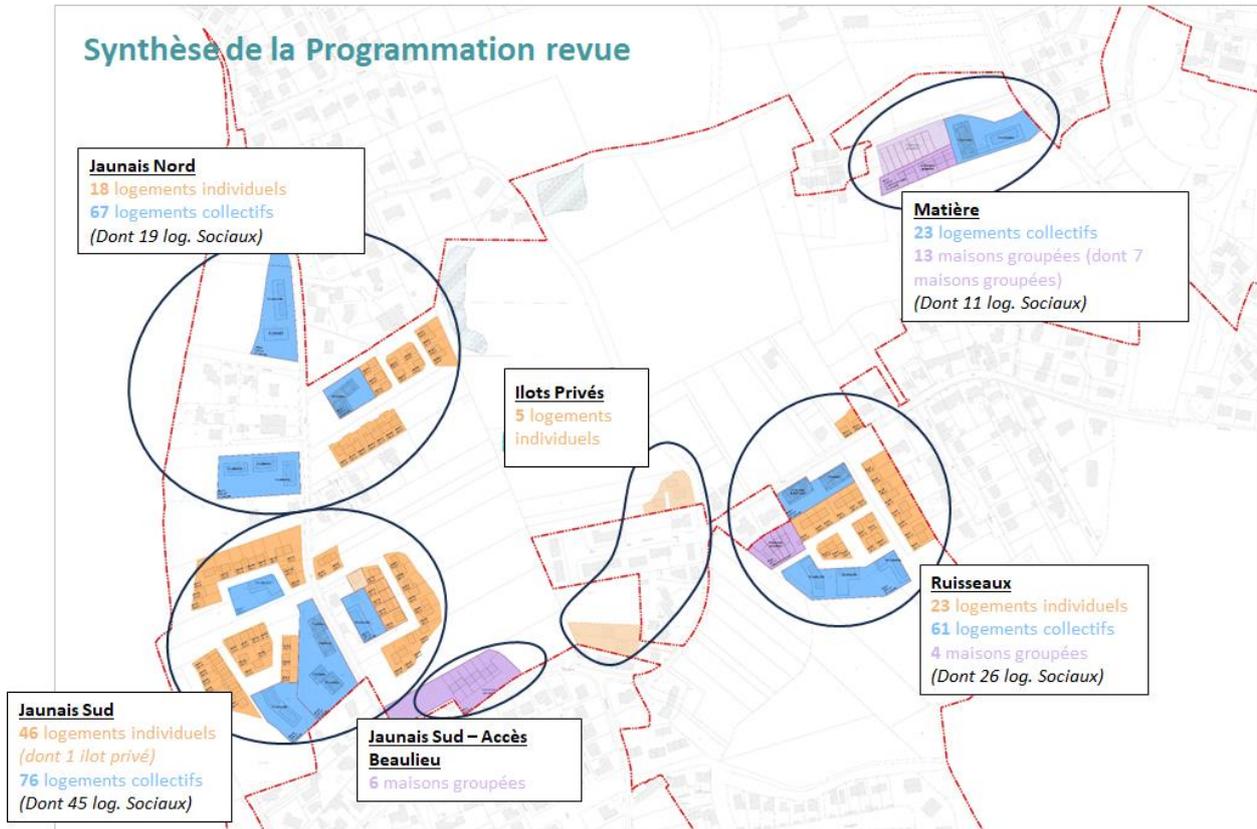
Dans le périmètre élargi du secteur d'études, les accidents de la route survenus entre 2015 et 2019 sont représentés sur la carte ci-dessus.

Aucun accident n'est à signaler sur les 3 voies encadrant le secteur à projet.

La route de Nantes au sud du centre-bourg de Thouaré est le principal axe accidentogène : une dizaine d'accidents impliquant des piétons, des deux-roues motorisés ou des automobilistes. Sur la route de Paris, quelques accidents ont eu lieu (notamment au carrefour avec la rue des Buissons), impliquant pour la plupart des automobilistes et des deux-roues motorisés.

## 2. Description du projet

Le projet d'aménagement cartographié ci-dessous propose d'urbaniser le secteur en préservant bien les zones de richesses naturelles, en particulier les zones humides et les sites abritant des espèces protégées. La composition urbaine s'appuie donc sur une mosaïque d'îlots dont les principaux ont accès sur la rue du Jaunais et la rue de Beaulieu.



Ce projet prévoit l'accueil de 342 logements (dont 13 logements privés hors maîtrise foncière LOD répartis sur l'ensemble de la ZAC et pris en compte dans les générations de déplacements calculées).

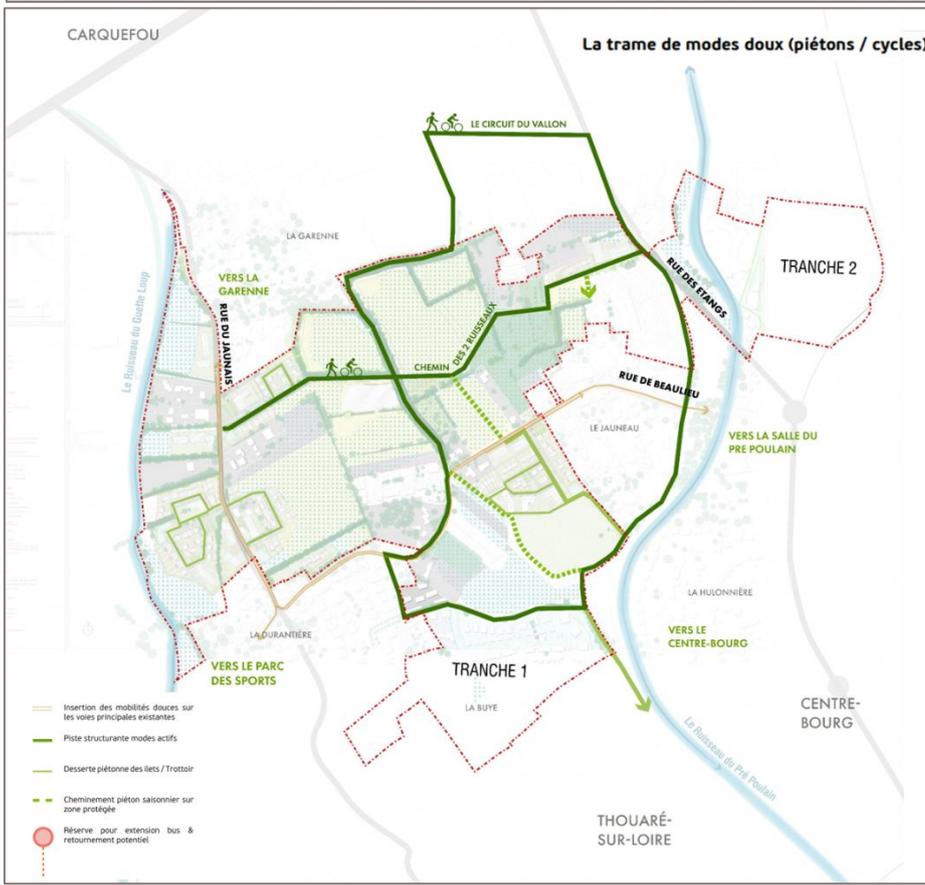
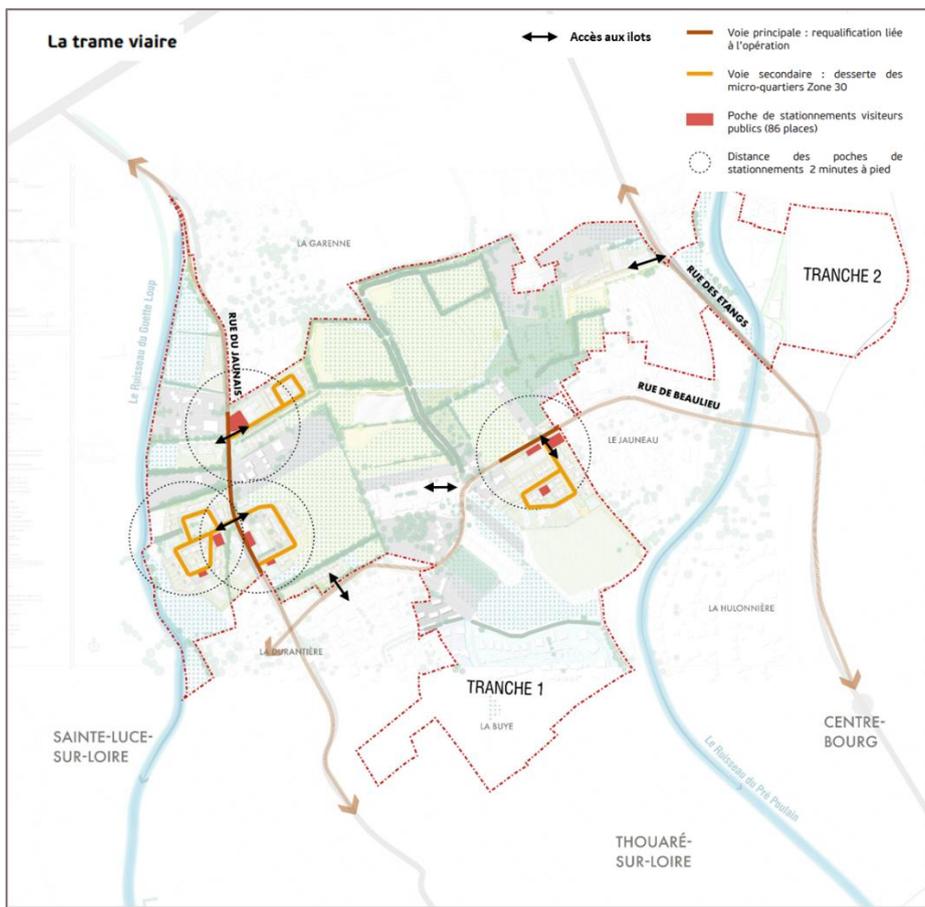
Les accès sont les suivants :

- ▶ 207 logements (61% du total) auront accès, directement ou non, à la rue du Jaunais,
- ▶ 99 logements (29% du total) auront accès, directement ou non, à la rue de Beaulieu,
- ▶ 36 logements (11% du total) auront accès, directement ou non, à la rue des Etangs.

Dans le cadre de l'étude de trafic (et en prévision de l'affectation du trafic sur le réseau), les îlots privés (X5 maisons) sont regroupés dans un même secteur puisque leur accès est commun et la connexion se fait sur la rue de Beaulieu. Concernant le secteur du Jaunais, celui-ci est séparé en deux avec d'une part les 122 logements collectifs et individuels dont l'accès se fait rue du Jaunais et d'autre part les 6 maisons regroupées dont l'accès se fait par la rue de Beaulieu.

30% de logements sociaux sont prévus, répartis sur les logements collectifs. Cela représente 101 logements sociaux. 250 logements intermédiaires et collectifs sont prévus au total.

ZAC DES DEUX RUISSEAUX A THOUARE SUR LOIRE - ETUDE DE TRAFIC



Le fonctionnement viaire s'appuie sur 4 principes :

- ▶ pas de boucle entre secteurs,
- ▶ un accès unique par secteur, excepté pour Jaunais Sud avec 2 accès par rive car ce secteur accueillera plus de 100 logements et Jaunais Nord avec 3 accès dont 2 sur la rive Ouest au regard de du décalage des îlots,
- ▶ classement en zone 30, voire de rencontre pour les voies de desserte fine,
- ▶ traitement urbain des rues du Jaunais et de Beaulieu.

Le stationnement est prévu sur parcelle pour les logements individuels et intermédiaires, en parking sur îlot privatif pour les logements collectifs. Les parkings publics sont positionnés en entrée de secteur.

Concernant les modes actifs, le schéma d'organisation prévoit en premier lieu le circuit du Vallon, principal itinéraire de promenade en partie autour de la ZAC, qui s'appuie sur des chemins existants. En second lieu, est prévue une liaison mixte transversale de type voie verte entre la rue des Etangs et celle du Jaunais.

En complément, le maillage piéton s'appuie sur la réalisation de trottoirs ou bande piétonne le long des rues du Jaunais et de Beaulieu de façon partielle (uniquement sur le périmètre de la ZAC). Sur les voies internes, est privilégiée la voie partagée avec identification d'un cheminement piéton.

Concernant les transports collectifs, la Ville privilégie l'extension du réseau sur la rue de Beaulieu jusqu'à la centralité à créer, via la ligne 87 (nota : le choix entre la rue de Beaulieu ou celle de la Jaunais n'est pas encore opéré).

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude de quadrant Nord-Est, la Ville a acté le principe de passer en zone 30 l'ensemble de son réseau viaire dans l'objectif de favoriser le report modal. De plus, cette étude conclut à la mise intégralement à 2 X 1 voie de la route de Paris d'ici à 2030.

## Chapitre 2 - Génération et affectation de trafic

## Chapitre 2 - Génération et affectation de trafic

### 1. Génération de trafic par accès

Il s'agit à cette étape de mettre en évidence les impacts, en termes de déplacements, du programme et du plan masse sur le site objet de la mission. La génération de trafic permettra de définir les déplacements attirés / émis par le projet, en heures de pointe et en total jour.

#### 1.1. Hypothèses sur les données de mobilité

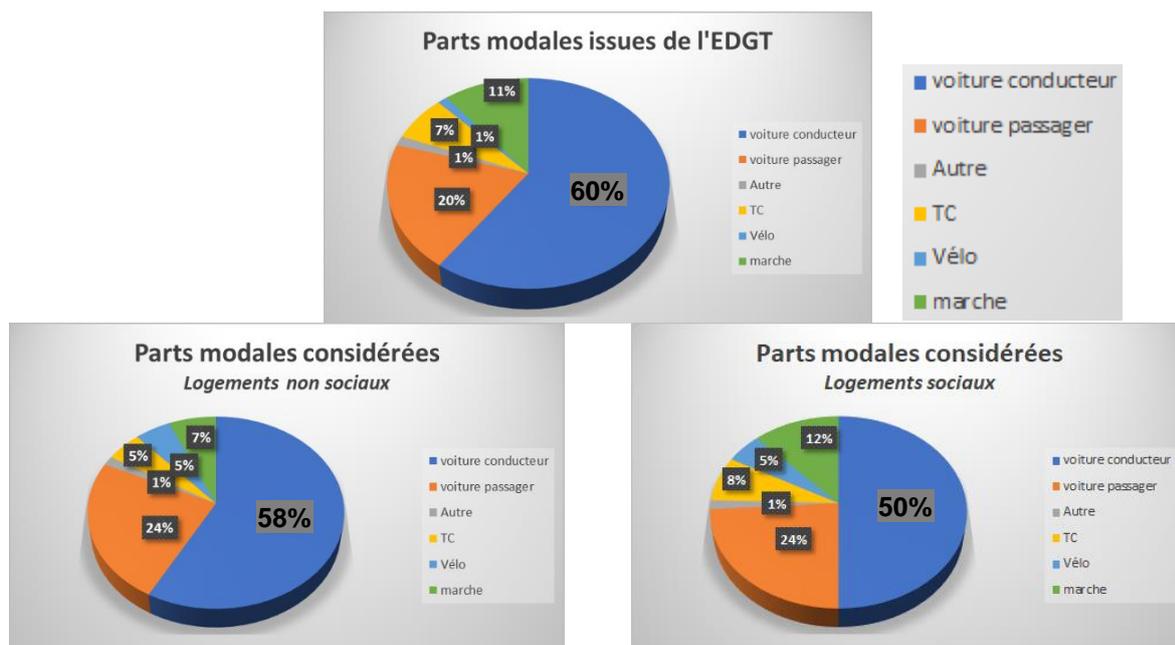
Le périmètre d'étude correspond au secteur 039 (commune de Sainte-Luce-sur-Loire et une partie de la commune de Thouaré-sur-Loire) de l'EDGT – Enquête Déplacements Grand Territoire – du département Loire Atlantique, réalisée en 2015.

La typologie de logements prévue par le programme porte sur la création d'une part, de logements individuels, et d'autre part, de logements intermédiaires et collectifs dont des logements sociaux. Outre ces logements définis dans le programme, 5 logements individuels seront construits à proximité de la ZAC.

*Nota : ce programme diffère quelque peu du portrait socio-démographique du secteur d'enquête de l'EDGT du secteur de Thouaré-sur-Loire / Sainte-Luce-sur-Loire. En effet, la commune de Thouaré-sur-Loire est plus éloignée de Nantes que Sainte-Luce-sur-Loire et est globalement moins bien desservie par les transports collectifs. Cet écart sera pris en compte dans les générations de déplacements suivantes.*

Pour mieux répondre aux spécificités des logements non sociaux versus locatifs sociaux, les données de mobilité diffèrent quelque peu entre ces deux types de logements : taux d'occupation des logements et mobilité plus élevée et davantage orientée vers la voiture pour les habitants des logements non sociaux. L'EDGT indique que les résidents du secteur réalisent en moyenne 4,25 déplacements par jour. En tenant compte de la situation thouaréenne et de ce qui précède, il en sera considéré **4,8 déplacements par jour les résidents des logements non sociaux** et **4,0 déplacements par jour pour les résidents des logements sociaux**.

De plus, en prenant en considération les éléments suivants : typologie de l'habitat, distance avec Nantes, desserte en TC, projets, objectifs du PDU, les parts modales sont reconsidérées.



Source : EDGT, Loire Atlantique - 2015

Les parts modales de l'EDGT indiquent une proportion moyenne de 60% pour la voiture, dont une partie en voiture passager (20 points). Avec 11% des déplacements, la marche à pied occupe le premier rang des modes alternatifs, pour 1% pour le vélo et seulement 7% pour les transports collectifs. Ces données sont redressées en fonction du type d'habitat et pour intégrer la situation communale au sein de son secteur de rattachement à l'EDGT. **Pour les logements non sociaux, la part de la voiture-conducteur reste prépondérante (58%) tandis qu'elle est abaissée à 50% pour les logements sociaux. L'habitat social se distingue aussi par une part modale de 12% pour la marche contre 7% pour l'habitat non social et une part de 8% pour les transports collectifs contre 5% dans l'habitat non social.** Ces parts modales intègrent également l'ambition portée par le PDU de faire baisser la part modale de la voiture solo.

Les calculs de générations de déplacements qui suivent s'appuient sur ces bases de données révisées.

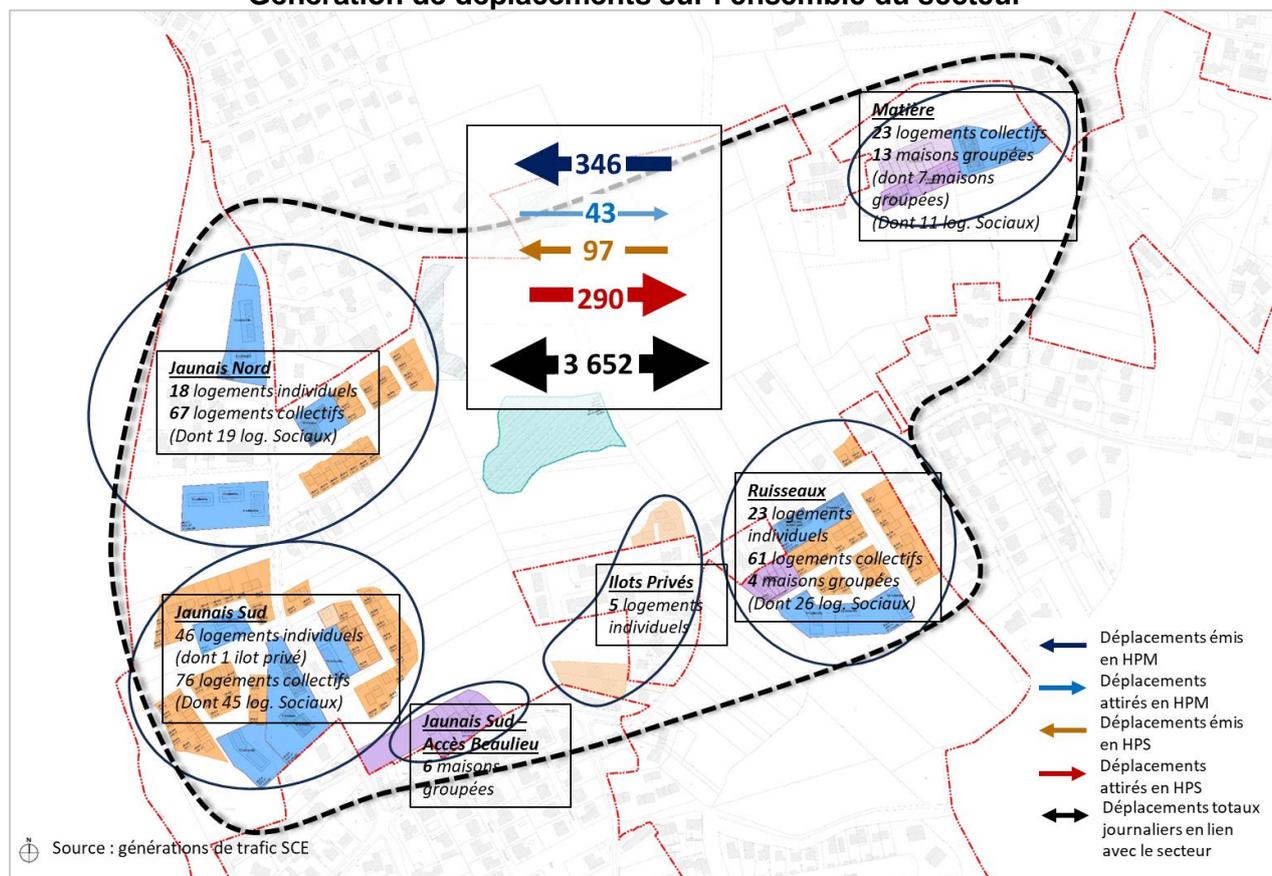
Nota : l'ensemble des hypothèses retenus dans le calcul de génération de trafic est présenté en annexe de ce rapport.

## 1.2. Génération de trafic

### 1.2.1. Tous modes confondus

Selon LOD, il est convenu de considérer l'année 2033 pour l'horizon d'achèvement de la ZAC.

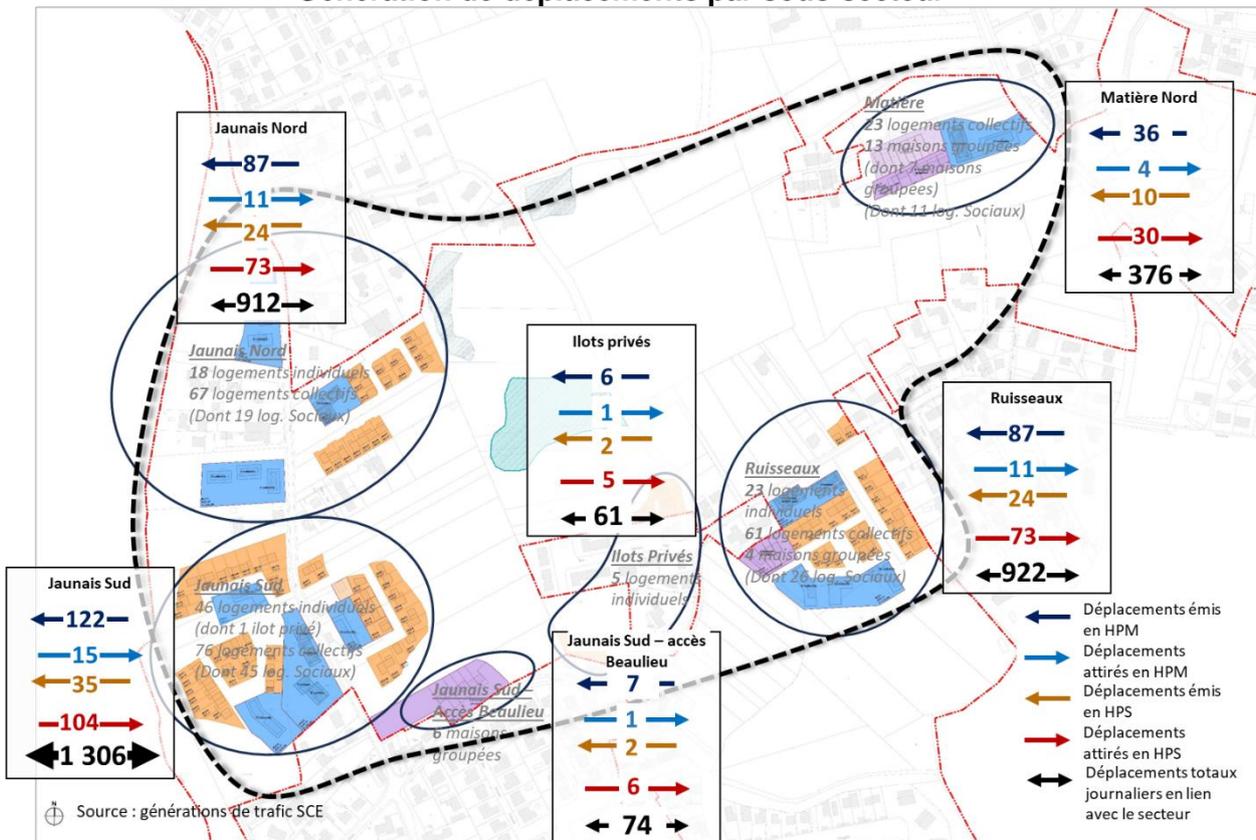
#### Génération de déplacements sur l'ensemble du secteur



Les futurs logements de la ZAC entraînent des déplacements supplémentaires estimés à 3 650 par jour, tous modes et tous sens confondus.

En heures de pointe du matin et du soir, les déplacements atteignent un volume de 390 déplacements / heure.

Génération de déplacements par sous-secteur



Source : SCE

En toute logique, le secteur Jaunais Sud, qui propose le plus grand nombre de logements (122), est le secteur qui attire et émet le plus de déplacements, avec plus de 1 300 par jour. De même, le quartier Ruisseaux qui accueillera 88 logements, génère plus de 900 déplacements journaliers, tout comme le secteur Jaunais Nord (85 logements).

Les déplacements en lien avec les autres secteurs sont de l'ordre de 60 à 380 déplacements supplémentaires par jour et sont fonction du nombre de logements prévus par secteur.

En étendant l'analyse aux voies concernées, la rue du Jaunais totalise plus de 2 200 déplacements, celle de Beaulieu plus de 1 000 déplacements et celle des Etangs près de 380 déplacements (ces totaux n'intègrent que les déplacements en lien direct avec la voie considérée).

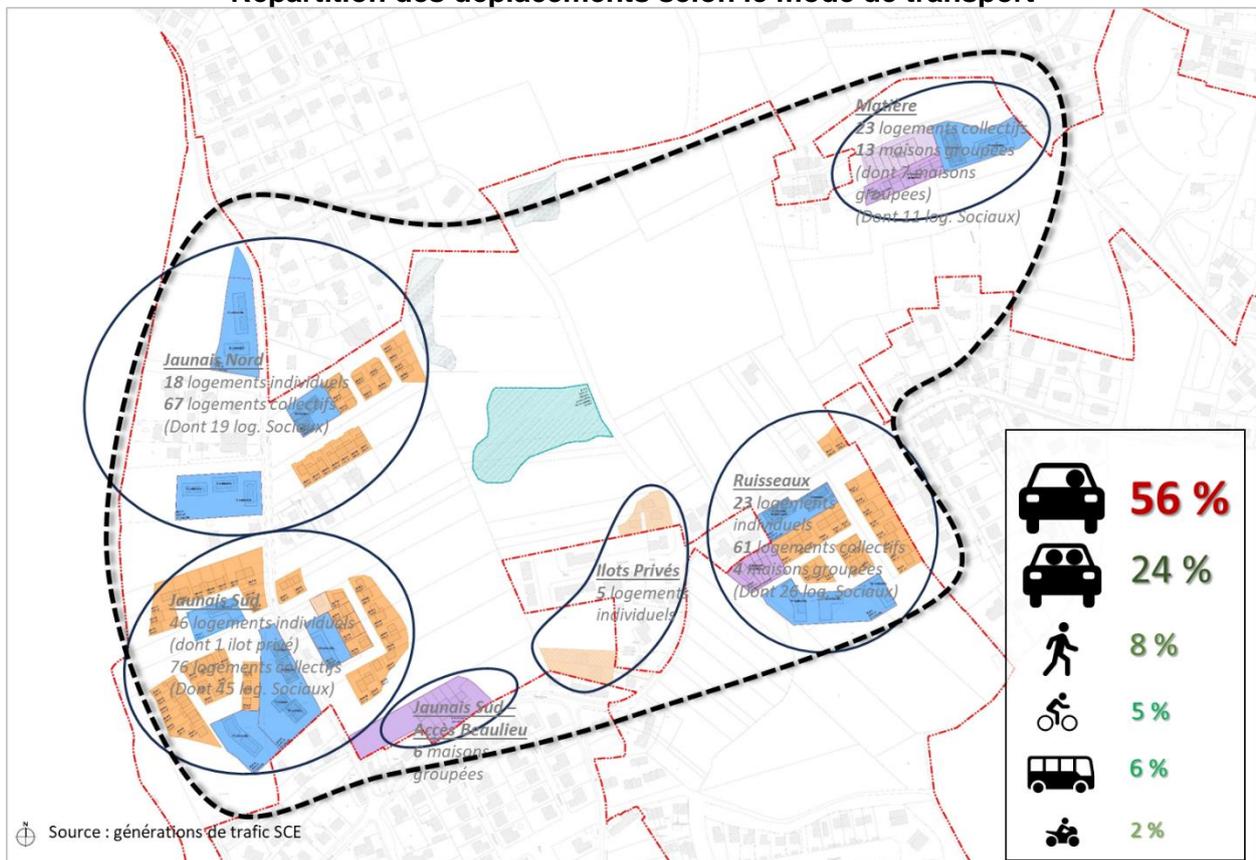
## 1.2.2. Par mode de transport

### Synthèse des déplacements par mode de transport générés par la ZAC

TOTAL ZAC	HPM		HPS		Total jour	
	émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés
Marche	26	3	7	22	141	141
Vélo	17	2	5	15	91	91
Transports en commun	19	2	5	16	101	101
Voiture particulière conducteur	196	24	54	163	1027	1027
Voiture particulière passager	83	10	23	70	438	438
Autres mécanisés	5	1	1	4	27	27
<b>total</b>	<b>346</b>	<b>43</b>	<b>97</b>	<b>290</b>	<b>1826</b>	<b>1826</b>

Source : SCE

### Répartition des déplacements selon le mode de transport



Source : SCE

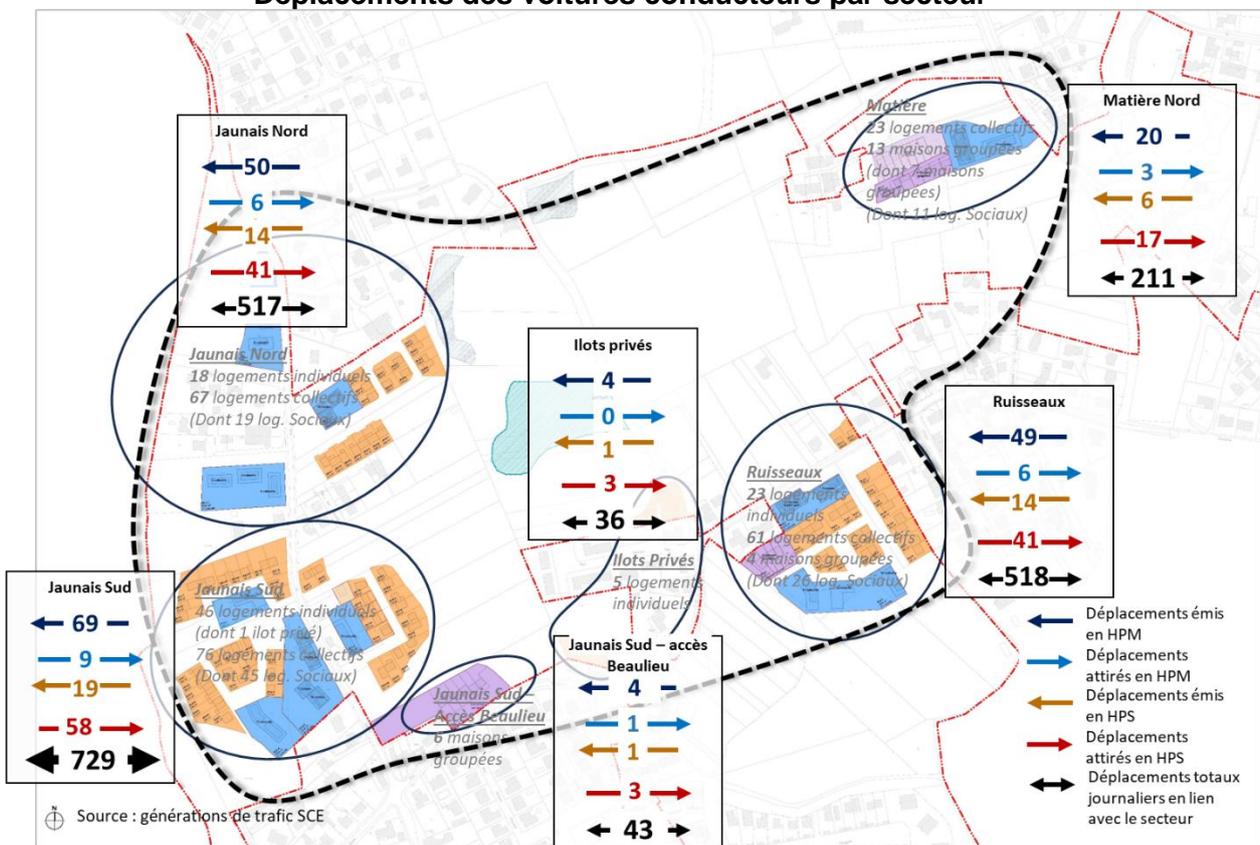
La voiture conducteur représente en moyenne 56% des déplacements, la voiture passager 24% (total voiture = 70%). La marche, le vélo et le bus représentent chacun 5 à 7% de part modale (le total peut dépasser 100% pour des raisons d'arrondis à l'unité).

### 1.2.3. Zoom sur les seuls véhicules générés

**Déplacements des voitures conducteurs par secteur**

	HPM		HPS		Total jour	
	émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés
Jaunais Nord	50	6	14	41	258	258
Jaunais Sud	69	9	19	58	364	364
Jaunais Sud - Accès Beaulieu	4	1	1	3	21	21
Matière	20	3	6	17	106	106
Ruisseaux	49	6	14	41	259	259
Logements Individuels	4	0	1	3	18	18
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>24</b>	<b>54</b>	<b>163</b>	<b>1027</b>	<b>1027</b>

**Déplacements des voitures conducteurs par secteur**



Source : SCE

Au total sur la journée, 2 050 véhicules vont être injectés dans le trafic. En heure de pointe du matin, chaque secteur d'habitat émet entre 5 et 70 voitures et en attire moins de 10, soit près de 220 voitures supplémentaires au total. A l'heure de pointe du soir, chaque secteur attire entre 3 et 60 véhicules et en émet entre 1 et 20, soit 220 véhicules en lien avec la ZAC. Ces flux générés par le projet auront donc un impact significatif sur les voies environnantes, éventuellement modéré par leur dispersion sur les différentes voies du réseau (cf affectation en partie suivante).

## 2. Affectation de trafic sur les voies

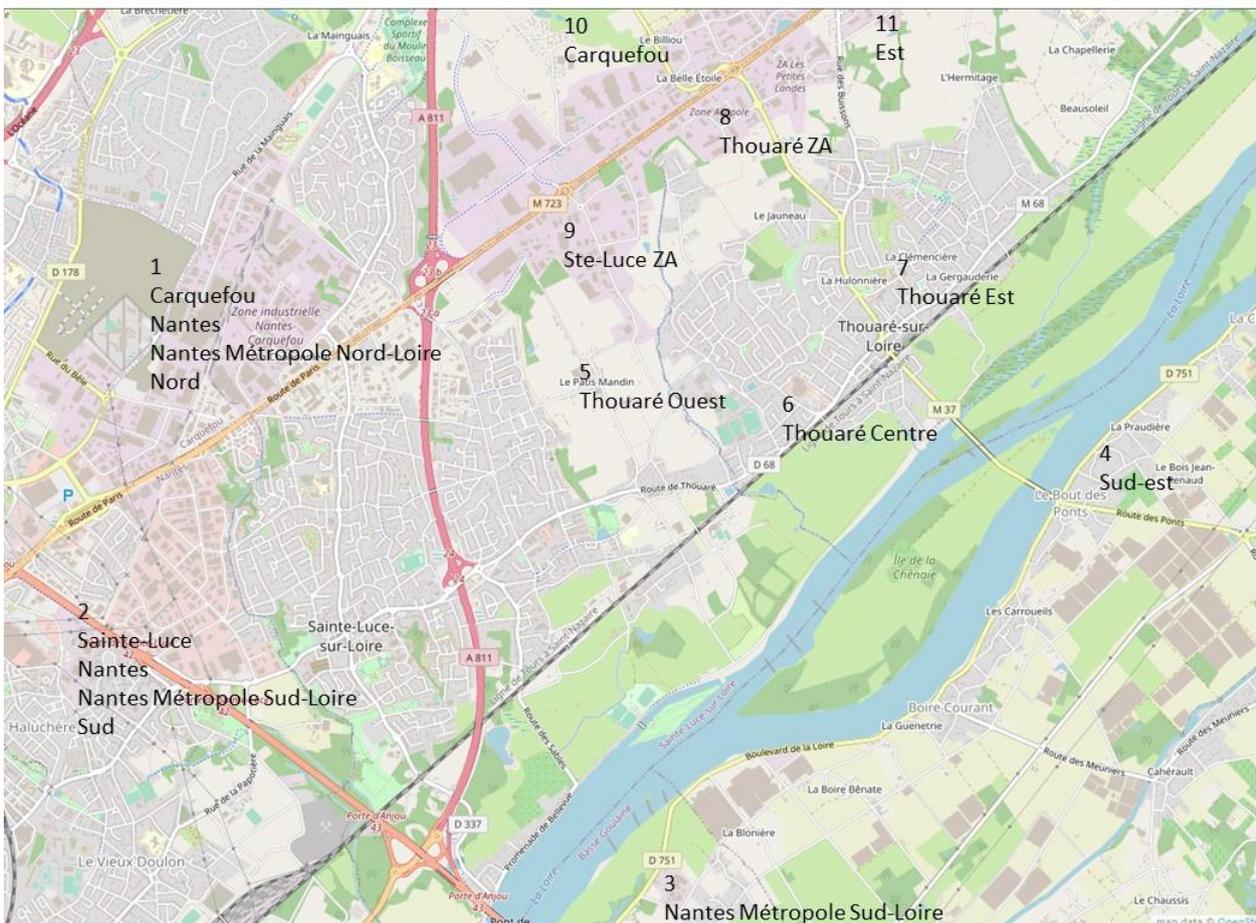
### 2.1. Méthodologie appliquée pour les affectations de trafic

Cette étape transitoire a pour objectif d'identifier les zones de la commune, de la métropole et d'au-delà, avec lesquelles échangeront les futurs occupants de la ZAC. A l'issue, les trafics générés présentés dans la partie précédente pourront alors être affectés sur le réseau de voirie.

Cet exercice doit s'opérer de façon distincte pour l'heure de pointe du matin, pour celle du soir et pour le trafic total jour. En effet, le diagnostic a bien mis en exergue le fait qu'en fonction des heures de la journée, les conditions de circulation pouvaient influencer sur les itinéraires choisis par les automobilistes.

Ainsi, le territoire environnant a été découpé en 11 zones émettrices et réceptrices de trafic.

#### Découpage du territoire en 11 zones



Source : OSM / SCE

Pour pouvoir établir le poids de chaque zone, les fichiers INSEE des migrations alternantes domicile – travail ont été utilisés. Des regroupements ou, à l'inverse, des sous-découpages ont dû être effectués pour correspondre aux zones d'émissions – réceptions ci-dessus représentées.

Puis, dans un second temps, ces données ont été redressées pour pouvoir prendre en considération l'impact de la localisation des pôles générateurs de déplacements autres que le simple lieu de travail : écoles, collèges, lycées, supermarchés, centralité thouaréenne, etc.

Par la suite, une matrice de déplacements a été réalisée, comprenant en ligne chacune des 11 zones en question et en colonne chacun des sous-secteurs de découpage du projet. Pour cela, les trafics ont été répartis dans chacune des zones en fonction de leur pourcentage de poids respectif.

Cette matrice a été déclinée en :

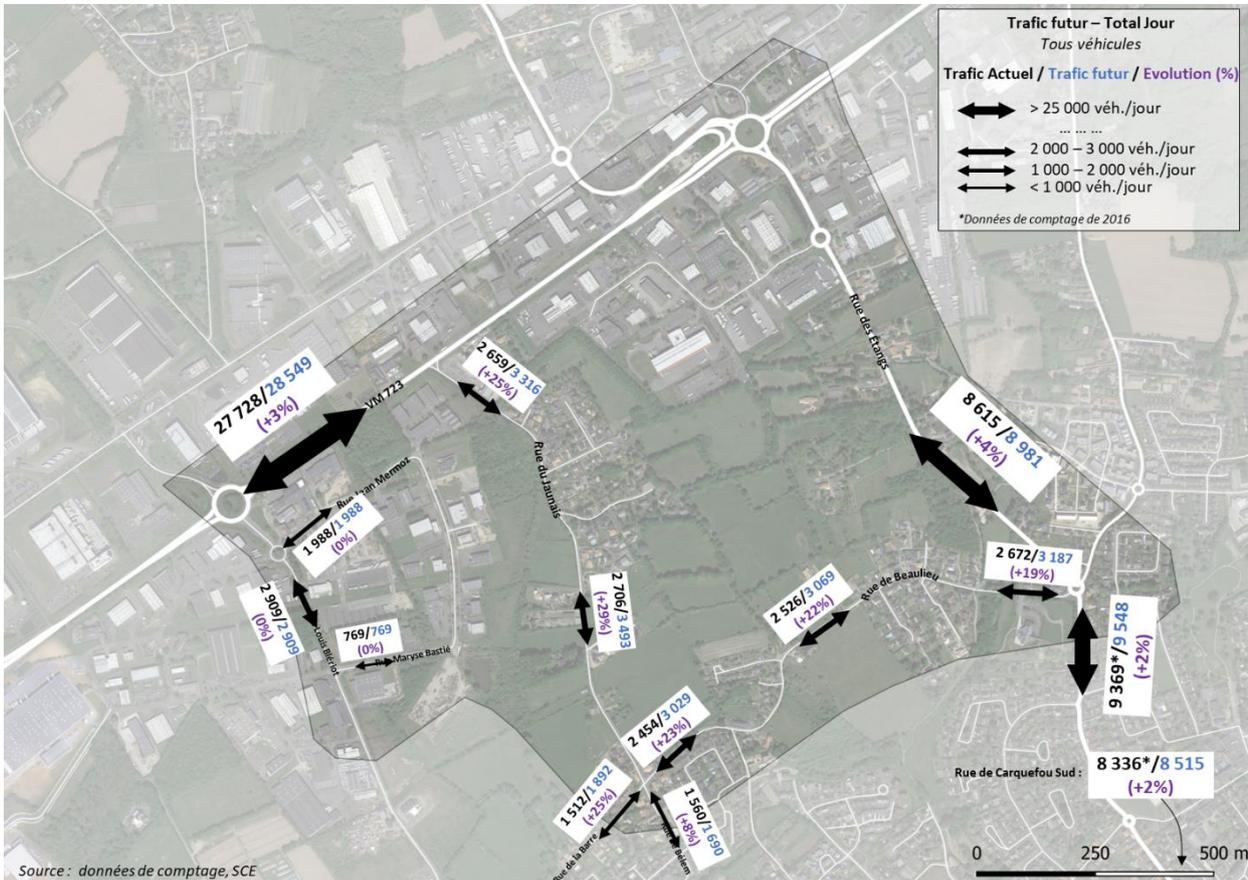
- ▶ Trafic jour émis,
- ▶ Trafic jour attiré,
- ▶ Trafic HPM émis,
- ▶ Trafic HPM attiré,
- ▶ Trafic HPS émis,
- ▶ Trafic HPS attiré.

Soit 6 matrices comprenant chacune 88 cases (11 zones X 8 sous-secteurs), donc 528 cases au total.

Dans un dernier temps, l'ensemble de ces 528 cases a été affecté sur le réseau, en identifiant les points de passage par les différents postes, sens par sens. Cet exercice a été reproduit pour le trafic total jour émis et attiré, HPM émis et attiré et HPS émis et attiré. Puis un zoom a été produit pour chacun des 4 carrefours pré-identifiés afin de reconstituer les mouvements futurs à chacun de ces carrefours en vue de pouvoir en estimer l'évolution des réserves de capacité.

Ce travail a été réalisé à réseau constant, mais en intégrant le fait que le réseau de voirie devrait passer à 30 km/h, à l'exception du maillage principal. Il tient aussi compte de l'évolution des conditions de trafic au niveau des carrefours.

## 2.2. Evolution du trafic en total jour



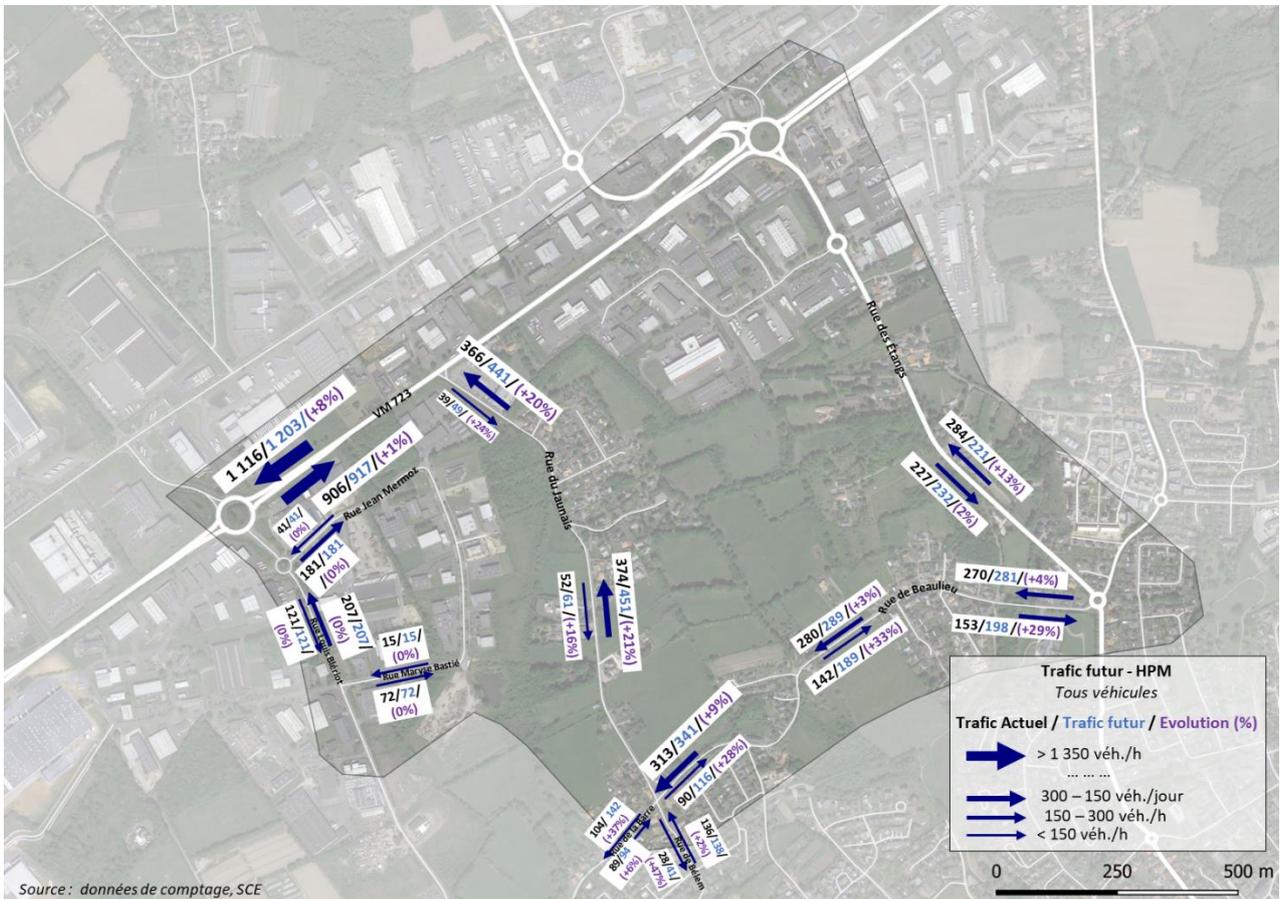
Le projet impacte en premier lieu les flux sur les rues Beaulieu et Jaunais, où se concentrent le plus d'accès aux secteurs à urbaniser. Ainsi, deux sens confondus, 500 à 700 véhicules - jour supplémentaires sont comptés à l'horizon final d'achèvement de la ZAC (hypothèse 2033) sur ces deux voies. Ces niveaux de trafic sont assez mesurés au regard du programme et du volume global de véhicules générés quotidiennement. En effet, la multitude d'accès cumulée à la multitude de voies de distribution possibles limite les concentrations de flux.

Rues des Etangs et de la Barre, la hausse est moindre (respectivement +370 et + 380 v/j). Rue de Bélem, elle se cantonne à 130 v/j. Plus au Sud, rue de Carquefou, ce seront 180 véhicules supplémentaires au Nord comme au Sud.

Au Nord, la VM723 concentre une partie importante de ces inductions de trafic et accueille près de 820 véhicules en plus.

Les niveaux de trafic actuels étant assez bas sur les voies directement environnantes, le projet induit des taux de croissance élevés, le plus souvent de l'ordre de 25% en plus.

### 2.3. Evolution du trafic en HPM



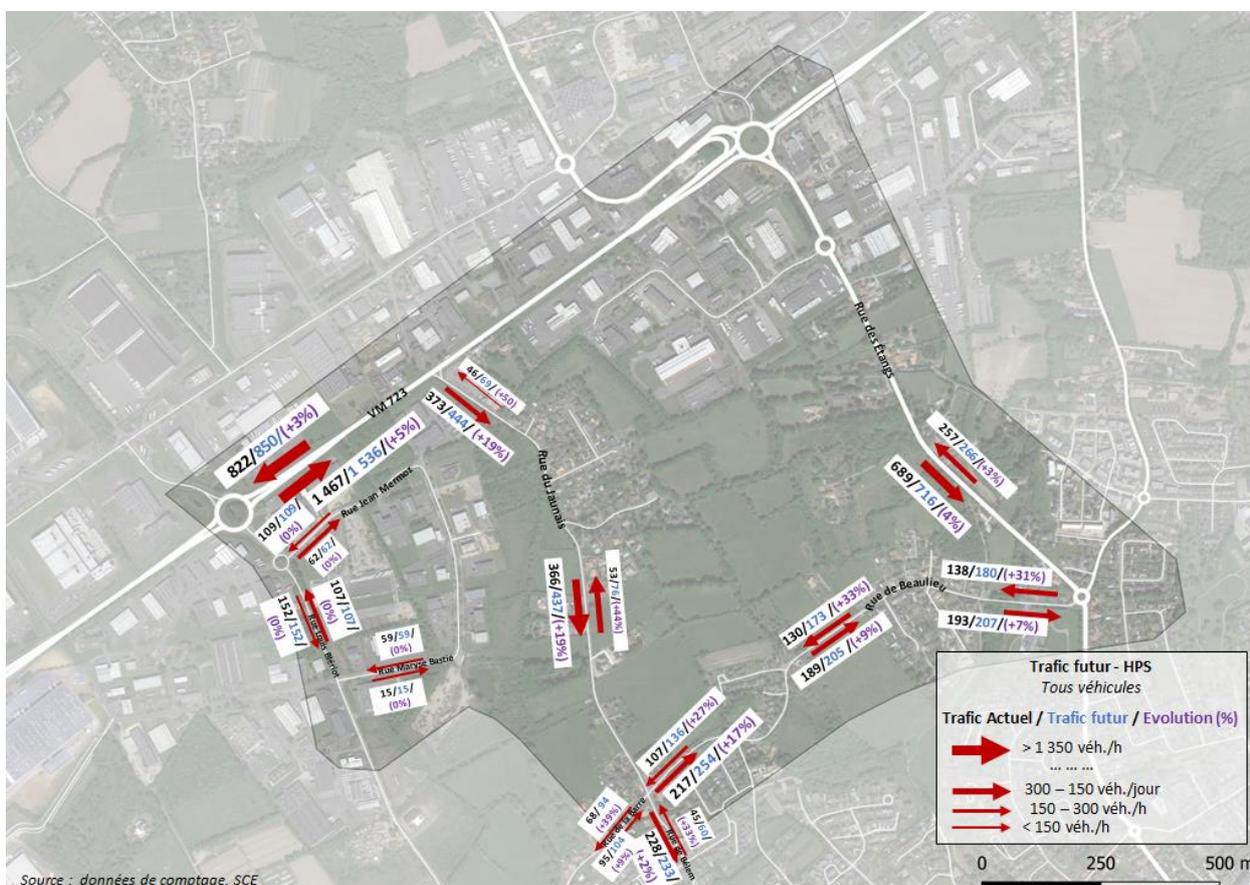
A l’image des évolutions de trafic en total jour, l’induction la plus forte concerne la VM723, avec +90 v/h en sens entrant vers Nantes (+8%).

Les autres évolutions les plus marquées, concernent :

- ▶ la rue du Jaunais avec 80 v/h supplémentaires en sens montant vers la VM723 (+21%),
- ▶ la rue de Beaulieu Est avec 45 v/h supplémentaires en direction du rond-point R. Schuman (+29% environ),
- ▶ la rue des Etangs avec 40 v/h supplémentaires en sens montant vers le rond-point de la Belle Etoile, contribuant à y durcir les conditions de circulation (+13% environ).

Il en ressort au global une évolution assez modérée en valeur absolue.

## 2.4. Evolution du trafic en HPS



A l'image des évolutions de trafic en total jour, l'induction la plus forte concerne la VM723, avec +70 v/h en sens sortant depuis Nantes (+5%).

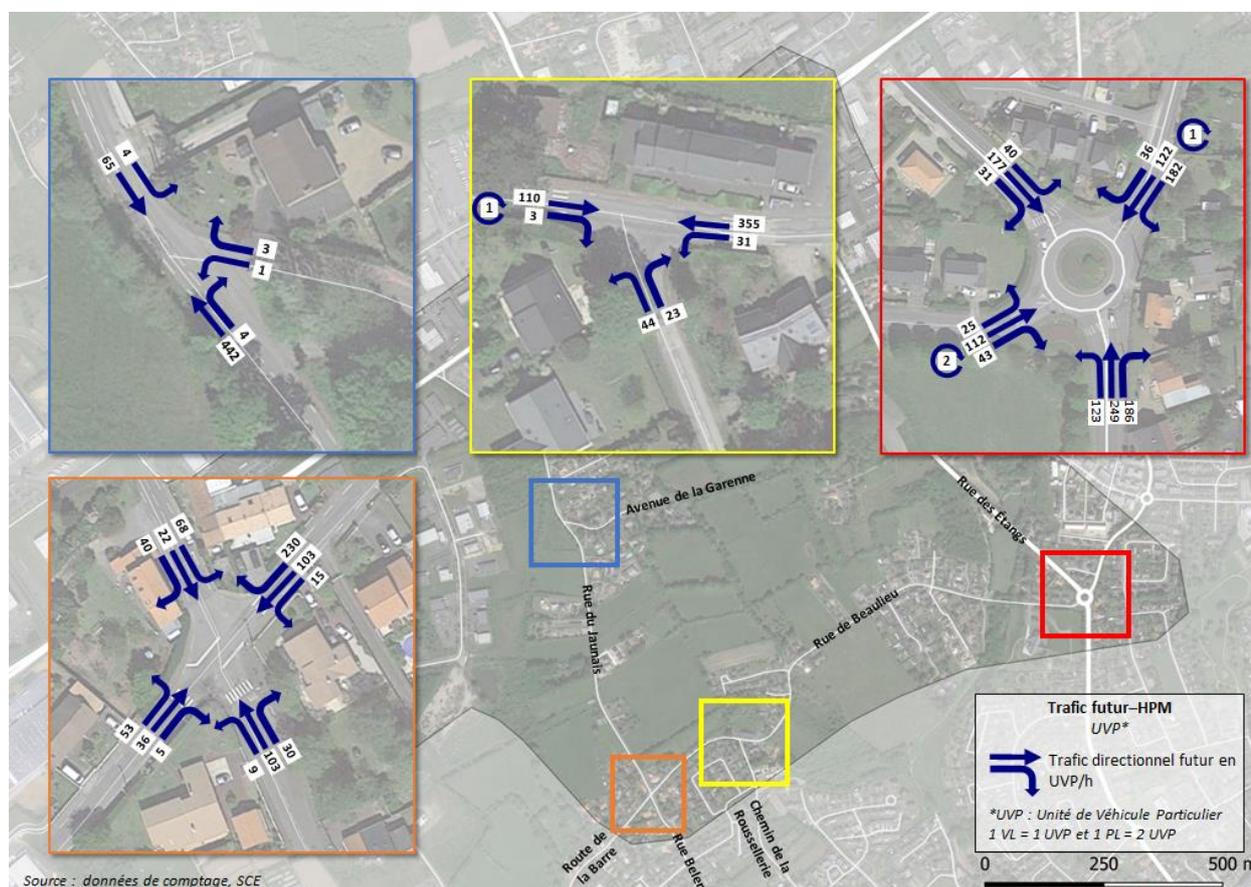
Les autres évolutions les plus marquées sont inverses à celles du matin, avec :

- ▶ 70 v/h supplémentaires rue du Jaunais en sens descendant vers Thouaré (+19%),
- ▶ un peu plus de 40 v/h supplémentaires rue de Beaulieu Est en sortie du rond-point R. Schuman (+31%),
- ▶ un peu moins de 40 v/h supplémentaires rue de Beaulieu Ouest en direction de l'Est (+17%).

Il en ressort au global une évolution assez modérée en valeur absolue.

## 3. Evolution des réserves de capacité

### 3.1. Evolution des réserves de capacité en HPM

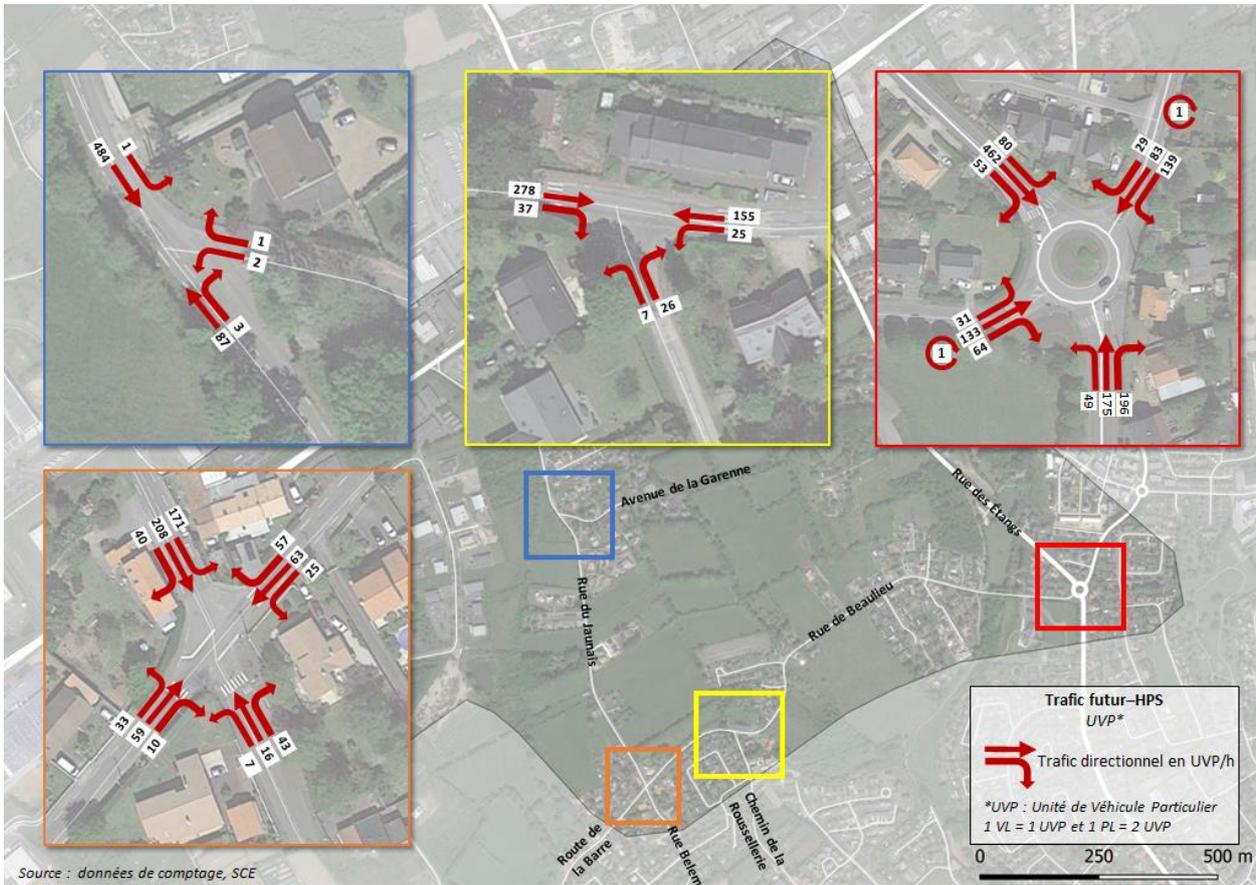


Depuis Garenne - HPM - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)	Depuis Jaunais - HPM - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)
Tourne-à-droite :	720	5	Tourne-à-droite :	920	4
Tourne-à-gauche :	680	5	Tourne-à-gauche :	900	4
Depuis Roussellerie - HPM - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)	Depuis Bélem - HPM - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)
Tourne-à-droite :	920	4	Tourne-à-droite :	1080	3
Tourne-à-gauche :	700	5	Tourne-à-gauche :	900	4

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Buissons	935	73%	0vh	2vh	2s	0,2h
Etangs	991	80%	0vh	2vh	2s	0,1h
Beaulieu	1100	86%	0vh	2vh	1s	0,1h
Carquefou	1046	65%	0vh	2vh	1s	0,2h

Les évolutions des trafics directionnels modélisées sont intégrées aux flux cartographiés ci-dessus. Pour les carrefours à stop, les temps d'attente sont estimés depuis les voies non prioritaires. Pour le rond-point Schuman, les réserves ont été calculées avec le logiciel Girabase. Quel que soit le carrefour, les temps d'attente sont limités à 5 secondes max. La circulation est donc fluide.

### 3.2. Evolution des réserves de capacité en HPS



Depuis Garenne - HPS - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)	Depuis Jaunais - HPS - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)
Tourne-à-droite :	1000	4	Tourne-à-droite :	1020	4
Tourne-à-gauche :	640	6	Tourne-à-gauche :	920	5
Depuis Roussellerie - HPS - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)	Depuis Bélem - HPS - SC1	Capacité (uvp/h)	Temps d'attente (s)
Tourne-à-droite :	820	5	Tourne-à-droite :	1020	4
Tourne-à-gauche :	720	5	Tourne-à-gauche :	920	4

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Buissons	1224	83%	0vh	2vh	1s	0,1h
Etangs	872	59%	0vh	3vh	2s	0,3h
Beaulieu	752	77%	0vh	2vh	3s	0,2h
Carquefou	1061	72%	0vh	2vh	1s	0,1h

Quel que soit le carrefour, les temps d'attente sont très légèrement plus élevés qu'en HPM, limités à 6 secondes max. La circulation est donc fluide.

## 4. Conclusion

- ▶ **Un impact significatif sur les générations de trafics, mais modéré sur chacune des voies grâce aux multiples connexions possibles**

L'ampleur du projet (+342 logements) génèrera une **quantité significative de déplacements tous modes (3 650 par jour)**.

La voiture conservera sa place majoritaire, malgré les mesures prises pour favoriser les modes alternatifs.

Par conséquent, il faut composer avec près de **2 000 véhicules injectés quotidiennement dans le trafic**, dont 160 à 200 à chaque heure de pointe.

Cependant, le nombre de **connexions au réseau de voirie environnant est multiple**, de même que celui de **destinations des futurs déplacements**. Cela permet de distribuer les futurs flux sur différentes voies et ainsi d'y **amoindrir les impacts**.

# Annexes

# Annexes

## Données de trafic par heure le mardi 28/09/2021

VL	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Etangs Sud S>N	Etangs Sud N>S	Beaulieu Est O>E	Beaulieu Est E>O	Belem S>N	Belem N>S	Barre O>E	Barre E>O	VM723 O>E	VM723 E>O	Jaunais Nord S>N	Jaunais Nord N>S
0-1	15	18	5	3	0	2	0	0	62	37	0	8
1-2	3	6	0	1	0	0	0	0	55	20	0	0
2-3	5	3	0	0	0	2	0	0	32	22	0	3
3-4	10	4	1	0	0	0	1	3	44	51	1	2
4-5	44	9	4	0	1	1	1	1	115	129	2	1
5-6	65	25	7	1	3	4	2	3	144	246	5	5
6-7	157	28	11	0	12	6	6	5	341	466	20	7
7-8	468	110	46	126	65	17	49	79	715	1 093	209	18
8-9	279	221	151	267	131	27	88	98	841	1 026	365	37
9-10	254	157	53	61	28	24	24	36	596	799	60	31
10-11	195	150	39	34	15	34	21	22	509	664	28	32
11-12	169	225	47	47	25	33	35	21	692	596	21	46
12-13	225	412	49	83	31	67	28	35	984	832	45	103
13-14	306	248	66	53	38	32	27	40	800	829	63	69
14-15	223	229	61	40	18	30	19	28	706	678	34	57
15-16	178	259	33	49	17	39	25	35	806	653	24	55
16-17	223	485	121	116	40	91	47	78	1 067	784	38	124
17-18	252	674	191	134	44	228	64	87	1 397	776	43	371
18-19	210	560	205	159	63	191	59	98	1 329	685	33	337
19-20	202	436	69	98	27	64	48	74	978	545	37	120
20-21	135	209	45	53	15	27	26	40	589	427	25	60
21-22	62	105	35	26	2	7	35	14	271	201	18	21
22-23	24	63	8	12	0	10	8	7	203	151	4	25
23-24	20	60	5	4	1	3	9	7	153	100	3	17
	<b>3 724</b>	<b>4 696</b>	<b>1 252</b>	<b>1 367</b>	<b>576</b>	<b>939</b>	<b>622</b>	<b>811</b>	<b>13 429</b>	<b>11 810</b>	<b>1 078</b>	<b>1 549</b>

PL	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Etangs Sud S>N	Etangs Sud N>S	Beaulieu Est O>E	Beaulieu Est E>O	Belem S>N	Belem N>S	Barre O>E	Barre E>O	VM723 O>E	VM723 E>O	Jaunais Nord S>N	Jaunais Nord N>S
0-1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	20	0	0
1-2	1	0	0	0	0	0	0	0	14	12	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	14	22	0	0
3-4	1	0	0	0	0	0	0	0	15	14	0	0
4-5	0	2	0	0	0	0	0	0	29	28	0	0
5-6	2	3	1	0	1	0	0	0	27	36	0	0
6-7	0	4	0	1	1	1	1	3	56	48	1	2
7-8	9	11	1	4	6	0	3	7	58	74	1	0
8-9	5	6	2	3	5	1	1	6	65	90	1	2
9-10	3	6	2	2	3	0	2	4	105	106	1	0
10-11	2	5	1	3	1	0	1	3	92	102	3	1
11-12	10	6	3	1	3	0	2	3	101	74	1	2
12-13	3	8	2	3	2	1	0	3	83	61	0	0
13-14	7	4	1	2	5	0	1	2	93	85	0	0
14-15	2	6	2	1	2	1	1	3	91	90	0	1
15-16	5	7	2	2	3	0	2	3	103	79	3	2
16-17	9	13	3	1	2	1	3	4	108	72	2	1
17-18	5	15	2	4	1	0	4	8	70	46	3	2
18-19	4	11	1	2	1	1	1	5	50	39	0	1
19-20	7	4	1	0	2	1	0	2	40	31	1	1
20-21	2	1	0	0	0	0	0	1	27	17	0	0
21-22	4	1	0	0	0	0	0	0	15	17	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	18	16	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17	0	0
	<b>82</b>	<b>113</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>38</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>57</b>	<b>1 293</b>	<b>1 196</b>	<b>17</b>	<b>15</b>

ZAC DES DEUX RUISSEUX A THOUARE SUR LOIRE - ETUDE DE TRAFIC

VL	P7		P8		P9		P10		P11		P12	
	Beaulieu Ouest O>E	Beaulieu Ouest E>O	Jaunais ctre S>N	Jaunais ctre N>S	Beaulieu Ctre O>E	Beaulieu Ctre E>O	Mermoz O>E	Mermoz E>O	Blériot S>N	Blériot N>S	Mryse Bastié O>E	Mryse Bastié E>O
0-1	8	1	0	8	2	2	0	0	3	1	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0
2-3	1	0	0	3	0	0	1	1	1	7	10	1
3-4	0	0	1	3	2	0	14	20	10	12	14	11
4-5	1	1	2	1	2	0	15	18	9	9	7	5
5-6	2	3	4	5	5	1	39	6	7	19	3	1
6-7	5	8	16	6	8	1	33	15	37	62	8	5
7-8	33	196	206	24	47	140	65	32	133	109	34	4
8-9	88	311	373	50	139	277	176	38	197	106	69	14
9-10	25	48	57	34	48	60	79	50	67	80	44	10
10-11	24	39	31	32	38	30	40	44	75	67	16	12
11-12	52	30	27	49	45	37	41	66	63	40	16	12
12-13	46	47	43	96	38	74	81	101	101	104	29	45
13-14	45	42	60	69	55	51	73	72	98	79	33	24
14-15	36	35	31	56	54	38	47	79	54	52	22	15
15-16	41	48	27	50	46	43	49	37	89	73	13	18
16-17	103	99	44	131	109	108	62	78	139	97	13	46
17-18	216	103	51	364	187	126	60	105	100	141	13	56
18-19	241	123	54	345	201	144	45	91	90	107	17	45
19-20	81	71	41	115	60	89	10	74	53	37	5	18
20-21	46	38	24	58	38	46	2	23	20	32	1	5
21-22	29	11	19	19	26	23	0	2	9	21	0	0
22-23	11	5	5	23	6	11	0	1	5	8	0	0
23-24	15	4	2	14	11	4	3	2	5	5	0	0
	<b>1 149</b>	<b>1 263</b>	<b>1 118</b>	<b>1 555</b>	<b>1 167</b>	<b>1 305</b>	<b>938</b>	<b>955</b>	<b>1 365</b>	<b>1 268</b>	<b>368</b>	<b>347</b>

PL	P7		P8		P9		P10		P11		P12	
	Beaulieu Ouest O>E	Beaulieu Ouest E>O	Jaunais ctre S>N	Jaunais ctre N>S	Beaulieu Ctre O>E	Beaulieu Ctre E>O	Mermoz O>E	Mermoz E>O	Blériot S>N	Blériot N>S	Mryse Bastié O>E	Mryse Bastié E>O
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0
5-6	1	1	0	0	1	0	3	0	8	2	0	2
6-7	0	0	1	2	2	1	4	1	6	2	0	0
7-8	2	3	2	0	3	4	1	2	14	8	1	1
8-9	2	2	1	2	3	3	5	3	10	15	3	1
9-10	1	1	1	0	2	1	6	4	13	10	2	1
10-11	0	2	2	1	0	1	3	3	13	15	4	8
11-12	3	1	1	2	4	3	2	2	10	12	2	1
12-13	1	1	0	1	1	1	4	3	8	3	1	1
13-14	3	0	1	0	1	2	3	2	6	7	2	4
14-15	0	1	0	0	1	2	3	4	8	8	4	1
15-16	1	0	3	2	0	1	5	7	8	8	3	3
16-17	4	5	2	1	2	4	4	6	10	13	1	0
17-18	1	4	2	2	2	4	2	4	7	11	2	3
18-19	0	1	0	2	1	2	1	1	5	9	1	0
19-20	0	0	1	1	2	0	0	0	4	6	0	0
20-21	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	<b>48</b>	<b>47</b>	<b>137</b>	<b>139</b>	<b>27</b>	<b>27</b>

**Génération de trafic**

*Hypothèses*

Logements non sociaux			source :	Logements sociaux			source :		
Hypothèses populations	Nombre de logements		log collectifs+inter.+ind. non sociaux	Hypothèses populations	Nombre de logements		log sociaux		
	Taux d'occupation des logements	100,0%	neuf donc 0 vacance		Taux d'occupation des logements	100,0%	neuf donc 0 vacance		
	Nombre d'habitants par logement occupé	3 - 3,5	2,39 en moyenne échelle Ville		Nombre d'habitants par logement occupé	2,5	2,39 en moyenne échelle Ville		
Hypothèses déplacements	Nombre de déplacements / J / habitant	4,8	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté	Hypothèses déplacements	Nombre de déplacements / J / habitant	4,0	EMD adapté		
	Part des déplacements réalisés à l'HPM	9,9%	EMD éch. Dép 44		Part des déplacements réalisés à l'HPM	8,0%	EMD éch. Dép 44		
	Part des déplacements réalisés à l'HPS	10,6%	EMD éch. Dép 45		Part des déplacements réalisés à l'HPS	10,6%	EMD éch. Dép 45		
	Partis modales					Partis modales			
	Marche	7%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Marche	12%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Vélo	5%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Vélo	5%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Transports en commun	5%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Transports en commun	8%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Voiture particulière conducteur	58%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Voiture particulière conducteur	50%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Voiture particulière passager	24%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Voiture particulière passager	24%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Autres mécanisés	1,5%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		Autres mécanisés	1,5%	EMD éch. Ste-Luce + Thouaré Ouest adapté		
	Partis émission / attraction / secondaire					Partis émission / attraction / secondaire			
	% HPM Emission domicile	85,0%	estimation SCE		% HPM Emission domicile	85,0%	estimation SCE		
	% HPM Attraction domicile	10,0%	estimation SCE		% HPM Attraction domicile	10,0%	estimation SCE		
	% HPM Secondaire	10,0%	estimation SCE		% HPM Secondaire	10,0%	estimation SCE		
	% HPS Emission domicile	20,0%	estimation SCE		% HPS Emission domicile	20,0%	estimation SCE		
	% HPS Attraction domicile	70,0%	estimation SCE		% HPS Attraction domicile	70,0%	estimation SCE		
	% HPS Secondaire	20,0%	estimation SCE		% HPS Secondaire	20,0%	estimation SCE		
% JOUR Emission domicile	40,0%	estimation SCE	% JOUR Emission domicile	40,0%	estimation SCE				
% JOUR Attraction domicile	40,0%	estimation SCE	% JOUR Attraction domicile	40,0%	estimation SCE				
% JOUR Secondaire	20,0%	estimation SCE	% JOUR Secondaire	20,0%	estimation SCE				

## Génération de trafic

### Données par secteur

Logements Ilot Jaunais Nord	HPM		HPS		Total jour		Logements Ilot Jaunais Sud	HPM		HPS		Total jour	
	émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés		émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés
Marche	5	1	1	4	25	25	Marche	9	1	2	7	45	45
Vélo	3	0	1	2	16	16	Vélo	6	1	2	5	32	32
Transports en commun	3	0	1	3	18	18	Transports en commun	6	1	2	5	34	34
Voiture particulière conducteur	33	4	9	28	174	174	Voiture particulière conducteur	71	9	19	58	364	364
Voiture particulière passager	14	2	4	12	74	74	Voiture particulière passager	30	4	8	24	153	153
Autres mécanisés	1	0	0	1	5	5	Autres mécanisés	2	0	1	2	10	10
<b>total</b>	<b>58</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>49</b>	<b>310</b>	<b>310</b>	<b>total</b>	<b>123</b>	<b>15</b>	<b>34</b>	<b>101</b>	<b>637</b>	<b>637</b>

Logements Ilot Ruisseaux	HPM		HPS		Total jour		Logements Ilot Matière Nord	HPM		HPS		Total jour	
	émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés		émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés
Marche	7	1	2	6	36	36	Marche	3	0	1	3	18	18
Vélo	5	1	1	4	24	24	Vélo	2	0	1	2	11	11
Transports en commun	5	1	1	4	26	26	Transports en commun	2	0	1	2	13	13
Voiture particulière conducteur	53	7	15	44	274	274	Voiture particulière conducteur	22	3	6	19	120	120
Voiture particulière passager	22	3	6	18	116	116	Voiture particulière passager	10	1	3	8	52	52
Autres mécanisés	1	0	0	1	7	7	Autres mécanisés	1	0	0	1	3	3
<b>total</b>	<b>93</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>77</b>	<b>483</b>	<b>483</b>	<b>total</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>34</b>	<b>216</b>	<b>216</b>

Logements Ilot Matière Sud	HPM		HPS		Total jour		Logements Hors ZAC	HPM		HPS		Total jour	
	émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés		émis	attirés	émis	attirés	émis	attirés
Marche	2	0	0	1	9	9	Marche	0	0	0	0	2	2
Vélo	1	0	0	1	7	7	Vélo	0	0	0	0	2	2
Transports en commun	1	0	0	1	7	7	Transports en commun	0	0	0	0	2	2
Voiture particulière conducteur	15	2	4	12	77	77	Voiture particulière conducteur	4	0	1	3	18	18
Voiture particulière passager	6	1	2	5	32	32	Voiture particulière passager	1	0	0	1	7	7
Autres mécanisés	0	0	0	0	2	2	Autres mécanisés	0	0	0	0	0	0
<b>total</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>132</b>	<b>132</b>	<b>total</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>31</b>



**sce**

Aménagement  
& environnement

[www.sce.fr](http://www.sce.fr)

GROUPE KERAN



# **Chapitre 2. Evaluation du potentiel de développement en énergie renouvelable**

**ZAC DES 2 RUISSEaux  
THOUARE-SUR-LOIRE (44)**



**ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT  
EN ENERGIES RENOUVELABLES**

**AVP**

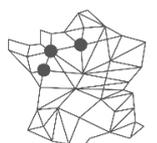
DATE : 25-09-2024

N° D'AFFAIRE : 4-20-017

**2**

CHARGÉ DE PROJET : BRO/MD

RÉDIGÉ PAR : MD



## TRACABILITE DOCUMENTAIRE

Le tableau ci-dessous est utilisé à l’occasion des engagements de qualité de la société SoLab. Il a été créé avec pour objectif de vous apporter une traçabilité documentaire exigeante.

Dans le cas d’une demande de modification(s) de l’une ou l’autre des parties contractantes, un nouveau document est élaboré avec un nouvel indice. En conséquence, le document précédent n’est plus contractuel.

PHASE	INDICE	REDACTEUR	DATE DE MODIFICATION	NATURE DE LA MODIFICATION
AVP	-	CMO	20/12/2023	Edition initiale
AVP	1	CMO	17/06/2024	MAJ nombre de logements et SHAB
AVP	2	MD	25/09/2024	Revue Programmation

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>GENERALITES .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>MAITRISE DE L'ENERGIE ET DES EMISSIONS DE CARBONE .....</b>	<b>7</b>
2.1.1	LA RAREFACTION DE LA RESSOURCE FOSSILE.....	7
2.1.2	LE CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	8
2.1.3	BATIMENT ET ENERGIE.....	8
<b>3</b>	<b>L'ETUDE DE DESSERTE ENERGETIQUE .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>RAPPEL REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>9</b>
3.1.1	LES OBLIGATIONS : ARTICLE 128-4 .....	9
3.1.2	LE GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT.....	9
3.1.3	CHOIX ENERGETIQUE .....	9
<b>3.2</b>	<b>METHODOLOGIE D'ETUDE .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>DEFINITION DU PERIMETRE .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4</b>	<b>ESTIMATION DES BESOINS DE CHALEUR .....</b>	<b>12</b>
3.4.1	HYPOTHESES.....	12
3.4.2	BESOINS NECESSAIRES A L'ECHELLE DE LA ZAC .....	15
<b>4</b>	<b>PANORAMA DES ENERGIES .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>LES ENERGIES FOSSILES.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2</b>	<b>L'ELECTRICITE .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3</b>	<b>L'ENERGIE BOIS .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4</b>	<b>L'ENERGIE SOLAIRE.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>LES SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE INDIVIDUELS .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>GAZ.....</b>	<b>18</b>
5.1.1	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	18
<b>5.2</b>	<b>PAC AEROTHERMIQUE.....</b>	<b>18</b>
5.2.1	DESCRIPTIF .....	18
5.2.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	18
5.2.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	19

5.2.4	COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION .....	19
<b>5.3</b>	<b>BOIS AVEC APPOINT ELECTRIQUE .....</b>	<b>20</b>
5.3.1	DESCRIPTIF .....	20
5.3.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	20
5.3.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	21
5.3.4	COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION .....	21
<b>5.4</b>	<b>PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES .....</b>	<b>21</b>
5.4.1	DESCRIPTION .....	21
5.4.2	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	22
5.4.3	COUT D'INVESTISSEMENT .....	22
<b>5.5</b>	<b>SYNTHESE DES EQUIPEMENTS INDIVIDUELS .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>LES SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE COLLECTIFS .....</b>	<b>24</b>
<b>6.1</b>	<b>PAC THERMODYNAMIQUE DOUBLE SERVICE .....</b>	<b>24</b>
6.1.1	DESCRIPTIF .....	24
6.1.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	24
6.1.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	25
6.1.4	COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION .....	25
<b>6.2</b>	<b>PAC GEOTHERMIE.....</b>	<b>26</b>
6.2.1	DESCRIPTIF .....	26
6.2.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	26
6.2.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	27
6.2.4	COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION .....	27
<b>6.3</b>	<b>CHAUDIERE A BOIS COLLECTIVE .....</b>	<b>28</b>
6.3.1	DESCRIPTIF .....	28
6.3.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	28
6.3.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	29
6.3.4	COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION .....	29
<b>6.4</b>	<b>RESEAU DE CHALEUR URBAIN .....</b>	<b>30</b>
6.4.1	DESCRIPTION .....	30
6.4.2	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	30
<b>6.5</b>	<b>BOUCLE D'EAU TEMPEREE A ENERGIE GEOTHERMIQUE (BETEG) .....</b>	<b>32</b>
6.5.1	DESCRIPTION .....	32
6.5.2	AVANTAGE/INCONVENIENT .....	33
6.5.3	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	33
<b>6.6</b>	<b>PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES .....</b>	<b>34</b>
6.6.1	DESCRIPTION .....	34

---

6.6.2	CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL .....	34
6.6.3	COÛT D'INVESTISSEMENT .....	34
<b>6.7</b>	<b>SYNTHESE DES EQUIPEMENTS COLLECTIFS .....</b>	<b>35</b>
<b>6.8</b>	<b>ETUDE DE PERIMETRE PERTINENT .....</b>	<b>36</b>
6.8.1	AIDES .....	36
6.8.2	DENSITE ET LONGUEUR DE RESEAU.....	36
<b>7</b>	<b>COMPARAISON DES EQUIPEMENTS &amp; CONCLUSION .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>38</b>

## 1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'article 128-4 du code de l'urbanisme demande que soit étudiée la desserte énergétique de la future opération d'aménagement par les énergies renouvelables et plus particulièrement une desserte collective.

