



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio geotécnico para la cimentación de los edificios y
tanques principales de una planta desaladora en el T.M. de
El Jadida, Casablanca (Marruecos).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Oubrahim, Sara

Tutor/a: Garrido de la Torre, María Elvira

Cotutor/a: Hidalgo Signes, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. OBJETO Y ALCANCE	6
1.3. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA	6
1.4. NORMATIVA APLICADA	6
2. ESTUDIOS PREVIOS	7
2.1. GEOMORFOLOGÍA	7
2.2. TOPOGRAFÍA	9
2.3. SISMOLOGÍA	10
2.4. HIDROGEOLOGÍA	12
2.5. CLIMATOLOGÍA	13
2.6. MARCO GEOLÓGICO	14
3. RECONOCIMIENTO Y PARAMETRIZACIÓN DEL TERRENO	16
3.1. ENSAYOS DE CAMPO	16
3.1.1. CALICATAS	17
3.1.2. SONDEOS MECÁNICOS	17
3.2. ENSAYOS LABORATORIOS	19
3.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	19
3.2.2. MATERIALES DE RELLENO	20
3.2.3. PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS	21
3.2.4. DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DE LA ROCA	22
3.3. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	23
3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD	23
3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA	24
3.4. PRUEBAS IN SITU	25
3.4.1. ENSAYO PRESIOMÉTRICO	25
4. DISEÑO GEOTÉCNICO	30
4.1. TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN Y PLANO DE APOYO	30
4.2. COMPROBACIONES TÉCNICAS	32
4.2.1. E.L.U: CAPACIDAD PORTANTE	33
4.2.1.1. MÉTODO PRESIOMÉTRICO	33
4.2.1.2. MÉTODO DE TERZAGHI	34

4.2.2. E.L.S: DEFORMABILIDAD	35
4.2.2.1. MÉTODO PRESIOMÉTRICO	35
4.3. EXCAVABILIDAD	37
4.3.1. EXCAVACIONES EN TALUDES	37
4.4. MOVIMIENTOS DE TIERRA	39
4.5. SISTEMA DE CONTENCIÓN	40
4.6. AGRESIVIDAD DEL MEDIO	40
4.6.1. AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO EN PRESENCIA DE LA CAPA FREÁTICA	40
4.6.2. ATAQUE QUÍMICO	40
4.6.3. TIPO DE CEMENTO	41
5. VALORACIÓN ECONÓMICA	42
6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	43

ANEJOS

ANEJO 1	LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO
ANEJO 2	SECCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA
ANEJO 3	INFORMACIÓN DE PARTIDA
ANEJO 4	COMPROBACIONES TÉCNICAS
ANEJO 5	MOVIMIENTO DE TIERRAS
ANEJO 6	VALORACIÓN ECONÓMICA

El emplazamiento de la planta desaladora se prevé construirla en dos fases en una zona situada a 7,5 km al sur de Sidi Rahhal, en la comunidad rural de M'Harza Sahel, en la provincia de Casablanca (Figura 2), en una superficie total de unas 50 ha, 31 ha serán construidas en la primera fase y se ampliará más tarde con 23,5 ha adicionales, en la segunda fase.

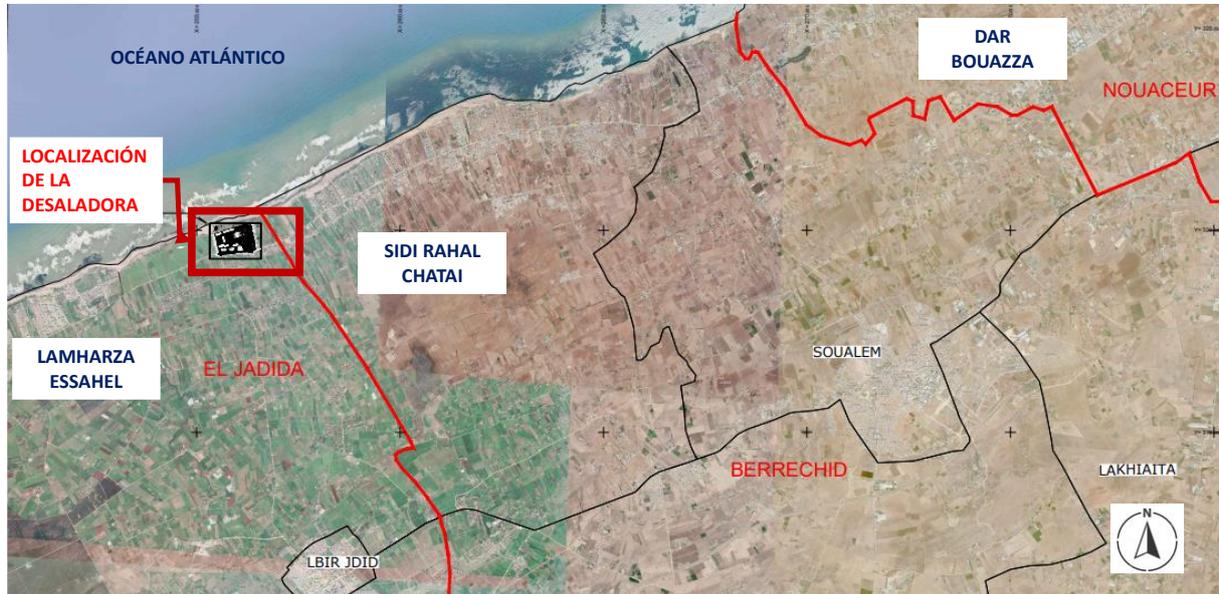


Figura 2: Emplazamiento de la parcela donde se prevé construir la planta desaladora en la costa atlántica de Marruecos, dentro del término municipal de El Jadida, provincia de Casablanca. Fuente: elaboración propia a partir del plano nº 00 del proyecto de construcción de la desaladora.

La planta de desalación de agua de mar se diseñará como una nueva planta de ósmosis inversa, con una capacidad neta de agua potable de 200 millones de metros cúbicos anuales para la primera fase y de 100 millones de metros cúbicos anuales para la fase final, un total de 300 millones metros cúbicos anuales, que es equivalente a una capacidad de producción diaria de 822.000 metros cúbicos.

La planta de ósmosis inversa proporcionará al menos dos etapas de pretratamiento del agua de mar antes del proceso de filtración por membrana de ósmosis inversa. La primera etapa de pretratamiento es un sistema de flotación por aire disuelto ("DAF"). A continuación, el agua de mar tratada mediante DAF se dirigirá a la segunda etapa de pretratamiento. El agua potable total producida por la planta de ósmosis inversa se dirigirá finalmente a una zona de almacenamiento del parque de tanques intermedios y, a continuación, se bombeará de nuevo a las instalaciones de distribución de agua previstas (Figura 3).

Como se puede observar en la figura 3 se muestra todos los componentes de la planta desaladora de Casablanca y a continuación en la tabla 1 se enumeran los componentes que se construirán con estructura de hormigón armado tal como los edificios de ultrafiltración, el edificio eléctrico de toma de agua de mar, la cámara de emisario, el edificio eléctrico para la osmosis inversa que se sitúan en el norte de la planta desaladora y cerca del mar y otros componentes que se construirán con estructuras de acero, tal como los tanques de bombeo intermediario, los edificios de osmosis inversa, los edificios químicos y de CO2 que se encuentran más lejos del mar y se sitúan más hacia el sur de la planta desaladora.

Tabla 1: Elementos de que se compone la planta desaladora

EDIFICIOS - TANQUES	Material
2.EDIFICIO ULTRAFILTRACIÓN	HORMIGÓN ARAMDO
3.TANQUES DE BOMBEO INTERMEDIARIO	ACERO
4.EDIFICIO DE ÓSMOSIS INVERSA	ACERO
5.REMINERALISACIÓN-FILTROS DE CALCITA	HORMIGÓN ARAMDO
6.ZONA DE CARGA DE PIEDRA CALIZA	HORMIGÓN ARAMDO
7.FILTROS DE ARENA	ACERO
8.TANQUE DE LAVADO DE PIEDRA CALIZA	HORMIGÓN ARAMDO
9.EDIFICIO DE CO2	HORMIGÓN ARAMDO
10.TANQUES DE AGUA TRATADA (AGUA PRODUCTO)	HORMIGÓN ARAMDO
11.TANQUE DE AGUA DE RIEGO	HORMIGÓN ARAMDO
12.CÁMARA DE EMISARIO	HORMIGÓN ARAMDO
13.EDIFICIO QUIMICO	ACERO
14.EDIFICIO QUIMICO DE TOMA DE AGUA DE MAR	ACERO
15.EDIFICIO DE CONTROL Y DE LABORATORIO	HORMIGÓN ARAMDO
16.TALLER Y ALMACÉN	ACERO
17.EDIFICIO ELÉCTRICO PARA ÓSMOSIS INVERSA	HORMIGÓN ARAMDO
18.EDIFICIO ELÉCTRICO PRINCIPAL	HORMIGÓN ARAMDO
19.SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	HORMIGÓN ARAMDO
20.EDIFICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	ACERO
21.PUESTO DE GUARDIA	ACERO
3E.EDIFICIO ELÉCTRICO DE TOMA DE AGUA DE MAR	HORMIGÓN ARAMDO

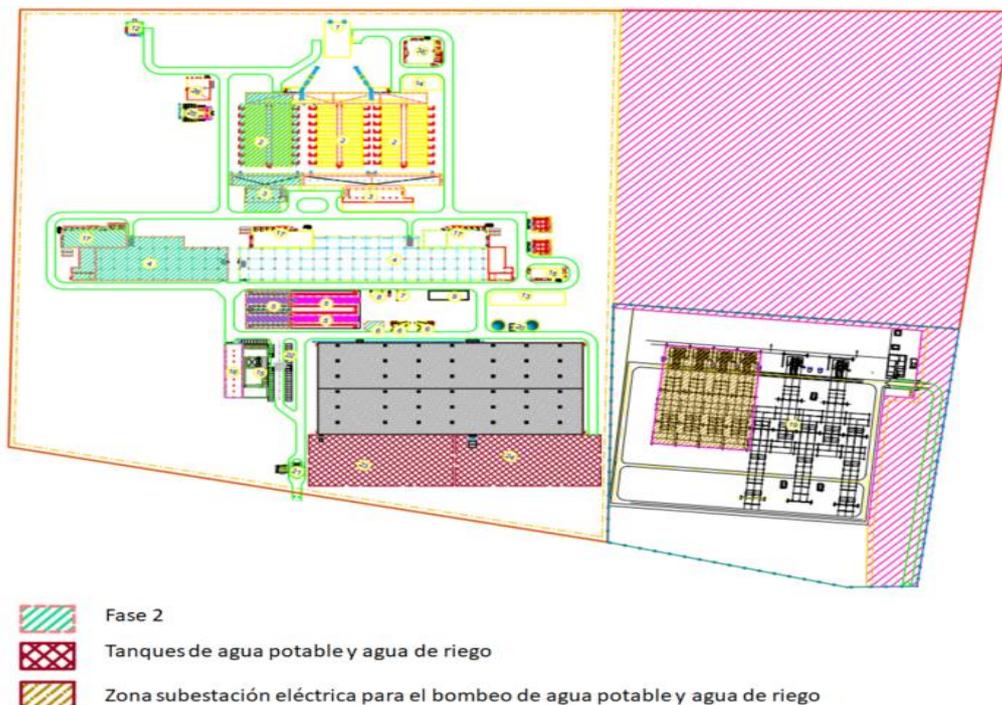


Figura 3: Parcela donde se prevé construir la planta desaladora y la distribución de sus distintos componentes.
 Fuente: Elaboración propia a partir del plano nº 01 de la distribución de los componentes de la desaladora. Anejo 3

1.2. OBJETO Y ALCANCE

El objetivo de este trabajo final de grado es elaborar y redactar el estudio geotécnico de la cimentación de la planta de desalación de agua de mar de Casablanca, comprendiendo la interpretación de los resultados del reconocimiento del terreno, un resumen de los resultados de los trabajos y ensayos de campo y las pruebas de laboratorio realizados durante la campaña geotécnica y, finalmente, se proporcionarán recomendaciones sobre la solución más adecuada para la cimentación de los edificios y tanques más importantes de esta construcción.

1.3. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

Cuatro anejos del Estudio de reconocimiento del terreno realizado para la redacción del proyecto de construcción de esta planta desaladora en el informe de laboratorio con referencia (LS/ETU/09/2022):

- Localización de los trabajos de campo
- Ensayos presiométricos
- Actas de ensayos de laboratorio N° S/349/2022

Planos del proyecto de construcción de la mencionada planta desaladora:

- Plano de situación (n° 00)
- Plano de distribución de los distintos componentes de la desaladora (n° 01)
- Plano de las curvas de nivel de la parcela de la desaladora (n° 02)

1.4. NORMATIVA APLICADA

Como se trata de un proyecto que se va a construir en Marruecos, la normativa empleada para la elaboración de este estudio geotécnico es la vigente en este país. Se han empleado las siguientes recomendaciones y/o reglamentos:

- "Fascicule 62-V titre V: Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil", que es la equivalente de la Guía de Cimentaciones para Obras de Carretera y/o el Código Técnico de Edificación en España.
- RPS2000 Règlement de Construction Parasismique applicable au Maroc.
- Le Guide Marocain pour des Terrassements Routières. (GMTR)
- Clasificación del potencial de hinchamiento según BRE 1980 (Building Research Establishment 1980).
- EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules.
- EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Design assisted by laboratory and field testing.

2. ESTUDIOS PREVIOS

2.1. GEOMORFOLOGÍA

El aspecto geomorfológico de la zona de estudio es de una llanura con mesetas bajas que se presentan en forma de bandas paralelas a la costa atlántica. La primera banda corresponde a la banda costera Oulja, abrigada del océano por una línea de dunas. El terreno es ligero y la poca profundidad del agua en relación con el suelo permite el desarrollo de cultivos hortícolas en esta banda vulnerable y muy sensible a la intrusión marina.

La segunda zona está formada por colinas secas, y se extiende por la mayor parte de la Chaouia costera (región en Marruecos, está delimitada por el río de Oum Er-Rbia al suroeste, el río cherrat al noreste, la llanura de Taldla al sureste y el océano atlántico al noroeste), que se presenta en forma de colinas alargadas paralelas a la línea de costa con una cubierta principalmente pliocuaternaria. La tierra es muy escasa y suele estar situada en deficiencias interdunares.

La tercera zona está formada por tirs, tierras negras que cubren parcialmente el terreno paleozoico. Estas últimas forman afloramientos de roca que perforan el delgado manto de tierra, mientras que las dayas, depresiones apenas marcadas en el esquisto, son pantanosas en épocas de lluvia. La zona estudiada pertenece a la meseta costera, que forma parte de la mole costera situada en la parte occidental de la meseta noroccidental. Está formada, en su mayor parte, por terrenos del Cámbrico al Devónico superior. Por otra parte, el yacimiento pertenece al dominio mestizo y, más concretamente, a la zona de transición entre el macizo hercínico central y la Meseta costera septentrional.

La región de Casablanca-Settat forma parte del dominio atlántico, caracterizado por un marco geográfico muy variado compuesto por tres zonas naturales:

- El mar con la costa: un litoral que se extiende a lo largo de unos 235 km.
- El relieve se compone de llanuras y mesetas con pequeñas colinas diseminadas en el territorio que bordea las ciudades de Casablanca y El Jadidia.
- El Sahel es una región formada por depresiones alternas y dunas consolidadas. Forma parte del dominio semiárido. Los suelos son generalmente pobres.

El suelo está diversificado, es de tipo tirs en la mayor parte de la zona rural y arenoso en la zona costera. Se trata de suelos con una gran capacidad para retener el agua y la humedad aportada por la masa oceánica.



Figura 5: Mapa geológico de la región de Casablanca-El Jadida.

Fuente: Estudio de impacto ambiental de la desaladora

En cuanto a la litoestratigrafía de esta zona, la región denominada Sidi Rahhal está situada en la llanura costera de Chaouia, entre las ciudades de Casablanca y Azemmour. Se trata de una llanura subatlántica que se desarrolló al borde del océano Atlántico, delimitada por éste al norte, la zona de afloramientos de esquistos al sur, el río de Bouskoura al este y el río de Oum Rbia al oeste.

Los terrenos paleozoicos (pizarras areniscas y cuarcitas) están plegados y tectonizados y están cubiertos en discordancia por formaciones subtabulares mesozoicas y cenozoicas, cubiertas a su vez por depósitos cuaternarios.

Desde el punto de vista geológico, la región puede dividirse en dos unidades diferentes:

- La zona de Azemmour-TnineChtouka, donde el Paleozoico está cubierto por margas del Cenomaniense.
- La zona de TnineChtouka-Casablanca, donde el Paleozoico está cubierto por arenas dunares consolidadas, calcarenitas y calizas areniscas del Plioceno. El Cuaternario está formado por una cubierta pelicular de conglomerados limosos y arenas arcillosas. A excepción de la tectónica que afectó al basamento paleozoico, no puede señalarse ningún accidente posterior.
- En las formaciones primarias, la circulación de agua está restringida a zonas fracturadas o alteradas, en espesores que varían de 10 a 20 m, con baja productividad. Los bancos de cuarcita fisurada, intercalados en las pizarras, también pueden ser el lugar de circulación del agua.
- En las formaciones del Cenomaniense, compuestas por una serie de margas y calizas, estas formaciones afloran a lo largo de las orillas del río de Oum Er Rbia. Con un espesor variable que puede alcanzar los 60 m, su productividad depende del grosor de los bancos de caliza.
- Las formaciones pliocuaternarias están representadas por dos facies principales:
- Las dunas consolidadas, de unos 10 m de espesor, se presentan en la franja costera en una anchura de 2 a 3 km.
- Areniscas calizas, de 4 a 20 m de espesor. Estas formaciones son omnipresentes.

2.2. TOPOGRAFÍA

En lo que se refiere a la topografía, la obra está prevista con dos niveles, una plataforma norte donde tenemos las estructuras de toma y descarga de agua de mar que está más cerca del mar y es la cota más baja del terreno (+4,5m), y la plataforma principal de la planta desaladora donde se encuentran todos los demás edificios y tanques a unas cotas variables entre (+7,5m) y (+11,25m), teniendo en cuenta que la cota (+11,25m) donde se ubica la subestación eléctrica que está en el sur este de la planta desaladora y es la cota más alta del terreno.

La diferencia entre las cotas es de 6,75 metros, que en verdad no es homogénea porque no hay una pendiente constante, en unas zonas puede haber más pendiente y en otras zonas son más llanas, y todo fue consecuencia de la geología de la zona (Paleógeno).

Cabe resaltar que se hará un movimiento de tierras para nivelar el terreno a la cota +8.00 m, se trata de una compensación entre los movimientos de tierra de terraplenes y desmontes, que más adelante se explicará en el apartado de excavabilidad.

A continuación, podemos observar en la figura 5 la distribución de las diferentes curvas de nivel de la planta desaladora en la parcela objeto de este estudio, con una cota mayor de 12 y una cota menor de 2,5.

