

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE

**Nouvel aéroport de Mayotte doté d'une piste longue
adaptée aux vols long-courrier**

Site d'extraction de matériaux Mlima Mahojani
Etude géotechnique - Mission G2-PRO



Cahier des clauses techniques particulières

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - GENERALITES	5
1.1. Objet de la mission	5
1.2. Consistance générale des prestations	5
1.3. Données Générales	6
1.4. Contexte général de l'étude	7
1.5. Contraintes générales d'exécution	8
1.6. Contraintes particulières et obligatoires d'exécution	8
1.7. Préparation et management des missions	9
1.8. Plan d'assurance qualité - Documents d'exécution	10
1.9. Responsabilités	11
CHAPITRE 2 - DÉFINITION DES MISSIONS ET PRESTATIONS A RÉALISER	12
2.1. Présentation du site et des études antérieures	12
2.2. Nomenclature – Identification des investigations	12
2.3. Organisation générale de la mission	12
2.4. Programme des reconnaissances et essais	12
2.5. Contenu des études et rendu des livrable	14
CHAPITRE 3 - MODE D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS	16
3.1. Opérations préalables aux campagnes de reconnaissance	16
3.2. Géophysique	16
3.3. Réalisation et reprise des pistes d'accès	19
3.4. Amenée / repli du personnel et du matériel de sondage	21
3.5. Mise en station atelier de sondage	21
3.6. Forages mécaniques	21
3.7. Essais in situ	25
3.8. Essais en laboratoire	26
3.9. Remise en état des lieux	28
CHAPITRE 4 – SUIVI ET CONTRÔLE DES PRESTATIONS	29
4.1. Suivi des prestations	29
4.2. Contrôle des prestations	29
Annexe 1 : Plan d'implantation des pistes, sondages et dispositifs sismique réfraction	30

Le présent cahier des clauses techniques particulières a pour objet de définir la mission du titulaire, la nature et l'étendue des besoins à satisfaire dans le cadre du présent marché.

Il indique la définition des conditions d'exécution des études ainsi que les dossiers et documents qui doivent être établis et fournis.

Dans la suite du document, le titulaire du présent marché sera désigné par « le titulaire ».

CHAPITRE 1 - GENERALITES

1.1. Objet de la mission

La mission géotechnique G2 PRO relative au site d'extraction de matériaux Mlima Mahojani a pour objet la réalisation des études permettant :

- de quantifier et qualifier les sources de gisements de matériaux mobilisables pour répondre au projet de construction du nouvel aéroport de Mayotte doté d'une piste longue ;
- de définir les conditions d'extraction et de production des matériaux ;
- de définir l'emprise et la géométrie du gisement à exploiter.

La description des prestations, leurs spécifications techniques ainsi que la référence des normes applicables figurent dans le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Le ou les lieux d'exécution des prestations sont les suivants : communes de Bandraboua, d'Acoua et de M'Tsangamouji (Grande Terre).

Le C.C.T.P. comprend 4 chapitres :

- **Chapitre 1 : Généralités** (présent chapitre)
- **Chapitre 2 : Définition des missions et prestation à réaliser**
- **Chapitre 3 : Mode d'exécution des prestations**
- **Chapitre 4 : Suivi et contrôle des prestations**

1.2. Consistance générale des prestations

1.2.1. Prestations comprises dans le marché

Les prestations de la présente mission comprennent notamment :

- le management et la préparation de la mission,
- l'analyse et l'appropriation des études antérieures (G2 AVP) y compris l'analyse des reconnaissances existantes sur le site,
- les opérations préalables aux reconnaissances et la préparation des investigations (y compris les démarches et autorisations nécessaires auprès des propriétaires publics et privés pour accéder à chaque site de reconnaissance,...)
- l'exécution du programme d'investigations géophysiques (sismique réfraction sur terre avec interprétation MASW, microsismique, ...),
- la réalisation et la reprise des pistes d'accès permettant d'acheminer les moyens humains et matériels nécessaires à la réalisation du programme de sondages,
- l'exécution du programme de sondages défini dans le présent CCTP (y compris l'amenée / repli des matériels sur le site, la mise en station pour chaque point de sondage, la fourniture et la pose de tubes piézométriques ouverts ainsi que leur équipement à l'aide de sondes piézométriques avec enregistrement continu, la remise en état des sites...),
- l'exécution des essais in situ ainsi que le suivi continu des niveaux piézométriques,
- l'exécution du programme d'essais en laboratoire défini dans le présent CCTP et le DQE,
- l'étude de traitement des sols issus des matériaux de découverte (GTS 2000 et NF P 94-102-1&2),
- la production du rapport G2 PRO associé aux prestations définies dans le présent CCTP,
- l'ensemble des prestations décrites dans le présent CCTP et toutes sujétions nécessaires à la bonne exécution des prestations.

Commenté [NH1]: A confirmer avec Cerema

Les modes d'exécution des investigations de terrain et essais en laboratoire sont définis au chapitre 3 du présent CCTP.

Les prestations devront être exécutées en parfaite conformité avec la réglementation en vigueur et être adaptées aux contextes des opérations à traiter : caractéristiques des projets et de leurs sites, natures et amplitudes des travaux envisagés, contextes administratifs dans lesquels ils devront être réalisés.

Il reviendra au titulaire de prévoir l'ensemble des dispositions et prestations que la réglementation exige au regard des caractéristiques de l'opération, que ces dispositions et prestations soient expressément écrites dans le marché ou qu'elles ne le soient pas. Il tiendra informé le maître d'ouvrage de toute évolution ou oubli éventuel.

D'une manière générale, l'entreprise comprend toutes les prestations, fournitures et mises en œuvre nécessaires à la complète réalisation des prestations objets du présent marché, ainsi que la remise en état des lieux mis à la disposition du titulaire ou modifiés par le déroulement des prestations.

1.2.2. Prestations non comprises dans le marché

Le maître d'ouvrage fournira au titulaire l'identification des propriétaires fonciers publics ou privés connus pour les parcelles susceptibles d'être impactées par le programme des prestations.

Il communiquera au titulaire, pour chaque site géographique à investiguer, un arrêté préfectoral portant droit d'occupation temporaire de terrains en vue de réaliser les investigations dans le cadre de l'opération.

Toutes les démarches complémentaires (affichage de l'arrêté en mairie, notification de l'accès à la propriété à chaque propriétaire dans les conditions fixées par l'arrêté...) sont à la charge du titulaire.

1.3. Données Générales

1.3.1. Planimétrie et altimétrie

Les points des différents sondages et essais in situ sont repérés en coordonnées rattachées au système RGM23 (X,Y) et l'altitude (Z) en mètres N.G.M.

1.3.2. Normes applicables et textes de référence

Le présent CCTP précise et complète les spécifications du Cahier des Clauses Techniques Générales (C.C.T.G.), ainsi que celles des normes applicables pour les prestations concernées.

L'ensemble de ces spécifications (documents généraux, normes, présentes clauses techniques particulières) sont contractuellement opposables dans le cadre du présent marché, sauf dérogation ou adaptation prévue dans le CCAP ou le présent CCTP.

Les prestations de sondages, les essais in situ, les essais en travaux et les investigations géophysiques sont exécutés par ordre décroissant de priorité d'application conformément :

- aux normes européennes,
- aux normes et projets de normes françaises AFNOR,
- aux méthodes d'essais LCPC,
- au Code de Bonne Pratique de Géophysique Appliquée (mars 1992), diffusé par l'UFG (Union Française des Géologues), dénommé ci-après « Code de bonne pratique ».

1.4. Contexte général de l'étude

1.4.1. Présentation de l'opération

La desserte aérienne de Mayotte joue un rôle majeur en termes de continuité territoriale pour ce département isolé dans l'Océan Indien, à 1 400 km du territoire français le plus proche (Île de la Réunion) et à 8 000 km de la métropole. Implanté en Petite Terre sur la commune de Pamandzi, l'aéroport Mayotte Marcel Henry présente d'importantes contraintes notamment sa sensibilité aux risques naturels, la longueur de sa piste et la présence d'obstacles environnants qui génèrent des restrictions d'exploitation.

Adaptée aux vols long-courriers et de grande capacité, la piste longue de Mayotte doit permettre d'améliorer et fiabiliser durablement la desserte de l'archipel permettant notamment des vols directs vers la métropole par tout temps.

Le débat public de 2011 avait acté le bien fondé d'une piste longue pour améliorer la desserte aérienne de Mayotte et favoriser son développement économique. En mai 2012, l'État avait décidé de poursuivre le projet sur le site de l'aéroport actuel sur la base de deux scénarios de piste convergente.

En juin 2013, les conclusions de la commission « Mobilité21 » et relatives aux infrastructures de transports classaient ce projet dans la catégorie des projets les plus lointains, marquant ainsi l'arrêt des études en cours.

Suite aux annonces du Président de la République lors de sa visite à Mayotte en octobre 2019, les études sont relancées et aboutissent, en septembre 2022, avec le choix d'un scénario d'aménagement visant à construire une nouvelle piste convergente de 2600 mètres s'appuyant sur l'extrémité sud de la piste actuelle.