La future ZAC des 2 Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire accueillera 327 logements de typologies différentes : individuels, intermédiaires et collectifs, d'une surface habitable globale d'environ 22 200 m<sup>2</sup>. Les habitations étant dispersées sur la zone et de typologies variées, différentes dessertes d'énergies sont à examiner.

Les solutions collectives d'approvisionnement en énergie s'articulent sur les axes suivants :

- La ZAC est vaste et comprend en son noyau une zone naturelle à préserver. Afin de limiter les longueurs de réseaux pour l'approvisionnement en énergie et préserver le plateau bocager, il convient de favoriser les systèmes énergétiques à l'échelle de chaque îlot (îlot Jaunais, îlot Matière et îlot Ruisseaux).
- L'absence de réseau de chaleur à proximité de la ZAC éloigne une solution de raccordement à un réseau existant. La création d'un réseau de chaleur propre à la ZAC est étudiée. De la même manière, la création d'une boucle d'eau tempérée (BETEG) est analysée.
- La réglementation autorise l'installation d'une exploitation géothermique sur le site. Néanmoins, des analyses de sols et d'eaux devront être réalisées et des autorisations d'exploitation géothermique devront être attribuées par la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, l'Aménagement et du logement) si ce système est retenu.

Dans l'esprit du Grenelle de l'Environnement, la présente étude a pour objectif de proposer aux élus un plan de développement des énergies renouvelables à privilégier au travers des différents scénarii de desserte énergétique individuels et collectifs.

Le projet se plaçant sur un rythme d'aménagement de plusieurs d'années, il est nécessaire de sélectionner des solutions modulables permettant d'anticiper les évolutions réglementaires. Il paraît donc approprié d'imaginer un mix de solutions privilégiant le recours aux énergies décarbonées et renouvelables plutôt qu'une solution unique.

A l'issue de cette étude de faisabilité énergétique, il ressort les orientations suivantes :

- **Recherche d'une solution bas carbone, répondant aux objectifs de la RE 2020 et permettant de se projeter sur les ambitions 2030 et 2050**

### Pistes étudiées :

- **Etudes sur des solutions de PAC aérothermique double service collective et individuelle**
- **Etudes sur des solutions de PAC géothermique collective**
- **Faisabilité d'une chaufferie bois collective et installation de poêle à bois pour les logements individuels**
- **Création d'un réseau de chaleur urbain**
- **Etude pour l'intégration d'un principe de boucle d'eau tempérée (BETEG)**
- **Etude Stratégique de développement de l'énergie solaire**

## 2 GENERALITES

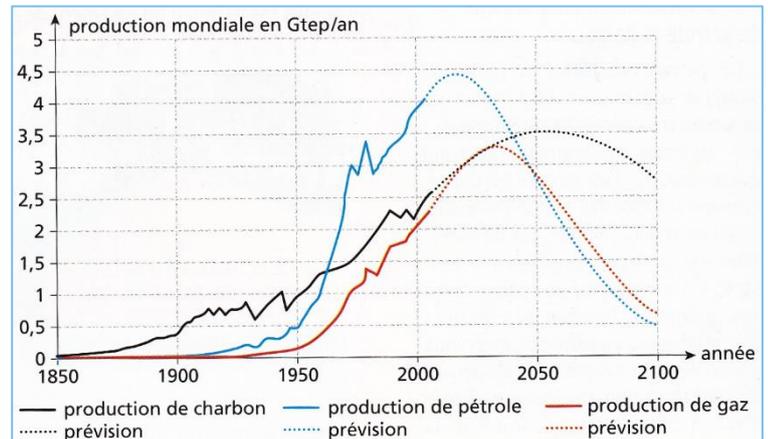
### 2.1 MAITRISE DE L'ENERGIE ET DES EMISSIONS DE CARBONE

#### 2.1.1 LA RAREFACTION DE LA RESSOURCE FOSSILE

La ressource fossile est l'énergie la plus consommée dans le monde (à plus de 80%) malgré les effets nocifs qu'elle a sur l'environnement, c'est aussi le cas en France.

En France, (*chiffres 2020 de l'Ademe*), les énergies renouvelables représentaient seulement 13,1 % du mix énergétique. Les 86,9 % restants sont réparties de la manière suivante :

- 39,2 % de nucléaire,
- 27,5 % de pétrole,
- 16,9 % de gaz naturel,
- 2,5 % de charbon
- 0,7 % de déchets non renouvelables.



A savoir que la France importe la grande majorité de ses énergies fossiles :

- 98,5% du pétrole consommé en France est importé depuis l'Afrique, le Moyen-Orient, la mer du Nord et les pays de l'ex-URSS
- 98% du gaz naturel consommé en France provient de Norvège, des Pays-Bas, d'Algérie et de Russie. Le gisement de gaz de Lacq était le plus important en France, mais son épuisement en 2010 a mis fin à l'injection de ce gaz naturel français dans le réseau
- 100% du charbon consommé en France est importé d'Australie, des Etats-Unis, d'Afrique du Sud et de Colombie, en raison de l'épuisement des ressources en France.

L'épuisement des ressources est inéluctable pour l'énergie fossile. Les ressources des énergies fossiles ont été produites il y a des millions d'années et sont en quantité limitée, et donc non renouvelables à l'échelle humaine, ce qui est problématique face à la dépendance de l'être humain à cette énergie.

Selon les estimations de l'agence internationale de l'énergie, voici le nombre d'années restantes d'utilisation de chaque type d'énergie fossile :

- Le charbon : environ 230 ans de réserve, soit environ 848 milliards de tonnes actuellement
- Le gaz naturel : environ 70 ans, soit 177 000 milliards de mètres cubes
- Le pétrole : environ 40 ans, soit 162 milliards de tonnes.

Au rythme actuel d'exploitation, la situation des réserves de pétrole et de gaz naturel est préoccupante. Quant au charbon, les réserves sont immenses dans l'ensemble du monde mais les problèmes de pollution locale et globale et les difficultés d'exploitation limitent son utilisation à très grande échelle.

---

### 2.1.2 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

D'un point de vue environnemental, la problématique du changement climatique est de plus en plus menaçante. Une intensification de cet effet engendre une élévation des températures et provoque des modifications du climat qui impacteront le comportement des bâtiments à double titre :

- D'une part, les étés plus chauds et les hivers plus doux modifieront les consommations énergétiques des habitants,
- D'autre part, la multiplication des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, épisodes de froid ou de neige...) qui impacteront les bâtiments et donc les conditions de confort des habitants, voire leur sécurité et leur santé.

*« Nous ne résoudrons pas nos problèmes par les mêmes modes de pensée qui les ont engendrés. » A. Einstein*

### 2.1.3 BATIMENT ET ENERGIE

L'habitat et le tertiaire sont les premiers postes de consommation d'énergie finale en France. Pour les revenus modestes, les dépenses liées à l'énergie de confort représentent plus de 15% du budget. Un effort est donc indispensable pour réaliser des économies substantielles dans ce domaine.

La hausse du prix du pétrole, sur un temps long mais aussi pendant les pics comme celui que nous traversons, entraîne des effets particulièrement sensibles sur la consommation dans les transports. Ainsi, le kilométrage moyen des voitures particulières chute de 3,0% et les ventes de carburants routiers baissent de 1%. Les biocarburants croissent fortement, de 18%.

Dans l'habitat, le phénomène de maîtrise de l'énergie doit suivre la même voie. Cependant, cette maîtrise, par nature est plus complexe et ne peut se décréter instantanément sans nuire au confort des usagers.

Cependant, dans le domaine de l'habitat neuf, trois bras de leviers majeurs sont à actionner :

- L'optimisation de l'enveloppe des bâtiments
- L'optimisation de la forme urbaine et du parcellaire
- L'optimisation des systèmes climatiques (ventilation, chauffage et rafraîchissement, ...)

## 3 L'ETUDE DE DESSERTE ENERGETIQUE

### 3.1 RAPPEL REGLEMENTAIRE

#### 3.1.1 LES OBLIGATIONS : ARTICLE 128-4

Suite aux objectifs nouveaux du droit de l'urbanisme, la loi de programmation fixe une nouvelle obligation pour les opérations d'aménagement en créant un nouvel article au sein du Code de l'urbanisme.

L'article 8 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 précise qu'il est créé un nouvel article au sein du Code de l'urbanisme après l'article L. 128-3.

Selon le nouvel article L. 128-4 du Code de l'urbanisme :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que défini à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

#### 3.1.2 LE GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

#### 3.1.3 CHOIX ENERGETIQUE

##### 3.1.3.1 EP → EF

Le passage des consommations finales à la consommation d'énergie primaire se fait sur la base des facteurs de conversion suivants :

- Facteur 1 pour tous les combustibles (fioul, gaz naturel, bois)
- Facteur 2,3 pour l'électricité, de façon à prendre en compte le rendement de production et de transport de l'électricité.

La conversion des consommations d'électricités en énergie primaire (CEP – Consommation énergie primaire) a un impact non négligeable en termes de réglementation énergétique et devra être pris en compte dans les choix d'accès à l'énergie. Effectivement tous les systèmes qui fonctionneront à l'électricité pour produire du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire seront pénalisés par la conversion en énergie primaire. Des optimisations devront être réalisées sur d'autres postes.

##### 3.1.3.2 Besoins et énergies

Le CEP est composé des 5 postes de consommations suivants :

- Eclairage
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire (ECS)
- Chauffage
- Climatisation

L'éclairage et la ventilation sont des postes dont la consommation en énergie primaire est constante du fait que l'énergie employée ne peut être que l'électricité.

**Les besoins énergétiques de chauffage et d'eau chaude sanitaire découlent des retours d'expériences de SOLAB et des campagnes de mesures réalisées par l'ADEME.**

### 3.2 METHODOLOGIE D'ETUDE

L'étude de desserte énergétique par les énergies renouvelables doit permettre aux élus de déterminer des zones de développement prioritaires de ces dernières afin de pouvoir s'assurer à terme d'un taux minimal de couverture des besoins énergétiques des futurs bâtiments par des énergies fossiles.

Nous évaluons les besoins d'énergie liés au chauffage et à l'ECS pour les différentes typologies de bâtiment :

- Habitat individuel : les typologies n'étant pas actées à ce stade, nous faisons l'hypothèse, dans cette étude, que les logements intermédiaires soient de petits logements. Nous les apparentons alors à des maisons individuelles avec des systèmes thermiques en adéquation. Si finalement les typologies des logements intermédiaires s'avèrent plus importantes, les systèmes chauffage et d'eau chaude de ceux-ci pourront s'accorder avec les systèmes présentés pour les collectifs.
- Habitat collectif

L'étude est réalisée à l'échelle de toute la ZAC sur les logements publics (emprise LOD) et privés.

### 3.3 DEFINITION DU PERIMETRE

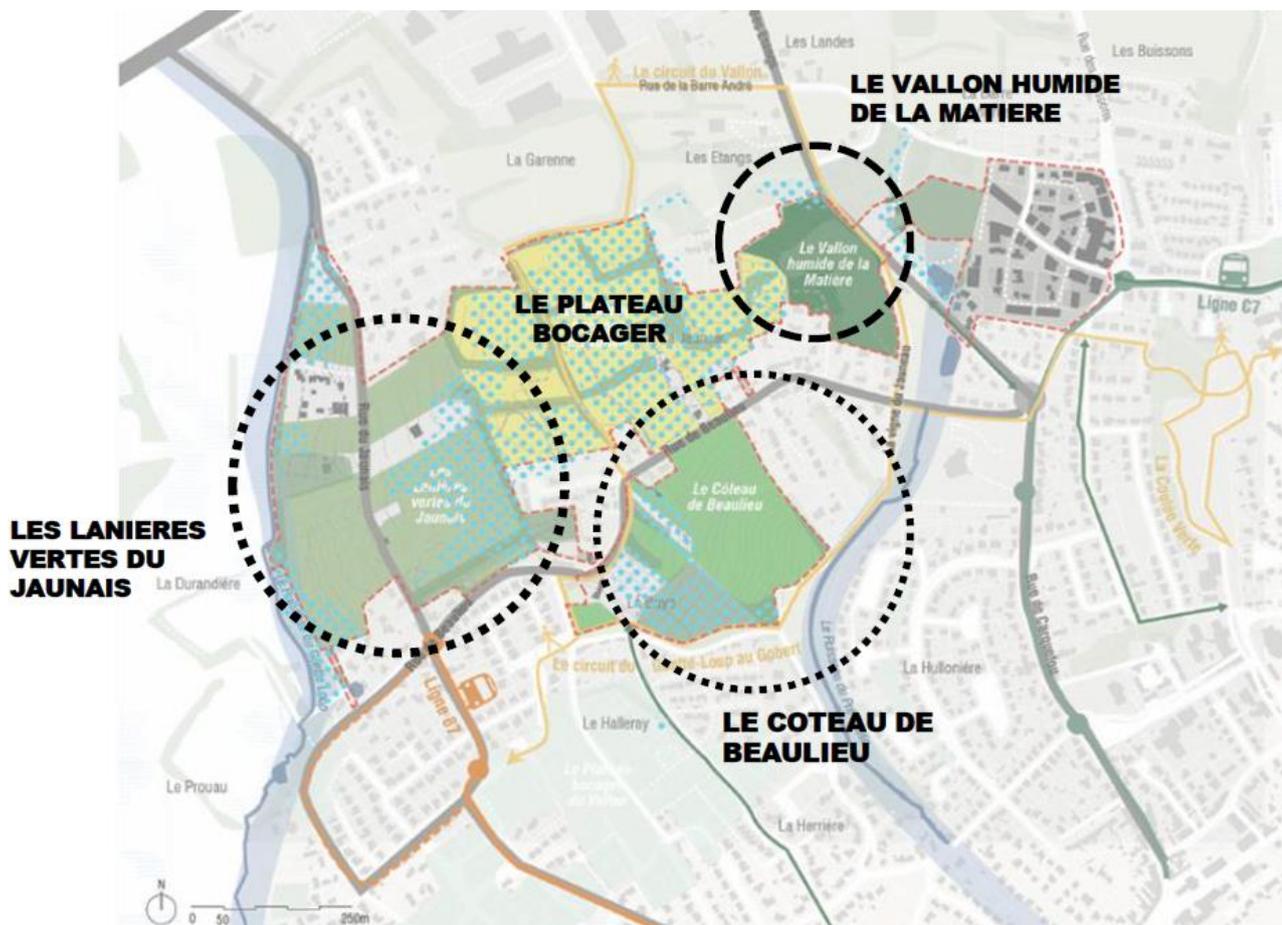


Figure 1 : zones du projet (SCE Up+)

## Synthèse de la Programmation revue (maîtrise LOD)

**Jaunais Nord**  
18 logements individuels  
67 logements collectifs  
→ Densité brute à l'échelle de l'îlet de 43 lgts/ha

**Matière**  
23 logements collectifs  
6 maisons groupées  
→ Densité brute à l'échelle de l'îlet de 63 lgts/ha

**Ruisseaux**  
23 logements individuels  
61 logements collectifs  
4 maisons groupées  
→ Densité brute à l'échelle de l'îlet de 41 lgts/ha

**Jaunais Sud**  
45 logements individuels  
6 maisons groupées  
76 logements collectifs  
→ Densité brute à l'échelle de l'îlet de 31 lgts/ha

	PROGRAMMATION DEUX RUISSEUX						TOTAL QUARTIER	Densité (lgts./ha)
	Surface de l'îlet	Profilé individuel	Collectif	Intermédiaire / Maison accolées	Don't Know	Autres formes d'habitat		
SECTEUR JAUNAI NORD	2,0	18	67	0	15	11	85	43
SECTEUR JAUNAI SUD	4,1	45	76	6	45	26	127	31
SECTEUR RUISSEAU	2,2	23	62	4	26	15	88	41
SECTEUR MATIERE	0,5	0	23	6	11	18	29	63
<b>TOTAL FONDER LOD</b>	<b>8,6</b>	<b>86</b>	<b>227</b>	<b>16</b>	<b>103</b>	<b>70</b>	<b>329</b>	<b>38</b>
					31%	21%		
ILOTS PRIVÉS	0,6	6	0	7	0	0	13	22
<b>TOTAL ZAC</b>	<b>9,2</b>	<b>92</b>	<b>227</b>	<b>23</b>	<b>103</b>	<b>70</b>	<b>342</b>	<b>37</b>
					30%	20%		

Figure 2 : programmation Juillet 2024 (LOD-SCE)

L'étude est réalisée à l'échelle de toute la ZAC sur les logements publics (LOD) et privés, soit 342 logements.

### 3.4 ESTIMATION DES BESOINS DE CHALEUR

#### 3.4.1 HYPOTHESES

##### 3.4.1.1 Méthode de calcul des besoins

D'après la programmation fournie par la maîtrise d'ouvrage, nous comptons 92 logements individuels soit 7 360 m<sup>2</sup> habitables (80 m<sup>2</sup> en moyenne par logement) et 250 logements collectifs et intermédiaires soit environ 15 000 m<sup>2</sup> (60 m<sup>2</sup> par logement).

Au global, la surface nécessitant du chauffage et d'eau chaude sanitaire sera d'environ 22 360 m<sup>2</sup> de SHAB.

ZAC	Collectifs	Individuels
Usage	Logements collectifs et intermédiaires	Logements individuels
Nombre de logements	250	92
Surface [m <sup>2</sup> ]	15 000	7 360

Dans le cadre de notre méthodologie, nous estimons en premier lieu les besoins de chauffage, c'est-à-dire l'énergie à injecter dans les logements pour contrer les déperditions et atteindre la température cible de 19°C, ainsi que les besoins d'ECS.

**Les besoins en énergie ci-après s'exprime en énergies finales**, ces valeurs sont issues de nos retours d'expériences Solab.

Puis, ces besoins sont traduits en consommations qui intègrent les systèmes de productions d'énergie et les pertes de ces systèmes. L'hypothèse retenue concernant les émetteurs est une distribution par des radiateurs basse température pour tous les équipements étudiés.

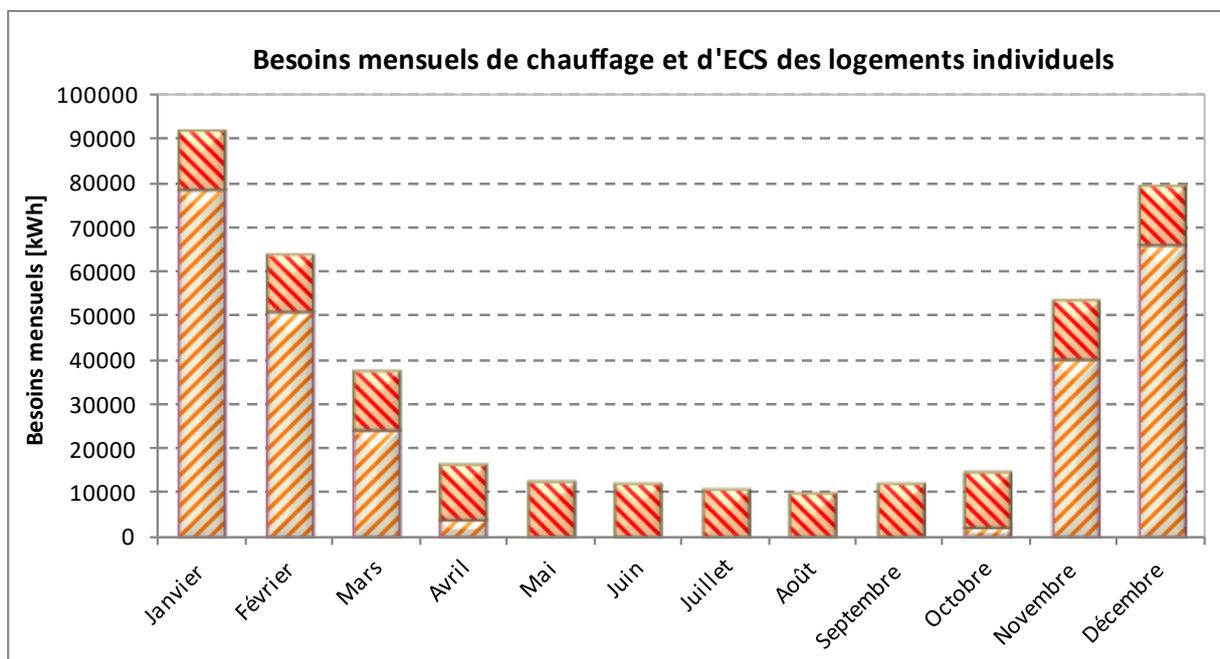
Pour aller plus loin, les consommations calculées lors de la conception réglementaire des bâtiments sont exprimées pour une température de référence de 19°C. Dans l'usage, l'augmentation de 1°C peut entraîner une consommation supplémentaire d'énergie de 7% par logement.

3.4.1.2 Besoins pour une maison individuelle – RE2020

**Profil Logements individuels RE2020**

Les besoins des maisons individuelles sont estimés à l'aide de retours d'expériences Solab sur des typologies similaires.

Bilan des besoins		
Besoin total :	55,88	kWh/m <sup>2</sup> .an
Besoin Chauffage	35,86	kWh/m <sup>2</sup> .an
Besoin ECS	20,02	kWh/m <sup>2</sup> .an



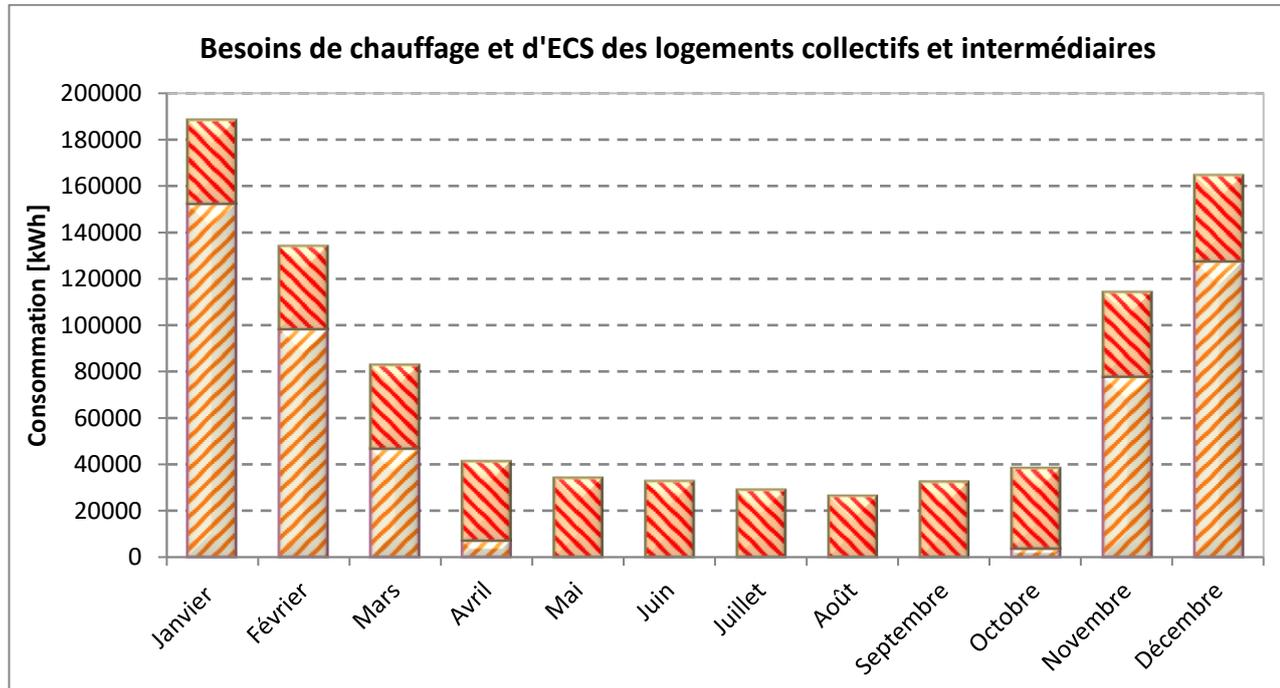
La surface des maisons individuelles représente 7 360 m<sup>2</sup> de SHAB, le besoin énergétique de chauffage et ECS de ces logements est donc 411,28 MWh.

3.4.1.3 Besoins pour un bâtiment collectif – RE2020

**Profil Logements collectifs RE2020**

Les besoins des logements collectives sont estimés à l'aide de retours d'expériences Solab sur des bâtiments similaires.

Bilan des besoins		
Besoin total :	61,21	kWh/m <sup>2</sup> .an
Besoin Chauffage	34,21	kWh/m <sup>2</sup> .an
Besoin ECS	27,01	kWh/m <sup>2</sup> .an



La surface des logements collectifs représente 15 000 m<sup>2</sup>, le besoin annuel de chauffage et ECS de ces logements est donc de 918,23 MWh.

### 3.4.2 BESOINS NECESSAIRES A L'ECHELLE DE LA ZAC

Les besoins de la ZAC sont estimés à 1329 MWh/an

- 777,04 MWhEF/an pour assurer le chauffage des locaux ;
- 552,46 MWhEF/an pour l'eau chaude sanitaire.

#### ZAC des 2 Ruisseaux

##### Surface globale

Logements	22360	m <sup>2</sup>
-----------	-------	----------------

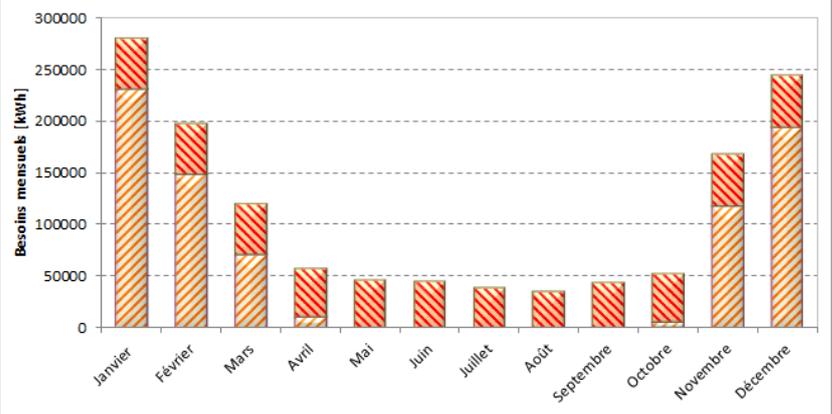
##### Bilan des besoins

Besoin global :	1 329 502
Besoin Chauffage :	777 042 kWh
Besoin ECS :	552 460

##### Besoins mensuels de chauffage et d'ECS à l'échelle de la ZAC

	Total	Chauffage	Ecs
	[kWh]		
Janvier	279 812	230 551	49 261
Février	197 535	148 735	48 801
Mars	120 005	70 744	49 261
Avril	57 253	10 754	46 499
Mai	46 499	-	46 499
Juin	44 657	-	44 657
Juillet	39 593	-	39 593
Août	35 910	-	35 910
Septembre	44 197	-	44 197
Octobre	52 882	5 463	47 419
Novembre	167 515	117 794	49 721
Décembre	243 643	193 001	50 642

##### Besoins mensuels de chauffage et d'ECS à l'échelle de la ZAC



Les besoins estimés en énergie (chauffage et ECS) à l'échelle de la ZAC étant maintenant connus, nous nous intéressons aux consommations des logements.

## 4 PANORAMA DES ENERGIES

### 4.1 LES ENERGIES FOSSILES

Les énergies fossiles utilisées pour produire de la chaleur, gaz, fioul, propane... sont principalement issues du raffinage du pétrole ou présentes naturellement dans le sous-sol mais tendent à se raréfier.

La RE2020 a déjà mis en place des niveaux de performances en termes de consommation d'énergie et d'émissions de carbone qui vont orienter les nouvelles constructions vers des choix plus vertueux en termes d'énergie.

Finalement, sauf dérogation (qui ne peut être obtenue sur la ZAC), le chauffage individuel principal au gaz est désormais impossible, tout comme le fioul. Cette disposition sera appliquée aux logements collectifs à partir de 2025. Au vu de la temporalité de la ZAC, la conclusion applicable aux maisons vaut également pour les logements collectifs.

**Pour indication, les émissions de CO2 par kWh produit lié au gaz sont estimées à 490g<sup>1</sup> (production, transport, distribution, utilisation compris) d'après les données du GIEC.**

### 4.2 L'ELECTRICITE



Le mix électrique français (77% de nucléaire) permet d'obtenir une électricité peu émettrice de carbone, **entre 50 et 80 g de CO2 par kWh<sup>2</sup>**. En revanche le coefficient de conversion en énergie primaire, 2,3 dans la RE2020, est désavantageux pour accéder au niveau IC Energie de la réglementation.

Les systèmes thermodynamiques seront à privilégier dans le cas d'un recours à l'électricité pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire.

### 4.3 L'ENERGIE BOIS

Le bois énergie est une énergie renouvelable à condition de maîtriser la gestion de la ressource forestière. Le recours à cette énergie permet une maîtrise des émissions de CO2, **27g de CO2 pour la combustion d'1 kWh sous forme de plaquettes.**



La ressource ligneuse utilisable pour l'énergie peut provenir de trois filières :

- Les produits de la forêt en massif, des haies bocagères et des arbres d'alignement
- Les produits connexes des industries du bois
- Les déchets industriels qui sont les résidus de bois propres issus des filières de récupération de déchets (emballages usagés, les objets en fin de vie, palettes, refus de compost...)

Les entités productrices sont les exploitants forestiers, les agriculteurs, les élagueurs, les industriels, les collectivités, les collecteurs de déchets.

<sup>1</sup> Comprend la production, le transport, la distribution et l'utilisation. Source : données du GIEC

<sup>2</sup> Comprend la production, le transport, la distribution et l'utilisation. Source : données OCDE

#### 4.4 L'ENERGIE SOLAIRE

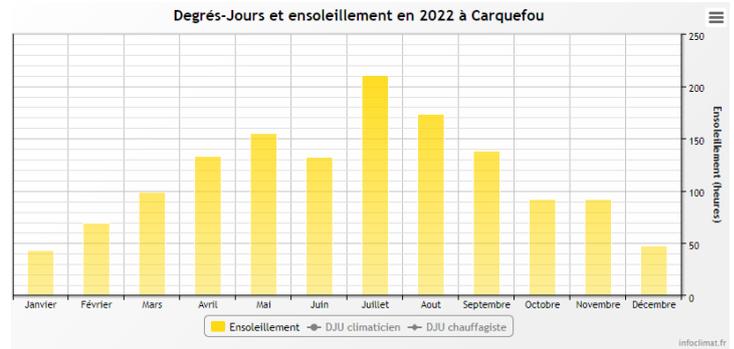
L'énergie solaire thermique est une énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire. Toutefois, il ne permet pas de couvrir 100% des besoins, notamment en hiver, un système d'appoint est nécessaire.

L'énergie solaire photovoltaïque est utilisée pour produire de l'électricité qui peut être auto consommée et/ou injectée sur le réseau (contrat de rachat total ou partiel à définir avec un fournisseur d'électricité).

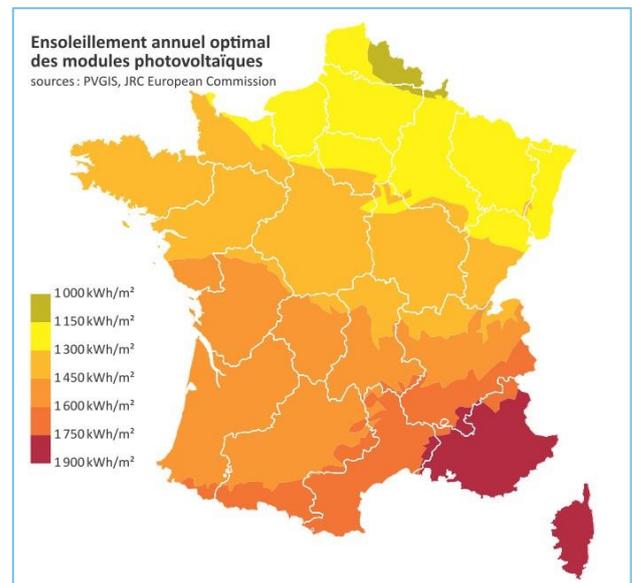
L'usage de panneaux photovoltaïque permet de réaliser des économies voir des gains financiers mais a, en contrepartie, un impact carbone non négligeable nécessitant plusieurs années d'usage pour compenser son coût carbone de fabrication.

Ces deux technologies demandent des orientations favorables pour être rentable énergétiquement et économiquement. L'énergie fournie par le soleil est considérée 100% renouvelable, néanmoins l'impact carbone des installations n'est pas nul et ne peut pas prévaloir sur une conception optimisée des enveloppes thermiques.

Au-delà de la production d'énergie, on peut aussi rappeler qu'il est important de favoriser les apports solaires gratuits dans la conception des bâtiments sans engendrer des difficultés en période estivale, dite conception bioclimatique.



Durée d'insolation à Carquefou (44)



## 5 LES SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE INDIVIDUELS

Nous détaillons ici la pertinence de différents systèmes de production de chauffage et ECS pour les logements individuels et intermédiaires.

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont mis en avant. Des comparaisons économiques sont réalisées, elles prennent en compte les coûts d'achat de matériel, dénommés « coût d'installation » ou « coût d'investissement » dans le document, et les coûts d'énergie sur une année. Les estimations présentées ont été étudiées toutes taxes comprises (TTC).

### 5.1 GAZ

#### 5.1.1 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

Pour répondre aux défis environnementaux, les indicateurs de la RE2020 contraignent le recours au gaz dans les maisons individuelles. De la même manière, selon les indicateurs actuels, les réglementations thermiques futures ne permettront plus son utilisation dans les logements collectifs. Nous écartons cette solution de notre étude et favorisons des systèmes techniques en conformité avec la réglementation.

### 5.2 PAC AEROTHERMIQUE

#### 5.2.1 DESCRIPTIF

Les systèmes thermodynamiques permettent d'utiliser de manière plus performante l'électricité qu'en effet joule direct. Ils utilisent les capacités thermodynamiques de fluides spécifiques pour engendrer une conversion de l'énergie électrique en énergie thermique. En ce sens, ils produisent plus d'énergie thermique qu'ils ne consomment d'énergie électrique.



Source : mafuturemaison.fr

#### 5.2.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

##### Avantages

- Technologies éprouvées
- Facilité d'accès au réseau électrique
- Rendement des systèmes thermodynamiques

##### Inconvénients

- Nuisances acoustiques
- Rendement qui chute par temps froid
- Impact architectural ou local technique à prévoir (unité extérieure)
- Impact carbone des fluides frigorigènes
- Impact carbone lié à l'électricité requise pour faire fonctionner la PAC

### 5.2.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

Les systèmes thermodynamiques peuvent être mis en œuvre sur tous les types de bâtiments individuels. Cependant, le compresseur électrique de la pompe à chaleur est souvent placé à l'extérieur du bâtiment provoquant des nuisances sonores. Pour pallier à ce dernier point, il faut pouvoir l'installer dans un local technique ou l'équiper d'un caisson d'insonorisation.

Les fabricants des pompes à chaleur destinées à l'habitat individuel proposent des solutions d'intégration des unités extérieures qui permettent limiter l'impact architectural et les nuisances sonores.

### 5.2.4 COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

	PAC double service individuelle air/eau
Usages	Chauffage et ECS
Cout d'installation (prix TTC)	1 117 800 €
Cout abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	17 432 €
Cout conso sur un an (prix TTC/an)	39 196 €
<b>Cout 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 174 428 €</b>

La PAC double service air/eau au global des logements individuels a un coût estimé, investissement et consommation compris, de 1 170 513 € soit 160 €/m<sup>2</sup> sur la première année. Ceci équivaut à un coût par logement de 12 766 €.

## 5.3 BOIS AVEC APPOINT ELECTRIQUE

### 5.3.1 DESCRIPTIF

Chaque logement est équipé d'un système autonome (poêle) de production de chaleur au bois (bûches ou granulés). L'ECS est produite par un ballon d'eau chaude thermodynamique avec appoint électrique.



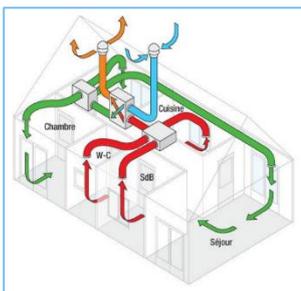
### 5.3.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

#### Avantages

Système vertueux pour l'environnement<sup>3</sup>  
 Combustible dans les moins chers du marché actuellement  
 Ressource disponible et d'origine française  
 Pérennité de l'installation  
 Confort

#### Inconvénients

Nuisance acoustique  
 Contrôle visuel<sup>4</sup> nécessaire pour éviter une mauvaise combustion (qui entraîne des pollutions élevées)



Nous recommandons aussi d'orienter les concepteurs et les constructeurs à installer des VMC double flux pour récupérer et distribuer la chaleur émise par le poêle dans toute la maison. Plus chère à l'investissement, cette technologie permet d'économiser de l'énergie et améliore considérablement le confort.

<sup>3</sup> Le système est vertueux d'un point de vue environnemental à condition de s'assurer de la provenance du bois :

- recourir à du bois issu de forêt européenne gérée durablement,
- l'objectif étant de brûler de la matière, privilégier du bois ayant déjà été utilisé pour une charpente, un meuble..
- privilégier des poêles avec un bon rendement

<sup>4</sup> Contrôle visuel : vitre qui ne s'encrasse pas vite, pas de braises importantes, pas de parois qui goudronnent

### 5.3.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

Les logements individuels se prêtent à l'installation d'un système bois individuel avec appoint ECS thermodynamique. Il faudra prévoir sur les plans architecturaux un espace pour le poêle dans l'espace de vie et un espace dédié à la production d'ECS et le stockage du bois.

### 5.3.4 COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

	Poêle à bois	PAC thermodynamique
Usages	Chauffage	ECS
Cout d'installation (prix TTC)	460 000 €	257 600 €
Cout abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	5 230 €	17 432 €
Cout conso sur un an (prix TTC/an)	26 042 €	12 784 €
<b>Cout 1ère année (prix TTC/an)</b>	491 272 €	287 816 €
	<b>779 087 €</b>	

Le coût estimé sur la 1<sup>ère</sup> année est de 779 087 € TTC avec installation de poêle à bois pour le chauffage et de PAC thermodynamique pour l'ECS, ce qui correspond à un coût par logement de 8 468 € TTC et un coût au mètre carré de 106 €/m<sup>2</sup> TTC.

Cette solution s'avère moins onéreuse que la solution PAC individuelle.

## 5.4 PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

### 5.4.1 DESCRIPTION

Nous estimons dans cette étude l'installation de panneaux photovoltaïques (PV) dans le but d'une autoconsommation sur site de l'électricité produite.

Nous partons des hypothèses suivantes :

- Installation sur chaque maison et intermédiaires (bâtiments publics et privés) de panneaux photovoltaïques
- Installation sur 50% d'un versant de la toiture
- Orientation sud-est des panneaux



Source : EDF

#### 5.4.2 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

D'après les hypothèses prises en compte et la localisation de la parcelle, la production annuelle est estimée à 1150 kWh/kWc.

Au global de toutes les maisons individuelles et logements intermédiaires, il serait possible de produire environ :

**570 328 kWh/an**

#### 5.4.3 COUT D'INVESTISSEMENT

	Panneau photovoltaïque
Usages	Equipements électriques
Coût d'installation (prix TTC)	694 313 €
Economies réalisées sur un an (prix TTC/an)	136 320 €

En considérant que la totalité de l'énergie produite avec les panneaux est utilisée sur les maisons et les logements intermédiaires du projet (autoconsommation), nous estimons les économies d'énergie au bout d'un an réalisées grâce aux panneaux à environ 136 320 € TTC, soit un gain par maison de 1185 € TTC (on inclut ici les maisons sur foncier privé et les intermédiaires ayant en général la même volumétrie que des maisons, portant le total à 115 logements). Ces économies s'entendent en autoconsommation sur la première année, sans perte de rendement ni remplacement de panneaux.

## 5.5 SYNTHÈSE DES EQUIPEMENTS INDIVIDUELS

	Nbre de logts	m <sup>2</sup>
Logements individuels et intermédiaires	118	9 440

	PAC double service individuelle air/eau
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 117 800 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	17 432 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	39 196 €
<b>Coût 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 174 428€</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>12 766 €</b>
<b>Coût global 1ère année par m<sup>2</sup> (prix TTC/m<sup>2</sup>)</b>	<b>160 €</b>

	Poêle à bois	PAC thermodynamique
Usages	Chauffage	ECS
Coût d'installation (prix TTC)	460 000 €	257 600 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	5 230 €	17 432 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	26 042 €	12 784 €
<b>Coût 1ère année (prix TTC/an)</b>	491 272 €	287 816 €
	<b>779 087 €</b>	
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>8 468 €</b>	
<b>Coût global 1ère année par m<sup>2</sup> (prix TTC/m<sup>2</sup>)</b>	<b>106 €</b>	

### Option panneaux photovoltaïques :

	Panneau photovoltaïque
Usages	Equipements électriques
Coût d'installation (prix TTC)	694 313 €
Economies réalisées sur un an (prix TTC/an)	136 320 €

Les coûts d'installation seuls s'échelonnent entre 98 et 152 €/m<sup>2</sup>.

Sur la première année, les coûts pour les maisons individuelles et intermédiaires seraient d'environ 779 087 € à 1 174 428 € selon la solution retenue, soit 106 €/m<sup>2</sup> à 160 €/m<sup>2</sup>.

La solution poêle à bois avec ballon d'ECS thermodynamique est la plus accessible en termes d'investissement et de coût d'énergie. L'inconvénient du poêle à bois réside dans l'entretien régulier à prévoir. La solution entièrement thermodynamique a l'avantage non négligeable d'être un système quasiment autonome (seule une maintenance annuelle à prévoir).

En termes d'émission de CO<sub>2</sub>, le poêle est aussi plus avantage, 150 kgEqCO<sub>2</sub>/an contre 400 kgEqCO<sub>2</sub>/an pour une pompe à chaleur double service.

L'ajout de panneaux photovoltaïques permettraient d'abaisser les coûts de consommation électrique au fil des années néanmoins un coût d'installation non négligeable est à prendre en compte. Une étude plus affinée sur les avantages de l'ajout de cet équipement est nécessaire pour trancher les bénéfices qu'elle apporterait.

## 6 LES SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE COLLECTIFS

Dans cette partie, l'objectif est de définir des systèmes de chaleur potentiels pour le chauffage et l'ECS des bâtiments collectifs.

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont mis en avant. Des comparaisons économiques sont réalisées, elles prennent en compte les coûts d'achat de matériel, dénommés « coût d'installation » ou « coût d'investissement » dans le document, et les coûts d'énergie sur une année. Les estimations présentées ont été étudiées toutes taxes comprises (TTC).

Pour maintenir des longueurs de réseaux raisonnables, les systèmes seront proposés à l'échelle de chaque îlot, l'estimation se base alors au minimum sur 3 chaufferies.

La mise en œuvre de telles dessertes requiert plusieurs conditions :

- Prévoir une réserve foncière pour la création d'une chaufferie ;
- Prévoir les aménagements de voiries pour le cheminement des réseaux ;
- Optimiser la position de la chaufferie pour limiter la longueur de réseau ;
- Adapter la puissance installée à la puissance souscrite compte tenu de la programmation des constructions.

### 6.1 PAC THERMODYNAMIQUE DOUBLE SERVICE

#### 6.1.1 DESCRIPTIF

Le recours à une PAC collective révèle des mêmes atouts que les PAC individuelles (rendement intéressant, technologie éprouvée).

Les systèmes aérothermiques sont moins performants que les systèmes géothermiques mais leurs rapports performance/coût est meilleur.

#### 6.1.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

##### Avantages

Technologies éprouvées

Facilité d'accès au réseau électrique

Rendement des systèmes thermodynamiques

##### Inconvénients

Rendement qui chute par temps froid

Impact architectural (unité extérieure)

Impact carbone des fluides frigorigènes

Impact carbone lié à l'électricité requise pour faire fonctionner la PAC

### 6.1.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

Les systèmes thermodynamiques peuvent être mis en œuvre sur les bâtiments collectifs du projet. A ce stade, nous estimons autant d'équipement de PAC collective que de bâtiments concernés soit :

- 3 PAC collectives sur Jaunais nord
- 5 PAC collectives sur Jaunais sud
- 5 PAC collectives sur le secteur Ruisseau
- 2 PAC collectives sur Matière

Dans la suite du projet, ce nombre pourra être affiné si ce système est retenu.

### 6.1.4 COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

	PAC double service collective air/eau
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 485 000 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	43 517 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	74 047 €
<b>Coût global 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 602 563 €</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>6 410 €</b>

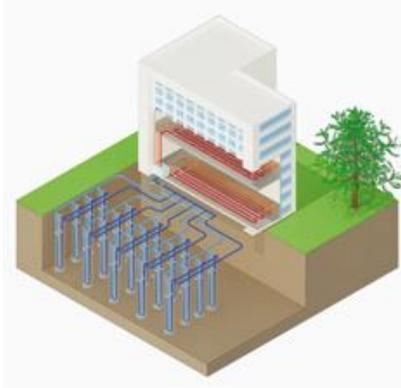
L'investissement est de 1 485 000 € pour le recours à un système thermodynamique. Cela représente 99 €/m<sup>2</sup>.

Au terme d'une année d'exploitation, le coût de cette solution pour les logements collectifs revient à 1 602 563 € TTC soit 107€/m<sup>2</sup> et 6 410 € par logement.

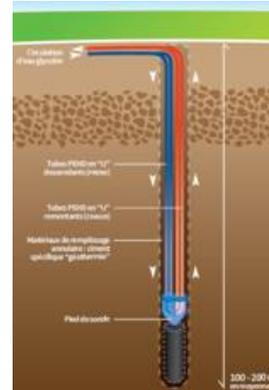
## 6.2 PAC GEOTHERMIE

### 6.2.1 DESCRIPTIF

Le principe de la solution géothermique sur sonde verticale est présenté ci-dessous :



Source : géothermies.fr



Source : gce.expert

Le principe de fonctionnement repose sur des échangeurs thermiques, appelés sondes géothermiques, placées dans un forage de plusieurs dizaines de mètres de profondeur. A l'intérieur des sondes circule un fluide frigorigène, constitué d'eau additionnée de liquide antigel.

Une ou plusieurs pompes à chaleur eau glycolée/eau sont installées et raccordées au champ de sondes. Elles sont liées à un ballon tampon qui permettra de stocker la chaleur produite afin de fournir du chauffage et/ou de l'ECS.

### 6.2.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

#### Avantages

- Meilleure performance qu'une PAC air/eau
- Plus grande stabilité des performances dans le temps
- Coûts de maintenance moins élevés que pour une PAC classique
- Aide financière importante
- Possibilité de faire du rafraîchissement
- Grande variété d'émetteurs compatibles

#### Inconvénients

- Implantation des sondes (coût, impact environnemental)
- Plus coûteux qu'une PAC air/eau

### 6.2.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

L'installation de sondes géothermiques sur la parcelle du projet est autorisée par la réglementation.

L'étendue de la ZAC nous amène à envisager plusieurs zones de forages (au minima une par îlot) et plusieurs PAC géothermiques :

- 2 PAC géothermique sur Jaunais nord
- 3 PAC géothermique sur Jaunais sud
- 3 PAC géothermique sur le secteur Ruisseau
- 2 PAC géothermique sur Matière

Dans la suite du projet, ce nombre pourra être affiné si ce système est retenu.

### 6.2.4 COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

	PAC géothermie
Usages	Chauffage et ECS
Cout d'installation (prix TTC)	1 753 616 €
Cout abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	41 027 €
Cout conso sur un an (prix TTC/an)	59 237 €
<b>Cout global 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 853 880 €</b>
<b>Cout global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>7 416 €</b>

L'investissement est de 1 753 616 € pour le recours à un système géothermique, soit 117€/m<sup>2</sup>.

Au terme d'une année d'exploitation, le coût de cette solution pour les logements collectifs revient à 1 853 880 € TTC soit 124 €/m<sup>2</sup> et 7416 €/logement.

## 6.3 CHAUDIERE A BOIS COLLECTIVE

### 6.3.1 DESCRIPTIF

Dans ce cas de figure, une chaudière à bois collective (bûches, plaquettes ou granulés) dessert un ou plusieurs bâtiments collectifs pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Ce type d'installation nécessite un ballon de stockage de taille conséquente pour éviter les démarrages à répétition de la chaudière. Un lieu de stockage sec et accessible est aussi nécessaire pour entreposer le combustible.



### 6.3.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

#### Avantages

Caractère vertueux pour l'environnement<sup>5</sup>  
Combustible dans les moins chers du marché actuellement  
Ressource disponible  
Pérennité de l'installation

#### Inconvénients

Contrainte d'implantation (silo, accès)  
Coût d'investissement plus important (local + matériel)  
Maintenance régulière pour éviter les émissions de particules

<sup>5</sup> Le système est vertueux d'un point de vue environnemental à condition de s'assurer de la provenance du bois :

- recourir à du bois issus de forêt européenne gérée durablement,
- l'objectif étant de brûler de la matière, privilégier du bois ayant déjà été utilisé pour une charpente, un meuble..
- privilégier des poêles avec un bon rendement

### 6.3.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

Des choix techniques seront à faire en phase conception pour assurer une intégration satisfaisante des installations et garantir une livraison confortable.

A ce stade, nous estimons sommairement un nombre de chaudières collectives en fonction des bâtiments à proximité les uns des autres soit :

- 1 chaudière collective sur Jaunais nord
- 2 chaudières collectives sur Jaunais sud
- 2 chaudières collectives sur le secteur Ruisseau
- 1 chaudière collective sur Matière

Dans la suite du projet, ce nombre pourra être affiné si ce système est retenu.

### 6.3.4 COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

	Chaudière à bois collective
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 620 000 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	37 800 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	112 797 €
<b>Coût global 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 770 597 €</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>7 082 €</b>

L'investissement est de 1 620 000 € pour le recours à une chaudière à bois collective, soit 108 €/m<sup>2</sup>.

Au terme d'une année d'exploitation, le coût de cette solution pour les logements collectifs revient à 1 770 597 € TTC soit 118 €/m<sup>2</sup> et 7 082 €/logement.

## 6.4 RESEAU DE CHALEUR URBAIN

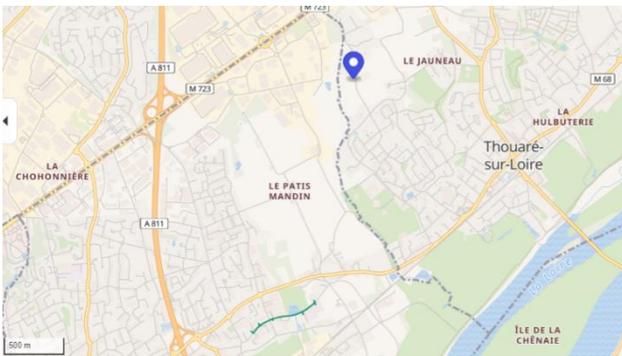
### 6.4.1 DESCRIPTION

Le réseau de chaleur urbain (RCU) est une installation comprenant une ou plusieurs chaufferies centrales alimentant un réseau, constitué de canalisations isolées et enterrées desservant plusieurs bâtiments.



### 6.4.2 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

#### Proximité du RCU existant



- RCU le plus proche
- 📍 Projet de la ZAC des 2 Ruisseaux

Le premier RCU se situe à plus de 2 km de la zone du projet, distance trop importante pour qu'il soit intéressant de s'y raccorder.

Nous étudions alors la possibilité de créer un nouveau RCU.

**La densité thermique minimale pour un réseau de chaleur doit être supérieure à 1,5 MWh/ml de réseau.** Au-dessous de cette valeur, l'Ademe, au travers d'une étude, a constaté une baisse significative du rendement de distribution lié à l'augmentation des pertes thermiques des réseaux. De ce fait, l'Ademe, en dessous de ce seuil, ne distribue pas de subvention, généralement nécessaire à la viabilité de la solution.

### Esquisse des réseaux RCU à créer



— Réseau RCU à créer

En étudiant le tracé des réseaux potentiels pour desservir les bâtiments collectifs avec un RCU, on estime à environ 1 950 mètres-linéaires (ml) la longueur du réseau.

Le besoin de chauffage et ECS des logements collectifs avaient été évalué (Paragraphe 3.4 Estimation des besoins de chaleur) à 800 MWh.

En considérant un rendement moyen du RCU à 85%, on atteint des consommations énergétiques de l'ordre de 942 MWh, ramené au ml de réseau, on consommerait donc 0,485 MWh/ml de réseau, bien en dessous des 1,5 MWh/ml de réseau nécessaires pour créer un nouvel RCU.

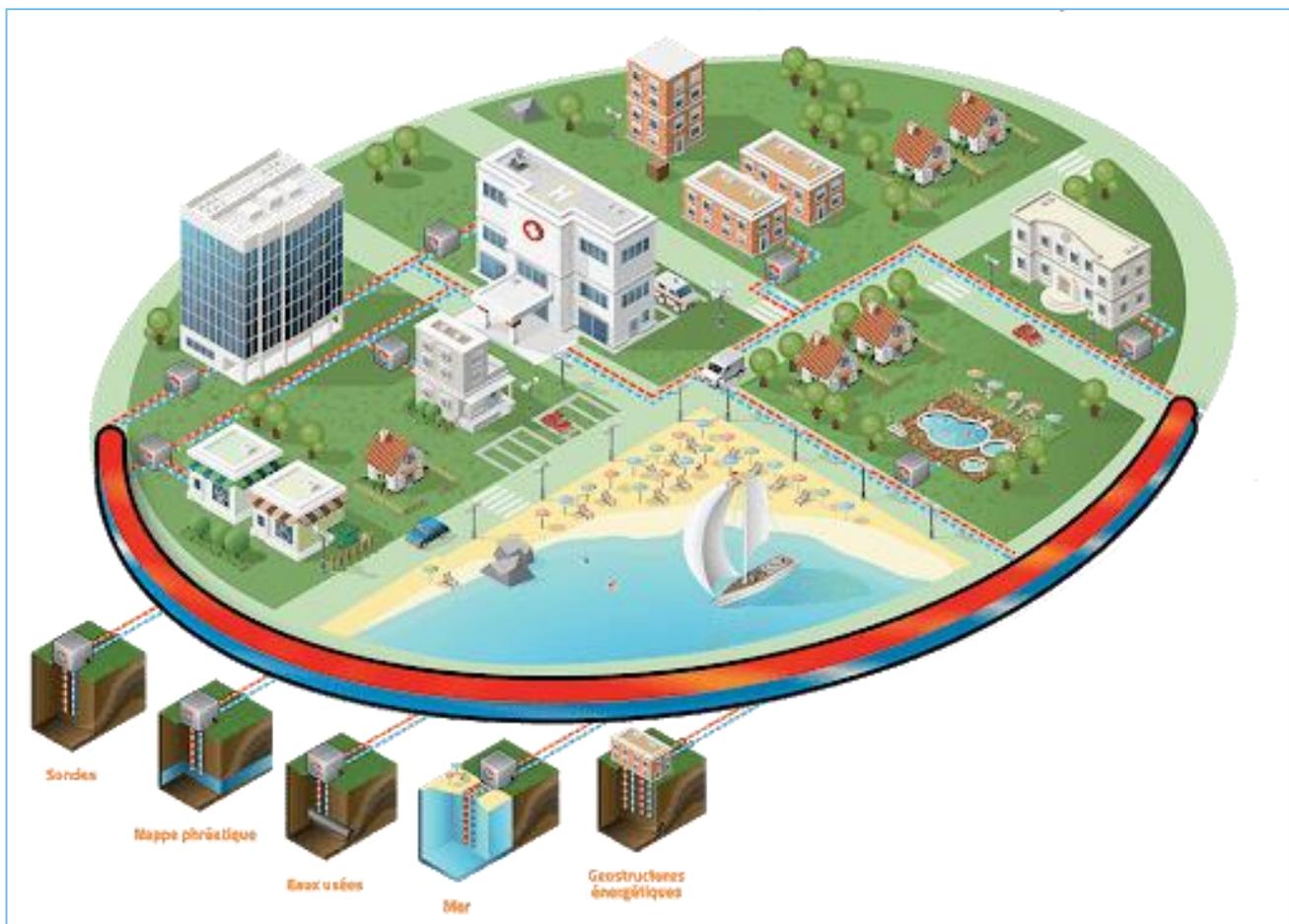
**Cette étude nous amène à écarter le Réseau de Chaleur Urbain comme source énergétique pour le projet au vu du nombre insuffisant de logements concernés, de l'étalement de ceux-ci et de la faiblesse des besoins énergétiques.**

## 6.5 BOUCLE D'EAU TEMPEREE A ENERGIE GEOTHERMIQUE (BETEG)

### 6.5.1 DESCRIPTION

Technologie développée en 2017 en France au regard de l'atteinte des objectifs fixés par la loi de transition énergétique, la BETEG se compose d'un réseau d'eau tempérée alimenté par une ou plusieurs ressources géothermiques couplées à des productions décentralisées.

Elle repose sur une distribution à basse pression d'une eau à basse température (10 à 25°C) ce qui caractérise la notion d'eau tempérée distribuée dans le réseau.



Ce réseau d'eau à basse température alimente des sous-stations équipées de thermopompes eau/eau (PAC géothermique). Le montage en « thermofrigopompe » des équipements de production décentralisée (PACs Géothermiques) permettent de répondre simultanément une production de chaud, pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire (ECS), et de froid par bâtiment ou îlots ou bâtiments.

La BETEG peut être définie à partir du moment où est mise en œuvre une solution énergétique collective alimentant un réseau de logements, des activités tertiaires...

La configuration de ce réseau d'énergie unique permet de mutualiser les échanges thermiques entre bâtiments et sources d'énergie. Par exemple, la consommation de froid d'un bâtiment rejettera des calories sur la boucle d'eau tempérée qui pourront être consommées par un bâtiment qui nécessite du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire.

---

De par la configuration des productions décentralisées et les différentes sources d'énergies qui l'alimentent, elle représente un « smart grid thermique » caractérisé par les spécificités de sa régulation.

### 6.5.2 AVANTAGE/INCONVENIENT

#### Avantages

Evolutif, modulable

Multi-énergies

Mutualisation des besoins énergétiques

#### Inconvénients

Contrainte d'implantation

Coût d'investissement important

### 6.5.3 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

La BETEG est juridiquement (réseau classé), réglementairement (RE2020) et économiquement (TVA à 5,5% si le taux d'EnR&R est supérieur à 50%) mise en œuvre sur le même principe que les autres typologies de réseaux de chaleur.

Comme pour un RCU, la densité thermique doit être supérieure à 1,5 MWh/ml de réseau pour assurer la viabilité de la solution. De ce fait, comme présenté dans l'étude d'installation d'un RCU, la BETEG n'est pas adaptée pour la ZAC des 2 Ruisseaux étant donné l'étalement et le nombre de logements collectifs.

## 6.6 PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

### 6.6.1 DESCRIPTION

Nous estimons dans cette étude l'installation de panneaux photovoltaïques (PV) dans le but d'une autoconsommation sur site de l'électricité produite.

Nous partons des hypothèses suivantes :

- Toitures terrasses sur tous les bâtiments collectifs
- Installation de PV sur 40% de la surface des toitures
- Inclinaison de 5° des panneaux
- Orientation sud-est des panneaux



*Source : EDF*

### 6.6.2 CIBLES PAR RAPPORT AU CONTEXTE LOCAL

D'après les hypothèses prises en compte et la localisation de la parcelle, la production annuelle est estimée à 1050 kWh/m<sup>2</sup> de surface de panneaux.

Au global de tous les bâtiments collectifs, il serait possible de produire environ :

**708 792 kWh**

### 6.6.3 COUT D'INVESTISSEMENT

	Panneau photovoltaïque
Usages	Equipements électriques
Coût d'installation (prix TTC)	945 056 €
Economies réalisées sur un an (prix TTC/an)	169 415 €

Les économies d'énergie au bout d'un an réalisées grâce aux panneaux photovoltaïques s'élèvent à environ 169 415 € TTC (en excluant les logements intermédiaires ici). Ces économies s'entendent en autoconsommation sur la première année, sans perte de rendement ni remplacement de panneaux.

## 6.7 SYNTHÈSE DES ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS

	Nbre de logts	m <sup>2</sup>
Logements collectifs	209	12 540

	PAC double service collective air/eau
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 485 000 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	43 517 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	74 047 €

	PAC géothermie
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 753 616 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	41 027 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	59 237 €

	Chaudière à bois collective
Usages	Chauffage et ECS
Coût d'installation (prix TTC)	1 620 000 €
Coût abonnement électrique sur un an (prix TTC/an)	37 800 €
Coût conso sur un an (prix TTC/an)	112 797 €

<b>Coût 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 602 563 €</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>6 410 €</b>

<b>Coût 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 853 880 €</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>7 416 €</b>

<b>Coût 1ère année (prix TTC/an)</b>	<b>1 770 597 €</b>
<b>Coût global 1ère année par logement (prix TTC/lgt)</b>	<b>7 082 €</b>

### Option panneaux photovoltaïques :

	Panneau photovoltaïque
Usages	Équipements électriques
Coût d'installation (prix TTC)	945 056 €
Économies réalisées sur un an (prix TTC/an)	169 415 €

Les coûts d'installation s'échelonnent entre 99 et 117 €/m<sup>2</sup>.

Sur la première année, les coûts liés aux équipements et consommations des logements collectifs seraient d'environ 1 602 563 € à 1 853 880 € selon la solution retenue, soit 106 à 136 €/m<sup>2</sup>, ce qui représente un coût par logement allant de 6 410 à 7 416 € par logement.

La solution PAC aérothermique est la plus accessible en termes d'investissement tandis que la PAC géothermique présente un meilleur coût d'énergie en exploitation.

L'ajout de panneaux photovoltaïques permettrait d'abaisser les coûts de consommation électrique au fil des années néanmoins un coût d'installation non négligeable est à prendre en compte. Une étude plus affinée sur les avantages de l'ajout de cet équipement est nécessaire pour trancher les bénéfices qu'elle apporterait.

---

## 6.8 ETUDE DE PERIMETRE PERTINENT

### 6.8.1 AIDES

Dans le cadre de la création d'une desserte collective d'énergie, **la ZAC est éligible aux subventions du Fonds Chaleur de l'Ademe**

Le Fonds Chaleur subventionne pour partie les études :

- Les études de dimensionnement du/des réseaux
- Les études de dimensionnement des chaufferies
- Les études de sol pour l'évaluation du potentiel géothermique

Le Fonds Chaleur subventionne aussi pour partie les installations :

- Les investissements pour la réalisation du réseau de chaleur ou BETEG
- Les investissements pour la création de chaufferie bois
- Les investissements pour la création de sous-station géothermique

### 6.8.2 DENSITE ET LONGUEUR DE RESEAU

Les subventions de l'Ademe du Fond Chaleur pour les réseaux de distributions de la chaleur sont accessibles aux conditions suivantes :

- Pour les réseaux de chaleur urbain :
  - Le réseau de chaleur est alimenté par, à minima, **65% d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R)**,
  - La **densité thermique est supérieure à 1.5MWh/ml de réseau**
- Pour les projets de géothermie sur sonde :
  - La production minimum de l'installation est de 25 MWh ENR/an.

**Il est à noter que le Fond Chaleur permet actuellement de compenser en large partie le surcoût lié à la géothermie et peut donc permettre à cette solution d'être autant voire plus compétitive que l'aérothermie.**

## 7 COMPARAISON DES EQUIPEMENTS & CONCLUSION

L'étude met en évidence les systèmes techniques intéressants pour la ZAC des 2 Ruisseaux afin d'alimenter en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS) les logements.

**Deux principaux systèmes se distinguent pour alimenter en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS) les logements individuels et intermédiaires :**

- **le chauffage via un poêle à bois et l'ECS par un ballon thermodynamique ou**
- **le chauffage et l'ECS par PAC aérothermique double service.**

Chacune de ces deux solutions présente des atouts : vertus environnementales, technologies éprouvées, rendements satisfaisants.

A noter, que les atouts environnementaux dépendent des PAC retenues (l'enjeu principal est le type de fluide frigorigène utilisé dans la PAC qui peut avoir des impacts sur l'environnement) et pour les poêles à bois le contrôle de la bonne combustion comme évoqué dans le document. En termes de rendement, la PAC est un système dépendant des températures extérieures, son rendement diminue à des températures basses (-30% de rendement dès -5°C). Connaissant cela et malgré les prévisions d'augmentation des événements climatiques extrêmes, le recours à des PAC reste intéressant en Pays de la Loire car le climat y est tempéré.

D'un point de vue économique, le poêle se démarque par son coût d'installation et le coût du kWh de bois.

L'installation de panneaux photovoltaïques, malgré un coût d'investissement ajouté, permet des économies de consommation électrique.

**Les systèmes intéressants pour la desserte des logements collectifs sont l'installation sur chaque îlot de :**

- **PAC aérothermiques double service,**
- **Chaufferies collectives bois double service ou**
- **PAC géothermiques double service.**

Pour les logements collectifs, les approvisionnements par réseaux de chaleur, de type réseau de chaleur urbain ou réseau BETEG, sont à écarter. En effet, le projet est trop étendu et le nombre de logements insuffisant pour atteindre le seuil minimum fixé par l'ADEME qui permet de débloquer des subventions indispensables à la viabilité de la solution.

Les PAC aérothermiques collectives doubles services présentent les mêmes avantages que les PAC individuelles.

La chaufferie bois se démarque par la disponibilité de la ressource en bois et le coût du kWh de bois. L'inconvénient principal de ce système est l'emprise au sol nécessaire des locaux techniques et l'accessibilité à ces derniers à anticiper pour les camions de livraison.

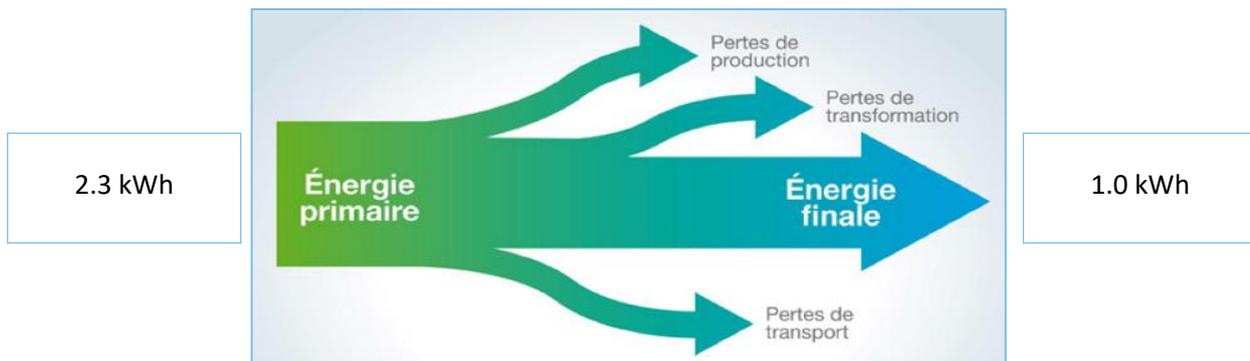
Les PAC géothermiques présentent aussi des atouts : bonnes performances, coûts de maintenance réduits et coûts d'exploitation faibles. Le coût d'installation est toutefois plus important et l'impact environnemental d'implantation des sondes n'est pas anodin. Il sera pertinent de réaliser une étude géothermique plus spécifique par îlot ou bâtiment pour valider la pertinence économique (notamment via l'aide du fond chaleur de l'ADEME).

## 8 GLOSSAIRE

- EP : Energie primaire

L'énergie primaire mesure le prélèvement à la source (c'est à dire la nature), que l'on effectue pour produire de l'énergie finale (celle que l'on utilise). Entre les deux, il y a un ensemble de transformations (convertir l'énergie d'une forme à une autre...).

Exemple : une consommation de 100 kWh d'électricité correspond à une consommation de 258 kWh d'énergie primaire. De la même manière, une consommation de 100 kWh de gaz représente une consommation de 100 kWh d'énergie primaire.



Energie	Coefficient de conversion
Electricité	2,3 en RE2020
Gaz	1
Fioul	1
Bois	1

- Chaufferie

Local technique contenant les chaudières et les accessoires périphériques concourant à la production d'énergie thermique. Ce local peut être soit intégré dans le bâtiment qu'il dessert ou à l'extérieur de celui-ci.

- RCU

Réseau de Chaleur Urbain, ensemble technique regroupant une chaufferie et un réseau de tuyauterie de chauffage desservant un ou plusieurs bâtiments appartenant à une seule entité juridique (réseau de chaleur dédié) ou plusieurs bâtiments appartenant à plusieurs entités juridiques.

- Densité linéaire

C'est la consommation en chaleur des bâtiments raccordés, rapporté à la longueur du réseau. Elle s'exprime en MWh/an.ml

- ECS

Eau Chaude Sanitaire

- CEP

C'est la consommation en énergie primaire rapportée à la SHAB du bâtiment pour les postes suivants [kWhEP/m<sup>2</sup>.an] :

- Le chauffage,
- Le refroidissement,
- La ventilation,
- Les auxiliaires électriques,
- La production d'eau chaude sanitaire,
- L'éclairage des locaux.



# **Chapitre 3. Bilan Carbone et GES**

## ZAC DES DEUX RUISSEaux THOUARE-SUR-LOIRE (44)



### BILAN CARBONE

**AVP**

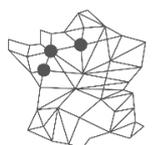
DATE : 25/09/2024

N° D'AFFAIRE : 4-20-017

**Ind. 2**

CHARGÉ DE PROJET : BRO/MD

RÉDIGÉ PAR : MD



## INTERVENANTS

**MAITRISE D'ŒUVRE URBAINE – SCE, ateliers Up+      4 Rue René Viviani, 44200 Nantes**

## TRACABILITE DOCUMENTAIRE

Le tableau ci-dessous est utilisé à l'occasion des engagements de qualité de la société SoLab. Il a été créé avec pour objectif de vous apporter une traçabilité documentaire exigeante.

Dans le cas d'une demande de modification(s) de l'une ou l'autre des parties contractantes, un nouveau document est élaboré avec un nouvel indice. En conséquence, le document précédent n'est plus contractuel.

PHASE	INDICE	DATE DE MODIFICATION	REDACTEUR	NATURE DE LA MODIFICATION
AVP	-	18/01/2024	MD	Edition initiale
AVP	1	17/06/2024	MBO	MAJ nombre lgts + arbres
AVP	2	25/09/2024	MD	MAJ programmation et plan guide

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE – LA ZAC DES DEUX RUISSEaux.....</b>	<b>5</b>
1.1.1	LOCALISATION .....	5
1.1.2	PROGRAMMATION.....	6
<b>1.2</b>	<b>MAITRISE DE L'ENERGIE ET DES EMISSIONS DE CARBONE .....</b>	<b>9</b>
1.2.1	LE CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	9
<b>2</b>	<b>BILAN CARBONE DU PROJET .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>RAPPEL REGLEMENTAIRE &amp; METHODOLOGIE .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	REGLEMENTATION .....	11
2.1.2	METHODOLOGIE D'ETUDE .....	11
<b>2.2</b>	<b>BILAN CARBONE AVEC LE PROJET DE LA ZAC DES DEUX RUISSEaux .....</b>	<b>11</b>
2.2.1	AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT .....	12
2.2.2	VOIRIE ET RESEAUX .....	13
2.2.3	BATIMENTS.....	14
2.2.4	ENERGIE.....	15
2.2.5	MOBILITES.....	16
2.2.6	AUTRES SERVICES.....	17
2.2.7	ALIMENTATION.....	18
2.2.8	BIENS DE CONSOMMATION.....	19
<b>2.3</b>	<b>IMPACT ENVIRONNEMENTAL GLOBAL - RESUME .....</b>	<b>21</b>
2.3.1	PERIMETRE CONSTRUCTION .....	21
2.3.2	PERIMETRE ZAC.....	21
2.3.3	PERIMETRE ELARGI .....	21
<b>3</b>	<b>BILAN CARBONE SANS PROJET DE LA ZAC.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MESURES ERC .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>MESURES D'EVITEMENT DES EMISSIONS .....</b>	<b>23</b>
4.1.1	AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT .....	23
4.1.2	VOIRIE ET RESEAUX .....	24
4.1.3	BATIMENTS.....	24
4.1.4	ENERGIE.....	24
4.1.5	MOBILITES.....	24

---

4.1.6	AUTRES SERVICES.....	25
4.1.7	ALIMENTATION.....	25
4.1.8	BIENS DE CONSOMMATION.....	25
<b>4.2</b>	<b>MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS .....</b>	<b>26</b>
4.2.1	AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT .....	26
4.2.2	VOIRIE ET RESEAUX .....	26
4.2.3	BATIMENTS.....	26
4.2.4	ENERGIE.....	27
4.2.5	MOBILITES.....	27
4.2.6	AUTRES SERVICES.....	27
4.2.7	ALIMENTATION.....	27
4.2.8	BIENS DE CONSOMMATION.....	27
<b>4.3</b>	<b>CUMUL DES MESURES D’EVITEMENT ET DE REDUCTION DES EMISSIONS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>MESURES DE COMPENSATION DES EMISSIONS.....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>ANALYSE DU BILAN CARBONE DU PROJET .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>SOURCES.....</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>TABLES DES FIGURES .....</b>	<b>36</b>

---

## 1 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

### 1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE – LA ZAC DES DEUX RUISSEAUX

#### 1.1.1 LOCALISATION

L'intervention concerne le quartier des Deux Ruisseaux à Thouaré-Sur-Loire, commune de 10 700 habitants<sup>1</sup> à l'Est de la métropole de Nantes.

Située à 13 kilomètres du centre-ville de Nantes, la ville de Thouaré-sur-Loire est bordée au Sud par la Loire, acteur majeur de son identité et de ses paysages. Proche de l'autoroute A11 reliant Nantes à Paris et du périphérique nantais, la commune est desservie par les transports en commun de la métropole, profite d'une gare TER et de pistes cyclables longeant la Loire et le centre-ville.

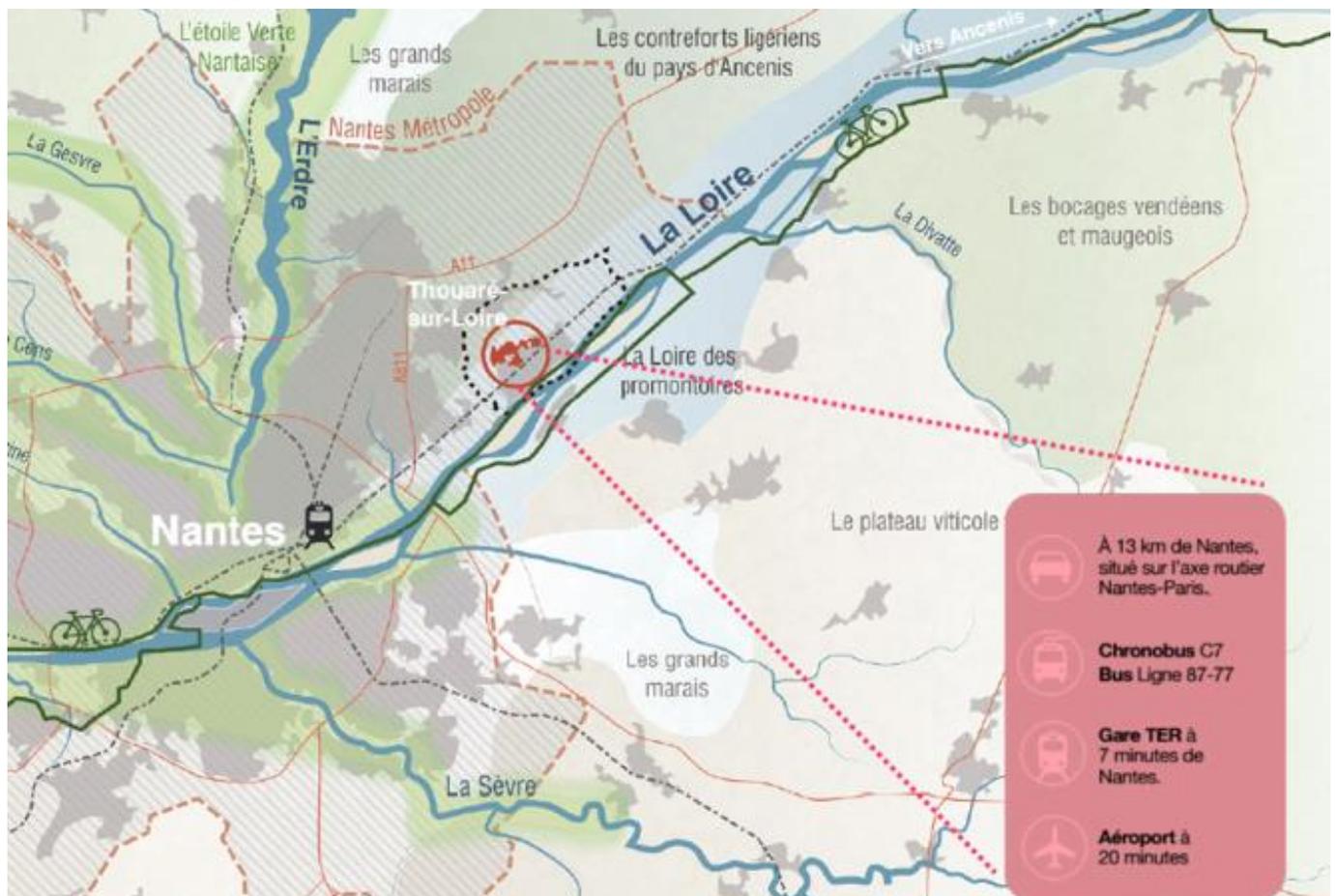


Figure 1 : Localisation de la ZAC des Deux Ruisseaux au niveau métropolitain (SCE)

<sup>1</sup> Chiffre INSEE, population municipale en 2020

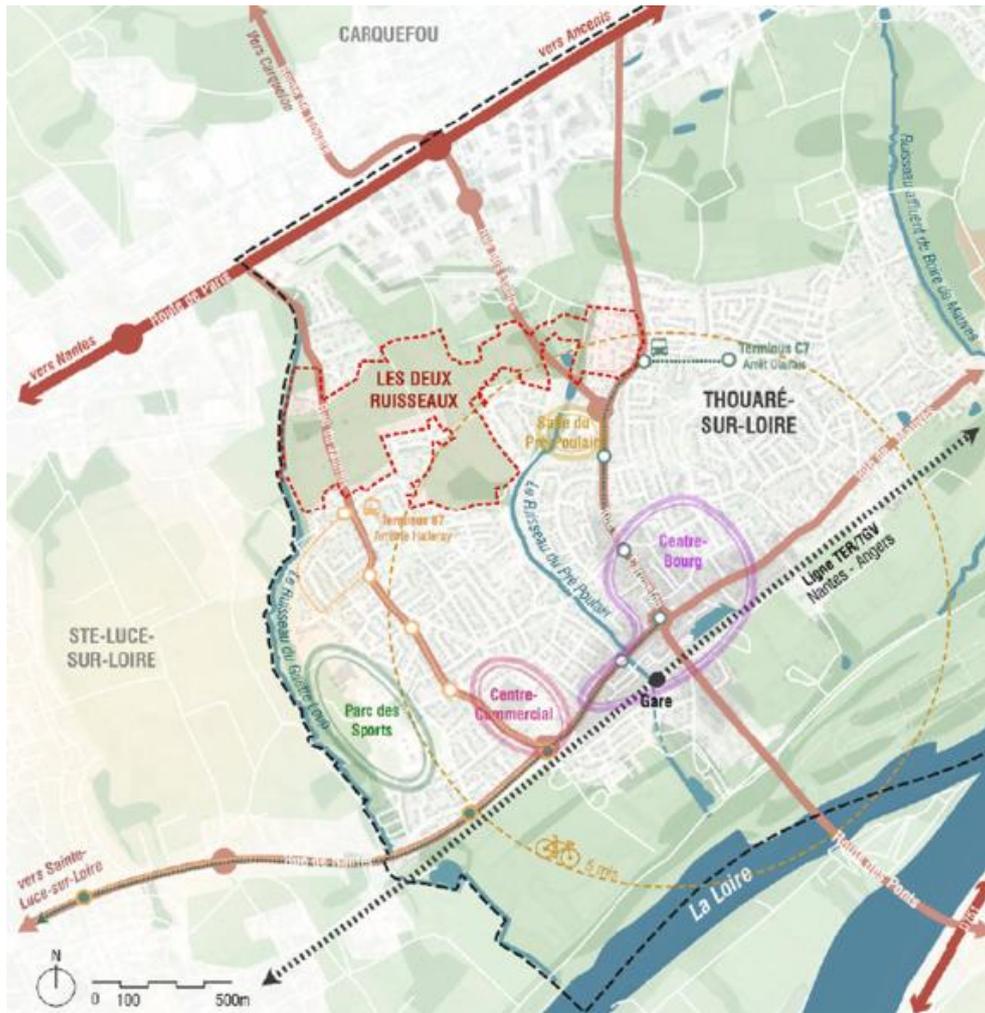


Figure 2 : localisation de la ZAC des deux ruisseaux au niveau communal (SCE)

La ZAC des Deux Ruisseaux se situe entre deux zones urbanisées : le bourg de Thouaré-sur-Loire au sud et au nord la zone d’activités Actipôle longeant la route de Paris (RD 723).

Elle recouvre quelques hameaux bâtis, des exploitations agricoles, des prairies ainsi que des zones humides. Cette consonance agricole et paysagère fait partie intégrante du projet et sert d’appui à la programmation et à la qualité du projet.

### 1.1.2 PROGRAMMATION

La ZAC des Deux Ruisseaux est un site stratégique pour accueillir de nouveaux habitants à Thouaré-sur-Loire car située à 5 minutes en vélo et 20 minutes à pied du centre-bourg au sein d’espaces de nature et d’un bocage de qualité. Deux premières tranches de la ZAC ont été finalisées, comptant presque 400 logements. La présente étude concerne ici les futures tranches de la ZAC.