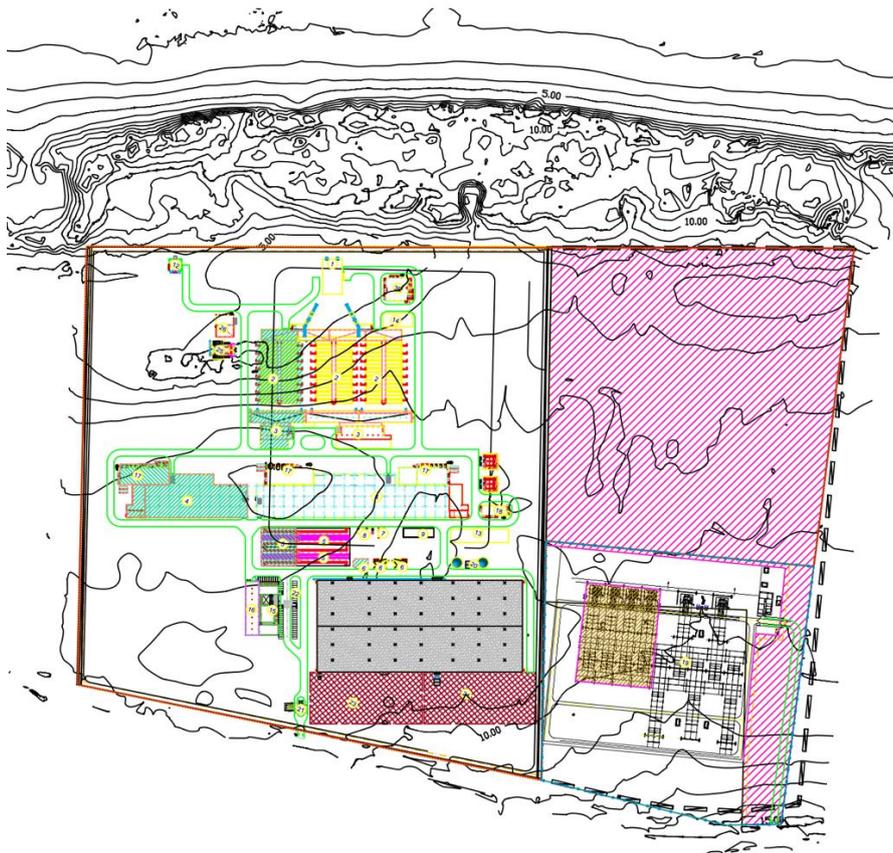


Figura 5: Distribución de las curvas de nivel de la desaladora en la parcela objeto de este estudio.
Fuente: Plano nº 02 del proyecto de construcción de la desaladora. Anejo 3.

2.3. SISMOLOGÍA

Los parámetros para el cálculo sísmico dependen de la estructura y del emplazamiento, según la normativa RPS 2000, se considera la zona de estudio de tipo S2 por ser un suelo firme y con una clase de estructura tipo I porque se trata de edificios de una importancia vital, y con un coeficiente de aceleración de gravedad de 0,1g (de una probabilidad del 10% en 50 años) como se puede deducir en la figura nº 6:

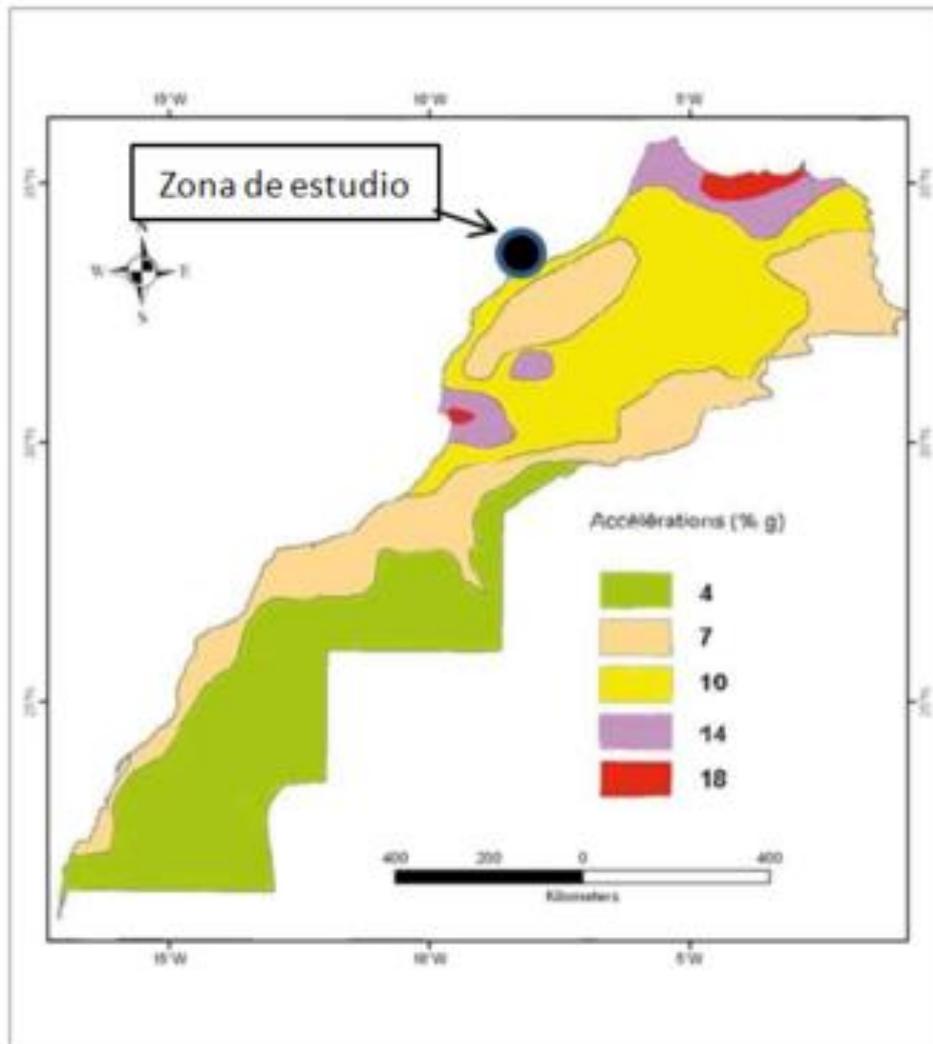


Figura 6: Zonificación sísmica en aceleración para probabilidades del 10% en 50 años en Marruecos (aceleración %g)
Fuente: Elaboración propia desde la Normativa RPS200 de Marruecos

A continuación, se muestra en la tabla nº 2 los diferentes parámetros para el cálculo sísmico obtenidos según la normativa RPS 2000 de Marruecos.

Después de analizar los parámetros obtenidos del cálculo sísmico de la zona de estudio, podemos deducir que es una zona de muy baja sismicidad, casi despreciable.

Tabla 2: Parámetros para el cálculo sísmico.
Fuente: RPS2000 Règlement de Construction Parasismique applicable au Maroc

Parámetros para el cálculo sísmico	Coefficientes
Sistema de estructura	Muros de hormigón armado
Clase de edificio	I
Coefficiente de prioridad parasísmico	1.3
Nivel de ductilidad (ND)	ND1
Factor de comportamiento (K)	1.4
Coefficiente de amortiguación (en %)	5
Zona sísmica velocidad	2
Zona sísmica de aceleración	2
Coefficiente de aceleración	0.1
Tipo de emplazamiento	S2
Coefficiente de influencia	1.2
Periodo de transición (Tc)	0.25
Factor de amplificación dinámico	2.5

Con esta información, el sistema de refuerzo que recomienda la normativa marroquí RPS 2000 para absorber y disipar la energía sísmica, reduciendo así las fuerzas y deformaciones experimentadas durante un posible terremoto, es la técnica de refuerzo de muros de hormigón armado, que son muros verticales que se integran en la estructura del edificio (Figura 7).



Figura 7: Ejemplo de muro vertical de hormigón armado
Fuente: elaboración propia de un ejemplo de obra de otro proyecto

2.4. HIDROGEOLOGÍA

La Chaouia costera constituye una importante unidad hidrogeológica de la cuenca hidráulica de Bouregreg y Chaouia. Se trata de una continuidad natural de la capa freática de Berrechid. Situada entre Casablanca y Azemmour, esta capa freática se extiende sobre una superficie de 1200 Km² en forma de franja litoral limitada al noroeste por el océano Atlántico, al noreste por el estribo cuarcítico de El Hank y la llanura de Berrechid, al suroeste por el río de Oum Er-Rbia.

El acuífero de la Chaouia costera es una capa freática libre multicapa que circula en terrenos de edad primarios asignados al Ordovícico y al Cámbrico, progresivamente sumergidos en dirección del océano con una pendiente media del 1 al 3%, corresponden a formaciones de arenisca-pizarra y cuarcita impermeables o de muy baja permeabilidad. Las pizarras son generalmente impermeables, a excepción de las zonas cercanas a la superficie donde están parcialmente alteradas, y permiten la circulación del agua en función del grado de alteración.

Los suelos pliocuaternarios están formados generalmente por areniscas y dunas marinas consolidadas, que desempeñan un importante papel hidrogeológico en la zona de estudio debido a su muy alta permeabilidad y porosidad y facilitan la infiltración de agua meteórica hacia el subsuelo.

En los sectores costeros, adquiere importancia el espesor saturado del pliocuaternario, a menudo se encuentra ligado a la estructura en forma de copa del subsuelo, con una porosidad efectiva del 0,1 al 7%. Es en estos sectores acuíferos micro fisurados y porosos donde el acuífero pliocuaternario es intensamente utilizado por un gran número de pozos para el riego de los cultivos de huerta de la zona.

En general, el agua de este acuífero tiene una salinidad muy elevada, con un residuo seco que suele superar los 2 g/l. Las zonas de alta salinidad corresponden casi sistemáticamente a los sectores donde la capa freática está cerca de la superficie del suelo, pero también a las zonas de circulación en las formaciones primarias.

El balance hidráulico realizado en el marco de los estudios del PDAIRE pone de relieve los datos ilustrados en la tabla nº 3.

La capa freática de la Chaouia costera sufre una intrusión marina de aproximadamente 1,1 millones de m³ anuales.

Tal y como se aprecia en la tabla nº 3, el total de las principales entradas de agua es de 65,9 millones de m³ anuales y el total de las salidas de agua es de 71,8 millones de m³ anuales, que nos da un balance resultante negativo de -5,9 millones de m³ anuales,

Un balance de recursos hídricos negativo indica que el uso y la demanda de agua superan la disponibilidad de agua disponible en la región de Casablanca-Settat, esto significa que se está utilizando más agua de la que se está reponiendo naturalmente a través de la recarga de fuentes de agua, como precipitaciones y recargas de acuíferos.

Esto implica una escasez de agua en la región de Casablanca-Settat que puede conducir a una disminución del nivel freático en los acuíferos y también puede tener impactos negativos en la disponibilidad de agua potable, riego agrícola, etc.

Tabla 3 : Parámetros hidrogeológicos
Fuente: Étude du PDAIRE Bassin du Bouregreg et de la Chaouia 2020

Tipo de Entrada	(en millones de m ³ anuales)
Aporte pluviométrico	55
Infiltración de los ríos	2,8
Aportes profundos y laterales	7
Intrusión marina	1,1
Total entradas	65,9
Tipo de Salidas	(en millones de m ³ anuales)
Fuentes de agua corriente	4,8
Drenaje de los ríos	1,6
Captaciones para riego	39
Captaciones para alimentación de agua potable (AEP)	
Salida hacia el mar	24,5
Evaporación / evapotranspiración	1,9
Total salidas	71,8
Balance	-5,9
Recursos Aprovechables	33,1

Los recursos aprovechables hídricos tales como aguas superficiales (ríos, embalses, etc.), aguas subterráneas (aguas almacenadas en acuíferos), aguas de lluvia, aguas residuales tratadas y agua desalinizada, se representan con valor total de 33,1 millones de m³ anuales, que representa más o menos un 50% de las entradas totales de agua de la región en cuestión.

2.5. CLIMATOLOGÍA

En los párrafos siguientes se presentan los datos climáticos de Casablanca, son datos climáticos recogidos entre el año 1982 y el año 2012, tomados de un modelo de análisis que utiliza datos meteorológicos de miles de centrales meteorológicas de todo el mundo.

Casablanca tiene un clima mediterráneo con fuertes tendencias oceánicas. Su situación al borde del Atlántico hace que sus inviernos sean suaves y relativamente húmedos, y sus veranos moderadamente calurosos pero sin precipitaciones.

En invierno, prácticamente no hay heladas, la temperatura más baja registrada es de -2,7°C.

En verano, las temperaturas suelen ser agradables cuando sopla el viento del mar. En cambio, durante los episodios de vientos arenosos (Chergui), la ciudad puede registrar temperaturas abrasadoras durante varios días. La temperatura máxima registrada es de 40,5°C.

Por último, Casablanca presenta grandes diferencias de temperatura, que se aprecian en verano entre los barrios costeros (atemperados por el océano) y los barrios periféricos, que son más cálidos porque están menos expuestos a la brisa marina.

Las temperaturas medias más altas se registran en agosto, con una media de temperaturas en este mes de 23,3°C, por otro lado, se registran en Enero con una media de 12,4°C, que se considera el mes donde más hace frío.

- La precipitación media en el mes más seco, en julio fue de 1 mm.
- En diciembre, las precipitaciones alcanzan su máximo, con una media de 80 mm.
- La variación de las precipitaciones entre los meses más secos y los más húmedos es de 79 mm.
- El periodo seco se extiende durante la mitad del año, entre mayo y octubre.

Los datos están ilustrados en la figura nº 7.

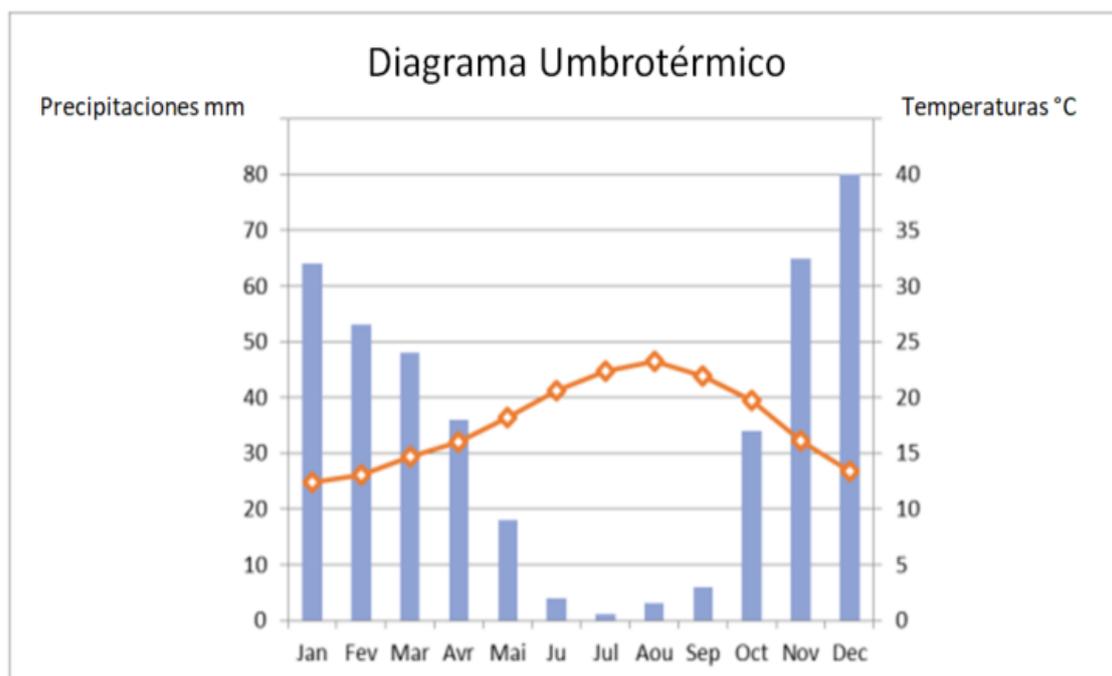


Figura 7: Diagrama umbrotérmico de Casablanca
Fuente: Elaboración propia a partir de anejo 5 del impacto ambiental

El clima de Casablanca se considera según "CSA" según la clasificación climática de Köppen-Geiger:

- "C" Clima templado.
- "S" Estación seca en verano.
Precipitaciones en el mes más seco de verano < 40 mm y < 1/3 del mes más húmedo de invierno.
- "A" Temperatura media del mes más cálido > 22°C.

2.6. MARCO GEOLÓGICO

La región de Casablanca-Settat pertenece geológicamente al dominio estructural de la Meseta Marroquí (Meseta Costera). Figura 7.

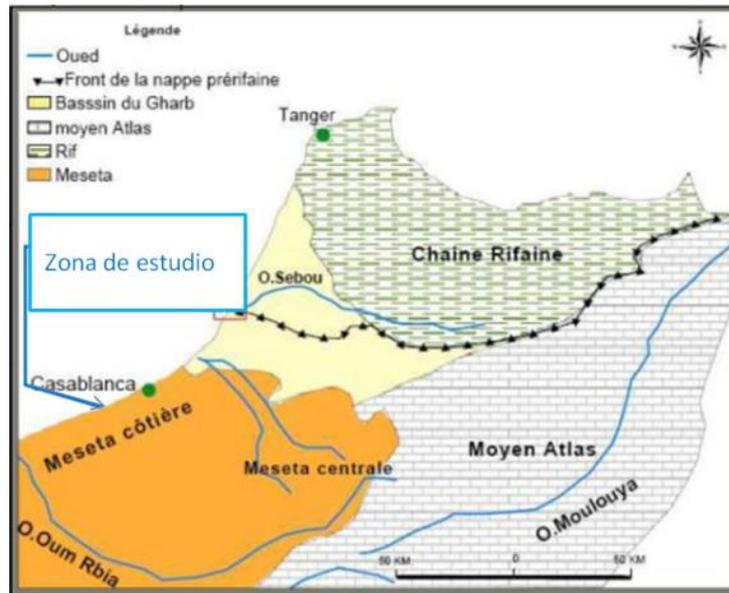


Figura 8: Ámbitos geológicos en Marruecos.

Fuente: Anejo 5. El estudio de impacto ambiental de la desaladora

Este ámbito se distingue por su relativa estabilidad estructural durante el ciclo alpino. Está constituida por una cubierta tabular mesocenoica (era secundaria) asentada sobre una base paleozoica (era primaria). La Meseta costera, que representa la parte externa de este conjunto, en el borde meridional del Gharb, consiste en una meseta ligeramente inclinada hacia el océano, cuyo zócalo hercínico (pizarras, areniscas y cuarcitas) está cortado por una red de fallas NE-SW. Está cubierta en algunos lugares por formaciones subtabulares secundarias, terciarias y cuaternarias (basalto, arcilla y sal del Permo-Triásico, marga y arenisca del Cretácico y Mioceno).

La zona de estudio forma parte del dominio estructural de la Meseta Costera, más concretamente de la base paleozoica de Chaouïa. Se trata del rígido basamento hercínico que forma el lecho de roca de las mesetas centrales de Marruecos.

El lecho rocoso está formado por material paleozoico completamente impermeable en su núcleo o muy poco permeable en la franja superior meteorizada. Las formaciones predominantes son esquistos y cuarcitas con areniscas asociadas. El conjunto del terreno se atribuye al Cámbrico y Ordovícico. A excepción del extremo suroccidental, cerca de Azemmour y del río Oum-Er-Rbia, donde el Cuaternario se apoya sobre la marga del Cenomaniense (Cretácico Medio), las formaciones primarias constituyen el omnipresente lecho rocoso de 5 a 30 m de espesor sobre el que se apoya el Cuaternario antiguo y reciente (areniscas marinas y dunas consolidadas). La cubierta cretácica aflora en el suroeste, en el valle inferior del Oum Er-Rbia, en forma de depósitos de margas que continúan hacia el noreste bajo un recubrimiento pliocuaternario hasta Tninechtouka.

El Paleozoico está cubierto por arenas dunares consolidadas, calcarenitas y calizas areniscas del plioceno. Por último, los materiales más recientes del Cuaternario consisten en una cubierta pelicular de conglomerados, limos y arenas arcillosas. Con excepción de la tectónica que afectó al basamento paleozoico, no se registró ningún accidente posterior.

Al nivel del emplazamiento donde se instalará la planta desaladora, la llanura rocosa aflora en varios puntos, lo que indica que el espesor de la capa sedimentaria cuaternaria es muy escasa.