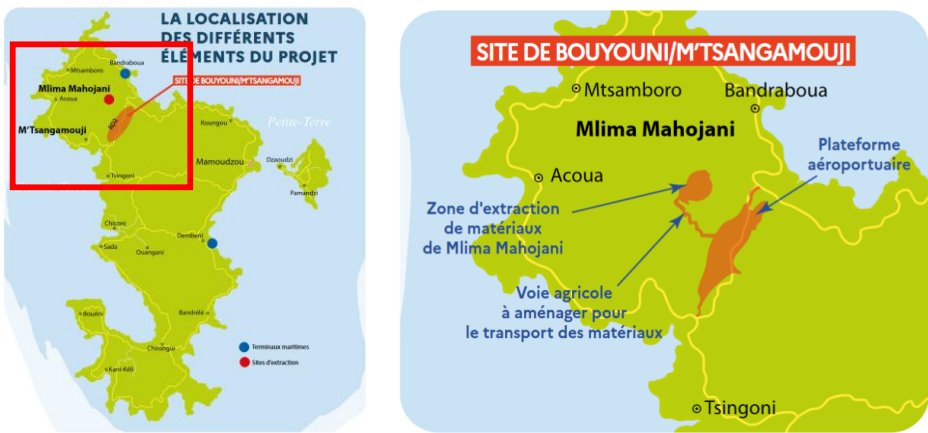
En 2022, afin de consolider la justification du site retenu pour la piste longue, une nouvelle analyse des sites d'implantation possible du projet est engagée. Elle permet d'identifier un site alternatif en Grande Terre dans le secteur de Bouyouuni / M'Tsangamouji.

Sur la période 2023/2024, des études complémentaires sont menées dans la perspective d'une comparaison des scénarios d'implantation de l'ouvrage sur les sites de Petite Terre et Grande Terre. Elles comprennent notamment les études préliminaires du site identifié en Grande Terre et des compléments d'étude relatives aux infrastructures routières et portuaires nécessaires à la production et l'acheminement de matériaux dans le cadre du scénario de Petite Terre.

La loi n°2025-797 du 11 août 2025 de programmation pour la refondation de Mayotte ouvre une nouvelle étape majeure pour la desserte aérienne de Mayotte. Le rapport annexé à la loi présente un programme d'investissements prioritaires dans les infrastructures essentielles afin de soutenir les ambitions de la refondation. C'est dans ce cadre, et afin de garantir le désenclavement de Mayotte et favoriser le développement économique, que l'État s'engage dans la réalisation d'un nouvel aéroport doté d'une piste longue, dont l'implantation est envisagée en Grande Terre.

A l'issue de la consultation de public du 2 septembre au 3 octobre 2025 qui viendra clore la concertation continue post débat public et du bilan de la garante CNDP, l'État maître d'ouvrage, indiquera les enseignements qu'il tire et arrêtera les principes et les conditions de poursuite du projet avec l'objectif d'un début de réalisation dès 2027.

1.4.2. Localisation de la zone d'étude



1.4.3. Rappel des études géologiques et géotechniques antérieures

Les sites d'étude ont fait l'objet d'études antérieures qui seront fournies au titulaire. Les principales références sont données ci-dessous :

- 2002 Rapport BRGM RP-51723-FR « Schéma des carrières de Mayotte »,
- 2019 Rapport BRGM RP-68743-FR « Recherche de nouveaux gisements pour la production de granulats à Mayotte »,
- 2021 Rapport Cerema « Études des ressources disponibles »
- 2022 Avis d'expert Cerema relatif aux contraintes géologiques et de terrassement pour le site Bouyouni / M'Tsangamouji
- 2024 Rapport GEOLITHE « Étude géotechnique G1 ES/PGC site de Bouyouni / M'Tsangamouji indice D »
- 2025 Rapport GEOLITHE « Étude géotechnique G2 AVP site de Mlima Mahojani indice B »
- 2025 Rapport GEOTEC « Étude G1 ES-PGC ouvrage d'art PI RD2 »

1.5. Contraintes générales d'exécution

1.5.1. Calendrier général de l'opération et délais d'exécution du marché

Afin de respecter les échéances sur lesquelles le maître d'ouvrage est engagé, le calendrier général de l'opération contraint fortement certaines phases d'études parmi lesquelles les études d'ingénierie géotechnique.

Le respect des délais fixés dans l'acte d'engagement et son annexe, le programme des reconnaissances définies dans le présent CCTP et les difficultés d'accès au site nécessitent le déploiement par le titulaire de moyens humains et matériels adéquats (ateliers de terrassement pour les pistes d'accès et ateliers de sondages notamment).

Également, les délais transitaires pour l'acheminement maritimes d'échantillons pour les essais en laboratoire de Mayotte vers la Réunion / ou de Mayotte vers la métropole sont susceptibles d'impacter fortement le calendrier.

Le titulaire proposera dans son offre des mesures permettant d'optimiser les délais de traitement des essais en laboratoire (déploiement d'un laboratoire sur site, acheminement des échantillons par voie aérienne et l'obtention préalable des autorisations nécessaires (certificat sanitaire...)).

1.5.2. Autres contraintes

Les interdictions ou prescriptions réglementaires diverses, prises à titre temporaire ou définitif par les collectivités publiques (conseil départemental, communes, ...) ou des tiers privés auxquelles le titulaire sera tenu de se soumettre, et ce, sans possibilité de recours auprès du maître d'ouvrage.

1.6. Contraintes particulières et obligatoires d'exécution

1.6.1. Accès aux sites d'investigations

Le titulaire est tenu de se conformer aux différentes prescriptions telles que les cheminements et l'implantation des sondages dans la parcelle.

Néanmoins pour le présent site très escarpés de Mlima Mahojani, le titulaire s'appuiera sur les études antérieures et les reconnaissances géophysiques de terrain réalisées au début de la mission pour proposer des adaptations de tracé de piste au maître d'ouvrage.

En cas de difficultés particulières, le titulaire est tenu d'informer immédiatement le maître d'ouvrage. Il est formellement interdit au titulaire d'entamer toute négociation pouvant engager le maître d'ouvrage, à quelque titre que ce soit, avec les collectivités, les propriétaires et les exploitants.

A l'issue de chaque reconnaissance de site et préalablement aux investigations, le titulaire est tenu de produire un constat contradictoire d'état des lieux avant travaux en présence de l'AMO foncier et du/des propriétaire(s) / exploitant(s) comprenant un inventaire des cultures impactées ainsi qu'un reportage photo du site investigué. Ce document servira notamment de référence pour l'évaluation des éventuelles cultures impactées.

Le titulaire est tenu de participer aux formalités préalables à toute pénétration dans les terrains privés. Par ailleurs, il a à sa charge :

- les déclarations d'intention de commencement des travaux,
- la mise en œuvre des prescriptions définies dans les arrêtés préfectoraux l'autorisant à réaliser des investigations sur des parcelles publiques ou privées notamment l'information préalable des propriétaires et l'affichage de l'arrêté en mairie,
- de dresser les plans de signalisation de chantier conformément à la réglementation,
- les déclarations au titre du code minier,

Par ailleurs, le donneur d'ordre ou son assistant à maîtrise d'ouvrage communiquera au titulaire les sujétions connues telles que la réglementation particulière sur site, les horaires particuliers, les conditions d'accès, la ou les personnes à contacter.

1.6.2. Contraintes relatives à l'hygiène et la sécurité

Le titulaire est tenu de prendre toutes les mesures de sécurité et d'hygiène que le chantier nécessite vis-à-vis du personnel et des usagers, conformément à la réglementation en vigueur.

Il est tenu de mettre en œuvre sur le chantier le matériel, d'utiliser les méthodes et de prendre toutes les dispositions nécessaires pour satisfaire aux dispositions particulières de sécurité.

1.6.3. Fourniture et approvisionnement d'eau

La fourniture et l'approvisionnement en eau sont inclus dans le prix des différents types de forage au mètre linéaire. Les autorisations préalables sont à la charge du titulaire.

1.6.4. Sujétions résultant de la protection de l'environnement et de la gestion des déchets

Le titulaire doit veiller à ne provoquer aucune pollution accidentelle des eaux souterraines et superficielles.

Les peines prévues par la réglementation générale et en particulier la loi sur l'eau incomberont totalement au titulaire.