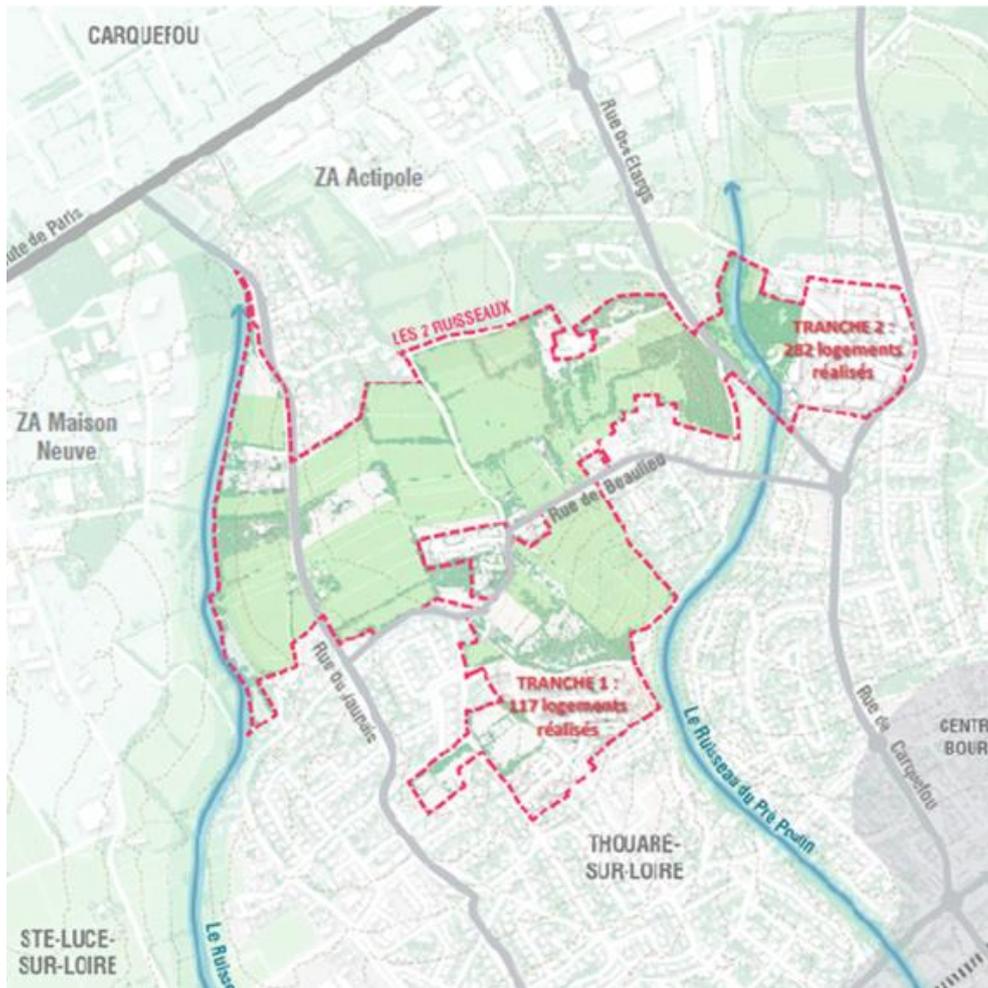


Figure 3 : emprise la ZAC des Deux Ruisseaux avec les tranches déjà effectuées (SCE)

Le périmètre de la ZAC recouvre environ 60 hectares. Environ un tiers concerne des parcelles déjà bâties et non acquises par l'aménageur public Loire Océan Développement (LOD). Un second tiers concerne des zones humides préservées et valorisées. Enfin dans le tiers restant, la moitié concerne la trame verte d'intérêt et seulement la seconde partie est urbanisable, soit environ 15% du périmètre de la ZAC. A noter que près de 1.5ha sont du foncier non maîtrisé mais mutable ou de la réserve pour équipements futurs. Par ailleurs, les îlots urbanisables intègrent l'espace public, la partie réellement bâtie sera donc restreinte.

Périmètre du secteur : **60,8ha**

Zones humides  
**20,9ha**

Parcelles déjà bâties et non acquises  
**20,1ha**



Trame verte d'intérêt  
(boisements et prairies, trame bocagère hors îlots)  
**10,6ha**

Îlots urbanisables  
**9,2ha**

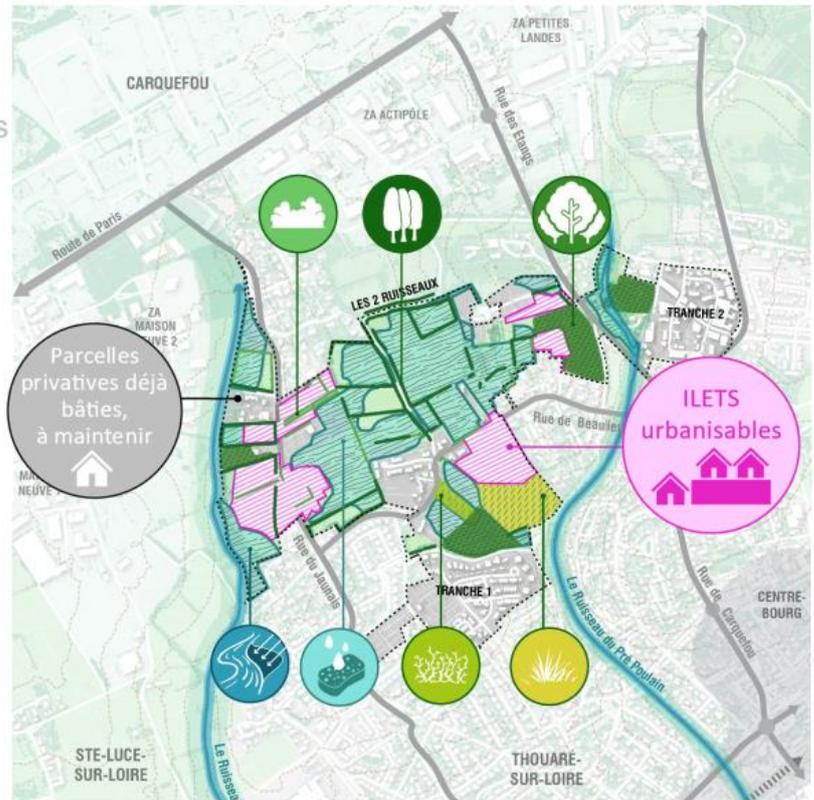


Figure 4 : périmètre et répartition du secteur (SCE)

Les îlots urbanisables sont répartis en quatre zones : Jaunais Nord, Jaunais Sud, Matière et Ruisseau.

PROGRAMMATION DEUX RUISSEAUX								
	Surface de l'îlot	Individuel	Collectif	Intermédiaire / Maison accolées	Dont Social	Dont logements abordables	TOTAL QUARTIER	Densité (lgt/ha)
SECTEUR JAUNAI NORD	2,0	18	67	0	19	11	85	43
SECTEUR JAUNAI SUD	4,1	45	76	6	45	26	127	31
SECTEUR RUISSEAU	2,1	23	61	4	26	15	88	41
SECTEUR MATIERE	0,5	0	23	6	11	18	29	63
<b>TOTAL FONCIER LOD</b>	<b>8,6</b>	<b>86</b>	<b>227</b>	<b>16</b>	<b>101</b>	<b>70</b>	<b>329</b>	<b>38</b>
					31%	21%		
ILOTS PRIVES	0,6	6	0	7	0	0	13	22
<b>TOTAL ZAC</b>	<b>9,2</b>	<b>92</b>	<b>227</b>	<b>23</b>	<b>101</b>	<b>70</b>	<b>342</b>	<b>37</b>
					30%	20%		

Figure 5 : programmation prévue en Avant-projet (SCE)

L'avant-projet fait apparaître un potentiel de 342 logements, incluant le foncier privé. Cela représente 37 logements par hectare, supérieur à la prescription du SCoT fixée à 20 logements par hectare. Il est envisagé une mixité de typologies et de formes urbaines, mariant les logements individuels (27%), intermédiaires (7%) et collectifs (66%).

---

## 1.2 MAITRISE DE L'ENERGIE ET DES EMISSIONS DE CARBONE

### 1.2.1 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

D'un point de vue environnemental, la problématique des émissions de gaz à effet de serre est de plus en plus menaçante. L'intensification et le maintien à un haut niveau des émissions engendrent une élévation des températures et devraient provoquer des modifications du climat qui impacteront le comportement des habitants et des bâtiments à double titre :

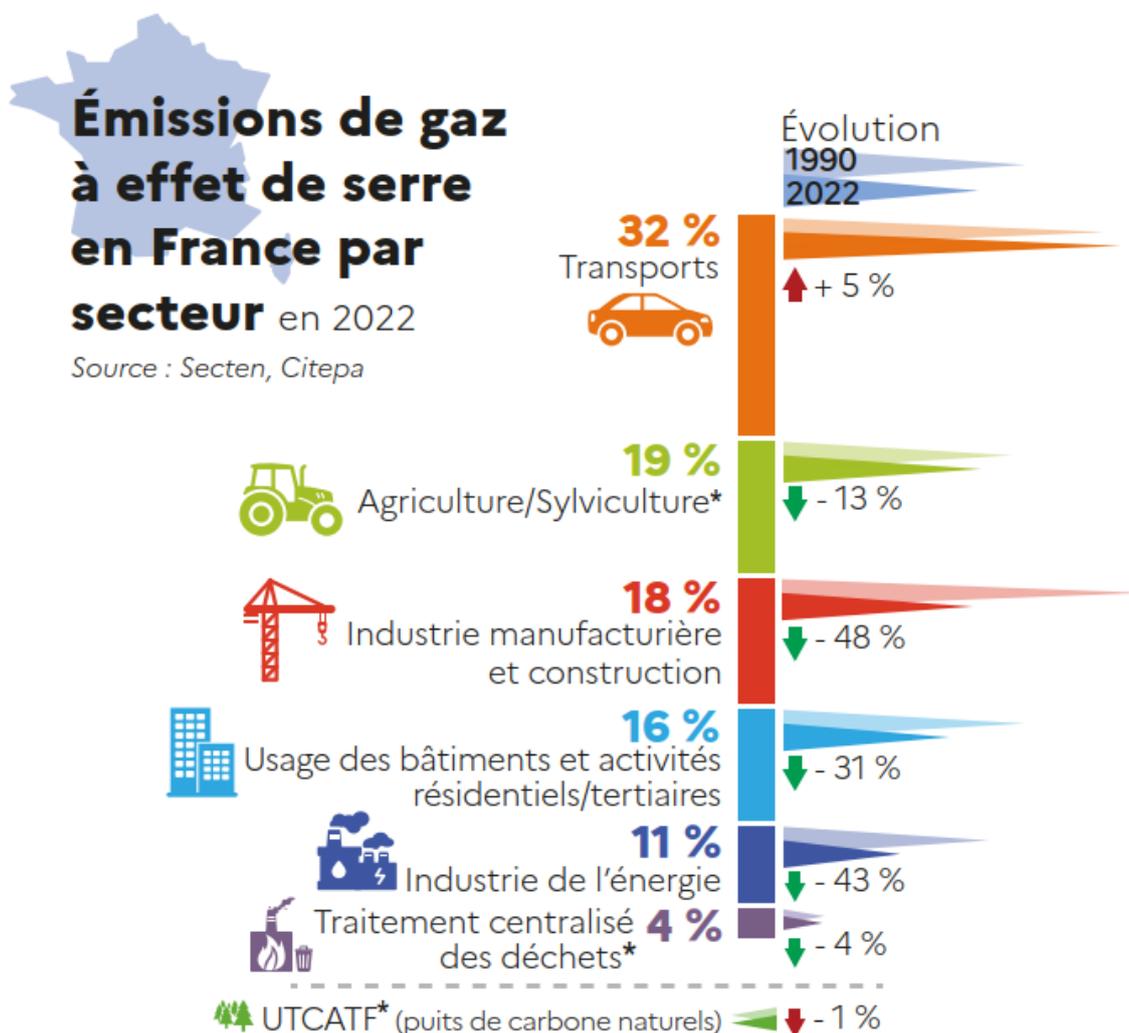
- D'une part, les étés plus chauds et les hivers plus doux modifieront les consommations énergétiques des habitants,
- D'autre part, la multiplication des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, épisodes de froid ou de neige...) impacteront les bâtiments et donc les conditions de confort des habitants, voire leur sécurité et leur santé.

*« Nous ne résoudrons pas nos problèmes par les mêmes modes de pensée qui les ont engendrés. » A. Einstein*

L'usage des bâtiments et activités résidentielles et tertiaires représentaient 16% des émissions de GES en France en 2022, tandis que l'industrie manufacturière et construction en représentaient 18%<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Chiffres clés du climat 2023, CGDD/SDES 2023 avec Secten & CITEPA



\* Les valeurs 2021 sont utilisées pour 2022

Figure 6 : répartition des émissions de GES en France en 2022 (CGDD/SDES)

L'objectif de neutralité carbone en 2050 impose une réduction forte des émissions de GES. Dans cette optique, un changement des pratiques est en cours dans le secteur du bâtiment. Ainsi, en 2022 est entrée en vigueur la Règlementation environnementale 2020, qui intègre désormais un bilan carbone à l'échelle du bâtiment. Il est prévu un renforcement progressif des seuils maximaux d'émissions carbone (énergie ou matériaux de construction). Les prochaines échéances sont prévues en 2025, 2028 et 2031.

Le bilan carbone d'un quartier s'appuie donc sur les nouvelles constructions mais aussi sur les consommations énergétiques des bâtiments. Là aussi, de nombreux changements sont à l'œuvre. Ainsi, si le vecteur gaz était privilégié ces dernières années pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, ce dernier devrait progressivement disparaître dans les bâtiments neufs en vertu de seuils carbone abaissés. La maîtrise de la consommation d'énergie reste une priorité et un prérequis afin de limiter les émissions carbonées liées à la consommation d'énergie.

Avec des réglementations plus sévères sur le secteur de la construction et de l'usage du bâtiment, le bilan carbone d'un quartier nouveau montre que les émissions d'autres secteurs comme la mobilité sont importantes. La partie suivante détaillant la méthodologie et les résultats de l'étude qui permettront de détailler ces spécificités.

## 2 BILAN CARBONE DU PROJET

### 2.1 RAPPEL REGLEMENTAIRE & METHODOLOGIE

#### 2.1.1 REGLEMENTATION

Dans le cadre des études règlementaires de ZAC, il est demandé d'étudier les incidences du projet sur les émissions GES.

D'après le guide méthodologique du Commissariat général au développement durable (CGDD), cette étude doit inclure la définition de l'aire d'étude, la description initiale de l'environnement du projet, la définition du scénario avec et sans projet, l'identification des postes d'émissions GES significatifs et leur quantification par poste d'émission et dans son ensemble, ainsi que la définition et mise en œuvre de mesures d'évitement, réduction et compensation.

#### 2.1.2 METHODOLOGIE D'ETUDE

##### 2.1.2.1 Périmètre temporel

Il est rappelé que le périmètre temporel de cette étude est de **50 ans**. Ainsi, si un élément comptabilisé dans le bilan carbone présente une durée de vie inférieure, son poids est compté au ratio de la durée totale avec renouvellement (exemple : un lampadaire émettant pour sa construction 300 kg de CO<sub>2</sub> équivalent pour une durée de vie estimée à 20 ans aura un poids carbone dans l'étude de 750 kg de CO<sub>2</sub> équivalent sur 50 ans).

##### 2.1.2.2 Emissions et facteurs d'émission

L'ensemble des calculs s'effectuent en raisonnant en kilogrammes ou tonnes de dioxyde de carbone équivalent (kgCO<sub>2</sub>eq. Ou tCO<sub>2</sub>eq.). Cela permet de ramener à une unique unité de mesure les impacts des différents secteurs, bien que la notion de gaz à effet de serre recouvre plusieurs molécules comme le méthane, le protoxyde d'azote ou le dioxyde de carbone.

Par ailleurs, la mesure s'effectue en statique et non en dynamique, à la différence de la RE2020. Il est donc donné le même poids aux émissions à n'importe quel moment, que celles-ci soient effectuées à l'année 1 ou l'année 50 de la ZAC.

La plupart des facteurs d'émissions relatifs au secteur du bâtiment et de la construction sont issus de la base de données INIES, base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction. Concernant les autres secteurs, il est largement fait appel à la base de données EMPREINTE de l'ADEME. Un récapitulatif des sources est disponible à la fin de l'étude.

### 2.2 BILAN CARBONE AVEC LE PROJET DE LA ZAC DES DEUX RUISSEAUX

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre s'est effectué en considérant plusieurs secteurs. Tout d'abord le secteur de la construction stricte : le secteur de l'affectation des sols et du terrassement, les voiries et réseaux, les bâtiments (matériaux et équipements), les consommations énergétiques.



Puis s'ajoutent deux autres secteurs du périmètre classique d'une ZAC : le secteur des mobilités et celui des autres services (éclairage public, entretien, eau, déchets).



Enfin pour avoir un périmètre élargi et refléter un bilan complet, deux autres secteurs s'ajoutent : l'alimentation ainsi que les biens de consommation.



Le bilan de chaque secteur est mené sur 50 ans et rapporté également au niveau annuel par habitant. Il est supposé ici un nombre de **742 habitants**, correspond aux 342 logements prévus multiplié par le coefficient d'occupation des foyers de l'INSEE de 2020, à savoir 2.17 occupants par logement.

### 2.2.1 AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT



Ce secteur intègre les terrassements et déplacements de terres dus aux chantiers de construction des bâtiments, voiries ou réseaux. Il prend en compte également les changements d'affectation des sols, par exemple des surfaces cultivées vers celles artificialisées ne stockant plus de carbone par les cultures, ou l'implantation de nouveaux arbres qui à l'inverse vont stocker du carbone.

Si la ZAC des Deux Ruisseaux s'étend sur 60 hectares, la surface possiblement urbanisable est de seulement 11.2 hectares. Ces espaces sont actuellement considérés comme agricoles ou naturels et vont basculer vers les espaces artificialisés. Toutefois, tout ne sera pas imperméabilisé. En effet, d'après le plan guide fourni par l'aménageur, environ 60% sera occupé par le bâti, les espaces de stationnement ou espaces de loisirs (terrasses). L'ADEME donne des impacts environnementaux lors du changement de surfaces cultivées vers imperméabilisées. Ils sont nuls lorsque l'espace cultivé devient artificialisé mais non imperméabilisé. L'estimation conduit donc à une imperméabilisation de 6.72 hectares.

Concernant la végétalisation, le projet prévoit la plantation de 263 arbres et l'abattage de 7 arbres, soit la présence de 256 arbres supplémentaires en comparaison avec l'état actuel. On considère que la canopée de ces arbres vont occuper une surface de près de 14 000m<sup>2</sup>. Par ailleurs, 5 000m<sup>2</sup> de surfaces seront dédiées aux haies bocagères. Afin de prendre en compte une surface pas totalement couverte, 80% de celle-ci est compté pour intégrer le stockage carbone des haies.

Concernant les terrassements, au vu du plan guide fourni par l'aménageur, il est supposé des fondations superficielles et des parkings uniquement aériens ou en rez-de-chaussée sous le bâtiment (pas de sous-sol au vu du terrain). L'épaisseur de décaissé varie en moyenne entre 30 à 50 cm selon les logements individuels et collectifs, parkings inclus. Pour les voiries, il est estimé un décaissé de 1m pour les voiries principales et 30cm pour les voiries secondaires afin de positionner les couches de roulement et 20cm pour le chemin des deux ruisseaux. Les calculs mènent donc à un volume de 20 470 m<sup>3</sup> de terres excavées. Il est supposé ici que 80% des terrassements privés seront évacués du site (l'autre partie étant laissée sur site avec nivellement) et 90% pour les terrassements publics, avec un transport au maximum de 30 kms.

L'impact carbone des sols artificialisés et imperméabilisés est estimé à 1277 tCO<sub>2</sub>eq. sur les 50 ans de la ZAC, le stockage carbone des nouveaux arbres à -447 tCO<sub>2</sub>eq., le terrassement et évacuation des terres privées à 143 tCO<sub>2</sub>eq. et 194 tCO<sub>2</sub>eq pour les terrassements sur les emprises publiques.

**Pour le secteur Affectation des sols et Terrassement, les estimations aboutissent à un impact carbone de 1106 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 29.8 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

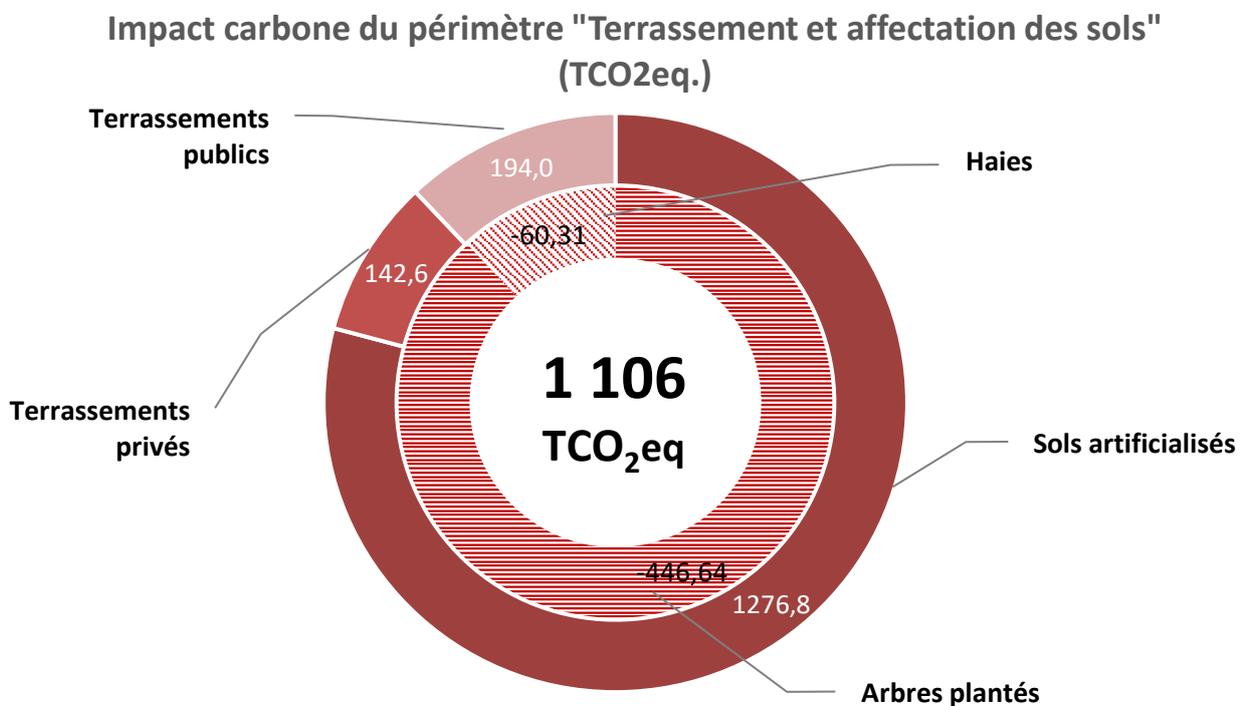


Figure 7 : Impact carbone des terrassements et sols sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

### 2.2.2 VOIRIE ET RESEAUX



Ce secteur comporte les impacts carbonés de la construction ou réfection des voiries et divers réseaux nécessaires au quartier.

D'après les données recensées sur le plan guide de l'aménageur, on compte plus de 23 000 m<sup>2</sup> de voiries principales ou secondaires en enrobé (y compris chaucidou, accès, carrefours ou parking privés aériens). Les parkings publics (1050m<sup>2</sup>) sont considérés en pavés enherbés tandis que le chemin des deux ruisseaux (5000 m<sup>2</sup>) est en stabilisé renforcé. Les cheminements piétons sont supposés en voirie béton légère (3200 m<sup>2</sup>). Les impacts environnementaux de ces revêtements sont basés sur les fiches FDES de la base INIES. A ce titre, il est intéressant de noter que, pour des données par défaut du ministère, l'impact environnemental de l'enrobé bitumineux est un tiers plus faible que les dalles de voirie en béton 5cm. De même, il apparaît que le stabilisé 10cm

est très carboné, 4,5 fois le revêtement en béton 5cm. Le choix de fiches individuelles, et donc de prescription de fabricant peut être une solution pour abaisser le bilan carbone de ce secteur.

Concernant les gaines ou canalisations, le métré a été effectué d'après le plan guide majoré de 5%, soit près de 1.8 kilomètre de canalisations d'eaux, 3.2 kilomètres de gaines ou fourreaux et autant de bordures. Les regards ou avaloirs ont aussi été comptabilisés (un tous les 100m<sup>2</sup> de voirie) et on compte 1 candélabre pour 7 habitants (ratio ADEME), soit 106 points lumineux sur la ZAC. Les impacts environnementaux de ces éléments sont là aussi basés sur la base INIES.

**Pour le secteur Voiries et Réseaux, les calculs aboutissent à un impact carbone de 2 132 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 57.5 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

### Impact carbone du périmètre "Voirie et réseaux" (TCO<sub>2</sub>eq.)

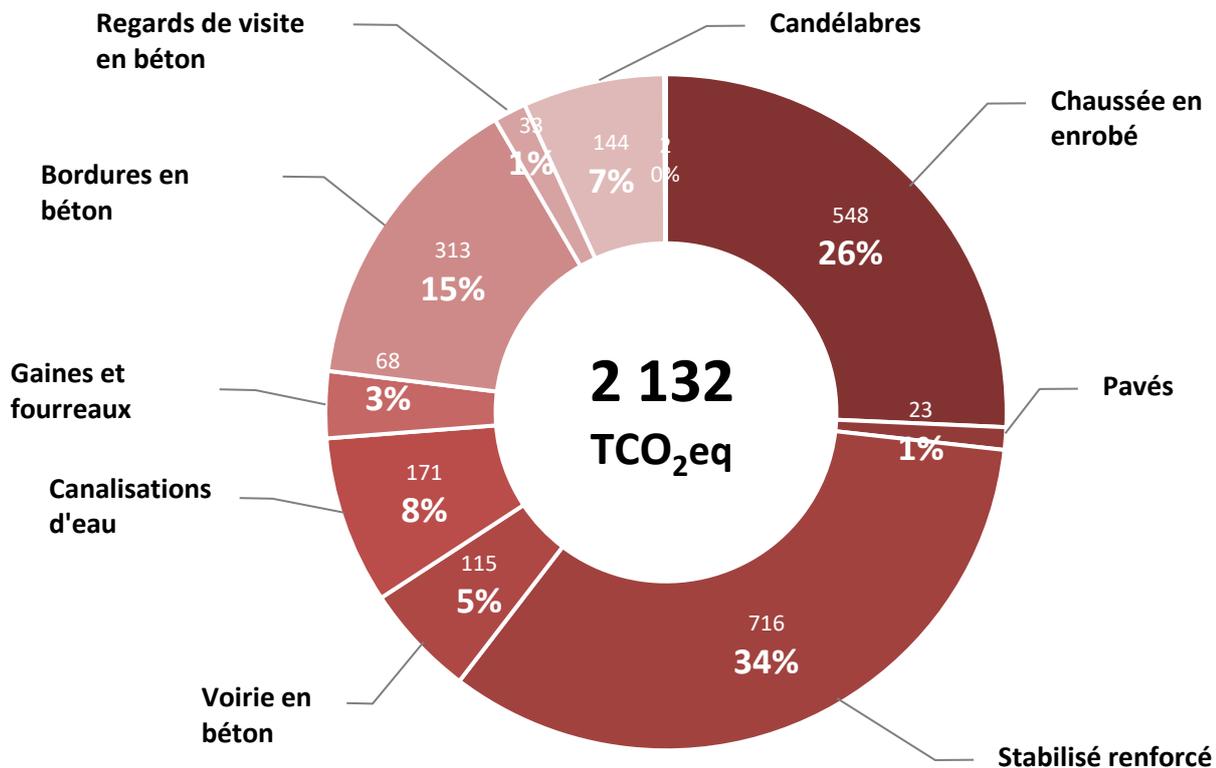


Figure 8 : Impact carbone des voiries et réseaux sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

### 2.2.3 BATIMENTS



Ce secteur est au cœur de l'analyse carbone du quartier, puisque le projet prévoit la construction de 342 logements. Il comporte les matériaux et équipements nécessaires à la construction des logements prévus.

Une distinction est effectuée entre les maisons individuelles - logements intermédiaires et les logements collectifs. Leur impact carbone est établi d'après les seuils maximaux admissibles d'après la RE2020 selon le seuil 2025. En effet, au vu de la temporalité du projet, il ne pourra y avoir de permis de construire déposés avant le 31 décembre 2024, en conséquence l'ensemble des logements créés devront respecter *a minima* le seuil 2025 de la RE2020. L'établissement exact des seuils est effectué via l'outil modulation d'IZUBA, éditeur du logiciel PLEIADES, selon les informations suivantes : zone climatique H2b, altitude inférieure à 400m, zone de bruit BR1 et catégorie 1. Pour les maisons individuelles et logements intermédiaires, il est supposé une surface de référence de 80m<sup>2</sup>. Pour les logements collectifs, il est compris une surface de référence de 900m<sup>2</sup>, soit environ 15 logements

moyens de 60m<sup>2</sup>. En ce sens, le seuil  $I_{c,construction}$  maximum est de 568 kgCO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup>SHAB pour les maisons individuelles et logements intermédiaires et de 622 kgCO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup>SHAB pour les logements collectifs.

Il est à noter que ce mode de calcul a pour biais de placer au maximum les émissions carbone alors même que les maîtrises d'ouvrage pourraient se fixer des objectifs plus ambitieux, et est donc défavorable au bilan carbone du quartier. A l'inverse, il faut aussi considérer que les lots 1 & 2, à savoir VRD et infrastructures sont plafonnés, leur impact carbone est donc minoré par rapport au réel. En conséquence, on peut estimer avoir un aperçu relativement réaliste avec des biais qui s'équilibrent.

Les surfaces construites (SHAB) sont évaluées à 9 200 m<sup>2</sup> en maisons individuelles et logements intermédiaires et 13 620 m<sup>2</sup> en logements collectifs.

**Pour le secteur Bâtiments, les estimations aboutissent à un impact carbone de 13 697 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 369.4 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

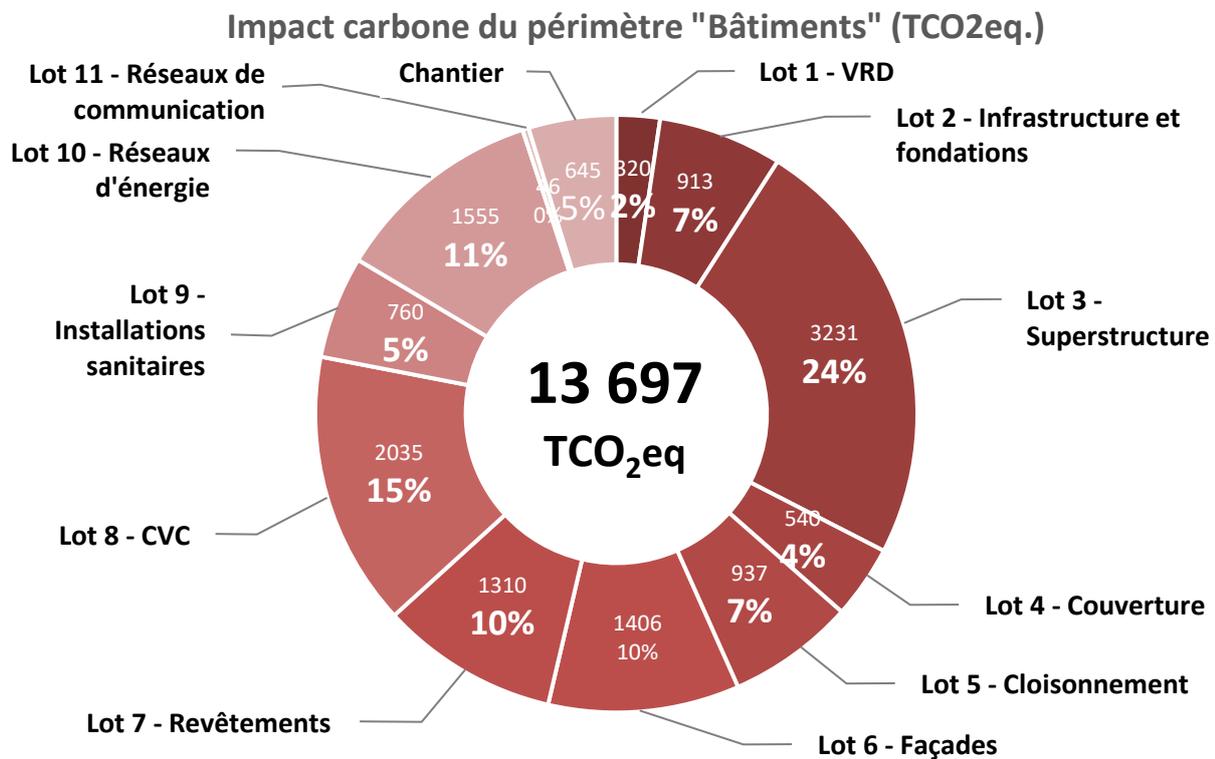


Figure 9 : Impact carbone des bâtiments (TCO<sub>2</sub>eq.)

#### 2.2.4 ENERGIE



Ce secteur comporte l'ensemble des émissions carbone liées aux consommations énergétiques des bâtiments créés pour ce nouveau quartier. Cela comprend donc le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS), l'éclairage (sauf l'éclairage public), les auxiliaires (ventilation, distribution, ascenseurs) et les usages spécifiques ou de mobilier.

On considère ici que l'ensemble des logements sont conçus selon la RE2020 d'après le seuil 2025 (cf partie Bâtiments). Par ailleurs, il a été décidé de ne pas déployer de nouvelles canalisations de gaz hormis celles déjà existantes. En conséquence, il apparaît hautement probable que ce vecteur soit utilisé par les nouveaux bâtiments. C'est d'ailleurs en ce sens qu'a été rédigé la RE2020, avec des exemptions uniquement jusqu'au 31 décembre 2024. Seule subsiste la possibilité de l'utiliser pour les réseaux de chaleur urbains. Toutefois l'étude de faisabilité en approvisionnement des énergies a conclu que la densité énergétique du quartier n'était pas suffisante pour créer un tel réseau. En conséquence, les vecteurs énergétiques possibles pour les différents usages sont l'électricité (pompe à chaleur aérothermique ou géothermique, convecteurs, ballon effet joule ou thermodynamique) ou la

biomasse (pellets, bûches). Etant donné que la biomasse a un facteur environnemental inférieur à l'électricité et que son usage est assez restreint en collectif (pour des raisons de locaux techniques et logistique), il a été choisi de se baser sur l'utilisation du vecteur électrique pour l'ensemble des usages. A noter que l'utilisation de poêles à bois ou de solaire thermique chez les particuliers pourraient réduire le bilan carbone du secteur (cf mesures ERC).

Les besoins énergétiques pris sont ceux de l'étude de faisabilité en approvisionnement des énergies pour la partie chauffage et ECS. Les ratios comme l'éclairage (2.2 kWHEF/m<sup>2</sup>) ou les auxiliaires (0.9 kWHEF/m<sup>2</sup>) sont issus de moyennes des études RE2020 de SOLAB en énergie finale. Les usages spécifiques ou mobilier sont eux issues d'une étude de l'INSEE de 2019 qui les évaluait à 50% des autres usages.

Les facteurs environnementaux pris en compte sont ceux de la RE2020 pour l'électricité. On observe que les facteurs divergent selon les usages, allant de 64 gCO<sub>2</sub>eq/kWhEF pour les autres usages à 79 gCO<sub>2</sub>eq/kWhEF pour le chauffage en passant par l'ECS (65 gCO<sub>2</sub>eq/kWhEF) et l'éclairage (69 gCO<sub>2</sub>eq/kWhEF). Chaque consommation énergétique est ainsi multipliée par son propre facteur d'émission d'après la typologie et programmation de l'aménageur.

**Pour le secteur Energie, les calculs aboutissent à un impact carbone de 2 445 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 66 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

### Impact carbone du périmètre "Energie" (TCO<sub>2</sub>eq.)

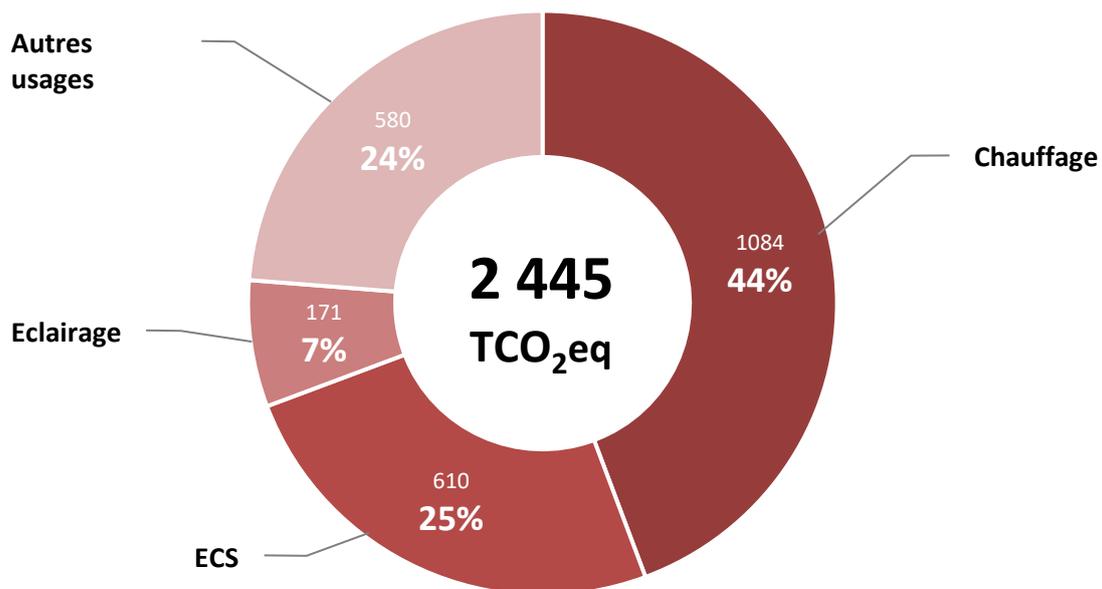


Figure 10 : Impact carbone des consommations énergétiques des bâtiments sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

#### 2.2.5 MOBILITES



Ce secteur intègre l'ensemble des émissions carbonées liées aux mobilités des habitants du quartier. Cela intègre donc les trajets domicile-travail, les déplacements de loisirs et ceux exceptionnels.

Les données relatives à la mobilité sont partielles. Afin de calculer un bilan réaliste et localisé, il a été compté un trajet annuel par personne d'après les données nationales de l'autorité de régulation des transports vis-à-vis de la population française. Cela donne comme estimation 14 839 kilomètres parcourus annuellement pour chaque français. Ensuite des données de l'observatoire national des territoires appliqué à Thouaré-sur-Loire ou de l'observatoire régional permet de démontrer que la voiture représente 80% des déplacements tandis que les transports en commun représentent 14% des déplacements. Si la commune fait partie de l'agglomération nantaise

avec un réseau développé de bus ou tramway, celle-ci se situe en seconde couronne et ne peut afficher les parts modales du cœur de ville, d'où des chiffres tempérés. Les derniers 6% correspondent aux autres moyens de transports (marche, vélo, trottinette, avion).

Les facteurs d'émission considérés sont ceux de la base EMPREINTE de l'ADEME pour une agglomération de plus de 250 000 habitants. Pour les transports en commun, il a été pris le facteur d'émission des autobus (151 gCO<sub>2</sub>eq./km), plus élevé que le métro ou le tramway. Pour les autres usages, afin de ne pas oublier les mobilités exceptionnelles, il a été choisi d'appliquer le facteur de l'aviation moyen-courrier avec trainées (187 gCO<sub>2</sub>eq./km).

**Pour le secteur des Mobilités, les estimations aboutissent à un impact carbone de 119 472 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 3222 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

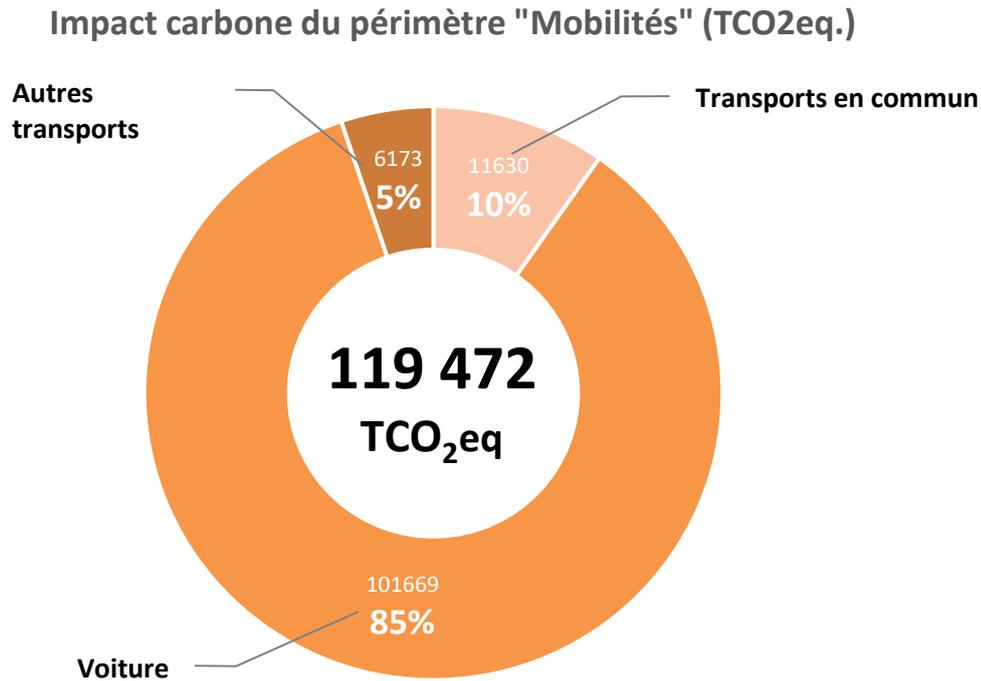


Figure 11 : Impact carbone des mobilités sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

### 2.2.6 AUTRES SERVICES



Ce secteur intègre les émissions carbonées liées aux services notamment publics comme l'eau (assainissement et alimentation), les déchets, l'éclairage public et l'entretien.

Les consommations d'eau sont estimées à 149 litres d'eau par jour et par habitant, soit plus de 39 000 m<sup>3</sup> par an.

Les données concernant les déchets sont reprises du rapport 2021 de la métropole nantaise, qui aboutissent à 199 kg de déchets par habitant et par an, soit près de 143 tonnes par an pour la ZAC (hors habitants déjà présents).

Pour l'éclairage public, les données sont nationales ramenées au nombre de candélabres prévus.

Concernant les facteurs d'émission, ils sont repris depuis la base EMPREINTE de l'ADEME.

**Pour le secteur des Autres Services, les estimations aboutissent à un impact carbone de 6 189 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, ce qui revient à 166.9 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

Impact carbone du périmètre "Autres services" (TCO<sub>2</sub>eq.)

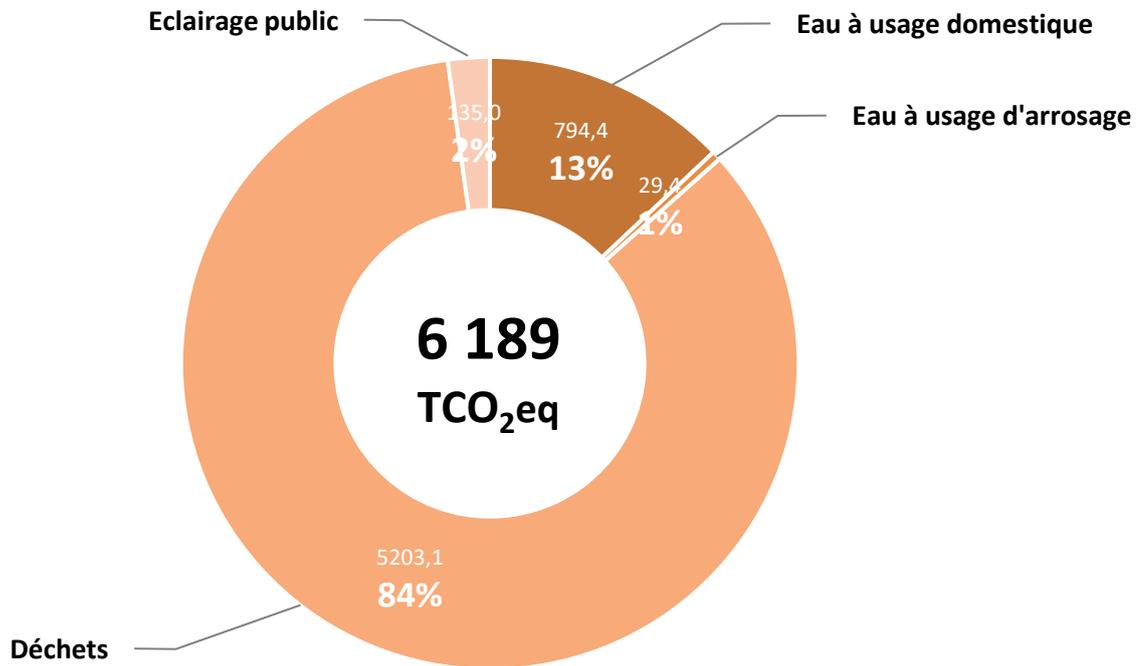


Figure 12 : Impact carbone des autres services sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

2.2.7 ALIMENTATION



Ce secteur intègre les émissions carbonées liées à l'alimentation des habitants. Etant donné que ce secteur sort de l'expertise stricte de la construction de la ZAC, les données ont été reprises de l'étude effectuée par l'entreprise Carbone 4 en 2021. Celle-ci conclut à **un impact moyen de 2450 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an, soit pour la ZAC un impact carbone de 90 834 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.** La répartition est la suivante : 38% pour la viande, 15% pour les boissons, 14% pour le lait & fromage, 10% pour les fruits & légumes, 7% pour les céréales & légumineuses, 5% pour le poisson et 12% divers.

### Impact carbone du périmètre "Alimentation" (TCO<sub>2</sub>eq.)

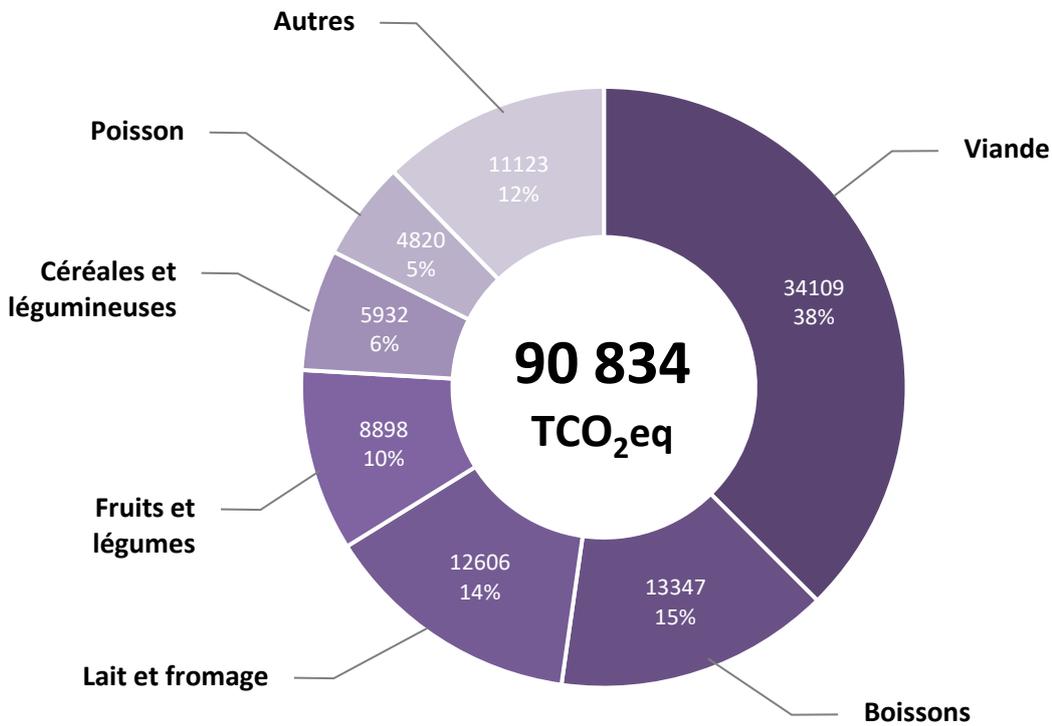


Figure 13 : Impact carbone du secteur alimentation sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

#### 2.2.8 BIENS DE CONSOMMATION



Ce secteur intègre les émissions carbonées liées à l'achat des biens de consommations comme le mobilier des logements, les biens électroniques ou les habits. De la même manière que le secteur de l'alimentation plus haut, les données ont été reprises de l'étude effectuée par l'entreprise Carbone 4 en 2021. Celle-ci conclut à **un impact moyen de 1550 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an, soit pour la ZAC un impact carbone de 57 466 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.** La répartition est la suivante : 43% pour la maison, 19% pour les loisirs, 13% pour les vêtements, 10% pour l'électronique et les télécoms, 6% pour les assurances & banques, 6% pour la santé & l'éducation et enfin 3% divers.

**Impact carbone du périmètre "Biens de consommation" (TCO<sub>2</sub>eq.)**

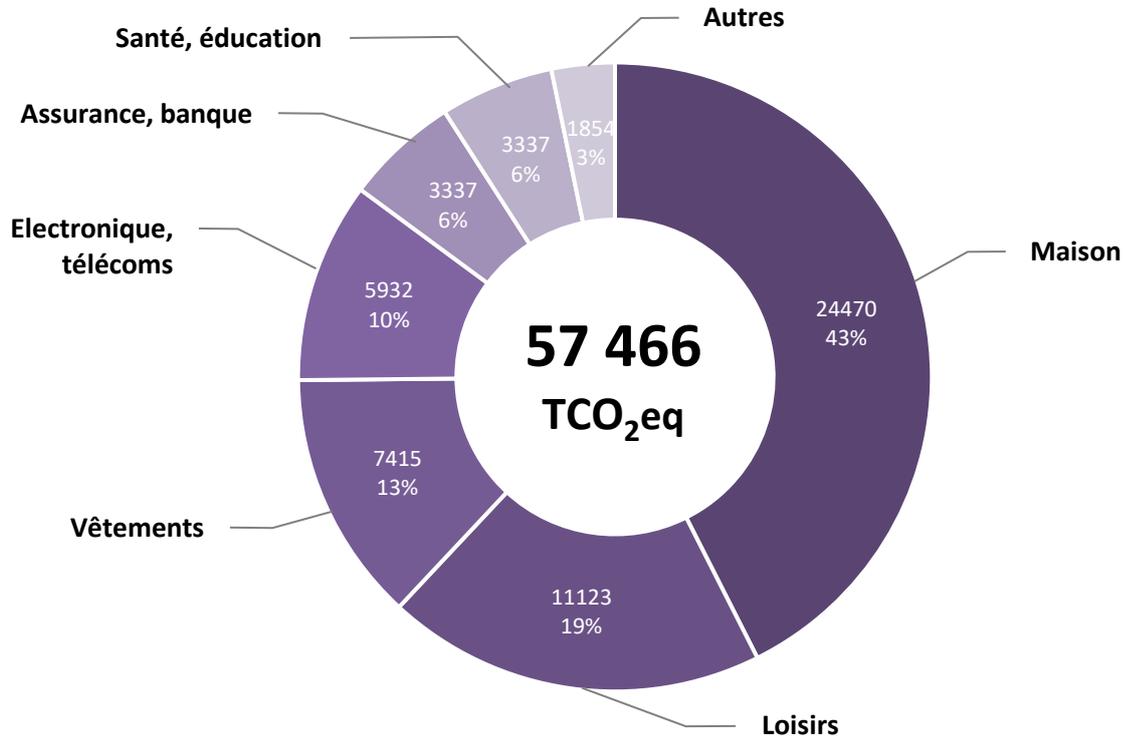


Figure 14 : Impact carbone des biens de consommation sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

## 2.3 IMPACT ENVIRONNEMENTAL GLOBAL - RESUME

Une fois les différents calculs menés par secteur il est possible de les regrouper pour retrouver les périmètres évoqués plus haut.

### 2.3.1 PERIMETRE CONSTRUCTION

Concernant le périmètre de la construction qui regroupe le secteur de l'affectation des sols et du terrassement, les voiries et réseaux, les bâtiments (matériaux et équipements), les consommations énergétiques, les calculs aboutissent à **un impact total de 19 381 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, soit 523 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.**

Terrassement et affectation des sols



1 106 TCO<sub>2</sub>eq

Voirie et réseaux



2 132 TCO<sub>2</sub>eq

Bâtiments



13 697 TCO<sub>2</sub>eq

Energie

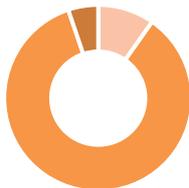


2 445 TCO<sub>2</sub>eq

### 2.3.2 PERIMETRE ZAC

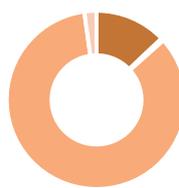
Si on ajoute à ce périmètre les mobilités et les autres services publics, ce qui correspond au domaine du quartier **l'impact total est estimé à 145 042 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, soit 3 912 kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.** Le bilan carbone de ce périmètre est donc multiplié par plus de sept en intégrant ces deux secteurs, avec une prégnance très forte du secteur des mobilités.

Mobilités



119 472 TCO<sub>2</sub>eq

Autres services



6 189 TCO<sub>2</sub>eq

### 2.3.3 PERIMETRE ELARGI

Enfin si on élargit le périmètre pour y intégrer l'alimentation et les biens de consommations, on arrive à **un impact total de 293 342 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, soit 7 912kgCO<sub>2</sub>eq. par habitant et par an.** Ce périmètre élargi fait doubler le bilan carbone du quartier.

Alimentation



90 834 TCO<sub>2</sub>eq

Biens de consommation



57 466 TCO<sub>2</sub>eq

3 BILAN CARBONE SANS PROJET DE LA ZAC

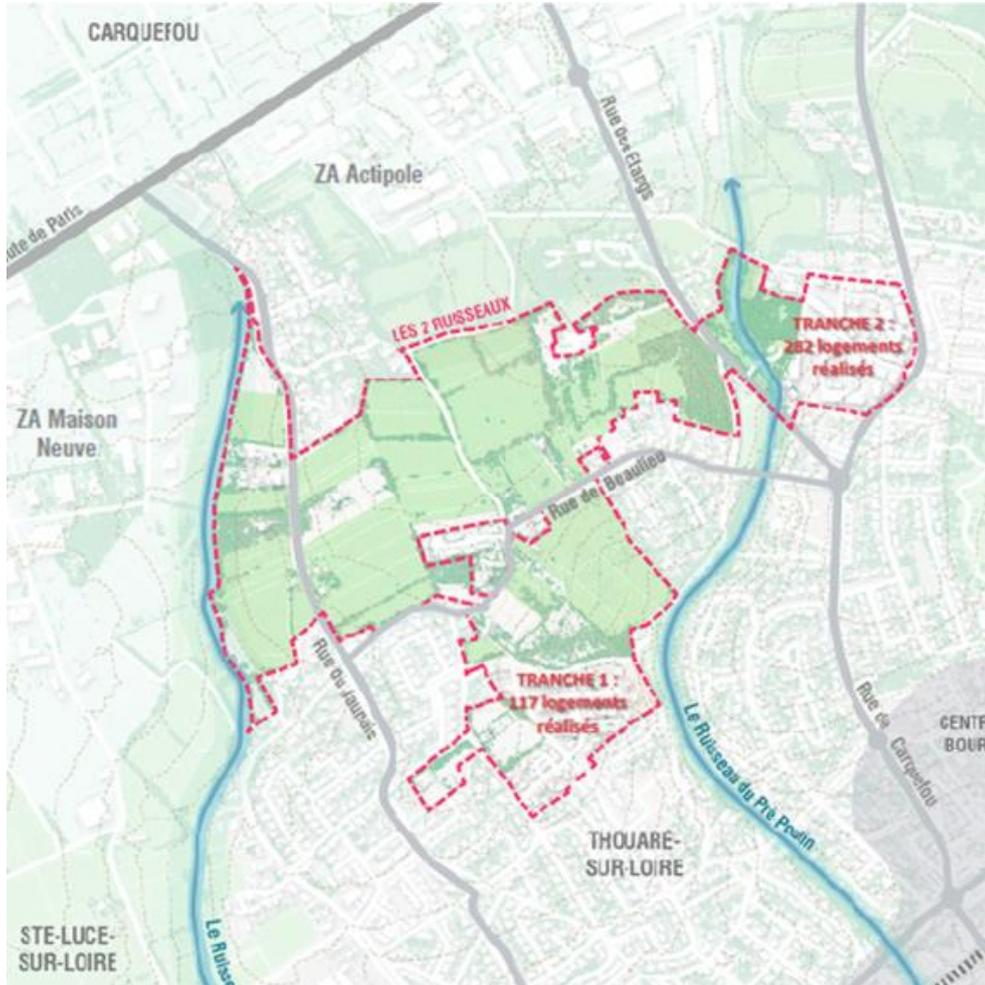


Figure 16 : emprise de la ZAC des deux ruisseaux (SCE)

L’emprise de la ZAC intègre d’ores et déjà des espaces bâtis urbanisés, notamment deux tranches précédentes représentant près de 400 logements, soit environ 900 habitants. Plusieurs hameaux sont répartis au sein des espaces agricoles et naturels. En l’état actuel des prévisions, si le projet de ZAC n’aboutissait pas, les zones actuelles conserveraient leurs usages. En toute logique, en l’absence de projet, les émissions de la zone suivraient les perspectives actuelles d’évolutions. Etant donné que le bilan carbone du projet se focalise sur les nouvelles constructions et les nouveaux habitants, nous considérons ici que toutes les émissions des habitants actuels sont incluses dans le territoire et aucune nouvelle émission n’est comptabilisée. Le bilan avec projet correspond donc à la différence entre les émissions des habitants actuels et les nouveaux habitants et nouvelles constructions.

## 4 MESURES ERC

Comme le montre le bilan carbone du projet, l'ensemble des secteurs affiche un bilan total avec le périmètre élargi de **7,9 tonnes de CO2 équivalent par habitant et par an**. Etant donné l'objectif donné d'atteindre les de 2 tonnes de CO2 équivalent par habitant et par an d'ici 2050 et dans l'optique de diminuer au maximum l'impact de la création de la ZAC, cette partie aborde les mesures dites ERC, pour Eviter, Réduire et Compenser les impacts du projet.

Pour faciliter la compréhension des mesures proposées, celles-ci pourront être comparées à l'Empreinte carbone d'un français moyen en 2019 d'après les données du ministère en 2023<sup>3</sup>, à savoir **9.3 tonnes de CO2 équivalent** (inclus importations et exportations).

### 4.1 MESURES D'ÉVITEMENT DES ÉMISSIONS

Pour chaque secteur, une ou des mesures d'évitement sont proposées avec leur quantification si application. A noter que l'évitement s'entend ici comme une action qui évite de construire ou consommer sans changer la façon de produire ou consommer à l'inverse de la réduction.

#### 4.1.1 AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT



L'un des enjeux majeurs des prochaines décennies sera de moins artificialiser et moins imperméabiliser les terres afin de conserver leur rôle de stockage et de captage de carbone.

L'une des mesures d'évitement pour ce secteur consiste, au sein des zones artificialisées (limitées ici à environ 11 hectares sur les 60 hectares de la ZAC), à ne pas imperméabiliser une partie. En effet, selon la base de données EMPREINTE de l'ADEME, le facteur d'émission du changement d'affectation des sols cultivés vers des surfaces artificialisées et imperméabilisées est de 190 000 kgCO<sub>2</sub>eq. par hectare. Tandis que celui du changement d'affectation des sols cultivés vers des surfaces artificialisées et non imperméabilisées (de type jardin ou parc) est de 0 kgCO<sub>2</sub>eq. par hectare. L'hypothèse initiale faisait état de 60% de surfaces imperméabilisées parmi les surfaces considérées artificialisées, avec de premier métré variant entre 62% et 57% selon les typologies. L'une des possibilités est donc d'essayer de réduire ces surfaces en prenant pour hypothèses 50% maximum de surfaces imperméabilisées et de tenir cet objectif dans le temps. Cela permettrait de réduire les émissions de près de 212 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 50 ans à l'échelle de la ZAC.

Par ailleurs, concernant le terrassement, si les voiries publiques sont conçues via le plan guide et calibrées au plus juste, ce dernier ne donne que des indications générales pour l'espace privé (emprise des maisons, garages, stationnement, etc.). En conséquence, il peut être envisageable de mieux calibrer les besoins de terrassements en réduisant l'emprise de 10% des maisons (5% pour les collectifs) par une meilleure compacité. L'utilisation sur site de plus de terres pour ne pas les transporter est aussi un moyen de réduire le poids carbone. Le passage à seulement 40% de terres évacuées pour les logements et 70% pour la voirie permettrait de supprimer 3.5% du volume de terres et un impact carbone réduit de 10 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 50 ans.

Au global, avec ces deux mesures d'évitement, l'impact environnemental du secteur Affectation des sols et terrassement passerait de 944 tCO<sub>2</sub>eq à 883 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, **soit un gain de 223 tCO<sub>2</sub>eq, correspondant à la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 24 personnes.**

<sup>3</sup> Chiffres clés du climat 2023, CGDD/SDES 2023 avec Secten & CITEPA

#### 4.1.2 VOIRIE ET RESEAUX



Le secteur de la voirie est intimement lié au secteur du transport. Ainsi, en encourageant les transports en commun, la place de la voiture pourrait être réduite et donc la place destinée à son trafic ou son stationnement. L'une des mesures d'évitement pour ce secteur serait la suppression d'une partie des places de stationnement et donc de la voirie associée. En appliquant une suppression de 20% des places de stationnement publiques (pavés) et privées (enrobé), on obtient une réduction **de 57 tCO<sub>2</sub>eq, correspondant à la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 6 personnes**. A noter toutefois que cette mesure peut se heurter aux réglementations locales en vigueur sur le stationnement lié à l'habitant.

#### 4.1.3 BATIMENTS



L'une des façons d'éviter l'impact carbone pour le secteur du bâtiment serait de supprimer des logements, puisque chacun a un impact de l'ordre de 40 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans. Toutefois, la demande de logements sur l'agglomération nantaise, dont la ZAC des Deux Ruisseaux doit répondre pour partie, rend cette mesure non réaliste. En revanche, il est envisageable de réduire la taille des logements. En effet, selon l'INSEE<sup>4</sup>, entre 1984 et 2013, la superficie par personne est passée de 30m<sup>2</sup> à 40m<sup>2</sup>. Ceci sous l'effet de l'augmentation de la taille moyenne des logements et de la baisse du nombre de personnes dans le même foyer. Dans une optique de mutualisation de pièces, visible déjà dans le coliving ou parfois avec l'habitat participatif, il semble possible de réduire la taille individuelle de chaque logement tout en gardant une bonne qualité de vie. La mesure chiffrée ici est une baisse de 5m<sup>2</sup> de la surface habitable de chaque type de logement. Celle-ci engendrerait la suppression de **1 032 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 111 personnes**.

#### 4.1.4 ENERGIE



Viser la sobriété est une des actions fortes des dernières années pour limiter les consommations énergétiques et donc les émissions associées. Bien que la nouvelle réglementation environnementale en vigueur pour les bâtiments ait permis une réduction des consommations, celles-ci ne sont pas nulles ni neutres en carbone. Les consommations proposées sont issues de ratios de la nouvelle RE2020. En conséquence, les consommations de chauffage sont par exemple basées sur 19°C, température plutôt minimale en confort. Les scénarios sont également conventionnels concernant l'eau chaude sanitaire. L'un des postes majeurs sur lequel les habitants ont la main est la consommation liée au mobilier (électroménager ; biens de consommation). L'INSEE estimait que cette consommation énergétique correspondait à la moitié des autres usages. Réussir à supprimer 20% cette consommation (le double de l'objectif, atteint, de sobriété du gouvernement lors de la crise énergétique 2022-2023), sans changer le mode de production, permettrait d'éviter l'émission de **150 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 16 personnes**.

#### 4.1.5 MOBILITES



Le secteur de la mobilité (transports) est le secteur le plus émetteur au niveau national avec 32% des émissions de GES<sup>5</sup>, ce qui se retranscrit logiquement dans le bilan carbone de la ZAC. Dans ce secteur le plus gros contributeur est le déplacement en voiture, avec un facteur d'émission de 231 gCO<sub>2</sub>eq. par kilomètre parcouru. Alors que la santé publique reste une thématique majeure, réduire les distances parcourues en voiture pour favoriser les mobilités actives serait également un atout d'un point de vue environnemental. Eviter 10% des déplacements en voiture (sans la remplacer par une autre mobilité autre que celle active et non électrifiée, considérée comme ayant un impact nul) permettrait d'éviter l'émission de **10**

<sup>4</sup> file:///C:/Users/mdrouet/Downloads/LOGFRA17k2\_F6.2.pdf

<sup>5</sup> Chiffres clés du climat 2023, CGDD/SDES 2023 avec Secten & CITEPA

**167 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l’empreinte carbone annuelle de 1093 personnes...** L’impact majeur de cette mesure montre à quel point le secteur de la mobilité est important dans l’optique de réduire les impacts carbonés et montre à la fois le chemin parcouru par le secteur du bâtiment, qui a un impact désormais plus faible, et celui restant pour le transport.

#### 4.1.6 AUTRES SERVICES



Les deux principaux contributeurs de ce secteur sont les déchets et l’eau. Concernant les déchets, une politique claire de réduction est en cours partout en France. A l’heure actuelle, chaque habitant de la métropole nantaise jette 199 kg par an. Il paraît possible et réaliste d’aller chercher une réduction d’au moins 20% grâce aux politiques actuelles<sup>6</sup>, notamment en visant le réemploi, le recyclage et tout simplement une moindre consommation (cf partie Biens de consommations). Cette mesure engendrerait une baisse de 1 040 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.

Par ailleurs, la question de la disponibilité de la ressource en eau se fait toujours plus pressante. Si le chiffre des 149 litres par jour et par personne circule au niveau national, certains territoires arrivent à faire bien mieux, avec 90 litres par personne et par jour<sup>7</sup>. Passer à des WC utilisant des chasses 3 à 6 litres, ou des réducteurs de débits de 8L/min dans la douche, permettrait selon le Centre de l’information sur l’eau<sup>8</sup> d’économiser 25 à 50% de l’eau potable dans leur domaine respectif. Etant donné que la majorité de l’eau potable concerne les WC et les usages hygiéniques, on peut estimer une réduction minimale de 20% sur la consommation totale. Cette mesure implique une baisse de 160 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.

**Au total, ces deux mesures permettraient de supprimer 1 200 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l’empreinte carbone annuelle de 129 personnes.**

#### 4.1.7 ALIMENTATION



Le secteur de l’alimentation est parmi les plus carbonés. Au sein de ce secteur, c’est la viande qui représente le premier poste avec 43% des émissions. Par ailleurs, l’OMS semble conclure que le niveau de consommation dans les pays développés de viande, en particulier de viande rouge, a un impact négatif à terme au vu des quantités actuelles<sup>9</sup> (85.2 kg par français et par an selon le ministère de l’Agriculture en 2022<sup>10</sup>). L’une des mesures d’évitement serait de supprimer 10% de la viande sans remplacement. Cette seule mesure engendrerait la suppression de **3 411 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l’empreinte carbone annuelle de 366 personnes.**

#### 4.1.8 BIENS DE CONSOMMATION



Ce secteur est le troisième plus émetteur après la mobilité et l’alimentation. Depuis longtemps critiquée, la société dite de consommation explique ce bilan carbone défavorable, à base de produits importés à longue distance et de fort taux de renouvellement. Une mesure d’évitement possible serait de ne pas acheter deux articles sur 10 parmi ceux que l’on prévoit d’acheter sur les thématiques de la

<sup>6</sup> <https://www.ouest-france.fr/economie/consommation/gaspillage-alimentaire/defi-zero-dechet-a-nantes-trois-mois-pour-reduire-sa-poubelle-b8eec63e-9411-11ed-a88d-9c016a4fb110>

<sup>7</sup> <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/vendee/vendee-eau-potable-avec-le-depart-des-touristes-la-consommation-en-baisse-02592b4c-2eb5-11ed-a9d3-c56f0c2d178b>

<sup>8</sup> <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/usages-consommation-conseils/quels-equipements-permettent-deconomiser-leau-au-quotidien/>

<sup>9</sup> <https://www.lexpress.fr/sciences-sante/sciences/consommer-de-la-viande-rouge-est-ce-mauvais-pour-la-sante-la-reponse-de-loms-Z4YGM2JPQ5E2VM2XNBJQ2JKRXA/>

<sup>10</sup> <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/SynCsm23412/detail/>

maison, des vêtements et de l'électronique-télécoms. Dans ce cas, il serait possible d'éviter l'émission de **7 563 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 813 personnes.**

## 4.2 MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS

En complément des mesures d'évitement, il est également envisageable de prévoir des mesures de réduction de l'impact des actions entreprises sur la ZAC lors de sa construction ou lors de son usage au cours des 50 prochaines années. Pour chaque secteur, une ou des mesures de réductions sont proposées avec leur quantification. On entend ici réduction par le changement de la production ou de consommation (modification du facteur environnemental).

### 4.2.1 AFFECTATION DES SOLS ET TERRASSEMENT



Le terrassement des espaces naturels et agricoles génère un impact à la fois lors de l'excavation puis lors de l'évacuation des terres. Toutefois, de plus en plus de projets intègrent ces problématiques de gestion des terres. En conséquence, l'une des mesures de réduction sera de limiter les volumes de terres évacuées (emprise publique et privée) pour les utiliser in situ, ce que font déjà de nombreux propriétaires. L'objectif est ici de réutiliser sur site 60% des terres déblayées sur les terrains privés et 30% de ceux publiques (plus complexes à répartir sur site). Cette mesure permettrait de d'économiser **90 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 9 personnes.**

### 4.2.2 VOIRIE ET RESEAUX



L'une des caractéristiques des impacts environnementaux des éléments rattachés à ce secteur sont les divergences entre matériaux selon les fiches de déclaration (FDES) et au sein du même matériau. Ainsi, selon que le stabilisé renforcé appliqué sur la voirie soit issu d'une fiche par défaut ou d'une fiche individuelle de fabricants, l'impact passe de 155 kgCO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> sur 50 ans à 12.3 kgCO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup>, une réduction par plus de douze ! **Le choix des données et des fabricants est donc primordial.**

Plusieurs mesures de réduction concernent donc le changement de fiches déclaratives, qui permettent, de façon quelque peu artificielle puisque sans changement du matériau appliqué, une forte réduction du bilan carbone.

Ces choix réduisent **le bilan de ce secteur de 1 018 tCO<sub>2</sub>eq sur 50ans, ce qui équivaut à la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 109 personnes.**

Une autre possibilité serait de réduire le renouvellement des chaussées, toutefois cela est lié au rythme d'entretien de celles-ci, des conditions météorologiques et du trafic, il est donc difficile d'estimer sa réalisation effective. Par ailleurs, la plupart des éléments de voirie ont une unité fonctionnelle de 50 ans ou plus et cela n'entraînerait pas de gain immédiat dans le cadre du périmètre temporel de cette étude.

### 4.2.3 BATIMENTS



Depuis le lancement de la RE2020, la trajectoire bas-carbone du secteur du bâtiment est claire et explicitée. Des jalons chiffrés à intervalles réguliers permettent de savoir les seuils maximaux admissibles en carbone. Ainsi, si la modélisation de la ZAC a été effectuée avec le seuil 2025, il n'est pas impossible qu'une partie des projets se fassent après 2028, voire 2031. L'une des mesures de réduction serait d'imposer le seuil 2028 dès le dépôt des premiers permis de construire. Cette mesure permettrait d'éviter l'émission de **1 531 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans pour la ZAC, soit un gain correspondant à la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 164 personnes.**

#### 4.2.4 ENERGIE



Parmi les énergies envisageables pour chauffer les logements figure la biomasse. Celle-ci affiche un facteur d'émission meilleur que l'électricité, estimé selon les calculs de la RE2020 à 24 gCO<sub>2</sub>eq./kWh pour des plaquettes et 30 gCO<sub>2</sub>eq./kWh pour des bûches. C'est plus de deux fois moins que le vecteur électricité (variant de 64 à 79 gCO<sub>2</sub>eq./kWh) et huit fois moins que le gaz (à 227 CO<sub>2</sub>eq./kWh). Si on passait 70% du chauffage des maisons individuelles à la biomasse (via des poêles, le reste étant assuré par l'électricité) et 50% du chauffage et de l'ECS des logements collectifs, il serait possible d'éviter **459 tCO<sub>2</sub>eq, soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 49 personnes**. A noter que cette mesure a des implications pour les logements collectifs dans les espaces techniques à construire et les accès à ceux-ci, non chiffrés ici.

#### 4.2.5 MOBILITES



En 2035, l'ensemble des véhicules particuliers vendus neufs dans l'Union européenne devront être zéro émission (de roulement), c'est-à-dire, en l'état actuel des technologies, électrifié. L'une des mesures de réduction est d'acter ce passage vers le tout-électrique et proposer que 50% des trajets en voiture se fasse en véhicule électrique. Selon la base EMPREINTE de l'ADEME, un véhicule compact électrique cœur de gamme a un facteur d'émission de 103 gCO<sub>2</sub>eq./km contre 231 gCO<sub>2</sub>eq./km pour une voiture de motorisation moyenne. Ce passage avec au moins 50% de véhicules électriques représente une économie de **28 168 tCO<sub>2</sub>eq, soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 3 028 personnes**, en supposant le maintien des kilomètres parcourus en voiture.

#### 4.2.6 AUTRES SERVICES



Les deux principaux contributeurs de ce secteur sont les déchets et l'eau. A l'heure actuelle, chaque habitant de la métropole nantaise jette 199 kg par an, dont au moins 30% en ordures ménagères, enfouies ou incinérées. Parmi les mesures de réduction, passer 20% de ces ordures en déchets recyclés permettrait de réduire le bilan carbone de 245 tCO<sub>2</sub>eq.

Concernant l'éclairage public, le passage en tout LED permet une économie d'environ 80% de la facture d'électricité et donc de l'impact carbone

Avec ces deux mesures, il est possible d'économiser **376 tCO<sub>2</sub>eq, soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 40 personnes**.

#### 4.2.7 ALIMENTATION



En lien avec la mesure proposée en évitement, il est possible d'imaginer réduire la viande fortement pour cette fois-ci la remplacer par des céréales et légumineuses. Ainsi, si on divise par deux la consommation de viande, tout en augmentant par deux celles des céréales et légumineuses, il serait possible d'éviter **11 123 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, soit la réduction de l'empreinte carbone annuelle de 1196 personnes**.

#### 4.2.8 BIENS DE CONSOMMATION



Si le fait de ne pas acheter du tout un objet peut paraître difficile, il est parfois plus réaliste d'envisager allonger la durée de vie du matériel. Par exemple, plutôt que de jeter au bout de 3 ans son téléphone, il est possible de le faire durer un an de plus, soit une augmentation de 25% de sa durée de vie. De même, l'achat de vêtements d'occasion permet d'augmenter la durée de vie de ceux-ci tout en faisant de belles économies. En appliquant cette philosophie aux objets de la maison (durée de vie augmentée de 20%, soit de 4 à 5 ans en moyenne), aux vêtements (2 vêtements d'occasion pour 8 neufs en moyenne) et aux objets

électronique-télécoms (+25% de durée de vie, soit de 3 à 4 ans), alors on peut imaginer économiser **7 860 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, soit la réduction de l’empreinte carbone annuelle de 845 personnes.**

### 4.3 CUMUL DES MESURES D’ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS

Certaines mesures d’évitement se complètent avec celles de la thématique de réduction des émissions. Par exemple, il pourrait être pertinent à la fois de réduire de 20% nos consommations électriques de nos usages spécifiques et adapter des modes de chauffage moins carboné avec la biomasse.



Sur le secteur **terrassément et affectation des sols**, cumuler la non-artificialisation, une emprise au sol plus faible et la réduction du terrassément permettrait de réduire les émissions de 309 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, **l’amenant à 797 tCO<sub>2</sub>eq.**



Pour le domaine des voiries et réseaux, réduire les places de parkings et choisir précautionneusement les fabricants de matériaux engendrerait une baisse de 1068 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, **portant le total du secteur à 1064 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, soit une division par deux.**



Dans le cadre du périmètre des **bâtiments**, réduire la taille des logements et passer au seuil 2028 autoriserait une baisse de 2448 tCO<sub>2</sub>eq, ce qui équivaut à un nouveau **total de la thématique à 11 250 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.**



Concernant le secteur de l’énergie, le cumul de la réduction de 20% des consommations électriques des usages spécifiques et la conversion de 70% du chauffage des maisons à la biomasse et de 50% du chauffage et ECS des logements collectifs permet une réduction de 610 tCO<sub>2</sub>eq, **amenant à un total de 1835 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.**



Pour le domaine des mobilités, réussir à diminuer de 10% ses déplacements en voiture et en faire la moitié en électrique réduit le bilan carbone du secteur de 35 518 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, **portant le total du secteur à 83 954 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, soit une réduction de près d’un tiers.**



Dans le cadre du périmètre des **autres services**, l’ensemble composé d’éviter la consommation de 20% d’eau, la réduction de 20% des déchets et basculer 50% des ordures ménagères engendrerait une baisse de 1055 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans ce qui équivaut à un nouveau **total de la thématique à 4 634 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.**



Sur le secteur **de l’alimentation**, la réduction de 10% de la viande et la division par deux de la part restante au profit des légumineuses une réduction des émissions de 12 828 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, **amenant le secteur à 78 006 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.**



Pour le domaine des biens de consommation, réussir à diminuer de 20% ses achats et augmenter la durée de vie de près d’un quart réduit le bilan carbone du secteur de 13 613 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans, **portant le total du secteur à 43 852 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans**

#### 4.4 MESURES DE COMPENSATION DES EMISSIONS

Les mesures de compensation des émissions sont utilisées pour essayer d'équilibrer le bilan carbone du projet de la ZAC. Une fois les mesures d'évitement puis de réduction choisies, le reliquat est à compenser grâce aux puits de carbone, qu'ils soient naturels ou technologiques.

Les puits de carbone sont, comme l'indique l'ADEME<sup>11</sup>, « des écosystèmes qui, comme les forêts, les marais côtiers, le bocage, le phytoplancton, captent naturellement le CO<sub>2</sub> par photosynthèse et le stockent dans le bois, les sols, les sédiments... ». Ils peuvent aussi être technologiques, consistant à « fixer le CO<sub>2</sub> puis à l'injecter dans des réservoirs géologiques étanches, à plus de 1 000 m de profondeur ».

A l'échelle de la ZAC, aucune cavité n'est recensée pouvant permettre un tel stockage.

Par ailleurs, comme indiqué au début de la présente étude, la ZAC a pour particularité d'être majoritairement en espaces naturels ou agricoles. On suppose ici que les espaces actuellement naturels ou agricoles vont le rester, sans changement de pratiques. On ne peut donc pas y inclure un stockage complémentaire.

La compensation naturelle possible provient alors de la plantation de nouveaux végétaux, notamment des arbres. D'après la base de données Empreinte, les forêts de la région Pays de la Loire (fermées et ouvertes) ont une capacité de stockage de 6540 kgCO<sub>2</sub>eq. par hectare et par an. (ou 6.54 tCO<sub>2</sub>eq./ha/an).

Le Bilan élargi des émissions de gaz à effet de serre de la ZAC sur 50 ans, hors mesures d'évitement et de réduction, fait apparaître un total de 293 342 tonnes de CO<sub>2</sub>eq. Etant donné qu'un arbre a une durée de vie supérieure à 50 ans, aucun renouvellement n'est pris en compte. En conséquence, en supposant que ceux-ci soient tous en bonne santé et des capacités d'absorption nominales, on peut estimer qu'il faudrait près de 897 hectares de forêts nouvelles. Cela correspond à près de 15 fois la taille de la ZAC prévue. Il n'est donc pas réaliste de pouvoir compenser sur site les émissions totales sur 50 ans. Il faut donc envisager de mettre en œuvre les mesures d'évitement et de réduction et au-delà, d'aller compenser sur d'autres sites les émissions ici émises.

Si on se concentre sur le périmètre ZAC classique (Affectation sols et terrassement, Voiries et réseaux, Bâtiments, Energie, Mobilités, Autres Services), le bilan fait apparaître un total de 145 042 tonnes de CO<sub>2</sub>eq. En conséquence, il faudrait planter 443 hectares de forêts nouvelles. La problématique reste la même qu'avec le périmètre élargi, largement au-delà des capacités de la ZAC.

Si on se réfère uniquement au périmètre Construction (Affectation sols et terrassement, Voiries et réseaux, Bâtiments, Energie), le bilan fait apparaître un total de 19 381 tonnes de CO<sub>2</sub>eq sur 50 ans. Il faudrait donc planter 443 hectares de forêts nouvelles. Il faudrait 59 hectares de forêts nouvelles. Ce chiffre correspond peu ou prou à la surface de la ZAC, ce qui n'est pas envisageable, il faudrait là aussi compenser sur un autre site ou engager des mesures fortes d'évitement et de réduction.

A noter que certaines cultures locales font mieux que la séquestration des arbres, en particulier le chanvre qui pourrait capter sur un hectare l'équivalent de 9 à 15 tonnes de CO<sub>2</sub>es. par an<sup>12</sup>. Dans ce cas de figure, il faudrait entre 25 hectares et 43 hectares de cultures nouvelles (en remplacement d'un sol séquestrateur) pour compenser le périmètre Construction.

<sup>11</sup> <https://infos.ademe.fr/magazine-mars-2022/dossier/puits-de-carbone-les-naturels-dabord/>

<sup>12</sup> [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en)

## 5 ANALYSE DU BILAN CARBONE DU PROJET

Les parties précédentes ont permis d'établir les bilans carbonés pour les différents secteurs de la ZAC et périmètres. Au-delà des chiffres affichés, l'analyse permet de mieux comprendre les dynamiques en cours.