3. RECONOCIMIENTO Y PARAMETRIZACIÓN DEL TERRENO

3.1. ENSAYOS DE CAMPO

La campaña de reconocimiento geotécnico a nivel de la Planta Desaladora proyectada se realizó mediante seis calicatas (denominadas SM) que se llevaron hasta la máxima profundidad que fue posible excavar con métodos convencionales, y dos sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo de 10,0m y 15,0m de profundidad (denominados SC1 y SC2, respectivamente). En la Tabla 4 se puede observar las coordenadas correspondientes a cada punto de reconocimiento, la profundidad máxima alcanzada y los edificios que se proyectan construir en este punto en concreto y en la Figura 8 se muestra la localización en planta de cada uno de estos puntos.

Tabla 4: Las coordenadas Lambert de los sondeos de la campaña de reconocimiento geotécnico

Sondeos	Coordenadas Lambert		Profundidad de cada sondeo
SM1	X=256014,4	Y=319562,0	2,5 m
SM2	X=255936,1	Y=319701,0	3,5 m
SM3	X=255895,6	Y=319835,1	3,2 m
SM4	X=255944,9	Y=319972,9	3,2 m
SM5	X=255794,7	Y=319790,0	3,0 m
SM6	X=255568,6	Y=319621,7	3,0 m
SC1	X=255769,3	Y=319550,2	10,0 m
SC2	X=255553,5	Y=319877,5	15,0 m

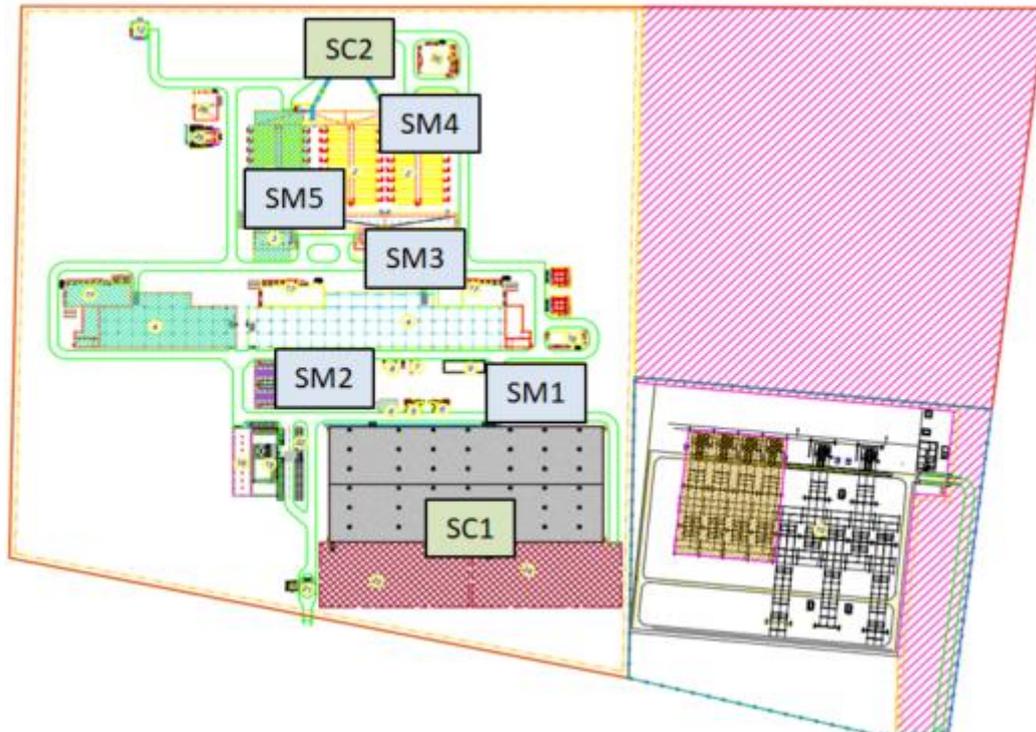


Figura 8: Localización de los puntos de reconocimiento de la campaña geotécnica de las calicatas SM1 a SM6 y los sondeos mecánicos SC1 y SC2 en la parcela objeto de este estudio.

Fuente. Elaboración propia a partir del plano nº 01 de la distribución de los distintos componentes de la desaladora.

3.1.1. CALICATAS

Una calicata es una excavación que se realiza manualmente o con maquinaria ligera, consiste en cavar un agujero vertical en el suelo para examinar las diferentes capas y estratos del subsuelo, donde se pueden tomar muestras del suelo para su posterior análisis en el laboratorio.

Las calicatas son especialmente útiles para obtener información detallada sobre las características del suelo a profundidades relativamente poco profundas.

Los suelos identificados en cada una de las calicatas definen la estratigrafía local que se muestra en la Tabla nº 5, cuyas secciones transversales detalladas se muestran en el anejo 2.

Tabla 5: Descripción litoestratigráfica de los materiales encontrados en las calicatas

Calicatas	Descripción del material de los estratos existentes	Nivel Freático
SM1	0.00-0.60m: Limo arcilloso parduzco. 0.60-2.50m: Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas. Desde 2.50m: Arenisca dura amarillenta.	No se detecta
SM2	0.00-0.60m: Limo arcilloso parduzco. 0.60-2.80m: Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas. 2.80-3.50m: Limo margoso verdoso a amarillento. Desde 3.50m: Arenisca dura amarillenta.	No se detecta
SM3	0.00-0.60m: Limo arcilloso parduzco. 0.60-3.20m: Limo areno-gravoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas. Desde 3.20m: Arenisca dura amarillenta.	No se detecta
SM4	0.00-0.60m: Limo arcilloso parduzco. 0.60-0.80m: Arenisca dura con costras calcáreas. 0.80-3.20m: Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas. Desde 3.20m: Arenisca dura amarillenta.	No se detecta
SM5	0.00-0.50m: Limo arcilloso parduzco. 0.50-0.80m: Costra calcárea dura tobácea blanquecina. 0.80-3.00m: Arenisca amarillenta a beige. Desde 3.00m: Arenisca amarillenta meteorizada.	No se detecta
SM6	0.00-0.60m: Limo arcilloso parduzco. 0.60-2.80m: Arenisca amarillenta a beige 2.80-3.00m: Arenisca arenosa amarillenta meteorizada. Desde 3.00m: Arenisca meteorizada amarillenta.	No se detecta

3.1.2. SONDEOS MECÁNICOS

Los sondeos mecánicos con extracción de testigos son un método de exploración geotécnica que utiliza una maquinaria especializada, como una perforadora, para perforar el suelo y extraer testigos cilíndricos de la muestra del subsuelo. Durante el proceso de perforación, se extraen muestras continuas del suelo en forma de testigos que se conservan y se envían al laboratorio para su análisis detallado. Estos testigos permiten una evaluación precisa de las características físicas y mecánicas del suelo, como la composición, la densidad, la permeabilidad y la resistencia al corte. Son útiles para obtener información más detallada y precisa sobre las propiedades del suelo a mayores profundidades.

Los suelos identificados en cada uno de los sondeos mecánicos definen la estratigrafía local que se muestra en la Tabla 6, cuyas secciones transversales detalladas se muestran en el anejo 2, y en las figuras 9 y 10.

Tabla 6: Descripción litoestratigráfica del material extraído de los sondeos

Sondeos mecánicos	Descripción del material de los estratos existentes	Profundidad del Nivel freático
SC1	0.0-0.5m: Limo arcilloso parduzco.	6.5m/TN
	0.5-0.7m: Costra calcárea tobácea blanquecina.	
	0.7-2.0m: Limo arenoso blanquecino con costras calcáreas.	
	2.0-2.8m: Arenisca dura amarillenta.	
	2.8-3.0m: Marga limosa verdosa.	
	3.0-4.0m: Esquisto fracturado duro grisáceo.	
SC2	0.0-0.5m: Limo arcilloso parduzco.	4.5m/TN
	0.5-1.0m: Costra calcárea blanquecina.	
	1.0-4.5m: Arena limosa amarillenta a blanquecina.	
	4.5-4.6m: Incrustación de arenisca porosa amarillenta.	
	4.6-15.0m: Esquisto fracturado grisáceo duro.	



Figura 09: Muestra de material extraído del sondeo mecánico SC1 de 6 a 10 m/TN
Fuente. Anejo 2: Secciones litológicas



Figura 10: Muestra de material extraído del sondeo mecánico SC2 de 6 a 15 m/TN
Fuente. Anejo 2: Secciones litológicas

3.2. ENSAYOS LABORATORIOS

3.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las pruebas de identificación efectuadas en muestras reelaboradas y extraídas de los sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo, presentando las siguientes características físicas (Tabla7):

Tabla 7: Análisis de granulometría, límites de Atterberg y su clasificación según Le Guide Marocain pour des Terrassements Routières (Guía Marroquí para obras de carretera, GMTR).

Sondeos	Litología / Material	Humedad % NM ISO 17892-1	Análisis granulométrico NM ISO 17892-4			Límites de Atterberg NM ISO-13.1.007			Clasificación
			<0.08 mm	<2 mm	<50 mm	LL	LP	IP	Según GMTR
SM1: 0,60 hasta 2,50 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	11,2	29,7	96	100	-	-	NP	B5
SM2: 0,60 hasta 2,80 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	10,2	17	96,7	100	-	-	NP	B5
SM2: 2,80 hasta 3,50 m	Limo margoso verdoso a amarillento	17,3	72,8	92,4	100	37	18	19	A2
SM3: 0,60 hasta 3,20 m	Limo areno-gravoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	5,4	7,7	76,8	95,3	-	-	NP	C1-B3
SM4: 0,80 hasta 3,20 m	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	6,5	12,3	79,7	100	-	-	NP	B5
SM5: 0,80 hasta 3,00 m	Arena amarillenta a beige	4,5	7,1	56,5	94,2	-	-	NP	C1-B3
SM6: 0,60 hasta 2,80 m	Arena amarillenta a beige	5,6	7,7	52,2	79	-	-	NP	C1-B3
SC1: 0,70 hasta 2,00 m	Limo arenoso blanquecino con costras calcáreas	10,3	23,3	93	100	-	-	NP	B5
SC2: 1,00 hasta 4,50 m	Arena limosa amarillenta a blanquecina	10,6	26,8	99,3	100	-	-	NP	B5

Con:

A2: Subclase de suelos finos moderadamente plásticos.

B5: Subclase de arenas y gravas muy limosas.

B4: Subclase de gravas arcillosas bajas.

B3: Subclase de gravas limo arenosas.

C1: Subclase que contiene suelos con finos y grandes elementos no estructurados.

NP: No plástico

La Tabla nº 8 muestra la interpretación de las diferentes clases de suelo según la guía marroquí de cimentaciones para obras de carretera.

Tabla 8: Interpretación de resultados según "Le Guide Marocain pour des Terrassements Routières (GMTR)".

<p align="center">Clase A Suelos finos</p>	<p>Contiene suelos finos que tienen un diámetro máximo menor a 50 mm y un tamaño de tamiz de 80 m mayor a 35%. Contiene subclases en función del grado de plasticidad: A2: subclase de suelos finos moderadamente plásticos (limos arcillosos) son formaciones con $12 < IP < 25$. Esta clase se caracteriza por: un tamizado con un diámetro máximo menos a 50 mm; un tamizado de 80 m mayor a 35% y un índice de plasticidad $12 < IP < 25$.</p>
<p align="center">Clase B Suelos arenosos o de grava con finos</p>	<p>Contiene suelos arenosos y de grava con finos con un diámetro máximo menor a 50 mm y un tamaño de tamiz a 80 m inferior o igual al 35%. Contiene las siguientes subclases: B5; B3, en función de la importancia y características de los finos y de la importancia de la fracción arenosa. El conjunto de esta subclase se presenta del siguiente modo: B5: Subclase de gravas poco arcillosas: son formaciones con un tamiz de 80 m comprendido entre el 12% y el 35%; un tamiz de 50 m menor a 100%; un índice de plasticidad menor o igual a 12. B3: Subclase de gravas limo-arenosas: son formaciones con un tamaño de tamiz de 80 m inferior al 12%; un tamiz de 2 m menor a 70%; un índice de plasticidad menor de 12 y un VBS.</p>
<p align="center">Clase C Materiales de relleno y depósitos detríticos</p>	<p>Contiene suelos con elementos finos y gruesos con un diámetro máximo mayor a 50 mm. Estos suelos constan de una única subclase C1 que contiene material no estructurado (donde 0/50 representa más del 70% del 0/D). Estos suelos constan de una única subclase C1 que contiene material no estructurado (donde 0/50 representa más del 70% del 0/D).</p>

3.2.2. MATERIALES DE RELLENO

Según la clasificación de la GMTR (Guide Marocain pour les Terrassements Routières) :

- Todos los suelos tobáceos de las clases Tc y Tf, excepto los del tipo B1 y B2 (con VBS < 1,5) y el tipo A4.
- Los suelos gravosos de las clases: B, D, CA, CB, excepto los suelos: D1, B1, B2 (con VBS < 1,5), CA3, CA4, CB1 y CB2 (con VBS < 1,5).
- Suelos finos de las clases A1, A2.

De las pruebas de identificación se desprende que los materiales resumidos en la tabla anterior tienen buenas propiedades de compactación y, por tanto, pueden utilizarse como relleno. Sin embargo, es aconsejable realizar bancos de pruebas con ensayos de compactación antes de cualquier uso final.

3.2.3. PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS

Se han extraído muestras de las principales capas encontradas en los sondeos y se ha medido su densidad, incluido el contenido de agua.

Tabla 9: Densidad aparente y peso específico de los suelos.

Profundidad	Descripción del material	Densidad aparente T/m ³	Peso específico (γ) KN/m ³
SM1: 0,6 hasta 2,5 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	1,83	17,93
SM2: 0,6 hasta 2,8 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	1,82	17,83
SM2: 2,8 hasta 3,5 m	Limo margoso verdoso a amarillento	1,84	18,03
SM3: 0,6 hasta 3,2 m	Limo areno-gravoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	1,87	18,32
SM4: 0,8 hasta 3,2 m	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	1,91	18,71
SM5: 0,8 hasta 3,0 m	Arena amarillenta a beige	1,85	18,12
SM6: 0,6 hasta 2,8 m	Arena amarillenta a beige	1,89	18,51
SC1: 0,7 hasta 2,0 m	Limo arenoso blanquecino con costras calcáreas	1,98	19,40
SC1: 2,8 hasta 3,0 m	Margo limoso verdoso	1,83	17,92
SC2: 1,0 hasta 4,5 m	Arena limo arenosa amarillenta a blanquecina	1,86	18,22

3.2.4. DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DE LA ROCA

La densidad aparente, o densidad, es la masa de una unidad de volumen de suelo/roca (granos + agua + aire).

La porosidad es el conjunto de huecos (poros) en un material sólido, estos huecos están rellenos por fluidos (líquido o gas).

Estos datos se pueden consultar en la Tabla nº10

Tabla 10: Densidad aparente y porosidad.

Profundidad	Descripción del material	Densidad Aparente T/m ³	Porosidad
SM1: A partir de 2,5 m	Arenisca dura amarillenta	2,22	36,4
SM1: A partir de 3,5 m	Arenisca dura amarillenta	2,16	37,5
SM3: A partir de 3,2 m	Arenisca dura amarillenta	2,09	37,3
SM4: A partir de 3,2 m	Arenisca dura amarillenta	2,11	33,8
SM5: A partir de 3,2 m	Arenisca alterada amarillenta	2,12	35,7
SM6: 2,8 hasta 3,0 m	Arenisca alterada arenosa amarillenta	2,14	38,6
SC1: 2,0 hasta 2,8 m	Arenisca porosa dura amarillenta	2,45	32,4
SC1: 3,0 hasta 4,0 m	Esquisto poroso fracturado grisáceo	2,48	14,7
SC1: 4,0 hasta 10,0 m	Esquisto duro fracturado grisáceo	2,52	10,8
SC2: 4,6 hasta 10,0 m	Esquisto duro fracturado grisáceo	2,55	13,6
SC2: 10,0 hasta 15,0 m	Esquisto duro fracturado grisáceo	2,57	10,2

3.3. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD

Sobre muestras tomadas de las capas encontradas en los sondeos mecánicos, se han efectuado ensayos edométricos, que proporcionan información sobre el asentamiento del suelo bajo cargas aplicadas y el tiempo que lleva para que el suelo se consolide por completo. Esta información es crucial para el diseño de cimentaciones y estructuras, ya que permite predecir y controlar los asentamientos y deformaciones que pueden ocurrir en el suelo.

En la tablas nº 11, nº12 y nº 13, se observan los resultados de los ensayos edométricos, cuyos gráficos se adjuntan en el informe de la prueba en el anejo 3.

Tabla 11: Ensayo edométrico.

Procedencia	Descripción del material	Ensayo edométrico NM 13.1.003			
		σ_c (KPa)	C_c	C_g	P_g (KPa)
SM1: 0,6 hasta 2,5 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	27	0,1	0,01	1,0
SM2: 2,8 hasta 3,5 m	Limo margoso verdoso a amarillento	34	0,1	0,02	9,1
SM5: 0,8 hasta 3,0 m	Arena amarillenta a beige	56	0,1	0,01	9,1

Con:

Cc: Coeficiente de compresibilidad.

Cg: Coeficiente de hinchamiento.

σ_c : Presión de pre-consolidación.

Pg: Presión de hinchamiento.

Tabla 12: Clasificación del potencial de hinchamiento

Procedencia	Descripción del material	Capacidad de hinchamiento
SM1: 0,6 hasta 2,5 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	Capacidad de hinchamiento baja
SM2: 2,8 hasta 3,5 m	Limo margoso verdoso a amarillento	Capacidad de hinchamiento baja
SM5: 0,8 hasta 3,0 m	Arena amarillenta a beige	Capacidad de hinchamiento baja

Tabla 13: Clasificación del potencial de hinchamiento
BRE 1980 (Building Research Establishment 1980)

Presión de hinchamiento (KPa)	Capacidad de hinchamiento
1000	Muy elevada
250 hasta 500	Elevada
150 hasta 250	Media
< 50	Baja

Después de analizar los resultados obtenidos, se observa que los suelos del emplazamiento son poco o moderadamente compresibles; con una capacidad de hinchamiento baja.

La clasificación según el manual de mecánica de los suelos:

$C_c < 0,02$: suelo incompresible.

$0,02 < C_c < 0,05$: suelo de muy baja compresibilidad.

$0,05 < C_c < 0,10$: suelo de baja compresibilidad.

$0,10 < C_c < 0,2$: suelo moderadamente compresible.

$0,2 < C_c < 0,3$: suelo bastante compresible.

$0,3 < C_c < 0,5$: suelo muy compresible.

$C_c > 0,500$: suelo extremadamente compresible.

En suelos que están por encima del nivel freático ni tiene sentido hacer ensayos edométricos porque estos ensayos se realizan para poder calcular los asentamientos por consolidación y solo pueden producirse en suelos saturados que no es el caso, porque el nivel freático está más profundo que las muestras a las que se les ha realizado estos ensayos. En este caso deberían facilitarse los parámetros elásticos del terreno porque este será el tipo de deformaciones que se produzcan en este caso.

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA

Según los ensayos mecánicos realizados (ensayo de corte directo) sobre las muestras obtenidas de los sondeos efectuados, cuyos resultados se resumen en la tabla siguiente y en los gráficos adjuntos en el informe de pruebas en el anejo 3:

Tabla 14: Ensayo de corte directo en diferentes zonas del terreno de la planta desaladora.

Procedencia	Descripción del material	Ensayo de Corte directo NCR NM ISO 17892-10 (2019)	
		C' KPa	ϕ' °
SM1: 0,60 hasta 2,50 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	19,3	31
SM2: 2,80 hasta 3,50 m	Limo margoso verdoso a amarillento	26,4	29
SM5: 0,80 hasta 3,00 m	Arena amarillenta a beige	13	35

Por lo tanto, según los resultados obtenidos, consideramos que los suelos existentes tienen un ángulo de fricción de medio a alto y una cohesión de baja a media y una compresibilidad de baja a media con un potencial de hinchamiento bajo.