1.7. Préparation et management des missions

La préparation et le management des missions comprend toutes les démarches, prestations et fournitures qui concourent à l'organisation, à la préparation et au management des missions définies dans le présent CCTP, notamment :

- les démarches auprès des administrations, collectivités, concessionnaires, exploitants... afin d'obtenir les autorisations préalables au démarrage des investigations de terrain (Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux, le repérage et le piquetage des différents réseaux, demandes d'arrêtés de circulation, autorisations au regard de l'environnement, autorisations spécifiques dans l'environnement des aéroports...),
- les démarches à engager auprès des propriétaires, des exploitants agricoles afin d'obtenir leur accord, les démarches d'information, de notification et de publicité avant toute intervention sur une parcelle privée,
- la prise en compte des contraintes définies au 1.5 et au 1.6 du présent CCTP,
- la réalisation du Plan d'Assurance de la Qualité (PAQ) défini au 1.8 du présent CCTP et les frais de gestion du contrôle de la qualité,
- les frais de gestion et de contrôle des dispositions relatives à la sécurité des biens et des personnes,
- les frais de gestion et de contrôle des dispositions relatives à la préservation de l'environnement,
- les sujétions pour validation par le maître d'œuvre de l'adaptation de l'implantation des reconnaissances en fonction des conditions d'accès et / ou de la présence de réseaux,
- les déplacements spécifiques de personnels et matériels (hors amenée / repli prévus au chapitre 3)
- les visites préalables et travaux préparatoires à l'établissement du projet ;
- la fourniture et l'approvisionnement en fluides (inclus dans le prix des différents types de forage au mètre linéaire) ;
- les frais de gestion et de coordination du chantier,

- la tenue d'un journal de chantier mis à jour hebdomadairement et permettant de suivre l'avancement des investigations, les relevés météorologiques quotidiens, les événements particuliers...
- les frais généraux (secrétariat, marge,...)
- toutes sujétions nécessaires à la bonne exécution des prestations prévues dans le présent CCTP.

1.8. Plan d'assurance qualité - Documents d'exécution

Le prestataire présentera le plan assurance qualité (PAQ) qu'il compte mettre en œuvre à tous les stades d'élaboration des missions prévues au titre du marché.

Il s'assurera de la traçabilité des contacts établis sur le terrain (administrations, chambres consulaires, associations, services techniques, élus...).

Il informera le maître d'ouvrage avant toute prise de contact, en particulier avec les élus. Il précisera ses procédures de contrôle.

Dans son Schéma Organisationnel d'un Plan Assurance Qualité (SOPAQ), le titulaire présentera notamment les principes permettant d'assurer la qualité des prestations à exécuter :

1. Organisation du groupement
 - a) Parties prenantes : titulaire, co-traitant(s), sous-traitant(s), fournisseurs(s)
 - b) Direction de projet et équipe projet (organigramme)

Désigné par le titulaire du marché, le directeur de projet sera l'unique interlocuteur du maître d'ouvrage et devra impérativement être présent à chaque réunion sous peine de pénalités.

Il aura un rôle transversal entre les différents intervenants, y compris pour les études réalisées en dehors du présent marché (études DGAC, expertises Cerema, études techniques et environnementales notamment...).

Animateur de l'équipe projet, le directeur de projet aura donc une fonction de généraliste et de coordonnateur.

Il devra, pour cela, mobiliser une équipe susceptible d'apporter les valeurs ajoutées et compléments nécessaires à la réalisation, dans les règles de l'art, de l'ensemble des prestations, en couvrant toutes les compétences attendues pour mener à bien les prestations.

Le titulaire s'engage à ce que les personnes citées dans son offre soient celles qui interviendront sur les prestations.

Si un changement devait intervenir avant le commencement des prestations ou en cours d'étude, le prestataire soumettra une demande spécifique à la maîtrise d'ouvrage sur ces nouveaux moyens humains.

2. Organisation des moyens
 - a) Moyens humains
 - Organigramme des personnels affectés à l'opération accompagné de leurs qualifications
 - Description de la répartition des tâches
 - Description des mesures prises permettant de garantir la coordination des prestations et le respect des échéances calendaires
 - b) Moyens matériels
 - Liste des moyens matériels déployés pour le lot considéré permettant de maîtriser l'exécution et assurer l'autocontrôle et le contrôle interne des prestations
 - c) Méthodes
 - Identification des tâches (opérations) et des points sensibles (points critiques et points d'arrêts)
 - Dispositions proposées par l'entreprise pour traiter les risques et notamment maîtriser les délais (nombre d'atelier(s) mobilisé(s) pour les terrassements et les sondages, modalités de réalisation des essais en laboratoire et modalités d'acheminement des prélèvements...)
 - Liste des procédures à fournir dans le cadre du PAQ

Le PAQ comprendra au moins les procédures suivantes (liste non exhaustive) : réalisation et reprise des pistes d'accès, reconnaissances géophysiques (sismique réfraction, imagerie de paroi et micro-sismique), sondages destructifs, sondages carottés, essais laboratoires (organisation générale, modalités acheminement échantillons intacts, mode opératoire...), pose et suivi des piézomètres...

3. Engagements qualité
 - a) Gestion documentaire
 - b) Gestion des contrôles
 - Organisation des contrôles (investigations de terrain, essais laboratoires, circuit de validation des documents et de communication des éléments en cours d'études...)
 - Plan de contrôle interne / externe
 - Actions spécifiques
 - c) Respect du phasage et du calendrier

Le plan d'assurance qualité prévoira la production et la mise à jour d'un calendrier des études relatives au présent marché. Ce calendrier comprendra notamment :

- *un calendrier détaillé indiquant notamment le nombre d'ateliers (terrassement, sondage) mobilisés*
- *un échéancier des rendus des livrables*

Afin de permettre aux différentes équipes du Cerema d'assurer le suivi des reconnaissances, la réalisation des reconnaissances géophysiques, ainsi que la réalisation des diagraphies de sondage, le titulaire remettra au maître d'ouvrage un planning prévisionnel d'exécution du chantier et le préviendra, au moins, deux semaines à l'avance des sondages prévus

- d) Gestion des interfaces

Le plan d'assurance qualité (PAQ) sera établi sur la base du SOPAQ.

1.9. Responsabilités

Le Titulaire fournit au Maître d'Ouvrage une définition des itinéraires d'accès qui lui sont nécessaires pour chaque site de sondages.

Il est responsable de toute détérioration et des dégâts éventuels apportés de son fait hors des emprises mises à sa disposition.

Le Maître d'Œuvre se renseignera auprès des services de l'État (DEALM) sur l'existence d'ouvrages aériens ou souterrains afin de tenir compte des contraintes de proximité des ouvrages existants dans l'élaboration du programme de sondages.

La recherche de conduites souterraines (eau, gaz, électricité, téléphone, pipe-line, etc.) dans les zones de proximité incombe au Titulaire qui prendra à sa charge les D.I.C.T. (Déclarations d'Intention de Commencer les Travaux) et en rendra compte au Maître d'Ouvrage avant de commencer les travaux. Il sera responsable de toute détérioration apportée à ces installations.

Le Titulaire prend à sa charge la déclaration des sondages, conformément à l'article 131 du Code Minier, auprès de la :

Direction l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement et de la Mer de Mayotte
Service Environnement et Prévention des Risques
BP109 97600 MAMOUDZOU

Une copie des déclarations à la DEALM sera transmise au Maître d'Ouvrage.

CHAPITRE 2 - DÉFINITION DES MISSIONS ET PRESTATIONS A RÉALISER

2.1. Présentation du site et des études antérieures

Le site, très escarpé (sommet à 270 m NGM), est décrit dans la carte géologique du BRGM et le document BRGM RP-68743-FR cité au §1.4.3 du chapitre 1 du CCTP.

Le site a fait l'objet d'une étude G2 AVP référencée :

- 2025 Rapport GEOLITHE « Étude géotechnique G2 AVP site de Mlima Mahojani indice B »

2.2. Nomenclature – Identification des investigations

La nomenclature pour l'identification des sondages est la suivante :

	Identif.	Intitulé
Site Année	M27	Site Mlima Mahojani
Investigations	SC	Sondage carotté
	FDSC	Forage destructif sondage carotté
	DS	Dispositif sismique réfraction
Numéro	01, 02, ...	

Exemple : M27_DS01

2.3. Organisation générale de la mission

L'étude de niveau G2 PRO sera réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF P 94-500 sera organisée selon le phasage suivant :

1. Lors de la période de préparation, le titulaire devra :
 - analyser les documents existants (G2 AVP), et évaluer une proposition préliminaire de géométrie d'extraction maximisant les ressources et intégrant les contraintes du site,
 - s'approprier le programme de reconnaissances et implanter les sondages et/ou proposer des adaptations/compléments en fonction de son analyse précédente et de sa connaissance du site qu'il soumettra au Maître d'ouvrage pour validation,
2. Réalisation :
 - de la géophysique par sismique réfraction,
 - des sondages implantés au préalable par le titulaire et complétés, le cas échéant, par la sismique réfraction,
 - ensuite des essais sur échantillon selon le programme validé par la maîtrise d'ouvrage,
3. Analyse des reconnaissances, constitution et fiabilisation du modèle géotechnique et notamment production de profils en long et de profils en travers géotechniques caractéristiques,
4. Synthèse des résultats et interprétations en termes de volumes par classe de matériaux de terrassement et de leur potentielle utilisation par catégorie d'ouvrage (« remblais courant », « couche de forme », « granulat », « enrochement ») ainsi que les volumes de matériaux stériles ou non valorisables. Une proposition de géométrie d'exploitation et volumes correspondant visant une maximisation des ressources.