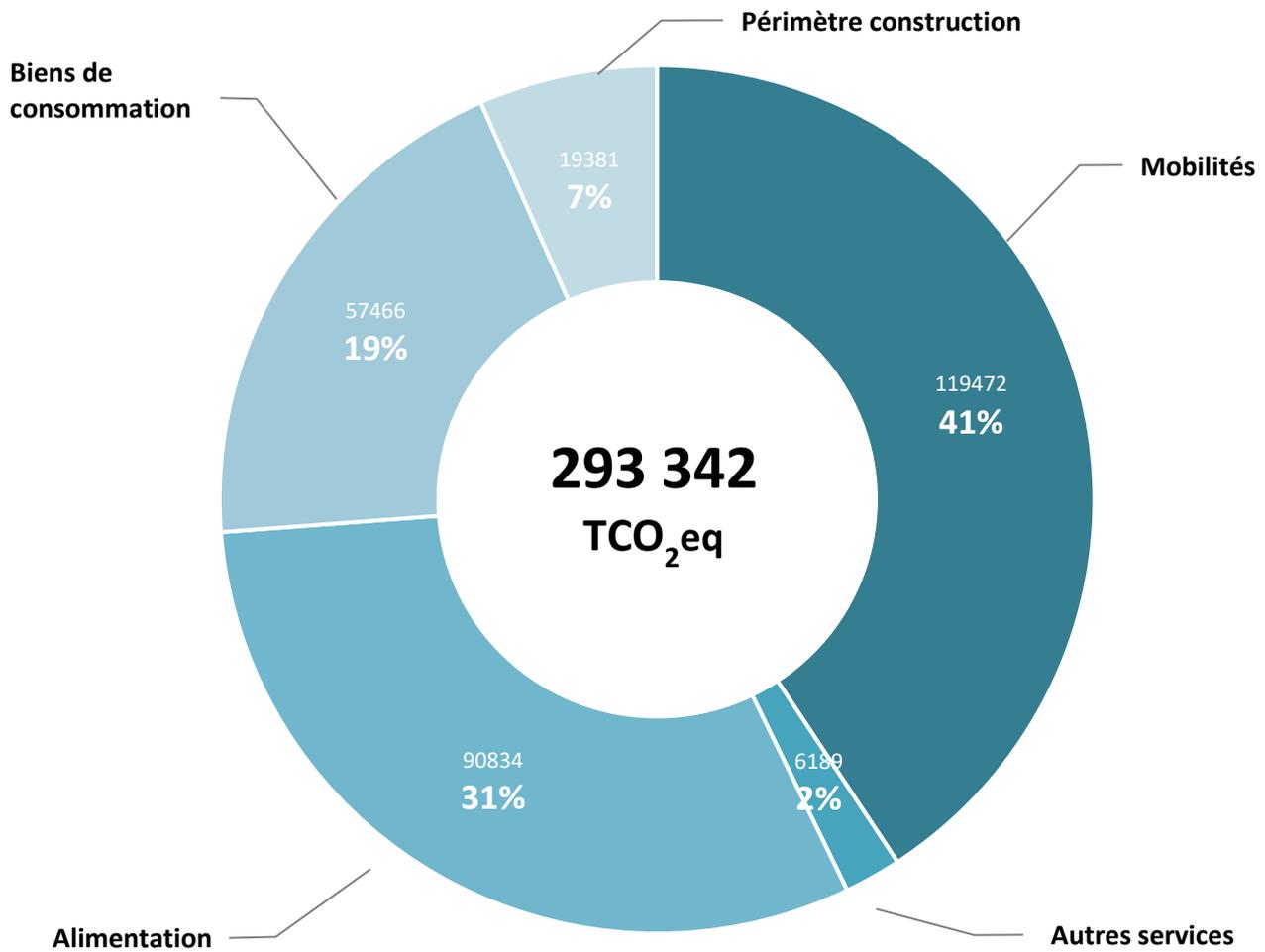


Figure 15 : Impact carbone du projet en périmètre élargi sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

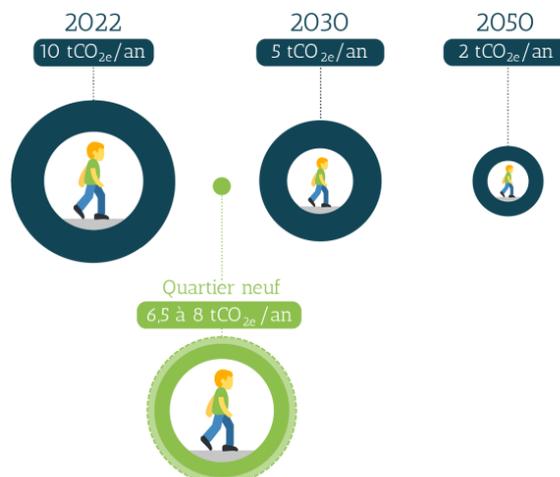


Figure 16 : évolution de l'empreinte carbone (Elioth-BBCA quartier)

Comme le montre le bilan carbone du projet, l'ensemble des secteurs en périmètre élargi (Affectation des sols-terrassement, voiries-réseaux, bâtiments, énergies, mobilités, autres services, alimentation et biens de consommation) affiche un bilan total de 293 342 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent sur 50 ans, soit **7,9 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent par habitant et par an**. Cela représente à date une baisse de 1.4 tonne de CO<sub>2</sub> équivalent par habitant et par an par rapport à la moyenne nationale. Ce résultat entre également dans la fourchette des moyennes des quartiers neufs estimés par BBCA Quartier.

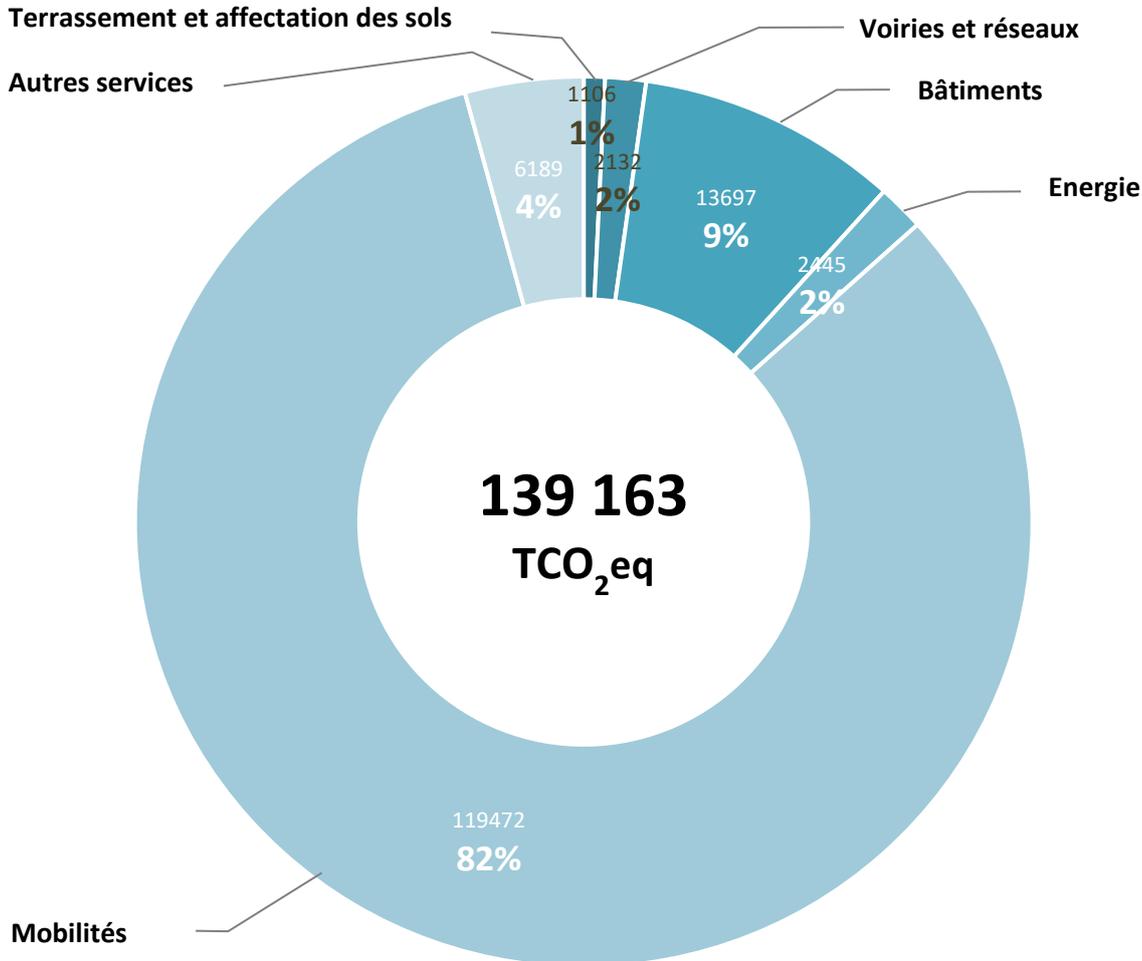


Figure 17 : Impact carbone du périmètre ZAC sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

Au sein du périmètre de la ZAC (Affectation des sols-terrassement, voiries-réseaux, bâtiments, énergies, mobilités, et autres services), c'est le secteur de la mobilité qui accapare la grande majorité des émissions carbonées. A contrario, le secteur Terrassement et affectation des sols ne représente que 1% du total. On notera ici que le prisme carbone n'évalue pas les autres impacts potentiels sur la ressource en eau ou l'impact sur la biodiversité que peut avoir cette partie.

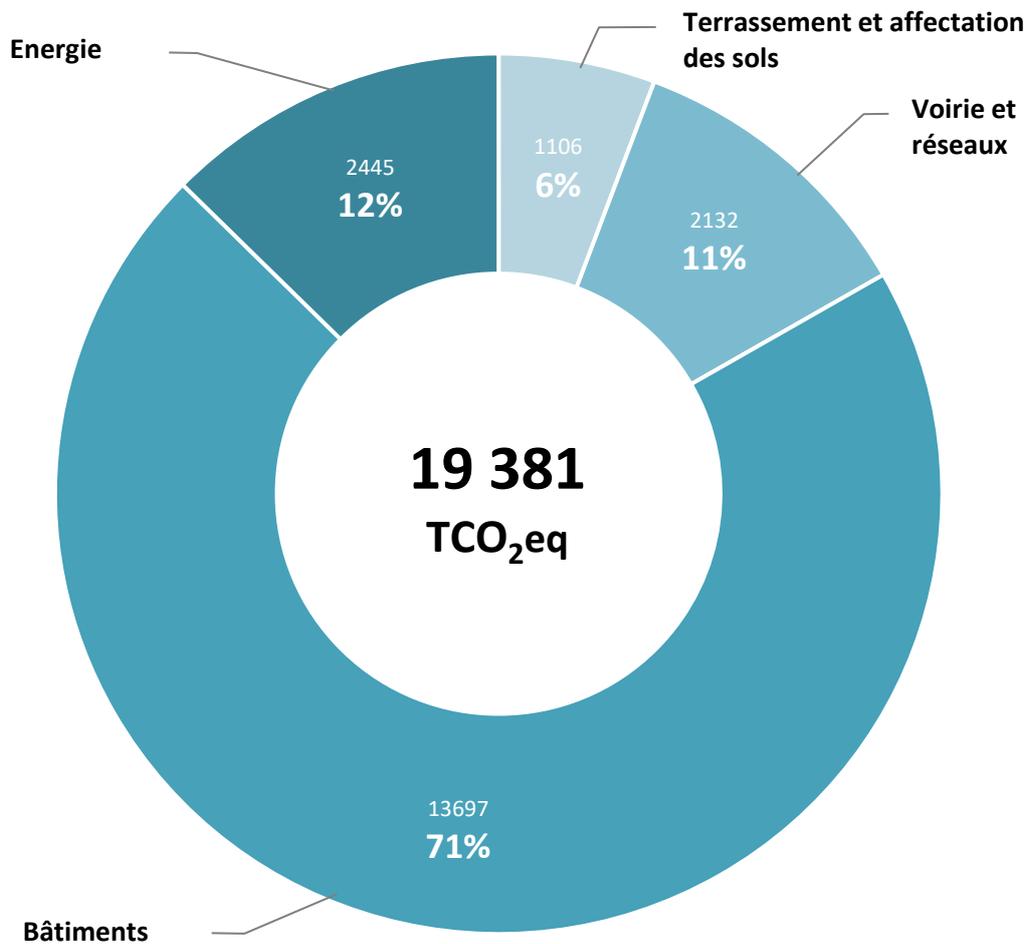


Figure 18 : impact carbone du périmètre construction de la ZAC sur 50 ans (TCO<sub>2</sub>eq.)

Concernant le périmètre de la construction, il représente seulement 7% du bilan carbone au périmètre élargi. Quand on le compare au périmètre classique de la ZAC, ce dernier recouvre alors 14% du bilan carbone. Le périmètre de la construction est certes trois fois plus impactant que les autres services publics mais surtout six fois moins impactant que les mobilités et quatre fois moins impactant que l'alimentation.

En effet, ces deux secteurs concentrent à eux seuls près des trois quarts de l'impact carbone global de la ZAC avec ses nouveaux habitants. Si cela peut paraître important, il faut rappeler qu'au niveau national, l'empreinte carbone de ces deux secteurs sont évalués respectivement à 32% et 21%<sup>13</sup>. Par ailleurs, d'après cette source, l'habitat est censé représenté 18%. Or ici le secteur pèse plus de deux fois moins.

Il faut à ce titre rappeler que l'empreinte carbone se base sur l'ensemble du parc immobilier actuel, tandis que le projet de ZAC intègre lui les mesures réglementaires appliquées au neuf. En effet, les dernières réglementations environnementales sont venues principalement impacter ce secteur avec des objectifs forts et chiffrés, tant sur les matériaux que sur les énergies consommées. Ainsi, exit le gaz et le fioul particulièrement émetteurs tandis que les matériaux comme le béton ou l'acier sont mis en œuvre avec plus de parcimonie au profit de matériaux biosourcés ou géosourcés. En conséquence, ce secteur connaît une baisse importante et prévisible de ces émissions.

<sup>13</sup> Chiffres clés du climat 2023, op. cit.

---

A contrario, aucune trajectoire telle que celle de la RE2020 ne s'applique à l'alimentation. Concernant les mobilités, seul le passage au tout-électrique en 2035 pour les véhicules neufs est acté, mais il faut noter que les véhicules utilisés sur la ZAC ne le seront pas nécessairement, sans compter les véhicules d'occasion qui n'y seront pas soumis. Si on regarde plus précisément le périmètre de la construction, près des deux-tiers se concentre sur le bâtiment en tant que tel, avec ses matériaux et son équipement. Cela renforce l'idée qu'il faut se concentrer sur la partie physique du bâtiment et renforce la légitimité de la RE2020 et ses jalons à venir. La partie voiries et réseaux est le second poste, proche de celle de l'énergie. Cela permet de noter l'impact du choix d'une énergie largement décarbonée, ici l'électricité. Enfin le secteur du terrassement et de l'affectation des sols est plus faible en termes de carbone. Enfin, si le périmètre construction est faible, il ne s'agit pas de réduire son importance mais plutôt de noter son avance par rapport aux autres secteurs.

Les impacts carbonés estimés restent conséquents, avec près de 7.9 tCO<sub>2</sub>eq par an et par habitant en périmètre élargi et 3.9 tCO<sub>2</sub>eq par an et par habitant sur le périmètre ZAC classique. Cela reste mieux que le bilan actuel mais il reste du chemin à parcourir pour être dans les 2 tCO<sub>2</sub>eq par an et par habitant dans une optique de neutralité carbone. Les mesures ERC permettrait de compenser une partie des émissions.

**En conclusion, l'enjeu majeur réside désormais dans la dynamique de baisse des émissions des secteurs autres que la construction, tout en poursuivant sa trajectoire baissière pour celui-ci, ainsi que dans le comportement des futurs habitants pour arriver à éviter et réduire les déplacements et l'alimentation carbonés, périmètre au-delà du bilan carbone strict de la ZAC.**

## 6 SOURCES

### Affectation des sols et terrassement

- Base INIES, <https://www.inies.fr/>
- Données SOLAB, RE2020
- ADEME, Base Empreinte, facteur d'émission : <https://base-Empreinte.ademe.fr/>

### Voiries et réseaux

- Base INIES, op.cit.

### Bâtiments

- Aménageur LOD et maîtrise d'œuvre SCE (nombre de logement, métré)
- INSEE,
  - "Taille des ménages, Données annuelles de 1968 à 2020", juin 2023
  - Insee Références, « Fiches - Confort, qualité et défauts... », 2017
- IZUBA (Pléiades), Outil de Modulation des seuils carbone

### Energie

- SOLAB, Etude de faisabilité en approvisionnement de la ZAC (inclus au dossier de ZAC) et ratios
- INSEE, "Les dépenses des Français en électricité depuis 1960", avril 2019 pour les consommations d'électricité à usage spécifique
- RE2020, facteurs environnementaux

### Mobilités

- Observatoire national des territoires, appliqué à Thouaré : <https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/part-des-deplacements-domicile-travail-en-transports-en-commun>
- Observatoire transition écologique Pays de la Loire (TEO), <https://teo-paysdelaloire.fr/tableau-de-bord/transports/>
- AURAN, « Toujours plus de kilomètres pour rejoindre les emplois de Loire-Atlantique », novembre 2023, synthèse n°88
- SDES, Etude mobilités 2019, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/comment-les-francais-se-deplacent-ils-en-2019-resultats-de-lenquete-mobilite-des-personnes>
- Autorité de régulation des transports, "État des lieux des mobilités courte et longue distance (volume 2)", décembre 2022
- ADEME, Base EMPREINTE, facteur d'émission, op. cit.

---

### Autres services

- Site gouvernemental, consommation d'eau potable : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/societe/le-mode-de-vie-des-menages-ressources/article/consommation-domestique-en-eau-potable>
- Nantes métropole, "Rapport annuel déchets, les chiffres clés - synthèse 2022", 2022
- ADEME, Base EMPREINTE, facteur d'émission, op. cit.
- Syndicat de l'éclairage :
  - 2015 : [https://www.sdec-energie.fr/sites/sdec.createurdimage.fr/files/pdf/guide-éclairage-public\\_2021\\_vf.pdf](https://www.sdec-energie.fr/sites/sdec.createurdimage.fr/files/pdf/guide-éclairage-public_2021_vf.pdf)
  - 2016 : <https://www.syndicat-eclairage.com/wp-content/uploads/2016/05/SyndEclairage-guide-EP-AMF-2016-1.pdf>

### Alimentation

- Carbone 4, étude de l'Empreinte carbone des français : <https://www.carbone4.com/analyse-myco2-Empreinte-carbone-moyenne-2021>

### Biens de consommation

- Carbone 4, étude de l'Empreinte carbone des français, op. cit.

## 7 TABLES DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la ZAC des Deux Ruisseaux au niveau métropolitain (SCE).....	5
Figure 2 : localisation de la ZAC des deux ruisseaux au niveau communal (SCE).....	6
Figure 3 : emprise la ZAC des Deux Ruisseaux avec les tranches déjà effectuées (SCE) .....	7
Figure 4 : périmètre et répartition du secteur (SCE) .....	8
Figure 5 : programmation prévue en Avant-projet (SCE) .....	8
Figure 6 : répartition des émissions de GES en France en 2022 (CGDD/SDES) .....	10
Figure 7 : Impact carbone des terrassements et sols sur 50 ans (TCO2eq.) .....	13
Figure 8 : Impact carbone des voiries et réseaux sur 50 ans (TCO2eq.) .....	14
Figure 9 : Impact carbone des bâtiments (TCO2eq.) .....	15
Figure 10 : Impact carbone des consommations énergétiques des bâtiments sur 50 ans (TCO2eq.) .....	16
Figure 11 : Impact carbone des mobilités sur 50 ans (TCO2eq.) .....	17
Figure 12 : Impact carbone des autres services sur 50 ans (TCO2eq.) .....	18
Figure 13 : Impact carbone du secteur alimentation sur 50 ans (TCO2eq.) .....	19
Figure 14 : Impact carbone des biens de consommation sur 50 ans (TCO2eq.) .....	20
Figure 15 : Impact carbone du projet en périmètre élargi sur 50 ans (TCO2eq.) .....	30
Figure 16 : évolution de l'empreinte carbone (Elioth-BBCA quartier) .....	30
Figure 17 : Impact carbone du périmètre ZAC sur 50 ans (TCO2eq.) .....	31
Figure 18 : impact carbone du périmètre construction de la ZAC sur 50 ans (TCO2eq.) .....	32



# **Chapitre 4. Etudes géotechniques – APC Ingénierie**

## 1. Mission géotechnique G1

Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
THOUARE-SUR-LOIRE (44)  
\*\*\*\*\*  
MISSION GEOTECHNIQUE G1

<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>			
<b>A</b>	11.04.22	199	PREMIERE DIFFUSION
INDICE	DATE	Nb de pages	MODIFICATIONS-OBSERVATIONS
<b>REDACTEUR</b>		<b>VERIFICATEUR</b>	
C. COUTAND		S. TURLE / S.JARRY	

**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**  
**34, rue du Pré Gauchet**  
**44035 Nantes Cedex 01**

**Dossier A22.0025**



*Le présent rapport comporte **199** pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.*

# SOMMAIRE

<b>I</b>	<b>LE SITE</b>	<b>5</b>
11.	DESCRIPTION DU SITE	5
1.1.1	<i>Situation – Etat des lieux</i>	5
1.1.2	<i>Topographie</i>	6
12.	CONTEXTE GEOLOGIQUE	7
13.	CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	8
14.	CONTEXTE SISMIQUE	10
15.	SENSIBILITE DES ARGILES	11
16.	SYNTHESE DES RISQUES GEOTECHNIQUES	11
<b>II</b>	<b>LE PROJET</b>	<b>12</b>
<b>III</b>	<b>DOCUMENTS REMIS POUR L'ETUDE</b>	<b>12</b>
<b>IV</b>	<b>RECONNAISSANCE DE SOL</b>	<b>13</b>
IV1.	SONDAGES PRESSIOMETRIQUES	14
IV.1.1	<i>Coupes des sondages</i>	14
IV.1.2	<i>Essais pressiométriques</i>	15
IV.1.2.1	Principe de l'essai (norme NF EN ISO 22476-4)	15
IV.1.2.2	Résultats des essais	16
IV2.	SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE	17
IV3.	SONDAGES A 2,0 M	18
IV4.	HYDROGEOLOGIE	19
IV.4.1	<i>Piézométrie</i>	19
IV.4.2	<i>Perméabilité</i>	20
IV5.	ESSAIS EN LABORATOIRE	21
IV.5.1	<i>Classification GTR</i>	21
IV.5.2	<i>Essais Proctor</i>	23
IV.5.3	<i>Test d'aptitude au traitement et proctor post traitement</i>	25
IV.5.3.1	PM1	25
IV.5.3.2	PM2	26
IV.5.3.3	PM3	27
IV.5.4	<i>Essais Proctor sur matériau traité</i>	28
IV.5.5	<i>Analyses de terre végétale</i>	28
IV.5.6	<i>Classification GTR de la couche de forme sous la voirie actuelle</i>	28
<b>V</b>	<b>SISMICITE</b>	<b>29</b>
V1.	ANALYSE DU RISQUE DE LIQUEFACTION	29
V2.	CHOIX DE LA CLASSE DU SOL	30
<b>VI</b>	<b>MESURE DE DEFLEXION AU DEFLECTOGRAPHE</b>	<b>31</b>
<b>VII</b>	<b>RECHERCHE AMIANTE ET HAP DANS LES ENROBES</b>	<b>31</b>
<b>VIII</b>	<b>SYNTHESE GEOTECHNIQUE</b>	<b>31</b>
VIII1.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE	31
VIII2.	CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES	32
<b>IX</b>	<b>OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT</b>	<b>33</b>
IX1.	FONDATIONS	33
IX2.	PORTANCE	34

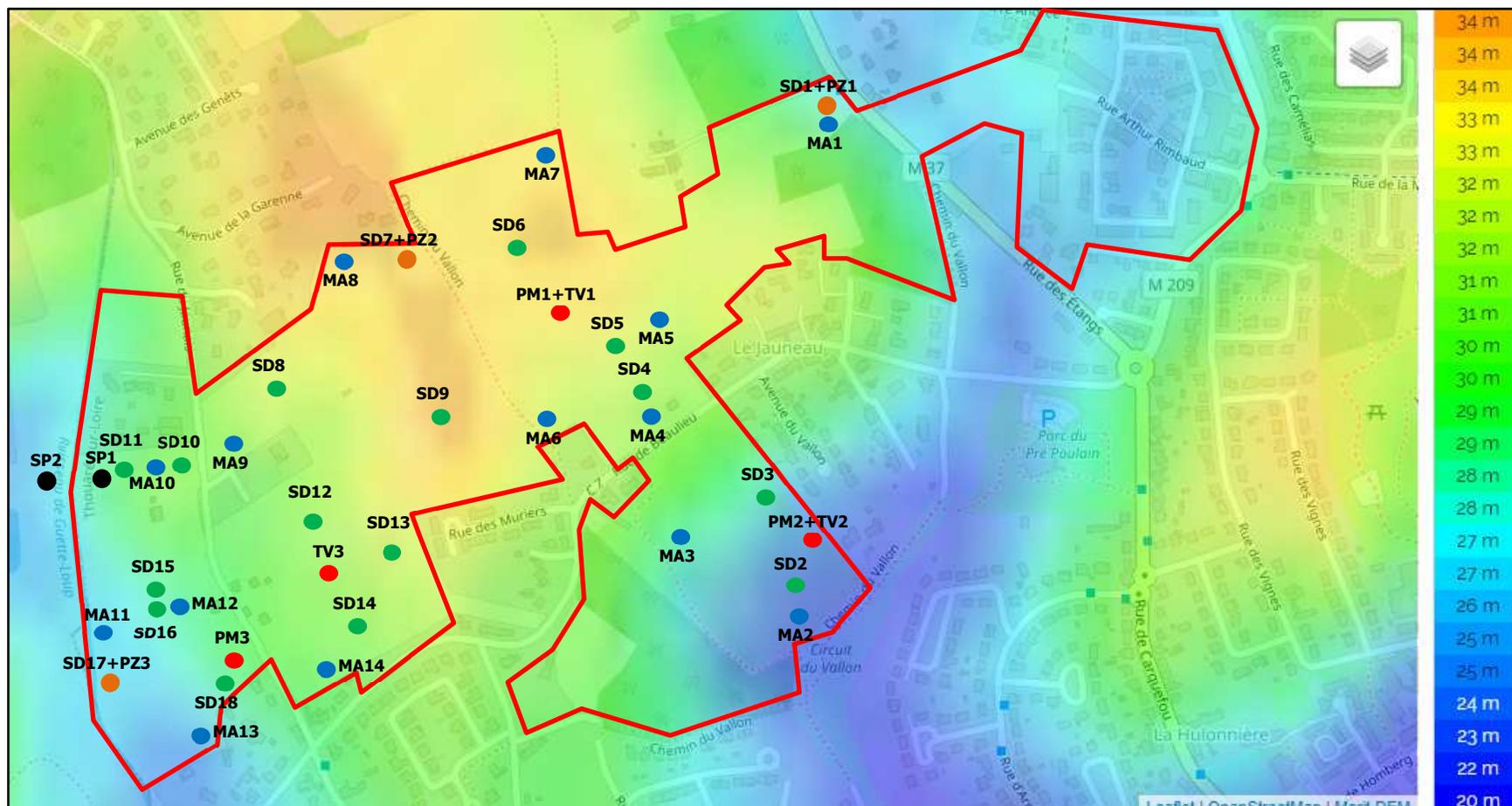
<b>X</b>	<b>VOIRIES</b>	<b>34</b>
X1.	CLASSES DE TRAFIC	34
X2.	PLATE-FORME SUPPORT DE CHAUSSEE	35
X.2.1	<i>Définition</i>	35
X.2.2	<i>Choix de la classe de plate-forme</i>	36
X.2.3	<i>Qualification de la portance de la P.S.T.</i>	36
X.2.4	<i>Dimensionnement de la couche de forme en fonction de la classe de plate-forme à atteindre :</i>	37
X.2.5	<i>Vérification de la portance :</i>	40
X3.	STRUCTURE DE CHAUSSEE	40
<b>XI</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>41</b>
	ANNEXES	42
	✓ CONDITIONS GENERALES	43
	✓ MISSIONS GEOTECHNIQUES	44
	✓ MISSIONS GEOTECHNIQUES	45
	✓ PLAN DE SITUATION	46
	✓ SITUATION GEOGRAPHIQUE	47
	✓ PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	48
	✓ SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1	50
	✓ SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2	51
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD1+PZ1	52
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD2	53
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD3	54
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD4	55
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD5	56
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD6	57
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD7+PZ2	58
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD8	59
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD9	60
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD10	61
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD11	62
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD12	63
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD13	64
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD14	65
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD15	66
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD16	67
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD17+PZ3	68
	✓ SONDAGE DESTRUCTIF SD18	69
	✓ ESSAIS DE LABORATOIRE SP1	70
	✓ ESSAIS DE LABORATOIRE SP2	74
	✓ ESSAIS DE LABORATOIRE CDF SC1/SC8/SC9/SC10	78
	✓ ESSAIS DE LABORATOIRE CDF SC2/SC4	80
	✓ ESSAIS DE LABORATOIRE CDF SC3/SC5	82
	✓ TENEUR EN EAU SC1 A SC10	84
	✓ PM1 (SONDAGE)	85
	✓ PM1 (GTR)	86
	✓ PM1 (PROCTOR ET PROCTOR TRAITEMENT)	89
	✓ PM1 (APTITUDE AU TRAITEMENT)	91
	✓ PM2 (SONDAGE)	92
	✓ PM2 (GTR)	93
	✓ PM2 (PROCTOR ET PROCTOR TRAITEMENT)	95

✓ PM2 (APTITUDE AU TRAITEMENT)	97
✓ PM3 (SONDAGE)	98
✓ PM3 (GTR)	99
✓ PM3 (PROCTOR ET PROCTOR TRAITEMENT)	102
✓ PM3 (APTITUDE AU TRAITEMENT)	104
✓ MATSUO 1	105
✓ MATSUO 2	106
✓ MATSUO 3	107
✓ MATSUO 4	108
✓ MATSUO 5	109
✓ MATSUO 6	110
✓ MATSUO 7	111
✓ MATSUO 8	112
✓ MATSUO 9	113
✓ MATSUO 10	114
✓ MATSUO 11	115
✓ MATSUO 12	116
✓ MATSUO 13	117
✓ MATSUO 14	118
✓ TERRE VEGETALE TV1	119
✓ TERRE VEGETALE TV2	123
✓ TERRE VEGETALE TV3	127
✓ MESURES DE DEFLEXIONS AU DEFLECTOGRAPHE	131
✓ RECHERCHE AMIANTE ET HAP	158



### I.1.2 Topographie

Le site présente un point plus haut au centre de la zone avec des pentes descendantes vers le sud-ouest et le Nord-Est de l'ordre de 2% en moyenne

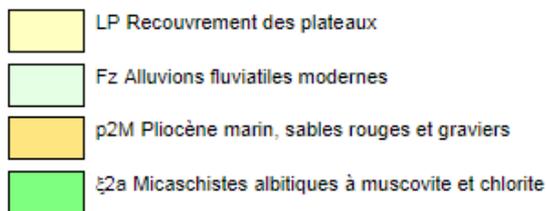
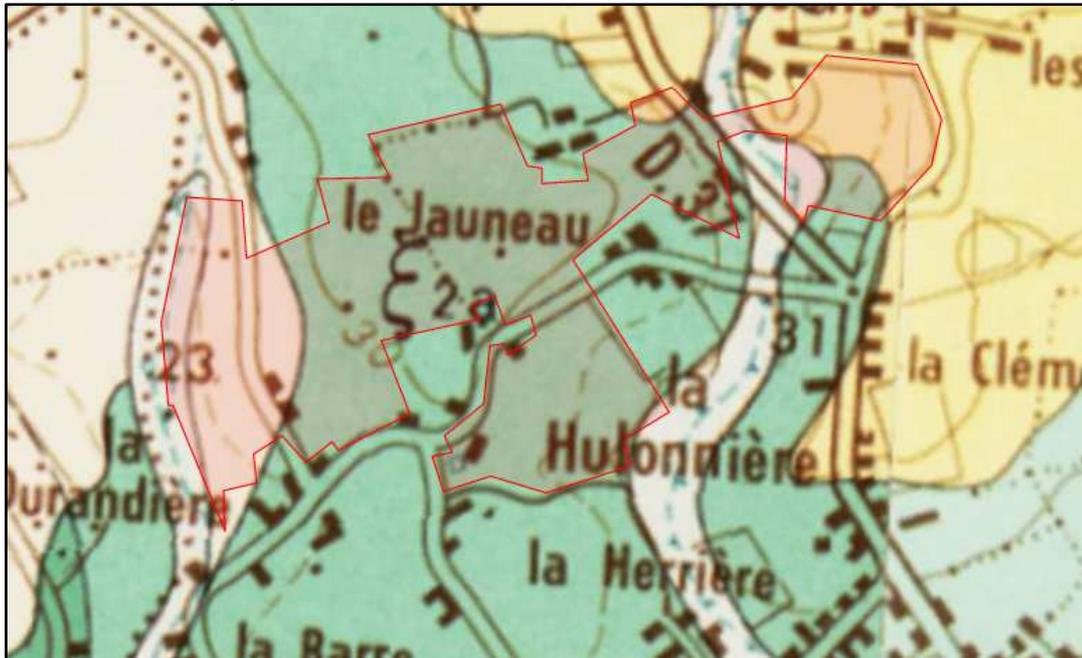


Topographie du site (source : topographic-map.com)

Aucun plan topographique nous a été transmis. Compte-tenu de la quantité de sondage et de la distance entre chaque point, aucun nivellement n'a été réalisé.

## I2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les documents géologiques et notamment la carte de « NANTES » au 1/50 000<sup>ème</sup>, complétés par les études réalisées sur le secteur indiquent la présence recouvrement des plateaux à l'Ouest ainsi que des micaschistes plus ou moins altérés au centre de la zone. Des alluvions sont également présentes le long du ruisseau de Guette-Loup et du ruisseau du Pré Moulin.

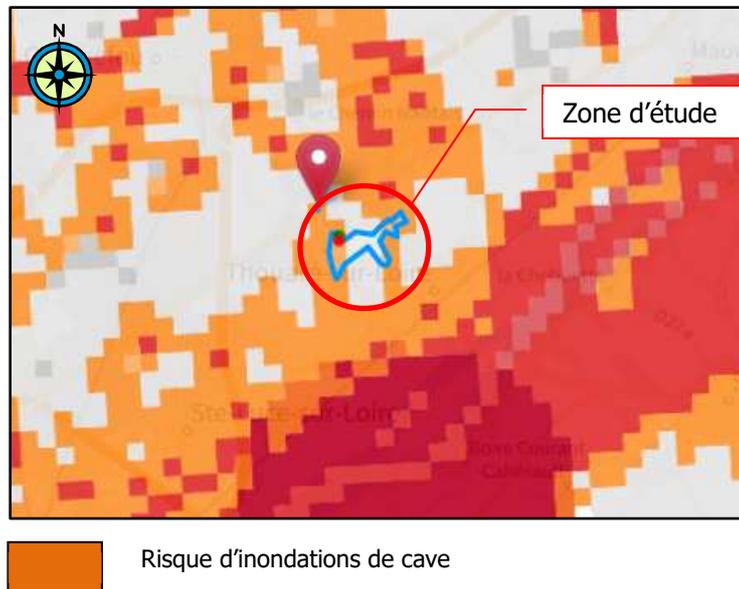


Extrait de la carte géologique de NANTES au 1/50 000 – Source : <http://infoterre.brgm.fr>

### I3. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

D'après les cartes du BRGM, le terrain étudié est situé :

- dans une **zone sujette aux inondations de cave.**



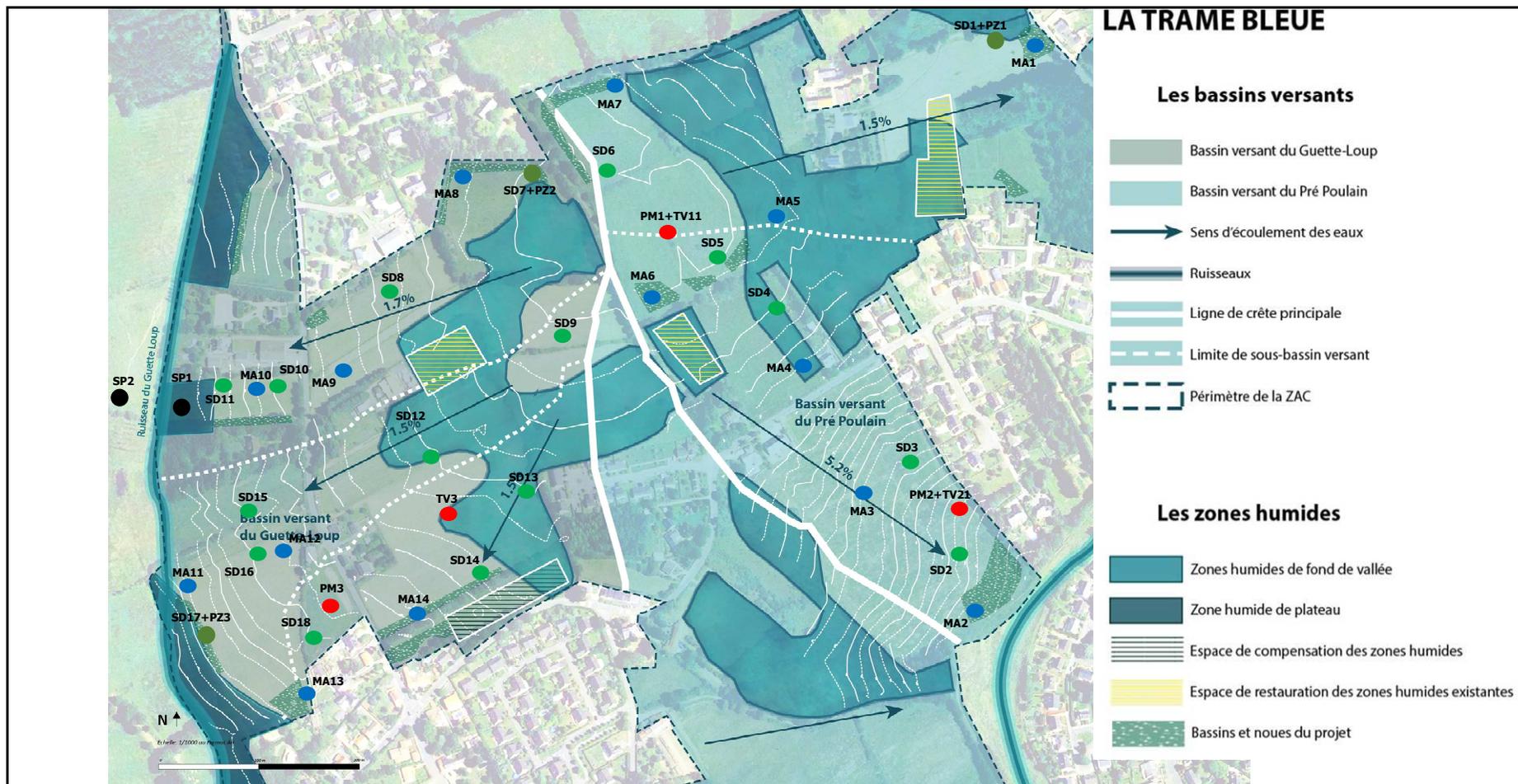
Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du risque de remontées de nappes – Source : Inondationsnappes.fr

- dans une **zone concernée par des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare.**



Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du risque de remontée de nappes – Source : Inondationsnappes.fr

Les zones humides et bassins versants identifiés par Loire Océan Développement sont les suivantes :



Répartition des zones humides et bassins versants en fonction des sondages

Cependant, ces cartes comportent de fortes incertitudes dues :

- à une accumulation d'informations manquantes, incomplètes ou imprécises,
- à l'ordre de grandeur des valeurs recherchées,
- à la complexité des milieux mis en jeu,
- à l'échelle d'utilisation (inférieure à 1/100 000ème).

De plus, la carte réalisée n'est pas valide pour les zones karstiques (manifestant un comportement particulier et relativement mal connu sur certains secteurs), les zones urbaines (dont les aménagements modifient les écoulements souterrains) et les secteurs après mine (subissant des modifications des écoulements souterrains dues aux pompages des eaux d'exhaure ou à l'arrêt des pompages).

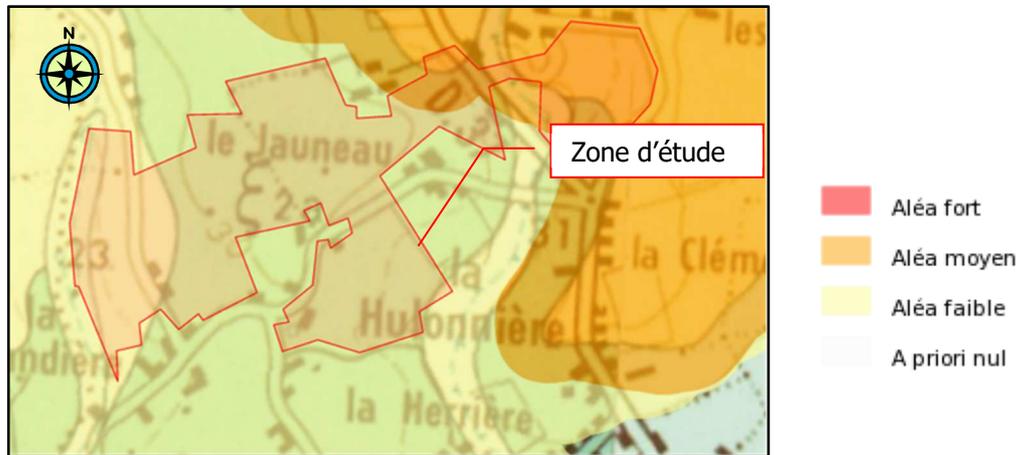
En fonction des spécificités du projet (ouvrages enterrés, fosses ...), une mission spécifique hydrogéologique (Mission G5) pourra être réalisée au moment de la phase **G2**.

#### **I4. CONTEXTE SISMIQUE**

D'après le nouveau zonage sismique (décret N°2010-1255 du 22 Octobre 2010), la ville de THOUARE-SUR-LOIRE (44) se situe en **zone sismique 3** (aléa modérée).

## I5. SENSIBILITE DES ARGILES

D'après les données du BRGM, le site est localisé dans une zone d'aléa **à faible à moyen** vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles.



*Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles – Source : georisques.gouv.fr*

## I6. SYNTHESE DES RISQUES GEOTECHNIQUES

La synthèse des différents risques géotechniques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type de risque	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque débordement de nappe et inondation de cave	<b>Zone sujette aux débordements de nappe</b>			
Risque inondations potentielles de cours d'eau et submersion marine	<b>Zone non concernée</b>			
Risque sismique		<b>X</b>		
Risque lié au retrait gonflement des argiles		<b>X</b>	<b>X</b>	

## **II LE PROJET**

Le projet consiste en l'aménagement de quartier d'habitat dans la ZAC des Deux Ruisseaux à THOUARE-SUR-LOIRE (44).

Le secteur est très marqué par des zones humides comportant également des haies bocagères protégées. La couche de forme des voiries aura comme objectif une portance PF2. Selon le cahier des charges réalisé par SCE ainsi que les échanges que nous avons eu avec eux, un ouvrage de franchissement du ruisseau du Guette Loup est envisagé. A ce stade de la mission (G1), deux hypothèses sont à l'étude :

- Un franchissement avec une passerelle piéton cycle,
- Un franchissement avec un pont routier.

Des dispositifs d'infiltration seront probablement réalisés. Ces derniers nécessitent donc la réalisation d'essais de perméabilité complémentaires.

Les niveaux finis des projets ne sont pas encore définis.

Des modifications de voiries sont en projet. L'objectif de cette étude est de fournir les données d'entrée nécessaires à l'étude de réalisation de nouvelles voiries. En fonction des objectifs finaux, les voiries existantes pourront être conservées.

## **III DOCUMENTS REMIS POUR L'ETUDE**

Cette étude a été réalisée à partir des documents suivants :

- Vue en plan schématique des zones humides et bassins versants (format jpg),
- Cahier des charges géotechniques réalisé par SCE Aménagement & environnement (18 pages),
- Plan d'implantation des sondages proposé par LOD/SCE (7 pages).

## **IV RECONNAISSANCE DE SOL**

La reconnaissance géotechnique d'avant-projet de type G1, au sens de la norme NF P94-500 de novembre 2013, a pour objectif de préciser la nature et les caractéristiques des différentes couches pour définir au mieux l'adaptation au sol des ouvrages envisagés.

Pour cette mission, qui constitue l'étape 1 des missions d'ingénierie géotechnique de la norme NF P94-500 du 30 novembre 2013, APC Ingénierie a réalisé les investigations suivantes :

- **2 sondages pressiométriques** SP1 et SP2 descendus respectivement à **8,96 m (arrêt) et 8,75 m (arrêt)** de profondeur,
- **3 sondages piézométriques** PZ1, PZ2 et PZ3 descendus respectivement **5,99 m, 6,24 m et 6,01 m** de profondeur avec **un suivi** du niveau mensuel pendant 6 mois,
- **15 forages** réalisés à la **tarière Ø 63 mm** ou en **roto-percussion Ø 64 mm**, descendus à **2,0 m** de profondeur ou au refus.
- **3 sondages à la pelle mécanique PM1 et PM3 descendus à environ 2,0 m de profondeur,**
- **3 identifications GTR** sur les échantillons prélevés à la pelle mécanique comprenant une mesure de la teneur en eau, une analyse granulométrique et une mesure VBS ou limites d'Atterberg,
- **3 identifications GTR des couches de formes (carottages de chaussée)** comprenant une mesure de la teneur en eau, une analyse granulométrique et une mesure VBS ou limites d'Atterberg.
- **3 essais d'aptitude au traitement selon deux dosages (NF P 94-078 & NF P 94-093) et 3 essais Proctor sur matériaux traités,**
- **14 essais de perméabilité** de type MATSUO,
- **3 prélèvements de terre végétale sur lesquels une granulométrie et les analyses du pack type TGC2 ont été effectuées,**
- **9 carottages pour la recherche d'amiante et HAP dans les enrobés,**
- **La réalisation de mesures de** déflexion à l'aide d'un déflectographe sur 2 km aller/retour soit 4 km au total.

Les sondages ont été forés à la tarière de 63 mm de diamètre à l'aide d'une sondeuse ECOFOR 302 et d'une mini pelle mécanique de 2,5T, équipées d'un enregistreur de paramètres. Les essais de déflexion ont été réalisés à l'aide d'un déflectographe du CEREMA.

Les caractéristiques mécaniques ont été déterminées par des essais pressiométriques de type LOUIS MENARD répartis dans les sondages pressiométriques. Ces essais et leur interprétation ont été exécutés selon la norme NF EN ISO 22476-4 de mai 2015.

Suivant le tableau 2 « Classification des missions types d'ingénierie géotechnique » de la norme NF P94-500 joint en annexe, cette étude doit être obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet G2PRO.

## **IV1. SONDAGES PRESSIOMETRIQUES**

### **IV.1.1 Coupes des sondages**

Les sondages ont fait l'objet d'un levé, présenté sur le profil joint en annexe qui regroupe les informations suivantes :

- description sommaire des sols rencontrés lors du forage,
- paramètres de forage (vitesse d'avancement),
- caractéristiques pressiométriques en Mégapascals (MPa) avec :

E<sub>M</sub>     Module de déformation pressiométrique

P<sub>I</sub>     Pression limite

P<sub>F</sub>     Pression de fluage

- remarques sur la présence éventuelle d'eau et niveau,
- observations sur le mode et la conduite des forages.

Les coupes relevées ont mis en évidence les formations suivantes :

Profondeur de la base de la couche (m)	Sondages	SP1	SP2
	Terre végétale	-0,30 m	-0,20 m
	Argile plastique d'altération marron brillant	-1,50 m	-1,50 m
	Altération micaschisteuse marron	-3,50 m	-2,50 m
	Micaschiste altéré à compact	-8,86 m (Arrêt)	-8,75 m (Arrêt)

#### IV.1.2 Essais pressiométriques

Treize essais pressiométriques de type Louis MENARD ont été réalisés et répartis sur la hauteur des sondages.

##### IV.1.2.1 Principe de l'essai (norme NF EN ISO 22476-4)

L'essai consiste à dilater une sonde sous l'effet d'une pression normale. Le contrôle des déformations volumétriques en fonction des pressions appliquées fournit la réponse du sol à des sollicitations radiales jusqu'à la rupture. Cette réponse comporte en général trois phases distinctes :

- une phase de mise en contact,
- une phase pseudo-élastique,
- une phase de rupture.

#### IV.1.2.2 Résultats des essais

Les résultats des essais, exprimés en Mégapascals (MPa) sont regroupés dans le tableau ci-après, avec :

$E_M$  Module de déformation pressiométrique dans le domaine élasto-plastique

$P_l^*$  Pression limite.

$P_r^*$  Pression de fluage.

<b>Formation</b>	<b><math>P_l^*</math> (MPa)</b>	<b><math>P_r^*</math> (MPa)</b>	<b><math>E_M</math> (MPa)</b>	<b>Classe de sol</b>
Argile plastique d'altération marron brillant	0,36 à 0,38	0,56 à 0,59	5,3 à 9,4	Fermes
Altération micaschisteuse marron	0,59 à 1,49	1,09 à 2,25	9,9 à 29,9	Très altéré
Micaschiste altéré à compact	1,99 à 3,91	3,38 à 3,91	55,9 à 201,6	Altéré

Les sols en présence sont classés selon l'Annexe A de la norme NF P 94-261 (tableau A.2.1) en fonction de leurs caractéristiques mécaniques.

## **IV2. SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE**

Trois sondages à la pelle mécanique de 2,5 tonnes ont été réalisés. Ces sondages ont permis de déterminer la nature des formations géologiques et la profondeur des venues d'eau, d'apprécier les conditions de terrassement des terrains et de prélever des échantillons en quantité suffisante pour les essais en laboratoire.

Les coupes relevées ont mis en évidence les formations suivantes :

<b>SONDAGE PM1</b>	
0,00 à 0,10 m	Terre végétale limoneuse
0,10 à 0,90 m	Argile limoneuse d'altération marron à ocre
0,90 m à 2,00 m	Micaschiste altéré marron clair à gris à matrice limono-sableuse. Quelques cailloux et plaquettes jusqu'à 10 à 15 cm.
Arrêt – bout de flèche de pelle Tenue de la fouille : bonne	

L'analyse de terre végétale TV1 a été réalisée sur le sondage PM1.

<b>SONDAGE PM2</b>	
0,00 à 0,10 m	Terre végétale limoneuse
0,10 à 0,70 m	Remblais
0,90 m à 2,00 m	Micaschiste plus ou moins dure friable sous forme de cailloux. Ocre, gris à bleu
Arrêt – bout de flèche de pelle Tenue de la fouille : bonne Venue d'eau à 1,50 m de profondeur.	

L'analyse de terre végétale TV2 a été réalisée sur le sondage PM2.



Photo PM2

<b>SONDAGE PM3</b>	
0,00 à 0,40 m	Terre végétale et limon terreux
0,40 à 0,70 m	Argile limoneuse d'altération marron ocre
0,70 à 1,10 m	Argile limoneuse d'altération marron ocre à gris
1,10 m à 2,10 m	Argile limoneuse d'altération gris à marron
Refus – venue d'eau Tenue de la fouille : bonne	

Les résultats des analyses granulométriques sont présentés en annexes.

### **IV3. SONDAGES A 2,0 M**

Les coupes des 15 forages/fouilles sont annexées au rapport. Une partie des sondages à 2,0 m a été réalisée à la pelle mécanique (conditions d'accès difficiles avec la machine de forage sur chenilles).

## **IV4.HYDROGEOLOGIE**

### **IV.4.1 Piézométrie**

Lors de la campagne de reconnaissance en janvier 2022, des niveaux d'eau ont été observés dans certains forages.

Sondages	Profondeur du niveau d'eau (m)
SP1	0,1 m forage à l'air
SP2	2,0 m forage à l'air
SD1+PZ1	2,0 m après le forage à l'air
SD2	/
SD3	/
SD4	/
SD5	/
SD6	/
SD7+PZ2	/
SD8	/
SD9	/
SD10	/
SD11	/
SD12	/
SD13	/
SD14	/
SD15	/
SD16	/
SD17+PZ3	0,40 m le lendemain (forage à l'air)
SD18	/
PM2	Venue d'eau à 1,50 m

3 piézomètres ont été installés dans la zone. Un suivi piézométrique sera réalisé avec relevé mensuel pendant 6 mois.

Ces observations, ayant un caractère ponctuel et instantané, n'excluent pas la possibilité de circulations et de remontées d'eau plus importantes.

#### IV.4.2 Perméabilité

APC INGENIERIE a réalisé en décembre 2021, 11 essais de type MATSUO (résultats détaillés en Annexe).

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Sondage	Nature du sol	Profondeur / TN (m)	Perméabilité (m/s)
MA1	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse	1.00	$7,6.10^{-6}$
MA2	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse	1.00	$3,9.10^{-6}$
MA3	Terre végétale limoneuse et altération argilo micaschisteuse	1.00	$1,1.10^{-5}$
MA4	/	1.00	$2,1.10^{-5}$
MA5	/	1.00	$7,7.10^{-6}$
MA6	/	1.00	$7,6.10^{-6}$
MA7	Terre végétale, argile d'altération et micaschiste altéré	1.00	$3,5.10^{-6}$
MA8	Terre végétale limoneuse et micaschiste altéré	1.00	$4,7.10^{-6}$
MA9	Terre végétale limoneuse et micaschiste altéré	1.00	$2,9.10^{-6}$
MA10	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse	1.00	$3,4.10^{-7}$
MA11	Terre végétale limoneuse et micaschiste	1.00	$2,8.10^{-6}$
MA12	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse	1.00	$1,5.10^{-6}$
MA13	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse	1.00	$1,0.10^{-6}$
MA14	Terre végétale limoneuse et altération micaschisteuse /	1.00	$9,0.10^{-7}$

## **IV5. ESSAIS EN LABORATOIRE**

Les matériaux remaniés prélevés lors des sondages à la pelle mécanique ont fait l'objet, en laboratoire, des essais ci-après :

- Mesure de la teneur en eau naturelle,
- Analyse granulométrique,
- Sédimentométrie,
- Valeur au bleu,
- Limites d'Atterberg,
- Valeur de l'indice de portance Immédiat (IPI).

### **IV.5.1 Classification GTR**

Les résultats obtenus sont regroupés ci-après :

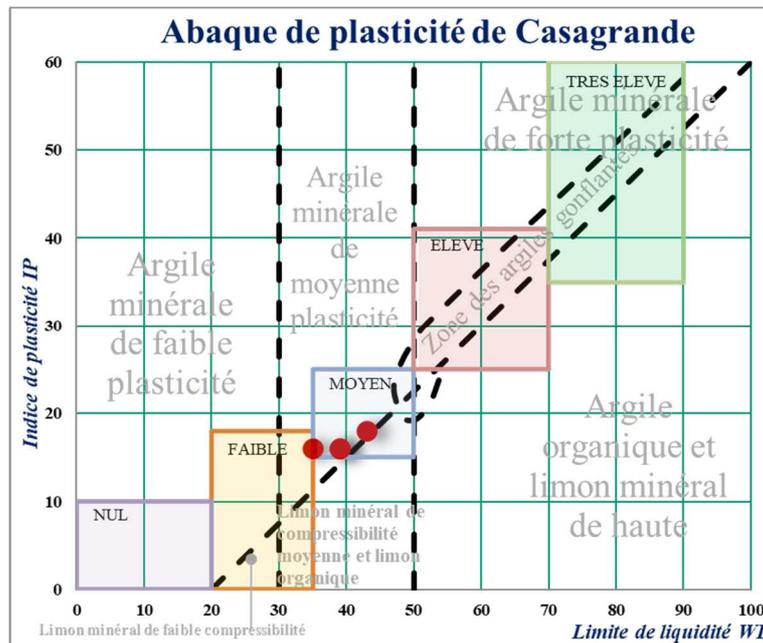
<b>Sondage</b>		<b>SP1</b>	<b>SP2</b>	<b>PM1</b>	<b>PM2</b>	<b>PM3</b>
Profondeur de l'échantillon (m/TN)		0,3 – 1,50	0,3 – 2,0	0,4 - 0,9 m	0,7 – 2,1 m	0,4 – 0,7 m
Nature		Argile marron molle	Argile marron molle à graves	Argile graveleuse marron	Grave argileuse grise humide	Argile marron à rares graves
Teneur en eau naturelle $W_N$ (%)		21,7	16,9	23,7	8,7	22
<b>VBS</b> (g/100g)		1,71	1,05	/	0,30	/
<b>Limites d'Atterberg</b>						
Limite de plasticité %		25	23	39	/	35
Limite de liquidité %		43	39	23	/	19
Indice de plasticité %		18	23	16	/	16
<b>D<sub>max</sub></b> (mm)		12,5 mm	20 mm	40 mm	100 mm	31,5 mm
<b>Analyse granulométrique</b>						
< 63 mm (%)		100,0	100,0	100,0	94,4	100,0
< 53 mm (%)		100,0	100,0	100,0	82,6	100,0
< 40 mm (%)		100,0	100,0	100,0	70,5	100,0
< 31,5 mm (%)		100,0	100,0	98,9	58,3	100,0
< 20 mm (%)		100,0	100,0	95,2	39,9	99,6
< 16 mm (%)		100,0	100,0	93,3	33,4	99,1
< 12,5 mm (%)		100,0	100,0	90,5	28,2	98,1

< 10 mm	(%)	99,8	96,7	90,0	24,9	97,8
< 6,3 mm	(%)	97,9	90,9	89,2	21,4	97,0
< 5 mm	(%)	97,2	88,5	88,9	20,1	96,5
< 2 mm	(%)	91,2	73,8	86,9	17,0	94,2
< 1 mm	(%)	87,5	68,7	85,7	15,6	91,9
< 0,5 mm	(%)	82,9	64,6	83,4	14,4	88,1
< 0,25 mm	(%)	75,0	59,5	79,2	13,0	80,9
< 0,16 mm	(%)	69,0	55,2	76,5	11,8	77,2
< 0,08 mm	(%)	62,2	50,2	73,8	10,9	73,9
<b>Classification GTR</b>		<b>A<sub>2</sub> (th)</b>	<b>A<sub>2</sub> (th)</b>	<b>A<sub>2</sub> (th)</b>	<b>C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (m)</b>	<b>A<sub>2</sub> (th)</b>
<b>W opt</b>	(%)			<b>17,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>
<b>Aptitude au traitement</b>		/	/	<b>Oui (2<sup>e</sup> dosage)</b>	<b>Non</b>	<b>Oui (2<sup>e</sup> dosage)</b>
<b>W opt traité</b>	(%)	/	/	<b>19</b>	<b>10,2</b>	<b>19,2</b>

Les sols **A<sub>2</sub>** correspondent à des argiles (ou des arènes à dominante argileuse) peu plastiques. Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement si la teneur en eau n'est pas trop élevée (ce qui était le cas en janvier 2022).

Les sols **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** correspondent à des matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/50mm dépasse 60 à 80%. Ces sols correspondent à des graves argileuses.

D'après le diagramme de Casagrande amendé par les conclusions de Massonnet (1997) et Holtz et al. (1973) sur les argiles gonflantes, les sols testés ont un risque moyen vis-à-vis des argiles gonflantes.



**Conclusion :** Compte tenu des résultats des essais et de la compacité de la formation, le risque de retrait-gonflement apparaît moyen dans les argiles marneuses observé sur SP1, SP2, PM1 et PM3.

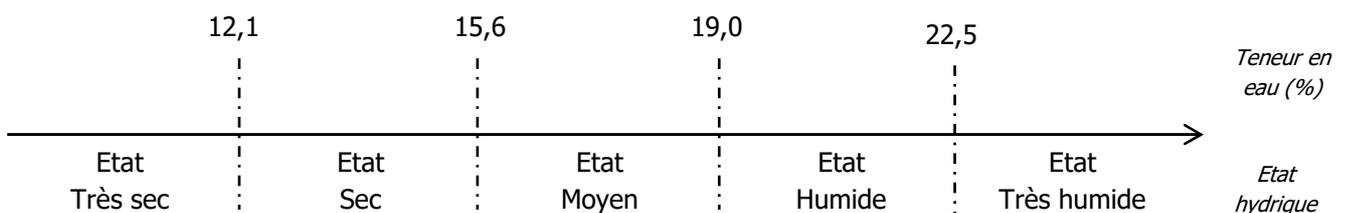
#### IV.5.2 Essais Proctor

Trois essais Proctor ont été réalisés sur certains échantillons prélevés pour préciser le sous-classement selon l'état hydrique des sols en présence, dont les résultats sont les suivants :

Echantillon PM1 – Argile graveleuse marron – classe A<sub>2</sub> :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 17,3 \%$ ,
- Teneur en eau naturel =  $23,7 \%$
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \text{ max} = 1,76 \text{ t/m}^3$ ,

L'état hydrique des matériaux sera donc le suivant :

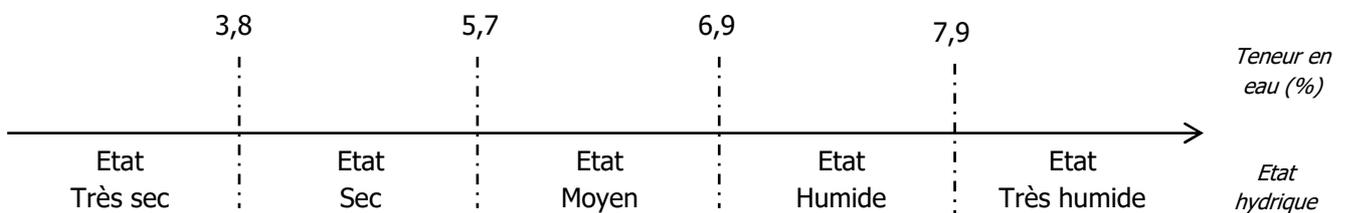


Lors des prélèvements en date du 04 Mai 2021, l'échantillon PM2 d'argile graveleuse marron classé **A<sub>2</sub>** était dans un état hydrique **très humide (th)**.

Echantillon PM2 – Grave argileuse grise humide – classe **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 6,3 \%$ ,
- Teneur en eau naturel =  $8,7 \%$
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \text{ max} = 2,27 \text{ t/m}^3$ ,

L'état hydrique des matériaux sera donc le suivant :

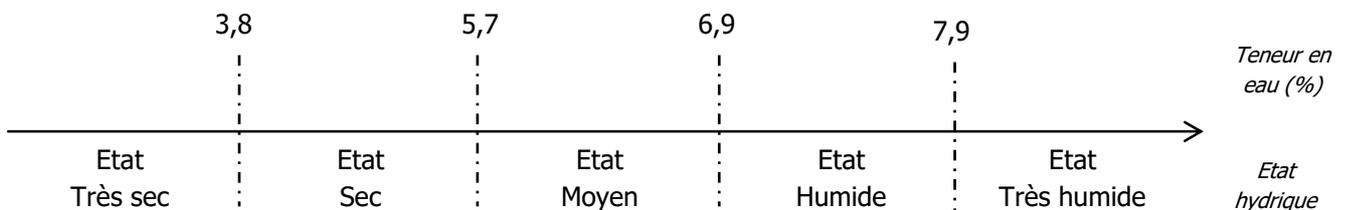


Lors des prélèvements en date du 04 Mai 2021, l'échantillon RF3 d'altération d'amphibolite classé **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** était dans un état hydrique **moyen (m)**.

Echantillon PM3 – Argile marron à rares graves – classe **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 6,3 \%$ ,
- Teneur en eau naturel =  $8,7 \%$
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \text{ max} = 2,27 \text{ t/m}^3$ ,

L'état hydrique des matériaux sera donc le suivant :



Lors des prélèvements en date du 04 Mai 2021, l'échantillon RF3 d'altération d'amphibolite classé **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** était dans un état hydrique **moyen (h)**.

### IV.5.3 Test d'aptitude au traitement et proctor post traitement

Trois essais d'aptitude au traitement à la chaux et aux liants hydrauliques (deux dosages) ont été réalisés sur les échantillons prélevés en PM1, PM2 et PM3.

Les résultats des tests d'aptitude sont les suivants :

#### IV.5.3.1 PM1

##### **Echantillon PM1 – 0,40 -0,90 m – A<sub>2</sub> – Argile graveleuse marron (1er dosage) :**

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v\ 7j}$ (%)	/	/	/	1,4	1,6	0,8
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,19	0,15	0,20	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v\ 7j}$  compris entre 0,8 % et 1,6 % : aptitude du sol adaptée (< 5%),
- $R_{ti}$  compris entre 0,15 et 0,20 MPa : aptitude du sol douteuse (0,10 Mpa <  $R_{ti}$  < 0,15 MPa).

**Au dosage de 5 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau A<sub>2</sub> est douteux au sens du guide technique de traitement des sols.**

##### **Echantillon PM1 – 0,40 -0,90 m – A<sub>2</sub> – Argile graveleuse marron (2e dosage):**

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v\ 7j}$ (%)	/	/	/	1,1	0,5	1,0
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,34	0,31	0,27	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v\ 7j}$  compris entre 0,5 % et 1,1 % : aptitude du sol adaptée (< 5%),
- $R_{ti}$  compris entre 0,27 et 0,34 MPa : aptitude du sol adaptée ( $R_{ti}$  > 0,20 MPa).

**Au dosage de 7 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau classé – A<sub>2</sub> est adapté au sens du guide technique de traitement des sols.**

*IV.5.3.2 PM2*

**Echantillon PM2 – 0,70 -2,10 m – C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> – Grave argileuse grise humide (1er dosage)**

⋮

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v \ 7j}$ (%)	/	/	/	8,2	10,7	11,3
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,41	0,51	0,29	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v \ 7j}$  compris entre 8,2 % et 11,3 % : aptitude du sol inadaptée ( $G_{v \ 7j} > 10\%$ ),
- $R_{ti}$  compris entre 0,29 et 0,51 MPa : aptitude du sol adaptée ( $0,20 \text{ Mpa} > R_{ti}$ ).

**Au dosage de 5 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> est inadapté au sens du guide technique de traitement des sols.**

**Echantillon PM2 – 0,70 -2,10 m – C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> – Grave argileuse grise humide (2e dosage) :**

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v \ 7j}$ (%)	/	/	/	7,6	12,7	11,3
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,50	0,62	0,61	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v \ 7j}$  compris entre 7,6 % et 12,7 % : aptitude du sol inadaptée ( $G_{v \ 7j} > 10\%$ ),
- $R_{ti}$  compris entre 0,50 et 0,62 MPa : aptitude du sol adaptée ( $R_{ti} > 0,20 \text{ MPa}$ ).

**Au dosage de 7 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau classé – C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> est inadapté au sens du guide technique de traitement des sols.**

*IV.5.3.3 PM3*

**Echantillon PM3 – 0,40 -0,70 m – A<sub>2</sub> – Argile marron à rares graves (1er dosage) :**

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v\ 7j}$ (%)	/	/	/	0,0	1,0	0,0
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,16	0,21	0,18	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v\ 7j}$  compris entre 0 % et 1,0 % : aptitude du sol adaptée ( $G_{v\ 7j} < 5\%$ ),
- $R_{ti}$  compris entre 0,18 et 0,21 MPa : aptitude du sol douteuse ( $0,10\ \text{Mpa} < R_{ti} < 0,20\ \text{Mpa}$ ).

**Au dosage de 5 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau A<sub>2</sub> est douteux au sens du guide technique de traitement des sols.**

**Echantillon PM2 – 0,40 -0,70 m – A<sub>2</sub> – Argile marron à rares graves (2e dosage) :**

	<b>Eprouvettes</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Gonflement volumique $G_{v\ 7j}$ (%)	/	/	/	0,2	1,0	0,0
Résistance à la traction indirecte $R_{ti}$ (MPa)	0,26	0,27	0,26	/	/	/

Synthèse des résultats :

- $G_{v\ 7j}$  compris entre 0 % et 1,0 % : aptitude du sol adaptée ( $G_{v\ 7j} < 5\%$ ),
- $R_{ti}$  compris entre 0,26 et 0,27 MPa : aptitude du sol adaptée ( $R_{ti} > 0,20\ \text{MPa}$ ).

**Au dosage de 7 % de liant routier de type ROLAC Optimum SPLC et 1 % de chaux, le traitement du matériau classé – A<sub>2</sub> est adapté au sens du guide technique de traitement des sols**

#### **IV.5.4 Essais Proctor sur matériau traité**

Trois essais Proctor ont été réalisés sur les échantillons traités provenant des sondages PM1, PM2 et PM3 dont les résultats sont les suivants :

Echantillon PM1 – Argile graveleuse marron - traitement 1% CaO + 5% Rolac Optimum SPLC – classe A<sub>2</sub>(th) :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 19,0 \%$  (sur la fraction 0/20),
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \max = 1,82 \text{ t/m}^3$  (sur la fraction 0/20).

Echantillon PM2 – Grave argileuse grise humide - traitement 1% CaO + 5% Rolac Optimum SPLC – classe C<sub>1</sub> B<sub>5</sub> (m) :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 10,2 \%$  (sur la fraction 0/20),
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \max = 1,95 \text{ t/m}^3$  (sur la fraction 0/20).

Echantillon PM3 – Argile marron à rares graves - traitement 1% CaO + 5% Rolac Optimum SPLC – classe A<sub>2</sub> (th) :

- teneur en eau à l'optimum  $w_{OPN} = 19,2 \%$  (sur la fraction 0/20),
- masse volumique apparente sèche  $\gamma_d \max = 1,70 \text{ t/m}^3$  (sur la fraction 0/20).

#### **IV.5.5 Analyses de terre végétale**

Trois analyses sur la terre végétale ont été réalisées. Les résultats de ces analyses sont présents en annexe du rapport (TV1,TV2 et TV3).

#### **IV.5.6 Classification GTR de la couche de forme sous la voirie actuelle**

Des prélèvements ont été réalisés dans la couche de forme sous la voirie à l'emplacement des carottages de chaussée (voir paragraphes suivants et résultats en annexe).

Des graves sableuses grises marrons ont été prélevées et classées en B5 (SC1/SC8/SC9/SC10). Des graves argileuses ont été prélevées et classées en B5 (SC2/SC4). Des graves sableuses marrons sèches ont été prélevées et classées également en B5 (SC3/SC5). Les teneurs en eau de chaque échantillon sont présents en annexe du rapport.

## V SISMICITE

D'après le nouveau zonage sismique (décret N°2010-1255 du 22 Octobre 2010), la commune de **THOUARE-SUR-LOIRE (44)** se situe en **zone sismique 3 (aléa modéré)**.

### V1. ANALYSE DU RISQUE DE LIQUEFACTION

D'après la norme NF P06-013 (Règles parasismiques PS 92), article 9.1.2, un sol est suspect de liquéfaction si, selon sa nature, il répond aux critères ci-après :

#### Sables, sables vasards et silts

- degré de saturation  $S_r$  voisin de 100 %,
- granulométrie uniforme correspondant à un coefficient d'uniformité  $C_u$  inférieur à 15,
- diamètre à 50 % ( $D_{50}$ ) compris entre 0,05 mm et 1,5 mm,
- contrainte effective en l'état final du projet  $\sigma'_v < 0,20$  MPa.

#### Sols argileux

- diamètre à 15% ( $D_{15}$ ) supérieur à 0,005 mm,
- limite de liquidité  $W_L$  inférieure à 35 %,
- teneur en eau naturelle  $W_N$  supérieure à 0,9  $W_L$ ,
- point représentatif sur le diagramme de plasticité (diagramme de Casagrande) se situant au-dessus de la droite « A » du dit diagramme.

Les résultats obtenus sur les échantillons SP1 et SP2 testés en laboratoire et leur comparaison avec les différents critères correspondants (sol argileux) sont indiqués ci-après :

Critère (argileux)	Echantillon (SP1 : 0,3 à 1,5 m) Argile plastique	Echantillon (SP2 : 0,2 à 2,0 m) Argile plastique
( $D_{15}$ ) supérieur à 0,005 mm	Possible	Possible
$W_L$ inférieure à 35 %	Non	Non
$W_N$ supérieure à 0,9 $W_L$	Non	Non
au-dessus de la droite « A » de Casagrande	Oui	Oui
<b>Suspect au risque</b>	<b>NON</b>	<b>NON</b>

Les résultats obtenus sur les échantillons PM1 et PM3 testés en laboratoire et leur comparaison avec les différents critères correspondants (sol argileux) sont indiqués ci-après :

Critère (argileux)	PM1 (0,4 – 0,9 m)	PM3 (0,4 – 0,7 m)
(D <sub>15</sub> ) supérieur à 0,005 mm	Possible	Possible
W <sub>L</sub> inférieure à 35 %	Non	Non
W <sub>N</sub> supérieure à 0,9 W <sub>L</sub>	Non	Non
au-dessus de la droite « A » de Casagrande	Oui	Oui
<b>Suspect au risque</b>	<b>NON</b>	<b>NON</b>

Pour PM2, nous utilisons le critère sableux :

Critère (sableux)	PM2 (0,7 – 2,1 m)
Sr voisin de 100%	Possible sous nappe
Cu < 15	Non
0,05 mm < D <sub>15</sub> < 1,5 mm	Non
$\sigma' < 0,20$ Mpa	Possible
<b>Suspect au risque</b>	<b>NON</b>

Le risque de liquéfaction est nul sur les échantillons testés.

## **V2. CHOIX DE LA CLASSE DU SOL**

En première approche, au niveau du futur ouvrage de franchissement du ruisseau du Guette Loup (au droit de SP1 et SP2), sous séisme selon le tableau 3.1 du paragraphe 3.1.2 de l'EUROCODE 8 – partie 1, la zone du projet se situe en **classe A**.

## **VI MESURE DE DEFLEXION AU DEFLECTOGAPHE**

Le PV d'essais de déflexion ainsi que son interprétation est annexé au rapport. Les voiries sont classées entre D3 et D7 en fonction des zones (voir les annexes).

## **VII RECHERCHE AMIANTE ET HAP DANS LES ENROBES**

Le rapport de diagnostic est annexé au rapport.

## **VIII SYNTHESE GEOTECHNIQUE**

### **VIII1. CONTEXTE GEOTECHNIQUE**

L'interprétation des coupes de sondages s'effectue par examen des matériaux remontés et à partir des enregistrements de paramètres visualisant leur différenciation mécanique. Cette interprétation peut conduire à des imprécisions sur la limite entre couches.

- Au droit du futur ouvrage de franchissement :

Les reconnaissances ont mis en évidence une couche d'argile plastique d'altération marron peu compacte surmontant une couche d'altération micaschisteuse marron jusqu'à 3,50 m à 3,80 m de profondeur. Sous cette couche, le substratum de micaschiste altéré à compact verdâtre à gris a été observé.

- Sur les autres zones :

Les sondages à 2,0 m de profondeur ainsi que la pose des piézomètres ont permis d'identifier une couche d'argile d'altération en surface jusqu'à 0,60 à 1,50 m de profondeur (variable selon les zones). Sous cette couche, une altération micaschisteuse marron à jaune a été observée. Cette couche d'altération est plus ou moins compacte selon les zones. Au centre de la zone (topographie plus haute), le substratum de micaschiste altéré a été atteint à des profondeurs variables entre environ 1,0 m et 2,0 m. Sur les sondages à l'Ouest et à l'Est de la zone, ce substratum altéré n'a pas été atteint (sondages limités à 2,0 m de profondeur).

Notons qu'il est difficile de caractériser finement l'état d'altération du micaschiste à partir d'essais destructifs à la tarière, celui-ci variant entre argile d'altération, altération micaschisteuse argileuse et micaschiste altéré.

## VIII.2. CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des terrains au droit des sondages **SP1 et SP2** ( $E_M$  : module pressiométrique,  $P_i^*$  : pression limite nette) ont été déterminées par des essais pressiométriques. L'analyse statistique des essais conduit aux résultats suivants :

Formation	Argile plastique d'altération marron brillant		Altération micaschisteuse marron		Micaschiste altéré à compact	
	$P_i^*$ (MPa)	$E_M$ (Mpa)	$P_i^*$ (Mpa)	$E_M$ (Mpa)	$P_i^*$ (Mpa)	$E_M$ (Mpa)
Nombre de valeurs	2	2	4	4	7	7
Valeur minimum	0,56	5,30	1,09	9,90	3,38	55,90
Valeur maximum	0,59	9,40	2,25	29,90	3,91	201,60
Moyenne arithmétique	0,58	<b>7,35</b>	1,61	<b>20,80</b>	3,64	<b>127,89</b>
Moyenne harmonique	0,57	6,78	1,48	17,27	3,62	106,28
Moyenne géométrique	<b>0,57</b>	7,06	<b>1,55</b>	19,07	<b>3,63</b>	117,27
Ecart type	<b>0,02</b>	2,90	<b>0,54</b>	9,15	<b>0,26</b>	53,52
Coefficient de variation <sup>(1)</sup>	0,04	0,39	0,33	0,44	0,07	0,42

(1) Coefficient de variation = Ecart type / Moyenne arithmétique

Les caractéristiques mécaniques retenues sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Formation	Argile plastique d'altération marron brillant			Altération micaschisteuse marron		
	$P_i^*$ (MPa)	$E_M$ (MPa)	Coefficient rhéologique $\alpha$	$P_i^*$ (MPa)	$E_M$ (MPa)	Coefficient rhéologique $\alpha$
Valeurs caractéristiques <sup>(2)</sup>	0,56	5,9	0,66	1,28	16,22	0,66

Formation	Micaschiste altéré à compact		
	Pi* (MPa)	EM (MPa)	Coefficient rhéologique $\alpha$
Valeurs caractéristiques <sup>(2)</sup>	3,50	101,1	0,66

(2) Pour les valeurs caractéristiques, nous avons retenu la valeur moyenne en gras dans le tableau ci-dessus moins 1/2 écart type ou un abattement de 20% dans le cas d'une valeur unique.

Ces valeurs devront être précisées en phase G2 PRO par des sondages complémentaires. Notons que ces valeurs correspondent uniquement à une petite zone à l'Ouest de la surface étudiée.

## IX OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT

### IX1. FONDATIONS

A ce stade du projet, un ouvrage de franchissement du ruisseau du Guette Loup est envisagé. Deux hypothèses sont à l'étude :

- Un franchissement avec une passerelle piéton cycle,
- Un franchissement avec un pont routier.

En fonction des charges et du type d'ouvrage (routier ou piéton) qui sera retenue, il pourra soit :

- **être retenu un principe de fondation superficielle de type semelles filantes ou isolées, avec un ancrage minimum de 50 cm dans l'altération micaschisteuse marron.** Pour une profondeur d'ancrage supérieur à 2,0 m, une solution de type puits pourra être plus facile à mettre en œuvre. Cette solution sera possible si et seulement si les charges restent relativement faibles (cas d'une passerelle légère piéton par exemple).

Pour cette solution, à titre d'exemple, la profondeur minimum d'ancrage au droit des sondages réalisés sont les suivantes :

Sondages	SP1	SP2
Profondeur d'ancrage (m/TN)	-2,0 m	-2,5 m

- **être retenu un principe de fondation semi-profonde (charges moyennes) à profonde (charges importantes) avec un ancrage dans le micaschiste altéré à compact.**

Une précision concernant les charges et le type d'ouvrage devra être apportée par le client afin de pouvoir réaliser un prédimensionnement de la solution choisie en phase G2 AVP.

## **IX2. PORTANCE**

La portance des fondations superficielles ou profondes sera déterminée en phase G2 AVP.

**Pour chacune de ces solutions, il conviendra de réaliser des sondages complémentaires en phase G2 AVP. Le nombre et la position de ces sondages dépendra de la taille et du type de l'ouvrage.**

# **X VOIRIES**

Nous avons considéré qu'il n'est pas prévu de terrassements généraux en déblais/remblais importants et que les voiries suivront sensiblement la topographie du terrain actuelle.

A ce stade du projet, nous n'avons pas de plans de voiries. Notre analyse se fera donc uniquement au droit des trois sondages à la pelle définis dans le cahier des charges des sondages. La couche de forme aura comme objectif de portance une PF2.

## **X1. CLASSES DE TRAFIC**

A ce stade du projet, nous ne disposons d'aucune information sur la classe de trafic (dépend du nombre de poids lourds par jour). Cette information sera nécessaire en phase G2AVP ou G2 PRO afin de pré dimensionner les épaisseurs de structures de chaussées.

## X2. PLATE-FORME SUPPORT DE CHAUSSEE

### X.2.1 Définition

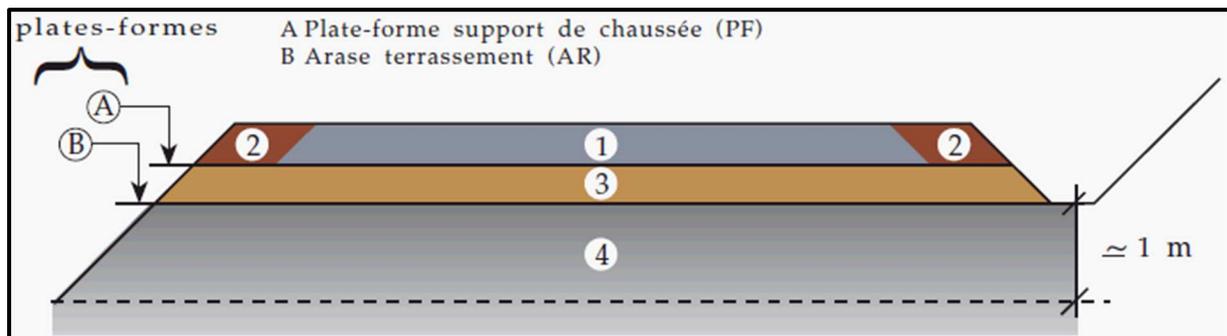
La plate-forme support de chaussée est la surface supérieure de la couche de forme qui présente les qualités requises (portance, nivellement...) pour permettre l'exécution des assises de chaussée, et assurer le bon fonctionnement de la chaussée en service.

La plate-forme support de chaussée est généralement constituée de bas en haut par :

- la **Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.)**, représentée par les sols en place (déblai) ou les matériaux rapportés (remblai) sur une épaisseur d'environ 1,0 m. La surface de la P.S.T. est l'**arase terrassement (AR)**.
- une **couche de forme** qui peut être monocouche ou multicouche.

Le rôle de la couche de forme est d'atteindre les exigences de qualité à prendre en compte :

- à court terme pour la réalisation des couches de chaussée (traficabilité, portance, nivellement),
- à long terme pour le dimensionnement de la chaussée (homogénéisation de la portance et pérennité, drainage, non gélivité).



1. Chaussée (couche de fondation, couche de base et couche de surface).
2. Accotements.
3. Couche de forme.
4. Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.).

**Le dimensionnement des chaussées sera effectué conformément au Catalogue des structures types de chaussées neuves du SETRA LCPC de 1998 / 2000.**

### **X.2.2 Choix de la classe de plate-forme**

La classe de la plate-forme se détermine à partir de l'appréciation du comportement à long terme de la Partie Supérieure des Terrassements, de la nature et de l'épaisseur de la couche de forme retenue.

Trois classes de plate-formes sont à considérer :

<b>Module (MPa)</b>	50	120	200
<b>Classe de plate-forme visée</b>	PF2	PF3	PF4

Dans le cadre du projet, sous les futures voiries, il a été retenu des plates-formes de type **PF2** (à confirmer par la MOA) dont la portance minimale sera caractérisée par un module de déformation EV2, supérieur ou égal à 50 MPa.

Les modules de déformation EV2 seront mesurés par essais à la plaque conformément à la norme NF P94 117-1.