3.4. PRUEBAS IN SITU

3.4.1. ENSAYO PRESIOMÉTRICO

Para complementar los ensayos de laboratorio en la evaluación de las características mecánicas del suelo in situ, se realizaron pruebas presiométricas a la altura del sondeo mediante el presiómetro Menard que se describe en la norma NF P 94-110-1.

Este ensayo tiene como objetivos:

- La caracterización del suelo, ya que proporciona información sobre las propiedades mecánicas del suelo, como su capacidad de deformación, resistencia y compresibilidad.
- El diseño de cimentaciones se utiliza para evaluar la capacidad portante del suelo y determinar la presión admisible para el diseño de cimentaciones, y permite también estimar la capacidad de carga de suelo y la distribución de esfuerzo bajo una carga vertical.
- Evaluación de asentamientos, permite estimar la deformación del suelo y evaluar los posibles asentamientos diferenciales en un sitio de construcción.
- Estimación de parámetros geotécnicos importantes como el módulo de compresibilidad y el módulo de elasticidad, que son parámetros muy importantes para evaluar la respuesta del suelo ante diferentes cargas y condiciones.

El presiómetro de Menard consiste en una sonda cilíndrica de acero o aluminio que se introduce en el suelo mediante una perforación previa. La sonda está equipada con una vejiga flexible, que se expande mediante la inyección de agua o aire a presión controlada. La expansión de la vejiga genera una presión radial en el suelo circundante, lo que permite medir su resistencia y deformabilidad.

El ensayo con el presiómetro de Menard se realiza aplicando incrementos de presión a la vejiga y midiendo la deformación resultante del suelo. Estos datos se registran y se utilizan para construir una curva de presión-deformación, conocida como curva presiométrica. A partir de estas curvas se puede determinar las siguientes características del presiómetro:

- Presión límite: P_l que caracteriza la resistencia a la rotura del suelo.
- Presión de fluencia: P_f que define el límite entre el comportamiento pseudoelástico y el estado plástico.
- Módulo presiométrico: EM que define el comportamiento pseudoelástico del suelo.

De acuerdo a la metodología que se utilice para la introducción de la sonda en el terreno, el presiómetro usado en este ensayo se clasifica como sonda que se introduce en un sondeo realizado previamente con el mayor cuidado de alterar lo menos posible las características naturales del suelo. Se le denomina PBP (del inglés, pre-bored pressuremeter). (Figura nº 11)

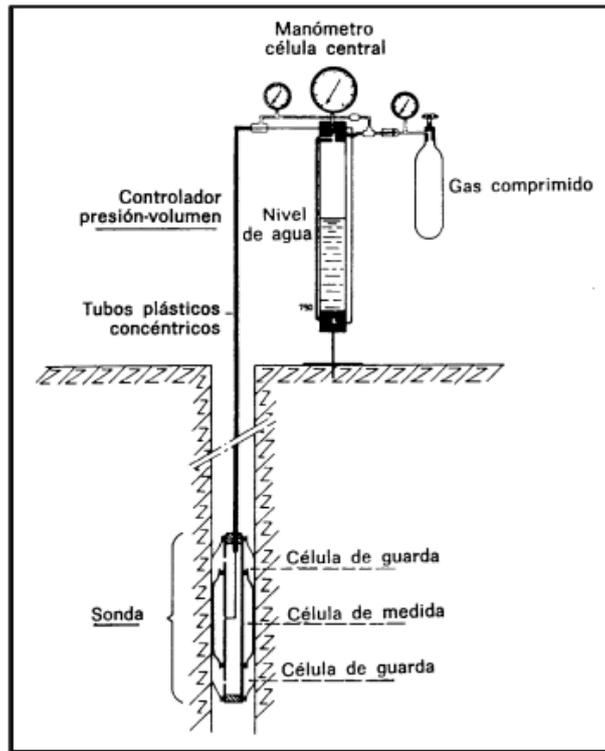


Figura 11: Equipo presiométrico de Menard
Fuente. Ensayos geotécnicos in situ. IGEOEST

Una de las ventajas del presiómetro de Menard es que se puede utilizar tanto en suelos cohesivos como en suelos granulares. Además, permite obtener datos en diferentes profundidades del suelo, lo que permite una caracterización más detallada del subsuelo. También es una herramienta versátil que se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones geotécnicas, como el diseño de cimentaciones, el análisis de estabilidad de taludes y la evaluación de asentamientos.

Para obtener un perfil de presión para cada sondeo, la prueba se realizó a varias profundidades, cuyos detalles se resumen en la tabla nº 15 y las figuras nº 12 y nº 13:

Tabla 15: Coeficiente de deformabilidad del terreno

Sondeos	Litología / Material	Pf (min). Pf (max) MPa	PI* (min) ; PI* (max) MPa	EM (min). EM (max) MPa	EM/PI*
SC1	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	1,39	2,36	21,3	9
	Arenisca porosa y dura	2,57	4,37	46,5	11
	Esquisto fracturado duro grisáceo	4,54 - 4,93	4,88 - 4,93	79,8 - 154,6	18 - 32
SC2	Arena limosa amarillenta a blanquecina	1,19 - 2,14	2,02 - 2,94	18,2 - 47,5	9 - 10
	Esquisto fracturado duro grisáceo	4,81 - 4,93	4,81 - 4,93	86,5 - 192,6	18 - 10

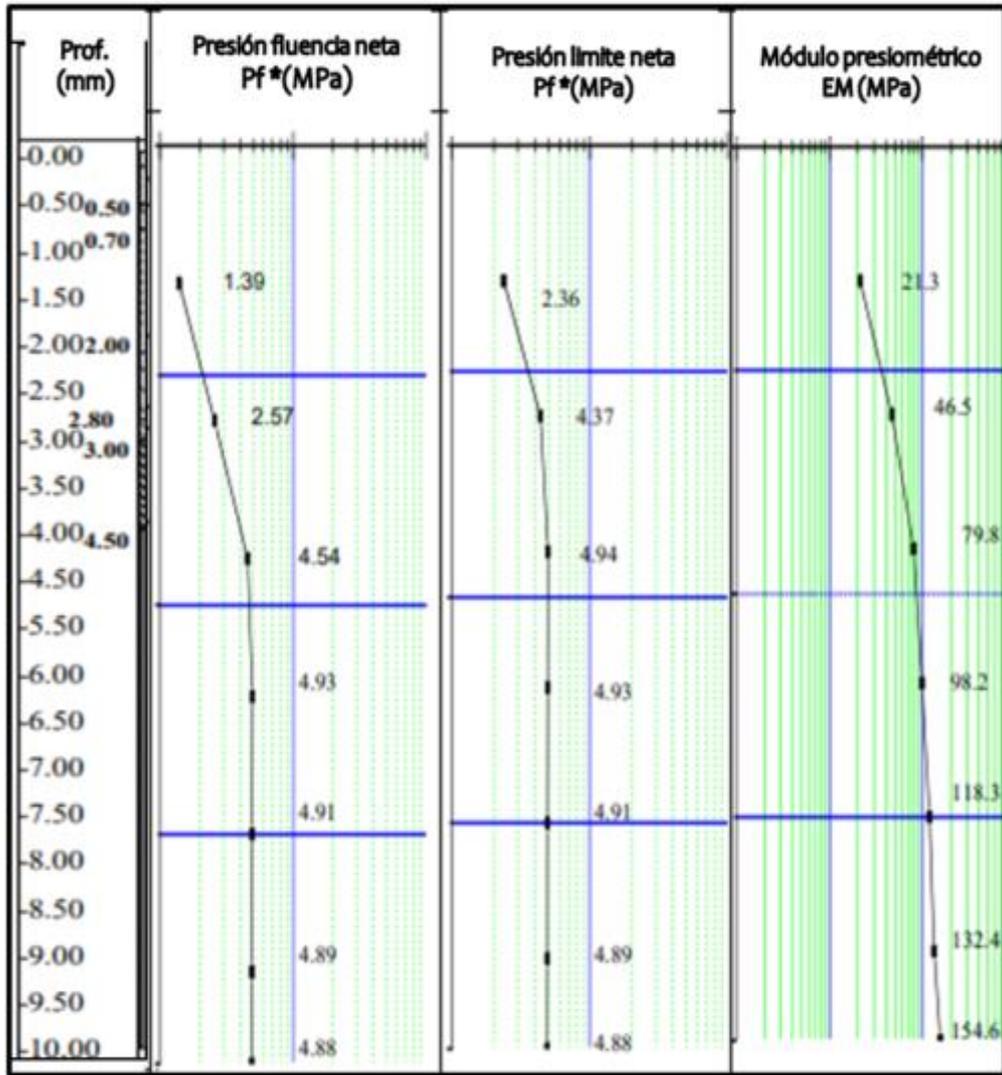


Figura 12: Curvas presiométricas del sondeo mecánico SC1
 Fuente. Anejo 3: Información de partida

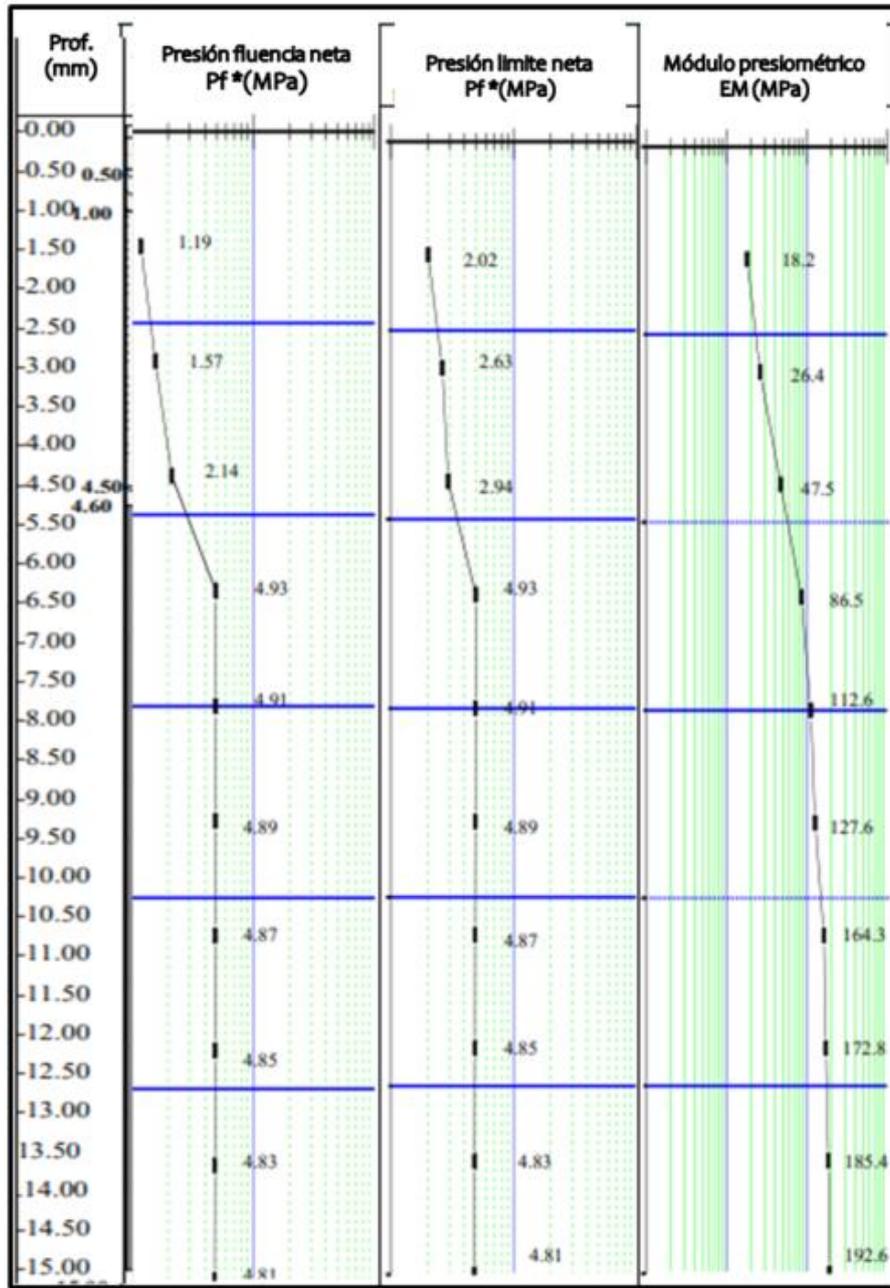


Figura 13: Curvas presiométricas del sondeo mecánico SC2
 Fuente. Anejo 3: Información de partida

Para visualizar mejor las curvas presiométricas, en las actas de ensayo se muestran detalladamente los resultados de las pruebas presiométricas in situ. Anejo 3

Como resultados a todos los ensayos y pruebas realizadas en este objeto de estudio, se reúne la información siguiente:

Se trata de un terreno compuesto de suelo granular, limo arcilloso, arenisca dura y porosa, esquisto duro y fracturado.

Terreno que presenta una elevada resistencia geomecánica, por tanto desde el punto de vista de la capacidad portante, se puede utilizar cualquiera de estos tres tipos de terreno como suelo de apoyo para cimentaciones superficiales o semiprofundas.

En la figura nº 14, se observa en el plano estratigráfico de los sondeos mecánicos SC1 y SC2 la estratigrafía del terreno, las diferentes capas de suelo con sus espesores y donde se encuentra exactamente el nivel freático.

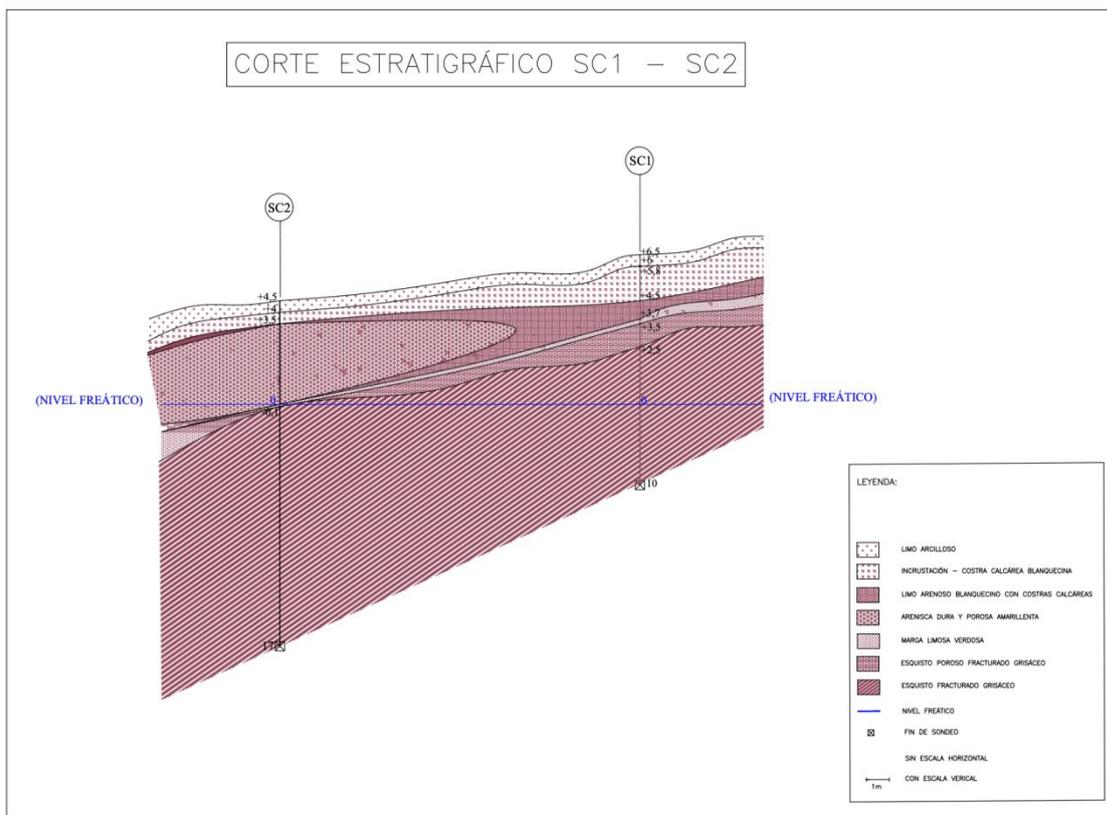


Figura 14: Plano estratigráfico de los sondeos mecánicos SC1 Y SC2
Fuente. Elaboración propia.

4. DISEÑO GEOTÉCNICO

4.1. TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN Y PLANO DE APOYO

Las cimentaciones superficiales suelen ser las más utilizadas especialmente en edificación pues presentan un menor coste por carga soportada y una facilidad de ejecución, los esfuerzos se transmiten en su totalidad al terreno a través de su base de contacto y originan unas distribuciones que se consideran normalmente planas, no debe rebasarse la capacidad portante del terreno y la estructura debe admitir las deformaciones producidas.

En la figura nº15, la esbeltez (D/B) debería ser menor a 4, aunque a veces se considera menor a 5, o bien que la profundidad sea menor a 3 metros.

D es a la profundidad a la que se encuentra en contacto entre la cimentación y el terreno y B es la dimensión menor de la cimentación en planta.

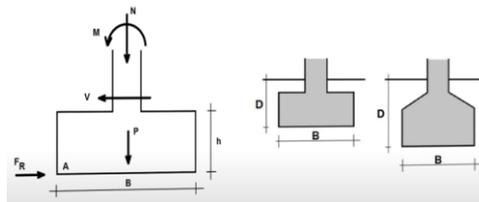


Figura 15: cimentación superficial

Las zapatas son cimentaciones superficiales indicadas para cimentar elementos aislados de una estructura tales como pilares o muros, se pueden clasificar en función de su manera de trabajo tal y conforme vamos a ir describiendo a continuación.

Una zapata aislada es una cimentación puntual que recibe solo un sistema de carga como son los pilares tal y conforme se observa en la figura nº, se emplea en terreno firme y competente transmitiendo una tensión de media alta y provocando asientos pequeños o moderados, además hay que tener en cuenta que la cimentación más económica es sobre roca o suelos con tensiones admisibles habituales superiores a $0,15 \text{ N/mm}^2$, por tanto no se recomienda para terrenos blandos y cargas grandes.

La ejecución debe cuidar las profundidades y estabilidad de la excavación, la limpieza del fondo y la posibilidad de lluvias.



Figura 16: cimentación superficial tipo zapata aislada

Las losas o placas de cimentación se caracterizan porque la dimensión en planta es mucho mayor que el canto, se utiliza cuando la superficie de las zapatas supera el 50% de la superficie de la planta (se aconseja para edificios cuya cota inferior se sitúe por debajo del nivel freático, así cuando se quieren reducir los asentamientos diferenciales). También son útiles cuando la capacidad portante del terreno es escasa y en construcciones donde la superficie es pequeña con relación al volumen como por ejemplo tanques, depósitos o silos, como en algunos edificios de este proyecto.

Como podemos observar en la Figura 16 es necesario emplear bombas de hormigón cuando se quiere hormigonar una losa de grandes dimensiones, en estos casos hay que prever equipos para garantizar el vertido continuo y minimizar el número de juntas de trabajo.



Figura 17: cimentación superficial tipo losa

Las conclusiones más importantes que se pueden destacar son las siguientes:

- Las cimentaciones superficiales se caracterizan porque transmiten la totalidad de las acciones de la estructura a través de su base de contacto.
- La zapata es la cimentación superficial más sencilla.
- Se debe disponer una losa de cimentación cuando la superficie de las zapatas supera el 50% de la planta o en estructuras altas.