2.4. Programme des reconnaissances et essais

2.4.1. Reconnaissances géophysiques

Le programme comprend :

- 44 profils sismiques d'une longueur minimale de 120 mètres,
- la réalisation de diagraphie microsismique dans les sondages carottés hors couverture de terrain,
- la réalisation d'imagerie de paroi sur les parties rocheuses des sondages carottés (BHTV+ OPTV) (i.e. hors couverture de terrain).

2.4.2. Reconnaissances par sondages et essais

Le programme comprend :

- 3 sondages destructifs de 50 à 70 m de profondeur (M27-FDSC02/04/20) permettant d'atteindre la cote de sondages carottés situés à proximité et réalisés lors des investigations précédentes de niveau G2 AVP. Ces sondages sont ensuite poursuivis en sondages carottés,
- 20 sondages carottés jusqu'à 110 mètres de profondeur permettant d'atteindre la cote 150 m NGM, Soit 170 m de forages destructifs, 1 100 m de carottage et 700 m de piézomètres.

Le programme d'essais est basé sur des identifications GTR (sol ou roche) tous les 4 m environ.

Il est prévu à ce stade 69 identifications « sol » (granulométrie + VBs ou limite d'Atterberg) et 92 identifications « roche » (Densité + LA + MDE + FR+ DG) et 200 identifications méca roche (Rc + Vitesse sur échantillon).

Il est également prévu des caractérisation pétrographiques / minéralogiques sur lames minces afin de pouvoir distinguer les basaltes des phonolites.

Les études d'aptitude au traitement des matériaux de découverte seront menées selon la norme NF P 94-100 et le tableau C1-IV du GTS.

Les implantations sont données à titre indicatif et pourront être ajustées en fonction des interprétations géophysiques et de la création des accès aux points de sondages.

2.4.3. Etude de traitement des sols issus des matériaux de découverte

L'étude de traitement des sols sera de niveau 2 selon le GTS (tableau A-II p 29). Compte tenu de l'objectif de valorisation en base de remblai de grande hauteur il sera considéré un besoin de performance pérenne et élevée de type « Réalisation des parties basses des hauts remblais » (partie B.2 du GTS).

Son objectif est de fournir les éléments aboutissant au prédimensionnement technique et économique du projet.

Elle comprend l'ensemble des essais et analyses nécessaires à une étude de formulation pour préciser la nature des produits de traitement et les dosages à retenir.

Les phases de cette étude sont :

1. L'étude de la qualification des matériaux à traiter (GTS §A 3.2.1) identification des matériaux, localisation et estimation des quantités puis définition des échantillons soumis à l'étude de formulation. Une validation du maître d'ouvrage est nécessaire à la fin de cette phase.
2. L'étude de formulation proprement dite (GTS §B.2.3) comprenant :
 - une analyse des ressources (produits de traitement) mobilisables pour le projet,
 - l'identification des produits de traitement (pour la chaux, teneur en chaux libre et réactivité) et la vérification de l'aptitude au traitement (GTS §C1-3-2).
 - L'analyse du comportement des sols avec la chaux sera testée par l'essai de point de fixation de la chaux (« essai pH »).
 - les caractéristiques de mise en œuvre des mélanges à partir de l'essai Proctor normal avec mesure d'IPI et le délai de maniabilité (NF P 98-231-5 et 6)
 - l'étude des performances mécaniques (IPI, ICBRI; Rc à 7 et 28 j, Rit à 28 j)
 - les essais de résistance à l'immersion au jeune âge (essais à 60 j Rc28+32i et Rc60)
 - les essais de performance à long terme (essais à 90 j Rit, E) intégrant également des essais de laboratoire permettant d'évaluer les caractéristiques de résistance au cisaillement (c' , ϕ') des sols traités.

Pour chaque sol, il est prévu un test d'aptitude sur deux produits de traitement (chaux seule ou liant hydraulique (ciment seul ou mixte ciment-chaux voire chaux hydraulique naturelle)) chacun à trois teneurs en liant. Le choix du liant testé devra tenir compte des produits potentiellement disponibles sur site et du sourcing réalisé par le titulaire. Il sera soumis à l'approbation du Maître d'œuvre.

L'eau utilisée pour la fabrication des éprouvettes devra être de qualité similaire à celle disponible sur ou à proximité du projet.

Le titulaire devra assurer la conservation des éprouvettes de sol traité à différents âges et conditions d'humidité et à 20°C de température :

- 90 jours (essais E/Rt),
- 7, 28, 60 jours à 90% d'hygrométrie minimum pour essais Rc
- 28 j à 90% hygrométrie puis 32 j immersion pour essais Rc

A l'issue de cette phase l'étude des performances sera réalisée sur les deux liants et pour chacun il sera établi un graphique d'évolution des performances (Rc, Rt) en fonction du dosage (ex fig B-1 du GTS pour IPI).

Les conditions d'essais sont celle du tableau B-VIII du GTS, pour les valeurs IPI, ICBRI, Rc auxquelles on ajoutera les essais Rit afin mieux contraindre la transposition en caractéristiques mécaniques pour la vérification de la stabilité (évaluation de mécanique des sols).

Commenté [NH2]: Reprise du CCTP fascicule C du lot 2
Bouyouini
=> voir avec Cerema

2.5. Contenu des études et rendu des livrable

L'étude d'ingénierie géotechnique G2 PRO porte sur les problématiques suivantes :

- ressources en matériaux ;
- terrassement et ouvrages en terre ;
- stabilité des déblais et optimisation du gisement.

Les éléments relatifs aux problématiques de terrassement sont les suivants :

- les sujétions techniques d'exploitation (moyens d'extraction des matériaux) ;
- réutilisation des matériaux, valorisations possibles des sols meubles (y compris traitement), et rocheux (y/c en couche de forme, en granulats pour chaussées ou béton et enrochements) ;
- traficabilité des formations terrassées par le projet ;
- stabilité des ouvrages en terre, talus de déblais, pente de talus ;
- emprise et géométrie du site d'extraction.

Pour chaque zone susceptible d'être exploitée pour fournir des matériaux, le titulaire évaluera sur la base de l'ensemble des données disponibles (études antérieures G2 AVP) :

- les valeurs seuils entre classes de matériaux (« remblais courants », « granulats », « enrochements ») ;
- la répartition de la blocométrie in-situ des zones de roches massives (IBSD, Rock Manual CETMEF 2009) à partir des données de fracturation en forage, des investigations microsismiques et des scan lines ;
- les volumes exploitables dans chaque classe, selon deux hypothèses de pente de talus et de plancher d'exploitation.
- la stabilité des ouvrages en terre, talus de déblais, pente de talus,
- les reculs nécessaires par rapport aux entrées en terre et besoins annexes de type merlon phonique ou paysagers etc...
- une proposition de géométrie d'exploitation et volumes correspondant visant une maximisation des ressources ;
- les préconisations et dispositions adaptées à la gestion et évacuation des eaux dans le gisement.

Le rapport d'étude G2 PRO devra inclure, dans un même document l'ensemble des cartographies, coupes géophysiques et coupes géotechniques présentant l'ensemble des sondages (y compris sondages d'archive et investigations géophysiques), des PV d'essais et leur analyse.

Certains éléments devront être transmis par ailleurs au maître d'ouvrage :

- coupes sondeurs au format .pdf,
- mesures de diagraphies au format PDF et tableur
- mesures géophysiques TRE dans un format compatible RESINV2D (geotomo)

Le rapport et/ou ses annexes devront impérativement, présenter un report en plan des relevés géologiques et des investigations réalisées (sondages et géophysique y/c éléments d'archives) ainsi qu'un profil en long et des profils en travers géotechniques (éventuellement biais par rapport au projet si utile), reprenant l'ensemble des investigations réalisées et délimitant spatialement les ensembles homogènes.

Ces documents auront une échelle adaptée au niveau d'étude et à l'extension de la zone d'étude.

Pour chaque restitution finale, les documents sont fournis en :

- 1 exemplaire électronique au format pdf et présentant une bonne qualité des objets graphiques et assimilés.

CHAPITRE 3 - MODE D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

3.1. Opérations préalables aux campagnes de reconnaissance

Préalablement aux investigations, le titulaire organise une reconnaissance des points de sondages envisagés avec un représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre. Cette reconnaissance permettra entre autres :

- d'établir les constats contradictoires d'états des lieux avant et après travaux avec les propriétaires et/ou exploitants,
- de valider les implantations envisagées et les cheminements d'accès aux différents sites. A cet effet, le titulaire doit tenir compte des contraintes d'occupation du site, gêner le moins possible les occupants et riverains et limiter les dégâts aux cultures (ces implantations pourront être modifiées en fonction des réseaux rencontrés, en accord avec le représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre),
- Le titulaire fournira, pour chaque site faisant l'objet d'investigations, un plan d'exécution des cheminements d'accès au site et aux différents points de sondage. Ce document sera accompagné d'un avant métré et sera soumis au visa du représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre.
- de déterminer les impacts sur l'environnement et les mesures à prendre en compte en lien avec le prestataire environnement (titulaire d'un marché spécifique) et/ou le maître d'ouvrage.