### **X.2.3 Qualification de la portance de la P.S.T.**

Après décapage de la totalité de la terre végétale, des remblais (PM2) et des limons ainsi que des sols remaniés et saturés éventuellement présents en fond de fouille, les plates-formes support des terrassements seront constituées :

- d'argiles limoneuse ou graveleuses marrons d'altération (PM1 et PM3) classées **A<sub>2</sub> (th)** selon le GTR.
- de graves argileuses grises humides, cette couche de micaschiste altéré est (PM2) classée **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (m)** selon le GTR.

Les sols **A<sub>2</sub>** correspondent à des argiles peu plastiques (ou des arènes). Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement si la teneur en eau n'est pas trop élevée (ce qui était le cas en janvier 2022).

Les sols **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>** correspondent à des matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/50mm dépasse 60 à 80%. Ces sols correspondent à des graves argileuses.

#### **X.2.4 Dimensionnement de la couche de forme en fonction de la classe de plate-forme à atteindre :**

Le référentiel utilisé ci-après est le **Guide pour la construction des chaussées à faible trafic de Bretagne – Pays-de-la-Loire** ou la norme NFP 11-300.

Les recommandations devront être précisées en fonction des objectifs de portance attendus.

- En présence d'argiles limoneuses à graveleuses (PM1 et PM3), la plate-forme support des Terrassements (PST) sera classée **PST0-ARO** avec une PST **en A<sub>2</sub>(th)** car ces sols sont à **l'état hydrique très humide**

**D'après le GTR, la solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.**

Dans ce cas de PST, il convient, pour l'obtention d'une plate-forme PF2, d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau d'épaisseur moyenne (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anti-contaminant à l'interface PST – couche de forme). **Les matériaux prélevés en PM1 et PM3 étant adaptés au traitement, on pourra procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,50 m d'épaisseur.** Dans ce cas, on est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte.

La couche de forme pourra être réalisée en matériaux granulaires insensibles à l'eau et compactés par couches minces conformément aux règles de l'art (matériaux d'apport de type R<sub>41</sub> ou R<sub>61</sub> par exemple), ou en matériaux de déblais traités à la chaux et aux liants hydrauliques (pour les matériaux aptes au traitement).

En présence de sols saturés ou remaniés de portance très faible (**ARO**), des purges, des substitutions voire un cloutage devront être envisagées, et définies dans ce cas par un géotechnicien en fonction des conditions rencontrées au moment des travaux.

En présence d'argiles limoneuses à graveleuses marron classées **A<sub>2</sub> (th)** (PM1 et PM3), lorsqu'un nouveau support aura été réalisé afin de passer au minimum à une classe **AR1 (h)**, l'épaisseur de la couche de forme sera au minimum de :

	<b>Pour l'obtention d'une plate-forme PF2- :</b>	<b>Pour l'obtention d'une plate-forme PF2+ :</b>
Dans le cas de déblais sans drainage	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>0,75 m</b> (0,20 m de 0/63 +0,55 m de 0/150)</li> </ul> Ou <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>0,60 m</b> (0,20 m de 0/63 +0,40 m de 0/150)</li> </ul> <b>Sur géotextile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>1,0 m</b> (0,20 m de 0/63 +0,80 m de 0/150)</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>0,85m</b> (0,20 m de 0/63 +0,65 m de 0/150)</li> </ul> <b>Sur géotextile</b>
Dans le cas de déblais avec drainage profond	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>0,60 m</b> (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150)</li> </ul> Ou <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 0,50 m de 0/63 <b>sur géotextile</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>0,80 m</b> (0,20 m de 0/63 + 0,60 m de 0/150)</li> </ul>

**La réalisation d'un traitement à la chaux et au liant hydraulique pourra être réalisée afin de limiter l'épaisseur de la couche de forme (cf essais en laboratoire). Cette solution nécessitera tout de même de réaliser un nouveau support afin de passer au minimum à une classe AR1 (h). En AR0, la circulation de chantier est impossible et le traitement est donc irréalisable.**

- En présence de graves argileuses grises humides (PM2), la plate-forme support des Terrassements (PST) sera classée **PST2-AR1 avec une PST en C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (m)** car ces sols sont à **l'état hydrique moyen (m)** :

Dans ce cas de PST, il convient, pour l'obtention d'une plate-forme **PF2**, de prévoir la réalisation d'une couche de forme peu épaisse. Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme.

La couche de forme pourra être réalisée en matériaux granulaires insensibles à l'eau et compactés par couches minces conformément aux règles de l'art (matériaux d'apport de type R<sub>41</sub> ou R<sub>61</sub> par exemple).

En présence de graves argileuses d'altération micaschisteuse grise de classe **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (m)**, si l'état hydrique du matériau est en état moyen au moment des travaux, il nous paraît possible de retenir une classe **AR1 (m)**, dans ce cas, l'épaisseur de la couche de forme sera au minimum de :

	Pour l'obtention d'une plate-forme PF2- :	Pour l'obtention d'une plate-forme PF2+ :
Dans le cas de déblais sans drainage	➤ <b>0,45 m</b> de 0/63	➤ <b>0,60 m</b> (20 cm de 0/63 + 40 cm de 0/150).
Dans le cas de remblais ou déblai avec drainage	➤ <b>0,30 m</b> de 0/63	➤ <b>0,45 m</b> de 0/63

Si les graves argileuses d'altération micaschisteuse grise de classe **C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (m)** peuvent être utilisées en couche de forme, il conviendra d'éliminer la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme et d'éliminer la fraction sensible à l'eau. La couche de forme avec ces matériaux pourra être de **0,50 m** (ou de **0,40 m** si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme).

### **X.2.5 Vérification de la portance :**

Avant la mise en œuvre des assises de chaussée, les plates-formes ainsi obtenues devront faire l'objet d'un contrôle en réception par essais statiques à la plaque, pour vérifier la qualité de la mise en œuvre :

- pour l'obtention d'une plate-forme **PF2-**, la valeur de référence du module EV2 à obtenir sera  $\geq 50$  MPa.
- pour l'obtention d'une plate-forme **PF2+**, la valeur de référence du module EV2 à obtenir sera  $\geq 80$  MPa.
- pour l'obtention d'une plate-forme **PF3**, la valeur de référence du module EV2 à obtenir sera  $\geq 120$  MPa.

### **X3. STRUCTURE DE CHAUSSEE**

La structure de chaussée est généralement constituée de bas en haut par :

- une couche de fondation,
- une couche de base,
- une couche de surface (couche de roulement et couche de liaison éventuelle).

## XI CONCLUSION

Les sondages ont permis d'observer des argiles d'altération plus ou moins épaisses. La compacité du sol n'est pas connue sur la zone (à l'exception de la partie Ouest avec SP1 et SP2). En fonction du projet, des sondages complémentaires seront nécessaire en phase G2 AVP (nombre et nature des sondages à définir).

Une attention particulière devra être portée sur la période de réalisation des travaux notamment pour les terrassements.

Les résultats des mesures de déflexion et de recherche amiante sont annexés au rapport.

Suivant le tableau 2 "Classification des missions types d'ingénierie géotechnique" de la norme NF P94-500 joint en annexe, cette étude doit être complétée lors de l'étude géotechnique de conception G2 phase projet (G2 PRO suivant dénomination de la norme NF P94 500 de novembre 2013). Il est très vivement conseillé, d'adjointre une mission de type G3 Suivi d'exécution à la charge de l'Entreprise et une mission G4 (Supervision géotechnique d'exécution) à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage.

APC INGENIERIE reste à la disposition des intervenants pour tout complément d'information relatif aux conclusions de la présente étude, dans le respect des critères mentionnés dans les conditions générales jointes en annexes.

A Vigneux-de-Bretagne, le 11 avril 2022.

Le Chargé d'Affaires :



C. COUTAND

**APC INGENIERIE**  
P.A. de la Billaies Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
Tél. : 02.40.86.80.01  
Fax : 02.40.85.29.77

L'Ingénieur Responsable :



S. TURLE

# **ANNEXES**

**ANNEXE 1 : CONDITIONS GENERALES**

**ANNEXE 2 : MISSIONS GEOTECHNIQUES**

**ANNEXE 3 : PLAN DE SITUATION**

**ANNEXE 4 : SITUATION GEOGRAPHIQUE**

**ANNEXE 5 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**

**ANNEXE 6 : SONDAGES**

**ANNEXE 7 : ESSAIS DE LABORATOIRE ET PELLES  
MECANIQUES**

**ANNEXE 8 : ESSAIS MATSUOS**

**ANNEXE 9 : ANALYSES DE TERRE VEGETALE**

**ANNEXE 10 : MESURES DE DEFLEXION**

**ANNEXE 11 : RECHERCHE AMIANTE ET HAP**

# Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
<u>Etape 1 :</u> <b>Étude géotechnique préalable (G1)</b>		Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Étude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
<u>Etape 2 :</u> <b>Étude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Avant-Projet (AVP)</b>		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
<u>Etape 3 :</u> <b>Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du Maître d'Ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) <b>Phase Etude</b> (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) <b>Phase Suivi</b> (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du Maître d'Ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

## Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### **ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

#### **ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

##### *Phase Étude*

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### *Phase Suivi*

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### **SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### *Phase Supervision de l'étude d'exécution*

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

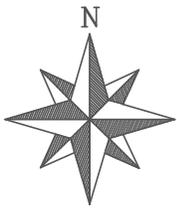
##### *Phase Supervision du suivi d'exécution*

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### **DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



-  Limite de site
-  Piézomètres suivis
-  Puits
-  Piézomètre non retrouvé



## LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT

Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
THOUARE SUR LOIRE (44)

Plan de situation

N° :	22.0025	Date :	17.01.2022	Ech :	/
------	---------	--------	------------	-------	---

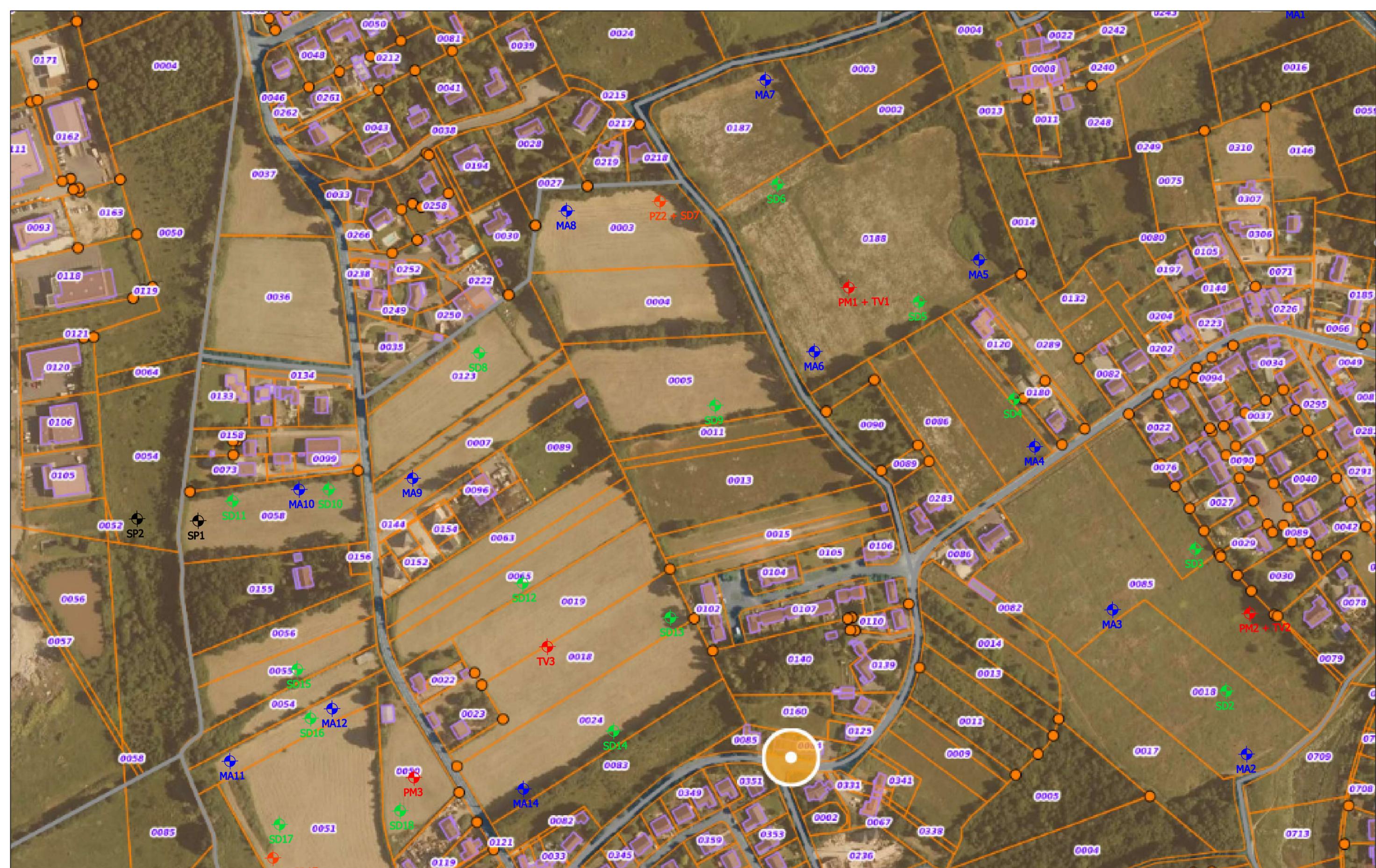


**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**

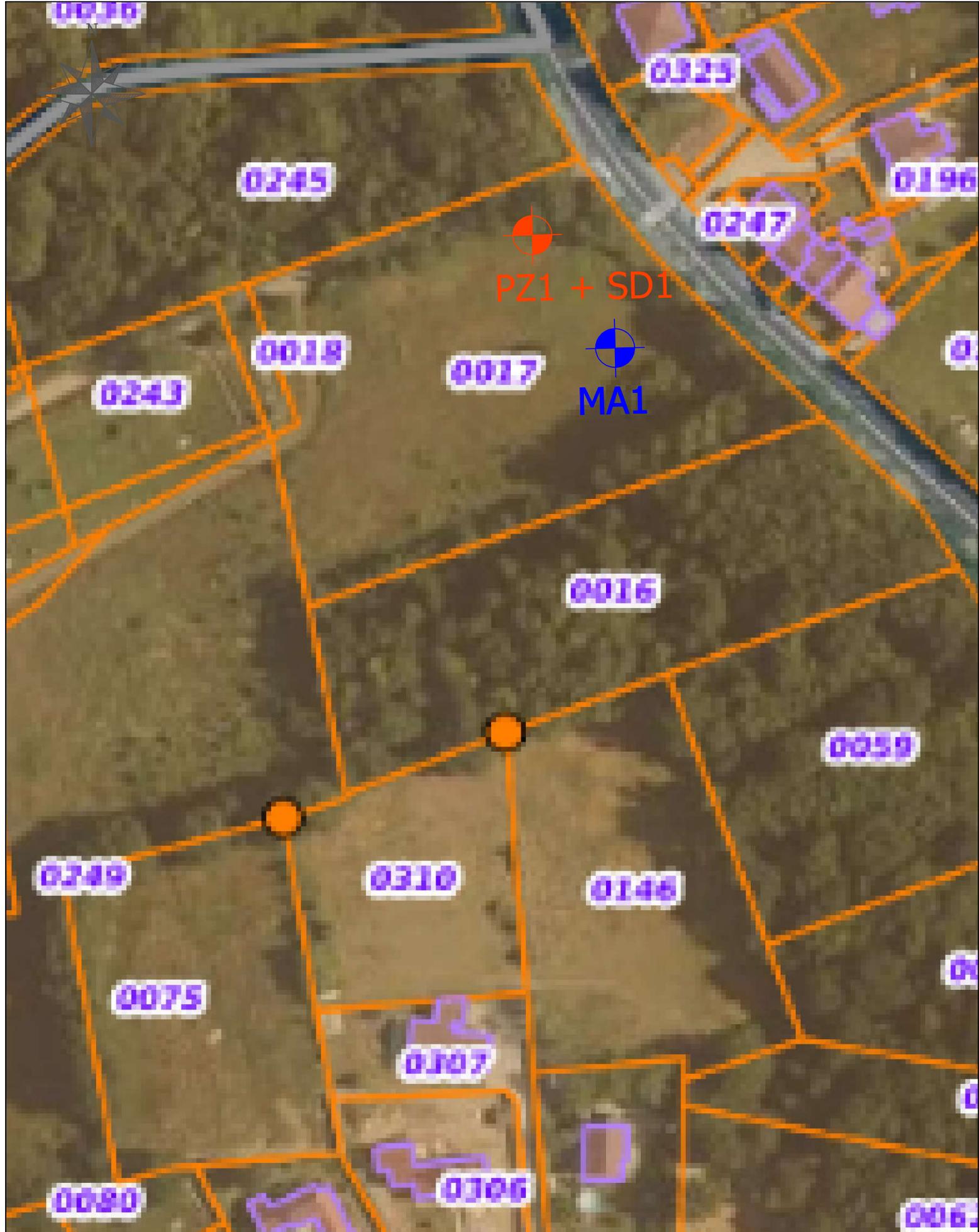
Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
THOUARE SUR LOIRE (44)

Plan de situation géographique

N° :	22.0025	Date :	17.01.2022	Ech :	/
------	---------	--------	------------	-------	---



 Sondages		<b>LOD</b> Aménagement d'une zone d'activité THOUARE SUR LOIRE (44) Plan d'implantation des sondages		
		N° : 22.0025	Date : 05/04/2022	Ech : 1/2500e



Z:\logo_APC.JPG	<b>LOD</b>		
	Aménagement d'une zone d'activités		
	THOUARE SUR LOIRE (44)		
	Implantation des sondages PZ1/SD1/MA1		
N° :	A22.0025	Date :	07/01/2022
		Ech :	1/1000



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD

Norme NF EN ISO 22476-4

Dossier n° : 22.0025

Forage : **SP1**

Date : 26/01/2022

Profondeur : 8,96 m

Opération : **THOUARE-SUR-LOIRE (44)**

X :

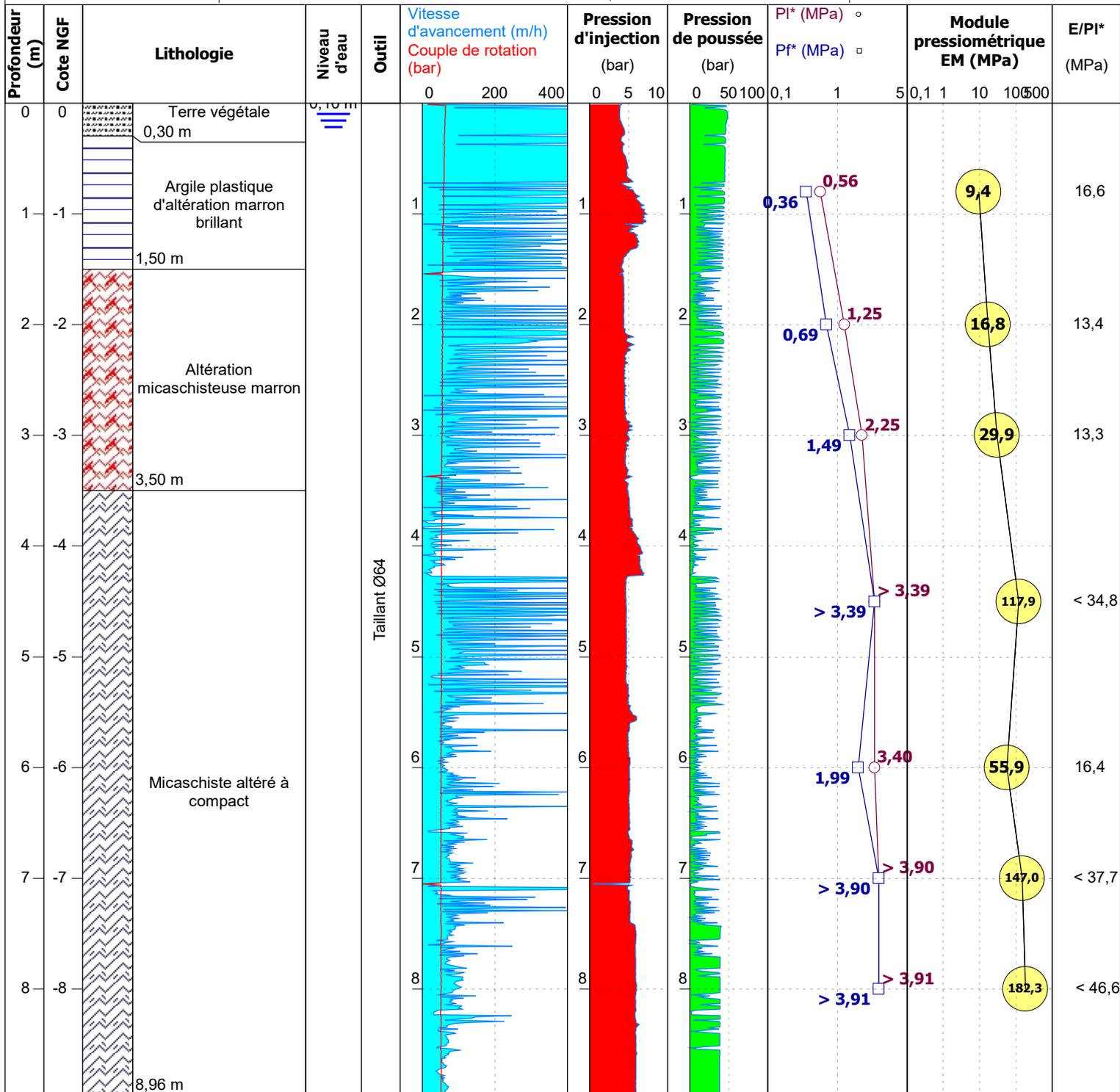
Y :

Z :

Machine : ECOFORE 302.1

Client : LOD

Plan d'implantation en annexe



EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Observations :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD

Norme NF EN ISO 22476-4

Dossier n° : 22.0025

Forage : **SP2**

Date : 25/01/2022

Profondeur : 8,75 m

Opération : **THOUARE-SUR-LOIRE (44)**

X :

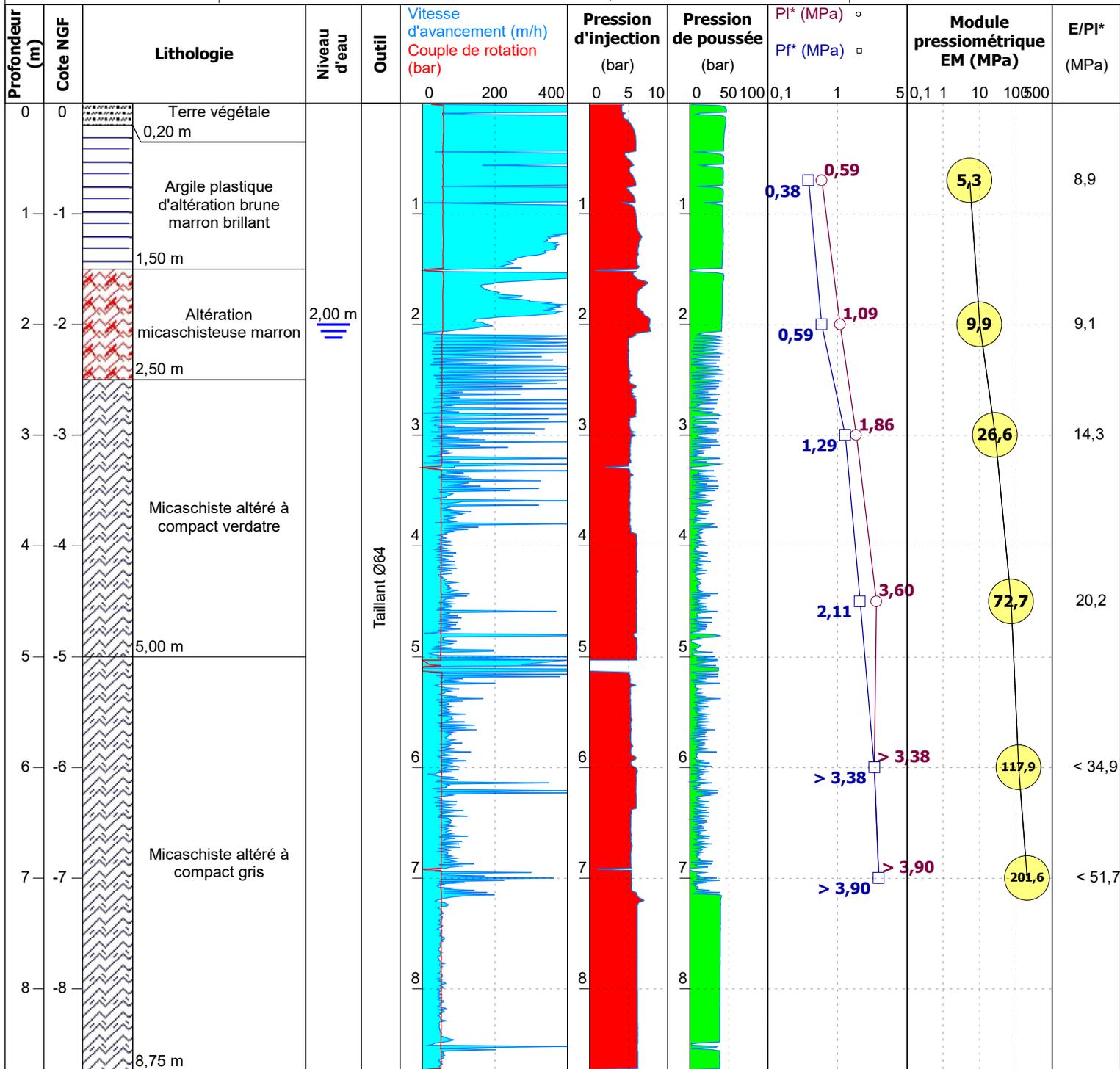
Y :

Z :

Machine : ECOFORE 302.1

Client : LOD

Plan d'implantation en annexe



EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations : Venue d'eau à 3,0 m de profondeur



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD

Norme NF EN ISO 22476-4

Dossier n° : 22.0025

Forage : SD1 + PZ1

X :

Date : 28/01/2022

Y :

Profondeur : 5,99 m

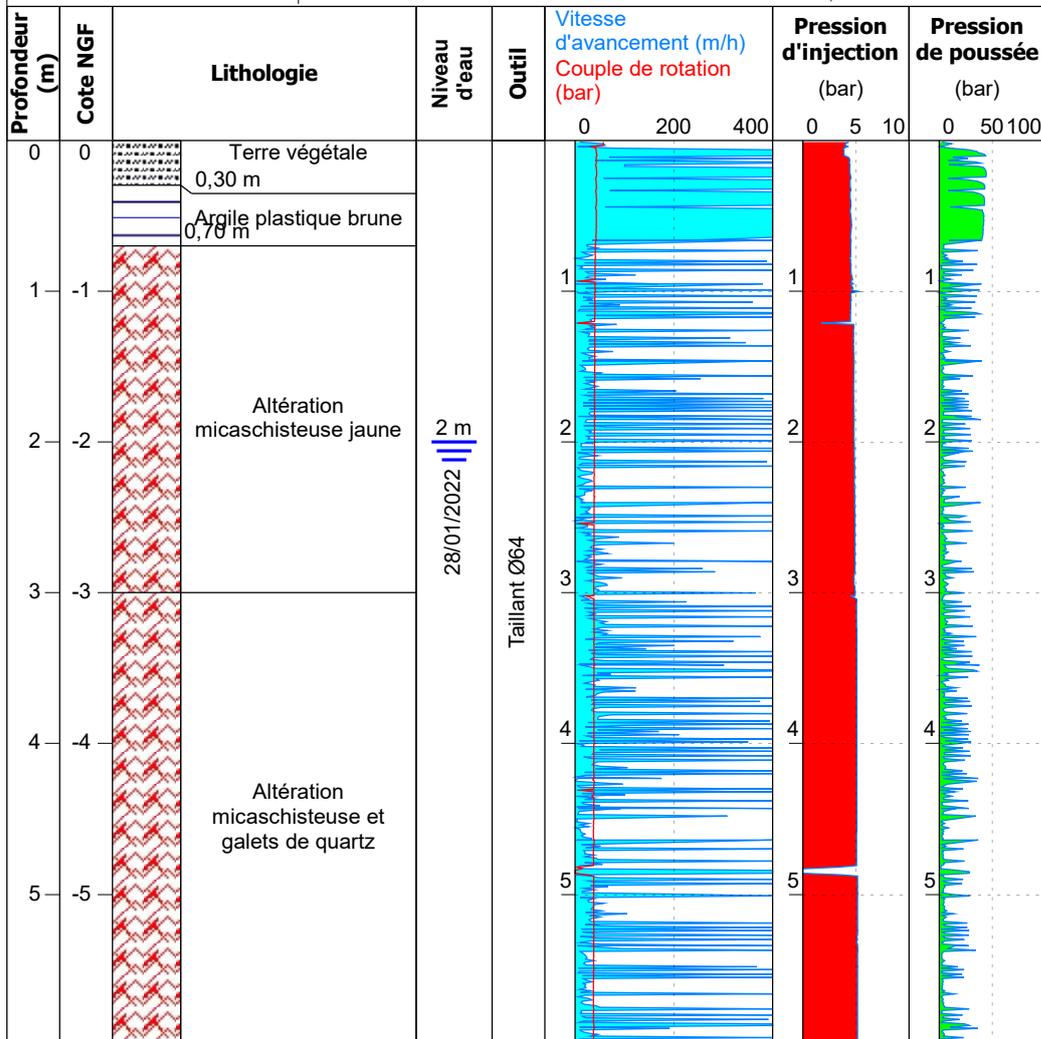
Z :

Client : LOD

Plan d'implantation en annexe

Opération : THOUARE-SUR-LOIRE (44)

Machine : ECOFORE 302.1



EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Observations : Venue d'eau à 3,50 m de profondeur



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD2

**X :**

**Date :** 04/02/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,05 m

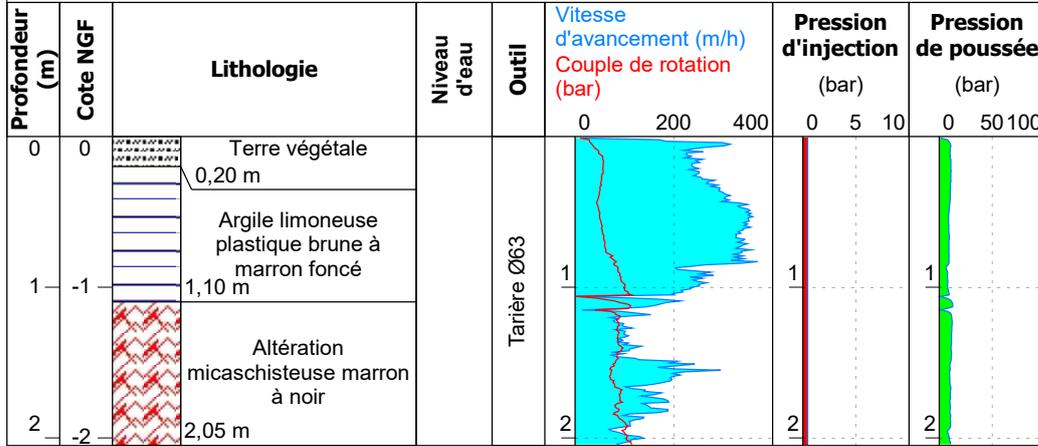
**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD3

**X :**

**Date :** 04/02/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,00 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE

**Machine :** ECOFORE 302

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
					0 200 400	0 5 10	0 50 100
0	0	Terre végétale 0,20 m					
		Argile limoneuse plastique brune à marron foncé 0,80 m		Tarière Ø63			
1	-1						
		Altération micaschisteuse marron 2,00 m					
2							

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD4  
**Date :** 04/02/2022  
**Profondeur :** 2,01 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)      **Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
0	0	Terre végétale 0,20 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100
1	-1	Argile limoneuse plastique marron foncé 1,00 m		1		1	1
2		Altération micaschisteuse marron 2,01 m		2		2	2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

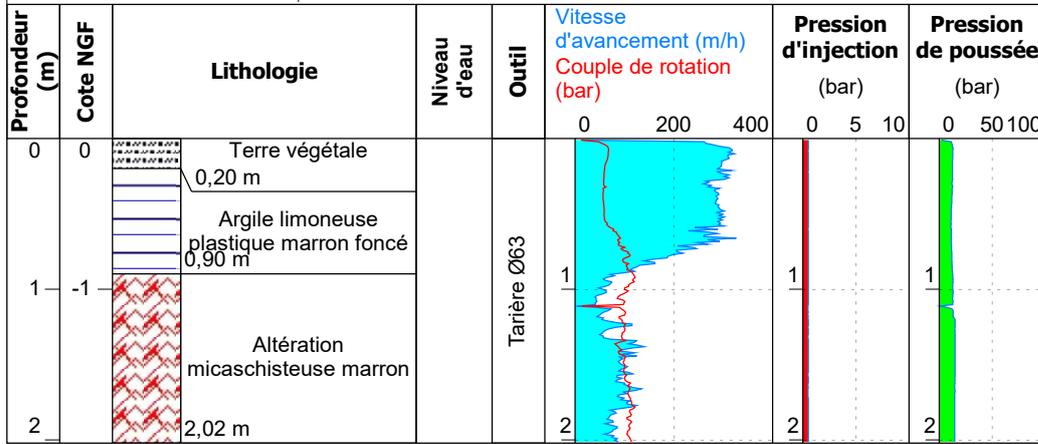
**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD5  
**Date :** 04/02/2022  
**Profondeur :** 2,02 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44) **Machine :** ECOFORE 302.1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD6

**X :**

**Date :** 04/02/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,02 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
0	0	Terre végétale 0,20 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100
		Argile limoneuse plastique marron foncé 0,70 m		Tarière Ø63			
1	-1	Altération micaschisteuse marron 1,50 m				1	1
2		Micaschiste altéré 2,02 m				2	2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

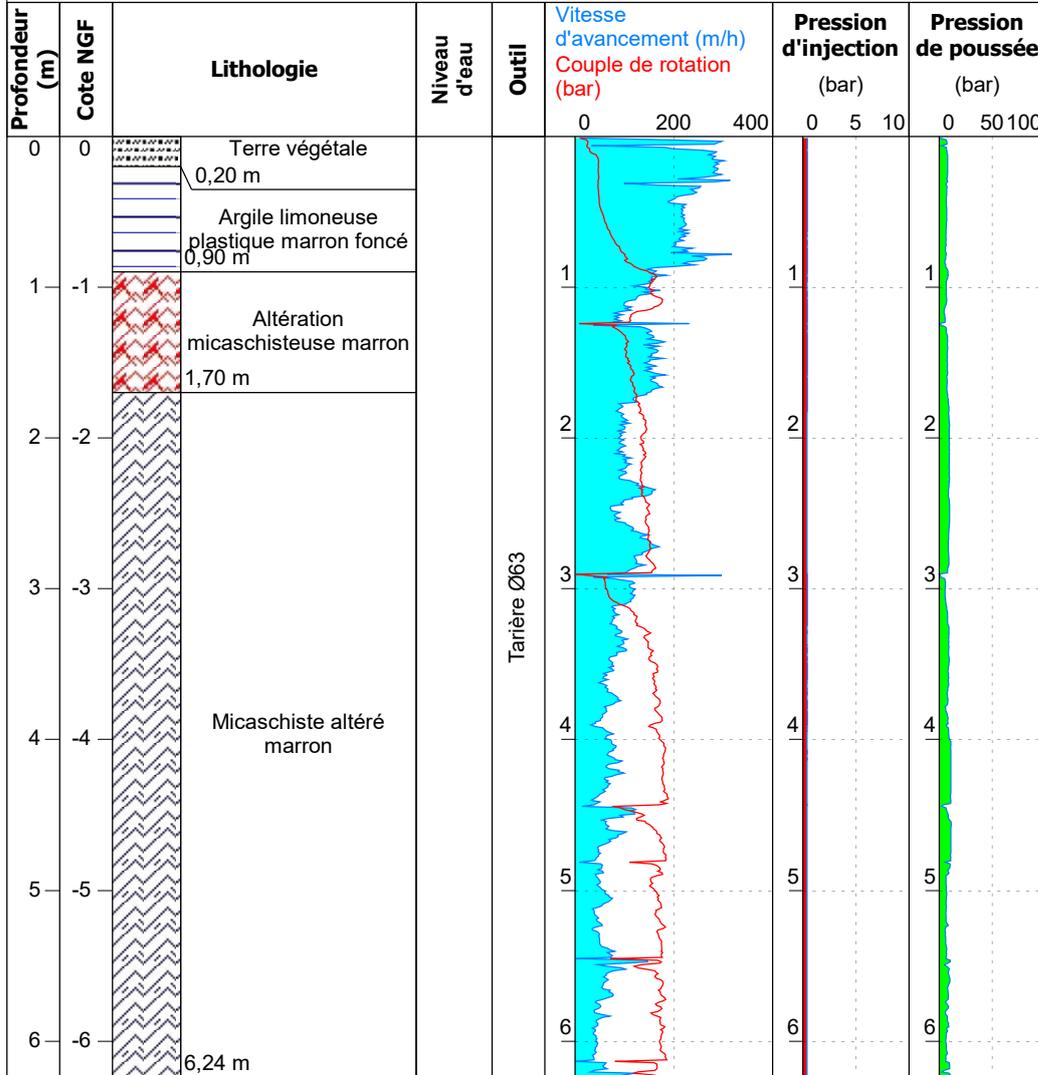
**Forage :** SD7 + PZ2  
**Date :** 04/02/2022  
**Profondeur :** 6,24 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1



EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

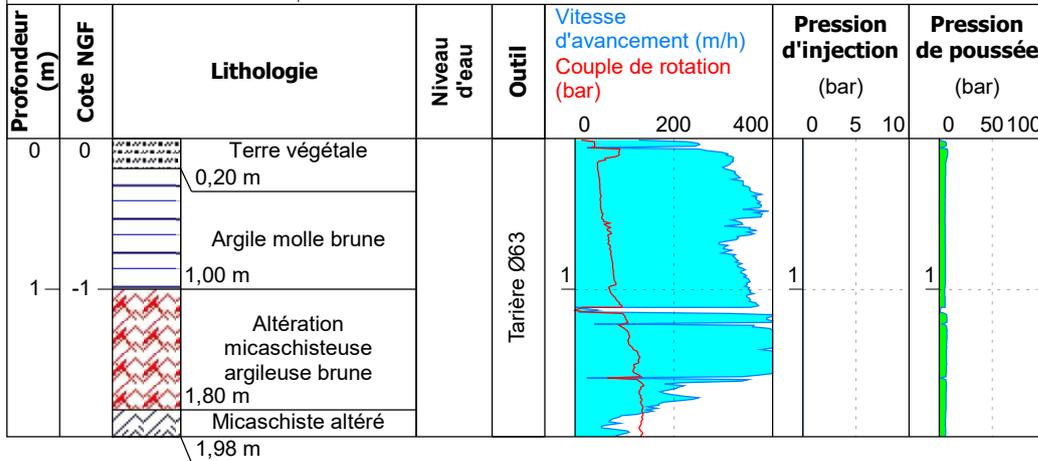
**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD8  
**Date :** 27/01/2022  
**Profondeur :** 1,98 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44) **Machine :** ECOFORE 302.1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations : Sec à la fin du forage



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

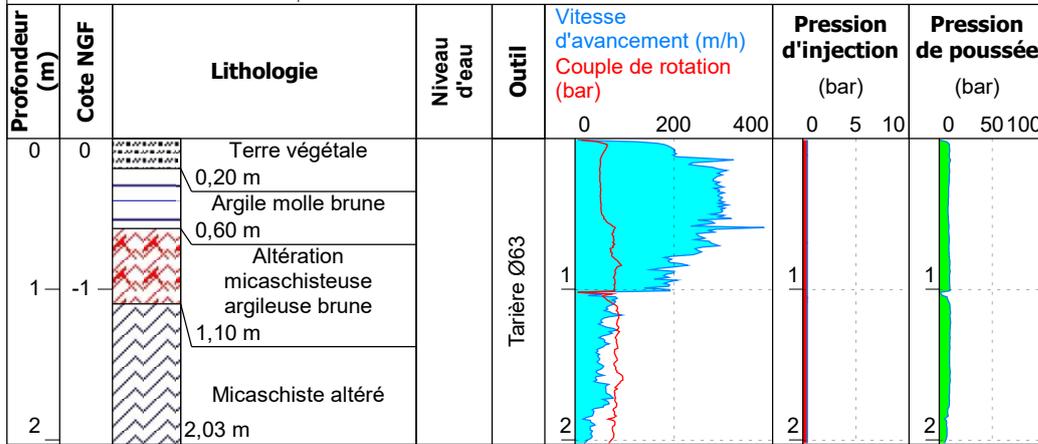
**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD9  
**Date :** 04/02/2022  
**Profondeur :** 2,03 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44) **Machine :** ECOFORE 302.1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB1EPF460FR

Observations :



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD10

**X :**

**Date :** 26/01/2022

**Y :**

**Profondeur :** 1,99 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
0	0	Terre végétale 0,40 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100
1	-1	Argile molle brune 1,50 m		Tarière Ø63			
		Altération micaschisteuse marron 1,99 m					

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations :



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD11

**X :**

**Date :** 26/01/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,00 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
					0 200 400	0 5 10	0 50 100
0	0	Terre végétale 0,40 m					
1	-1	Argile molle brune 1,50 m		Tarière Ø63		1	1
2		Altération micschisteuse verdâtre 2,00 m				2	2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations :



Fiche d'échantillonnage des sols

Dossier n° : **22.0025**

Sondage : SD12

Client : **LOD**

Date et heure :

Préleveur :

Coordonnées RGF93CC44 :

Localisation :

X :

Projet : Aménagement de la Zac des deux ruisseaux

Pelle 2,5T

Y :

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Photos
0	Terre végétale, limon terreux 0,40 m	Pelle mécanique 2,5T	
1	Altération micaschisteuse argileuse (ocre à rouille) 1,30 m		
2	Micaschiste altéré ocre à gris verdâtre 2,00 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1

Venue d'eau à plus de 1,30 m de profondeur



Fiche d'échantillonnage des sols

Dossier n° : **22.0025**

Client : **LOD**

Coordonnées RGF93CC44 :

X :

Y :

Sondage : SD13  
 Date et heure :  
 Préleveur :  
 Localisation :

Projet : Aménagement de la Zac des deux ruisseaux      Pelle 2,5T

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Photos
0	 Terre végétale limoneuse argileuse 0,40 m	Pelle mécanique 2,5 T	
1	 Altération micaschisteuse argileuse ocre marron 1,00 m		
2	 Micaschiste altéré sous forme de plaquettes ocres et grises 2,00 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1

Sec à la fin du forage



Fiche d'échantillonnage des sols

Dossier n° : **22.0025**

Client : **LOD**

Sondage : SD14

Date et heure :

Préleveur :

Localisation :

Coordonnées RGF93CC44 :

X :

Y :

Projet : Aménagement de la Zac des deux ruisseaux

Pelle 2,5T

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Photos
0	 Terre végétale limoneuse 0,35 m	Pelle mécanique 2,5T	
1	 Altération micaschisteuse argileuse 1,05 m		
2	 Micaschiste altéré sous forme de plaquettes. kaki et gris 2,00 m		





**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD15

**X :**

**Date :** 27/01/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,03 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
0	0	Terre végétale 0,30 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100
1	-1	Argile plastique 1,00 m		Tarière Ø63		1	1
2	-2,03	Altération micaschisteuse sous forme de plaquette grise 2,03 m				2	2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations :



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD16

**X :**

**Date :** 27/01/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,03 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)
					Couple de rotation (bar)		
0	0	Terre végétale 0,30 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100
		Argile plastique 0,60 m					
1	-1	Altération micaschisteuse argileuse 1,50 m		Tarière Ø63		1	1
2		Altération micaschisteuse marron 2,03 m				2	2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Observations :



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

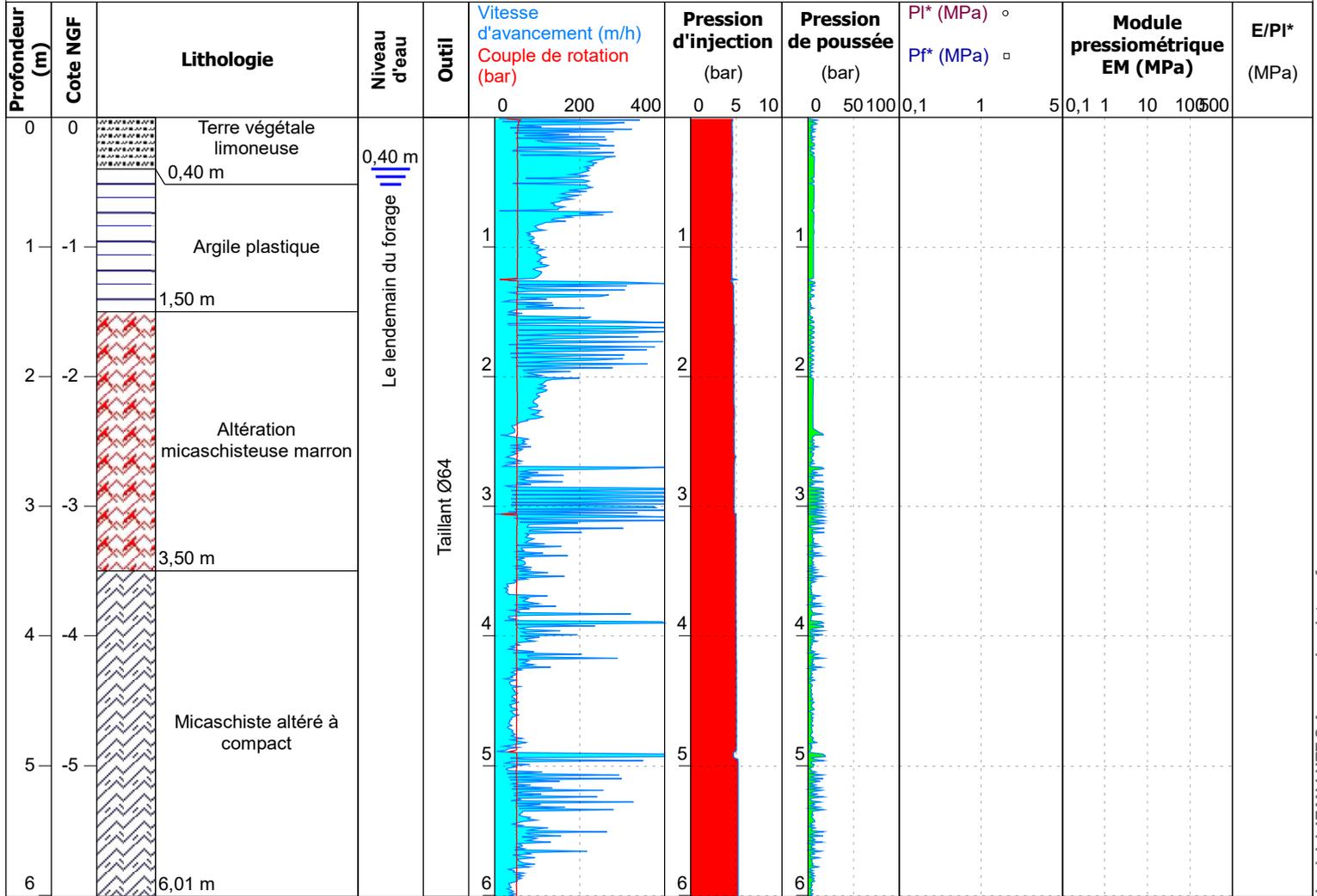
**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD17 + PZ3  
**Date :** 26/01/2022  
**Profondeur :** 6,01 m

**X :**  
**Y :**  
**Z :**

**Client :** LOD  
Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44) **Machine :** ECOFORE 302.1



EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Observations :



**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE MENARD**  
Norme NF EN ISO 22476-4

**Dossier n° :** 22.0025

**Forage :** SD18

**X :**

**Date :** 27/01/2022

**Y :**

**Profondeur :** 2,04 m

**Z :**

**Client :** LOD

Plan d'implantation en annexe

**Opération :** THOUARE-SUR-LOIRE (44)

**Machine :** ECOFORE 302.1

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression d'injection (bar)	Pression de poussée (bar)	PI* (MPa) ◦			Module pressiométrique EM (MPa)	E/PI* (MPa)
					Couple de rotation (bar)			Pf* (MPa) ◻				
0	0	Terre végétale 0,30 m			0 200 400	0 5 10	0 50 100	0,1	1	5	0,1 1 10 10000	
1	-1	Argile molle brune 1,30 m		Tarière Ø63		1	1					
2	-2	Altération micaschisteuse argileuse 2,04 m				2	2					

EXGTE 3.21.1/LB2EPF584FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Observations :

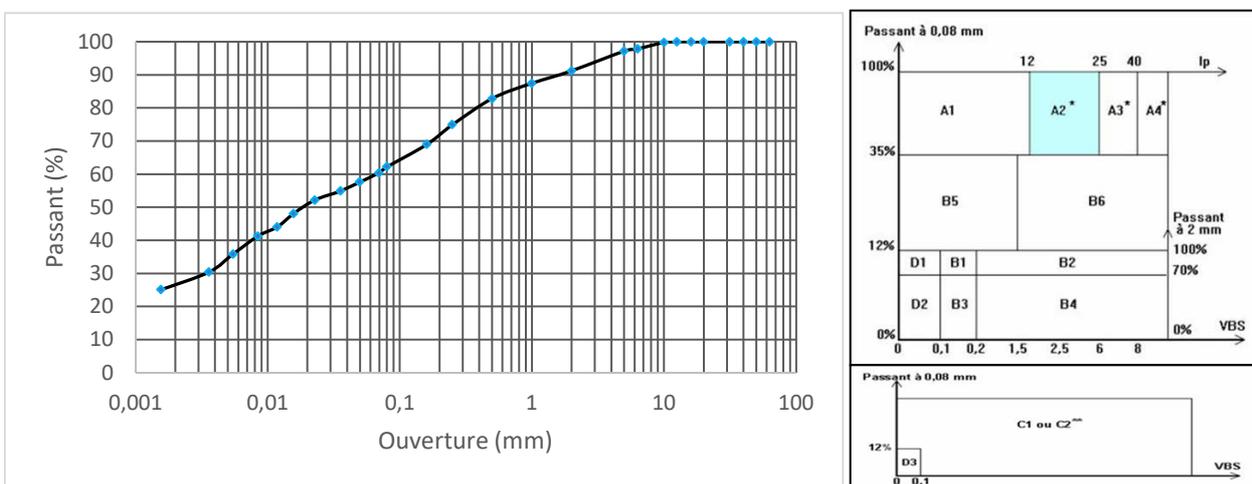
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP1
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 1,5 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle

Observations:

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	12,5	Passant (%)	100,0	91,2	62,2	26

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	VBS (g/100g)
	43	25	18	1,71

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	21,7%	0,88		

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>A2</b>	<b>th</b>
---------------------------	-----------	-----------

## Analyse Granulométrique

Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP1
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 1,5 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle

Observations:

### RESULTATS

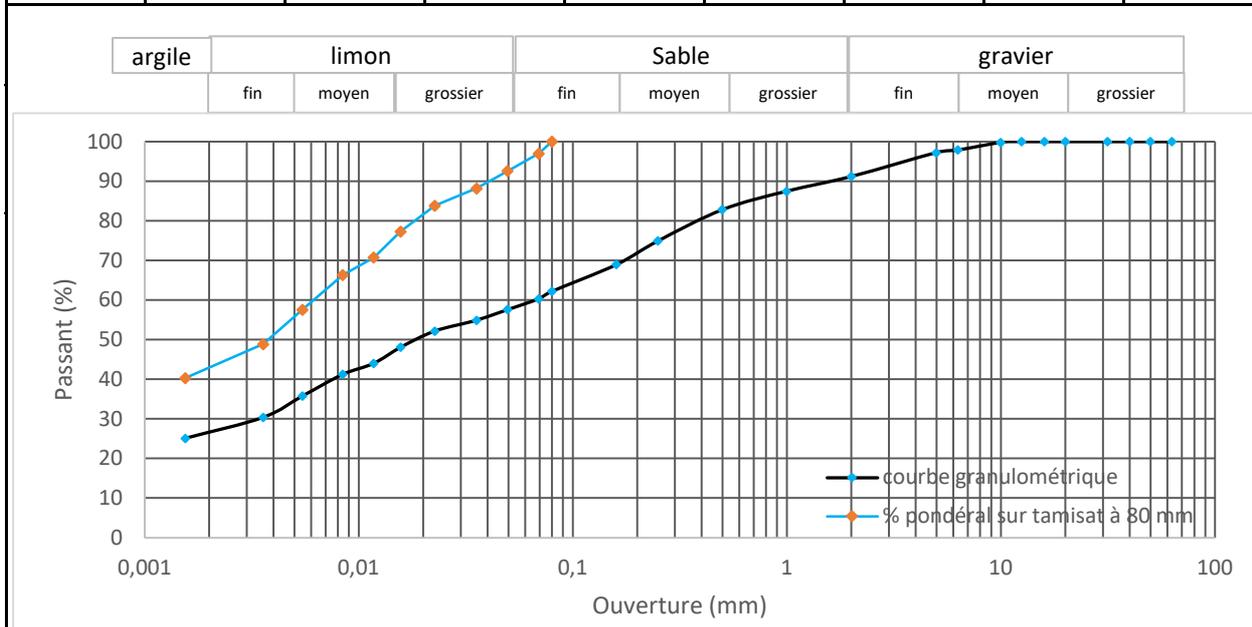
Dm:	12,5	% d'éléments > Dm:	0,0%	ps:	2,7 t/m3	estimé
-----	------	--------------------	------	-----	----------	--------

#### Analyse par tamisage - NF P94-056

Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	99,8	97,2	91,2	87,5	75,0	62,2

#### Analyse par sédimentation - NF P94-057

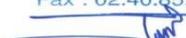
Tamis (mm)	0,069	0,036	0,016	0,012	0,008	0,005	0,004	0,002
Passant (%)	60,3	54,9	48,1	44,0	41,3	35,8	30,4	25,1



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,0016	< 0,0016	0,0034	0,0190	0,0669

C <sub>C</sub>	C <sub>U</sub>
> 0,1	> 42

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77  
 S. TURLE

## Limites d'Atterberg

Normes NF P94-051 et NF P94-052-1

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP1
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 1,5 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle

**Observations:**

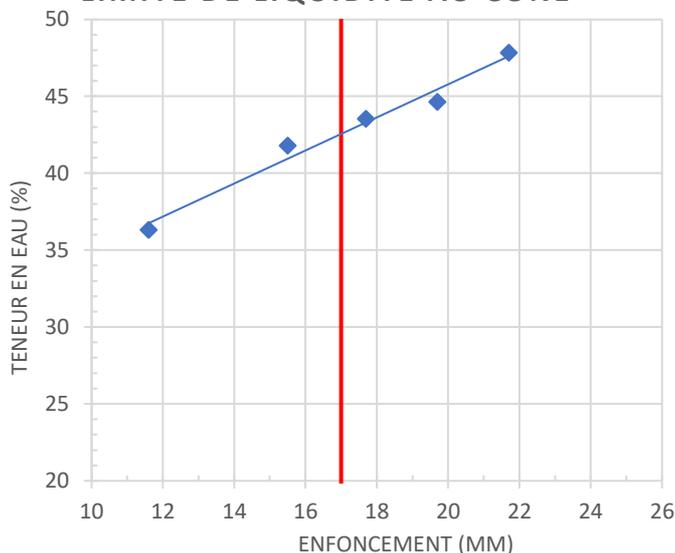
### MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE (NF P 94-052-1)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	21,7	19,7	17,7	15,5	11,6
Teneur en eau (%)	47,8	44,6	43,5	41,8	36,3

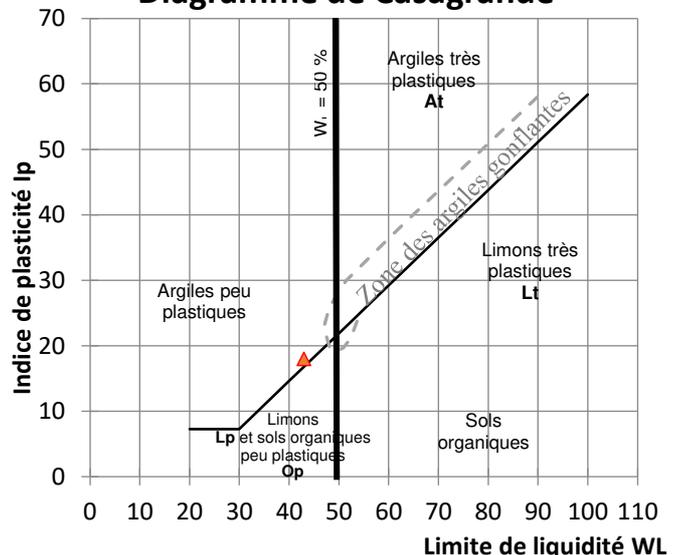
### MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF P 94-051)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	25,1	24,8		24,9

### LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE



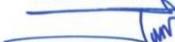
### Diagramme de Casagrande



### RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<0,4}$	27,2%
Limite de liquidité $w_L$	43
Limite de plasticité $w_p$	25
Indice de plasticité $I_p$	18
Indice de liquidité $I_L$	0,1
Indice de consistance $I_C$	0,9
Indice d'Activité $I_A$	0,7

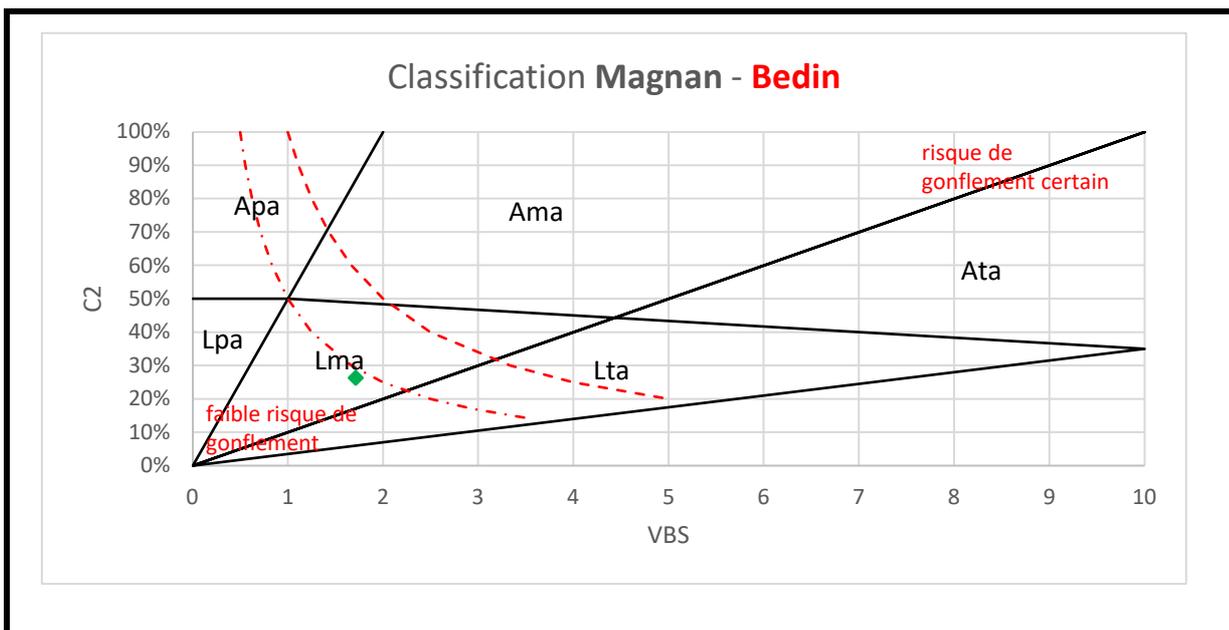
L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Sensibilité au retrait-gonflement

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP1
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 1,5 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle

ANALYSE GRANULOMETRIQUE								
Analyse par tamisage - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	50	20	6,3	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	97,9	97,2	91,2	87,5	75,0	62,2
Analyse par sédimentation - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	0,050	0,036	0,023	0,016	0,012	0,008	0,005	0,004
Passant (%)	57,6	54,9	52,2	48,1	44,0	41,3	35,8	30,4



PARAMETRES DU MATERIAU			
VBS	C2 (%)	ACB	SB
1,7	26%	6,5	45,0

Qualificatif de la fraction argileuse (selon XP P94-011)	moyenne
Classification Magnan	Limon moyennement actif
Classification Bedin	faible risque de gonflement

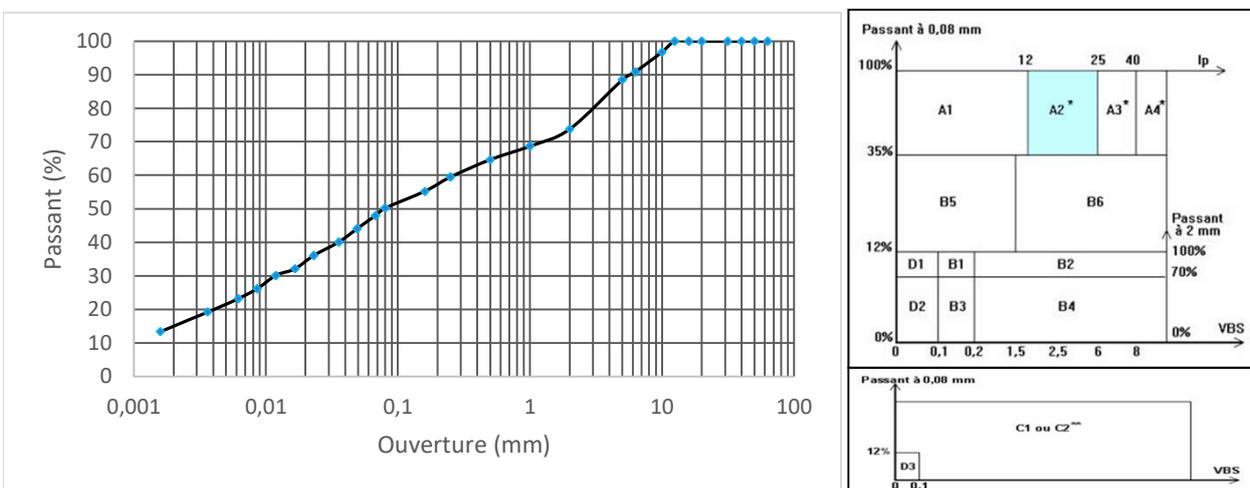
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP2
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 2,0 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle à graves

**Observations:**

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	20	Passant (%)	100,0	73,8	50,2	15

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	VBS (g/100g)
	39	23	16	1,05

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	16,9%	0,8		

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>A2</b>	<b>th</b>
---------------------------	-----------	-----------

## Analyse Granulométrique

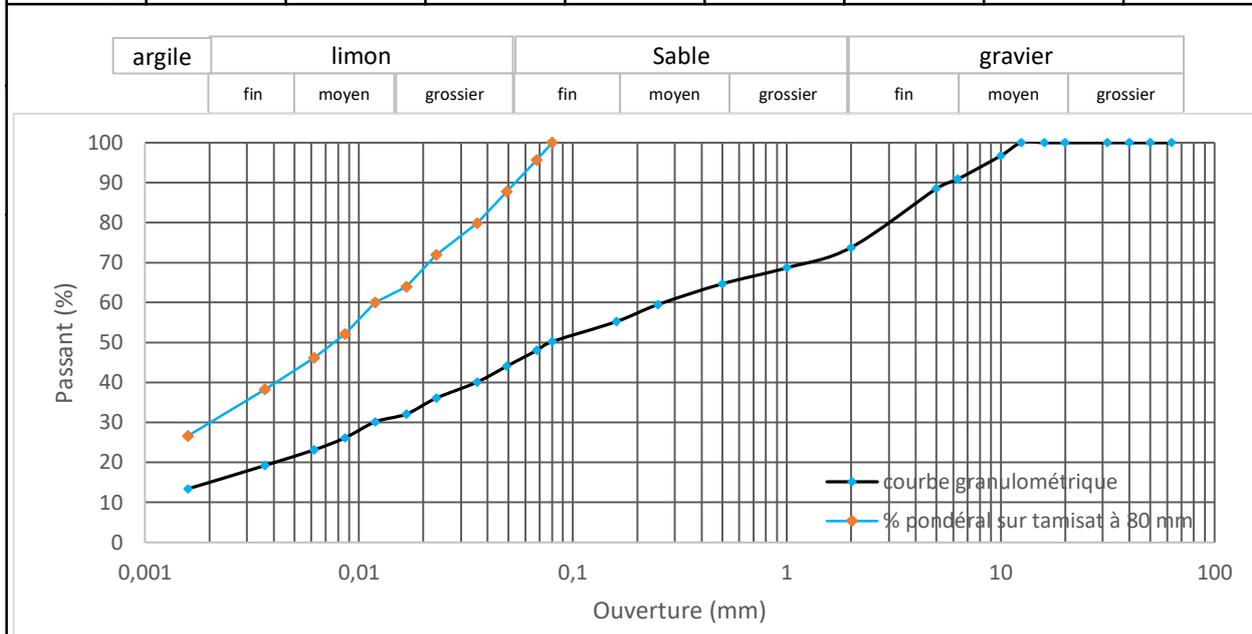
Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP2
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 2,0 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle à graves

Observations:

### RESULTATS

Dm:	12,5	% d'éléments > Dm:	2,5%	ps:	2,7 t/m <sup>3</sup>	estimé		
Analyse par tamisage - NF P94-056								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	96,7	88,5	73,8	68,7	59,5	50,2
Analyse par sédimentation - NF P94-057								
Tamis (mm)	0,068	0,036	0,017	0,012	0,009	0,006	0,004	0,002
Passant (%)	48,0	40,1	32,1	30,1	26,2	23,2	19,2	13,4



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,0016	0,0022	0,0118	0,0788	0,2747

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>
> 0,3	> 172

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Limites d'Atterberg

Normes NF P94-051 et NF P94-052-1

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP2
<b>Affaire :</b>	Thouaré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 2,0 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle à graves

Observations:

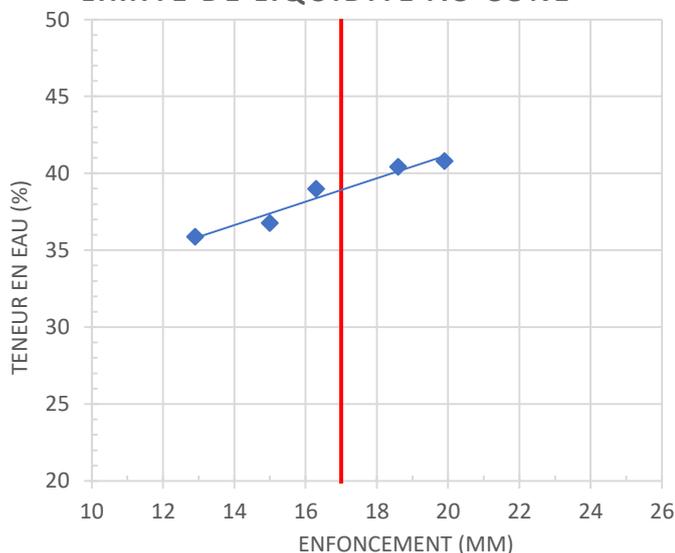
### MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE (NF P 94-052-1)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	12,9	19,9	18,6	16,3	15,0
Teneur en eau (%)	35,9	40,8	40,4	39,0	36,8

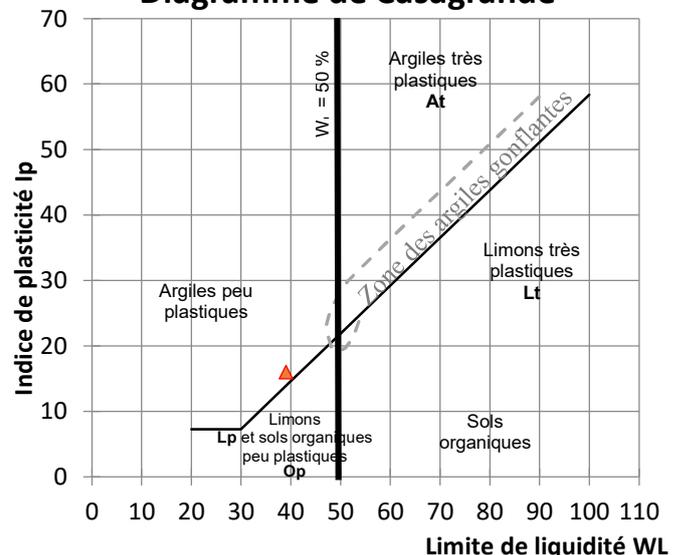
### MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF P 94-051)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	22,9	22,8		22,9

### LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE



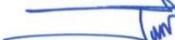
### Diagramme de Casagrande



### RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<0,4}$	26,1%
Limite de liquidité $w_L$	39
Limite de plasticité $w_p$	23
Indice de plasticité $I_p$	16
Indice de liquidité $I_L$	0,2
Indice de consistance $I_C$	0,8

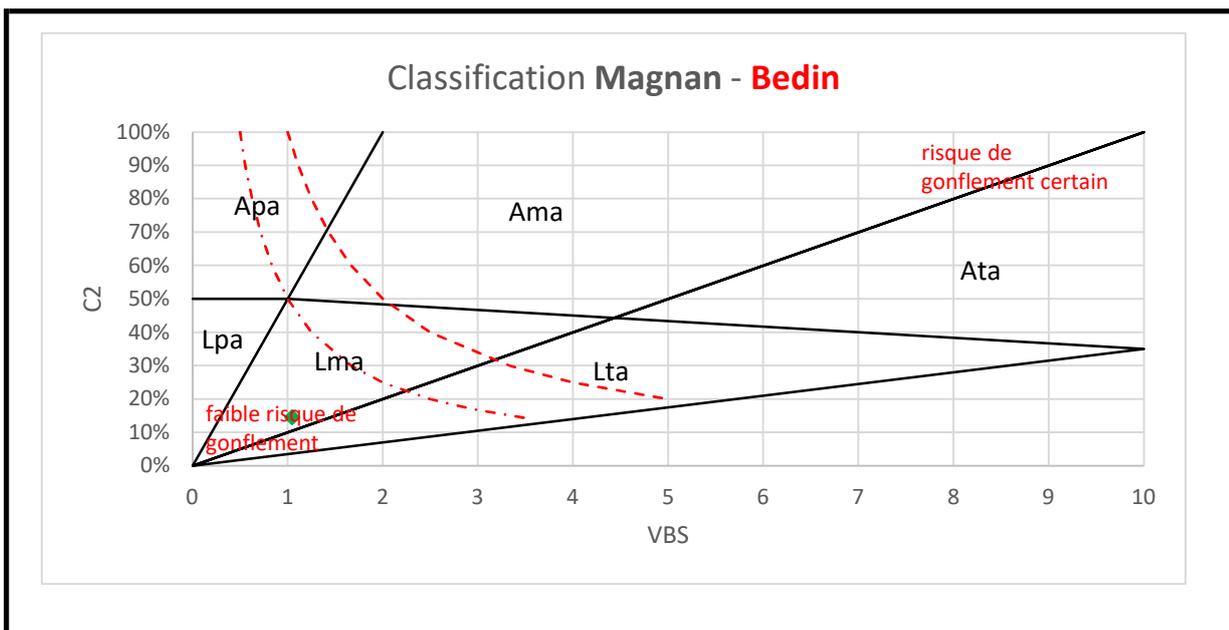
L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Sensibilité au retrait-gonflement

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SP2
<b>Affaire :</b>	Thouraré	<b>Profondeur (m) :</b>	0,3 - 2,0 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	04/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	16/02/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron molle à graves

ANALYSE GRANULOMETRIQUE								
Analyse par tamisage - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	50	20	6,3	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	90,9	88,5	73,8	68,7	59,5	50,2
Analyse par sédimentation - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	0,049	0,036	0,023	0,017	0,012	0,009	0,006	0,004
Passant (%)	44,0	40,1	36,1	32,1	30,1	26,2	23,2	19,2



PARAMETRES DU MATERIAU				
VBS	C2 (%)	ACB	SB	
1,0	15%	7,2	15,3	

<b>Qualificatif de la fraction argileuse (selon XP P94-011)</b>	<b>moyenne</b>
<b>Classification Magnan</b>	<b>Limon moyennement actif</b>
<b>Classification Bedin</b>	<b>faible risque de gonflement</b>

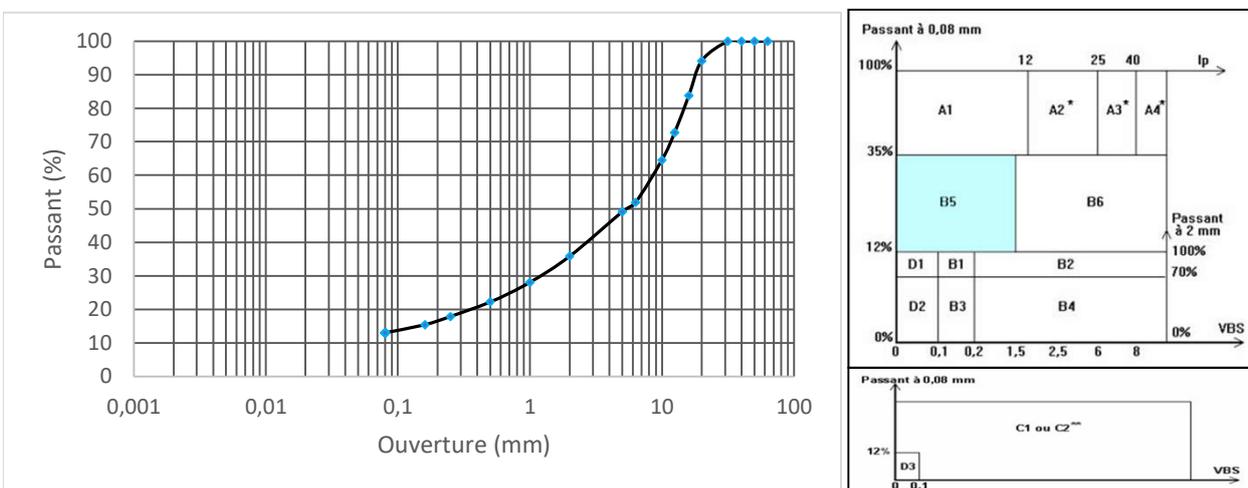
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC1-SC8-SC9-SC10
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,0 - 0,35m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves sableuses grises/marron sèches à humide

**Observations:**

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	31,5	Passant (%)	100,0	35,8	13,0	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	VBS (g/100g)
				0,14

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	3,7%			

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>B5</b>
---------------------------	-----------

## Analyse Granulométrique

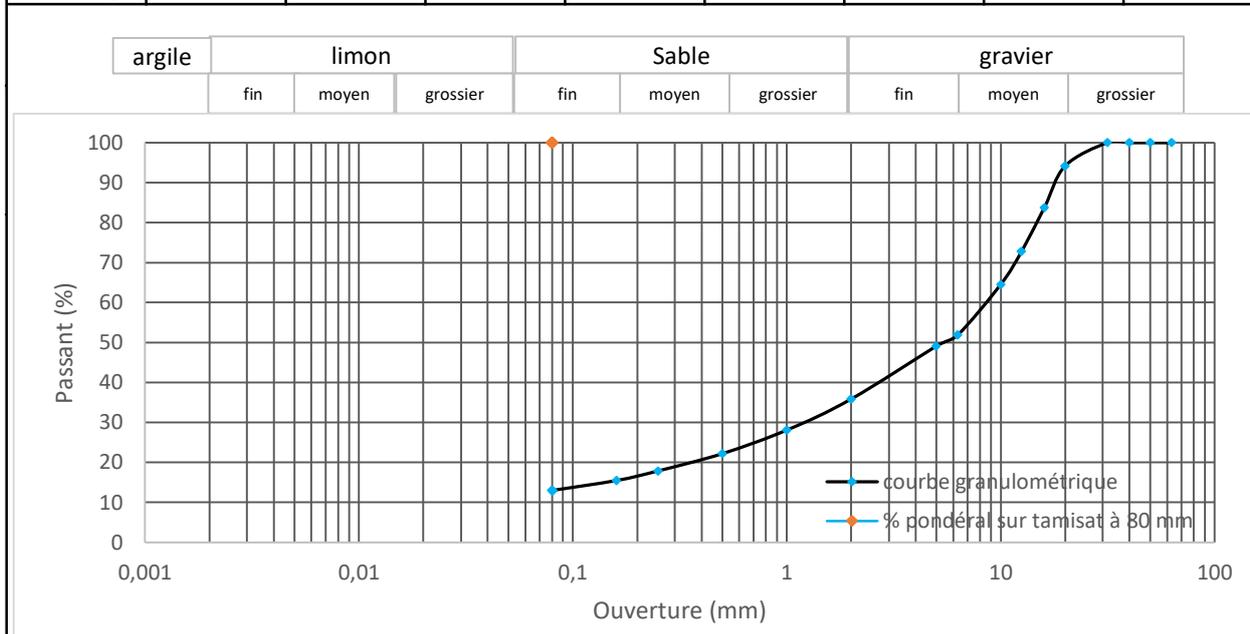
Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC1-SC8-SC9-SC10
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,0 - 0,35m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves sableuses grises/marron sèches à humide

Observations:

### RESULTATS

Dm:	31,5	% d'éléments > Dm:	0,0%					
Analyse par tamisage - NF P94-056								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	94,1	64,5	49,1	35,8	28,1	17,9	13,0
Analyse par sédimentation - NF P94-057								
Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,08	0,1453	1,2486	5,4247	8,6812

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>
> 2,2	> 109

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

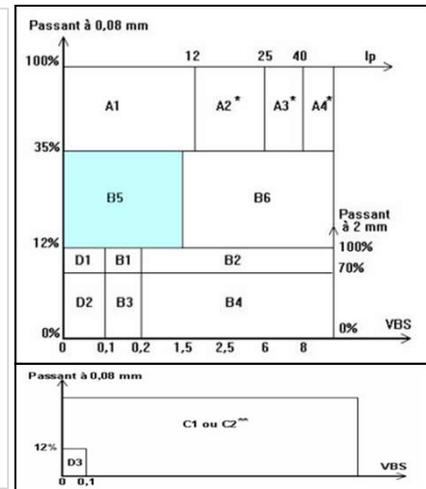
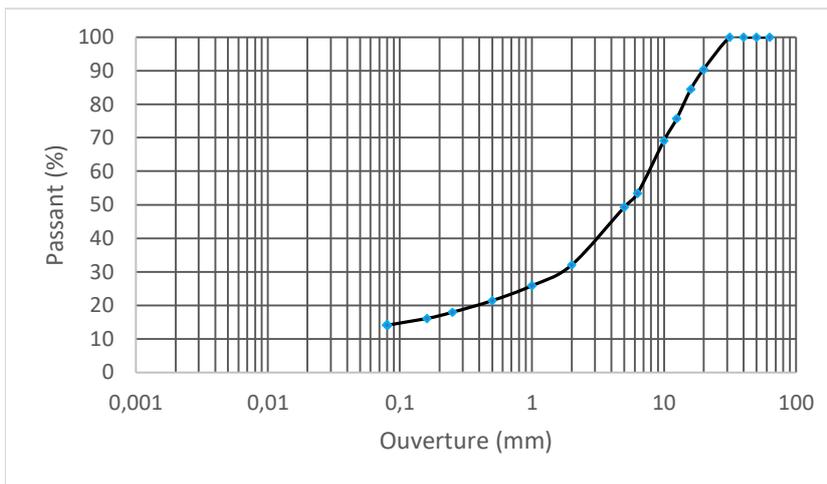
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC2 / SC4
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,05 - 0,3 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves argileuses marron humides

**Observations:** Les éléments supérieurs à 31,5 mm ont été écartés en raison d'une quantité de matériau inférieure aux recommandations de la norme.

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	40	Passant (%)	100,0	32,1	14,1	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	VBS (g/100g)
				0,21

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	8,3%			

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>B5</b>
---------------------------	-----------

## Analyse Granulométrique

Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC2 / SC4
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,05 - 0,3 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves argileuses marron humides

**Observations:** Les éléments supérieurs à 31,5 mm ont été écartés en raison d'une quantité de matériau inférieure aux recommandations de la norme.

### RESULTATS

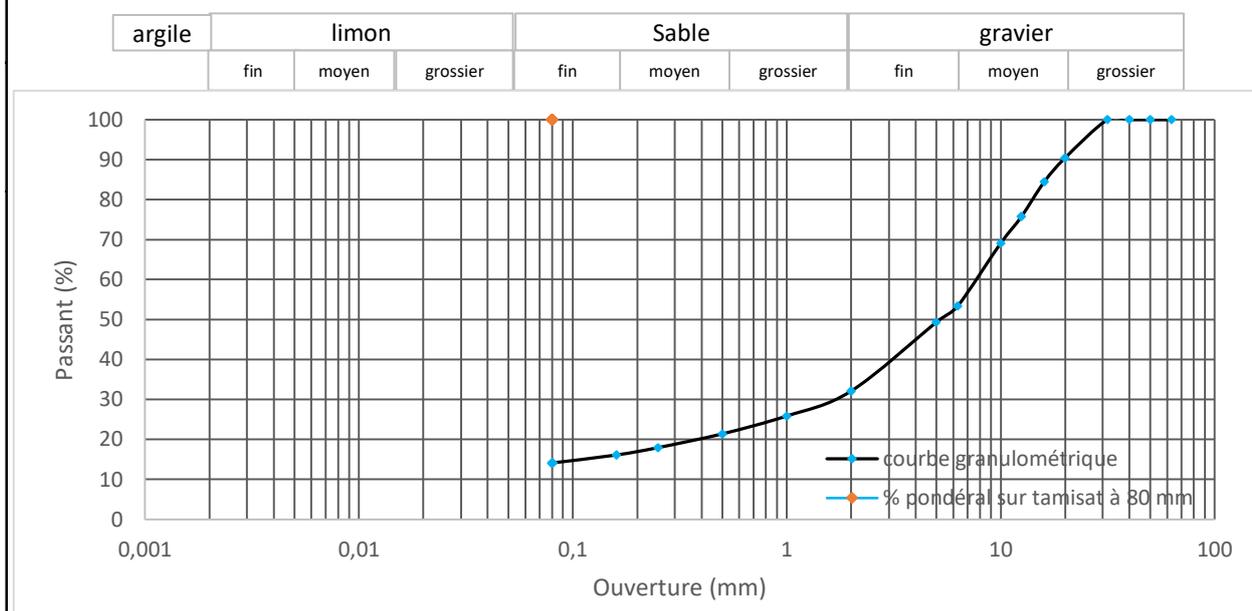
Dm:	31,5	% d'éléments > Dm:	9,6%
-----	------	--------------------	------

#### Analyse par tamisage - NF P94-056

Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	90,4	69,1	49,3	32,1	25,8	18,0	14,1

#### Analyse par sédimentation - NF P94-057

Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,08	0,1157	1,6660	5,2179	7,8613

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>
> 4,4	> 98

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

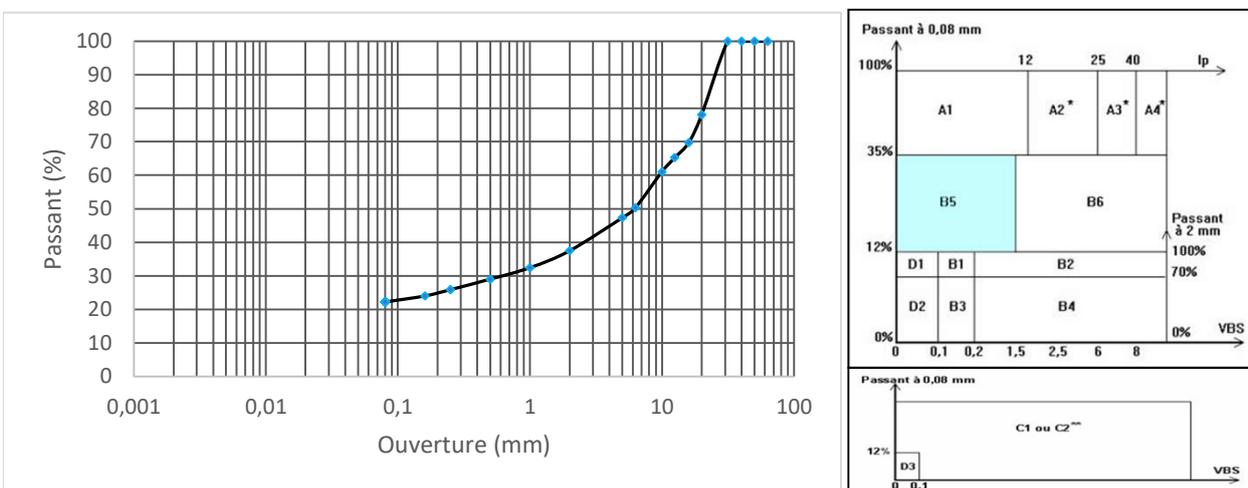
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC3 / SC5
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,2 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves sableuses marron sèches

**Observations:** Les éléments supérieurs à 31,5 mm ont été écartés en raison d'une quantité de matériau inférieure aux recommandations de la norme.