Como resultados de los ensayos realizados y comentados anteriormente, se obtiene una configuración estratigráfica del emplazamiento que se compone en general de un primer estrato de suelo residual de naturaleza granular, limo areno-arcilloso con encostramientos calcáreos, y bajo este estrato dos tipos de roca, arenisca dura porosa y esquisto fracturado duro grisáceo. Cualquiera de estos tres tipos de materiales presenta una elevada resistencia geomecánica, es decir, que son terrenos con altas características globales de límite de rotura y de deformabilidad.

Por lo tanto, desde el punto de la capacidad portante, es posible utilizar el terreno como plano de apoyo para cimentaciones superficiales o semiprofundas colocadas sobre un hormigón de limpieza.

En la tabla nº 16, se resume la información referida al tipo de cimentación que se recomienda, en la cuarta columna, que será una cimentación superficial tipo losa de cimentación o zapata aislada para los diferentes edificios o tanques de la planta, y en la segunda y tercera columna, se caracteriza el suelo de asiento y la profundidad a partir de la cual se encuentra el terreno sobre el cual se va a apoyar la cimentación de cada edificio o tanque.

Tabla 16: Tipología de la cimentación

Obra proyectada	Suelo de asiento	Prof.	Tipología de Cimentación
Edificio de administración, Laboratorio, Taller	Limo amarillento con costras calcáreas	a 2 m	Zapata aislada (Base maciza)
	Arenisca dura porosa	a 2,5 m	
Edificio eléctrico Osmosis Inversa	Limo arenoso y limo margo verdoso con costras calcáreas	a 2,5 m	Zapata Aislada
	Arenisca dura porosa	a 3,5 m	
Edificio de filtraciones, Osmosis Inversa	Limo arenoso con costras calcáreas	a 2,5 m	Losa de cimentación (Base maciza)
	Arenisca dura porosa	a 3,2 m	
Edificio de sistema ultrafiltración	Arena amarillenta a beige	a 2,5 m	Losa de cimentación (Base maciza)
	Arenisca dura porosa	a 3,0 m	
Edificio eléctrico Subestación	Arena amarillenta a beige	a 2,5 m	Zapata aislada (Base maciza)
	Arenisca dura porosa	a 3,0 m	
Tanque de agua tratada	Esquisto fracturado duro grisáceo	a 3,0 m	Losa de cimentación (Base maciza)
Estación de bombeo de agua de mar	Esquisto fracturado duro grisáceo	a 4,5 m	Losa de cimentación (Base maciza , porosa) (nivel freático)

4.2. COMPROBACIONES TÉCNICAS

Para las comprobaciones técnicas se ha utilizado dos métodos de cálculo uno de ellos es de estados límites últimos (ELU) que determina la capacidad portante y otro de estados límites de servicio (ELS) que determina la deformabilidad.

Para los sondeos mecánicos el método de cálculo se basa sobre los resultados de los parámetros proporcionados por los ensayos presiométricos porque son los ensayos que se han hecho en el interior de los sondeos, mientras que para los edificios y tanques que coinciden con los puntos donde se hicieron los sondeos manuales el método o el sistema de cálculo que se utiliza es la fórmula de Terzaghi convencional basándose sobre los resultados del ensayo de corte directo.

Los cálculos detallados se incluyen en el anejo 4 y que a continuación se presenta esta información resumida en el siguiente orden:

La tensión admisible y de servicio (ELU) y el asiento total (ELS) para los edificios siguientes:

- Tanque de agua tratada, (agua producto)
- Estación de bombeo de agua de mar
- Edificio de administración y taller
- Edificio eléctrico de osmosis inversa
- Subestación eléctrica
- Edificio de filtraciones de osmosis inversa
- Edificio de sistema de ultrafiltración

4.2.1. E.L.U: CAPACIDAD PORTANTE

4.2.1.1. MÉTODO PRESIOMÉTRICO

Resultados:

- Tanque de agua tratada, (agua producto)

Tabla 17: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Tanque de agua tratada, (agua producto)
Suelo de asiento	Esquisto fracturado duro grisáceo
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,114 MPa
Presión limite equivalente neta	4,74 MPa
De	4,6 m
De/B	0,03
Factor portante	1,01
Tensión admisible	1,7 MPa
Tensión de servicio	0,4 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Estación de bombeo de agua de mar

Tabla 18: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Estación de bombeo de agua de mar
Suelo de asiento	Esquisto duro fracturado grisáceo
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,267 MPa
Presión limite equivalente neta	4,87 MPa
De	8,4 m
De/B	0,3
Factor portante	1,06
Tensión admisible	2 MPa
Tensión de servicio	0,5 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

4.2.1.2. MÉTODO DE TERZAGHI

Aplicando la fórmula de Terzaghi, se obtienen los resultados en las tablas siguientes:

- Edificio de administración y taller:

Tabla 19: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Suelo de asiento	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,36 MPa
Angulo de fricción	31°
Cohesión	0,0193 MPa
Tensión admisible	0,39 MPa
Tensión de servicio	0,19 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de eléctrico de osmosis inversa:

Tabla 20: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Edificio eléctrico de osmosis inversa
Suelo de asiento	Limo arenoso amarillento a blanquecino y limo margo verdoso con costras calcáreas
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,46 MPa
Angulo de fricción	29°
Cohesión	0,0264 MPa
Tensión admisible	0,36 MPa
Tensión de servicio	0,18 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de subestación eléctrica:

Tabla 21: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Edificio de subestación eléctrica
Suelo de asiento	Arenisca amarillenta a beige
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,47 MPa
Angulo de fricción	35°
Cohesión	0,013 MPa
Tensión admisible	0,77 MPa
Tensión de servicio	0,25 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de filtraciones de osmosis inversa:

Tabla 22: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Edificio de filtraciones de osmosis inversa
Suelo de asiento	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,46 MPa
Angulo de fricción	29°
Cohesión	0,0264 MPa
Tensión admisible	0,37 MPa
Tensión de servicio	0,19 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de sistema de ultrafiltraciones

Tabla 23: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Edificio de sistema de ultrafiltraciones
Suelo de asiento	Arenisca amarillenta a beige
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,46 MPa
Angulo de fricción	35°
Cohesión	0,013 MPa
Tensión admisible	0,77 MPa
Tensión de servicio	0,25 MPa

Por tanto, verificada la condición de capacidad portante, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

4.2.2. E.L.S: DEFORMABILIDAD

4.2.2.1. MÉTODO PRESIOMÉTRICO

Según la norma aplicada para cimentaciones superficiales rígidas, la estimación de los asientos admisible a lo largo de su vida útil y se determinan según la fórmula de **Menard**:

$$S_f = S_c + S_d$$

Siendo S_f el asiento total, S_c el asiento que denomina la norma como asiento esférico que se corresponde con las deformaciones del terreno obtenidas con el método elástico, y S_d que se denomina asiento desviado y que se corresponde con los asientos permanentes o a largo plazo.

Resultados:

- Tanque de agua tratada, (agua producto)

Tabla 24: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Tanque de agua tratada, (agua producto)
Asiento esférico	0,0013 m
Asiento desviado	0,007 m
Asiento total	0,002 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Estación de bombeo de agua de mar

Tabla 25: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Estación de bombeo de agua de mar
Asiento esférico	0,007 m
Asiento desviado	0,002 m
Asiento total	0,009 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de administración y taller

Tabla 26: Resultados de los cálculos del método edométrico realizado para todos los sondeos manuales

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Asiento esférico	0,009m
Asiento desviado	0,050m
Asiento total	0,059 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio eléctrico de osmosis inversa

Tabla 27: Resultados de los cálculos del método edométrico realizado para todos los sondeos manuales

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Asiento esférico	0,009m
Asiento desviado	0,062m
Asiento total	0,071m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Subestación eléctrica

Tabla 28: Resultados de los cálculos del método edométrico realizado para todos los sondeos manuales

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Asiento esférico	0,009m
Asiento desviado	0,085m
Asiento total	0,175 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de filtraciones de osmosis inversa

Tabla 29: Resultados de los cálculos del método edométrico realizado para todos los sondeos manuales

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Asiento esférico	0,009m
Asiento desviado	0,098m
Asiento total	0,107 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

- Edificio de sistema de ultrafiltración

Tabla 30: Resultados de los cálculos del método edométrico realizado para todos los sondeos manuales

SONDEO MECÁNICO	Edificio de administración y taller
Asiento esférico	0,009m
Asiento desviado	0,082m
Asiento total	0,092 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

4.3. EXCAVABILIDAD

4.3.1. EXCAVACIONES EN TALUDES

La excavación se realiza directamente en el terreno, respetando la pendiente natural. La pendiente del talud depende de la naturaleza del suelo. Según el estudio geotécnico y los ensayos de laboratorio realizados, la naturaleza de los suelos encontrados son formaciones sueltas en superficie y formaciones rocosas en profundidad.

La pendiente del talud de la formación se estima mediante una simplificación de la fórmula de Terzaghi para estimar la altura de un talud de excavación. Esta fórmula se utiliza para determinar la altura del talud (H0) en función de la cohesión interna del suelo (C'), el peso específico aparente del suelo (γ) y el ángulo de inclinación del talud (α).

$$H0 = 2.67C' / \gamma (\tan \pi/4 - \alpha/2)$$

Resultados:

Tabla 31: Determinación del ángulo de inclinación

Tipo de suelo	Ángulo de inclinación α
suelo rocoso	56 °
suelo blando	34 °

Tabla 32: Determinación del ángulo de inclinación
Fuente: Elaboración propia. Norma DTU 12/NF P11.201

Nature du terrain (sec)	Angle de talus de la fouille		Angle de talus des remblais	
	d°	t / d (fig. 2)	d°	t / d (fig. 2)
Rocher compact	80°	1/5	45°	1/1
Rocher fissuré	55°	2/3	45°	1/1
Débris rocheux	45°	1/1	45°	1/1
Terres et pierres	45°	1/1	35°	3/2
Terre argileuse				
– terrain médiocre	45°	1/1	40°	5/4
– bon terrain	20°	3/1		
Gravier et sable	35°	3/2	35°	3/2
Sable fin	30°	2/1	30°	2/1
Limon	35°	3/2		
Limon argileux	30°	2/1		

Como se puede comprobar en la Tabla 33, para los suelos tales como limo arenoso amarillento con costras calcáreas, limo margoso verdoso, y demás suelos del mismo tipo, se recomienda una pendiente de talud de 3H/2V, y para los suelos rocosos tipo arenisca porosa y dura o esquisto fracturado y duro grisáceo, se recomienda una pendiente de talud de 2H/3V, como se ilustra en las tablas 31, 32 y 33.

Tabla 33: Determinación de la pendiente de talud

Procedencia	Descripción del material	Ensayo de Corte directo NCR NM ISO 17892-10		Pendiente del talud
		C' KPa	ϕ' °	
SM1: 0,60 hasta 2,50 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	19,3	31	3H/2V
SM2: 2,80 hasta 3,50 m	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	19,3	31	
SM2: 2,80 hasta 3,50 m	Limo margoso verdoso	26,4	29	
SM3: 0,60 hasta 3,20 m	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	19,3	31	
SM4: 0,80 hasta 3,20 m	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	13	35	
SM5: 0,80 hasta 3,00 m	Arenisca porosa y dura amarillenta	13	35	
SM6: 0,60 hasta 3,00 m	Arenisca porosa y dura amarillenta	24	31	2H/3V
SC1 Y Calicatas	Esquisto poroso y duro grisáceo	100 000 a 150 000	47	
SC1 Y SC2	Esquisto duro y fracturado grisáceo	160 000 a 200 000	50	

Como resumen, en esta figura nº 18 se puede observar que según el tipo de suelo, se usa una pendiente de talud u otra.

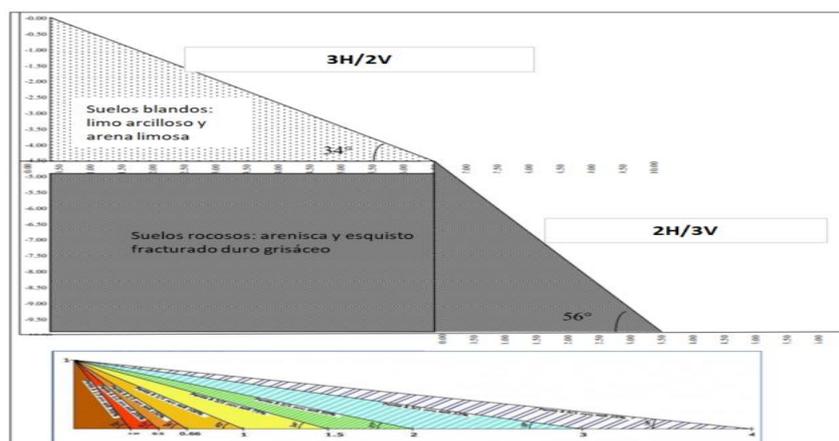


Figura 18: Estabilidad de los diferentes componentes de la planta desaladora

Fuente: Elaboración propia

4.4. MOVIMIENTOS DE TIERRA

Como en cualquier obra civil, los movimientos de tierra es un proceso fundamental en la construcción, que tiene como objetivo la nivelación de terreno creando superficies más planas o perfiles deseados para la construcción de la obra proyectada. Para ello implica la excavación o el relleno en diferentes áreas para lograr la uniformidad requerida.

En esta obra de proyecto se prepara el terreno para crear una superficie adecuada y estable sobre la cual se pueden construir los edificios y tanques, y el proceso se hará empezando con un desbroce de medio metro de tierra vegetal. Teniendo en cuenta el importante desnivel de la parcela es obvio que será necesario desmontar una parte de la misma y terraplenar otra para asegurar esta superficie plana por la que circulen personas, vehículos y equipamiento.

Por otro lado, según los datos obtenidos en laboratorio las propiedades del suelo a excavar son suficientemente buenas como para utilizar este mismo material en el terraplenado. Dada esta circunstancia, se ha tratado de hacer una cubicación lo más equilibrada posible entre desmonte y terraplén. Finalmente este balance se ha conseguido con las siguientes condiciones:

- Nivelación de la parcela a la cota +8.00 m
- Desmonte: 116 659,54 m³
- Terraplén: 116 476.06 m³

La figura 19 muestra de una manera gráfica las zonas donde será necesario desmontar (líneas rojas) y las zonas donde será necesario terraplenar (líneas verdes). Las líneas de la Figura 19 corresponden a perfiles de movimiento de tierras que se incluyen en el anejo 5

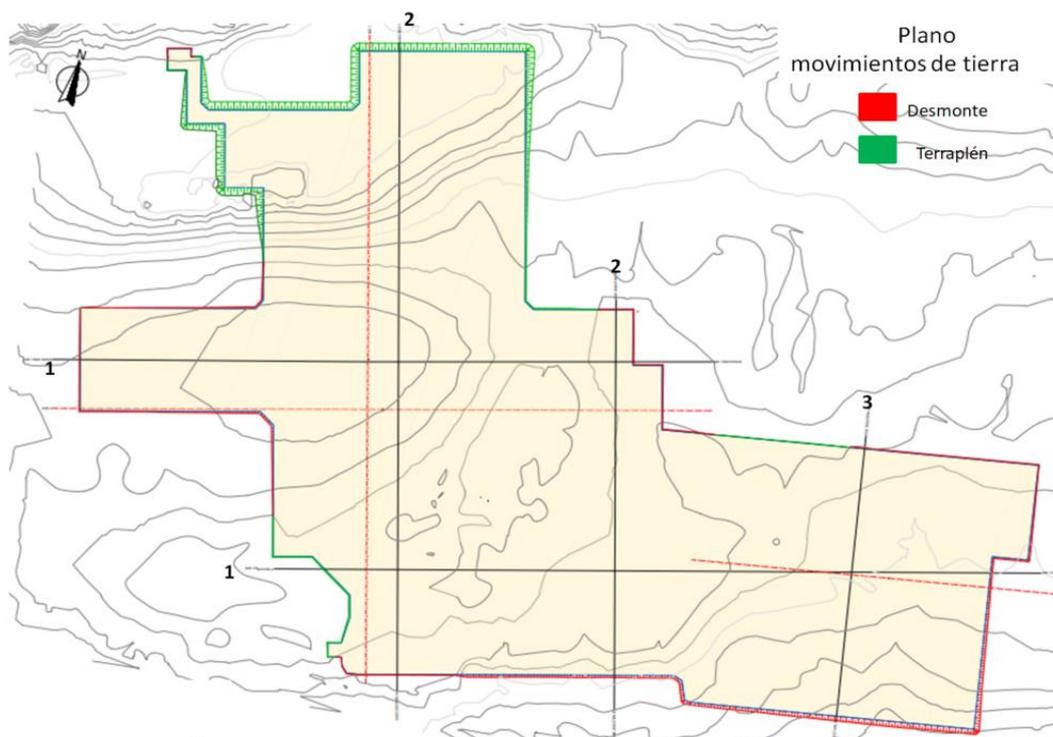


Figura 19: Plano de los movimientos de tierra de toda la planta desaladora
Fuente: Elaboración propia. Anejo 5: Movimientos de tierra

4.5. SISTEMA DE CONTENCIÓN

El sistema de contención no es necesario en este caso, ya que se hace la excavación en talud como fue explicado anteriormente dado que la parcela tiene dimensiones suficientemente grandes y la distancia entre edificios es lo suficientemente larga como para que la excavación necesaria para alcanzar los planos de apoyo de las cimentaciones de cada edificio pueda realizarse sin interferir en las de los edificios circundantes.

Por otro lado, como ya se he comentado el nivel freático queda por debajo de la cota de cimentación, o justo coincidiendo con ella lo que nuevamente justifica que no sea necesario emplear sistemas de contención puesto que el agua freática no influirá ni en la excavación ni en la ejecución de las estructuras de cimentación.

4.6. AGRESIVIDAD DEL MEDIO

4.6.1. AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL SUELO EN PRESENCIA DE LA CAPA FREÁTICA

La agresividad química se basa en la recopilación de información de la composición química de los medios con los que ciertos tipos de hormigón estarán en contacto. También depende de la naturaleza del suelo y si el número de capas encontradas homogéneas o heterogéneas.

4.6.2. ATAQUE QUÍMICO

Cuando el hormigón está expuesto a ataques químicos causados por los suelos, las aguas y los efluentes, las clases de exposición deben definirse según la Tabla 1 del FD P 18-011.

La elección de la clase se realiza en relación con la característica química que corresponde al ataque más severo al que estará expuesto el hormigón. La Tabla 1 del FD P 18-011 proporciona una clasificación de las clases de exposición en función de las características químicas de los suelos, las aguas y los efluentes a los que se enfrentará el hormigón.

Es fundamental determinar adecuadamente la clase de exposición adecuada para el hormigón para tener en cuenta los riesgos de ataque químico y seleccionar los materiales y métodos de construcción adecuados para garantizar la durabilidad y resistencia del hormigón en estas condiciones ambientales específicas.

Para los principales medios encontrados (medios que contienen sulfatos, agua de mar, medios ácidos, agua pura) y en función de la clase de agresividad química, se da una recomendación para la elección de los cementos en la tabla 34 según la normativa "Fascicule de Documentation FD P 18-011 "Bétons - Définitions et classification des environnements chimiquement agressifs – Recommandations pour la formulation des bétons".