Le titulaire balise les points des différents sondages et essais in situ par des jalons. Le relevé exact par un géomètre expert des coordonnées rattachées au système RGM23 (X, Y) et de l'altitude (Z) en mètres N.G.M. des têtes de sondages et fouilles est à la charge du titulaire.

La précision demandée est :

- pour les carottages et forages 5 cm en X et Y, et 1 cm en Z ;
- pour les fouilles à la pelle mécanique 1 m en X et Y, et 10 cm en Z ;
- pour les observations géologiques et les lignes géophysiques 3 m en XY et 1 m en Z.

3.2. Géophysique

L'ensemble des prestations géophysiques sont exécutées conformément au « Code de Bonne Pratique du 15 janvier 1992 » établie par l'AGAP qualité et téléchargeable sur le site (<http://www.agapqualite.org/>).

3.2.1. Sismique réfraction

3.2.1.1. Amenée et repli matériel / personnels

L'amenée et le repli sur l'île des personnels et matériels nécessaires à la réalisation des essais géophysiques de type sismique réfraction comprend notamment :

- la fourniture des appareils nécessaires à l'essai,
- la réalisation des opérations de débroussaillage / layonnage nécessaires à la réalisation de chaque profil,
- la mise en place de l'essai, y compris la réalisation de la section d'essai,
- les pertes de temps, liées au déplacement du matériel,
- le dépouillement des données de l'essai,
- l'interprétation des essais en réfraction et MASW,
- la fourniture du rapport d'essai,
- toutes autres sujétions.

Il est prévu une amenée et repli de matériel / personnel pour les investigations géophysiques de type sismique réfraction.

3.2.1.2. Réalisation des essais

Les opérations seront conformes à la fiche "92.1-SIS-24" du guide AGAP.

En absence d'une norme française pour cet essai, il doit être réalisé conformément à la norme américaine ASTM D4428/D4428M-14.

Les sources sismiques utilisées pour les tirs devront être suffisamment énergétiques pour produire un signal exploitable et investiguer avec fiabilité les sols en profondeur.

Compte tenu des contraintes d'acheminement et de mise en œuvre, les sources sismiques de type explosifs (tirs de mine, fusils...) sont à écarter.

Également les sources sismiques légères de type massue ou marteau, peu satisfaisantes pour ce type d'essai et de terrain, sont à proscrire.

Par conséquent, sont à prévoir les sources de type chute de poids supérieur à 60 kg (pouvant être réparti par exemple en 3 x 20 kg) avec une hauteur de chute adaptée ou suffisamment accélérée pour obtenir des signaux suffisamment énergétiques.

La source envisagée par le titulaire fera l'objet d'une justification dans le SOPAQ / PAQ et sera soumis à l'agrément du maître d'œuvre.

Les profils sismiques à réaliser sont localisés sur des terrains pentus.

Les essais de sismique réfraction seront faits, conformément au plan d'implantation des reconnaissances. Les profils sismiques sont de 120 mètres avec 24 traces espacées de 5 mètres.

Pour chaque profil :

- 7 tirs seront réalisés, dont deux tirs offset,
- 1 tir offset sera réalisé à 60 m de chaque extrémité de la flûte,
- Les profils seront exploités en MASW et en réfraction.

Les enregistrements bruts seront fournis sur support informatique dans un format standard, permettant une réinterprétation ultérieure sous Geopsy (.seg2, .bat) de même que les hodochrones.

https://www.geopsy.org/wiki/index.php/Geopsy:_Supported_file_formats

Les investigations géophysiques par sismique réfraction devront être réalisées préalablement aux sondages afin d'optimiser le positionnement des sondages et/ou leur nature.

3.2.2. Imagerie de paroi optique et acoustique (BHTV + OPTV)

3.2.2.1. Amenée et repli matériel / personnels

L'amenée et le repli sur l'île des personnels et matériels nécessaires à la réalisation des essais géophysiques de type imagerie de paroi optique et acoustique (BHTV + OPTV) comprend notamment :

- la fourniture des équipements nécessaires à l'essai,
- la mise en station du matériel,
- l'acquisition des données pendant l'essai,
- l'immobilisation du matériel pendant l'essai,
- les pertes de temps, liées au déplacement du matériel entre essais,
- le dépouillement, le traitement des données et la fourniture du rapport d'essai,
- toutes autres sujétions.

Il est prévu une amenée et repli de matériel / personnel pour les investigations géophysiques de type imagerie de paroi par lot concerné.

3.2.2.2. Imagerie de paroi optique et acoustique (BHTV + OPTV)

Les imageries soniques de paroi et imageries optiques de haute résolution doivent permettre de produire des images continues haute résolution (ultrasoniques et optiques) et orientées des parois des forages concernés par la réalisation de ces essais.

3.2.3. Diagraphie microsismique

3.2.3.1. Amenée et repli matériel / personnels

L'amenée et le repli sur l'île des personnels et matériels nécessaires à la réalisation des diagraphies microsismique en forage, comprend notamment :

- la fourniture des équipements nécessaires à l'essai,
- la mise en station du matériel,
- l'acquisition des données pendant l'essai,
- l'immobilisation du matériel pendant l'essai,
- les pertes de temps, liées au déplacement du matériel entre essais,
- le dépouillement, le traitement des données et la fourniture du rapport d'essai,
- toutes autres sujétions.

Il est prévu une amenée et repli de matériel / personnel pour les investigations de diagraphie microsismique à réaliser.

3.2.3.2. Mesures microsismiques

Les prestations comprennent la réalisation de mesures de diagraphie microsismique dans les forages réalisés dans le cadre du présent marché.

Pour les forages mixtes destructif + carotté, les mesures seront réalisées sur la totalité des forages.

Le titulaire assurera l'acquisition, le traitement et l'interprétation des signaux microsismiques afin de caractériser les propriétés mécaniques du massif. Les dispositifs de mesure devront permettre un enregistrement multiparamétrique (vitesse de propagation, atténuation, anisotropie) avec une précision compatible avec les exigences géotechniques du projet.

Les données brutes et interprétées seront livrées sous format numérique standard, accompagnées d'un rapport méthodologique détaillant les conditions d'acquisition et de calibration des capteurs.

3.3. Réalisation et reprise des pistes d'accès

Deux pistes forestières permettent d'accéder au sud et à l'est du Mlima Mahojani depuis la RD2. Ce sont les accès à privilégier. Une troisième piste permet d'accéder au nord du Mlima Mahojani depuis la retenue collinaire de Dzoumonié.

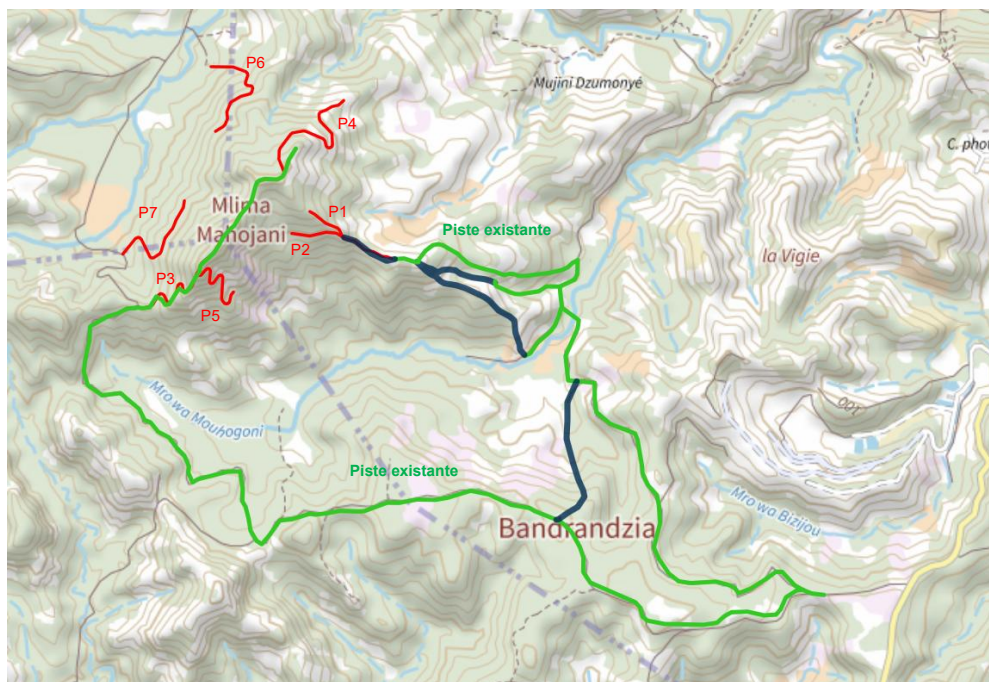
Dans le cadre des investigations G2-AVP de 2023/2024, des pistes ont été réalisées pour accéder à la face Est et à la crête du Mlima Mahojani.