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	50	Passant (%)	100,0	37,5	22,2	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	VBS (g/100g)
				0,14

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	6,7%			

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>B5</b>
---------------------------	-----------

## Analyse Granulométrique

Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC3 / SC5
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,2 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Graves sableuses marron sèches

**Observations:** Les éléments supérieurs à 31,5 mm ont été écartés en raison d'une quantité de matériau inférieure aux recommandations de la norme.

### RESULTATS

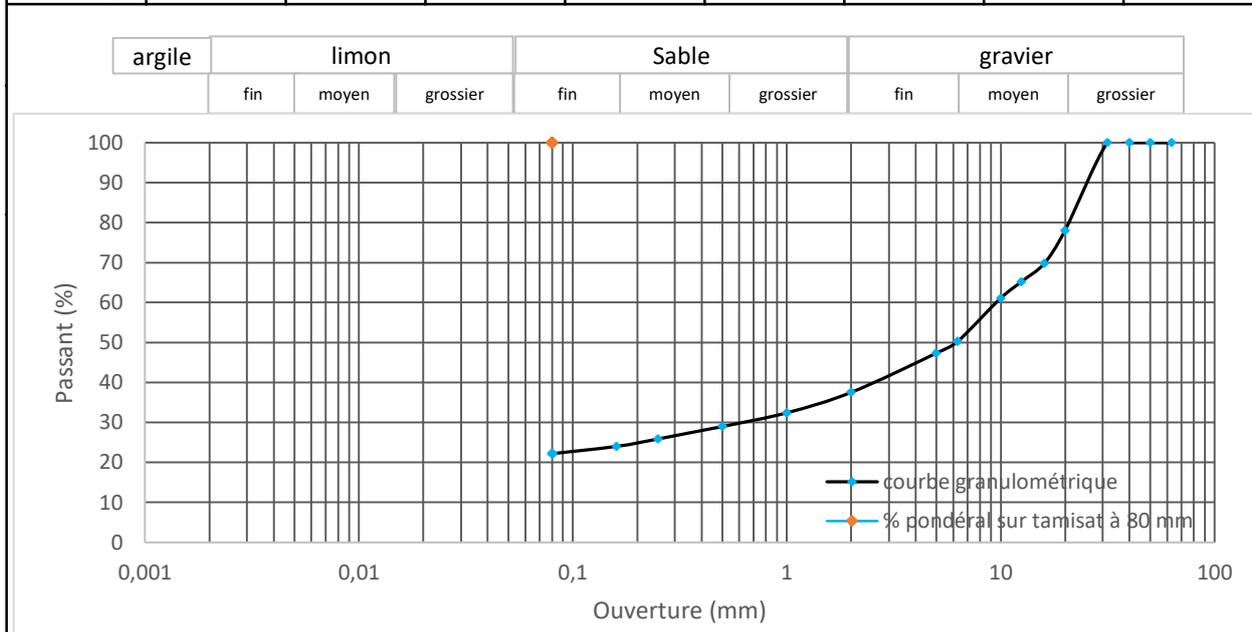
Dm:	31,5	% d'éléments > Dm:	10,2%
-----	------	--------------------	-------

#### Analyse par tamisage - NF P94-056

Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	78,0	61,1	47,3	37,5	32,4	25,9	22,2

#### Analyse par sédimentation - NF P94-057

Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,08	< 0,08	0,6459	6,1620	9,6334

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>
> 0,5	> 120

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Teneur en Eau

Norme NF P94-050

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	SC1 à SC10
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,0 - 0,35m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Ocean Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022

**Observations:**

Température d'étuvage: 105 °C

sondage	profondeur	description	teneur en eau W <sub>N</sub>
SC1	0,1 m	Graves marron humides	6,6%
SC2	0,06 - 026 m	Graves à matrice argileuse marron humide	7,1%
SC3		Graves sableuses marron sèches	5,4%
SC4	0,05 - 0,3 m	Graves argileuses humides	9,7%
SC5	0,2 m	Graves sableuses sèches	8,7%
SC8	0,0 - 0,35 m	Graves sableuses grises sèches	3,6%
SC9	0,0 - 0,25 m	Graves sableuses grises sèches	2,2%
SC10	0,05 - 0,35 m	Graves sableuses grises sèches	3,2%

DOSSIER	<b>A22.0025</b>	Engin	Pelle 2T5	
CHANTIER	<b>PM1</b>	Date		
VILLE	<b>THOUARE-SUR-LOIRE</b>	Opérateur	ML	
CLIENT	<b>LOD</b>	Cote NGF	-	

## SONDAGE A LA PELLE N°

## PM1+TV1

Cote	Stratigraphie	Description	Rippabilité			Tenue fouille			Echantillon
			bonne	moyenne	Dur	bonne	moyenne	boulant	
0,00 à 0,10 m		Terre végétale, limon							
0,10 à 0,90 m	Altération	Argile limoneuse d'altération marron ocre							
0,90 à 2,0 m		Micaschiste altéré marron clair à gris à matrice limono-sableuse. Quelques cailloux et des plaquettes jusqu'à 10 à 15 cm							

**Nature de l'arrêt :** Bout de flèche de la pelle

**Eau :**

**Observation :** Néant

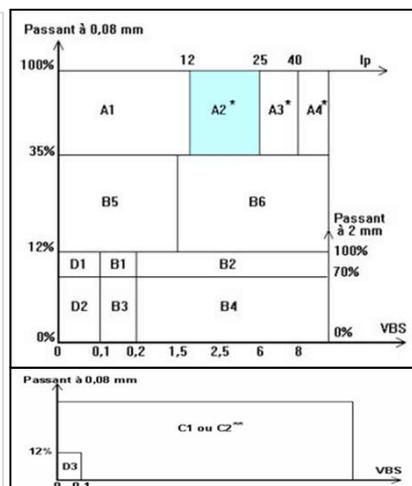
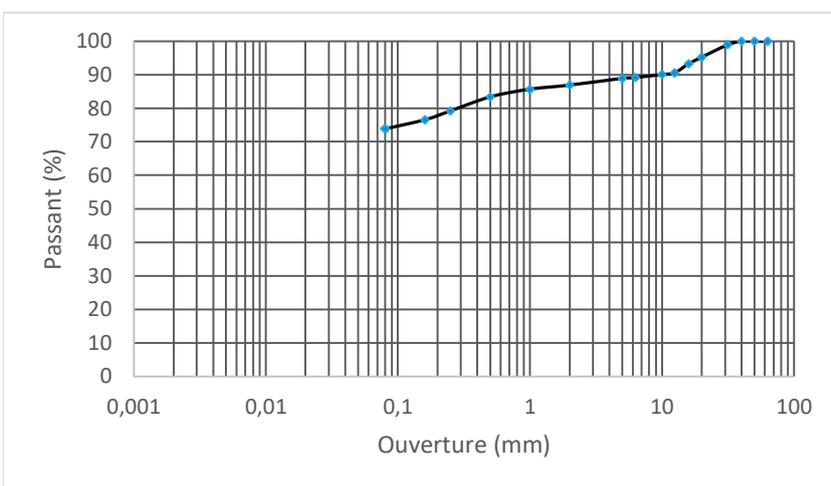
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM1
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,9 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile graveleuse marron

**Observations:**

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	40	Passant (%)	100,0	86,9	73,8	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	$W_L$ (%)	$W_P$ (%)	$I_p$ (%)	VBS (g/100g)
	39	23	16	

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	$W_N$	$I_c$	$I_{PI}$	$W_N/W_{OPN}$
	23,7%	0,89		

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>A2</b>	<b>th</b>
---------------------------	-----------	-----------

## Analyse Granulométrique

Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM1
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,9 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile graveleuse marron

Observations:

### RESULTATS

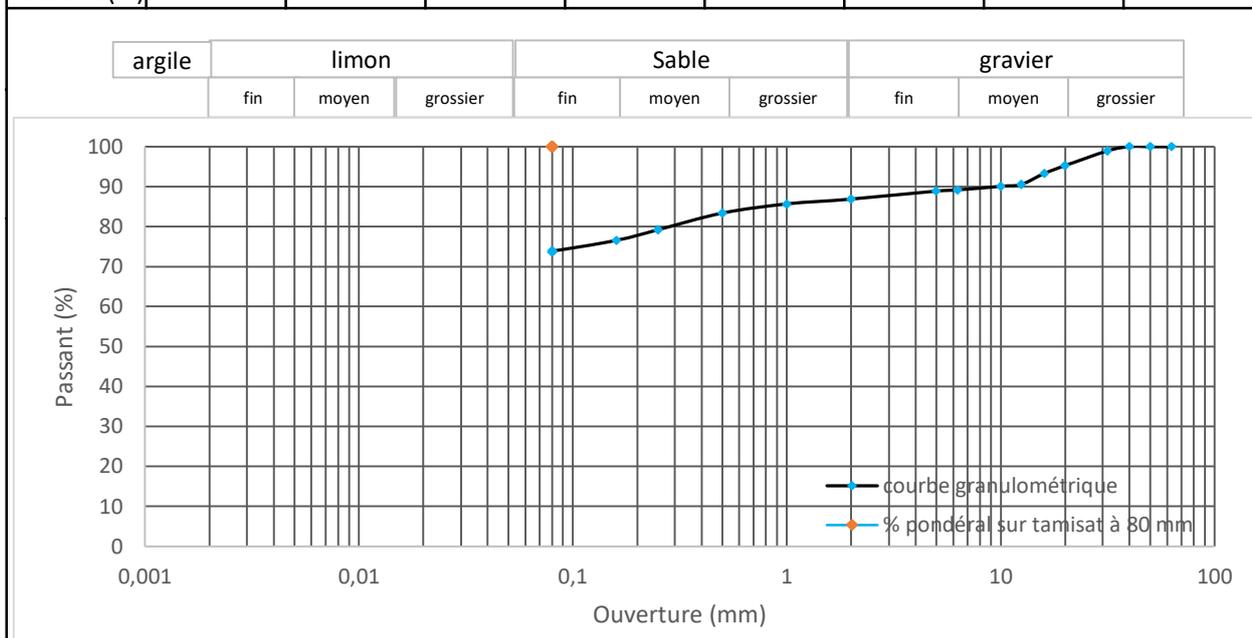
Dm:	80	% d'éléments > Dm:	0,0%
-----	----	--------------------	------

#### Analyse par tamisage - NF P94-056

Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	95,2	90,0	88,9	86,9	85,7	79,2	73,8

#### Analyse par sédimentation - NF P94-057

Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Limites d'Atterberg

Normes NF P94-051 et NF P94-052-1

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM1
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,9 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	02/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile graveleuse marron

Observations:

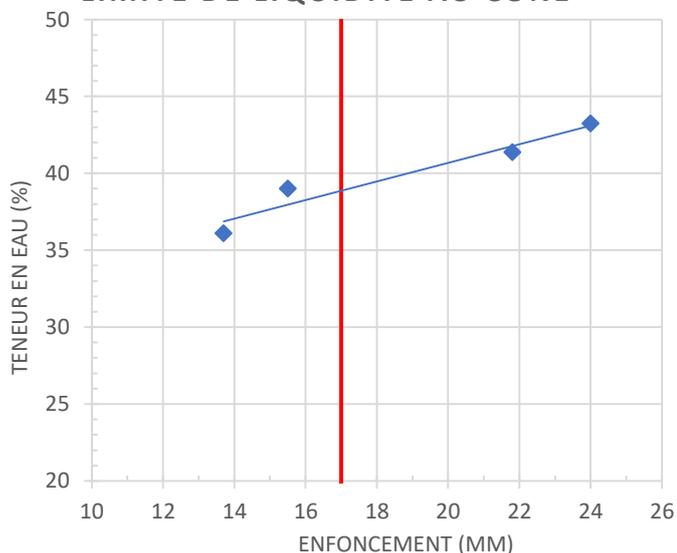
### MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE (NF P 94-052-1)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	24,0	21,8	15,5	13,7	
Teneur en eau (%)	43,2	41,4	39,0	36,1	

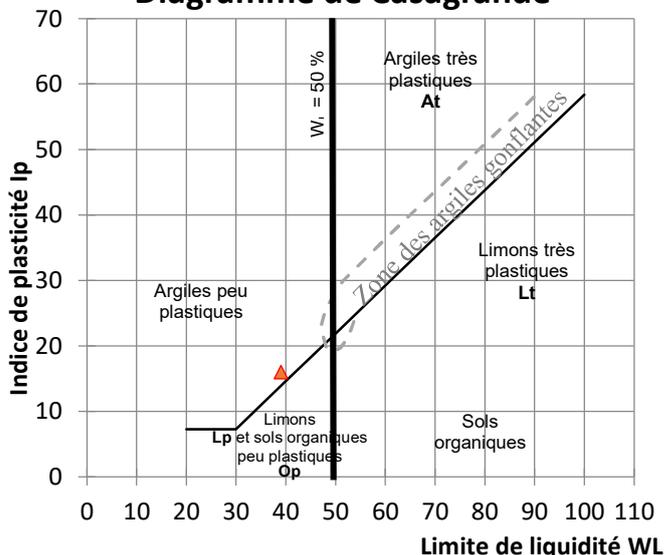
### MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF P 94-051)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	23,6	22,9	22,9	23,1

### LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE



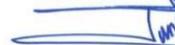
### Diagramme de Casagrande



### RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<20}$	24,8%
Limite de liquidité $w_L$	39
Limite de plasticité $w_p$	23
Indice de plasticité $I_p$	16
Indice de liquidité $I_L$	0,1
Indice de consistance $I_C$	0,89

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

**RAPPORT D'ESSAIS**  
**Etude Proctor Normal - IPI**  
**(NF P 94-093, NF P 94-078)**

Entreprise : ACP Ingénierie  
Chantier : Thouare  
Date du prélèvement : 08/03/2022  
Destinataire : C. COUTAND  
N° échantillon : C208 1001  
Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM1 (0,4m à 0,9m)  
Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
Date de l'essai : 09/03/2022  
Nature du matériau : Limon argileux marron/beige  
Classification GTR : A2

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	5

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

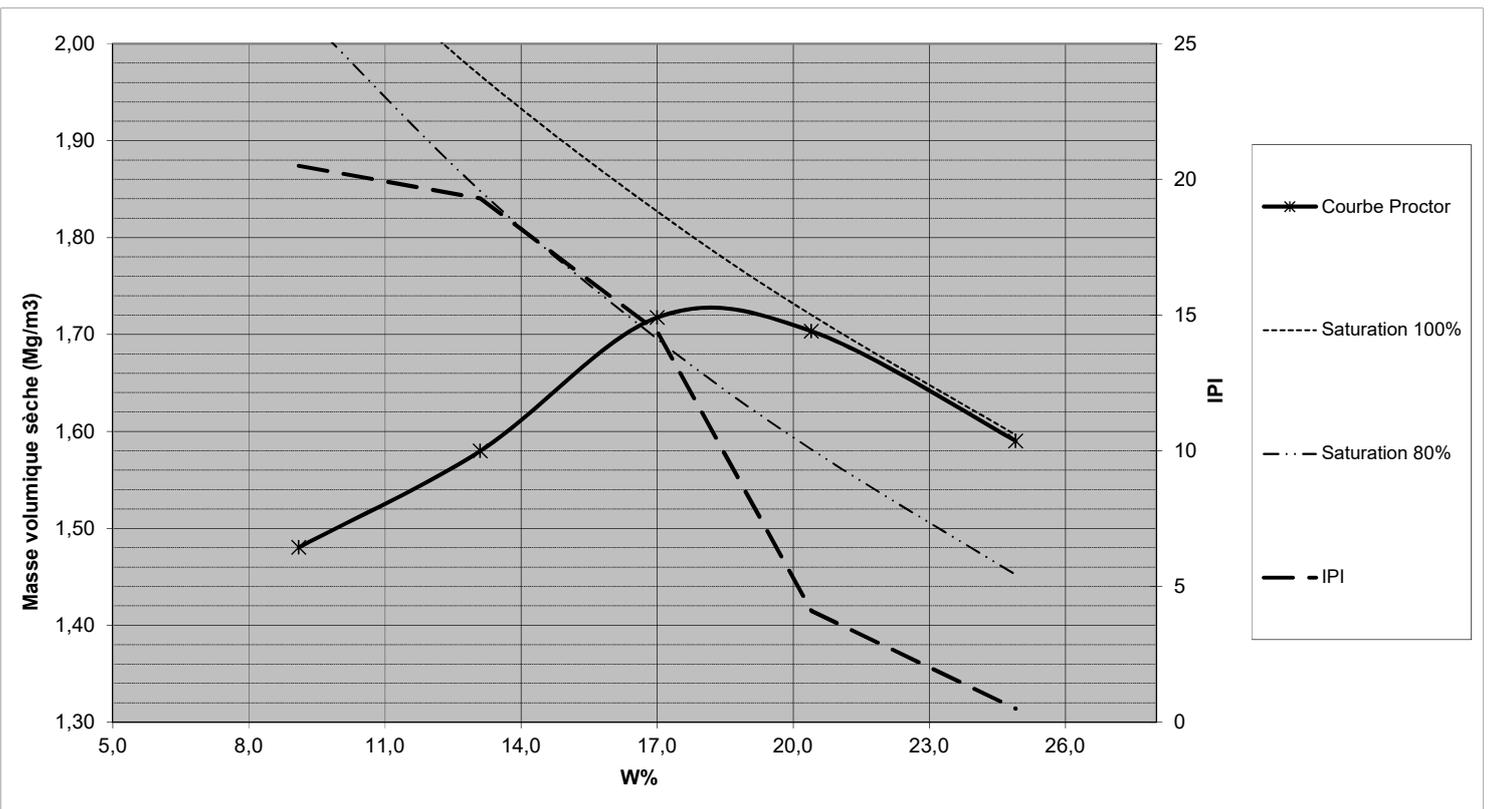
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux :

**ESSAI PROCTOR NORMAL**

Teneur en eau (%)	9,1	13,1	17,0	20,4	24,9		
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,48	1,58	1,72	1,70	1,59		

**ESSAI IPI ASSOCIE**

IPI	20,5	19,3	14,4	4,1	0,5		
-----	------	------	------	-----	-----	--	--



**Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20**

$\rho_d$ OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,73
W%OPN	18,2

**Caractéristiques Proctor Normal corrigées sur la fraction 0/D**

$\rho_d$ 'OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,76
W%OPN	17,3

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

Entreprise : ACP Ingénierie  
Chantier : Thouare  
Date du prélèvement : 08/03/2022  
Destinataire : C. COUTAND  
N° échantillon : C208 1001  
Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM1 (0,4m à 0,9m)  
Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
Date de l'essai : 09/03/2022  
Nature du matériau : Limon argileux marron/beige + traitement  
Classification GTR : A2

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	5

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

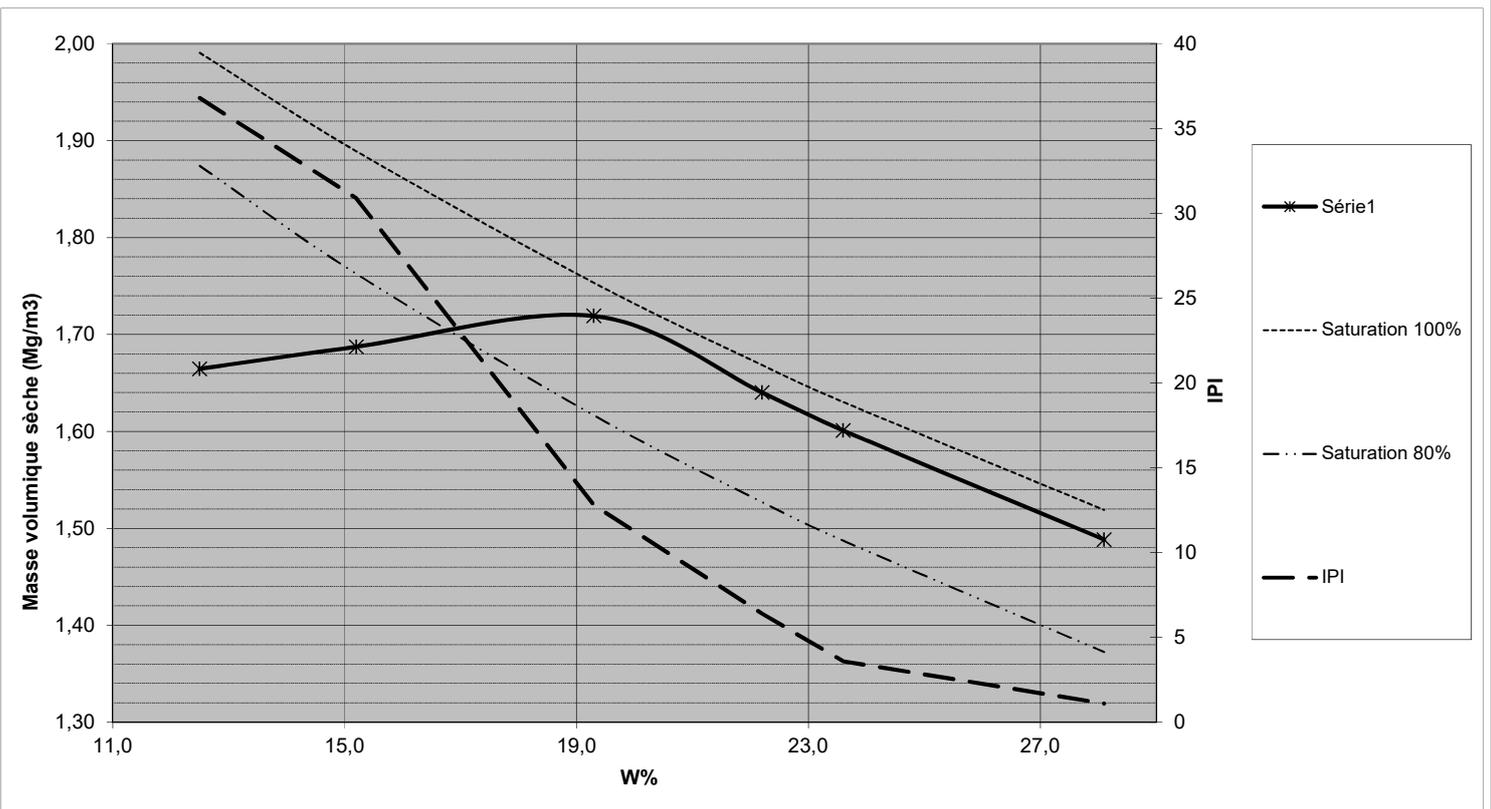
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux : 1h

**ESSAI PROCTOR NORMAL**

Teneur en eau (%)	12,5	15,2	19,3	22,2	23,6	28,1	
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,66	1,69	1,72	1,64	1,60	1,49	

**ESSAI IPI ASSOCIE**

IPI	36,8	30,9	12,8	6,4	3,6	1,1	
-----	------	------	------	-----	-----	-----	--



**Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20**

$\rho_d$ OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,72
W%OPN	19,0

**Caractéristiques Proctor Normal corrigées sur la fraction 0/D**

$\rho_d$ 'OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,75
W%OPN	18,1

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

Entreprise : APC INGENIERIE  
 Chantier : THOUARE  
 Destinataire :  
 Dossier affaire : DA 2022 0403

Prélèvement : Client  Laboratoire CBTP   
 Date de prélèvement : 08/03/2022

Matériau	nature du sol	Limon argileux marron/beige	classification GTR	A2
	provenance	PM1 (0,4m à 0,9m)		
	n° échantillon	C208 1001		

Produits de traitement	chaux		liant hydraulique routier	
	Nature	CL80	Nature	Rolac Optimum
	Origine	Vaiges	Origine	SPLC
	n° échantillon	C119 0027	n° échantillon	C118 3012

Caractéristiques du sol traité	fraction utilisée	$\rho$ dOPN (Mg/m3)	WOPN (%)
	0 / 6,3 mm	1,72	19,0

Confection des éprouvettes	Compacité	teneur en eau
	96 % $\rho$ dOPN (Mg/m3)	W % OPN + 1 %
	1,65	20,0

date de confection	23/03/2022	modalité alternative complémentaire	non
date des essais	30/03/2022	temps de cure avant immersion à 40°C dans l'eau	4 heures

Mesure de la résistance à la traction Rit en MPa (NF EN 13286-42)  
 Mesure du gonflement volumique du matériau traité (NF EN 13286-49)

Dosage en produit de traitement	1 % CaO + 5 % Rolac Optimum		1 % CaO + 7 % Rolac Optimum	
---------------------------------	-----------------------------	--	-----------------------------	--

Caractéristiques mécaniques	Eprouvette n°	Rit (MPa)	W finale (%)	Rit (MPa)	W finale (%)
	1	0,19	22,9	0,34	20,8
	2	0,15	21,8	0,31	21,6
	3	0,20	21,6	0,27	21,2
	<b>Moyenne</b>	<b>0,18</b>	<b>22,1</b>	<b>0,31</b>	<b>21,2</b>

Gonflement volumique	Eprouvette n°	Gv (%)	W finale (%)	Gv (%)	W finale (%)
	4	1,4	22,9	1,1	22,0
	5	1,6	23,1	0,5	22,3
	6	0,8	23,1	1,0	22,1
	<b>Moyenne</b>	<b>1,3</b>	<b>23,0</b>	<b>0,9</b>	<b>22,1</b>

**CRITERE :**

Type de traitement	Aptitude du sol	Gonflement Volumique Gv Tj (%)	Résistance en compression diamétrale Rit (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	$\leq 5$	$\geq 0,2$
	Douteux	$5 < Gv \leq 10$	$0,1 \leq Rit < 0,2$
	Inadapté	$> 10$	$< 0,1$
Traitement à la chaux seule	Adapté	$\leq 5$	Paramètre non considéré pour ce type de traitement
	Douteux	$5 < Gv \leq 10$	
	Inadapté	$> 10$	

**CONCLUSION :** Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 5 % de Rolac Optimum SP est douteux au sens de la norme NF P 94-100  
 Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 7 % de Rolac Optimum SP est adaptée au sens de la norme NF P 94-100

1/1	30/03/2022	Elodie BOUTROUELLE Technicienne	Tangi LE BORGNE Responsable secteur laboratoire géotechnique
Page	Date	Rédigé par	Validé par

DOSSIER	<b>A22.0025</b>	Engin	Pelle 2T5	
CHANTIER	<b>PM2</b>	Date		
VILLE	<b>THOUARE-SUR-LOIRE</b>	Opérateur	ML	
CLIENT	<b>LOD</b>	Cote NGF	-	

## SONDAGE A LA PELLE N°

## PM2 + TV2

Cote	Stratigraphie	Description	Rippabilité			Tenue fouille			Echantillon
			bonne	moyenne	Dur	bonne	moyenne	boulant	
0,00 à 0,10 m		Terre végétale, limon	X			X			
0,10 à 0,70 m	Remblais	Remblais		X				X	X
0,70 à 2,10 m	Altération	Micaschiste plus ou moins dure friable sous forme de cailloux. Ocre, gris, bleu.				X			X

**Nature de l'arrêt :** Bout de flèche de la pelle

**Eau :** Venue d'eau à 1,50 m

**Observation :** Néant

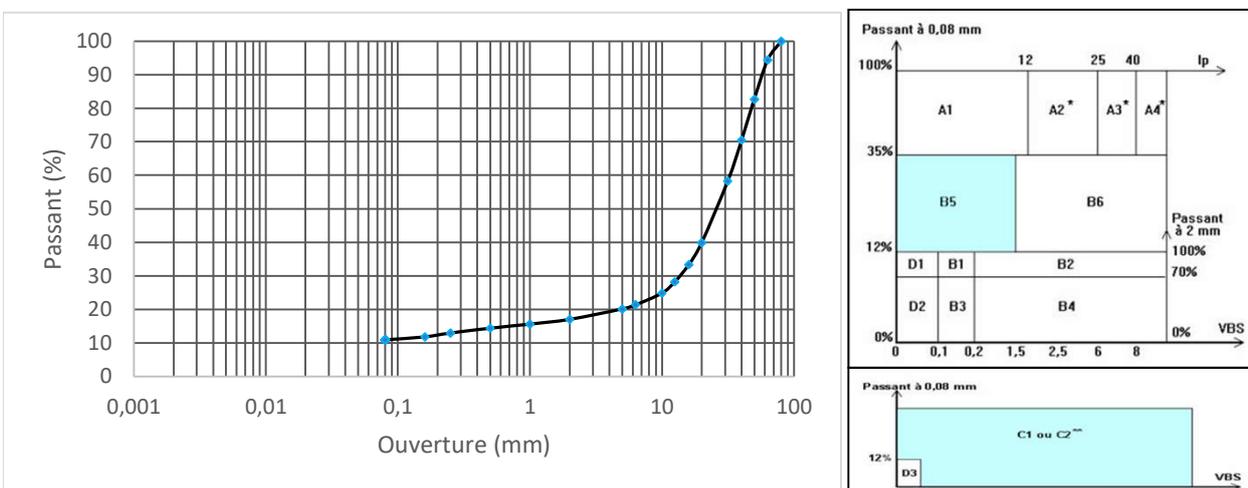
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM2
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,7 - 2,1 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	03/03/2022
		<b>Nature :</b>	Grave argileuse grise humide

**Observations:**

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	100	Passant (%)	94,4	20,6	13,2	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	VBS (g/100g)
				0,30

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	8,7%			

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>C1 B5</b>
---------------------------	--------------

## Analyse Granulométrique

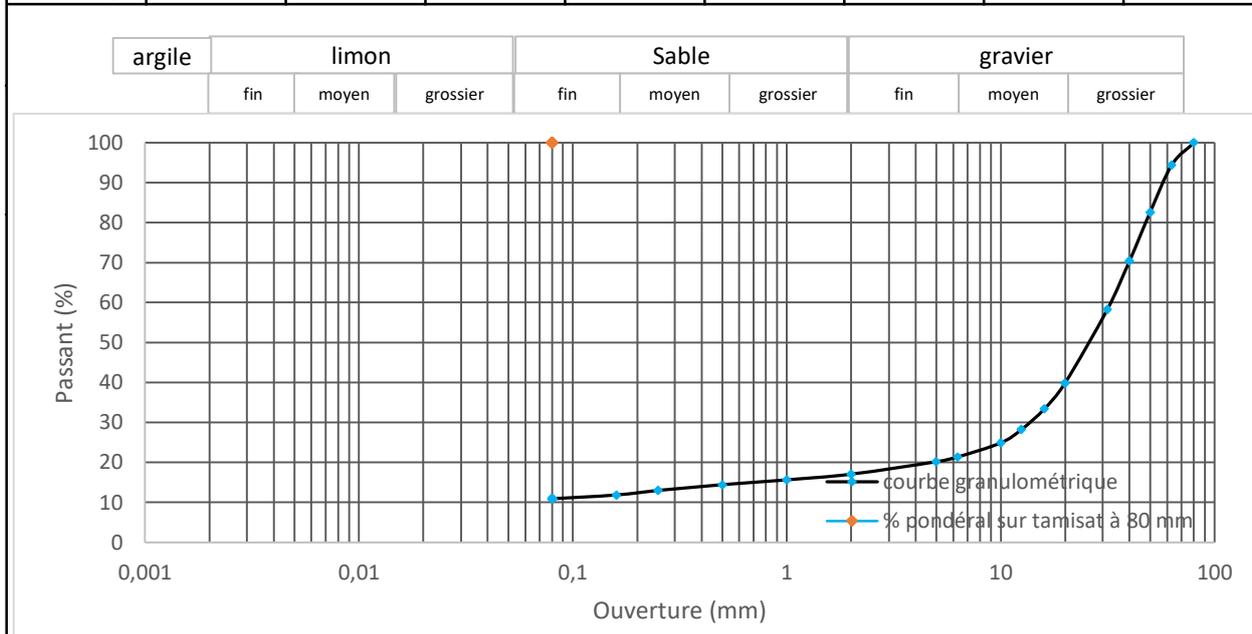
Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM2
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,7 - 2,1 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélèvement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	03/03/2022
		<b>Nature :</b>	Grave argileuse grise humide

Observations:

### RESULTATS

Dm:	80	% d'éléments > Dm:	1,9%					
Analyse par tamisage - NF P94-056								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	82,6	39,9	24,9	20,1	17,0	15,6	13,0	10,9
Analyse par sédimentation - NF P94-057								
Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)
< 0,08	0,7429	13,7076	26,3329	32,7069

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>
> 72	> 409

Observation: Le D10 ne pouvant être déterminé, une valeur approchée est donnée à titre informatif

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

**RAPPORT D'ESSAIS**  
**Etude Proctor Normal - IPI**  
**(NF P 94-093, NF P 94-078)**

Entreprise : ACP Ingénierie  
Chantier : Thouare  
Date du prélèvement : 08/03/2022  
Destinataire : C. COUTAND  
N° échantillon : C208 1002  
Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM2 (0,7m à 2,1m)  
Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
Date de l'essai : 10/03/2022  
Nature du matériau : Schiste très altéré argileux  
Classification GTR : C1B5

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	60

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

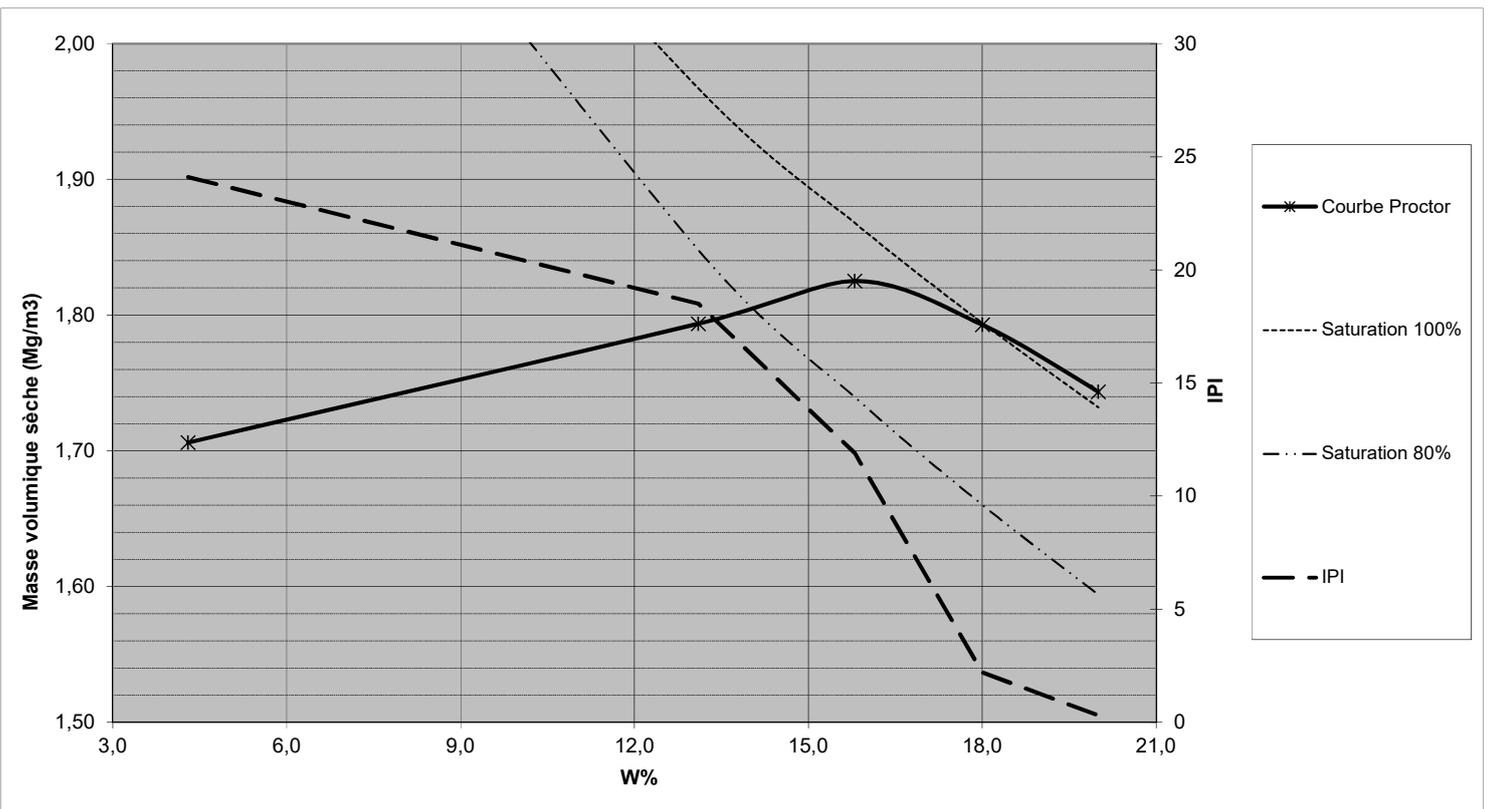
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux :

**ESSAI PROCTOR NORMAL**

Teneur en eau (%)	4,3	13,1	15,8	18,0	20,0		
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,71	1,79	1,83	1,79	1,74		

**ESSAI IPI ASSOCIE**

IPI	24,1	18,5	11,9	2,2	0,3		
-----	------	------	------	-----	-----	--	--



**Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20**

$\rho_d$ OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,83
W%OPN	15,8

**Caractéristiques Proctor Normal corrigées sur la fraction 0/D**

$\rho_d$ 'OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	2,27
W%OPN	6,3

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

Entreprise : ACP Ingénierie  
Chantier : Thouare  
Date du prélèvement : 08/03/2022  
Destinataire : C. COUTAND  
N° échantillon : C208 1002  
Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM2 (0,7m à 2,1m)  
Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
Date de l'essai : 10/03/2022  
Nature du matériau : Schiste très altéré argileux + Traitement  
Classification GTR : C1B5

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	60

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

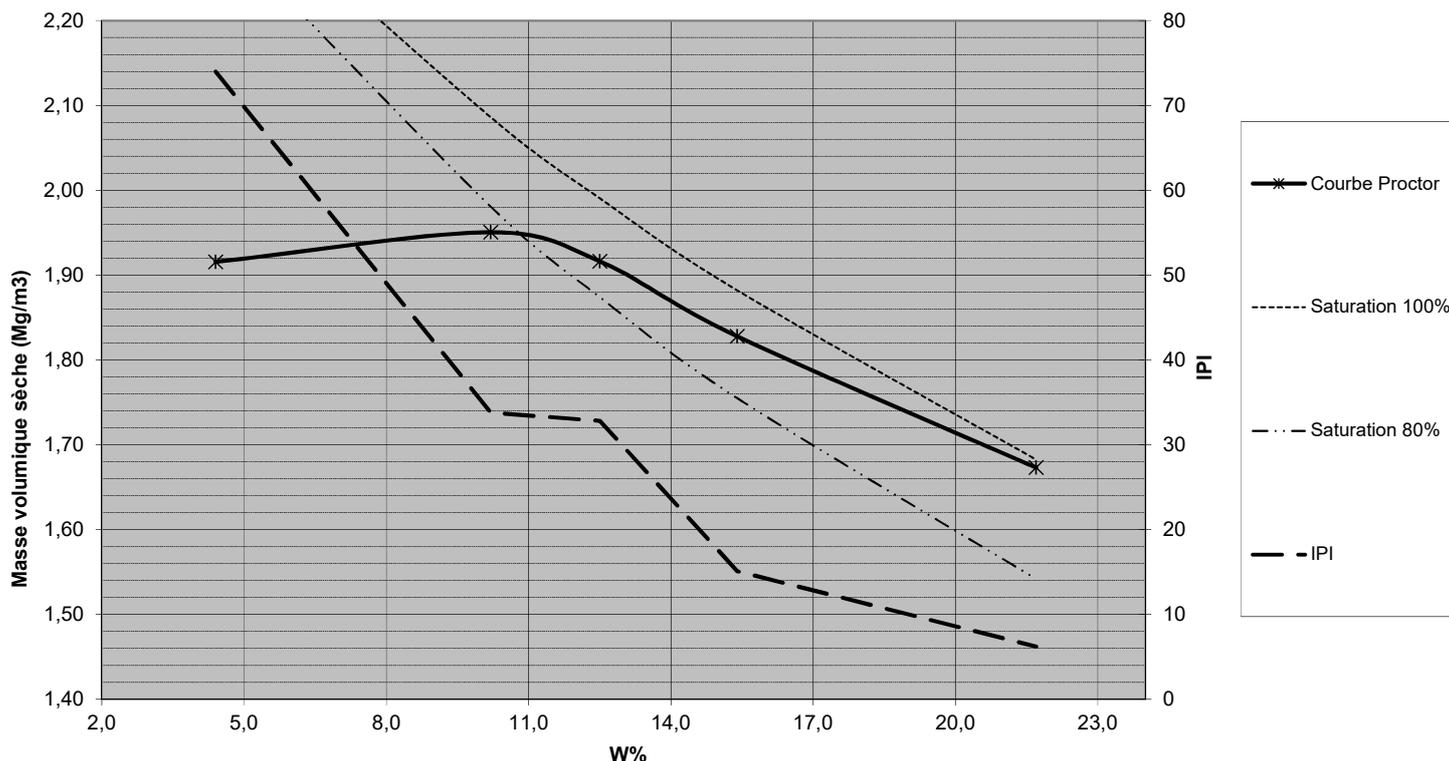
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux : 1h

**ESSAI PROCTOR NORMAL**

Teneur en eau (%)	4,4	10,2	12,5	15,4	21,7		
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,92	1,95	1,92	1,83	1,67		

**ESSAI IPI ASSOCIE**

IPI	74	33,8	32,8	15,1	6,2		
-----	----	------	------	------	-----	--	--



**Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20**

$\rho_d$ OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,95
W%OPN	10,2

**Caractéristiques Proctor Normal corrigées sur la fraction 0/D**

$\rho_d$ 'OPN (Mg/m <sup>3</sup> )	2,34
W%OPN	4,1

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

Entreprise : APC INGENIERIE  
 Chantier : THOUARE  
 Destinataire : C. COUTAND  
 Dossier affaire : DA 2022 0403

Prélèvement : Client  Laboratoire CBTP   
 Date de prélèvement : 08/03/2022

Matériau	nature du sol	Schiste très altéré	classification GTR	C1 B5
	provenance	PM2 (0,7m à 2,1m)		
	n° échantillon	C208 1002		

Produits de traitement	chaux		liant hydraulique routier	
	Nature	CL80	Nature	Rolac Optimum
	Origine	Vaiges	Origine	SPLC
	n° échantillon	C119 0027	n° échantillon	C118 3012

Caractéristiques du sol traité	fraction utilisée	$\rho$ dOPN (Mg/m3)	WOPN (%)
	0 / 6,3 mm	1,95	10,2

Confection des éprouvettes	Compacité	teneur en eau
	96 % $\rho$ dOPN (Mg/m3)	W % OPN + 1 %
	1,87	11,2

date de confection	24/03/2022	modalité alternative complémentaire	non
date des essais	31/03/2022	temps de cure avant immersion à 40°C dans l'eau	4 heures

Mesure de la résistance à la traction Rit en MPa (NF EN 13286-42)  
 Mesure du gonflement volumique du matériau traité (NF EN 13286-49)

Dosage en produit de traitement	1 % CaO + 5 % Rolac Optimum	1 % CaO + 7 % Rolac Optimum
---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Caractéristiques mécaniques	Eprouvette n°	Rit (MPa)	W finale (%)	Rit (MPa)	W finale (%)
	1	0,41	16,2	0,50	17,4
2	0,51	16,1	0,62	16,9	
3	0,29	17,4	0,61	16,7	
<b>Moyenne</b>	<b>0,40</b>	<b>16,6</b>	<b>0,58</b>	<b>17,0</b>	

Gonflement volumique	Eprouvette n°	Gv (%)	W finale (%)	Gv (%)	W finale (%)
	4	8,2	20,1	7,6	22,0
5	10,7	21,1	12,7	23,6	
6	11,3	20,6	11,3	23,2	
<b>Moyenne</b>	<b>10,1</b>	<b>20,6</b>	<b>10,6</b>	<b>22,9</b>	

**CRITERE :**

Type de traitement	Aptitude du sol	Gonflement Volumique Gv 7j (%)	Résistance en compression diamétrale Rit (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	$\leq 5$	$\geq 0,2$
	Douteux	$5 < Gv \leq 10$	$0,1 \leq Rit < 0,2$
	Inadapté	$> 10$	$< 0,1$
Traitement à la chaux seule	Adapté	$\leq 5$	Paramètre non considéré pour ce type de traitement
	Douteux	$5 < Gv \leq 10$	
	Inadapté	$> 10$	

**CONCLUSION :** Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 5 % de Rolac Optimum SP est inadaptée au sens de la norme NF P 94-100

Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 7 % de Rolac Optimum SP est inadaptée au sens de la norme NF P 94-100

1/1	31/03/2022	Elodie BOUTROUELLE Technicienne	Tangi LE BORGNE Responsable secteur laboratoire géotechnique
Page	Date	Rédigé par	Validé par

DOSSIER	<b>A22.0025</b>	Engin	Pelle 2T5	
CHANTIER	<b>PM3</b>	Date		
VILLE	<b>THOUARE-SUR-LOIRE</b>	Opérateur	ML	
CLIENT	<b>LOD</b>	Cote NGF	-	

<b>SONDAGE A LA PELLE N°</b>	<b>PM3</b>
------------------------------	------------

Cote	Stratigraphie	Description	Rippabilité			Tenue fouille			Echantillon
			bonne	moyenne	Dur	bonne	moyenne	boulant	
0,0 à 0,40 m	Altération	Terre végétale et limons terreux							
0,40 à 0,70 m		Argile limoneuse d'altération marron ocre							
0,70 à 1,10 m		Argile limoneuse d'altération marron ocre à gris							
1,10 à 2,30 m		Argile limoneuse d'altération gris à marron							

**Nature de l'arrêt :** Bout de flèche de la pelle

**Eau :**

**Observation :** Néant

--	--

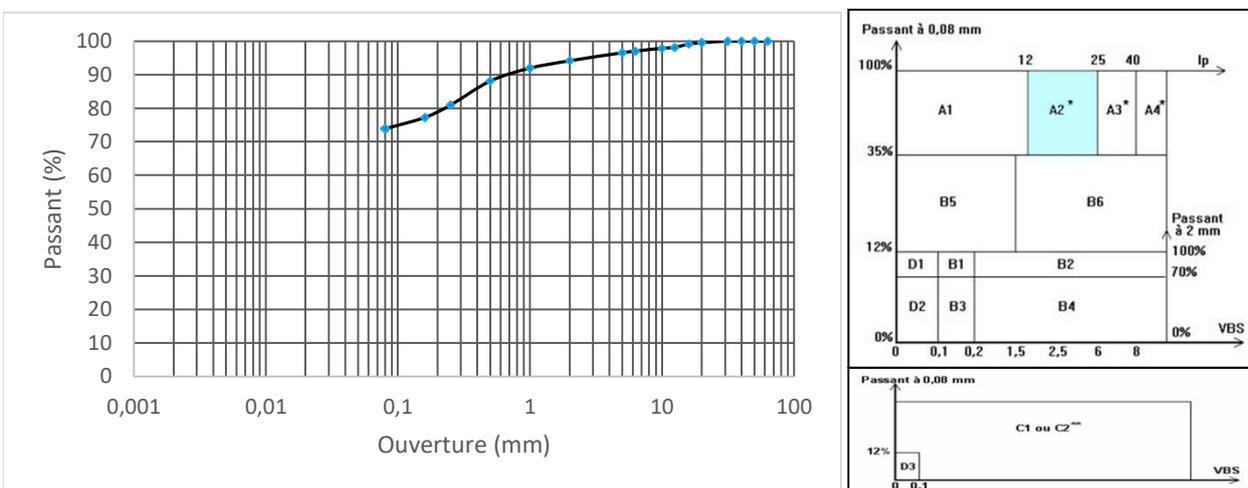
## Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM3
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,7 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	03/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron à rares graves

**Observations:**

### PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF P94-056 et NF P94-057				
		Tamis (mm)	50	2 (sur 0/50)	0,08 (sur 0/50)	0,002 (sur 0/50)
	31,5	Passant (%)	100,0	94,2	73,9	

Argilosité	NF P94-051 et NF P94-052-1			NF P94-068
	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	VBS (g/100g)
	35	19	16	

Etat hydrique	NF P94-050	NF P94-051	NF P94-078	NF P94-093
	W <sub>N</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>PI</sub>	W <sub>N</sub> /W <sub>OPN</sub>
	22,0%	0,80		

<b>CLASSIFICATION GTR</b>	<b>A2</b>	<b>th</b>
---------------------------	-----------	-----------

## Analyse Granulométrique

Normes NF P94-056 et NF P94-057

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM3
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,7 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	03/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron à rares graves

Observations:

### RESULTATS

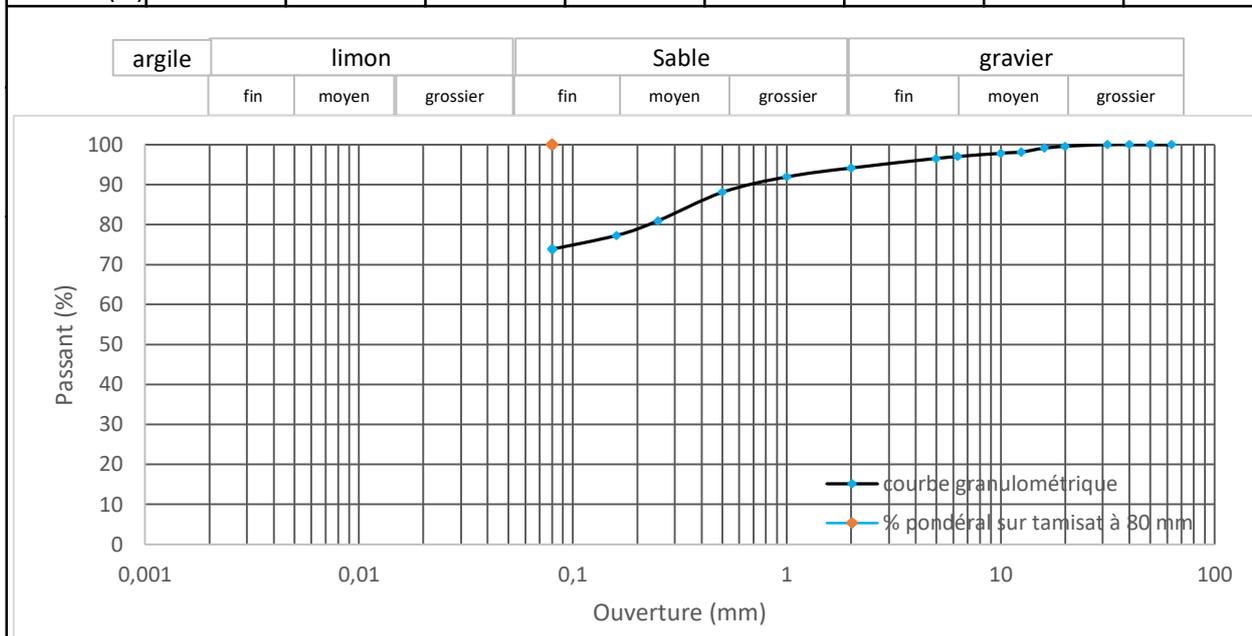
Dm:	80	% d'éléments > Dm:	0,0%
-----	----	--------------------	------

#### Analyse par tamisage - NF P94-056

Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,08
Passant (%)	100,0	99,6	97,8	96,5	94,2	91,9	80,9	73,9

#### Analyse par sédimentation - NF P94-057

Tamis (mm)								
Passant (%)								



D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)

C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

## Limites d'Atterberg

Normes NF P94-051 et NF P94-052-1

<b>Dossier :</b>	A22-0025	<b>Sondage :</b>	PM3
<b>Affaire :</b>	Thouaré sur Loire	<b>Profondeur (m) :</b>	0,4 - 0,7 m
<b>Chargé d'Affaire :</b>	Clément Coutand	<b>Date prélevement :</b>	23/02/2022
<b>Demandeur/Client :</b>	Loire Océan Développement	<b>Date essais :</b>	03/03/2022
		<b>Nature :</b>	Argile marron à rares graves

**Observations:**

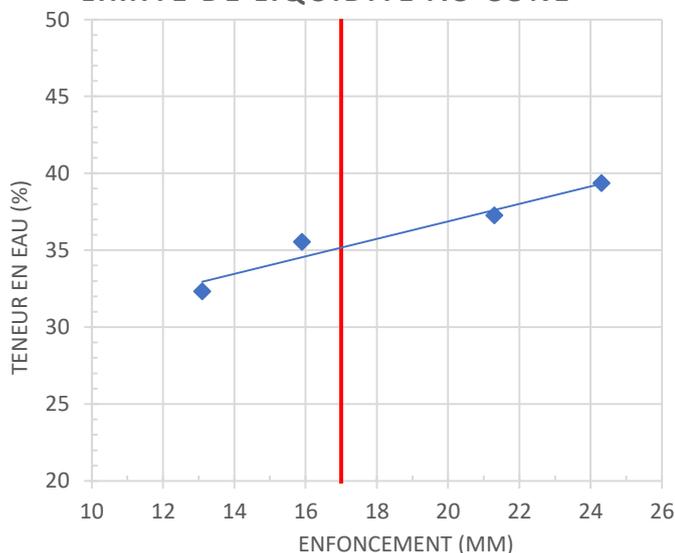
### MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE (NF P 94-052-1)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	24,3	21,3	15,9	13,1	
Teneur en eau (%)	39,4	37,3	35,5	32,3	

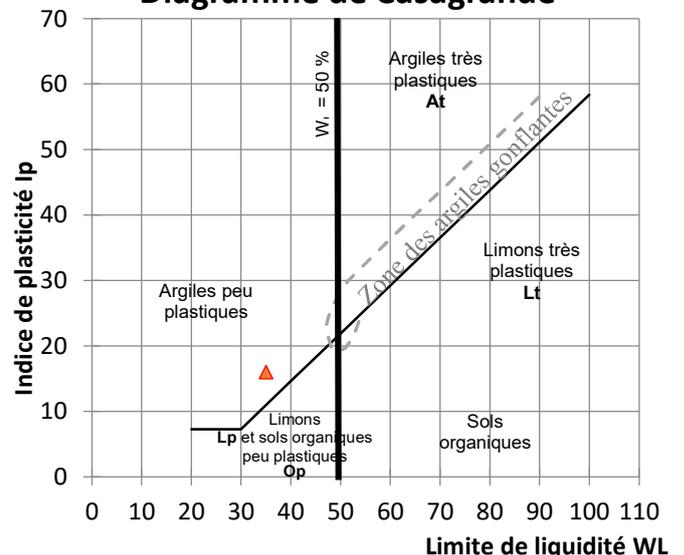
### MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF P 94-051)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	19,5	19,4		19,5

### LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE

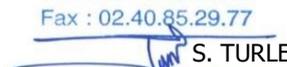


### Diagramme de Casagrande



### RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<20}$	22,1%
Limite de liquidité $w_L$	35
Limite de plasticité $w_p$	19
Indice de plasticité $I_p$	16
Indice de liquidité $I_L$	0,2
Indice de consistance $I_C$	0,80

L'Ingénieur responsable :  
**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77  


## RAPPORT D'ESSAIS

### Etude Proctor Normal - IPI (NF P 94-093, NF P 94-078)

Entreprise : ACP Ingénierie  
 Chantier : Thouare  
 Date du prélèvement : 08/03/2022  
 Destinataire : C. COUTAND  
 N° échantillon : C208 1003  
 Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM3 (0,4m à 0,7m)  
 Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
 Date de l'essai : 16/03/2022  
 Nature du matériau : Limon argileux marron clair  
 Classification GTR : A2

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	0

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

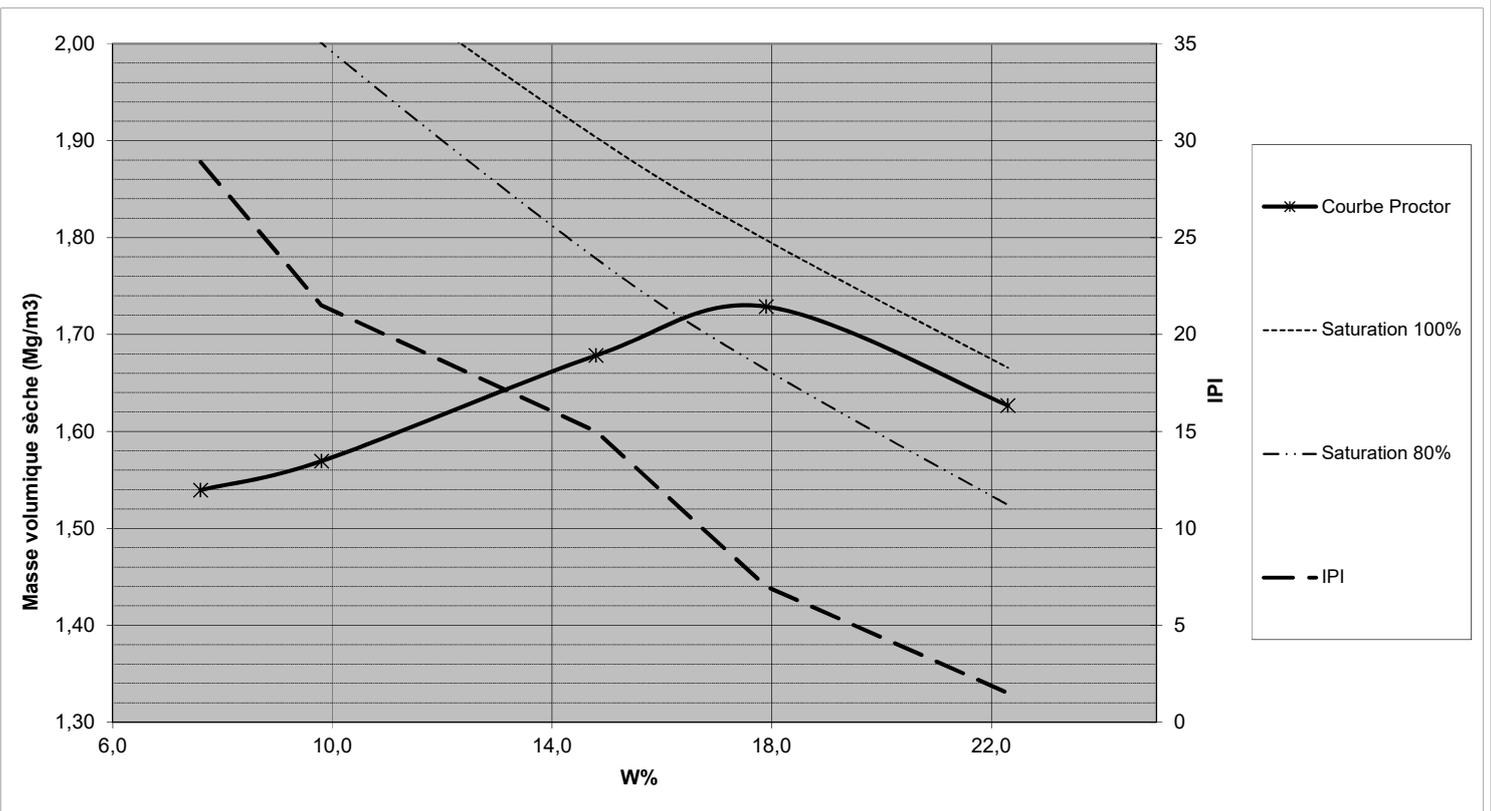
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux :

#### ESSAI PROCTOR NORMAL

Teneur en eau (%)	7,6	9,8	14,8	17,9	22,3		
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,54	1,57	1,68	1,73	1,63		

#### ESSAI IPI ASSOCIE

IPI	28,9	21,5	15	7	1,5		
-----	------	------	----	---	-----	--	--



#### Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20

ρdOPN (Mg/m <sup>3</sup> )	1,73
W%OPN	17,5

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

**RAPPORT D'ESSAIS**  
**Etude Proctor Normal - IPI**  
**(NF P 94-093, NF P 94-078)**

Entreprise : ACP Ingénierie  
Chantier : Thouare  
Date du prélèvement : 08/03/2022  
Destinataire : C. COUTAND  
N° échantillon : C208 1003  
Dossier Affaire : DA 2022 0403

Lieu de prélèvement : PM3 (0,4m à 0,7m)  
Prélèvement : Laboratoire CBTP  Client   
Date de l'essai : 16/03/2022  
Nature du matériau : Limon argileux marron clair + traitement  
Classification GTR : A2

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m <sup>3</sup> ) :	2,65
% de refus à 20 mm :	0

\* valeur estimée

Préparation du matériau :

Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

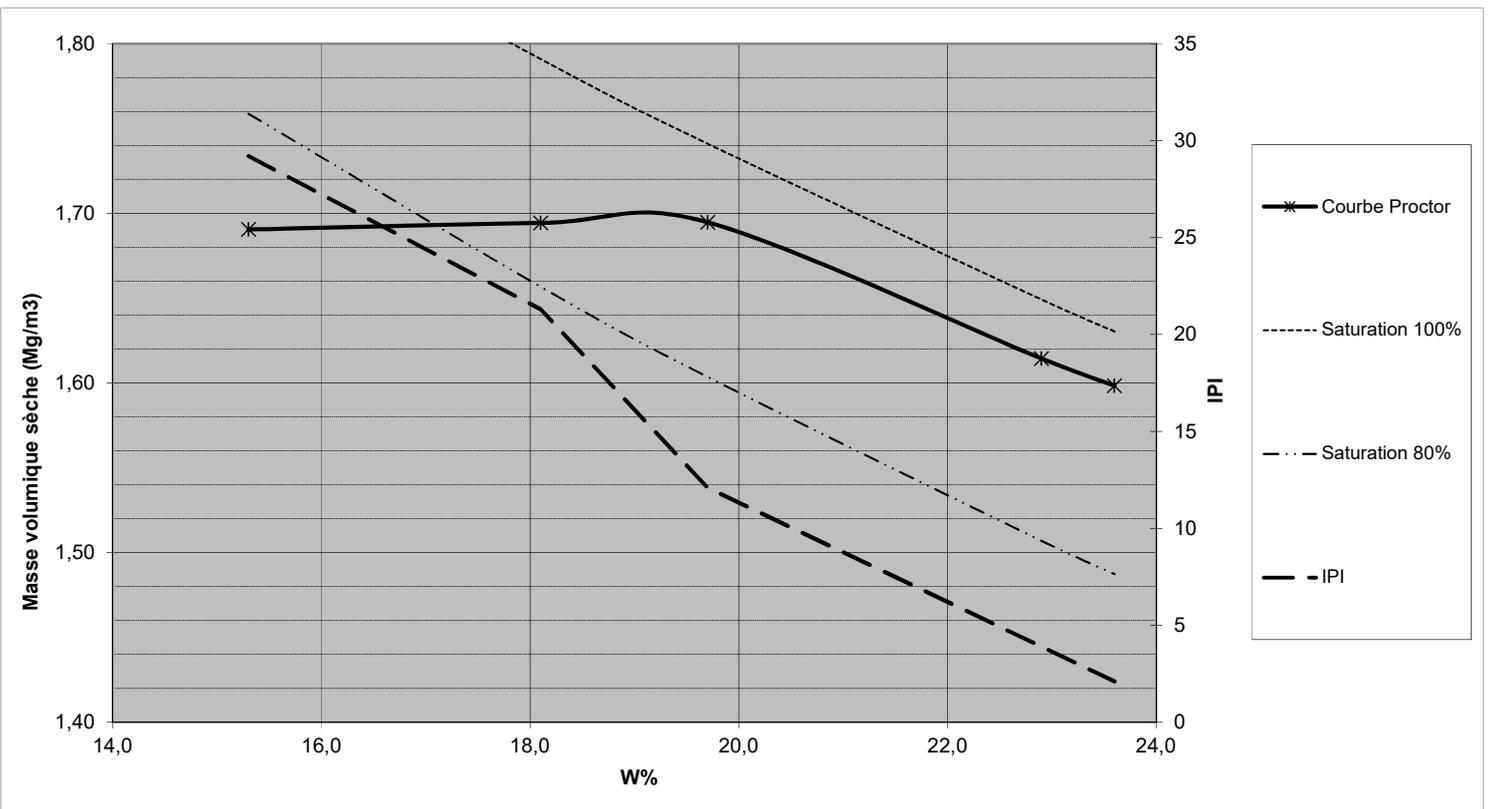
Temps de conservation avant compactage si traitement à la chaux :

**ESSAI PROCTOR NORMAL**

Teneur en eau (%)	15,3	18,1	19,7	22,9	23,6		
Masse volumique sèche (Mg/m <sup>3</sup> )	1,69	1,69	1,69	1,61	1,60		

**ESSAI IPI ASSOCIE**

IPI	29,2	21,3	12,1	3,9	2,1		
-----	------	------	------	-----	-----	--	--



**Caractéristiques Proctor Normal sur la fraction 0/20**

$\rho_{dOPN}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1,70
W% OPN	19,2

1/1	Elodie BOUTROUELLE	Tangi LE BORGNE
Page		
22/03/2022	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
Date	Rédigé par	Validé par

Entreprise : APC INGENIERIE  
 Chantier : THOUARE  
 Destinataire :  
 Dossier affaire : DA 2022 0403

Prélèvement : Client  Laboratoire CBTP   
 Date de prélèvement : 08/03/2022

Matériau	nature du sol	Limon marron clair	classification GTR	A2
	provenance	PM3 (0,4m à 0,7m)		
	n° échantillon	C208 1003		

Produits de traitement	chaux		liant hydraulique routier	
	Nature	CL80	Nature	Rolac Optimum
	Origine	Vaiges	Origine	SPLC
	n° échantillon	C119 0027	n° échantillon	C118 3012

Caractéristiques du sol traité	fraction utilisée	ρdOPN (Mg/m3)	WOPN (%)
	0 / 6,3 mm	1,7	19,2

Confection des éprouvettes	Compacité	teneur en eau
	96 % ρdOPN (Mg/m3)	W % OPN + 1 %
	1,63	20,2

date de confection	23/03/2022	modalité alternative complémentaire	non
date des essais	30/03/2022	temps de cure avant immersion à 40°C dans l'eau	4 heures

Mesure de la résistance à la traction Rit en MPa (NF EN 13286-42)  
 Mesure du gonflement volumique du matériau traité (NF EN 13286-49)

Dosage en produit de traitement	<b>1 % CaO + 5 % Rolac Optimum</b>	<b>1 % CaO + 7 % Rolac Optimum</b>
---------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Caractéristiques mécaniques	Eprouvette n°	Rit (MPa)	W finale (%)	Rit (MPa)	W finale (%)
	1	0,16	21,8	0,26	20,7
2	0,21	21,1	0,27	21,0	
3	0,18	21,3	0,26	21,0	
<b>Moyenne</b>	<b>0,18</b>	<b>21,4</b>	<b>0,26</b>	<b>20,9</b>	

Gonflement volumique	Eprouvette n°	Gv (%)	W finale (%)	Gv (%)	W finale (%)
	4	0,0	23,3	0,2	22,5
5	1,0	23,2	1,0	22,3	
6	0,0	23,2	0,0	22,3	
<b>Moyenne</b>	<b>0,3</b>	<b>23,2</b>	<b>0,4</b>	<b>22,4</b>	

**CRITERE :**

Type de traitement	Aptitude du sol	Gonflement Volumique Gv 7j (%)	Résistance en compression diamétrale Rit (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	≥ 0,2
	Douteux	5 < Gv ≤ 10	0,1   Rit < 0,2
	Inadapté	> 10	< 0,1
Traitement à la chaux seule	Adapté	≤ 5	Paramètre non considéré pour ce type de traitement
	Douteux	5 < Gv ≤ 10	
	Inadapté	> 10	

**CONCLUSION :** Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 5 % de Rolac Optimum SP est douteux au sens de la norme NF P 94-100  
 Le traitement de ce matériau à 1 % de CaO + 7 % de Rolac Optimum SP est adaptée au sens de la norme NF P 94-100

1/1	30/03/2022	Elodie BOUTROUELLE Technicienne	Tangi LE BORGNE Responsable secteur laboratoire géotechnique
Page	Date	Rédigé par	Validé par

Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

N° de sondage : MA1

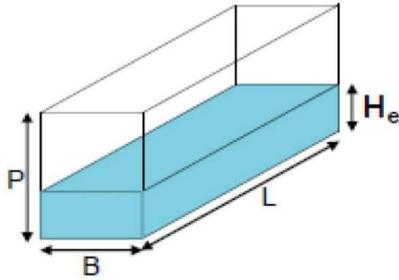
2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux Terre végétale limoneuse 0 - 0,50 m

Altération micaschisteuse 0,50 - 1,00 m



Longueur fouille L (m) **1,00**

Largeur fouille B (m) **1,00**

Profondeur P (m/TN) **1,00**

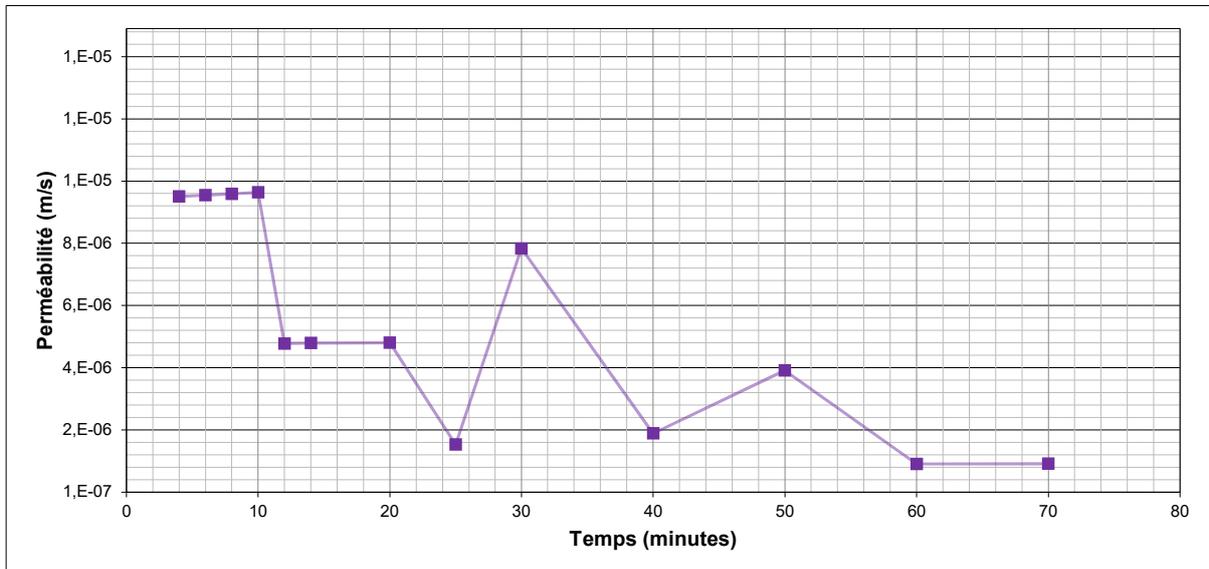
Coeff. de forme (m) **0,250**

Coeff. de sécurité **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,840
2	0,835
4	0,830
6	0,825
8	0,820
10	0,818
12	0,815
14	0,813
20	0,810
25	0,800
30	0,798
40	0,788
50	0,79
60	0,78
70	0,78

**Perméabilité K (m/s) = 7,6E-06**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

N° de sondage : MA2

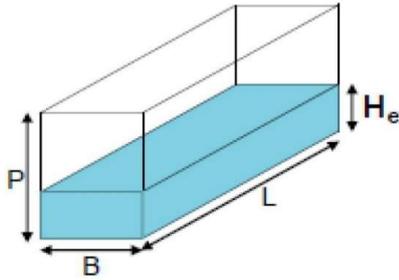
2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux Terre végétale limoneuse 0 - 0,35 m

Altération micaschisteuse 0,35 - 1,00 m



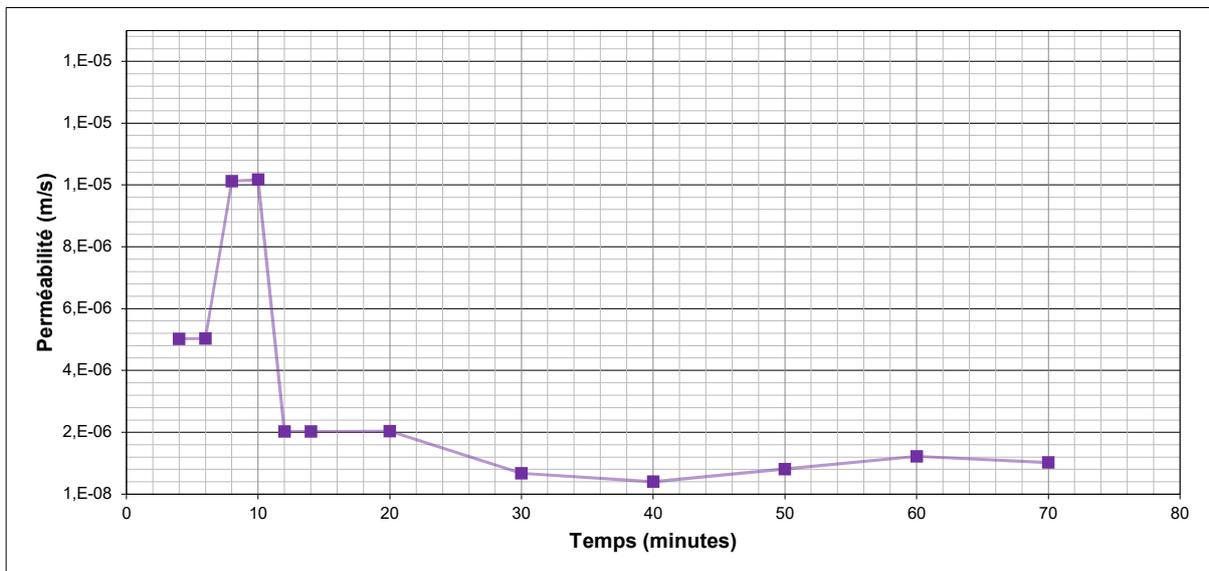
Longueur fouille L (m) **1,00**  
 Largeur fouille B (m) **1,10**  
 Profondeur P (m/TN) **1,00**

Coeff. de forme (m) **0,262**  
 Coeff. de sécurité **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau H <sub>e</sub> (m)
0	0,825
2	0,823
4	0,820
6	0,815
8	0,810
10	0,809
12	0,808
14	0,807
20	0,806
30	0,805
40	0,803
50	0,800
60	0,80
70	0,80

**Perméabilité K (m/s) = 3,9E-06**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

N° de sondage : MA3

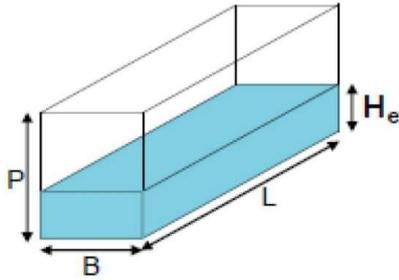
2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux Terre végétale limoneuse sableuse 0 - 0,40 m

Altération argilo micaschisteuse 0,40 - 1,00 m



Longueur fouille L (m) **1,00**

Largeur fouille B (m) **1,00**

Profondeur P (m/TN) **1,00**

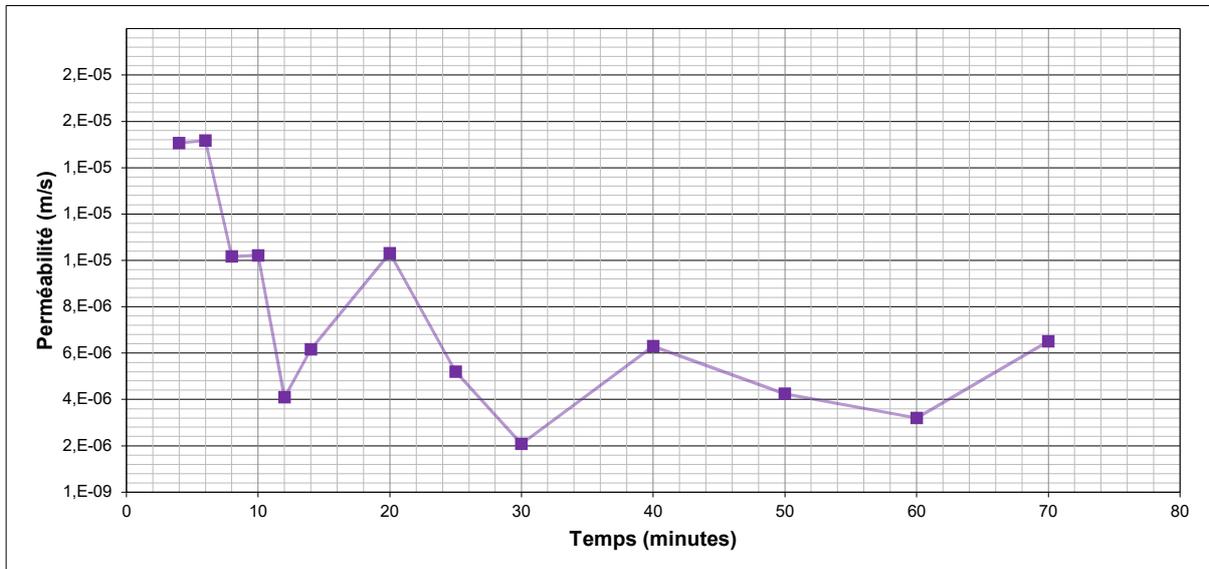
Coeff. de forme (m) **0,250**

Coeff. de sécurité **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau H <sub>e</sub> (m)
0	0,795
2	0,788
4	0,780
6	0,775
8	0,770
10	0,768
12	0,765
14	0,760
20	0,753
25	0,750
30	0,743
40	0,733
50	0,73
60	0,71
70	0,7

**Perméabilité K (m/s) = 1,1E-05**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

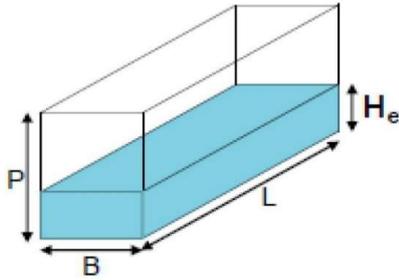
N° de sondage : MA4

2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux



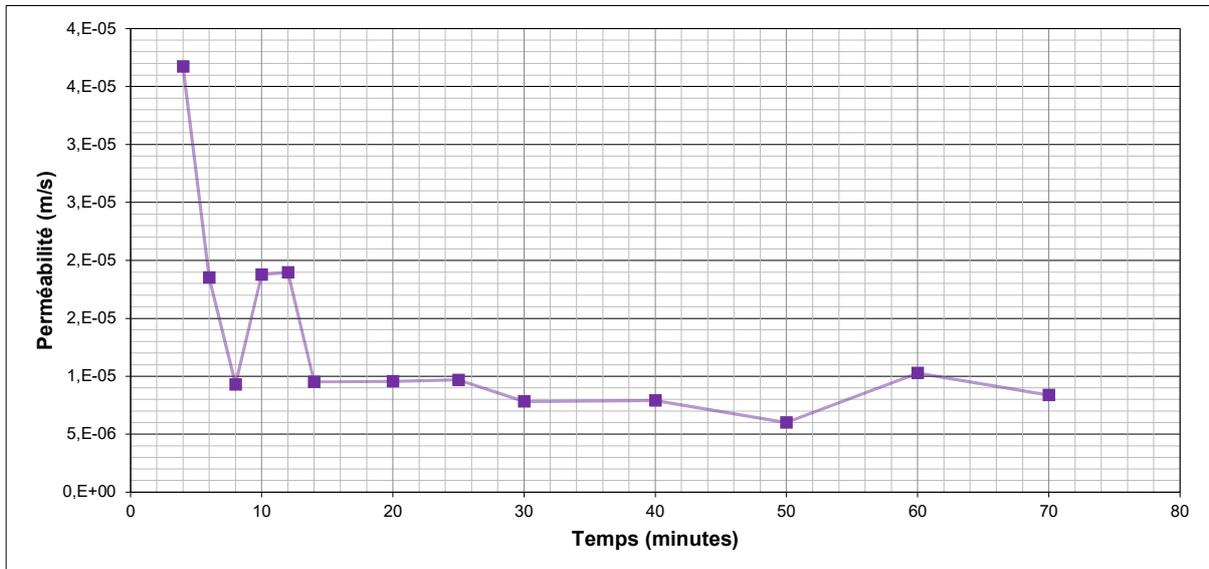
Longueur fouille L (m)           **1,00**  
 Largeur fouille B (m)           **1,00**  
 Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,250**  
 Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,905
2	0,885
4	0,875
6	0,870
8	0,860
10	0,850
12	0,845
14	0,840
20	0,825
25	0,815
30	0,805
40	0,790
50	0,77
60	0,75
70	0,735