Tabla 34: Clasificación de clases de exposición según el tipo de medio de ataque y definición del tipo de cemento
Fuente: Elaboración propia. Fascicule de Documentation FD P18-011

Milieu	Classe d'exposition	Choix du ciment
Milieu contenant des sulfates (solutions) à l'exclusion de l'eau de mer	XA1	pas de recommandations particulières
	XA2	(au-dessous de 1 500 mg/l) — ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — ciments conformes à la norme NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES)
		(au-dessus de 1 500 mg/l) — ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — ciments conformes à la norme NF P 15-319 (ES)
	XA3	— ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — ciments conformes à la norme NF P 15-319 (ES)
Milieu contenant des sulfates (sols)	XA1	pas de recommandations particulières
	XA2	— ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — ciments conformes à la norme NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES)
	XA3	— ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — ciments conformes à la norme NF P 15-319 (ES)
Milieux acides et eaux pures	XA1	— CEM II/B-S, CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM II/B-Q, CEM II/B-M (S-V), CEM III conformes à la norme NF EN 197-1 — ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 — ciments conformes à la norme NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES) — CEM IV/A et B conformes à la norme NF EN 197-1
	XA2	— CEM II/B-S, CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM II/B-Q, CEM II/B-M (S-V), CEM III conformes à la norme NF EN 197-1 ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 et aux exigences complémentaires données en 6.3 — CEM V conformes à la norme NF P 15-319 (ES) — CEM IV B conformes à la norme NF EN 197-1 — ciments conformes à la norme NF P 15-319 (ES)
	XA3	— CEM III/A, B et C, CEM V/A et B conformes à la norme NF P 15-319 — CEM IV/B conformes à la norme NF EN 197-1

Se recomienda completar el estudio con ensayos de agresividad de los suelos existentes y análisis químicos del nivel freático en la estación de bombeo de agua de mar y los tanques de agua potable in situ. Esto se hace con el fin de determinar la clase de exposición del hormigón que se debe adoptar para las estructuras proyectadas.

4.6.3. TIPO DE CEMENTO

El hormigón utilizado debe tener un comportamiento estable frente a grandes deformaciones reversibles. Las características mecánicas deben cumplir la normativa vigente para el hormigón armado. No obstante, la resistencia a compresión debe ser mayor o igual a 35 MPa.

El acero de refuerzo debe tener un alto límite elástico, f_y mayor o igual a 500 MPa y un coeficiente de seguridad de $\gamma_s = 1,15$.

5. VALORACIÓN ECONÓMICA

En esta última parte del trabajo se ha realizado una estimación de coste de las obras necesarias para llevar a cabo la cimentación de los diferentes edificios y tanques de la planta objeto de estudio.

De forma genérica, es necesario para establecer la valoración de una obra:

- Identificar y definir las distintas unidades de obra que intervienen.
- Realizar las mediciones de cada unidad de obra, con su unidad correspondiente.
- Saber el precio unitario de cada unidad de obra.
- Multiplicar el precio unitario de cada unidad por su medición.
- Obtener el presupuesto de ejecución material, en adelante PEM.

Para empezar, se identifican las distintas unidades de obra y se han agrupado en los siguientes capítulos:

1. Desbroce.
2. Terraplenado.
3. Desmonte.
4. Hormigón de limpieza.
5. Hormigón armado.
6. Encofrado.

En el Anejo 5. Se muestran con detalle los resultados que se obtienen del proceso de medición y valoración de las actuaciones recomendadas. Este anejo se divide en cuatro secciones siguiendo el procedimiento habitual en Ingeniería Civil.

1. Mediciones.
2. Precios de las unidades de obra.
3. Valoración.
4. Presupuesto de ejecución material, PEM.

Por lo tanto, en este capítulo solo se muestra el presupuesto de ejecución material, que se puede ver a continuación:

*Tabla 35: Valoración económica
Fuente: Elaboración propia. Anejo 5*

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		Unidad Obra
1 DESBROCE	m ²	38.154,87 €
2 TERRAPLENADO	m ³	669.737,35 €
3 DESMONTE	m ³	404.808,60 €
4 HORMIGÓN DE LIMPIEZA	m ³	9.080,40 €
5 HORMIGÓN ARMADO	m ³	1.782.808,00 €
6 ENCOFRADO	m ²	29.548,80 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL:		2.934.138,02 €

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de:

**DOS MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL CIENTO TREINTA Y OCHO EUROS
Y DOS CÉNTIMOS**

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El reconocimiento geotécnico de la cimentación de la planta desaladora, en el marco del proyecto de la Alimentación de Agua Potable (AEP) para la región de Casablanca-Settat, ha dado lugar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La estratigrafía del suelo de la planta desaladora, que es un terreno compuesto de suelo granular, limo arcilloso, arenisca dura y porosa, esquisto duro y fracturado.
- Las características mecánicas y físicas de los diferentes tipos de terreno encontrados en el emplazamiento de la obra proyectada que presentan una elevada resistencia geomecánica, por lo tanto una capacidad portante alta, por lo que se puede utilizar cualquier tipos de los terreno encontrados como suelo de apoyo para cimentaciones superficiales.
- Tipología y dimensiones de la cimentación, tensiones admisibles, tensiones de servicio y asentamientos admisibles. Tabla 35.
- La presencia del nivel freático relativamente cercano a la cota de cimentación de algunos edificios recomienda la utilización de un sistema de drenaje adecuado: un drenaje de piedra seca o de hormigón poroso para facilitar una libre circulación de las aguas subterráneas bajo los cimientos.
- El tipo de cimentación recomendado para las estructuras que están en contacto con medio agresivo por su cercanía al nivel freático tales que la estación de bombeo, tanques y edificio de filtraciones, es una losa de hormigón arado tipo B30 (400Kg/m³), con aglomerados conformes a la norma marroquí NM 10.1.008.
- El hormigón utilizado debe tener un comportamiento estable frente a grandes deformaciones reversibles. Las características mecánicas deben cumplir la normativa vigente para el hormigón armado. No obstante, la resistencia a compresión debe ser mayor o igual a 35 MPa.
- El acero de refuerzo debe tener un alto límite elástico, f_y mayor o igual a 500 MPa y un coeficiente de seguridad de $\gamma_s = 1,15$.
- Cemento CPJ 45 o conforme al tipo de exposición del hormigón XA2 Y XA3.

Tabla 35: Tipología de la cimentación para los diferentes edificios y tanques de la desaladora

Obra proyectada	Suelo de asiento	Prof.	Tensión de Servicio	Tipología de Cimentación
Edificio de administración, Laboratorio, Taller	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	a 2,5 m	190 KPa	Zapata Aislada (Base maciza) (2,00 m x 2,00 m)
Edificio eléctrico Osmosis Inversa	Limo arenoso amarillento a blanquecino y limo margo verduoso con costras calcáreas	a 3,5 m	180 KPa	Zapata Aislada (Base maciza) (2,00 m x 2,00 m)
Edificio de filtraciones, Osmosis Inversa	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	a 3,2 m	190 KPa	Losa de cimentación (Base maciza)
Edificio de sistema ultrafiltración	Arena amarillenta a beige	a 3,0 m	250 KPa	Losa de cimentación (Base maciza)
Edificio eléctrico Subestación	Arena amarillenta a beige	a 3,0 m	250 KPa	Zapata Aislada (Base maciza) (2,00 m x 2,00 m)
Tanque de agua tratada	Esquisto fracturado duro grisáceo	a 3,0 m	400 KPa	Losa de cimentación (Base maciza)
Estación de bombeo de agua de mar	Esquisto fracturado duro grisáceo	a 4,5 m	500 KPa	Losa de cimentación (Base maciza , porosa) (nivel freático)



El miércoles 12 de Julio 2023

ANEJOS

ANEJOS

ANEJO 1 LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

ANEJO 2 SECCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

ANEJO 3 INFORMACIÓN DE PARTIDA

ANEJO 4 COMPROBACIONES TÉCNICAS

ANEJO 5 MOVIMIENTO DE TIERRAS

ANEJO 6 VALORACIÓN ECONÓMICA

ANEJO 1

LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

CLIENT : Office National d'Electricité et de l'Eau Potable : Branche Eau DTI/Rabat.

MARCHE CADRE : N° 278 E/DTI/2020

OBJET : AEP du grand Casablanca par dessalement d'Eau de Mer.

Ouvrage concerné : - Étude géotechnique des sols d'assises de la station de dessalement d'Eau de Mer.

DOCUMENT : Rapport d'étude géotechnique de fondation.

Dossier : N° 16/2022



Responsables Techniques		Le Directeur de LABOSOL Saïd SATORI
ENACIRI Youssef	KOURRICH Fouzia	

Rapport définitif. Réf. : LS/ETU/ 09 /2022
Le présent rapport contient 57 pages et 4 Annexes.

Laboratoire  LABOSOL	Client : ONEE/DTI	Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020	Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022	Page : 2/57
--	-----------------------------	---	--	----------------

II- SITUATION DES SITES DES PROJETS.

✓ Le site du projet de la station de dessalement par l'eau de mer est situé à environ de 7.5Km au Sud de Sidi Rahhal à la commune rurale de M'Harza Sahel à la province de la Grand Casablanca, sur une superficie Total de 50ha environ.



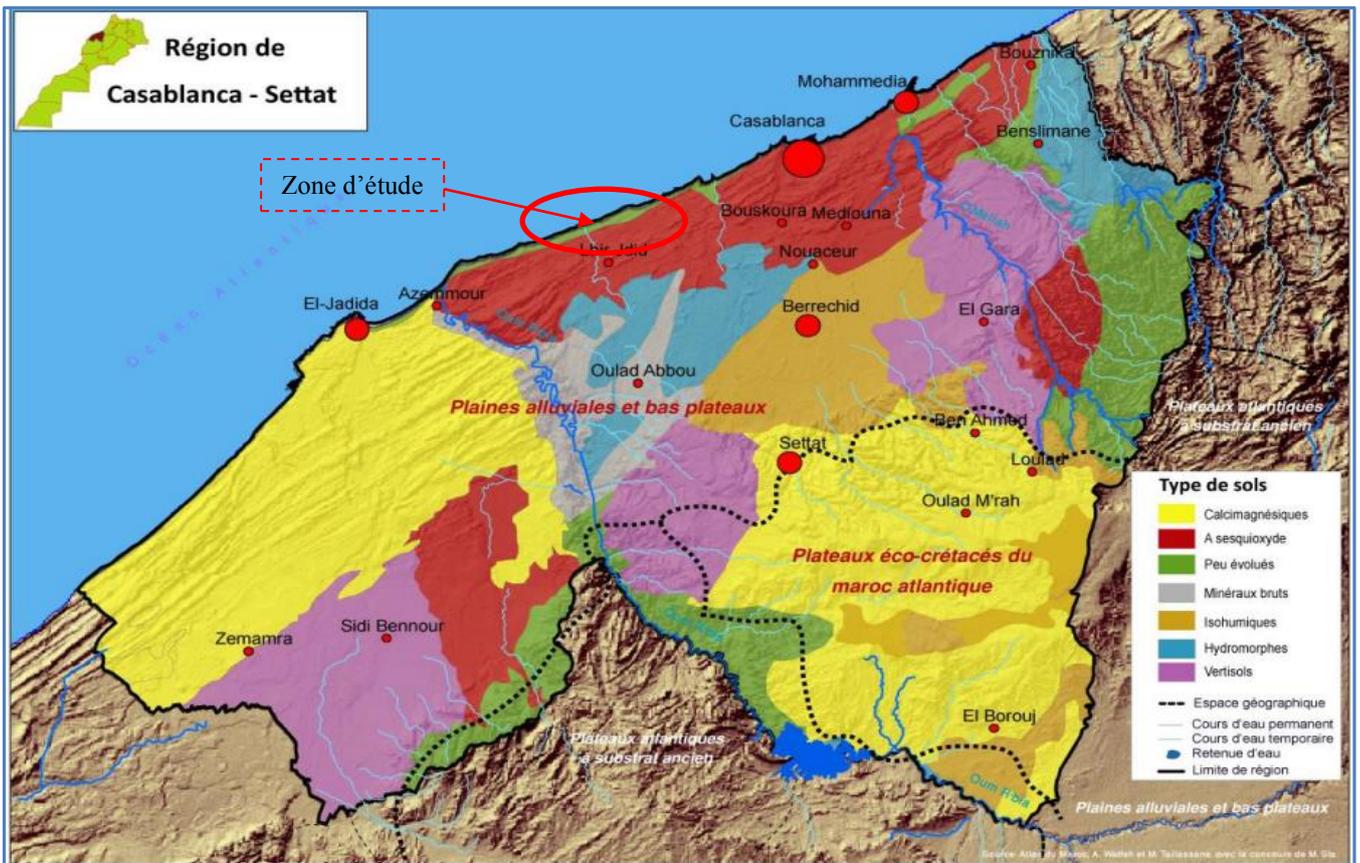
Photo n°1, 2, 3 et 4 : Vue générale du site de la future station de dessalement par l'Eau de Mer



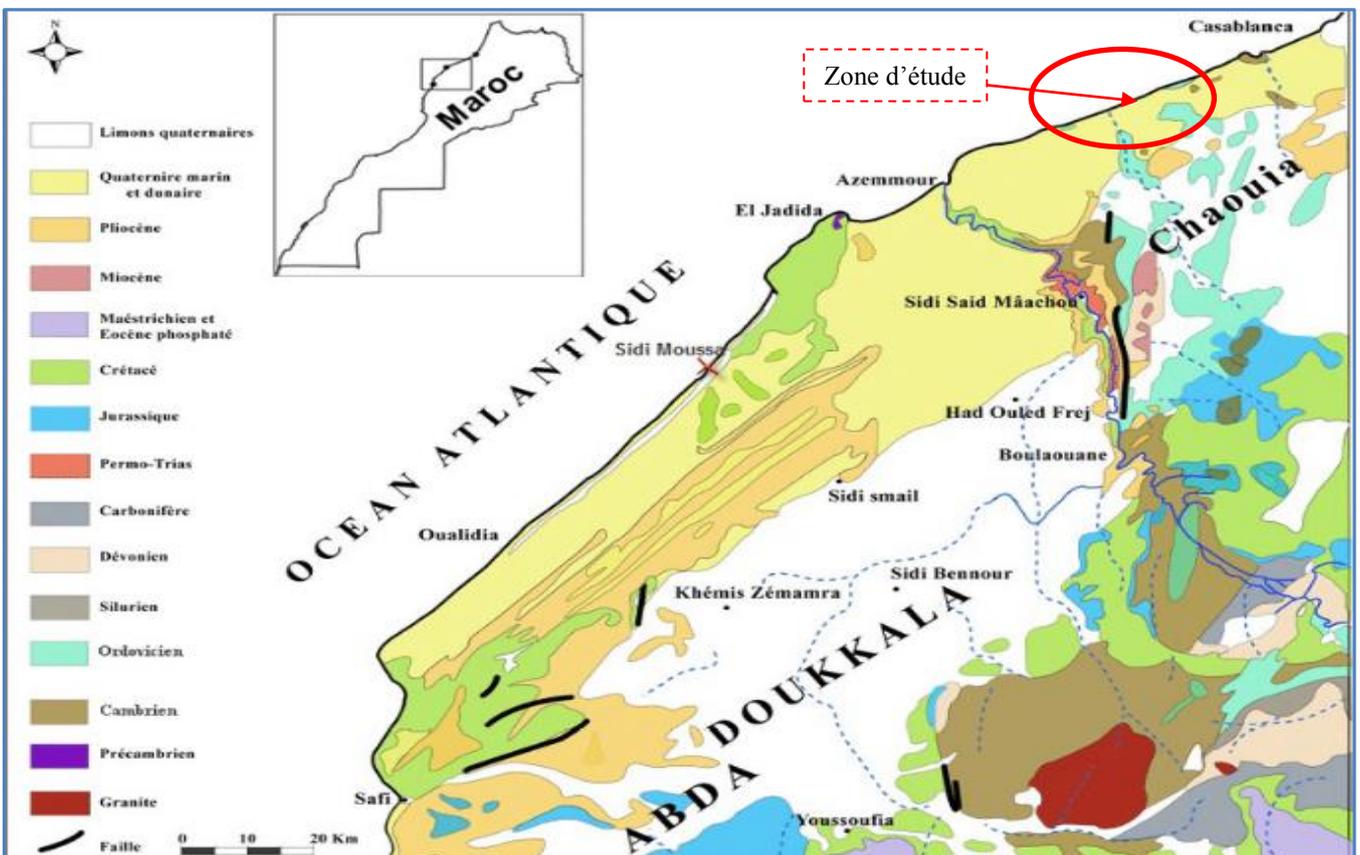
Photo n°5, 6, 7 et 8 : Vue générale du site et la réalisation des sondages manuels de la future station de dessalement

Les coordonnées Lambert des sondages de reconnaissance sont donnés dans le tableau suivant.

Sondages	Coordonnées Lambert		Profondeur	Ouvrages
SM1 (mécanique)	X= 256014.4	Y= 319562.0	2.50m/TN	Bâtiment Administration et laboratoire
SM2 (mécanique)	X= 255936.1	Y= 319701.0	3.50m/TN	Bâtiment électrique Osmose inverse
SM3 (mécanique)	X= 255895.6	Y= 319835.1	3.20m/TN	Filtres : Osmose inverse
SM4 (mécanique)	X= 255944.9	Y= 319972.9	3.20m/TN	Filtres : Osmose inverse
SM5 (mécanique)	X= 255794.7	Y= 319790.0	3.00m/TN	Filtres : système ultrafiltration
SM6 (mécanique)	X= 255568.6	Y= 319621.7	3.00m/TN	Bâtiment électrique pour sous station
SC1 (Carotté)	X= 255769.3	Y= 319550.2	10.00m/TN	Réservoir d'eau traitée R1
SC2 (Carotté)	X= 255553.5	Y= 319877.5	15.00m/TN	Station de pompage d'eau de Mer



Carte géologique de la région de Casablanca-El Jadida.



Carte géologique de la région de Casablanca-El Jadida.



Photo N°1 : Montrant le sondage manuel SM1

↳ Sondage mécanique SM2

- ✓ 0.00-0.60m/TN : Limon argileux brunâtre à racines.
- ✓ 0.60-2.80m/TN : Tufs limoneux jaunâtre à blanchâtre.
- ✓ 2.80-3.50m/TN : Limon marneux verdâtre à jaunâtre
- ✓ A partir de 3.50m/TN : Gés durs jaunâtre.

Niveau piézométrique : Néant



Photo N°2 : Montrant le sondage manuel SM2

↪ **Sondage mécanique SM3 :**

- ✓ **0.00-0.60m/TN** : Limon argileux brunâtre à racines.
- ✓ **0.60-3.20m/TN** : Tufs limoneux sableux graveleux jaunâtre à blanchâtre.
- ✓ **A partir de 3.20m/TN** : Grès durs jaunâtre.

Niveau piézométrique : Néant



Photo N°3 : Montrant le sondage manuel SM3

↪ **Sondage mécanique SM4**

- ✓ **0.00-0.60m/TN** : Limon argileux brunâtre à racines.
- ✓ **0.60-0.80m/TN** : Encroustement calcaires gréseux durs.
- ✓ **0.80-3.20m/TN** : Tufs limoneux sableux jaunâtre à blanchâtre
- ✓ **A partir de 3.20m/TN** : Grès durs jaunâtre.

Niveau piézométrique : Néant



Photo N°4 : Montrant le sondage manuel SM4

<p>Laboratoire</p>  <p>LABOSOL</p>	<p>Client : ONEE/DTI</p>	<p>Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020</p>	<p>Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022</p>	<p>Page : 10/57</p>
--	------------------------------	---	--	-------------------------

↳ **Sondage mécanique SM5**

- ✓ **0.00-0.50m/TN** : Limon argileux brunâtre à racines.
- ✓ **0.50-0.80m/TN** : Ecroutement calcaires tuffacés durs blanchâtre.
- ✓ **0.80-3.00m/TN** : Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre.
- ✓ **A partir de 3.00m/TN** : Grès altéré jaunâtre.

Niveau piézométrique : Néant



Photo N°5 : Montrant le sondage manuel SM5

↳ **Sondage mécanique SM6**

- ✓ **0.00-0.60m/TN** : Limon argileux brunâtre à racines.
- ✓ **0.60-2.80m/TN** : Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre.
- ✓ **2.80-3.00m/TN** : Grès altéré sableux jaunâtre
- ✓ **A partir de 3.00m/TN** : Grès altéré jaunâtre.