Les pistes d'accès existantes réalisées lors des campagnes d'investigations précédentes peuvent avoir été dégradées et nécessiter des travaux de reprise (dégagement de la végétation, reprofilage, traitement des points singuliers...) afin d'en assurer la praticabilité pour acheminer les matériels et consommables.

De nouvelles pistes seront à créer pour accéder aux différents points de sondage. Les quantitatifs ont été établis sur la base des éléments suivants :

- Largeur 2,50 m + 2x0,25m
- Déblais : 1H/1V
- Remblais : 3H/2V
- Traces figurants dans le plan d'implantation en annexe du présent CCTP.

Les prestations incluent le maintien en état des pistes pendant toute la durée des investigations.



3.3.1. Amenée / repli du matériel

Il comprend :

- les démarches éventuelles auprès du propriétaire foncier ou de l'exploitant,
- les reconnaissances préalables et propositions d'adaptation de tracé des pistes,
- les installations de chantier,
- la préparation du matériel,
- l'amenée et le repli quotidien des personnels et des matériels de terrassement et/ou gardiennage sur site,
- le piquetage et le relevé par un géomètre des pistes d'accès créées accompagné d'un avant métré des travaux réalisés,
- le repli du personnel et du matériel en fin de chantier et le nettoyage des zones de travail,
- toutes sujétions relatives à la bonne exécution des prestations.

3.3.2. Dégagement des emprises

Les zones à traiter seront limitées aux zones strictement nécessaires aux travaux et définies avec l'accord du Maître d'œuvre.

Le brûlage est proscrit.

Le débroussaillage concerne les broussailles, taillis, haies, arbres dont la circonférence à 1 m du sol est inférieur à 60 cm et branches, situés dans l'emprise.

Les produits seront broyés et régalez sur place avant décapage des horizons superficiels.

3.3.3. Abattage et essouchage d'arbre

Les zones à traiter seront limitées aux zones strictement nécessaires.

Au cours de l'implantation des pistes d'accès, des adaptations de tracé seront proposées pour éviter dans la mesure du possible la végétation noble.

Le brûlage est proscrit.

La prestation comprend l'abattage d'arbres dont la circonférence à 1 m du sol est supérieur ou égal à 60 cm.

Après ébranchage, les fûts seront débités et stockés, sous la responsabilité du titulaire en tout état de cause, à l'intérieur des limites du chantier.

Les produits de l'ébranchage seront traités à l'identique des broussailles.

3.3.4. Déblais

Les matériaux à déblayer de l'emprise forment une seule catégorie pour garantir à l'entrepreneur une plus grande latitude des moyens d'exécution.

Les déblais en terrain de toutes natures sont extraits par des moyens laissés à l'initiative de l'entrepreneur.

Les déblais en terrain rocheux sont des déblais extraits au BRH. Des adaptations de tracés pourront être proposées pour contourner des terrains susceptibles de présenter des difficultés d'extraction.

Les déblais seront exécutés par des moyens laissés en général à l'initiative de l'entrepreneur pour chaque type de matériaux rencontré.

Les déblais pourront être mis en remblais dans le cadre des travaux de pistes ou en modelés paysagers dans l'emprise du site.

3.3.5. Remblais issus des déblais

Les matériaux du site seront utilisés en priorité pour l'exécution des remblais et des modelés paysagers.

3.3.6 Traitement des points singuliers

Il comprend :

- l'apport et la mise en œuvre de matériaux granulaires 0/31,5 et de ciment pour traiter les points singuliers
- le drainage des eaux et ouvrages hydrauliques éventuels.

3.4. Amenée / repli du personnel et du matériel de sondage

Il est prévu de compter une amenée / repli du personnel et du matériel pour chaque atelier de sondage déployé dans le cadre des investigations prévues par le présent CCTP.

L'amenée / repli du personnel et du matériel comprend :

- la préparation du matériel,
- l'amenée du personnel et du matériel au site de sondage,
- le déplacement du personnel et du matériel sur le site, et de site à site,
- le repli du personnel et du matériel en fin de chantier et le nettoyage des zones de travail,
- toutes sujétions relatives à la bonne exécution des prestations.

3.5. Mise en station atelier de sondage

Il est prévu une mise en station sur chaque point de sondage (destructif, carotté). Elle comprend :

- l'implantation du point de sondage,
- la réalisation de l'accès au point de sondage quand l'implantation du point de sondage se situe à proximité d'une route ou d'un chemin existant,
- les travaux d'aménagement de la plate-forme de travail y compris les éléments de sécurité et de signalisation,
- l'installation du matériel de sondage,
- si nécessaire, d'exécuter un avant-trou à la main ou au tractopelle, à une profondeur permettant de s'assurer de l'absence de tout obstacle au forage.
- l'approvisionnement des fournitures nécessaires à l'exécution (eau, combustible...),
- le rebouchage selon les règles de l'art du forage non équipé d'un tube piézométrique,
- le relevé et le repérage topographique du sondage après exécution (coordonnées WGS84 + NGM) dès la fin du sondage, sans retour ultérieur sur le site, particulièrement lorsqu'il s'agit de propriétés privées,
- la signalisation par des piquets, signaux ou repères de manière suffisamment visible en toutes périodes végétatives pour les piézomètres et autres objets devant être maintenus sur site,
- le repli du matériel de sondage,
- le déplacement du matériel de sondage jusqu'à la prochaine mise en station,
- la remise en état de la plate-forme et de l'accès, et le nettoyage des lieux et abords immédiats.

Les travaux nécessaires à la mise en station doivent respecter les conditions définies au cours des visites préalables d'implantation.

Un seul type de mise en station est prévue quelle que soit la difficulté du site.

En cas de sondage mixte destructif + carotté, une seule mise en station est prévue.

3.6. Forages mécaniques

Ces forages sont utilisés pour :

- l'établissement d'une coupe de sol,
- le prélèvement d'échantillons intacts ou remaniés,
- la réalisation d'essais in-situ,
- pour la mise en place d'instrumentation ou d'investigations spécifiques (inclinomètre, piézomètre, imagerie de paroi...).

Afin d'adapter au mieux les profondeurs des sondages aux paramètres à mesurer et / ou aux horizons à atteindre, dans le cas où des prélèvements d'échantillons intacts (EI) sont prévus, les sondages destructifs seront réalisés au préalable. L'analyse des paramètres de forage permettra de préciser les cotes de prélèvements des EI.

Les investigations géophysiques par sismique réfraction devront être réalisées préalablement aux sondages afin d'optimiser le positionnement des sondages et/ou leur nature.

3.6.1. Enregistrement des paramètres de forage

L'enregistrement des paramètres de forage consiste à mesurer sur la foreuse, elle-même, pendant le forage et en fonction de la profondeur, plusieurs grandeurs physiques dont les variations sont caractéristiques des terrains traversés.

Le Titulaire doit disposer du matériel, sur chaque atelier de forage, nécessaire à l'enregistrement numérique, et à l'interprétation des cinq paramètres de forage suivants :

- pression sur l'outil,
- pression de retenue,
- vitesse instantanée d'avancement,
- pression d'injection du fluide de forage,
- couple de rotation
- éventuellement, vitesse de rotation et percussion réfléchie.

Les enregistrements des paramètres de forage sont réalisés sous forme numérique et fournis sur support numérique. À défaut, les enregistrements se feront au format ASCII+pdf, accompagnés d'une sortie graphique. Ils seront transmis par mail au plus tard le lendemain des essais.

Tout dysfonctionnement entraînera l'arrêt immédiat du sondage pour réparation. Le sondage reprendra lorsque la réparation sera effectuée. La constatation d'un dysfonctionnement chronique sera susceptible d'entraîner l'arrêt du chantier.

Un sondage pour lequel aucun paramètre n'est exploitable (ou l'absence d'enregistrement de paramètres) ne sera pas rémunéré et devra être refait.

3.6.2. Forages destructifs

Ces forages sont susceptibles d'être utilisés pour :

- l'enregistrement des paramètres de forage,
- la pose de tube piézométrique,
- la réalisation d'imagerie de paroi optique et acoustique (BHTV + OPTV),
- la mesure de diagraphe microsismique.

Concernant les sondages carottés situés à proximité et de profondeur supérieure à un sondage carotté existant, il est prévu un sondage destructif jusqu'à la profondeur déjà atteinte par le sondage carotté existant. Le cas échéant, le diamètre du forage destructif doit être supérieur à celui du sondage carotté.

Ils doivent être réalisés avec enregistrement de paramètres (pression sur l'outil, couple de rotation, vitesse d'avancement et pression d'injection a minima).

La coupe de forage destructif doit faire apparaître :

- les différentes couches de terrain rencontrées,
- les outils de forage et leurs caractéristiques (nature et dimensions), les changements d'outils et la cause (par exemple changement de taillant pour cause d'usure,...)
- les modes de soutien des parois éventuels (boue, tubage),
- les enregistrements de paramètres,
- les zones de venues d'eau,
- le niveau de l'eau en fin de forage,
- les difficultés particulières (coincements, pertes de remontées, etc..).