**Perméabilité K (m/s) = 2,1E-05**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

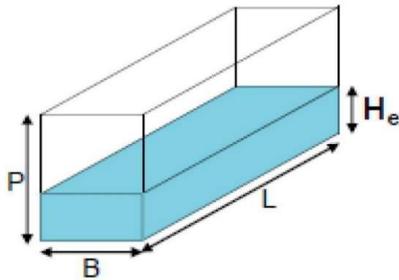
N° de sondage : MA5

2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux



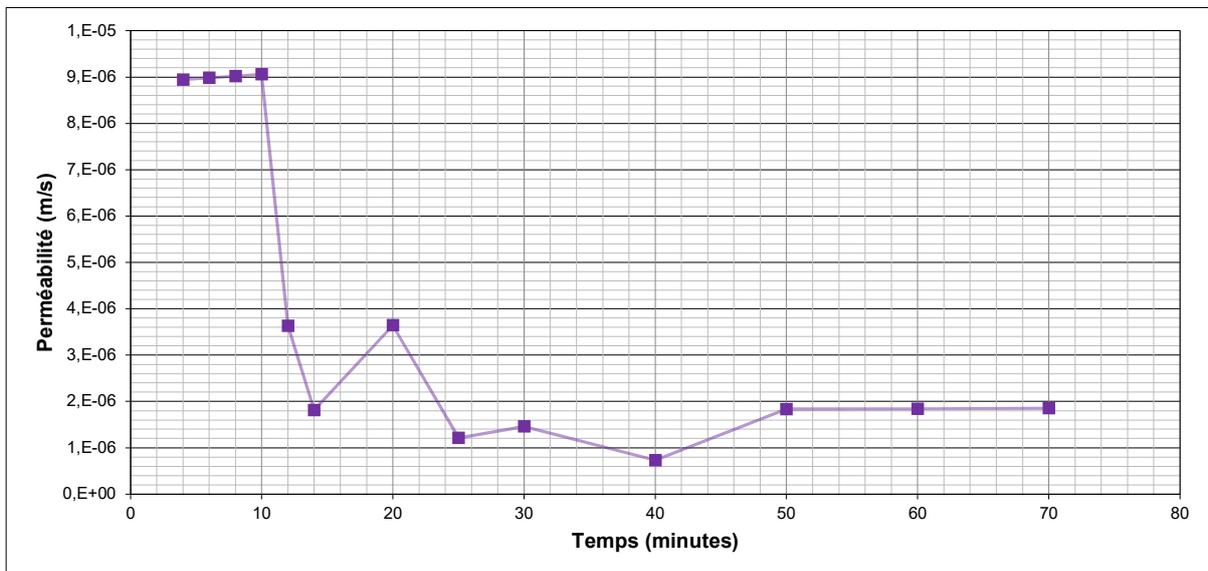
Longueur fouille L (m)           **1,00**  
 Largeur fouille B (m)           **1,00**  
 Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,250**  
 Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,920
2	0,915
4	0,910
6	0,905
8	0,900
10	0,898
12	0,897
14	0,895
20	0,893
25	0,891
30	0,890
40	0,885
50	0,88
60	0,88
70	0,87

**Perméabilité K (m/s) = 7,7E-06**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

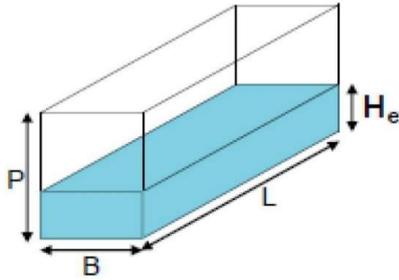
N° de sondage : MA6

2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux



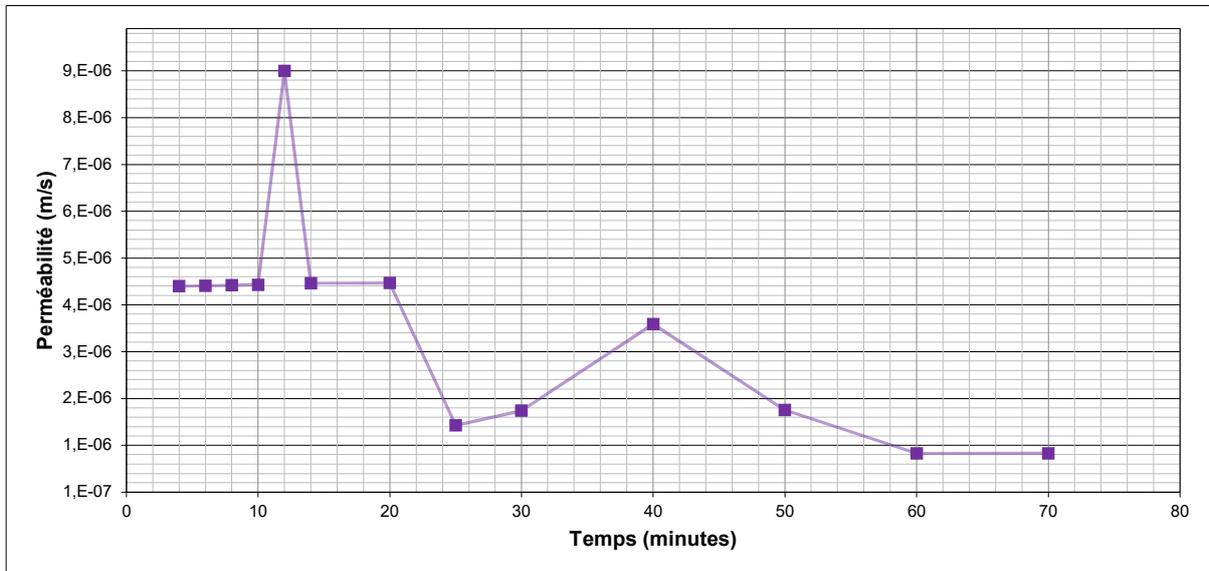
Longueur fouille L (m)           **1,00**  
 Largeur fouille B (m)           **1,00**  
 Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,250**  
 Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,910
2	0,908
4	0,905
6	0,903
8	0,900
10	0,895
12	0,893
14	0,890
20	0,888
25	0,885
30	0,880
40	0,875
50	0,87
60	0,87
70	0,865

**Perméabilité K (m/s) = 7,6E-06**



Date : 24.01.2022

Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE

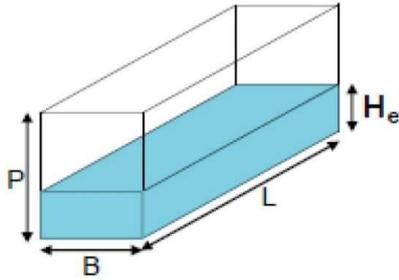
N° de sondage : MA7

2

Client : LOD

Dossier : A22.0025

Nature des matériaux



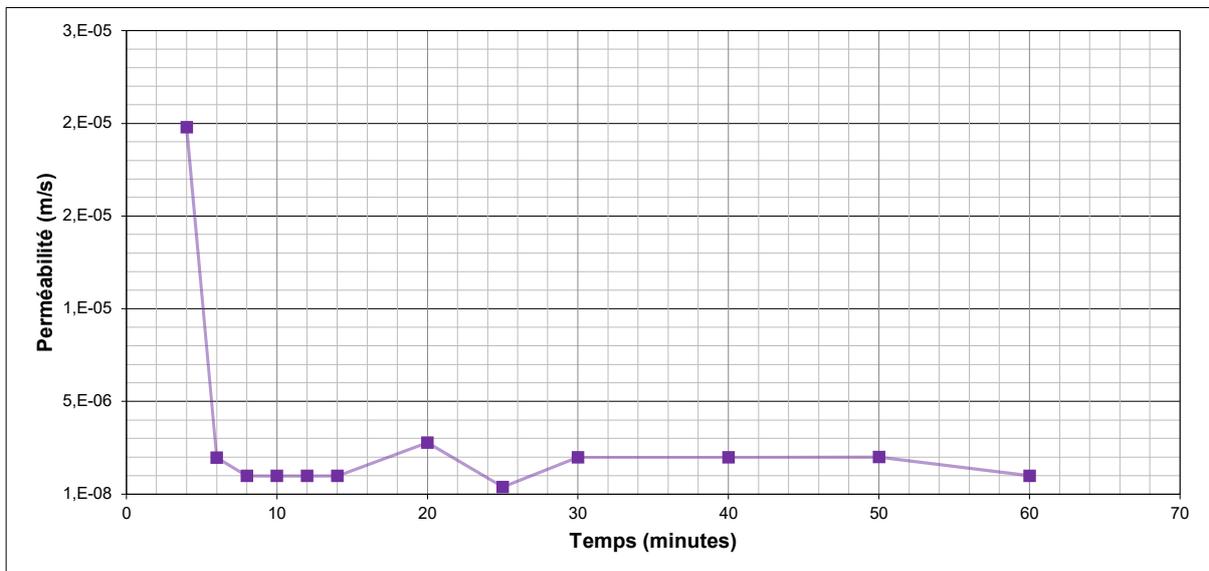
Longueur fouille L (m)           **1,10**  
 Largeur fouille B (m)           **1,00**  
 Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,262**  
 Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

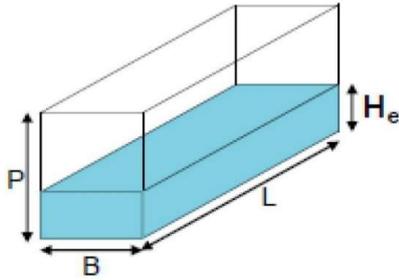
Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,850
2	0,840
4	0,839
6	0,839
8	0,838
10	0,838
12	0,837
14	0,836
20	0,835
25	0,833
30	0,830
40	0,825
50	0,82
60	0,82

**Perméabilité K (m/s) = 3,5E-06**



Date : 07.02.2022  
Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE  
N° de sondage : **MA8**

Client : **LOD**  
Dossier : **A22.0025**  
Nature des matériaux : **Limon puis micaschiste altéré**



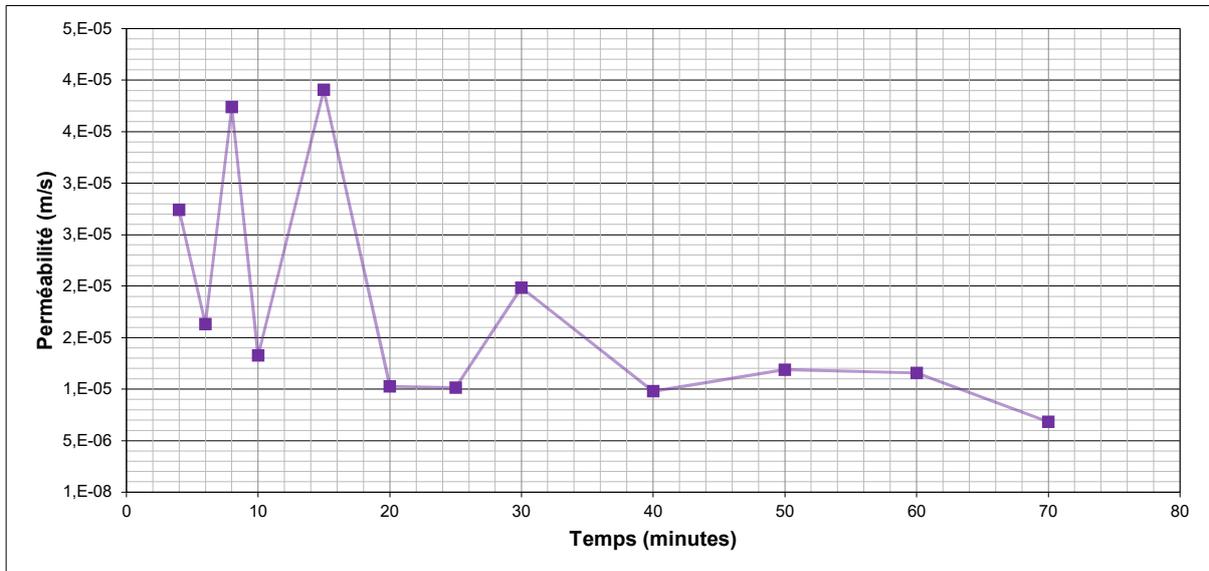
Longueur fouille L (m)           **1,00**  
Largeur fouille B (m)           **1,00**  
Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,250**  
Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

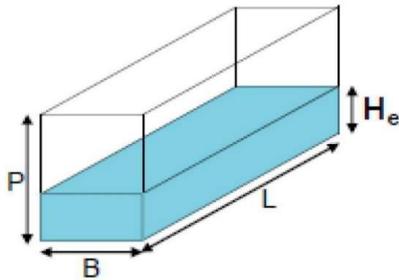
Temps (min)	Hauteur d'eau $H_e$ (m)
0	0,125
2	0,130
4	0,133
6	0,140
8	0,143
10	0,150
15	0,155
20	0,160
25	0,170
30	0,175
40	0,188
50	0,200
60	0,21
70	0,21

**Perméabilité K (m/s) = 4,7E-06**



Date : 07.02.2022  
Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE  
N° de sondage : MA9

Client : LOD  
Dossier : A22.0025  
Nature des matériaux : Limon puis micaschiste altéré



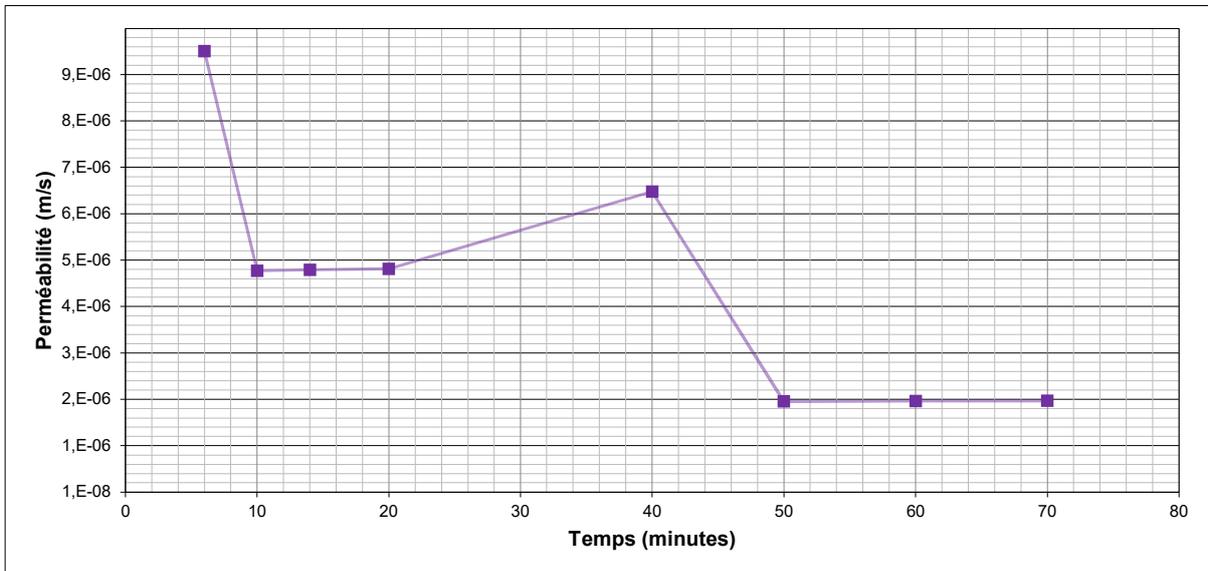
Longueur fouille L (m)           **1,10**  
Largeur fouille B (m)           **1,00**  
Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,262**  
Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau H <sub>e</sub> (m)
0	0,890
2	0,885
6	0,880
10	0,875
14	0,870
20	0,860
40	0,850
50	0,845
60	0,840
70	0,835

**Perméabilité K (m/s) = 2,9E-06**



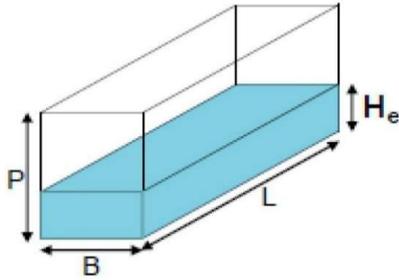




**Essai de perméabilité MATSUO**

Date : 08.02.2022  
Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE  
N° de sondage : MA12

Client : LOD  
Dossier : A22.0025  
Nature des matériaux : **Limon puis micaschiste altéré argileux**



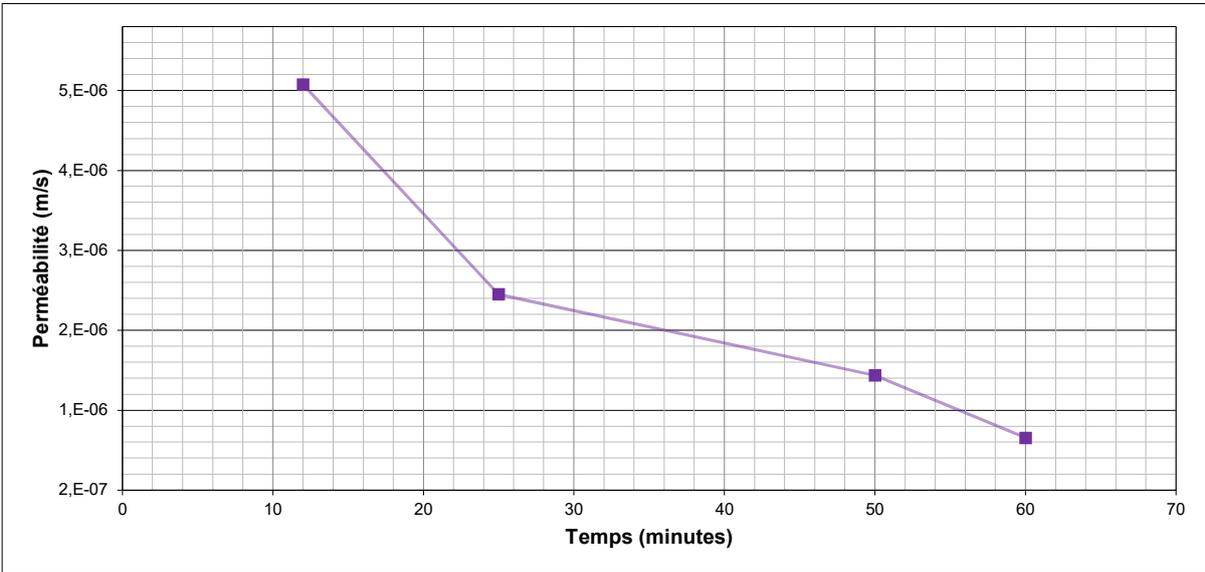
Longueur fouille L (m)           **1,20**  
Largeur fouille B (m)           **1,20**  
Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,300**  
Coeff. de sécurité               **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau H <sub>e</sub> (m)
0	0,890
4	0,885
12	0,880
25	0,875
50	0,870
60	0,865

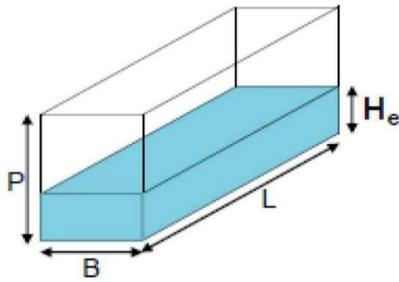
**Perméabilité K (m/s) = 1,5E-06**





Date : 27.01.2022  
Chantier : THOUARE-SUR-LOIRE  
N° de sondage : **MA14**

Client : **LOD**  
Dossier : **A22.0025**  
Nature des matériaux : **Limon puis micaschiste altéré argileux**



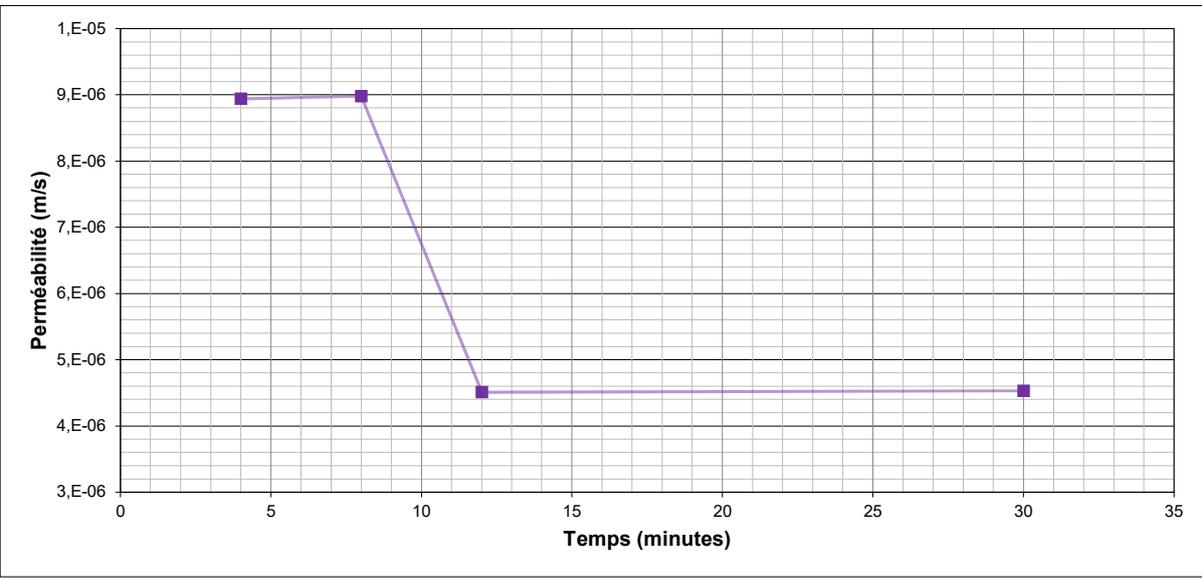
Longueur fouille L (m)           **1,00**  
Largeur fouille B (m)           **1,00**  
Profondeur P (m/TN)           **1,00**

Coeff. de forme (m)           **0,250**  
Coeff. de sécurité           **1**

Saturation préalable (terrain saturé)

Temps (min)	Hauteur d'eau H <sub>e</sub> (m)
0	0,920
2	0,915
4	0,910
8	0,905
12	0,900
30	0,895

**Perméabilité K (m/s) = 9,0E-07**





Capinov SAS  
Z.I. de Lanrinou - CS 20100  
29206 Landerneau Cedex  
Tél. : 02 98 25 30 24  
Fax : 02 98 25 32 74  
contact.capinov@capinov.fr  
www.capinov.fr  
SIREN : 817 668 155 RCS BREST

Prélevement  
Réception 08/02/2022  
Début d'analyse 18/02/2022

## Analyse de terre Rapport d'essai

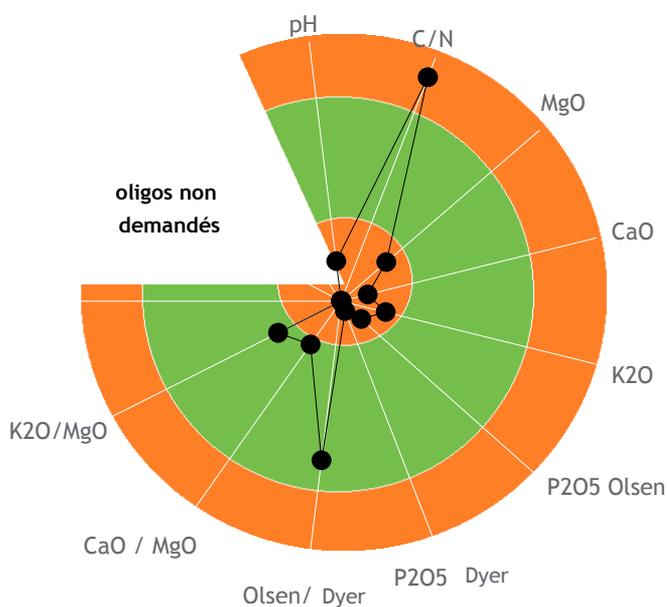
Identification rapport d'essai  
Numéro : 2022\_1.5879.1  
Date de validation : 03/03/2022 14:02  
Date d'édition : 03/03/2022 16:01

Demandeur : LAGREE Julien  
016154(LAB)

LAGREE Julien

Payeur : APC INGENIERIE P.A. DE LA BILIAIS DENIAUD 3 RUE ALBERT  
DE DION  
183820(AUT)  
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE

## Synthèse de votre analyse :



## Parcelle (1):

- TERRE VEGETALE - TV1

### Analyses demandées

Pas de frais de commande manuelle  
Frais de dossier par échantillon  
Granulometrie couplee à analyse plein champ  
(Sable+Limon+Argile+ Calcaire H2O)  
Terre menu 3 - Code 125017

### Système de culture (1): Polycultures

Profondeur de prélèvement : 30 cm

### (1) Information communiquée par le demandeur

Tous les résultats sont exprimés par rapport à la terre fine et sèche, sans correction de l'humidité résiduelle.

Produit : TERRE PLEIN CHAMP - Quantité reçue : >500 g

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \*. Les graphiques et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation.



Méthodes analyses rendues sous accréditation : Prétraitement échantillons : NF ISO 11464, Humidité : NF ISO 11465, pH : NF ISO 10390, Carbone organique : NF ISO 10694 par défaut (ou NF ISO 14235 si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : NF ISO 13878, Phosphore - DYER : NF X 31-160 /méth interne IAG19 (flux continu) - JORET-HEBERT : NF X 31-161 - OLSEN : NF ISO 11263, CEC : NF X 31-130, Bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) : NF X 31-108/NF ISO 22036 (ICP), Oligo-éléments (Cu, Fe, Mn, Zn) : NF X 31-120, Calcaire total : NF ISO 10693, Granulométrie : NF X 31-107.

Méthodes analyses rendues hors accréditation Carbone organique et Azote total : prétraitement échantillon sans broyage à 250 µm, Bore : Méthode interne MOAG22 extraction CaCl2/ICP-OES, Carbone organique : combustion sèche par défaut (ou oxydation sulfochromique si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : combustion sèche.

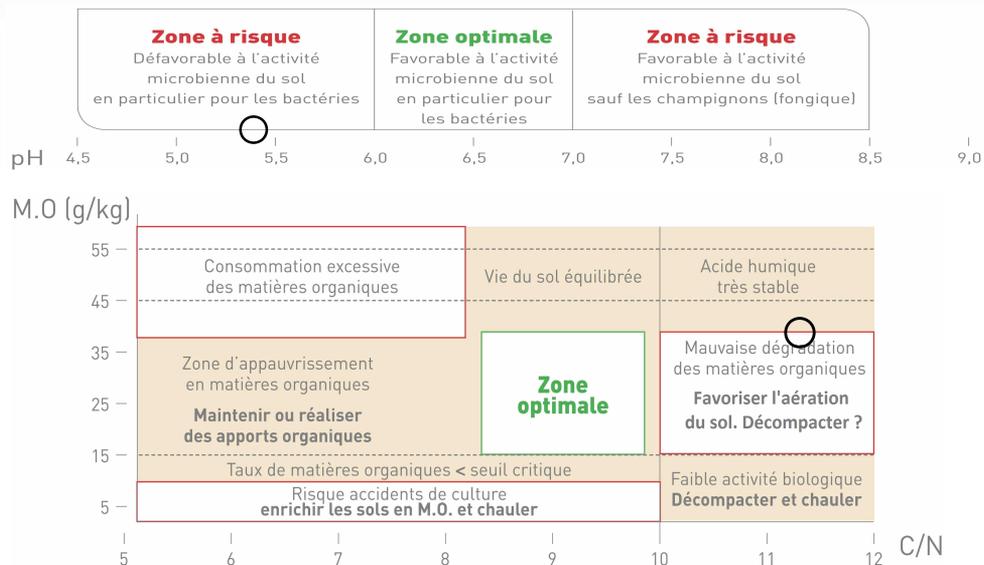


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Agréé par le Ministère de  
l'Agriculture agrément  
(type 1, 2, 3, 4, 5)

## La vie du sol

*pH eau	5.4
Carbone organique	21,9 g/kg
Matière organique (C.Org. x 1,73)	38,0 g/kg
Azote total	1,93 g/kg
C/N	11,4



## Les éléments nutritifs

Système de culture : Polycultures

Teneur du sol	Méq/kg	g/kg	Niveau faible	Niveau satisfaisant	Niveau élevé
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer		0,03		0,17	0,25
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen		0,02		0,05	0,08
*K <sub>2</sub> O échangeable	2,1	0,10		0,14	0,20
*CaO échangeable	21,1	0,59		1,43	1,90
*MgO échangeable	4,5	0,09		0,09	0,11
*Na <sub>2</sub> O échangeable	1,2	0,04	Teneur à ne pas dépasser : 0,08 g/kg		
TOTAL	28,9				
*C.E.C. Metson	85 méq/kg				

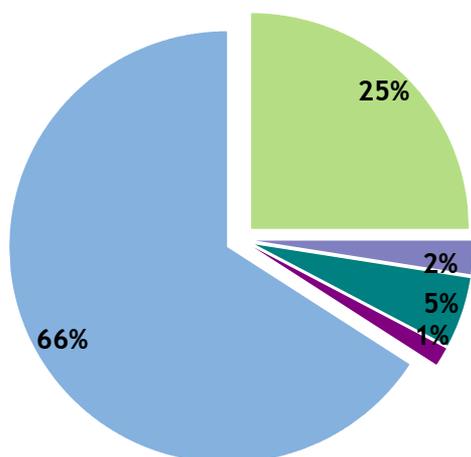
## L'équilibre du sol

Système de culture : Polycultures

Niveau pH visé : 6,5

### Taux de saturation

34 %



Etat actuel du sol

### Taux de saturation

80 %

Actuel

Optimal

21,1

2,1

4,5

1,2

55,9

Ca++

K+

Mg++

Na+

H3O+

méq/kg

58,5

3,4

5,1

0,8

17,0

Ca++

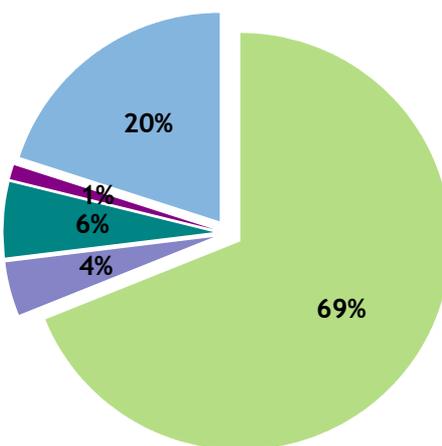
K+

Mg++

Na+

H3O+

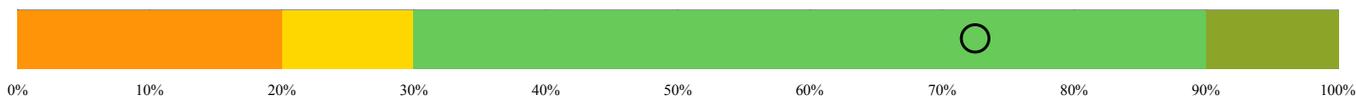
méq/kg



Etat optimal du sol

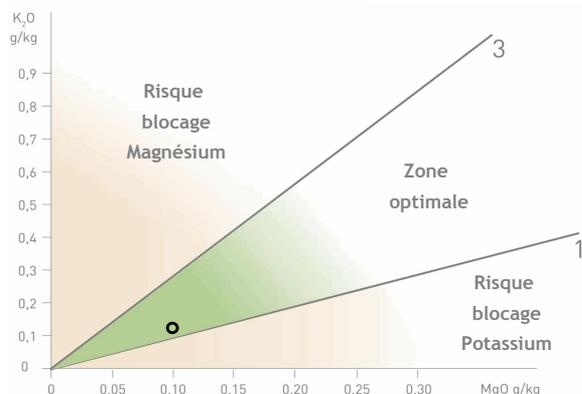
## Dépendance inter-éléments

**Disponibilité du phosphore : 74 %** ( rapport P205 Olsen / P205 Dyer )



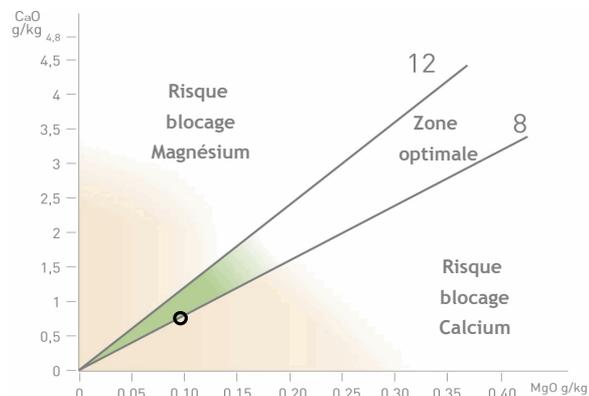
### Equilibre Potassium / Magnésium

Ratio : 1.1



### Equilibre Calcium / Magnésium

Ratio : 6.6



## L'analyse physique : granulométrie

↳ Argile	< 0,002 mm	154
* Limon fin	0,002 à 0,02 mm	265
↳ Limon grossier	0,02 à 0,05 mm	298
↳ Sable fin	0,05 à 0,2 mm	126
↳ Sable grossier	0,2 à 2 mm	110
Total minéral :		<b>953</b>
Matière organique		<b>38</b>
↳ Humidité résiduelle		<b>7</b>
Total :		<b>998</b>
* Carbonates totaux [CaCO <sub>3</sub> ]		<0.1 <small>% échangeable</small>

Texture du sol : **Limon sablo-argileux**  
 Indice de battance : **1,2 (Faible)**  
 Réserve Utile Maximale : **172 mm d'eau par m de sol**

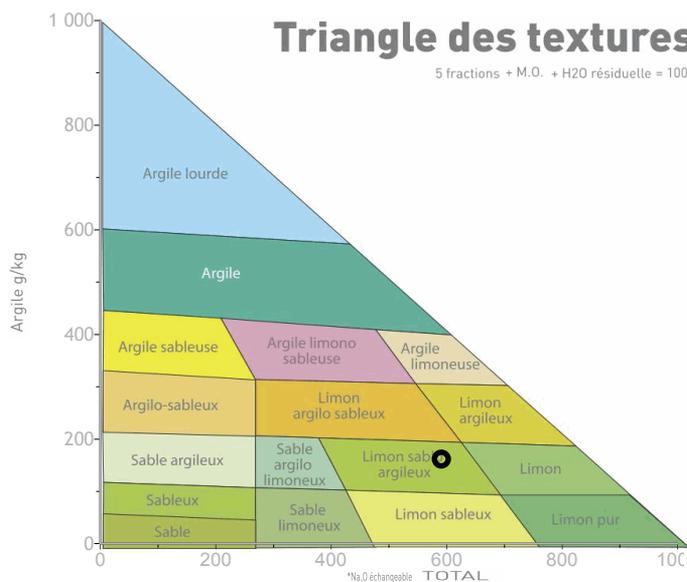
Résultats validés par :

**Odile CAREL**  
 Responsable

Cette validation est une signature électronique.

## Triangle des textures

5 fractions + M.O. + H<sub>2</sub>O résiduelle = 1000



Responsable du Laboratoire  
 Agronomie Environnement  
**Odile CAREL**

page non couverte par l'accréditation

## L'interprétation agronomique

Conseils d'apports (Source Comifer 2009)

Système de culture : Polycultures

Culture précédente	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Blé tendre d'hiver	71 qtx	_____	_____

Rotation	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Mais fourrage	12 t ms	90	215

Exigence :  faible  moyenne  forte

Estimation de la masse de terre : 3 200 t/ha  
 Profondeur de travail du sol : 25 cm  
 Pourcentage de cailloux : 5 %

## Plan de chaulage

	CaO (en kg/ha)			MgO (en kg/ha)		
	Année N	Année N+1	Année N+2	Année N	Année N+1	Année N+2
Redressement	2 120			0		
Lessivage moyen annuel	190	190	190	70	70	70
Conseil sur 3 ans	2 310	0	380	70 *	70 *	70 *

Attention au choix du produit car un redressement trop rapide peut bloquer la disponibilité des oligo-éléments et bousculer la vie microbienne. Une nouvelle analyse dans 3 ans est nécessaire pour surveiller l'évolution du sol.

\* Un apport régulier en effluent organique peut dans certain cas couvrir les besoins en magnésie (exemple 40 tonnes de fumier de bovins contient 60 unités de MgO).

### Détermination

\* Calcaire total en CaCO3

### Résultats

< 0.1

### Unité

g/kg

### Technique d'analyse

NF ISO 10693



Capinov SAS  
Z.I. de Lanrinou - CS 20100  
29206 Landerneau Cedex  
Tél. : 02 98 25 30 24  
Fax : 02 98 25 32 74  
contact.capinov@capinov.fr  
www.capinov.fr  
SIREN : 817 668 155 RCS BREST

Prélevement  
Réception 08/02/2022  
Début d'analyse 18/02/2022

Analyse de terre  
Rapport d'essai

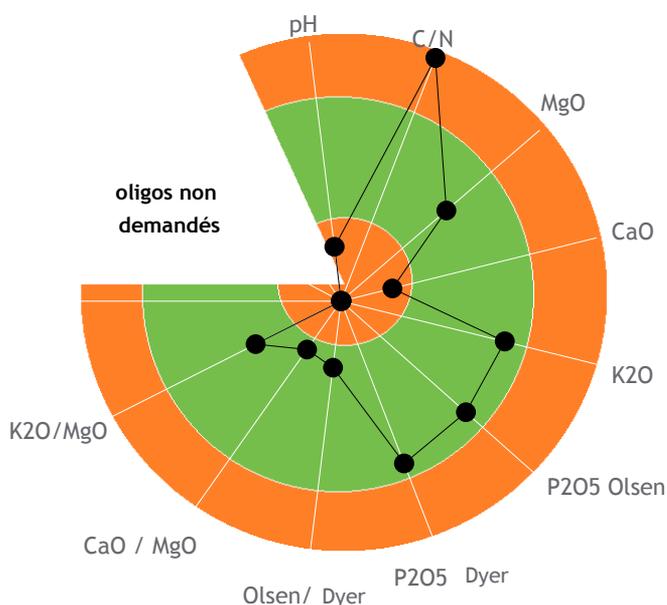
Identification rapport d'essai  
Numéro : 2022\_1.5880.1  
Date de validation : 03/03/2022 14:02  
Date d'édition : 03/03/2022 16:01

Demandeur : LAGREE Julien  
016154(LAB)

LAGREE Julien

Payeur : APC INGENIERIE P.A. DE LA BILIAIS DENIAUD 3 RUE ALBERT  
DE DION  
183820(AUT)  
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE

## Synthèse de votre analyse :



## Parcelle (1):

- TERRE VEGETALE - TV2

Analyses demandées

Frais de dossier par échantillon  
Granulometrie couplée à analyse plein champ  
(Sable+Limon+Argile+ Calcaire H2O)  
Terre menu 3 - Code 125017

Système de culture (1): Polycultures

Profondeur de prélèvement : 30 cm

### (1) Information communiquée par le demandeur

Tous les résultats sont exprimés par rapport à la terre fine et sèche, sans correction de l'humidité résiduelle.

Produit : TERRE PLEIN CHAMP - Quantité reçue : >500 g

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \*. Les graphiques et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation.



Méthodes analyses rendues sous accréditation : Prétraitement échantillons : NF ISO 11464, Humidité : NF ISO 11465, pH : NF ISO 10390, Carbone organique : NF ISO 10694 par défaut (ou NF ISO 14235 si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : NF ISO 13878, Phosphore - DYER : NF X 31-160 /méth interne IAG19 (flux continu) - JORET-HEBERT : NF X 31-161 - OLSEN : NF ISO 11263, CEC : NF X 31-130, Bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) : NF X 31-108/NF ISO 22036 (ICP), Oligo-éléments (Cu, Fe, Mn, Zn) : NF X 31-120, Calcaire total : NF ISO 10693, Granulométrie : NF X 31-107.

Méthodes analyses rendues hors accréditation Carbone organique et Azote total : prétraitement échantillon sans broyage à 250 µm, Bore : Méthode interne MOAG22 extraction CaCl2/ICP-OES, Carbone organique : combustion sèche par défaut (ou oxydation sulfochromique si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : combustion sèche.

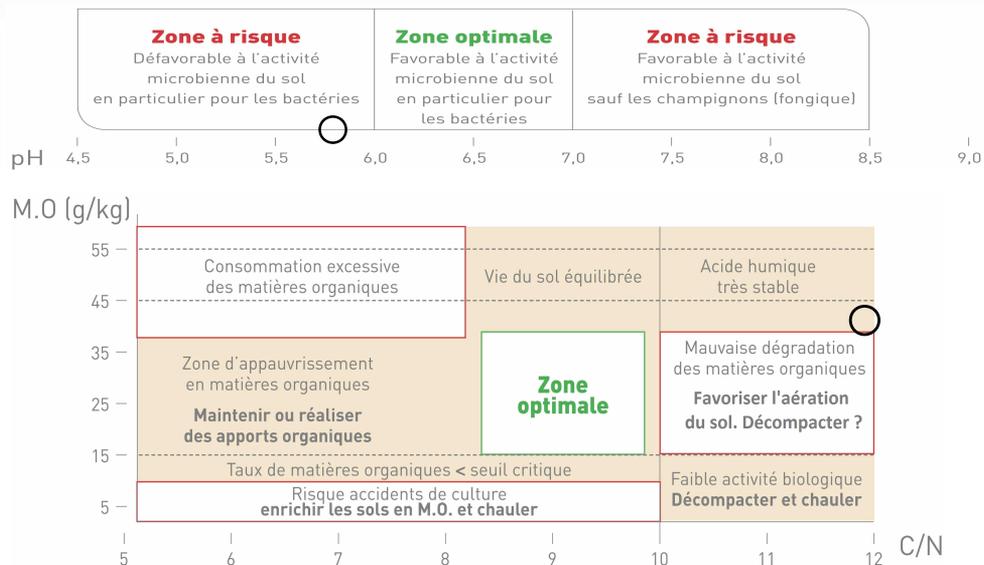


RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Agréé par le Ministère de  
l'Agriculture agrément  
(type 1, 2, 3, 4, 5)

## La vie du sol

*pH eau	5.8
Carbone organique	23,4 g/kg
Matière organique (C.Org. x 1,73)	40,5 g/kg
Azote total	1,75 g/kg
C/N	13,4



## Les éléments nutritifs

Système de culture : Polycultures

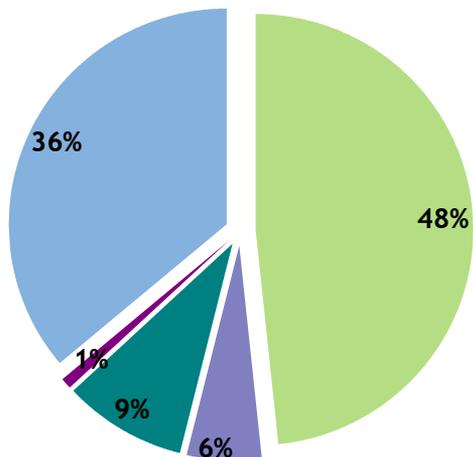
Teneur du sol	Méq/kg	g/kg	Niveau faible	Niveau satisfaisant	Niveau élevé
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer		0,24	0,17		
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen		0,07	0,05		
*K <sub>2</sub> O échangeable	4,0	0,19	0,14		
*CaO échangeable	33,3	0,93	1,16		
*MgO échangeable	6,3	0,13	0,08		
*Na <sub>2</sub> O échangeable	0,5	0,01	Teneur à ne pas dépasser : 0,08 g/kg		
TOTAL	44,1				
*C.E.C. Metson	69 méq/kg				

## L'équilibre du sol

Système de culture : Polycultures

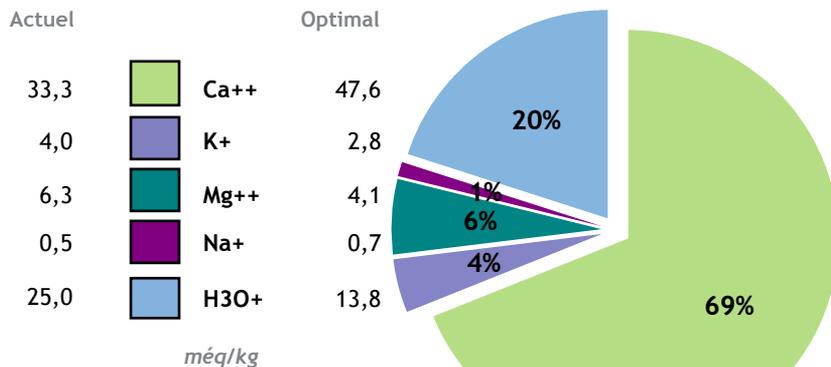
Niveau pH visé : 6,5

### Taux de saturation 64 %



Etat actuel du sol

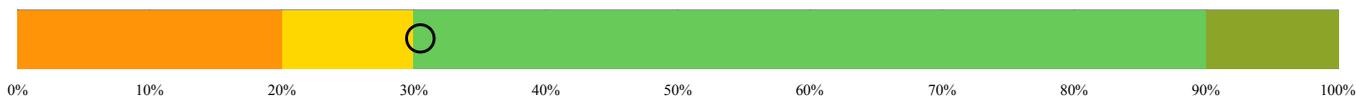
### Taux de saturation 80 %



Etat optimal du sol

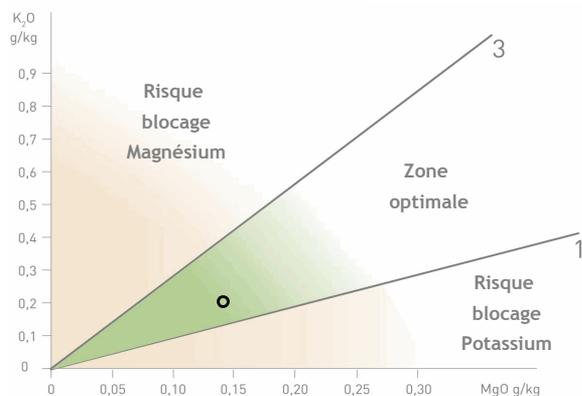
## Dépendance inter-éléments

**Disponibilité du phosphore : 31 %** ( rapport P205 Olsen / P205 Dyer )



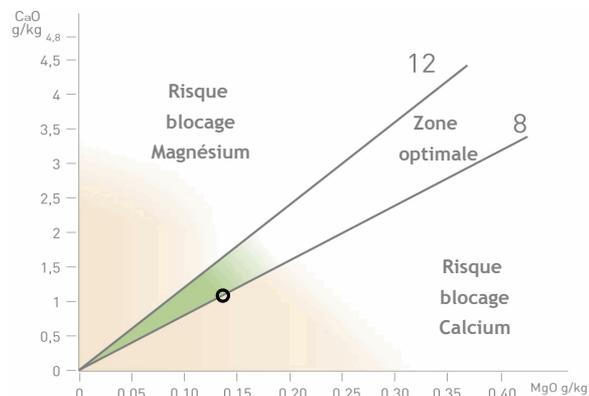
### Equilibre Potassium / Magnésium

Ratio : 1.5



### Equilibre Calcium / Magnésium

Ratio : 7.2



## L'analyse physique : granulométrie

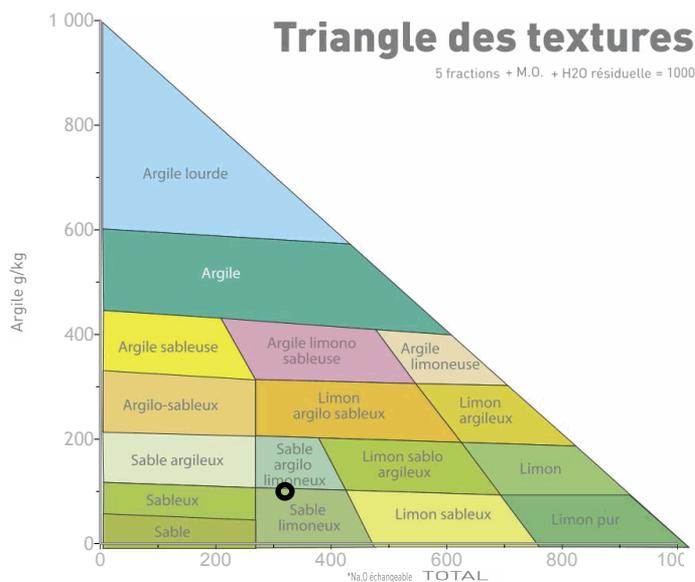
↓ Argile	< 0,002 mm	95
* Limon fin	0,002 à 0,02 mm	144
↓ Limon grossier	0,02 à 0,05 mm	160
↓ Sable fin	0,05 à 0,2 mm	90
↓ Sable grossier	0,2 à 2 mm	461
Total minéral :		950
Matière organique		40
↓ Humidité résiduelle		8
Total :		998
* Carbonates totaux [CaCO <sub>3</sub> ]		<0.1 <sup>% échangeable</sup>

Texture du sol : **Sable limoneux**  
 Indice de battance : **0,7 (Faible)**  
 Réserve Utile Maximale : **97 mm d'eau par m de sol**

Résultats validés par :

**Odile CAREL**  
 Responsable

Cette validation est une signature électronique.



Responsable du Laboratoire  
 Agronomie Environnement  
**Odile CAREL**

## L'interprétation agronomique

Conseils d'apports (Source Comifer 2009)

Système de culture : Polycultures

Culture précédente	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Blé tendre d'hiver	71 qtx	_____	_____

Rotation	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Maïs fourrage	12 t ms	50	145

Exigence :  faible  moyenne  forte

Estimation de la masse de terre : 3 200 t/ha

Profondeur de travail du sol : 25 cm

Pourcentage de cailloux : 5 %

## Plan de chaulage

	CaO (en kg/ha)			MgO (en kg/ha)		
	Année N	Année N+1	Année N+2	Année N	Année N+1	Année N+2
Redressement	1 280			0		
Lessivage moyen annuel	230	230	230	70	70	70
Conseil sur 3 ans	1 510	0	460	70 *	70 *	70 *

Stratégie de redressement : Apporter un amendement avec un IPA supérieur à 60 (type carbonate cru pulvérulent). Afin d'éviter les blocages il est conseillé de fractionner les apports. Une nouvelle analyse dans 4 ans est nécessaire pour surveiller l'évolution du sol.

\* Un apport régulier en effluent organique peut dans certain cas couvrir les besoins en magnésie (exemple 40 tonnes de fumier de bovins contient 60 unités de MgO).

### Détermination

\* Calcaire total en CaCO3

### Résultats

< 0.1

### Unité

g/kg

### Technique d'analyse

NF ISO 10693



Capinov SAS  
Z.I. de Lanrinou - CS 20100  
29206 Landerneau Cedex  
Tél. : 02 98 25 30 24  
Fax : 02 98 25 32 74  
contact.capinov@capinov.fr  
www.capinov.fr  
SIREN : 817 668 155 RCS BREST

Prélevement  
Réception 08/02/2022  
Début d'analyse 18/02/2022

Analyse de terre  
Rapport d'essai

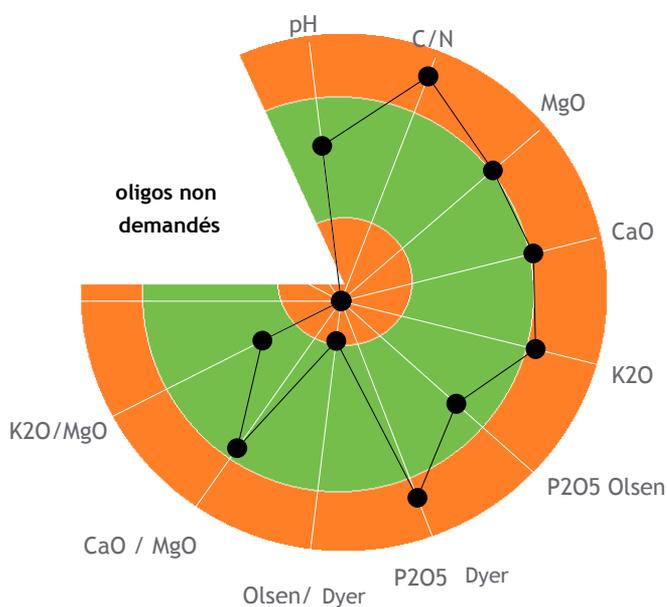
Identification rapport d'essai  
Numéro : 2022\_1.5881.1  
Date de validation : 03/03/2022 14:02  
Date d'édition : 03/03/2022 16:02

Demandeur : LAGREE Julien  
016154(LAB)

LAGREE Julien

Payeur : APC INGENIERIE P.A. DE LA BILIAIS DENIAUD 3 RUE ALBERT  
DE DION  
183820(AUT)  
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE

## Synthèse de votre analyse :



## Parcelle (1):

- TERRE VEGETALE - TV3

Analyses demandées

Frais de dossier par échantillon  
Granulometrie couplée à analyse plein champ  
(Sable+Limon+Argile+ Calcaire H2O)  
Terre menu 3 - Code 125017

Système de culture (1): Polycultures

Profondeur de prélèvement : 30 cm

### (1) Information communiquée par le demandeur

Tous les résultats sont exprimés par rapport à la terre fine et sèche, sans correction de l'humidité résiduelle.

Produit : TERRE PLEIN CHAMP - Quantité reçue : >500 g

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \*. Les graphiques et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation.



Méthodes analyses rendues sous accréditation : Prétraitement échantillons : NF ISO 11464, Humidité : NF ISO 11465, pH : NF ISO 10390, Carbone organique : NF ISO 10694 par défaut (ou NF ISO 14235 si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : NF ISO 13878, Phosphore - DYER : NF X 31-160 /méth interne IAG19 (flux continu) - JORET-HEBERT : NF X 31-161 - OLSEN : NF ISO 11263, CEC : NF X 31-130, Bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) : NF X 31-108/NF ISO 22036 (ICP), Oligo-éléments (Cu, Fe, Mn, Zn) : NF X 31-120, Calcaire total : NF ISO 10693, Granulométrie : NF X 31-107.

Méthodes analyses rendues hors accréditation Carbone organique et Azote total : prétraitement échantillon sans broyage à 250 µm, Bore : Méthode interne MOAG22 extraction CaCl2/ICP-OES, Carbone organique : combustion sèche par défaut (ou oxydation sulfochromique si pH>6,7 et test du calcaire positif, ou si C/N<7 ou >13), Azote total : combustion sèche.

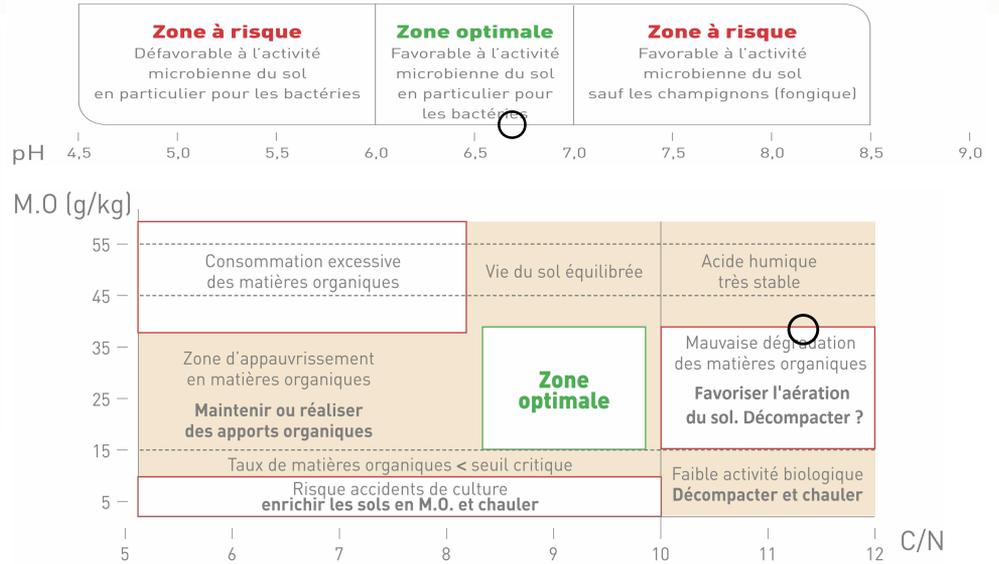


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Agréé par le Ministère de  
l'Agriculture agrément  
(type 1, 2, 3, 4, 5)

## La vie du sol

*pH eau	6.7
Carbone organique	21,8 g/kg
Matière organique (C.Org. x 1,73)	37,6 g/kg
Azote total	1,91 g/kg
C/N	11,4



## Les éléments nutritifs

Système de culture : Polycultures

Teneur du sol	Méq/kg	g/kg	Niveau faible	Niveau satisfaisant	Niveau élevé
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dyer		0,38	0,17		
*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen		0,07	0,05		
*K <sub>2</sub> O échangeable	4,9	0,23	0,14		
*CaO échangeable	70,3	1,97	1,45		
*MgO échangeable	8,5	0,17	0,09		
*Na <sub>2</sub> O échangeable	0,5	0,02	Teneur à ne pas dépasser : 0,08 g/kg		
TOTAL	84,2				
*C.E.C. Metson	86 méq/kg				

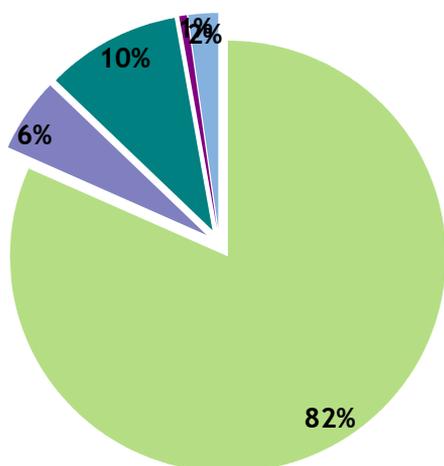
## L'équilibre du sol

Système de culture : Polycultures

Niveau pH visé : 6,5

### Taux de saturation

98 %



Etat actuel du sol

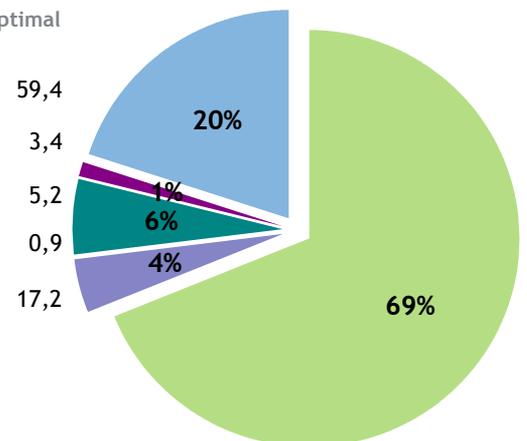
### Taux de saturation

80 %

Actuel

Optimal

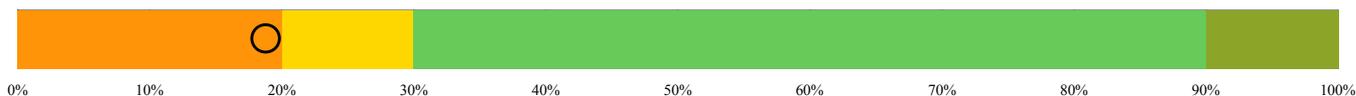
Actuel (méq/kg)	Optimal (méq/kg)	Éléments
70,3	59,4	Ca++
4,9	3,4	K+
8,5	5,2	Mg++
0,5	0,9	Na+
1,9	17,2	H3O+



Etat optimal du sol

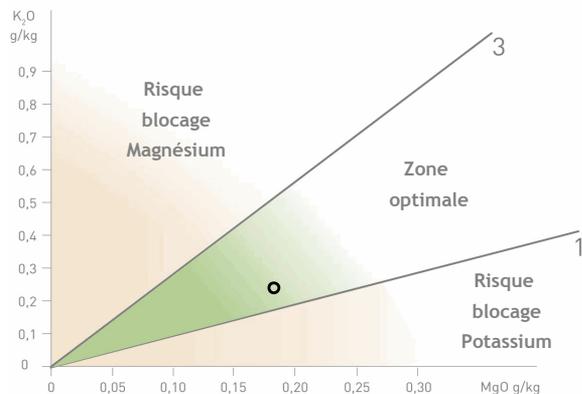
## Dépendance inter-éléments

**Disponibilité du phosphore : 19 %** ( rapport P205 Olsen / P205 Dyer )



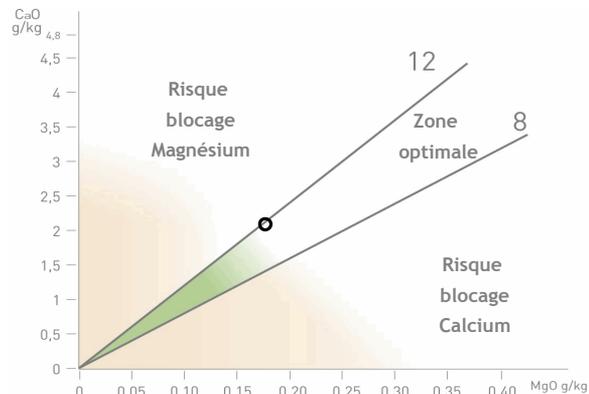
### Equilibre Potassium / Magnésium

Ratio : 1.4



### Equilibre Calcium / Magnésium

Ratio : 11.6



## L'analyse physique : granulométrie

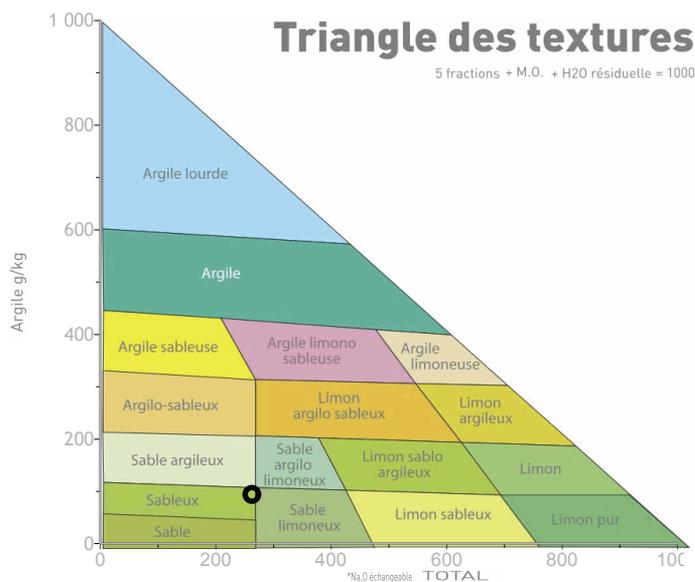
↳ Argile	< 0,002 mm	90
* Limon fin	0,002 à 0,02 mm	139
↳ Limon grossier	0,02 à 0,05 mm	112
↳ Sable fin	0,05 à 0,2 mm	118
↳ Sable grossier	0,2 à 2 mm	498
Total minéral :		957
Matière organique		38
↳ Humidité résiduelle		6
Total :		1 001
* Carbonates totaux [CaCO <sub>3</sub> ]		<0.1 <sup>% échangeable</sup>

Texture du sol : **Sable limoneux**  
 Indice de battance : **0,6 (Faible)**  
 Réserve Utile Maximale : **85 mm d'eau par m de sol**

Résultats validés par :

**Odile CAREL**  
 Responsable

Cette validation est une signature électronique.



Responsable du Laboratoire  
 Agronomie Environnement  
**Odile CAREL**

## L'interprétation agronomique

Conseils d'apports (Source Comifer 2009)

Système de culture : Polycultures

Culture précédente	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Blé tendre d'hiver	71 qtx	_____	_____

Rotation	Rendement	P205 (en kg/ha)	K20 (en kg/ha)
Mais fourrage	12 t ms	50	85

Exigence :  faible  moyenne  forte

Estimation de la masse de terre : 3 200 t/ha

Profondeur de travail du sol : 25 cm

Pourcentage de cailloux : 5 %

## Plan de chaulage

	CaO (en kg/ha)			MgO (en kg/ha)		
	Année N	Année N+1	Année N+2	Année N	Année N+1	Année N+2
Redressement	0			0		
Lessivage moyen annuel	300	300	300	70	70	70
Conseil sur 3 ans	0	0	450	70 *	70 *	70 *

Stratégie d'entretien : Apporter un amendement avec un IPA supérieur à 100 (type carbonate liquide, chaux vive (sauf Agriculture Biologique) ).

\* Un apport régulier en effluent organique peut dans certain cas couvrir les besoins en magnésie (exemple 40 tonnes de fumier de bovins contient 60 unités de MgO).

### Détermination

\* Calcaire total en CaCO3

### Résultats

< 0.1

### Unité

g/kg

### Technique d'analyse

NF ISO 10693

## PROCÈS-VERBAL D'ESSAIS N° A22.0025



Essais effectués à la demande de : **LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**  
**Ilot Jallais**  
**34 rue du Pré Gauchet**  
**44035 NANTES**

Chantier : **Aménagement ZAC des 2 Ruisseaux**  
**Rue de Beaulieu**  
**THOUARE SUR LOIRE (44)**

Ouvrage : **Voiries :**  
**RD37 / Rue de Beaulieu / Rue du Jaunais**

Intervention du : **11 JANVIER 2022**

---

Nature des essais : **Mesures de déflexions au déflectographe**  
**à châssis long (NF P98 200-4)**

Le présent procès-verbal comporte **27** pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.

A la demande de la société Loire Océan Développement, 34 rue du Pré Gauchet, 44035 NANTES, APC INGENIERIE a procédé, le 11 Janvier 2022, à des mesures de déflexions, avec le déflectographe du CEREMA, ZAC des 2 Ruisseaux, à THOUARE SUR LOIRE (44).

## I – DESCRIPTION DES MESURES

Les mesures consistent à déterminer les déformations de la chaussée (totale et résiduelle) sous le passage d'un essieu standard de 13 Tonnes. Le déflectographe, avançant à 4 km/h, enregistre les valeurs au niveau de chaque bande de roulement (BDR Droite et BDR Gauche), avec un pas de mesure tous les 5 m.

La déflexion élastique est la différence entre la déflexion totale et la déflexion résiduelle. Elle s'exprime en centième de millimètres.

La déflexion caractéristique est calculée par rapport à la déflexion moyenne augmentée de deux fois l'écart type des valeurs.



## II – RÉSULTATS DES MESURES

Trois linéaires ont été réalisées, selon les plans présentés en annexes :

- Rue des Etangs-RD37 (2 x 470 m)
- Rue du Jaunais et rue du Belem (2 x 780 m)
- Rue de Beaulieu et route de la Barre (2 x 1370 m)

Les résultats des mesures sont consignés en annexes, dans les tableaux et sous forme de déflectogrammes.

Les classes de déflexion, définies d'après le guide du SETRA, sont les suivantes :

Classes	≤ D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Seuils de déflexion caractéristique en 1/100 <sup>ème</sup> mm	de 0 à 44	de 45 à 74	de 75 à 99	de 100 à 149	de 150 à 199	de 200 à 299	≥ 300

Dans le cas présent, les mesures mettent en évidence des résultats hétérogènes :

- Rue des Etangs-RD37 : les déflexions obtenues sont classées principalement en **D3/D4**, à l'exception des mesures sur la rive gauche, classées en **D6**.
- Rue du Jaunais et rue du Belem : le tracé est essentiel de classe **D5**, à l'exception de la rive gauche, classée en **D6**, voire en **D7**, au niveau de l'intersection avec la rue de Beaulieu.
- Rue de Beaulieu et route de la Barre : cette section est la plus dégradée, particulièrement sur les rives de la rue de Beaulieu, avec des classes de déflexion **D7/D8**. Les mesures sur l'axe de la chaussée sont meilleures, allant d'une classe **D5** dans la partie Est (jusqu'à l'intersection avec la rue des Mûriers), à une classe **D6** sur la moitié Ouest du tracé.

A Vigneux de Bretagne, le 22 Mars 2022

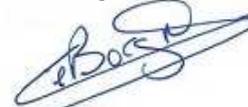
L'Ingénieur responsable :



S. TURLE

**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

La Chargée d'Etudes :



K. LE BORGNE

# **A N N E X E S**

■ **PLAN D'IMPLANTATION  
DES MESURES DE DEFLEXIONS**

■ **DEFLECTOGRAMMES**

■ **TABLEAUX DES MESURES**



**CLASSES DE DEFLEXION :** D4

D5

D6



**RUE DES ETANGS/RD37**  
**ZAC DES 2 RUISSEAUX – THOUARE SUR LOIRE (44)**  
**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**

LINEAIRES DES MESURES DE DEFLEXIONS

PV N° A22.0025

Date : 11 JANVIER 2022





Opération ZAC des Deux Ruisseaux  
THOUARE-SUR-LOIRE (44)  
\*\*\*\*\*  
Recherche d'amiante et de HAP  
dans les enrobés

<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>			
<b>A</b>	17/03/2022	42	Version définitive
INDICE	DATE	Nb de pages	MODIFICATIONS-OBSERVATIONS
<b>REDACTEUR</b>		<b>RELECTEUR</b>	
J. LAGREE		S. TURLE	



**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**  
**Ilot Jallais**  
**34 rue du Pré Gauchet**  
**44035 NANTES**

**Dossier A22.0025**

*Le présent rapport comporte 42 pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.*



## **RESUME NON TECHNIQUE**

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques).

Les carottages et les prélèvements d'enrobé ont été réalisés le 10 février 2022 au niveau des sept points implantés sur la rue de Beaulieu, la rue de la Barre et la rue de Belem.

Les résultats d'analyses d'enrobé ont mis en évidence l'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons analysés mais des teneurs en HAP supérieures à la valeur d'admission en ISDI pour trois échantillons d'enrobés (SC3, SC5 et SC6) de la rue de Beaulieu.

Les enrobés décrotés dans les secteurs correspondants à SC3, SC5 et SC6, au niveau de la rue de Beaulieu, ne pourront donc pas être évacués en Installation de Stockage de Déchets Inertes.

# SOMMAIRE

<b>I</b>	<b>PRESENTATION DE LA MISSION ET LOCALISATION DU SITE</b>	<b>4</b>
<b>II</b>	<b>HISTORIQUE DES VOIRIES</b>	<b>5</b>
<b>III</b>	<b>INVESTIGATIONS SUR LES ENROBES</b>	<b>6</b>
III1.	MESURES D'HYGIENE ET DE SECURITE	6
III2.	NATURE DES INVESTIGATIONS	6
III3.	OBSERVATIONS DE TERRAIN	8
III4.	ECHANTILLONNAGE D'ENROBE	8
III5.	PROGRAMME ANALYTIQUE	8
III6.	VALEURS DE REFERENCE	8
III7.	RESULTATS DES ANALYSES	9
III8.	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS	9
<b>IV</b>	<b>SYNTHESE TECHNIQUE ET CONCLUSIONS</b>	<b>10</b>
<b>V</b>	<b>LIMITES ET INCERTITUDES</b>	<b>11</b>
	ANNEXES	12

## I PRESENTATION DE LA MISSION ET LOCALISATION DU SITE

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) au niveau de la rue de la Barre, de la rue de Belem, de la rue du Jaunais, de la rue de Beaulieu et de la rue des Etangs (figure 1).

L'objectif de cette étude est de caractériser les enrobés et d'anticiper la gestion en filière adaptée de ces matériaux dans le cadre du projet d'aménagement.



Figure 1 : Vue aérienne des rues étudiées (Géoportail, 2020)

## II HISTORIQUE DES VOIRIES

Préalablement à la réalisation des carottages d'enrobés, une étude historique de la chaussée a été effectuée. La mairie de Thouaré-sur-Loire n'ayant pas pu nous renseigner sur l'historique des voiries et des travaux réalisés, les informations ont été collectées auprès du Pôle Erdre et Loire de Nantes Métropole.

Le Pôle Erdre et Loire de Nantes Métropole, n'avait aucune information concernant d'éventuels travaux qui auraient été réalisés sur la rue de la Barre, la rue de Belem et la rue de Beaulieu. Les informations obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 : Informations historiques collectées**

	Rue des étangs	Rue du Jaunais
Donneur d'ordre précédent (si différent de l'actuel / en cas de rétrocession de voie) ;	Pôle Erdre et Loire	Pôle Erdre et Loire
Nature de l'infrastructure	Tapis de chaussée et accotements entre la rue du Danube et le n°126 de la rue des Etangs (Ruisseau du Pré Poulain)	Tapis de chaussée, accotements et assainissement en 4 tranches (mars 2013 et août-septembre 2014)
Travaux précédemment effectués (travaux neufs, rechargement, reconstruction...)	Tapis de chaussée et accotements	Entretien rénovation sécurité
Nature(s) du/des produit(s) mis en œuvre (enrobés, enduits...), nom commercial, composition, formulation	GB <sup>1</sup> III 0/14, épaisseur : 11 cm BBSG <sup>2</sup> 0/10, épaisseur : 6 cm	Tranche 1 et 2 : Bitume EME <sup>3</sup> Tranches 3 et 4 : BBSG 0/10, épaisseur : 5 cm GB III 0/14 en rive uniquement + BBSG 0/10 sur 5 cm
Nom(s) de(s) l'entreprise(s) applicatrice(s)	EIFFAGE Ancenis	Tranches 1 et 2 - 2013 Screg Ouest Tranches 3 et 4 par Eurovia Atlantique
Date(s) de mise en œuvre des matériaux bitumineux en place et historique des interventions	Fin des travaux le 8 août 2019	Tranches 1 et 2 : Fin des Travaux en mars 2013 Tranches 3 et 4 : Fin des travaux le 19 septembre 2014
Caractéristiques géométriques des couches de mise en œuvre (épaisseur, largeur, longueur)	GB III 0/14, épaisseur : 11 cm BBSG 0/10, épaisseur : 6 cm	GB III 0/14 en rive BBSG 0/10, épaisseur : 5 cm
Nature du support ayant reçu cette (ces) couche(s)	Support sain bien compact (passage 10 000 véhicules/jour)	Couche de forme saine bien compacte

Les travaux sur la rue des Etangs et sur la rue du Jaunais ayant été réalisés après 1997 (année de l'interdiction d'usage de l'amiante en France), la présence d'amiante dans les enrobés n'est pas suspectée et aucune analyse d'amiante n'a été réalisée sur les enrobés constituant ces voiries.

N'ayant obtenu aucune information sur les dates de réalisation des enrobés sur la rue de Belem, la rue de Beaulieu et la rue de la Barre, des analyses d'amiante ont été effectuées sur les échantillons d'enrobé de ces rues.

<sup>1</sup> GB : Grave bitume

<sup>2</sup> BBSG : Béton bitumineux semi grenu

<sup>3</sup> EME : Enrobé à module élevé

### III INVESTIGATIONS SUR LES ENROBES

#### III.1. MESURES D'HYGIENE ET DE SECURITE

Cette intervention relevant de la sous-section 4, a été réalisée conformément au décret n°2012-639 du 4 mai 2012 modifié relatif aux risques d'exposition à l'amiante et selon un mode opératoire établi par APC INGENIERIE et défini en fonction des résultats d'une évaluation initiale des risques.

Le personnel intervenant est habilité sous-section 4 et a été informé des risques qu'occasionnaient les polluants susceptibles d'être rencontrés et des mesures préventives nécessaires en termes d'hygiène et de sécurité.

Préalablement à la réalisation des sondages, les DICT ont été effectuées le 10/01/22. Les réponses ont été étudiées et un repérage des émergences et des réseaux enterrés à l'aide du matériel de détection adapté a été réalisé.

Les carottages ont été réalisés à l'aide une couronne diamant arrosée à l'eau savonneuse pendant toute la durée de la foration pour éviter les dispersions des éventuelles fibres d'amiante. Cette couronne est ensuite nettoyée après chaque intervention. Elle est dédiée à ce type de prélèvement.

Les déchets générés par cette intervention (dont les Equipements de Protection Individuelle) ont été conditionnés en double ensachage et stockés dans l'attente des résultats d'analyses afin de définir leur filière d'élimination.

#### III.2. NATURE DES INVESTIGATIONS

Les investigations sur l'enrobé se sont déroulées le 10 février 2022. L'emplacement des carottages (nommés SC1 à SC6 et SC10) a été défini par Loire Océan Développement avant leur réalisation (figure 3). Leurs localisations ont été nivelées dans le repère Lambert93 et leurs coordonnées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Coordonnées X et Y des carottages (Repère Lambert93)**

Sondage	Coordonnées X	Coordonnées Y
SC1	363121,42	6694923,36
SC2	363247,55	6695052,85
SC3	363463,86	6695127,09
SC4	363612,07	6695332,93
SC5	363851,75	6695420,97
SC6	363950,82	6695395,20
SC10	363250,51	6694949,84

Les carottages ont été réalisés à la carotteuse thermique sous voie humide pendant toute la durée de la foration jusqu'à une profondeur de 13 cm (épaisseur maximale d'enrobé).

A l'issue du prélèvement d'enrobé, les sondages ont été rebouchés avec de l'enrobé à froid.



**Figure 2 : Plan de localisation des carottages d'enrobé**

### **III3. OBSERVATIONS DE TERRAIN**

Les carottes d'enrobé d'une épaisseur respective de 5 et 13 cm ont mis en évidence la présence d'une seule couche d'enrobé.

**Tableau 3 : Constats de terrain**

Carottage	Epaisseur	Type de matériaux	Nombre de couches	Echantillon
SC1	10 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC1 (0 - 10 cm)
SC2	6 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC2 (0 - 6 cm)
SC3	10 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC3 (0 - 10 cm)
SC4	5 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC4 (0 - 5 cm)
SC5	7 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC5 (0 - 7 cm)
SC6	13 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC6 (0 - 13 cm)
SC10	5 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC10 (0 - 5 cm)

### **III4. ECHANTILLONNAGE D'ENROBE**

Les prélèvements ont été réalisés selon les procédures suivantes, garantissant la représentativité des échantillons :

- Conditionnement en double ensachage (type sac congélation), hermétiquement fermé ;
- Transport des échantillons à l'obscurité dans une glacière réfrigérée et expédiée le 13/02/2022 vers le laboratoire MERIEUX NutriSciences reconnu par le COFRAC (VOLPIANO - Italie).

### **III5. PROGRAMME ANALYTIQUE**

Conformément à notre offre, des analyses d'amiante META<sup>4</sup> et d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ont été réalisées sur les sept échantillons d'enrobé.

### **III6. VALEURS DE REFERENCE**

Concernant le paramètre HAP, les résultats d'analyse seront comparés à la valeur seuil d'acceptation en ISDI (arrêté du 12 décembre 2014).

<sup>4</sup> META : Microscopie Electronique à Transmission Analytique

**III7. RESULTATS DES ANALYSES**

Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau ci-dessous (annexe 1).

**Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les échantillons d'enrobé**

Paramètres	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC10	Arrêté ministériel 12/12/14
<i>Epaisseur (cm) et caractérisation</i>	<i>10 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>6 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>10 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>5 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>7 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>13 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>5 cm Enrobé noir et dur</i>	
<b>Amiante</b>	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (mg/kg MS)</b>								
Acénaphène	0,27	0,37	3,3	<LQ	110	33	0,31	
Acenaphthylène	<LQ	<LQ	4,1	0,06	0,98	15	0,21	
Anthracène	0,21	<LQ	3,6	<LQ	1,5	22	0,040	
Benzo[a]anthracène	0,21	<LQ	14	<LQ	0,14	62	0,049	
Benzo[b]fluoranthène	0,24	0,15	14	0,12	0,16	45	0,079	
Benzo[ghi]pérylène	0,38	0,20	9,6	0,18	0,32	47	0,13	
Benzo[k]fluoranthène	0,16	<LQ	6,5	<LQ	0,085	27	<LQ	
Benzopyrène	0,40	0,098	20	0,13	0,21	88	0,12	
Chrysène	0,22	<LQ	9,7	0,17	0,22	37	0,055	
Dibenz[a,h]anthracène	0,14	<LQ	2,2	<LQ	<LQ	9,8	<LQ	
Fluoranthène	0,58	<LQ	33	<LQ	0,94	120	0,065	
Fluorène	0,31	0,15	1,7	0,057	82	25	0,23	
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	0,24	<LQ	11	<LQ	0,11	54	0,084	
Naphtalène	0,14	0,14	0,6	0,055	44	9,8	0,2	
Phénanthrène	0,83	0,066	6,4	0,055	6,1	54	0,16	
Pyrène	0,53	0,074	47	0,074	0,73	110	0,12	
<b>Somme des HAP</b>	4,90	1,20	<b>190</b>	0,9	<b>250</b>	<b>760</b>	1,9	<b>50</b>

Remarques : Les cellules colorées avec les chiffres en gras indiquent des dépassements par rapport au seuil ISDI.  
<LQ : inférieure à la limite de quantification

**III8. COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS**

Les résultats d'analyses obtenus mettent en évidence :

- L'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons ;
- La présence de HAP :
  - o Pour les échantillons SC1, SC2, SC4 et SC10, les teneurs obtenues pour la somme des HAP sont comprises entre 0,9 et 4,9 mg/kg MS, elles sont inférieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) ;
  - o Pour les échantillons SC3, SC5 et SC6, les teneurs obtenues pour la somme des HAP sont supérieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) et comprises entre 190 et 760 mg/kg MS.

## **IV SYNTHÈSE TECHNIQUE ET CONCLUSIONS**

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) au niveau de la rue de la Barre, de la rue de Belem, de la rue du Jaunais, de la rue de Beaulieu et de la rue des Etangs.

Les carottages et les prélèvements d'enrobé ont été réalisés le 10 février 2022 au niveau des sept points implantés sur la rue de Belem, la rue de la Barre et la rue de Beaulieu.

Les résultats d'analyses des sept échantillons d'enrobé ont mis en évidence l'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons analysés et des teneurs en HAP :

- Pour les échantillons SC1, SC2, SC4 et SC10, comprises entre 0,9 et 4,9 mg/kg MS, et inférieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) ;
- Pour les échantillons SC3, SC5 et SC6, comprises entre 190 et 760 mg/kg MS et supérieures à la valeur seuil d'admission en ISDI.

Du fait des dépassements observés pour le paramètre HAP, les enrobés décrotés dans les secteurs des carottages SC3, SC5 et SC6 (rue de Beaulieu) ne seront pas admissibles en Installation de Stockage de Déchets Inertes.

## V LIMITES ET INCERTITUDES

Dans le cadre de cette étude et pour répondre à la demande de Loire Océan Développement (LOD) sept carottages d'enrobé ont été réalisés. Leur localisation a été définie par LOD dans le cahier des charges daté de septembre 2021.

Cette méthodologie ne permet pas de lever la totalité des aléas, qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu artificiel. On ne peut donc pas exclure l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappé à la position des investigations.

Le résultat d'une analyse est également lié à une incertitude. Comme tout processus de mesure, il est soumis à des facteurs d'influence qui sont plus ou moins bien maîtrisés et maîtrisables par l'opérateur. Ainsi, le résultat n'est pas une valeur unique. Des variations entre des mesures répétées se produisent parce que les grandeurs d'influence qui peuvent affecter le résultat de mesure ne sont pas maintenues parfaitement constantes.

La responsabilité d'APC INGENIERIE ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

De plus, cette étude a été réalisée en s'appuyant sur les connaissances qu'APC INGENIERIE a pu collecter, selon la législation environnementale en vigueur et la méthodologie nationale applicable en matière de sites et sols pollués, à la date de rédaction du présent document.