Niveau piézométrique : Néant



Photo N°6 : Montrant le sondage manuel SM6

<p>Laboratoire</p>  <p>LABOSOL</p>	<p>Client : ONEE/DTI</p>	<p>Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020</p>	<p>Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022</p>	<p>Page : 11/57</p>
--	------------------------------	---	--	-------------------------

↳ Sondage Carotté SC1

- ✓ 0.00-0.50m/TN : Limons argileux brunâtre à racines
- ✓ 0.50-0.70m/TN : Encroustement calcaire tuffacé blanchâtre
- ✓ 0.70-2.00m/TN : Tufs limoneux sableux blanchâtre.
- ✓ 2.00-2.80m/TN : Grés poreux durs jaunâtre
- ✓ 2.80-3.00m/TN : Marne limoneuse verdâtre
- ✓ 3.00-4.00m/TN : Schiste friable fracturé grisâtre
- ✓ 4.00-10.00m/TN : Schiste fracturé durs grisâtre

Niveau piézométrique : à 6.50m/TN



Photos N°7 : Montrant la réalisation du sondage carotté SC1



Photo N°8 : Montrant les matériaux extraient du sondage carotté SC1 du 6.00 à 10.00m/TN

Laboratoire  LABOSOL	Client : ONEE/DTI	Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020	Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022	Page : 12/57
--	-----------------------------	---	--	-----------------

↳ Sondage Carotté SC2

- ✓ **0.00-0.50m/TN** : Limons argileux brunâtre à racines
 - ✓ **0.50-1.00m/TN** : Tufs calcaire blanchâtre
 - ✓ **1.00-4.50m/TN** : Sable limoneux jaunâtre à blanchâtre.
 - ✓ **4.50-4.60m/TN** : Encroutement de grès poreux jaunâtre
 - ✓ **4.60-15.00m/TN** : Schiste fracturé durs grisâtre
- Niveau piézométrique :** à 4.50m/TN



Photos N°9 : Montrant la réalisation du sondage carotté SC2



Photo N°10 : Montrant les matériaux extraits du sondage carotté SC2 du 0.00 à 6.00m/TN

Laboratoire  LABOSOL	Client : ONEE/DTI	Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020	Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022	Page : 13/57
--	-----------------------------	---	--	-----------------



Photos N°11 : Montrant les matériaux extraient du sondage carotté SC2 du 6.00 à 15.00m/TN

V.ESSAIS DE LABORATOIRE

Dans le but de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des formations au niveau de site de la station de dessalement projetée, le laboratoire LABOSOL / Fès a réalisé des essais en laboratoire dont les détails sont donnés dans le tableau ci-dessous et les graphes en joint dans le rapport d'essais en **Annexe IV**.

V-1- Caractéristiques physiques

Les essais d'identification réalisés sur des échantillons remaniés et prélevés au niveau des sondages carottés, montrent les caractéristiques physiques suivantes :

ANEJO 2

SECCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

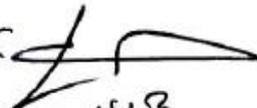
PV de réception des sondages mécaniques et sondage carotté.

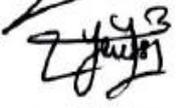
Casablanca le 20/02/2022.

- **CLIENT :** ONEE-BO/ DTI/Rabat.
- **MARCHE CADRE :** N° 278 E/DTI/2020
- **OBJET :** AEP du grand Casablanca par dessalement d'Eau de Mer.
- **Ouvrage concerné :** Étude géotechnique des sols d'assises de la station de Dessalement d'Eau de Mer à M'Harza Sahel.

Procès -verbal

Etaient présents :

- *MOSTAFA ELBATO* 

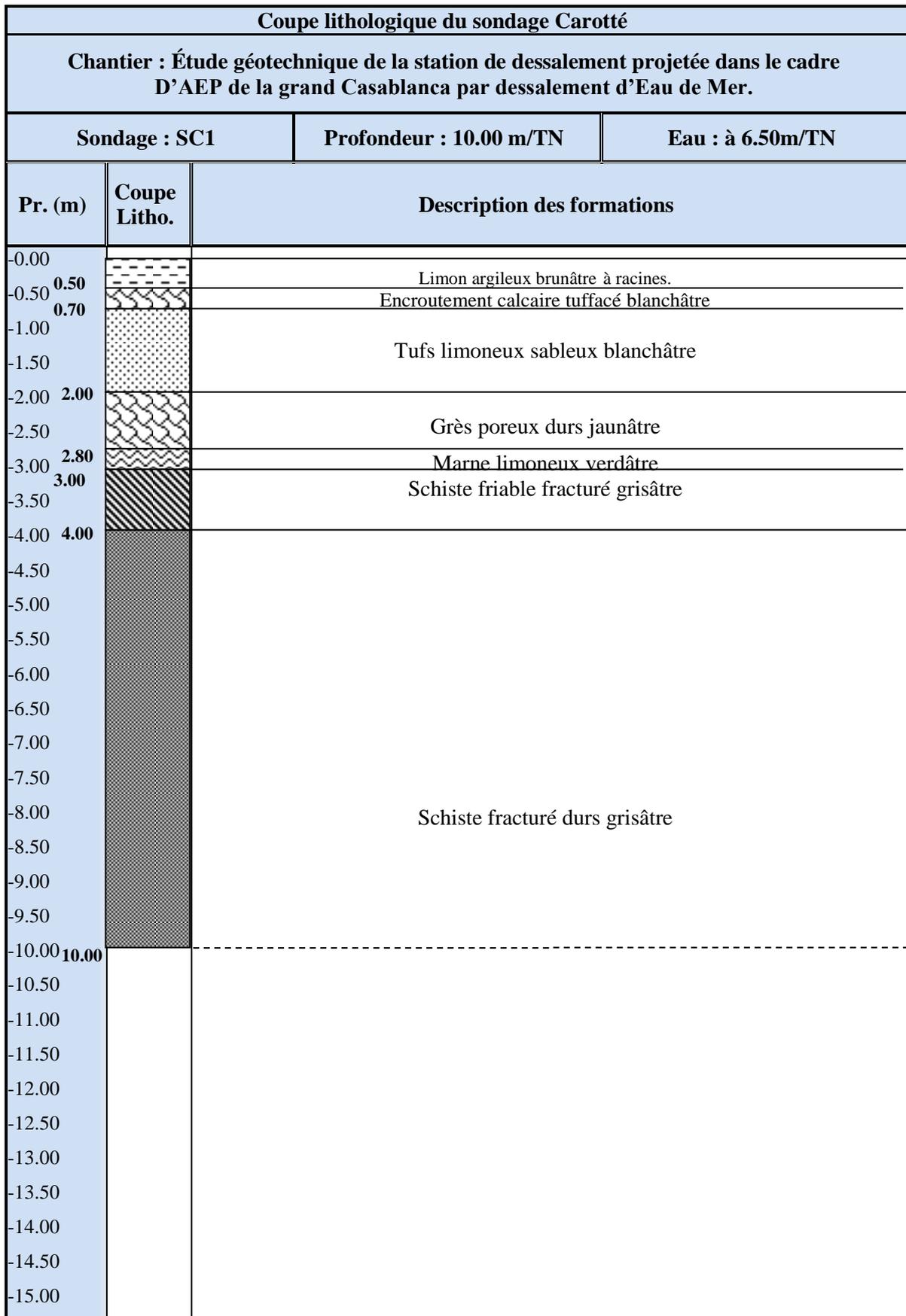
- *ENACIRI YOUSSEF* 

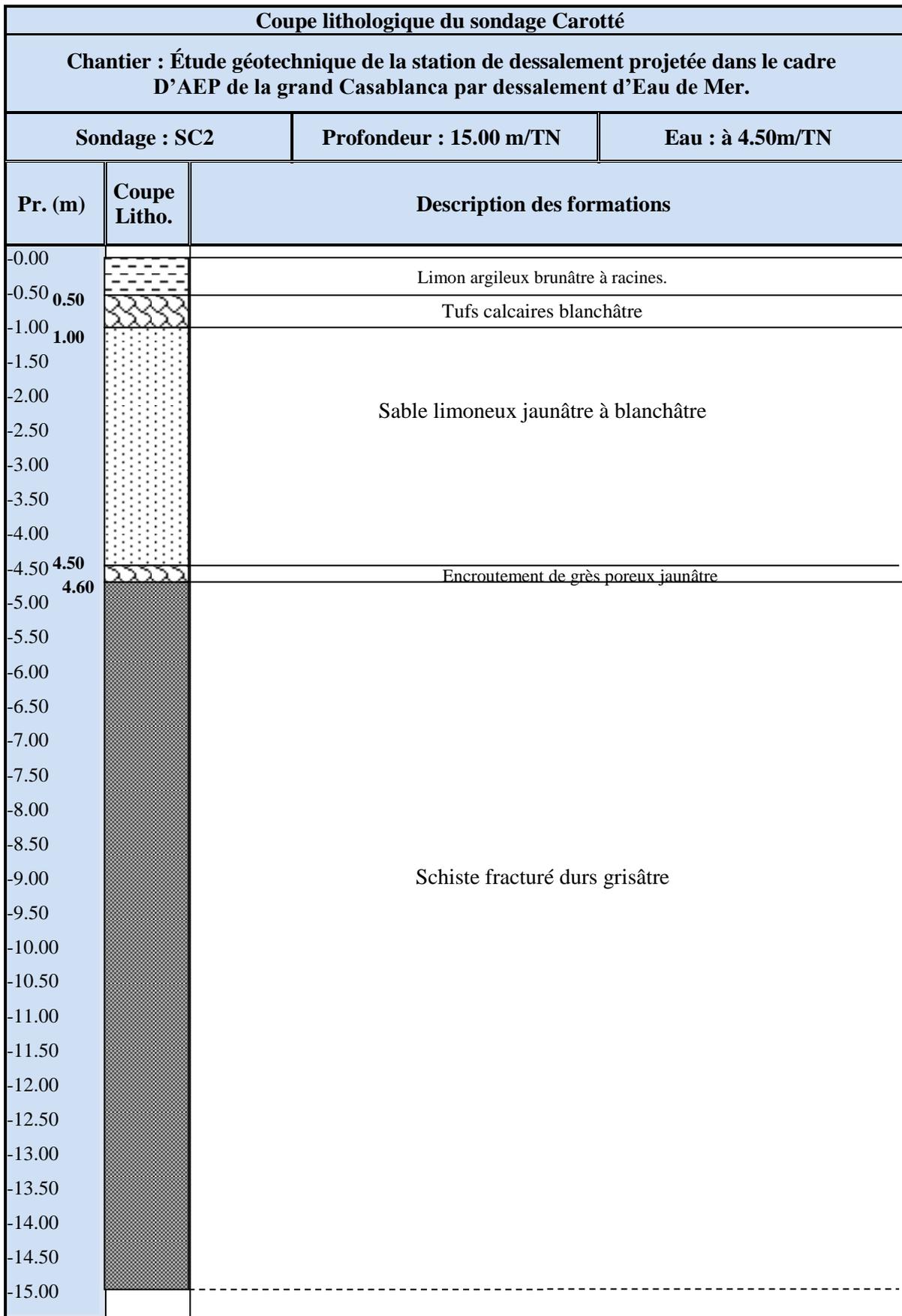
A ce jour, il a été procédé à la réception des sondages carottés réalisés par le laboratoire LABOSOL au niveau des sites de la station de dessalement projetée dans le cadre du Marché et objet du projet précité ci-dessus.

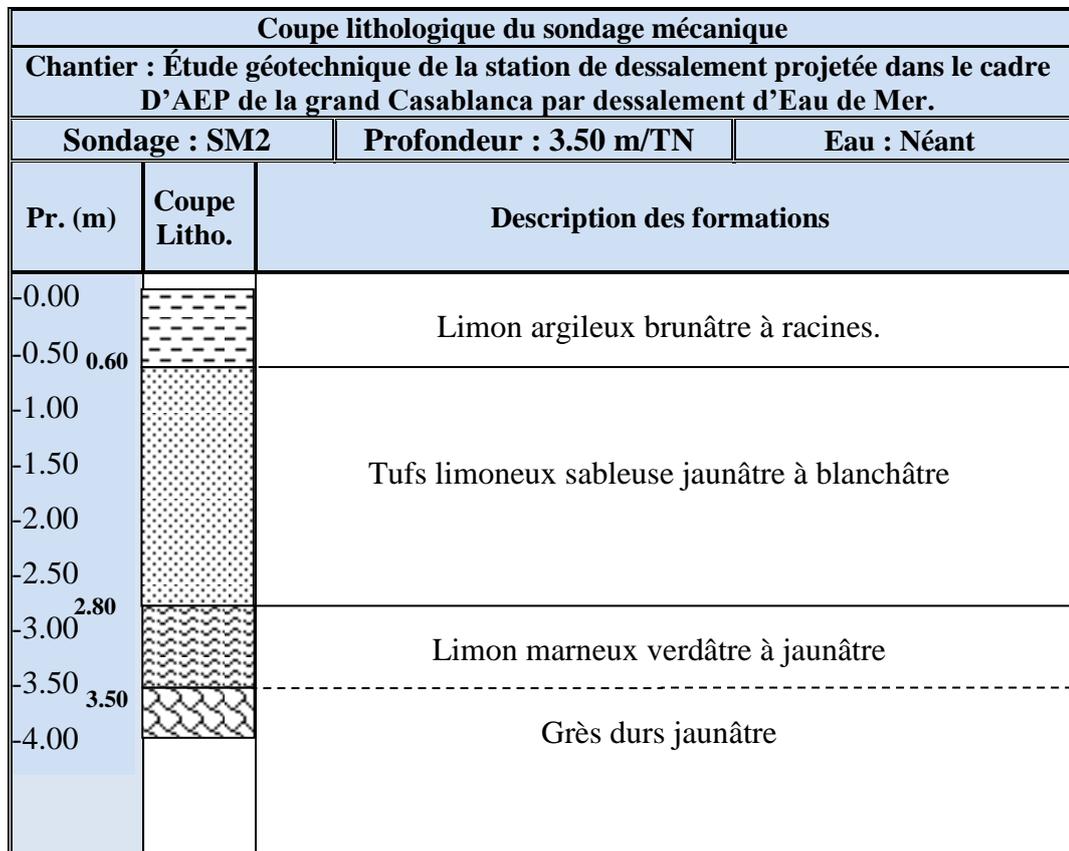
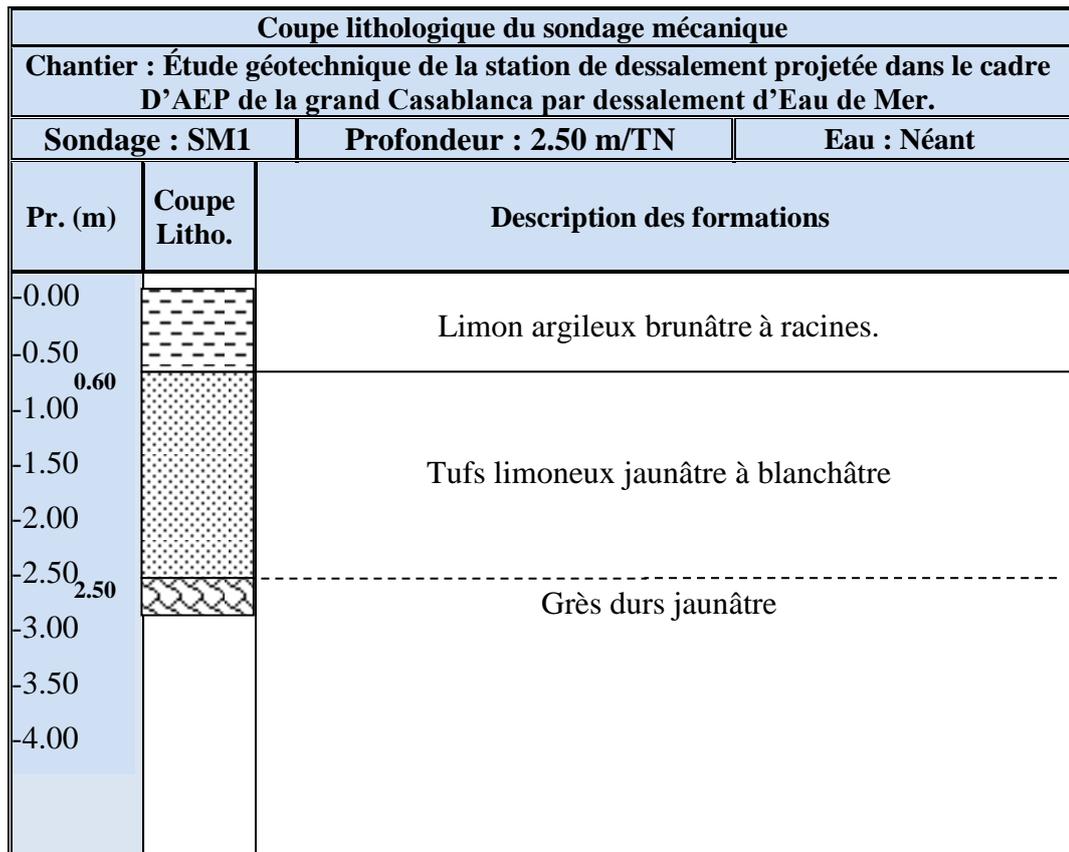
Le détail de ces sondages est consigné dans le tableau suivant.