Pour rappel les données des enregistrements des paramètres doivent être fournis au donneur d'ordre et à l'entité assurant la mission de contrôle extérieur au format ASCII+pdf et transmises au plus tard lendemain soir.

Un échantillonnage des débris de forage ("cuttings") devra être fourni chaque mètre (en sac de 100 g environ).

La méthode de foration pourra être imposée en fonction des objectifs recherchés (par exemple le marteau fond de trou à l'air dans les massifs rocheux, notamment pour diagraphe microsismique).

3.6.3. Sondages carottés

Les sondages carottés sont réalisés suivant la norme NF EN 22475-1 : « Reconnaissance et essais géotechniques - Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques ». Par défaut, des échantillons de classe de qualité 1 doivent être systématiquement recherchés.

Le diamètre minimal de la carotte prélevée est de 92 mm (autrement dit le diamètre intérieur de la gaine PVC sera supérieur à 92mm).

Afin d'éviter le remaniement des terrains, le choix de l'outil de carottage et la pression sur l'outil doivent donc privilégier le non-remaniement des échantillons.

Une coupe sondeur provisoire (document renseigné manuellement sur le terrain et numérisé) doit être remise au maître d'ouvrage quotidiennement au fur et à mesure de l'avancement des travaux de reconnaissance.

En phase finale à la fin de la réalisation de chaque forage, la description et la représentation en coupe doivent détailler les différents faciès rencontrés verticalement pour une même formation et doivent être établies par un géologue du titulaire. Ce géologue établira également la description de l'altération et de la fracturation (indices AM, ID, FD, RQD) selon les recommandations du GT1 de l'AFTES (2003).

Le relevé de fracturation devra être réalisé avec localisation de chaque discontinuité et pour chacune d'elle : sa position, son orientation par rapport à l'axe de la carotte, son type et sa rugosité (à la manière d'un « scan line »).

Les photographies des carottes doivent présenter une bonne qualité et une colorimétrie identique. A cette fin, la prise de photographies sera réalisée avec présence systématique d'une échelle colorimétrique. Les photographies doivent être présentées de façon continue, avec mention des cotes de début et de fin de chaque passe de carottage, matérialisée par un intercalaire.

Les échantillons intacts (classe 1) sont conditionnés conformément à la norme NF EN ISO 22475-1 sous gaine PVC rigide, éventuellement transparente. Les longueurs des gaines PVC sont toutes identiques et égales à 1 m. Ils doivent être conditionnés dans leur étui conteneur sans délai et avec soin.

Leur conditionnement doit notamment comprendre les éléments suivants :

- paraffinage des extrémités,
- mise en place de bouchons et de rubans adhésifs aux extrémités,
- inscription sur l'étui de :
 - la désignation du site,
 - la désignation du sondage,
 - l'indication de la partie supérieure de l'échantillon intact,
- la nature du matériau prélevé
- la date de prélèvement.

Le stockage temporaire sur chantier et le transport au laboratoire doit garantir la protection des échantillons contre les températures élevées, l'humidité excessive ou le dessèchement, et contre les chocs et les vibrations.

À ce titre les échantillons doivent être transportés verticalement, tenus stables et sur tapis anti-vibration.

Les autres échantillons seront disposés dans des caisses en matériaux imputrescibles, comportant 2 rangées de 1 m de longueur, ce qui permet leur manipulation ultérieure.

Chaque caisse dispose d'un couvercle sur charnières et crochet de fermeture. Une plaque séparatrice en bois (intercalaire) sera insérée à chaque reprise de carottage (2 plaques en cas d'absence de carotte avec indication de la cause). Les indications d'identification du chantier, sondage et profondeur sont portées sur le côté et le couvercle (dessus et dessous).

Les discontinuités d'origine artificielles (liées au carottage ou à la mise en caisse) sont portées sur les carottes au moyen d'un marquage indélébile.

Les échantillons n'ayant pas été utilisés pour essais sont conservés dans des conditions telles que leur représentativité n'est pas modifiée, sauf en ce qui concerne la teneur en eau. Ils sont conservés au moins jusqu'à six mois après la remise du rapport final.

L'ensemble des échantillons seront transportés dans le lieu de stockage définitif défini par le maître d'ouvrage ou son représentant.

3.6.4. Fourniture et pose de tube piézométrique ouvert

Un seul tube piézométrique est installé par forage. Il sera réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22475-1, complétée par la NF P 94-157-1. Le tube piézométrique est mis en place par un procédé qui permet d'assurer la continuité de la perméabilité sur la hauteur crépinée.

L'attention du titulaire est attirée sur le fait que l'utilisation de la boue, même biodégradable, est proscrite lors de l'exécution de ce forage. Le diamètre de forage sera d'au moins 100 mm de manière à laisser un espace interannulaire de l'ordre de 25 mm entre le terrain naturel et le piézomètre de Ø 50 mm extérieur.

Pour les sondages présentant un diamètre de foration inférieur à 100mm (notamment les sondages pressiométriques), un réalésage préalable de diamètre supérieur ou égal à 100mm sera réalisé afin de permettre cette disposition.

La partie crépinée du tube est enveloppée d'une chaussette géotextile jouant le rôle de filtre.

L'espace annulaire entre la crépine du tube piézométrique et le terrain est rempli avec un matériau perméable, présentant une granulométrie adaptée (granulométrie comprise entre 1 et 3 mm). La partie supérieure du piézomètre sur au moins 0,5 m (et sur toute la hauteur de l'éventuel avant-trou) est comblée par un matériau imperméable (mélange d'argile-ciment par exemple).

Le nettoyage du tube piézométrique est effectué par pompage de préférence à l'émulsion d'air ou le lavage.

Le piézomètre est protégé par un tube métallique hors sol cadenassé ou par un regard de type bouche à eau, cimenté et revêtu de couleur vive.

Une réception du fonctionnement du piézomètre est effectuée en injectant un volume d'eau initial et en vérifiant le retour à l'équilibre. Cette réception doit être formalisée et jointe à la coupe de pose du piézomètre.

3.6.5. Fourniture et pose de sonde piézométrique avec enregistrement continu (tube ouvert) et installation de capteurs CPI le cas échéant

Les enregistreurs piézométriques pour tube ouvert doivent permettre la mesure et l'enregistrement des niveaux piézométriques avec les capacités minimales suivantes :

- mesure à +/- 1 cm,
- plage du capteur : 0-2bar,
- pas de mesure minimal 2h,
- capacité de mémorisation 12 mois au pas de temps 1h,
- compensation barométrique (intégrée à l'enregistreur ou à l'aide d'un second capteur) sur chaque site,
- autonomie électrique supérieure à 6 mois.

L'enregistreur proposé devra être agréé par le maître d'œuvre. La plage de mesure et la position dans le sondage devront être adaptées aux fluctuations piézométriques présagées sur le site (notamment pour visualisation des phénomènes de marée).

Le logiciel et les éventuels câbles nécessaires à la collecte des données seront fournis au maître d'œuvre si les relevés ne sont pas inclus dans la mission.

L'enregistreur et les accessoires restent la propriété du maître d'ouvrage en fin de période de mesure, celui-ci pouvant faire poursuivre le suivi par un autre prestataire.

Le prestataire précisera dans son offre le type de sonde utilisé, leurs caractéristiques ainsi que celle du logiciel associé.

Le cas échéant, il sera demandé d'installer en complément un ou des capteurs CPI dans une cellule de mesure isolée du reste du forage piézométrique, à la base du tube crépiné dans un massif drainant délimité par un bouchon de sobranite. Un schéma de principe du dispositif est présenté ci-après :

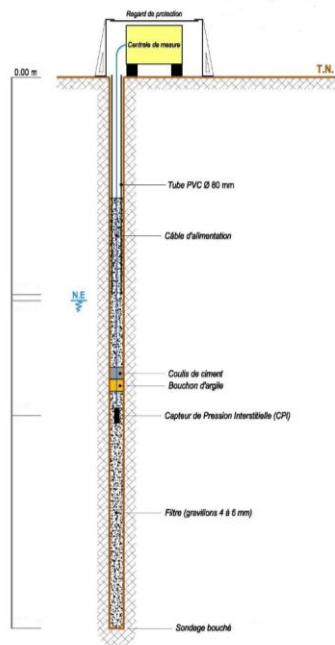


Schéma de principe d'un équipement pz+CPI

3.7. Essais in situ

3.7.1. Relevés piézométriques

Il est prévu un suivi continu des niveaux piézométriques des sondes installées par le titulaire et des sondes installées lors des campagnes d'investigations précédentes sur le même site, soit 3 piézomètres sur Mlima Mahojani.

Les mesures automatisées seront fournies dans un format numérique standard (ascii par exemple).

Le logiciel, et les éventuels câbles de lecture, seront fournis à la DGAC pour que le relevé soit assuré par un agent de la DGAC ou un prestataire extérieur qui poursuivrait les mesures au-delà de ce marché.

L'enregistreur et le connecteur de relevé restent la propriété de la DGAC.