A VIGNEUX-DE-BRETAGNE, le 17 mars 2022

Le chargé d'affaire :



J. LAGREE

**APC INGENIERIE**  
P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
**44360 VIGNEUX DE BRETAGNE**  
Tél. : 02.40.86.80.01  
Fax : 02.40.85.29.77

L'Ingénieur Responsable :



S. TURLE

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : Résultats des analyses d'enrobé

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149616/22**

<b>Identification du client</b>	SC1
<b>Identification interne</b>	241494/01
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N °et type de préparation	N ° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149617/22**

<b>Identification du client</b>	SC2
<b>Identification interne</b>	241494/02
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149618/22**

<b>Identification du client</b>	SC3
<b>Identification interne</b>	241494/03
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149619/22**

<b>Identification du client</b>	SC4
<b>Identification interne</b>	241494/04
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149620/22**

<b>Identification du client</b>	SC5
<b>Identification interne</b>	241494/05
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149621/22**

<b>Identification du client</b>	SC6
<b>Identification interne</b>	241494/06
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

## ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°

1149622/22

Identification du client	SC10
Identification interne	241494/07
Matrice	Matériaux et produits de construction
Description fournie par le client	
Description fournie par le laboratoire	Asphalte noir
Couche testée	Asphalte noir

## Informations complémentaires

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.  
Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

## Notes:

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149616/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149616/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC1 FIELD_ID: TA065	
Identification interne	01 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	4,9 ± 0,4	mg/Kg	0,070		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,270 ± 0,080	mg/Kg	0,042	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acenaphtylène expr. sur l'éch. tel quel	<0,068	mg/Kg	0,068	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,40 ± 0,12	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,240 ± 0,070	mg/Kg	0,064	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,38 ± 0,12	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,063	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,220 ± 0,070	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,048	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,83 ± 0,25	mg/Kg	0,063	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse	
					Début	Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>						
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,58 ± 0,17	mg/Kg	0,070	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22	
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,310 ± 0,090	mg/Kg	0,062	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22	
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,240 ± 0,070	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22	
0 A Naphtalène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,067	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22	
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,53 ± 0,16	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22	

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL= LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC1

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149617/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149617/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC2 FIELD_ID: TA064
Identification interne	02 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494

QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	1,20 ± 0,15	mg/Kg	0,068		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,37 ± 0,11	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	<0,066	mg/Kg	0,066	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,052	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,044	mg/Kg	0,044	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,098 ± 0,030	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,150 ± 0,050	mg/Kg	0,062	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,200 ± 0,060	mg/Kg	0,056	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,061	mg/Kg	0,061	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	<0,052	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,046	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,066 ± 0,020	mg/Kg	0,061	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,068	mg/Kg	0,068	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,150 ± 0,040	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	<0,032	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphtalène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,064	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,074 ± 0,020	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '>x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC2

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149618/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149618/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC3 FIELD_ID: TA063
Identification interne	03 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494

QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	190 ± 20	mg/Kg	0,087		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	3,30 ± 0,98	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	4,1 ± 1,2	mg/Kg	0,084	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	3,6 ± 1,1	mg/Kg	0,066	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	14,0 ± 4,2	mg/Kg	0,056	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	20,0 ± 6,1	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	14,0 ± 4,2	mg/Kg	0,079	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	9,6 ± 2,9	mg/Kg	0,071	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	6,50 ± 2	mg/Kg	0,078	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	9,7 ± 2,9	mg/Kg	0,067	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	2,20 ± 0,67	mg/Kg	0,059	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	6,4 ± 1,9	mg/Kg	0,078	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	33,0 ± 9,8	mg/Kg	0,087	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	1,70 ± 0,52	mg/Kg	0,077	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	11,0 ± 3,3	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,60 ± 0,18	mg/Kg	0,082	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	47 ± 14	mg/Kg	0,074	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC3

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149619/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149619/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC4 FIELD_ID: TA062	
Identification interne	04 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	0,90 ± 0,10	mg/Kg	0,051		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphène expr. sur l'éch. tel quel	<0,030	mg/Kg	0,030	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphylène expr. sur l'éch. tel quel	0,060 ± 0,020	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,039	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,033	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,130 ± 0,040	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,047	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,180 ± 0,060	mg/Kg	0,042	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,046	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,170 ± 0,050	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,035	mg/Kg	0,035	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,051	mg/Kg	0,051	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,057 ± 0,020	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	<0,024	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphtalène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,049	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,074 ± 0,020	mg/Kg	0,044	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL= LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC4

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149620/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149620/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC5 FIELD_ID: TA061	
Identification interne	05 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	250 ± 43	mg/Kg	0,085		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	110 ± 34	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	0,98 ± 0,29	mg/Kg	0,082	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	1,50 ± 0,46	mg/Kg	0,065	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,077	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,32 ± 0,10	mg/Kg	0,069	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,085 ± 0,020	mg/Kg	0,076	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,220 ± 0,060	mg/Kg	0,065	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,058	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	6,1 ± 1,8	mg/Kg	0,076	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,94 ± 0,28	mg/Kg	0,085	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	82 ± 25	mg/Kg	0,075	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,110 ± 0,030	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	44 ± 13	mg/Kg	0,080	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,73 ± 0,22	mg/Kg	0,072	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC5

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

LAB N° 0094 L

Echantillon: 05/241494 RP 1149620/22

Mandant: SAS A.P.C INGENIERIE

Date d'émission: 25/02/2022

Page 3 sur 3

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149621/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149621/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC6 FIELD_ID: TA060	
Identification interne	06 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	760 ± 69	mg/Kg	0,060		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	33 ± 10	mg/Kg	0,036	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	15,0 ± 4,5	mg/Kg	0,059	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	22,0 ± 6,6	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	62 ± 19	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	88 ± 26	mg/Kg	0,028	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	45 ± 13	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	47 ± 14	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	27,0 ± 8,2	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	37 ± 11	mg/Kg	0,047	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	9,8 ± 2,9	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	54 ± 16	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	120 ± 36	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	25,0 ± 7,5	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	54 ± 16	mg/Kg	0,028	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	9,8 ± 2,9	mg/Kg	0,057	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	110 ± 33	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC6

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149622/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149622/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC10 FIELD_ID: TA059
Identification interne	07 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494

QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	1,9 ± 0,2	mg/Kg	0,050		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,310 ± 0,090	mg/Kg	0,030	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,049	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,040 ± 0,010	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,049 ± 0,020	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,079 ± 0,020	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,130 ± 0,040	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,045	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,034	mg/Kg	0,034	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,065 ± 0,020	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,230 ± 0,070	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,084 ± 0,020	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,200 ± 0,060	mg/Kg	0,048	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,043	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '>x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC10

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI



Mérieux NutriSciences Italia –  
Environmental Business  
Corso Europa, 600/A  
10088 Volpiano TO - Italie  
A l'attention de Nicoletta Pini

Paris,  
Le 11 juin 2019

**N/Réf :** E/19/006/SRO/KVI

**Objet :** reconnaissance de l'accréditation

**Affaire suivie par :** Karine VINCENT - ☎ 01.44.68.82.29 - ✉ karine.vincent@cofrac.fr

Madame,

Le Cofrac est l'organisme français d'accréditation désigné en application du Règlement Européen (CE) 765/2008. Il est signataire de l'accord multilatéral d'EA (EA MLA) pour l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité, notamment les laboratoires.

L'accord multilatéral d'EA vise à faciliter la libre circulation des biens et services et la suppression des entraves techniques aux échanges commerciaux, en instaurant la confiance dans les accréditations délivrées par les organismes nationaux d'accréditation, et dans les activités d'évaluation de la conformité réalisées par les organismes accrédités (les laboratoires notamment).

L'accord multilatéral d'EA est géré et contrôlé par EA, organisme désigné par la Commission européenne aux termes de l'Article 14 du Règlement (CE) n°765/2008 comme étant l'infrastructure européenne d'accréditation en charge, notamment, de la réalisation d'évaluations par les pairs des organismes d'accréditation nationaux des États Membres.

Aux termes de l'accord multilatéral d'EA, le Cofrac a confiance dans le système d'accréditation mis en œuvre par ACCREDIA, également signataire de cet accord. A ce titre il considère que le système d'accréditation mis en œuvre par ACCREDIA est équivalent à son propre système d'accréditation. En outre, le Cofrac confirme que les certificats d'accréditation et les rapports émis sous couvert de l'accréditation par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par ACCREDIA, sont aussi dignes de confiance que les certificats et rapports émis par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par le Cofrac.

Pour cette raison, le Cofrac considère qu'un rapport émis<sup>1</sup> par :

- Chelab S.r.l. localisé Via Fratta 25 - 31023 Resana TV - Italie, accrédité sous la référence 0051 par ACCREDIA,
- Chelab S.r.l. localisé Corso Europa, 600/A – 10088 Volpiano TO – Italie, accrédité sous la référence 0094L par ACCREDIA

est réputé aussi fiable qu'un rapport émis par un laboratoire accrédité par le Cofrac, sur un périmètre identique.

---

Comité français d'accréditation

52, rue Jacques Hillairet 75012 PARIS – Tel. : +33 (0)1 44 68 82 20 – Site Internet : [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)



SIRET : 397 879 487 00031 – APE 9499Z

L'accord multilatéral d'EA n'établit en aucun cas que l'accréditation de Chelab S.r.l. susmentionné, par l'un des signataires signifie une quelconque accréditation implicite par les autres signataires. Par conséquent, la présente lettre n'implique pas que le Cofrac « valide », « reconnaisse » ou « approuve » les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par d'autres signataires de l'accord multilatéral d'EA. Toute éventuelle réclamation relative au fonctionnement ou demande d'information quant à leur accréditation doit donc être traitée exclusivement par l'organisme délivrant l'accréditation.

Les autorités nationales des pays de l'UE/AELE sont tenues de reconnaître l'équivalence des services rendus par les organismes d'accréditation ayant passé avec succès une évaluation par les pairs d'EA et d'accepter les attestations produites par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par les signataires de l'accord multilatéral d'EA, comme énoncé à l'Article 11 du Règlement (CE) n° 765/2008.

Cette lettre ne préjuge toutefois pas de la reconnaissance/l'acceptation par les autres parties des activités réalisées par Chelab S.r.l., notamment lorsque ces activités sont réalisées pour répondre à des exigences réglementaires nationales particulières.

Je vous prie de croire, Madame, en l'assurance de ma considération distinguée.

La Directrice Qualité et Affaires Internationales,

Karine VINCENT



---

<sup>1</sup> Seuls les rapports émis par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités et portant la marque d'accréditation de l'organisme national d'accréditation, ou une référence textuelle à l'accréditation de ces organismes sont réputés fiables et donnant un même niveau de confiance.

## 2. Recherche d'amiante et de HAP dans les enrobés

Opération ZAC des Deux Ruisseaux  
THOUARE-SUR-LOIRE (44)  
\*\*\*\*\*  
Recherche d'amiante et de HAP  
dans les enrobés

<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>			
<b>A</b>	17/03/2022	42	Version définitive
INDICE	DATE	Nb de pages	MODIFICATIONS-OBSERVATIONS
<b>REDACTEUR</b>		<b>RELECTEUR</b>	
J. LAGREE		S. TURLE	



**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**  
**Ilot Jallais**  
**34 rue du Pré Gauchet**  
**44035 NANTES**

**Dossier A22.0025**

*Le présent rapport comporte 42 pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.*



## **RESUME NON TECHNIQUE**

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques).

Les carottages et les prélèvements d'enrobé ont été réalisés le 10 février 2022 au niveau des sept points implantés sur la rue de Beaulieu, la rue de la Barre et la rue de Belem.

Les résultats d'analyses d'enrobé ont mis en évidence l'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons analysés mais des teneurs en HAP supérieures à la valeur d'admission en ISDI pour trois échantillons d'enrobés (SC3, SC5 et SC6) de la rue de Beaulieu.

Les enrobés décrotés dans les secteurs correspondants à SC3, SC5 et SC6, au niveau de la rue de Beaulieu, ne pourront donc pas être évacués en Installation de Stockage de Déchets Inertes.

# SOMMAIRE

<b>I</b>	<b>PRESENTATION DE LA MISSION ET LOCALISATION DU SITE</b>	<b>4</b>
<b>II</b>	<b>HISTORIQUE DES VOIRIES</b>	<b>5</b>
<b>III</b>	<b>INVESTIGATIONS SUR LES ENROBES</b>	<b>6</b>
III.1.	MESURES D'HYGIENE ET DE SECURITE	6
III.2.	NATURE DES INVESTIGATIONS	6
III.3.	OBSERVATIONS DE TERRAIN	8
III.4.	ECHANTILLONNAGE D'ENROBE	8
III.5.	PROGRAMME ANALYTIQUE	8
III.6.	VALEURS DE REFERENCE	8
III.7.	RESULTATS DES ANALYSES	9
III.8.	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS	9
<b>IV</b>	<b>SYNTHESE TECHNIQUE ET CONCLUSIONS</b>	<b>10</b>
<b>V</b>	<b>LIMITES ET INCERTITUDES</b>	<b>11</b>
	ANNEXES	12

## I PRESENTATION DE LA MISSION ET LOCALISATION DU SITE

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) au niveau de la rue de la Barre, de la rue de Belem, de la rue du Jaunais, de la rue de Beaulieu et de la rue des Etangs (figure 1).

L'objectif de cette étude est de caractériser les enrobés et d'anticiper la gestion en filière adaptée de ces matériaux dans le cadre du projet d'aménagement.



Figure 1 : Vue aérienne des rues étudiées (Géoportail, 2020)

## II HISTORIQUE DES VOIRIES

Préalablement à la réalisation des carottages d'enrobés, une étude historique de la chaussée a été effectuée. La mairie de Thouaré-sur-Loire n'ayant pas pu nous renseigner sur l'historique des voiries et des travaux réalisés, les informations ont été collectées auprès du Pôle Erdre et Loire de Nantes Métropole.

Le Pôle Erdre et Loire de Nantes Métropole, n'avait aucune information concernant d'éventuels travaux qui auraient été réalisés sur la rue de la Barre, la rue de Belem et la rue de Beaulieu. Les informations obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 : Informations historiques collectées**

	Rue des étangs	Rue du Jaunais
Donneur d'ordre précédent (si différent de l'actuel / en cas de rétrocession de voie) ;	Pôle Erdre et Loire	Pôle Erdre et Loire
Nature de l'infrastructure	Tapis de chaussée et accotements entre la rue du Danube et le n°126 de la rue des Etangs (Ruisseau du Pré Poulain)	Tapis de chaussée, accotements et assainissement en 4 tranches (mars 2013 et août-septembre 2014)
Travaux précédemment effectués (travaux neufs, rechargement, reconstruction...)	Tapis de chaussée et accotements	Entretien rénovation sécurité
Nature(s) du/des produit(s) mis en œuvre (enrobés, enduits...), nom commercial, composition, formulation	GB <sup>1</sup> III 0/14, épaisseur : 11 cm BBSG <sup>2</sup> 0/10, épaisseur : 6 cm	Tranche 1 et 2 : Bitume EME <sup>3</sup> Tranches 3 et 4 : BBSG 0/10, épaisseur : 5 cm GB III 0/14 en rive uniquement + BBSG 0/10 sur 5 cm
Nom(s) de(s) l'entreprise(s) applicatrice(s)	EIFFAGE Ancenis	Tranches 1 et 2 - 2013 Screg Ouest Tranches 3 et 4 par Eurovia Atlantique
Date(s) de mise en œuvre des matériaux bitumineux en place et historique des interventions	Fin des travaux le 8 août 2019	Tranches 1 et 2 : Fin des Travaux en mars 2013 Tranches 3 et 4 : Fin des travaux le 19 septembre 2014
Caractéristiques géométriques des couches de mise en œuvre (épaisseur, largeur, longueur)	GB III 0/14, épaisseur : 11 cm BBSG 0/10, épaisseur : 6 cm	GB III 0/14 en rive BBSG 0/10, épaisseur : 5 cm
Nature du support ayant reçu cette (ces) couche(s)	Support sain bien compact (passage 10 000 véhicules/jour)	Couche de forme saine bien compacte

Les travaux sur la rue des Etangs et sur la rue du Jaunais ayant été réalisés après 1997 (année de l'interdiction d'usage de l'amiante en France), la présence d'amiante dans les enrobés n'est pas suspectée et aucune analyse d'amiante n'a été réalisée sur les enrobés constituant ces voiries.

N'ayant obtenu aucune information sur les dates de réalisation des enrobés sur la rue de Belem, la rue de Beaulieu et la rue de la Barre, des analyses d'amiante ont été effectuées sur les échantillons d'enrobé de ces rues.

<sup>1</sup> GB : Grave bitume

<sup>2</sup> BBSG : Béton bitumineux semi grenu

<sup>3</sup> EME : Enrobé à module élevé

### III INVESTIGATIONS SUR LES ENROBES

#### III1. MESURES D'HYGIENE ET DE SECURITE

Cette intervention relevant de la sous-section 4, a été réalisée conformément au décret n°2012-639 du 4 mai 2012 modifié relatif aux risques d'exposition à l'amiante et selon un mode opératoire établi par APC INGENIERIE et défini en fonction des résultats d'une évaluation initiale des risques.

Le personnel intervenant est habilité sous-section 4 et a été informé des risques qu'occasionnaient les polluants susceptibles d'être rencontrés et des mesures préventives nécessaires en termes d'hygiène et de sécurité.

Préalablement à la réalisation des sondages, les DICT ont été effectuées le 10/01/22. Les réponses ont été étudiées et un repérage des émergences et des réseaux enterrés à l'aide du matériel de détection adapté a été réalisé.

Les carottages ont été réalisés à l'aide une couronne diamant arrosée à l'eau savonneuse pendant toute la durée de la foration pour éviter les dispersions des éventuelles fibres d'amiante. Cette couronne est ensuite nettoyée après chaque intervention. Elle est dédiée à ce type de prélèvement.

Les déchets générés par cette intervention (dont les Equipements de Protection Individuelle) ont été conditionnés en double ensachage et stockés dans l'attente des résultats d'analyses afin de définir leur filière d'élimination.

#### III2. NATURE DES INVESTIGATIONS

Les investigations sur l'enrobé se sont déroulées le 10 février 2022. L'emplacement des carottages (nommés SC1 à SC6 et SC10) a été défini par Loire Océan Développement avant leur réalisation (figure 3). Leurs localisations ont été nivelées dans le repère Lambert93 et leurs coordonnées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Coordonnées X et Y des carottages (Repère Lambert93)**

Sondage	Coordonnées X	Coordonnées Y
SC1	363121,42	6694923,36
SC2	363247,55	6695052,85
SC3	363463,86	6695127,09
SC4	363612,07	6695332,93
SC5	363851,75	6695420,97
SC6	363950,82	6695395,20
SC10	363250,51	6694949,84

Les carottages ont été réalisés à la carotteuse thermique sous voie humide pendant toute la durée de la foration jusqu'à une profondeur de 13 cm (épaisseur maximale d'enrobé).

A l'issue du prélèvement d'enrobé, les sondages ont été rebouchés avec de l'enrobé à froid.



**Figure 2 : Plan de localisation des carottages d'enrobé**

### **III.3. OBSERVATIONS DE TERRAIN**

Les carottes d'enrobé d'une épaisseur respective de 5 et 13 cm ont mis en évidence la présence d'une seule couche d'enrobé.

**Tableau 3 : Constats de terrain**

Carottage	Epaisseur	Type de matériaux	Nombre de couches	Echantillon
SC1	10 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC1 (0 - 10 cm)
SC2	6 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC2 (0 - 6 cm)
SC3	10 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC3 (0 - 10 cm)
SC4	5 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC4 (0 - 5 cm)
SC5	7 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC5 (0 - 7 cm)
SC6	13 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC6 (0 - 13 cm)
SC10	5 cm	Bitumineux, noir et dur	1	SC10 (0 - 5 cm)

### **III.4. ECHANTILLONNAGE D'ENROBE**

Les prélèvements ont été réalisés selon les procédures suivantes, garantissant la représentativité des échantillons :

- Conditionnement en double ensachage (type sac congélation), hermétiquement fermé ;
- Transport des échantillons à l'obscurité dans une glacière réfrigérée et expédiée le 13/02/2022 vers le laboratoire MERIEUX NutriSciences reconnu par le COFRAC (VOLPIANO - Italie).

### **III.5. PROGRAMME ANALYTIQUE**

Conformément à notre offre, des analyses d'amiante META<sup>4</sup> et d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ont été réalisées sur les sept échantillons d'enrobé.

### **III.6. VALEURS DE REFERENCE**

Concernant le paramètre HAP, les résultats d'analyse seront comparés à la valeur seuil d'acceptation en ISDI (arrêté du 12 décembre 2014).

<sup>4</sup> META : Microscopie Electronique à Transmission Analytique

**III7. RESULTATS DES ANALYSES**

Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau ci-dessous (annexe 1).

**Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les échantillons d'enrobé**

Paramètres	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC10	Arrêté ministériel 12/12/14
<i>Epaisseur (cm) et caractérisation</i>	<i>10 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>6 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>10 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>5 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>7 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>13 cm Enrobé noir et dur</i>	<i>5 cm Enrobé noir et dur</i>	
<b>Amiante</b>	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	Non détectée	
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (mg/kg MS)</b>								
Acénaphène	0,27	0,37	3,3	<LQ	110	33	0,31	
Acenaphthylène	<LQ	<LQ	4,1	0,06	0,98	15	0,21	
Anthracène	0,21	<LQ	3,6	<LQ	1,5	22	0,040	
Benzo[a]anthracène	0,21	<LQ	14	<LQ	0,14	62	0,049	
Benzo[b]fluoranthène	0,24	0,15	14	0,12	0,16	45	0,079	
Benzo[ghi]pérylène	0,38	0,20	9,6	0,18	0,32	47	0,13	
Benzo[k]fluoranthène	0,16	<LQ	6,5	<LQ	0,085	27	<LQ	
Benzopyrène	0,40	0,098	20	0,13	0,21	88	0,12	
Chrysène	0,22	<LQ	9,7	0,17	0,22	37	0,055	
Dibenz[a,h]anthracène	0,14	<LQ	2,2	<LQ	<LQ	9,8	<LQ	
Fluoranthène	0,58	<LQ	33	<LQ	0,94	120	0,065	
Fluorène	0,31	0,15	1,7	0,057	82	25	0,23	
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	0,24	<LQ	11	<LQ	0,11	54	0,084	
Naphtalène	0,14	0,14	0,6	0,055	44	9,8	0,2	
Phénanthrène	0,83	0,066	6,4	0,055	6,1	54	0,16	
Pyrène	0,53	0,074	47	0,074	0,73	110	0,12	
<b>Somme des HAP</b>	4,90	1,20	<b>190</b>	0,9	<b>250</b>	<b>760</b>	1,9	<b>50</b>

Remarques : Les cellules colorées avec les chiffres en gras indiquent des dépassements par rapport au seuil ISDI.  
<LQ : inférieure à la limite de quantification

**III8. COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS**

Les résultats d'analyses obtenus mettent en évidence :

- L'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons ;
- La présence de HAP :
  - o Pour les échantillons SC1, SC2, SC4 et SC10, les teneurs obtenues pour la somme des HAP sont comprises entre 0,9 et 4,9 mg/kg MS, elles sont inférieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) ;
  - o Pour les échantillons SC3, SC5 et SC6, les teneurs obtenues pour la somme des HAP sont supérieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) et comprises entre 190 et 760 mg/kg MS.

## **IV SYNTHÈSE TECHNIQUE ET CONCLUSIONS**

Dans le cadre d'un projet d'aménagement de la ZAC des Deux Ruisseaux à Thouaré-sur-Loire (44), Loire Océan Développement a missionné APC INGENIERIE pour réaliser des carottages d'enrobé pour une recherche d'amiante et de goudron (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) au niveau de la rue de la Barre, de la rue de Belem, de la rue du Jaunais, de la rue de Beaulieu et de la rue des Etangs.

Les carottages et les prélèvements d'enrobé ont été réalisés le 10 février 2022 au niveau des sept points implantés sur la rue de Belem, la rue de la Barre et la rue de Beaulieu.

Les résultats d'analyses des sept échantillons d'enrobé ont mis en évidence l'absence de fibre d'amiante pour l'ensemble des échantillons analysés et des teneurs en HAP :

- Pour les échantillons SC1, SC2, SC4 et SC10, comprises entre 0,9 et 4,9 mg/kg MS, et inférieures à la valeur seuil d'admission en ISDI (50 mg/kg MS) ;
- Pour les échantillons SC3, SC5 et SC6, comprises entre 190 et 760 mg/kg MS et supérieures à la valeur seuil d'admission en ISDI.

Du fait des dépassements observés pour le paramètre HAP, les enrobés décrotés dans les secteurs des carottages SC3, SC5 et SC6 (rue de Beaulieu) ne seront pas admissibles en Installation de Stockage de Déchets Inertes.

## V LIMITES ET INCERTITUDES

Dans le cadre de cette étude et pour répondre à la demande de Loire Océan Développement (LOD) sept carottages d'enrobé ont été réalisés. Leur localisation a été définie par LOD dans le cahier des charges daté de septembre 2021.

Cette méthodologie ne permet pas de lever la totalité des aléas, qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu artificiel. On ne peut donc pas exclure l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappé à la position des investigations.

Le résultat d'une analyse est également lié à une incertitude. Comme tout processus de mesure, il est soumis à des facteurs d'influence qui sont plus ou moins bien maîtrisés et maîtrisables par l'opérateur. Ainsi, le résultat n'est pas une valeur unique. Des variations entre des mesures répétées se produisent parce que les grandeurs d'influence qui peuvent affecter le résultat de mesure ne sont pas maintenues parfaitement constantes.

La responsabilité d'APC INGENIERIE ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

De plus, cette étude a été réalisée en s'appuyant sur les connaissances qu'APC INGENIERIE a pu collecter, selon la législation environnementale en vigueur et la méthodologie nationale applicable en matière de sites et sols pollués, à la date de rédaction du présent document.

A VIGNEUX-DE-BRETAGNE, le 17 mars 2022

Le chargé d'affaire :



J. LAGREE

**APC INGENIERIE**  
P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
**44360 VIGNEUX DE BRETAGNE**  
Tél. : 02.40.86.80.01  
Fax : 02.40.85.29.77

L'Ingénieur Responsable :



S. TURLE

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : Résultats des analyses d'enrobé

## ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°

1149616/22

**Identification du client** SC1  
**Identification interne** 241494/01  
**Matrice** Matériaux et produits de construction  
**Description fournie par le client**  
**Description fournie par le laboratoire** Asphalte noir  
**Couche testée** Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.  
Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N ° et type de préparation	N ° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149617/22**

<b>Identification du client</b>	SC2
<b>Identification interne</b>	241494/02
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°**

**1149618/22**

**Identification du client** SC3  
**Identification interne** 241494/03  
**Matrice** Matériaux et produits de construction  
**Description fournie par le client**  
**Description fournie par le laboratoire** Asphalte noir  
**Couche testée** Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.  
 Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N ° et type de préparation	N ° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

## ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°

1149619/22

Identification du client	SC4
Identification interne	241494/04
Matrice	Matériaux et produits de construction
Description fournie par le client	
Description fournie par le laboratoire	Asphalte noir
Couche testée	Asphalte noir

## Informations complémentaires

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

## Notes:

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149620/22**

<b>Identification du client</b>	SC5
<b>Identification interne</b>	241494/05
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149621/22**

<b>Identification du client</b>	SC6
<b>Identification interne</b>	241494/06
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

**ANNEXE AU RAPPORT D'ESSAI n°****1149622/22**

<b>Identification du client</b>	SC10
<b>Identification interne</b>	241494/07
<b>Matrice</b>	Matériaux et produits de construction
<b>Description fournie par le client</b>	
<b>Description fournie par le laboratoire</b>	Asphalte noir
<b>Couche testée</b>	Asphalte noir

**Informations complémentaires**

La méthode de test interne MP 2313 Rev 4 2020 est réalisée conformément à toutes les exigences de la méthode NF X43-050 1996.

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

Couche testée	Paramètre Analysé	Méthode d'Essai	Technique analytique	N° et type de préparation	N° d'analyses	Valeur	Type d'amiante	Critère	Date d'Analyse		LD
									Début	Fin	
Asphalte noir	Fibres d'amiante	MP 2313 rev 4 2020	META	3 broyage mécanique et calcination	6	amiante non détecté	-	-	24/02/22	25/02/22	0,05%

**Notes:**

Les tests ont été réalisés conformément à l'arrêté de la Législation française du 1er octobre 2019 (version consolidée au 15 mai 2020).

- les couches de chaque échantillon ont été analysées conformément à la demande du client et aux informations figurant sur le bon de commande, couche par couche et / ou sur une seule couche. Les composants techniquement inséparables ont été analysés ensemble et décrits simultanément dans la même couche.
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MOLP, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante optiquement observables inférieure à la limite de détection; pour être optiquement observable une fibre doit avoir une largeur > 0,2 µm); un résultat "non détecté" est certifié après l'analyse d'au moins deux préparations; un résultat négatif en MOLP doit obligatoirement être confirmé par une analyse en META;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via MEBA, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse MEBA, les fibres détectées ne peuvent pas être identifiées, mais uniquement classées comme amiante;
- si aucune fibre d'amiante n'a été détectée par analyse via META, l'échantillon peut éventuellement renfermer une teneur en fibre d'amiante inférieure à la limite de détection; dans l'analyse META, le test SAED est qualitatif;
- Le laboratoire a validé sa limite de détection (LD); il garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0,1% en masse selon un intervalle de confiance à 95 %; l'incertitude sur la limite de détection validée par le laboratoire est égale à 5,2%.

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149616/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149616/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC1 FIELD_ID: TA065	
Identification interne	01 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	4,9 ± 0,4	mg/Kg	0,070		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,270 ± 0,080	mg/Kg	0,042	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acenaphtylène expr. sur l'éch. tel quel	<0,068	mg/Kg	0,068	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,40 ± 0,12	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,240 ± 0,070	mg/Kg	0,064	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,38 ± 0,12	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,063	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,220 ± 0,070	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,048	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,83 ± 0,25	mg/Kg	0,063	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,58 ± 0,17	mg/Kg	0,070	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,310 ± 0,090	mg/Kg	0,062	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,240 ± 0,070	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,067	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,53 ± 0,16	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL= LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC1

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149617/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149617/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC2 FIELD_ID: TA064
Identification interne	02 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494

QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	1,20 ± 0,15	mg/Kg	0,068		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,37 ± 0,11	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	<0,066	mg/Kg	0,066	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,052	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,044	mg/Kg	0,044	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,098 ± 0,030	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,150 ± 0,050	mg/Kg	0,062	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,200 ± 0,060	mg/Kg	0,056	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,061	mg/Kg	0,061	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	<0,052	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,046	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,066 ± 0,020	mg/Kg	0,061	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,068	mg/Kg	0,068	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,150 ± 0,040	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	<0,032	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,064	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,074 ± 0,020	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL= LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC2

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149618/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149618/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC3 FIELD_ID: TA063
Identification interne	03 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494
	QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	190 ± 20	mg/Kg	0,087		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	3,30 ± 0,98	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acenaphtylène expr. sur l'éch. tel quel	4,1 ± 1,2	mg/Kg	0,084	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	3,6 ± 1,1	mg/Kg	0,066	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	14,0 ± 4,2	mg/Kg	0,056	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	20,0 ± 6,1	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	14,0 ± 4,2	mg/Kg	0,079	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	9,6 ± 2,9	mg/Kg	0,071	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	6,50 ± 2	mg/Kg	0,078	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	9,7 ± 2,9	mg/Kg	0,067	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	2,20 ± 0,67	mg/Kg	0,059	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	6,4 ± 1,9	mg/Kg	0,078	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	33,0 ± 9,8	mg/Kg	0,087	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	1,70 ± 0,52	mg/Kg	0,077	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	11,0 ± 3,3	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,60 ± 0,18	mg/Kg	0,082	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	47 ± 14	mg/Kg	0,074	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC3

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

LAB N° 0094 L

Echantillon: 03/241494 RP 1149618/22

Mandant: SAS A.P.C INGENIERIE

Date d'émission: 25/02/2022

Page 3 sur 3

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149619/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149619/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC4 FIELD_ID: TA062	
Identification interne	04 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	0,90 ± 0,10	mg/Kg	0,051		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphène expr. sur l'éch. tel quel	<0,030	mg/Kg	0,030	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphylène expr. sur l'éch. tel quel	0,060 ± 0,020	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,039	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,033	mg/Kg	0,033	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,130 ± 0,040	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,047	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,180 ± 0,060	mg/Kg	0,042	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,046	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,170 ± 0,050	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,035	mg/Kg	0,035	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,051	mg/Kg	0,051	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,057 ± 0,020	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	<0,024	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,049	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,074 ± 0,020	mg/Kg	0,044	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '>x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC4

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149620/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149620/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC5 FIELD_ID: TA061
Identification interne	05 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494
	QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	250 ± 43	mg/Kg	0,085		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	110 ± 34	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	0,98 ± 0,29	mg/Kg	0,082	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	1,50 ± 0,46	mg/Kg	0,065	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,140 ± 0,040	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,077	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,32 ± 0,10	mg/Kg	0,069	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,085 ± 0,020	mg/Kg	0,076	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,220 ± 0,060	mg/Kg	0,065	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,058	mg/Kg	0,058	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	6,1 ± 1,8	mg/Kg	0,076	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,94 ± 0,28	mg/Kg	0,085	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	82 ± 25	mg/Kg	0,075	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,110 ± 0,030	mg/Kg	0,040	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	44 ± 13	mg/Kg	0,080	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,73 ± 0,22	mg/Kg	0,072	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL= LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC5

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

LAB N° 0094 L

Echantillon: 05/241494 RP 1149620/22

Mandant: SAS A.P.C INGENIERIE

Date d'émission: 25/02/2022

Page 3 sur 3

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



Stamp: ORDINE DEI CHIMICI ITALIANI - SEZIONE DI PAVIA - VIALE R. ROSSO, 1 - 27100 PAVIA - ITALIA  
N. Istituzione: 2257  
Sez. A

Handwritten signature: *Anna Maria*

FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149621/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149621/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE	
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)	
Projet/Contracte	A22.0025	
Base/Site	Thouare sur Loire	
Matrice	Résidu Solide	
Date de réception	21-feb-22	
Identification du Client	SC6 FIELD_ID: TA060	
Identification interne	06 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713	QC Type N
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22	
Date de Prélèvement	11-feb-22	
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494	

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	760 ± 69	mg/Kg	0,060		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	33 ± 10	mg/Kg	0,036	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	15,0 ± 4,5	mg/Kg	0,059	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	22,0 ± 6,6	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	62 ± 19	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	88 ± 26	mg/Kg	0,028	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	45 ± 13	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	47 ± 14	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	27,0 ± 8,2	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	37 ± 11	mg/Kg	0,047	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	9,8 ± 2,9	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	54 ± 16	mg/Kg	0,055	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	120 ± 36	mg/Kg	0,060	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	25,0 ± 7,5	mg/Kg	0,054	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	54 ± 16	mg/Kg	0,028	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	9,8 ± 2,9	mg/Kg	0,057	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	110 ± 33	mg/Kg	0,052	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '>x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC6

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI

## RAPPORT D'ESSAI n° 1149622/22

Traduction du Rapport d'Essai n.1149622/22

Client	SAS A.P.C INGENIERIE
Adresse	ZI LES JALASSIERES 13510 EGUILLES (FRAN)
Projet/Contracte	A22.0025
Base/Site	Thouare sur Loire
Matrice	Résidu Solide
Date de réception	21-feb-22
Identification du Client	SC10 FIELD_ID: TA059
Identification interne	07 / 241494 RS: VO22SR0000940 INT: VO22IN0000713
Date d'émission du Rapport d'essai	25-feb-22
Date de Prélèvement	11-feb-22
Procédure d'échantillonnage	Par le Client ref verbale COC_241494
	QC Type N

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Amiante</b>					
Méthode d'Essai	MP 2313 Rev 4 2020				
0 A fibres d'amiante	non détecté	n.a.			24/02/22 - 25/02/22
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Méthode d'Essai	+ EPA 8270E 2018				
0 A - HAP Totaux expr. sur l'éch. tel quel	1,9 ± 0,2	mg/Kg	0,050		----- - 25/02/22
Méthode d'Essai	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018				
0 A Acénaphthène expr. sur l'éch. tel quel	0,310 ± 0,090	mg/Kg	0,030	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Acénaphthylène expr. sur l'éch. tel quel	0,210 ± 0,060	mg/Kg	0,049	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,040 ± 0,010	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[a]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	0,049 ± 0,020	mg/Kg	0,032	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzopyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A benzo[b]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,079 ± 0,020	mg/Kg	0,046	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[ghi]pérylène expr. sur l'éch. tel quel	0,130 ± 0,040	mg/Kg	0,041	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Benzo[k]fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	<0,045	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Chrysène expr. sur l'éch. tel quel	0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,039	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Dibenz[a,h]anthracène expr. sur l'éch. tel quel	<0,034	mg/Kg	0,034	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Phénanthrène expr. sur l'éch. tel quel	0,160 ± 0,050	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

Document signé numériquement conformément au décret législatif n° 82 du 7 mars 2005 et ses modifications ultérieures

Les résultats contenus dans ce rapport de test se rapportent exclusivement à l'échantillon testé. Ce rapport de test ne peut pas être partiellement reproduit, sauf autorisation écrite de Chelab.

Paramètre Analysé	Valeur et IM	UM	MDL	R %	Date de Analyse Début Fin
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
0 A Fluoranthène expr. sur l'éch. tel quel	0,065 ± 0,020	mg/Kg	0,050	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Fluorène expr. sur l'éch. tel quel	0,230 ± 0,070	mg/Kg	0,045	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Indeno[1,2,3-cd]pyrène expr. sur l'éch. tel quel	0,084 ± 0,020	mg/Kg	0,024	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Naphthalène expr. sur l'éch. tel quel	0,200 ± 0,060	mg/Kg	0,048	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22
0 A Pyrene expr. sur l'éch. tel quel	0,120 ± 0,040	mg/Kg	0,043	96,15 #	24/02/22 - 25/02/22

\* = Essai non accrédité par ACCREDIA. 0 = Test effectué en station permanente, I = Test réalisé en station temporaire, II = Test effectué en station mobile, III = Test effectué en dehors de la station

A = Test effectué au laboratoire de Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 600/ A - ITALIA.

B = Test effectué au laboratoire de Sannazaro De' Burgondi (PV) 27039, Via E. Mattei, 46 - ITALIA.

C = Test effectué au laboratoire d'Uta (CA) c/o CACI P - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA.

E = Essai effectué sur champ Siège a Volpiano (TO) 10088, Corso Europa 609 - ITALIA

FE = Test effectué au laboratoire de Ferrara (FE) 44100, Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA.

S = Test effectué chez un laboratoire tiers en sous-traitance.

RE = Test effectué au laboratoire de Resana (TV) 31023, Via Castellana, 118A - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0051 L.

PL = Test effectué au laboratoire de Priolo Gargallo (SR) 96010, Contrada Biggemi - ITALIA, en référence à l'accréditation ACCREDIA n° 0953 L.

Le numéro de repère du paramètre indique la catégorie dans laquelle s'inscrivent les tests couverts par l'accréditation ACCREDIA de ce laboratoire. L'accréditation ACCREDIA est un index des compétences techniques et managériales du Laboratoire et ne constitue pas une garantie, fournie par ACCREDIA, des services fournis par le Laboratoire. En cas de modification de l'échantillon, le laboratoire décline toute responsabilité pour les résultats susceptibles d'être influencés par la déviation si le client demande l'exécution de l'analyse. Si le personnel de laboratoire n'a pas procédé à l'échantillonnage, les résultats obtenus sont considérés comme se rapportant à l'échantillon reçu et le laboratoire décline toute responsabilité quant aux résultats calculés en tenant compte des données d'échantillonnage fournies par le Client. Le nom du client et ses coordonnées sont toujours fournis par le client. MDL=LOD : Limite de détection, définie comme la concentration minimale mesurée d'une substance qui peut être détectée avec une probabilité de 99 % qu'elle se distingue des résultats à blanc de la méthode. RL = LOQ: limite de quantification, définie comme la concentration du point le plus bas de la courbe d'étalonnage, corrigée des facteurs d'échelle (pesées, dilutions) relatifs à la norme ou à la procédure mentionnée; '<x' ou '> x' indiquent respectivement une valeur inférieure ou supérieure à la plage de mesure d'essai. L'incertitude de mesure (IM) exprimée est l'incertitude élargie calculée à l'aide d'un facteur de couverture de 2 et d'un niveau de confiance de 95%. Pour la détermination des fibres en suspension dans l'air, les limites fiduciaires sont définies: supérieure (LFS) et inférieure (LFI) à un niveau de confiance de 95%. Sauf indication contraire, les tests microbiologiques quantitatifs (à l'exception du MPN) sur les matrices environnementales liquides et solides sont effectués sur un seul piquage et deux volumes consécutifs; l'incertitude élargie est exprimée conformément à la norme ISO 29201:2012, calculée avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 % ; pour les méthodes où le résultat est exprimé en MPN (nombre le plus probable), l'incertitude de mesure est exprimée sous la forme d'un intervalle de confiance évalué à l'aide des tableaux statistiques de la méthode de référence, calculé avec un facteur de couverture k = 2 correspondant à un niveau de probabilité de 95 %. Les paramètres précédés du symbole '-' dérivent du calcul. R% = Récupération: les récupérations marquées d'un '#' n'ont pas été utilisées dans les calculs. Sauf indication contraire, les sommes sont calculées en utilisant le critère Limite Inférieure (LB). S'il existe une spécification (limites légales ou spécification client) avec laquelle les résultats d'analyse ont été comparés, les valeurs indiquées en gras indiquent un résultat sortant de cette spécification. Sauf indication contraire, les jugements de conformité / non-conformité auxquels il est fait référence se rapportent aux paramètres analysés et sont basés sur la comparaison de la valeur avec les valeurs de référence sans tenir compte de l'intervalle de confiance de la mesure ou de l'incertitude associée au résultat.

## Informations complémentaires

voir l'annexe pour des informations supplémentaires

## Information fournies par le client

Echantillon prélevé par: Responsable des travaux

Description: SC10

Lieu de prelevement: Thouare sur Loire

Date du prelevement: 11/02/2022

Methode prelevement: Par le Client ref verbale COC\_241494

Heure du prelevement: -

Le responsable d'essais  
chimiques et biologiques



FIN DU RAPPORT D'ESSAI



Mérieux NutriSciences Italia –  
Environmental Business  
Corso Europa, 600/A  
10088 Volpiano TO - Italie  
A l'attention de Nicoletta Pini

Paris,  
Le 11 juin 2019

**N/Réf :** E/19/006/SRO/KVI

**Objet :** reconnaissance de l'accréditation

**Affaire suivie par :** Karine VINCENT - ☎ 01.44.68.82.29 - ✉ karine.vincent@cofrac.fr

Madame,

Le Cofrac est l'organisme français d'accréditation désigné en application du Règlement Européen (CE) 765/2008. Il est signataire de l'accord multilatéral d'EA (EA MLA) pour l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité, notamment les laboratoires.

L'accord multilatéral d'EA vise à faciliter la libre circulation des biens et services et la suppression des entraves techniques aux échanges commerciaux, en instaurant la confiance dans les accréditations délivrées par les organismes nationaux d'accréditation, et dans les activités d'évaluation de la conformité réalisées par les organismes accrédités (les laboratoires notamment).

L'accord multilatéral d'EA est géré et contrôlé par EA, organisme désigné par la Commission européenne aux termes de l'Article 14 du Règlement (CE) n°765/2008 comme étant l'infrastructure européenne d'accréditation en charge, notamment, de la réalisation d'évaluations par les pairs des organismes d'accréditation nationaux des États Membres.

Aux termes de l'accord multilatéral d'EA, le Cofrac a confiance dans le système d'accréditation mis en œuvre par ACCREDIA, également signataire de cet accord. A ce titre il considère que le système d'accréditation mis en œuvre par ACCREDIA est équivalent à son propre système d'accréditation. En outre, le Cofrac confirme que les certificats d'accréditation et les rapports émis sous couvert de l'accréditation par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par ACCREDIA, sont aussi dignes de confiance que les certificats et rapports émis par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par le Cofrac.

Pour cette raison, le Cofrac considère qu'un rapport émis<sup>1</sup> par :

- Chelab S.r.l. localisé Via Fratta 25 - 31023 Resana TV - Italie, accrédité sous la référence 0051 par ACCREDIA,
- Chelab S.r.l. localisé Corso Europa, 600/A – 10088 Volpiano TO – Italie, accrédité sous la référence 0094L par ACCREDIA

est réputé aussi fiable qu'un rapport émis par un laboratoire accrédité par le Cofrac, sur un périmètre identique.

---

Comité français d'accréditation

52, rue Jacques Hillairet 75012 PARIS – Tel. : +33 (0)1 44 68 82 20 – Site Internet : [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)



SIRET : 397 879 487 00031 – APE 9499Z

L'accord multilatéral d'EA n'établit en aucun cas que l'accréditation de Chelab S.r.l. susmentionné, par l'un des signataires signifie une quelconque accréditation implicite par les autres signataires. Par conséquent, la présente lettre n'implique pas que le Cofrac « valide », « reconnaisse » ou « approuve » les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par d'autres signataires de l'accord multilatéral d'EA. Toute éventuelle réclamation relative au fonctionnement ou demande d'information quant à leur accréditation doit donc être traitée exclusivement par l'organisme délivrant l'accréditation.

Les autorités nationales des pays de l'UE/AELE sont tenues de reconnaître l'équivalence des services rendus par les organismes d'accréditation ayant passé avec succès une évaluation par les pairs d'EA et d'accepter les attestations produites par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités par les signataires de l'accord multilatéral d'EA, comme énoncé à l'Article 11 du Règlement (CE) n° 765/2008.

Cette lettre ne préjuge toutefois pas de la reconnaissance/l'acceptation par les autres parties des activités réalisées par Chelab S.r.l., notamment lorsque ces activités sont réalisées pour répondre à des exigences réglementaires nationales particulières.

Je vous prie de croire, Madame, en l'assurance de ma considération distinguée.

La Directrice Qualité et Affaires Internationales,

Karine VINCENT  


---

<sup>1</sup> Seuls les rapports émis par les organismes d'évaluation de la conformité accrédités et portant la marque d'accréditation de l'organisme national d'accréditation, ou une référence textuelle à l'accréditation de ces organismes sont réputés fiables et donnant un même niveau de confiance.

### 3. Suivi piézométrique

Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
THOUARE SUR LOIRE (44)  
\*\*\*\*\*  
NOTE DE SUIVI PIEZOMETRIQUE

<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>	02/09/2022	11	NOTE PIEZOMETRIQUE
<b>A</b>	11/04/2021	199	G1
INDICE	DATE	Nb de pages	MODIFICATIONS-OBSERVATIONS
<b>REDACTEUR</b>		<b>RELECTEUR</b>	
J. LAGREE		S. TURLÉ	

**LOIRE OCEAN  
DEVELOPPEMENT  
34, rue du Pré Gauchet  
44035 Nantes Cedex 01**

**Dossier A22.0025**

*Le présent rapport comporte 11 pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité.  
Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.*

# SOMMAIRE

<b>I</b>	<b>LE SITE</b>	<b>3</b>
<b>II</b>	<b>SUIVI PIEZOMETRIQUE</b>	<b>3</b>
	ANNEXES	5
	✓ CONDITIONS GENERALES	6
	✓ PLAN D'IMPLANTATION DES PIEZOMETRES	7



Les relevés observés sur la période de février 2022 à août 2022 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

<b>Piézomètre</b>	<b>SP1</b>	<b>SP2</b>	<b>SP3</b>
Date	Profondeur (m/TN)	Profondeur (m/TN)	Profondeur (m/TN)
<b>07/03/2022</b>	<b>1,05</b>	<b>2,47</b>	<b>1,17</b>
<b>29/03/2022</b>	<b>1,02</b>	<b>2,12</b>	<b>1,27</b>
06/05/2022	1,47	2,54	1,58
09/06/2022	1,87	3,18	1,96
04/07/2022	2,48	3,80	2,19
05/08/2022	2,79	4,11	2,46

Ces relevés mettent en évidence un niveau d'eau mesuré au plus haut au cours du mois de mars 2022 à mettre en relation avec les plus fortes précipitations survenues au cours de cette période.

Nous rappelons que ces niveaux d'eau sont probablement liés :

- à des circulations de pente et à des accumulations d'eau susceptibles de se développer en période pluvieuse au sein des terrains de couverture, à la faveur de passages plus perméables ;
- à des circulations aléatoires au sein des altérations micaschisteuses.

APC INGENIERIE reste à la disposition des intervenants pour tout complément d'information relatif aux conclusions de la présente note, dans le respect des critères mentionnés dans les conditions générales jointes en annexes.

A Vigneux-de-Bretagne, le 2 septembre 2022

Le chargé d'affaire



J. LAGREE

**APC INGENIERIE**  
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion  
**44360 VIGNEUX DE BRETAGNE**  
 Tél. : 02.40.86.80.01  
 Fax : 02.40.85.29.77

L'Ingénieur Responsable :



S. TURLE

# Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
<u>Etape 1 :</u> <b>Étude géotechnique préalable (G1)</b>		Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Étude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
<u>Etape 2 :</u> <b>Étude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Avant-Projet (AVP)</b>		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
<u>Etape 3 :</u> <b>Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du Maître d'Ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) <b>Phase Etude</b> (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) <b>Phase Suivi</b> (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du Maître d'Ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

## Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### **ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

#### **ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### **SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

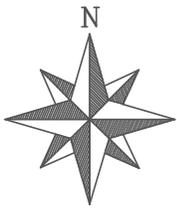
##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### **DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



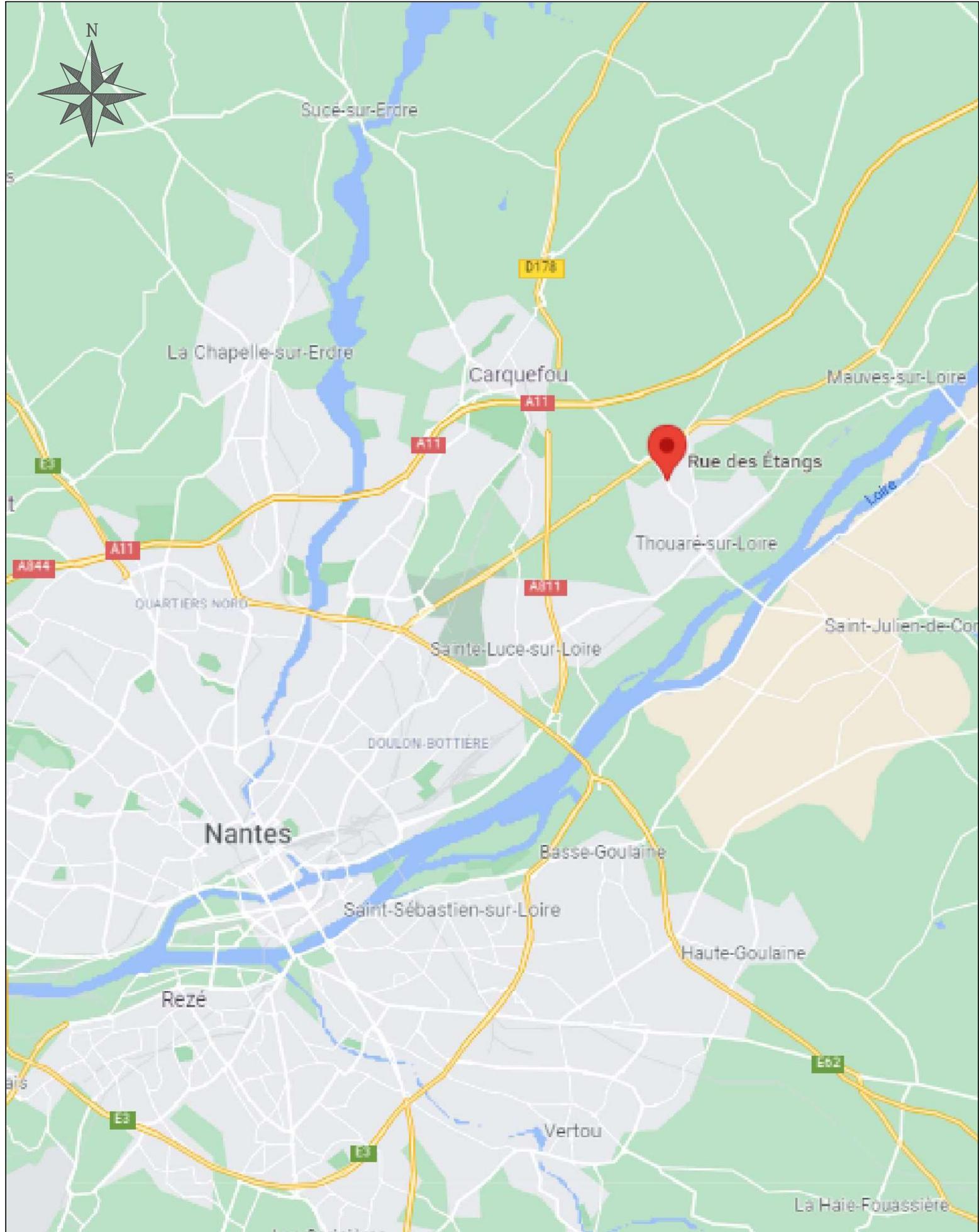
- Limite de site
- + Piézomètres suivis
- + Puits
- + Piézomètre non retrouvé



**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**  
 Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
 THOUARE SUR LOIRE (44)

Plan de situation

N° :	22.0025	Date :	17.01.2022	Ech :	/
------	---------	--------	------------	-------	---

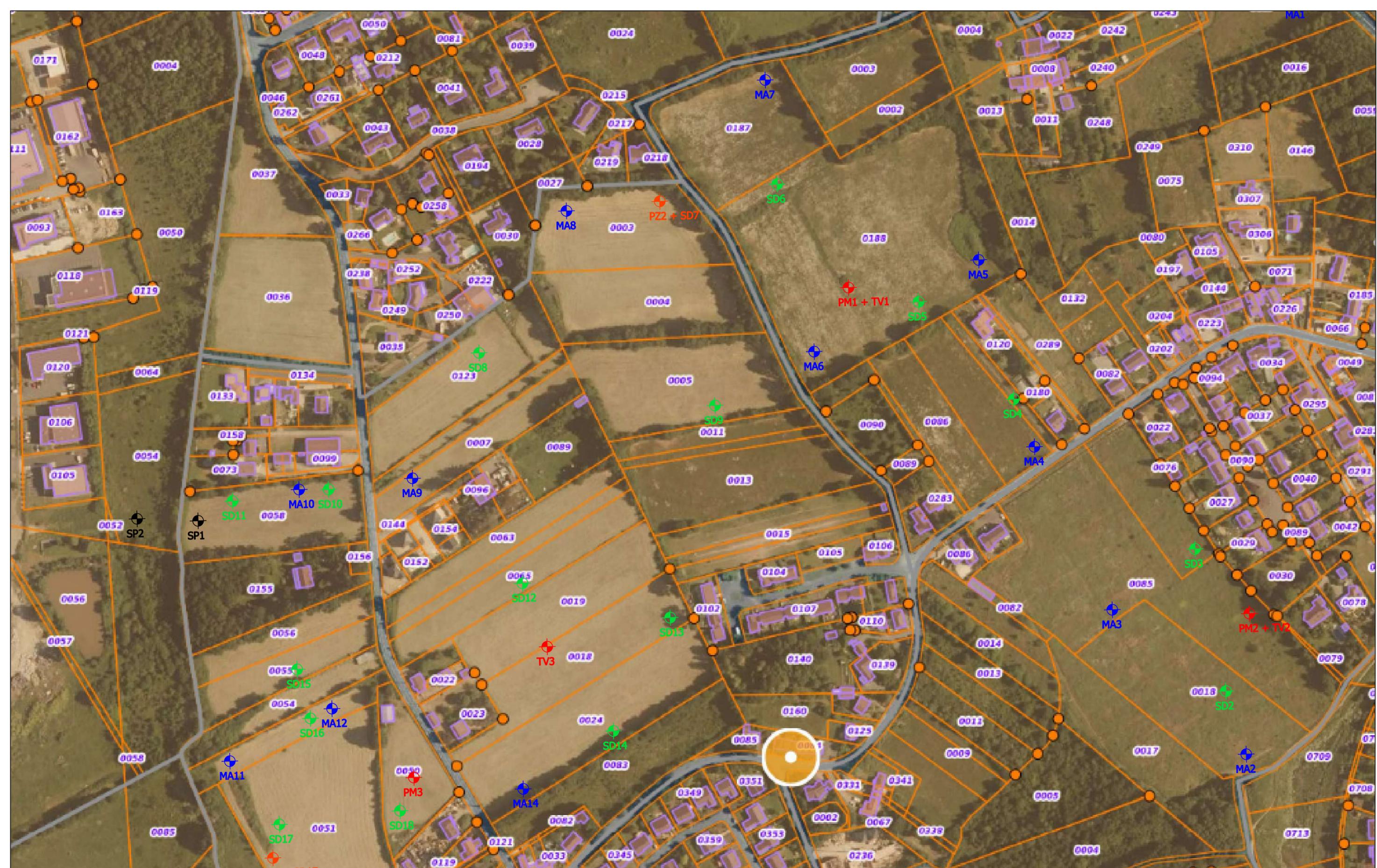


**LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT**

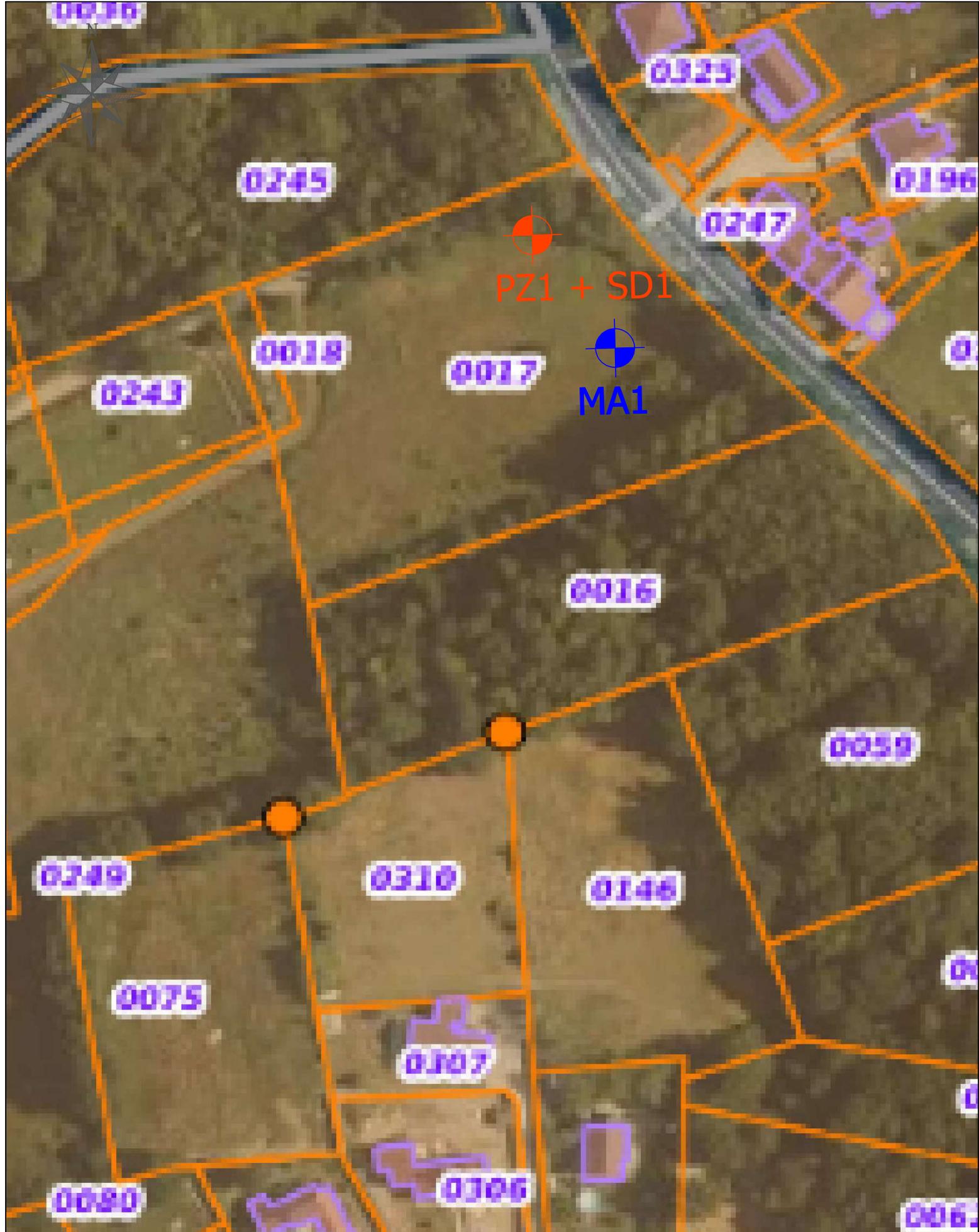
Aménagement de la ZAC des deux ruisseaux  
THOUARE SUR LOIRE (44)

Plan de situation géographique

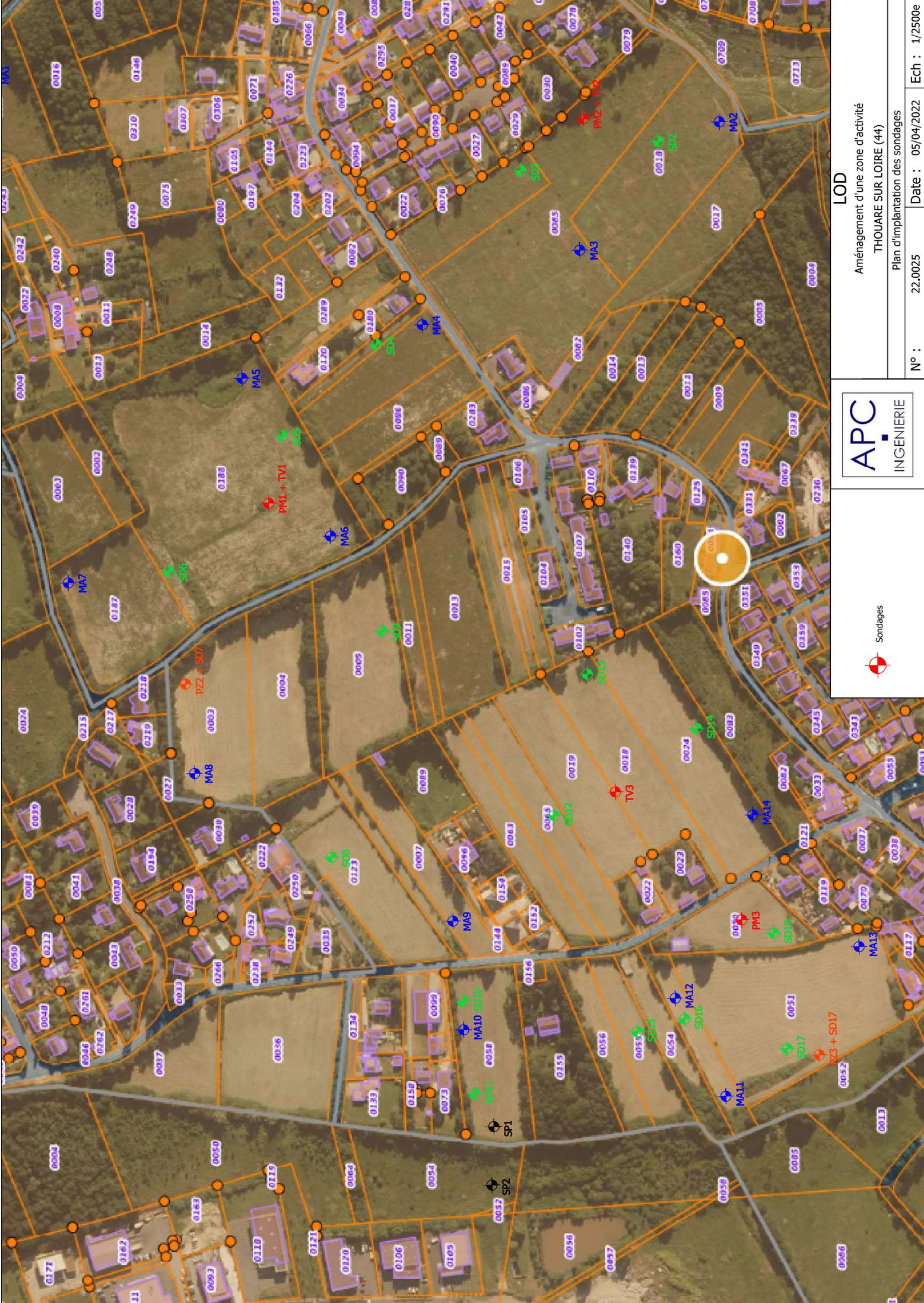
N° :	22.0025	Date :	17.01.2022	Ech :	/
------	---------	--------	------------	-------	---



 Sondages		<b>LOD</b> Aménagement d'une zone d'activité THOUARE SUR LOIRE (44) Plan d'implantation des sondages		
		N° : 22.0025	Date : 05/04/2022	Ech : 1/2500e



Z:\logo_APC.JPG	<b>LOD</b>		
	Aménagement d'une zone d'activités		
	THOUARE SUR LOIRE (44)		
	Implantation des sondages PZ1/SD1/MA1		
N° :	A22.0025	Date :	07/01/2022
		Ech :	1/1000



**LOD**  
 Aménagement d'une zone d'activité  
 THOUARE SUR LOIRE (44)  
 Plan d'implantation des sondages



N° : 22.0025  
 Date : 05/04/2022  
 Ech : 1/2500e



Sondages



# **Chapitre 5. Diagnostic d'archéologie préventive : arrêté de prescription de la DRAC**



**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
PAYS DE LA LOIRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Service régional de l'archéologie Pays de la Loire

Affaire suivie par :  
Guillaume VARENNES  
02 40 14 23 21

guillaume.varences@culture.gouv.fr

Références : ZA0442042400003-2

**Direction régionale  
des affaires culturelles**

LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT

34 Rue du Pré Gauchet  
CS 93521  
44035 NANTES CEDEX 1

À l'attention de Mme THOREAU Audrey,

Nantes, le **28 AOUT 2024**

**Lettre recommandée avec accusé de réception**

**Objet :** Notification d'une prescription de diagnostic d'archéologie préventive  
**Références :** THOUARE-SUR-LOIRE (LOIRE-ATLANTIQUE), 2024 - ZAC des deux Ruisseaux -Secteurs Jaunais - Ilet Jaunais Nord et Sud (voir liste parcelles)  
ZA0442042400003  
Mon courrier du 5 août 2024  
Livre V du Code du patrimoine  
**P.J. :** Arrêté n° 2024-572 portant prescription d'un diagnostic d'archéologie préventive.

Madame, Monsieur,

Je fais suite à mon courrier visé en référence et vous informe qu'après examen par mes services, il apparaît que votre projet d'aménagement risque de porter atteinte à des vestiges archéologiques. Par conséquent, j'ai décidé de prescrire la réalisation d'un diagnostic qui permettra de mettre en évidence et de caractériser les éléments du patrimoine archéologique éventuellement présent. Les résultats de ce diagnostic me permettront de déterminer s'il convient ensuite de mettre en œuvre des mesures de protection ou de sauvegarde par l'étude.

J'ai l'honneur de vous notifier l'arrêté relatif à la prescription de ce diagnostic.

La réalisation de cette opération doit être proposée au Pôle de recherches archéologiques de Nantes métropole et Service archéologie de Loire-Atlantique qui sont habilités pour l'exécution des diagnostics prescrits sur son leur territoire.

Je vous informe que je procède à la consultation de ces services. À l'issue de cette procédure, vous recevrez notification de l'arrêté désignant l'opérateur chargé de la réalisation du diagnostic.

La décision ci-jointe peut être contestée devant le tribunal administratif compétent dans un délai de deux mois à compter de la réception de la présente. Le tribunal administratif peut être saisi par l'application Télécours citoyen accessible sur le site [www.telercours.fr](http://www.telercours.fr)

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toutes les informations que vous jugerez utiles.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour la directrice régionale des affaires culturelles  
et par délégation  
La Conservatrice régionale de l'archéologie  
Conservatrice du Patrimoine

Isabelle BOLLARD-RAINEAU





**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
PAYS DE LA LOIRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction régionale  
des affaires culturelles**

Arrêté n° 2024-572 du **28 AOUT 2024**

portant prescription d'un diagnostic d'archéologie préventive

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté du 7 février 2022 portant définition des données scientifiques de l'archéologie et de leurs conditions de bonne conservation ;

Vu l'arrêté du 27 septembre 2004 portant définition des normes de contenu et de présentation des rapports d'opérations archéologiques ;

Vu l'arrêté préfectoral 2024/SGAR/DRAC/188 du 17 juin 2024 portant délégation de signature de M. Fabrice RIGOULET-ROZE, préfet de la région Pays de la Loire, à Mme Anne GÉRARD, directrice régionale des affaires culturelles des Pays de la Loire ;

Vu l'arrêté modificatif du 4 juillet 2024, de l'arrêté n° 2024/DRAC-sg/2 du 21 juin 2024, portant subdélégation de la signature de Mme Anne GÉRARD, directrice régionale des affaires culturelles des Pays de la Loire ;

Vu le dossier enregistré sous le n° ZA0442042400003, zone d'aménagement concerté, déposé par – LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT – pour le projet « 2024 - ZAC des deux Ruisseaux -Secteurs Jaunais - Ilet Jaunais Nord et Sud (voir liste parcelles) » localisé à THOUARE-SUR-LOIRE, reçu en préfecture de région, Service régional de l'archéologie Pays de la Loire, le 1 août 2024 ;

Considérant que les travaux envisagés sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique : la situation topographique, géographique et géologique est favorable à d'éventuelles occupations humaines et la surface soumise à aménagement (204460 m<sup>2</sup>) dépasse le seuil statistique de présence d'éléments constitutifs d'installations humaines intéressant l'archéologie ;

Considérant qu'il est nécessaire de mettre en évidence et de caractériser la nature, l'étendue et le degré de conservation des vestiges archéologiques éventuellement présents afin de déterminer le type de mesures dont ils doivent faire l'objet.

**ARRÊTE**

**Article 1** - Une opération de diagnostic archéologique est mise en œuvre préalablement à la réalisation du projet « 2024 - ZAC des deux Ruisseaux -Secteurs Jaunais - Ilet Jaunais Nord et Sud (voir liste parcelles) », sis en :

RÉGION : PAYS-DE-LA-LOIRE

DEPARTEMENT : LOIRE-ATLANTIQUE

COMMUNE : THOUARE-SUR-LOIRE

Lieudit ou adresse : ZAC des deux Ruisseaux -Secteurs Jaunais - Ilet Jaunais Nord et Sud – Tranche 3

Cadastre : Section : AK, Parcelles : 17,18,21,82,85 / Section : AE, Parcelles : 5,6,7,11,12,13,18,19,21,22,23,24, 50,51,53,54,55,56,58,64,65,83,123 / Section : AD, Parcelles : 17, 61,62,146,249,310 / Section : AA, Parcelle : 36

Réalisé par : LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT

L'emprise soumise au diagnostic, d'une superficie de 204 460 m<sup>2</sup>, est figurée sur le document graphique annexé au présent arrêté.

Le diagnostic archéologique comprend, outre une phase d'exploration du terrain, une phase d'étude qui s'achève par la remise du rapport sur les résultats obtenus.

**Article 2** - L'attribution de la réalisation du diagnostic fait l'objet d'une décision distincte du présent arrêté. L'opérateur ainsi désigné soumettra un projet d'intervention élaboré sur la base des objectifs scientifiques et des principes méthodologiques définis par le présent arrêté

**Article 3 - Objectifs scientifiques**

L'opération de diagnostic archéologique permettra de vérifier la présence ou l'absence de vestiges sur l'ensemble de l'emprise prescrite.

Cette opération devra également permettre d'évaluer l'impact des travaux sur les vestiges éventuellement en place, de rendre compte de leur nature, leur étendue, leur chronologie et leur degré de conservation, de réunir les arguments justifiant une opération de fouille préventive éventuelle.

**Article 4 - Principes méthodologiques**

Si le projet d'aménagement prévoit la démolition de bâtiments existants, l'aménageur veillera à ce que ceux-ci soient démolis avant la phase de réalisation du diagnostic archéologique afin de permettre l'accès au terrain ainsi que l'application du taux d'ouverture nécessaire au diagnostic. Aucun terrassement ne devra être réalisé lors de cette démolition.

Le diagnostic sera effectué sur l'ensemble de la surface de l'emprise prescrite par le biais de tranchées et/ou de fenêtres réalisées à l'aide d'une pelle mécanique munie d'un godet lisse sous le contrôle d'une équipe d'archéologues. Un taux d'ouverture du terrain compris entre 7 et 10% est préconisé.

Des sondages manuels seront à réaliser dans les structures rencontrées. Le service régional de l'Archéologie devra être informé de l'ouverture de fenêtres d'évaluation et des découvertes significatives. Un relevé précis des tranchées et des fenêtres complémentaires (implantation, niveau de profondeur des ouvertures et des fonds de fouilles, coupes stratigraphiques, relevés des vestiges...) sera réalisé. L'ensemble des formations sédimentaires rencontrées sera étudié et référencé. Les vestiges enfouis et en élévation seront replacés dans leur contexte géographique, topographique, archéologique, historique.

Le responsable scientifique de l'opération est autorisé à utiliser un détecteur de métaux dans le cadre du diagnostic.

**Article 5 - Responsable scientifique**

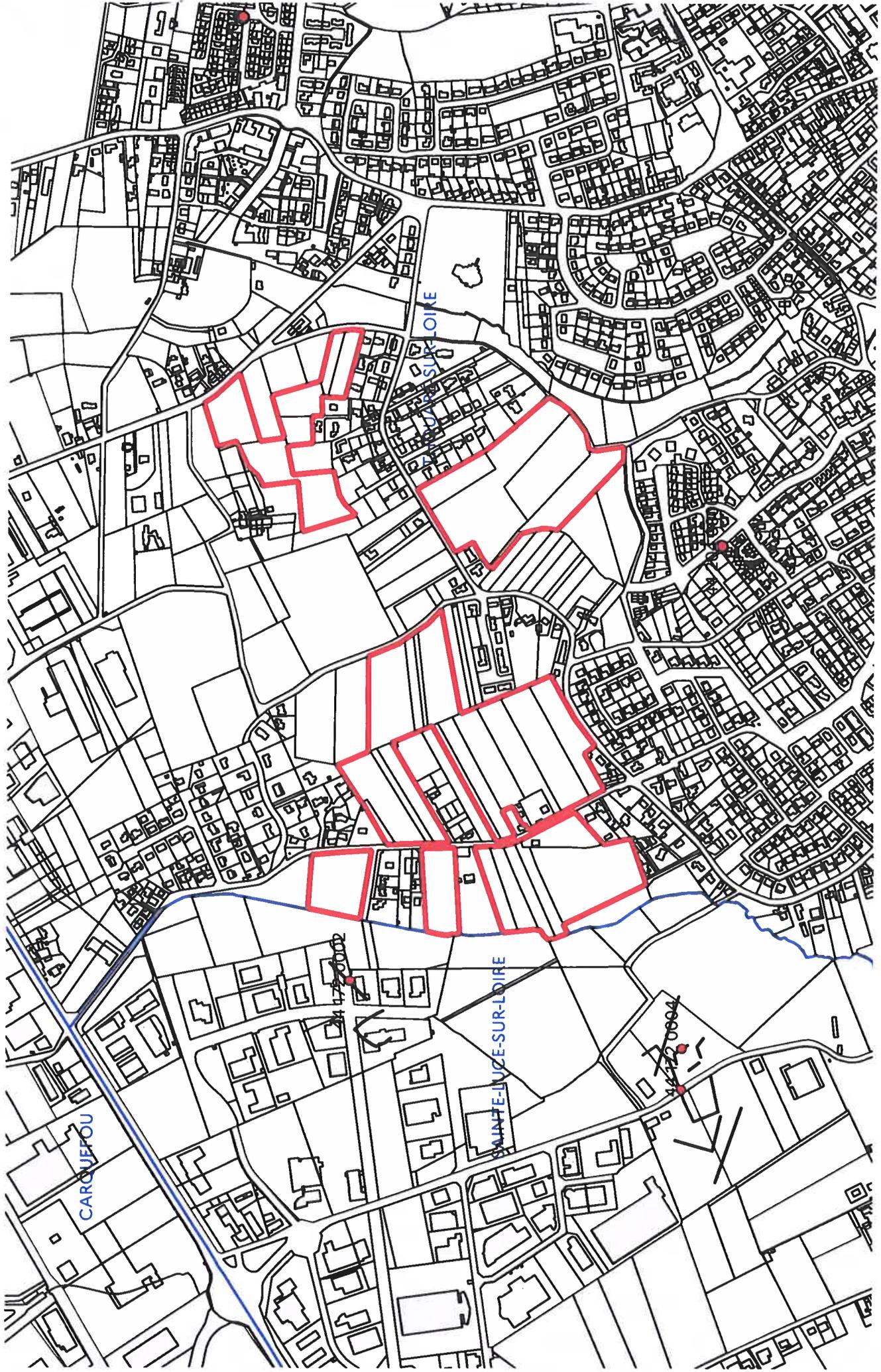
Le responsable scientifique du diagnostic, dont la désignation fera l'objet d'un arrêté ultérieur, doit justifier des qualifications suivantes : Archéologue généraliste.

**Article 6** - La directrice régionale des affaires culturelles est chargée de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à LOIRE OCEAN DEVELOPPEMENT et à Pôle de recherches archéologiques de Nantes métropole, Service archéologie de Loire-Atlantique et INRAP - Direction interrégionale Grand-Ouest.

Fait à Nantes, le 28 AOUT 2024

Pour la directrice régionale des affaires culturelles  
et par délégation  
La Conservatrice régionale de l'archéologie  
Conservatrice du Patrimoine  
Isabelle BOLLARD-RAINEAU

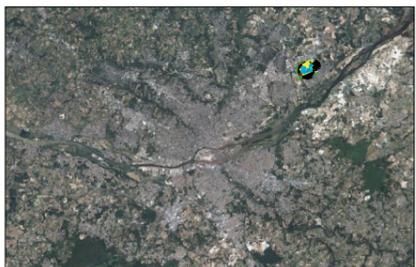
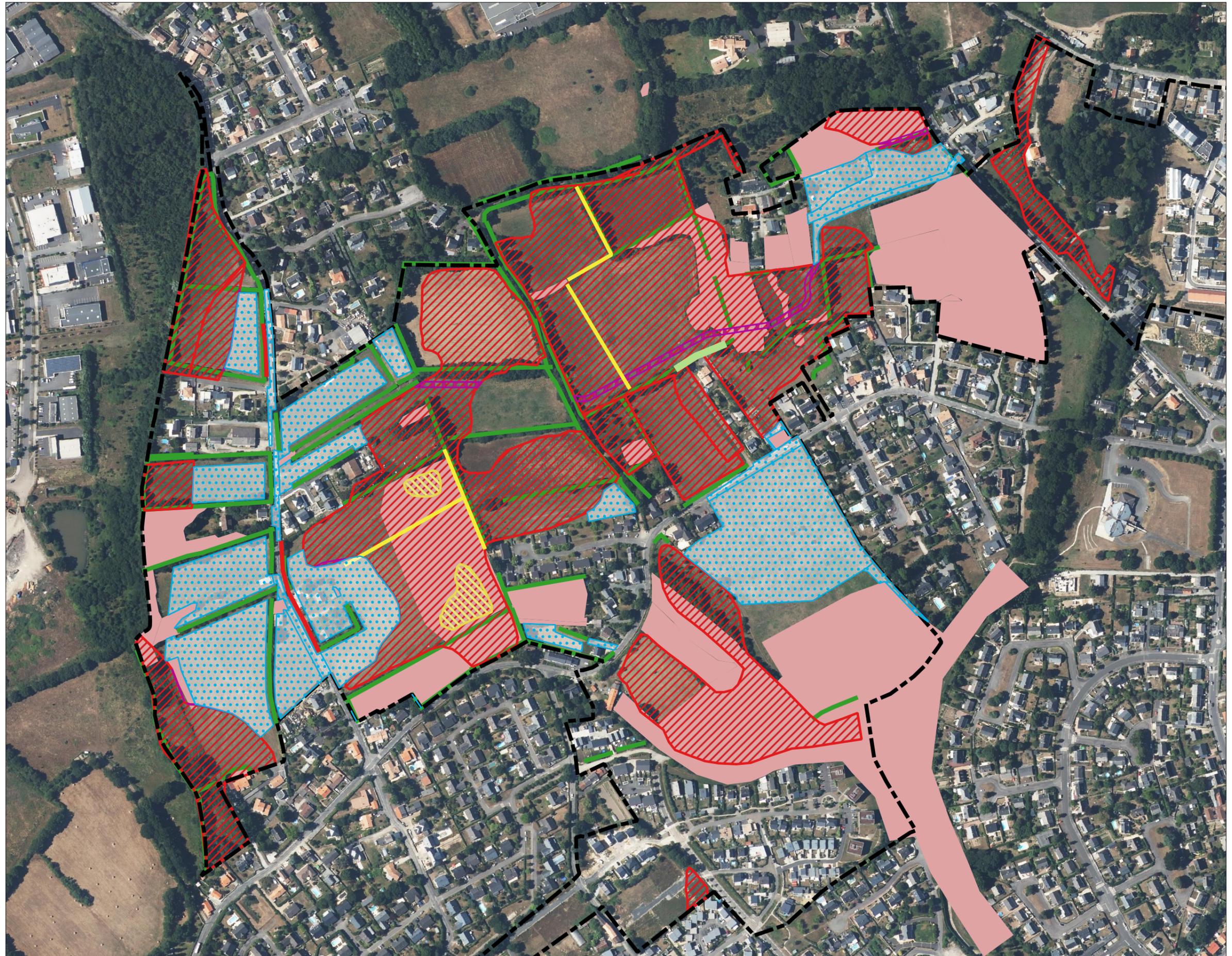




THOUARE-SUR-LOIRE (LOIRE-ATLANTIQUE)  emprise de la prescription  
ZAC des 2 Ruisseaux - Tranche 3  
annexe à l'arrêté n°2024-572

28 AOUT 2024

-  Périmètre de ZAC
-  Secteurs à enjeux (habitat, faune, flore) à ne pas investiguer
-  Haies existantes conservées à ne pas investiguer
-  Zones humides impactées par un confortement de haie à ne pas investiguer
-  Zones Humides préservées à ne pas investiguer
-  Zones humides impactées par des aménagements légers (sans fondation) à ne pas investiguer
-  Mesures compensatoires Zones Humides à ne pas investiguer
-  Zones concernées par un aménagement pouvant être investiguées





[www.sce.fr](http://www.sce.fr)  
GROUPE KERAN