Le suivi piézométrique sera assuré pendant **trois (3) années calendaires**.

Le prestataire réalisera au moins une visite par mois pour s'assurer que tout fonctionne et communiquera un rapport d'intervention au maître d'ouvrage.

Le prestataire fournira tous les trimestres un rapport intermédiaire de suivi et d'analyse des mesures piézométriques.

3.7.2. Essais de perméabilité (Nasberg, Lefranc et Lugeon)

Le titulaire réalisera des essais de type Nasberg, Lugeon ou Lefranc au sein des sondages carottés afin de caractériser la perméabilité des sols.

Cette prestation ne comprend pas la réalisation du forage rémunéré par le prix de sondage carotté.

La réalisation d'essai de perméabilité de type Nasberg in situ permet de mesurer la perméabilité des sols situés au-dessus de la nappe par injection d'eau, conformément aux normes en vigueur.

La réalisation d'essai de perméabilité de type Lefranc in situ permet de mesurer la perméabilité des sols situés sous la nappe par injection d'eau, conformément aux normes en vigueur.

La prestation comprend notamment :

- L'immobilisation du matériel et du personnel de forage durant l'exécution de l'essai ;
- La fourniture de l'eau ;
- La fourniture des données brutes et des résultats interprétés.

Les essais seront réalisés à niveau constant. En fin d'essai, après arrêt de l'injection d'eau, les niveaux seront mesurés toutes les minutes pendant au moins 1 heure, sauf stabilisation constatée pendant 5 mesures consécutives. Le titulaire veillera à assurer la stabilité de la cavité de l'essai.

Commenté [NH3]: Confirmer le besoin avec Cerema

3.8. Essais en laboratoire

Les différents essais se déroulent suivant les normes en vigueur. À l'issue de chaque essai, un rapport de présentation d'essai (dont les éléments sont précisés dans chaque norme d'essai) est établi et transmis au maître d'ouvrage.

Pour chaque essai la préparation des échantillons est toujours incluse.

3.8.1. Objet des essais

Il s'agit de réaliser des essais géotechniques en laboratoire dans le cadre des différentes opérations décrites dans le présent CCTP notamment :

- des essais d'identification,
- des essais de résistance en compression,
- des essais de compressibilité,
- des essais de caractérisation géotechnique,
- des essais d'analyse pétrographique / minéralogique,
- des essais sur sol traité,
- des essais de résistance au cisaillement à la boîte de Casagrande, à l'appareil triaxial de type Cu + U, sur joint ou fracture rocheuse,
- des essais œdométriques,
- des essais de résistance à l'érosion de remblais hydraulique...

3.8.2. Essais d'identification

- Granulométrie (NF EN ISO 17892-4 sans sédimentométrie, NF EN 933-1)
- Teneur en eau pondérale (NF EN ISO 17892-1)
- Valeur au bleu du sol (NF EN 17542-3)
- Masse volumique par pesée hydrostatique des roches (NF EN 13383-1)
- Essai Los Angeles (NF EN 1097-2)
- Essai MDE et MDA (NF EN 1097-1)
- Essai « coup de soleil » des basaltes (usage : enrochement) - NF EN 13067-3
- Essai de fragmentabilité (NF P94-066 / NF EN 17542-2)
- Essai de dégradabilité (NF EN 17542-2)
- Vitesse des ondes ultrasonores sur échantillon de roche (NF P94-411)

- Masse volumique apparente (NF EN ISO 17892-2)
- Limites d'Atterberg (NF EN ISO 17892-12)
- Analyse sédimentométrique (NF EN ISO 17892-4 avec sédimentométrie)
- Teneurs en matières organiques (NF EN 17685-1)
- Essais de perméabilité à l'œdomètre (NFP 94 090-1 et LPC ME 13)
- Examen pétrographique selon les normes NF EN 932-3 et XP P 18-543, avec comptage minimum de 300 points
- Essai d'abrasivité des roches Cherchar (NF P 18-579)

3.8.3. Essais de résistance en compression

- Essai de résistance à la compression simple (NF P94-420)
- Essai de résistance à la traction indirecte (brésilien) (NF P94-422)

3.8.4. Essais de résistance au cisaillement

Le but de ces essais est d'étudier la stabilité de différents ouvrages géotechniques, en déterminant les paramètres de mécanique des sols des formations rencontrées.

Ces essais relèvent de plusieurs méthodologies distinctes :

- essai de cisaillement rectiligne à la boîte de Casagrande : cisaillement direct
- essai triaxial (UU, CD (NF P 94-071) ou CU+u (NF P 94 074))

3.8.5. Essais de compressibilité

Deux types d'essais sont projetés :

- essai par palier
- essai de compressibilité avec drain central
- essai de fluage (méthode d'essai LPC n°13).

Dans tous les cas, les mesures de déformation de l'éprouvette en fonction du temps de chaque palier de chargement sont fournies au format tableau.

Les coefficients de consolidation verticale c_v (coefficients de consolidation radiale c_r dans le cas d'essai avec drain central) sont déterminés sur l'ensemble des paliers, y compris les paliers de déchargement.

Les essais menés par palier se feront avec 12 paliers de 24h, dont 3 paliers de consolidation avec mesure du temps.

3.8.6. Essais sur sol traité

Les essais de traitement des sols seront conduits conformément aux normes suivantes :

- Teneur en chaux libre (EN 459-2 chapitre 6.9)
- Réactivité de la chaux (EN 459-2 chapitre 7.6)
- Aptitude d'un matériau au traitement (NF P 94-100)
- Essai pH de point de fixation de la chaux (XP-CEN/TS 17693-1)
- Évaluation du délai de maniabilité (EN 13286-45)
- Essai de compression simple sur sol traité R_c (NF EN 13286-41)
- Essai de module sur sol traité (EN 13286-43)
- Essai de traction indirecte sur sol traité (EN 13286-42&43)
- Essais Proctor, IPI, ICBRI (EN 13286-2, 47)
- Mesure de pH sur les sols
- Analyse chimique de l'eau (Nfp98-100 et NF EN1008).

Les coûts d'essais intégreront les conditions de conservations requises pour les études de formulation de niveau 1 ou 2 du GTS (jusqu'à 90 jours, à hygrométrie > 90% ou en immersion)

Commenté [NH4]: Valider avec Cerema périmètre de l'étude de traitement et des essais

3.9. Remise en état des lieux

En fin d'investigations, le titulaire est tenu de remettre les lieux en état, en particulier de procéder à un rebouchage soigné de tous les trous selon les règles de l'art et de prendre toute précaution destinée à éviter tout dommage aux personnes et animaux et de manière générale à l'environnement (aucun matériau ni débris n'est laissé sur place par le titulaire).

L'attention du titulaire est attirée sur les points suivants :

- Il doit veiller à ne provoquer aucune pollution accidentelle des eaux souterraines et superficielles. Les peines prévues par la réglementation générale et en particulier la loi sur l'eau incombent totalement au titulaire.
- Le titulaire est responsable de toute détérioration et des dégâts éventuels apportés de son fait, en particulier en cas de non-respect des cheminements définis jusqu'aux points de sondages. Un état des lieux final est également dressé par un représentant de la maîtrise d'ouvrage en présence du titulaire.

Un merlon sera mis en œuvre pour empêcher les véhicules d'accéder aux pistes créées pour mener à bien les investigations.

Le titulaire établira un constat d'état des lieux après travaux comprenant un reportage photo du site investigué.

CHAPITRE 4 – SUIVI ET CONTRÔLE DES PRESTATIONS

4.1. Suivi des prestations

4.1. Réunions de suivi hebdomadaire

Il est prévu une réunion de suivi hebdomadaire pendant la période d'exécution du marché.

4.2. Points sensibles

Les points sensibles sont des situations en cours d'exécution méritant une attention spéciale, ils se décomposent en points critiques et points d'arrêt.

Pour les points critiques, il est décidé de faire un contrôle intérieur, le contrôle extérieur étant formellement informé de son exécution et/ou de son résultat.

Les points d'arrêt sont des situations au-delà desquelles la poursuite est formellement soumise à l'aval du contrôle extérieur.

Dans le cadre de son PAQ, le titulaire proposera un plan de contrôle interne et externe dans lequel il identifiera les points sensibles.

A ce stade, les points sensibles suivants sont identifiés en fonction des lots et des prestations concernées :

Opérations	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Implantation des pistes d'accès		X			
Implantation des sondages		X			
Constat contradictoire d'état des lieux avant investigations		X			
Programme des essais en laboratoires		X			

4.2. Contrôle des prestations

4.2.1. Contrôle interne et externe

Le contrôle interne et externe des prestations est décrit dans le PAQ établi par le titulaire.

4.2.2. Contrôle extérieur

Le contrôle extérieur des prestations est assuré :

- par le Cerema, assistant au maître d'œuvre ;
- par le SNIA, maître d'œuvre ;

ANNEXE 1 : PLAN D'IMPLANTATION DES PISTES, SONDAGES ET DISPOSITIFS SISMQUE REFRACTION