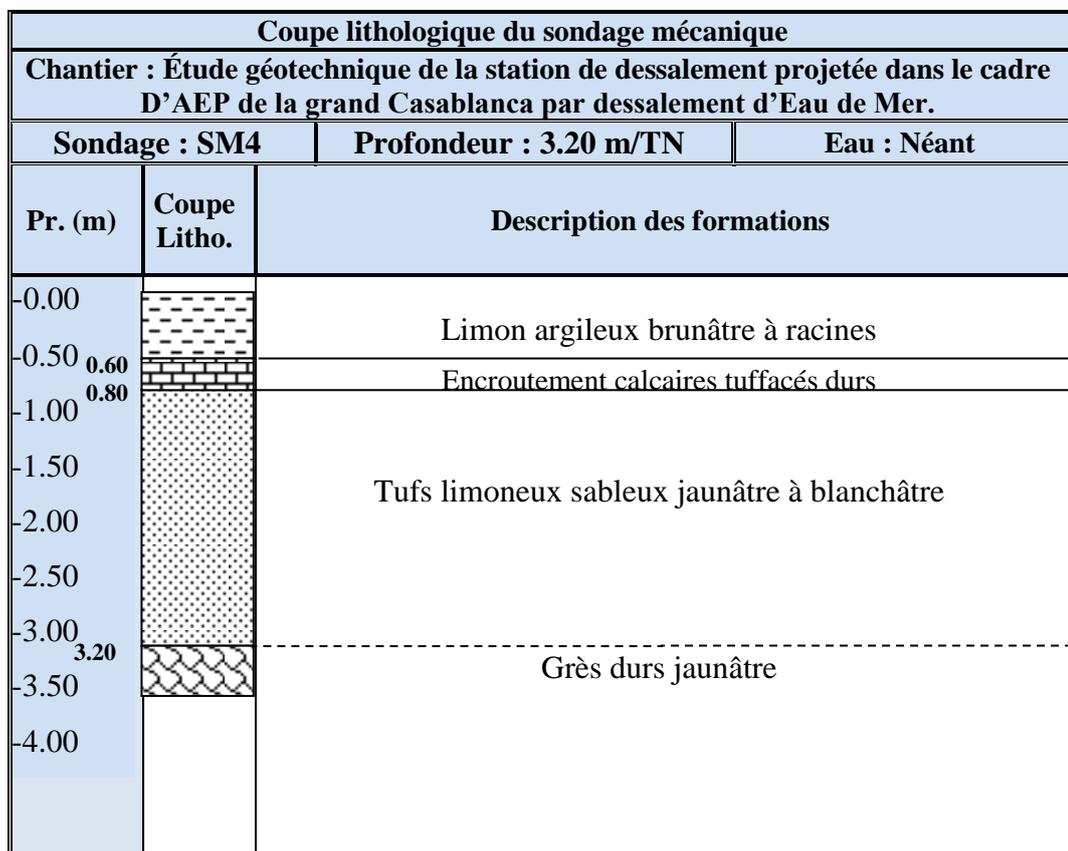
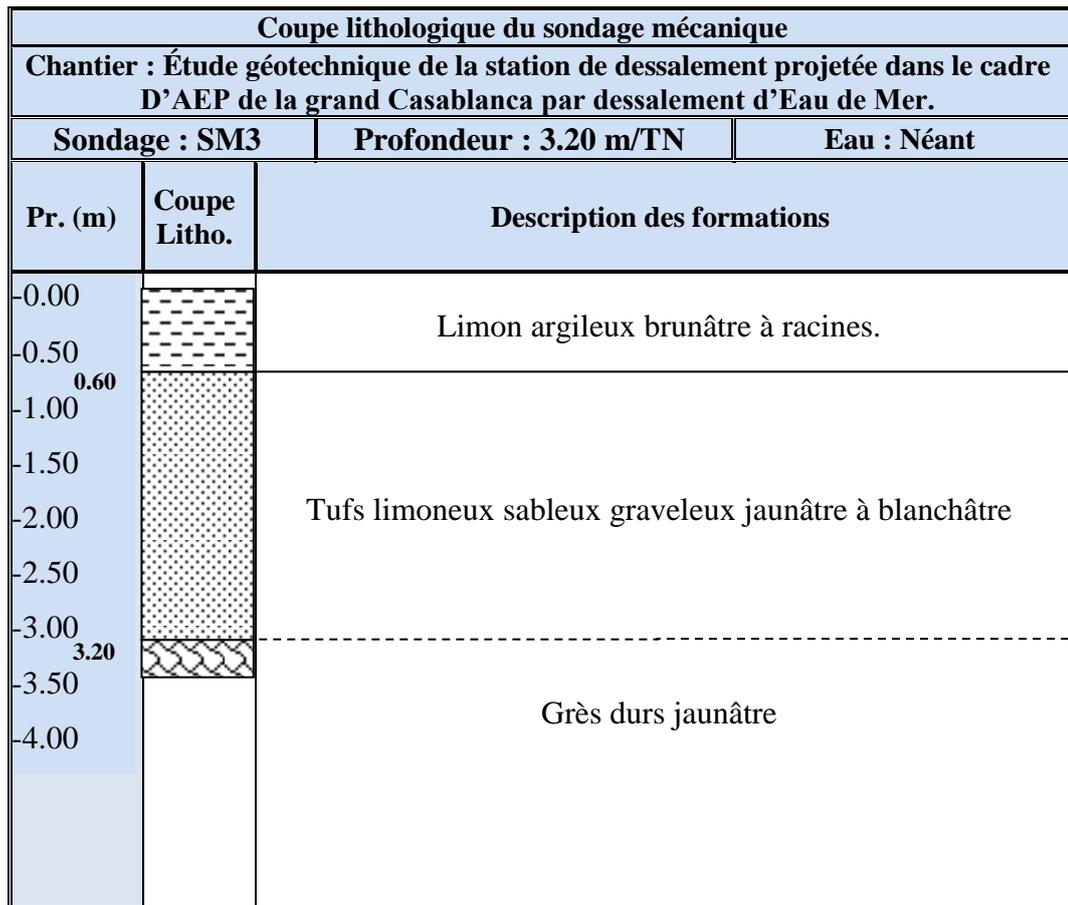
Sondages	Cordonnés Lambert		Profondeur réalisé	Ouvrages
SC1	X= 255769.3	Y= 319550.2	10.00m/TN	Réservoir d'eau traitée R1
SC2	X= 255553.5	Y= 319877.5	15.00m/TN	Station de pompage d'eau de Mer

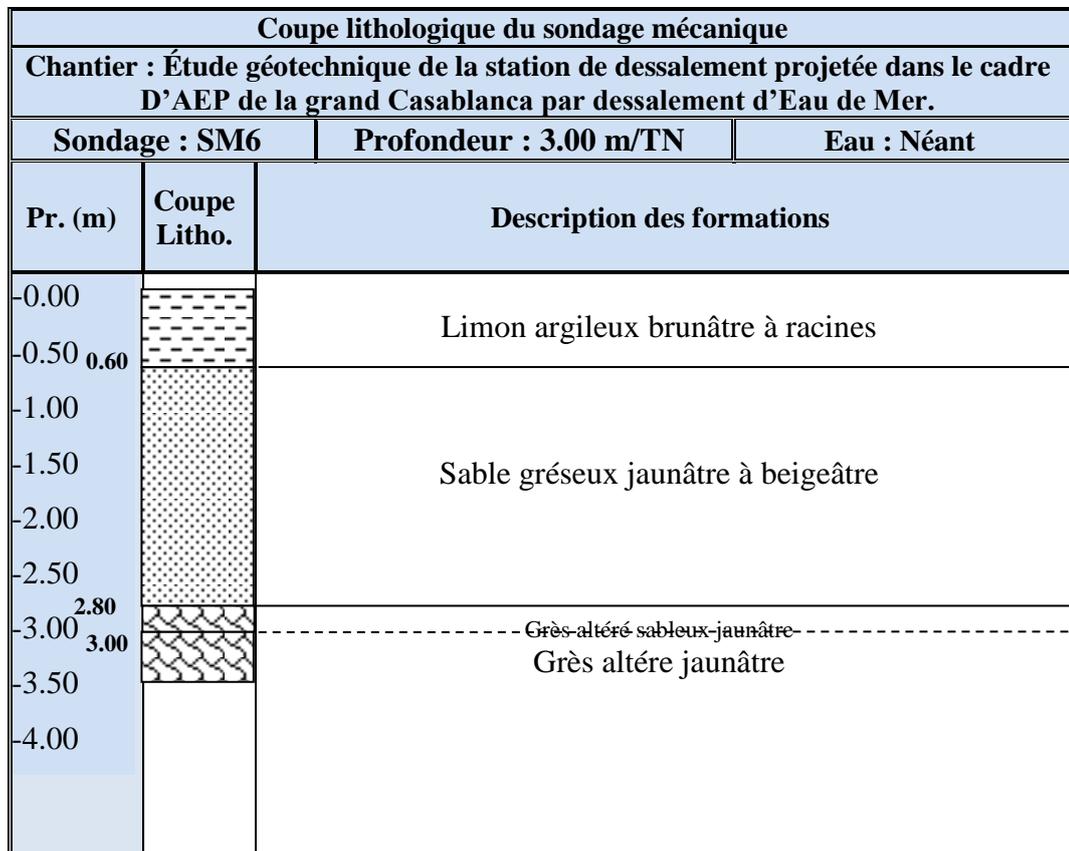
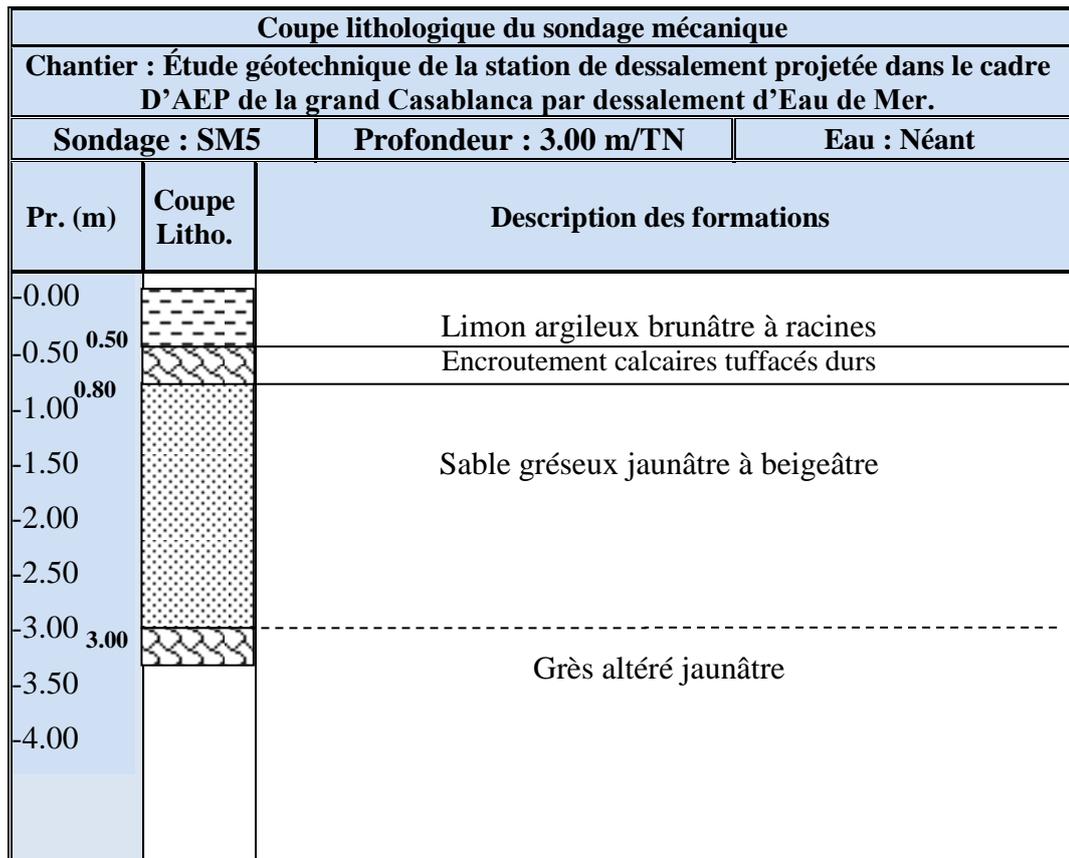
Fin du PV





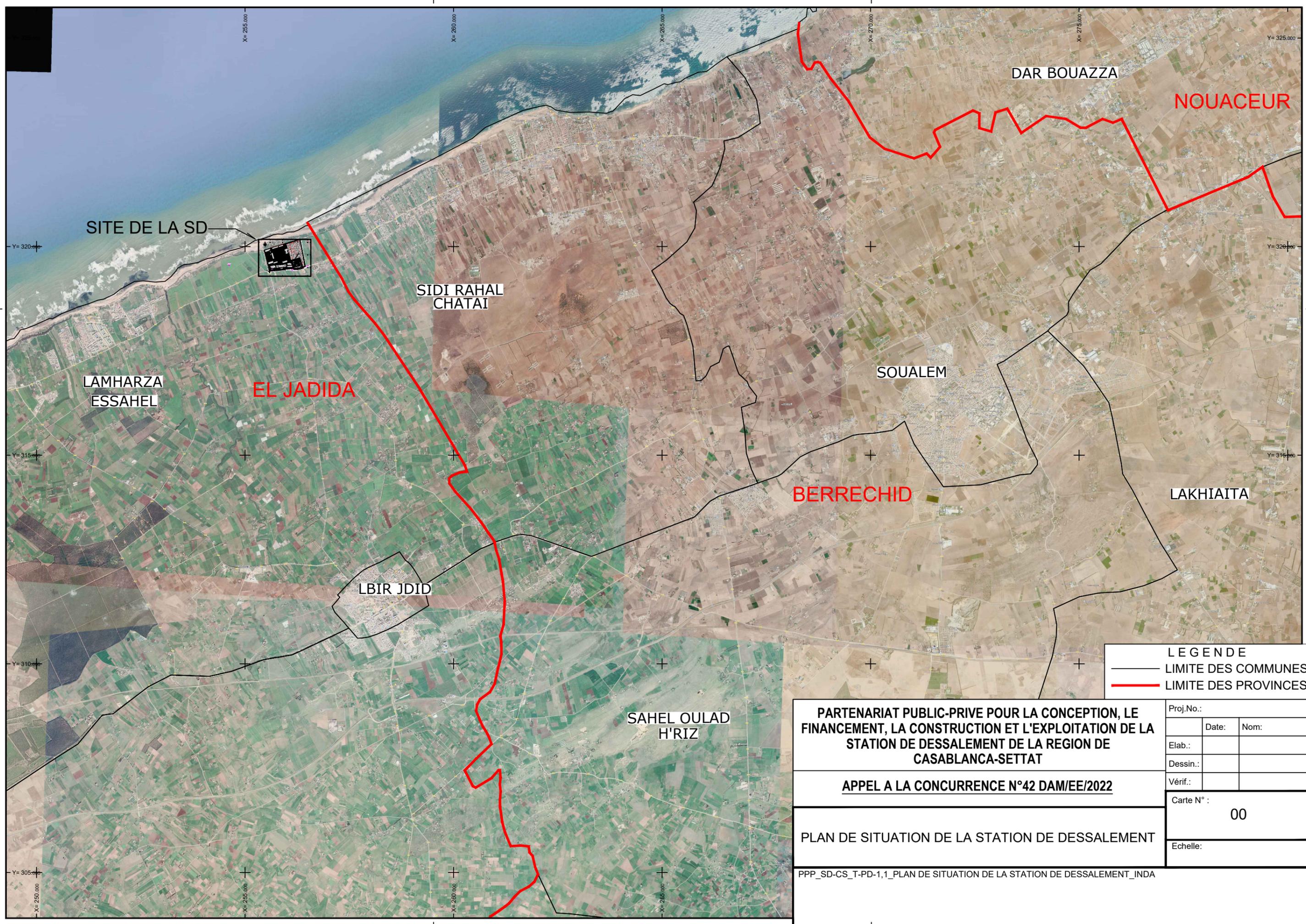






ANEJO 3

INFORMACIÓN DE PARTIDA



SITE DE LA SD

LAMHARZA
ESSAHEL

EL JADIDA

SIDI RAHAL
CHATAI

SOUALEM

BERRECHID

LAKHIAITA

LBIR JDID

SAHEL OULAD
H'RIZ

DAR BOUAZZA

NOUACEUR

LEGENDE

	LIMITE DES COMMUNES
	LIMITE DES PROVINCES

PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE POUR LA CONCEPTION, LE FINANCEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION DE LA STATION DE DESALEMENT DE LA REGION DE CASABLANCA-SETTAT

APPEL A LA CONCURRENCE N°42 DAM/EE/2022

PLAN DE SITUATION DE LA STATION DE DESALEMENT

PPP_SD-CS_T-PD-1,1_PLAN DE SITUATION DE LA STATION DE DESALEMENT_INDA

Proj.No.:		
Date:		
Nom:		
Elab.:		
Dessin.:		
Vérif.:		
Carte N° :	00	
Echelle:		

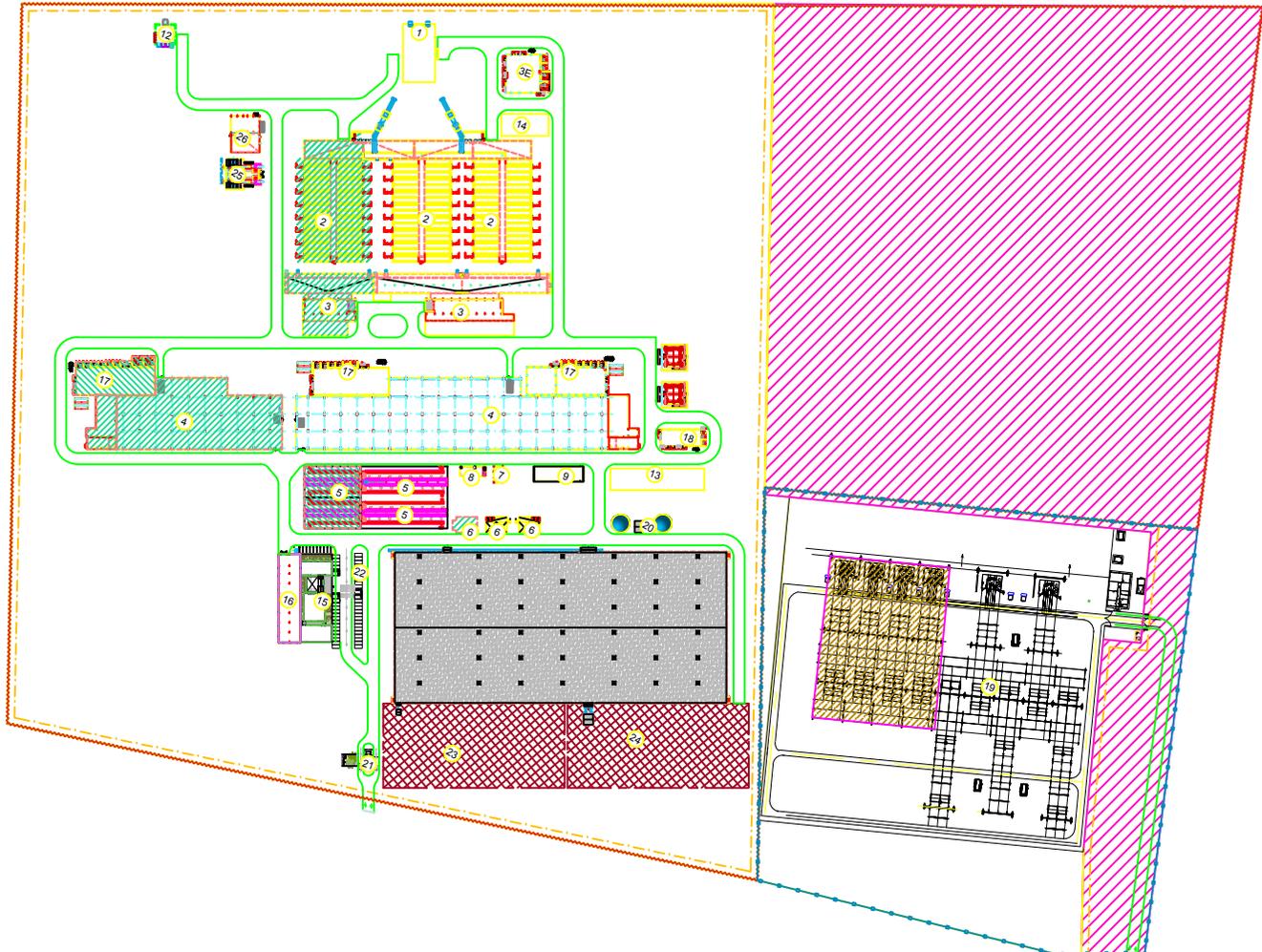
- LEGENDE**
1. Filin d'Éau de Mer
 2. Filin A Coudre Méta
 3. Réserve d'Éau d'Éclair et Pompage Irrigation
 - 3C. Bâtimen Électrique pour le Station de Pompage d'Éau de Mer
 4. Bâtimen de C2
 5. Bâtimen d'Éclair d'Éau A Coudre
 6. Zone de Réception d'Éau A Coudre
 7. Sulfates et Filin A Coudre
 8. Bâtimen de Lavage A Coudre-Couleur de Couleur
 9. Bâtimen de C2
 10. Réserve d'Éau Potable
 11. Zone de Réception d'Éau Potable
 12. Charbon d'Éclairage
 13. Bâtimen d'Éclairage
 14. Bâtimen d'Éclairage du Prise d'Éau de Mer
 15. Bâtimen de Contrôle et Laboratoire
 16. Bâtimen Électrique pour C2
 17. Bâtimen Électrique d'Éclairage
 18. Zone Station Électrique
 19. Lotir sans de Mécanique
 20. Zone de C2
 21. Parc
 22. Bâtimen de Pompage d'Éau d'Irrigation (Par C2)
 23. Bâtimen de Pompage d'Éau Potable (Par C2)
 24. Chauffage Central
 25. Bâtimen de Contrôle et de Sécurité

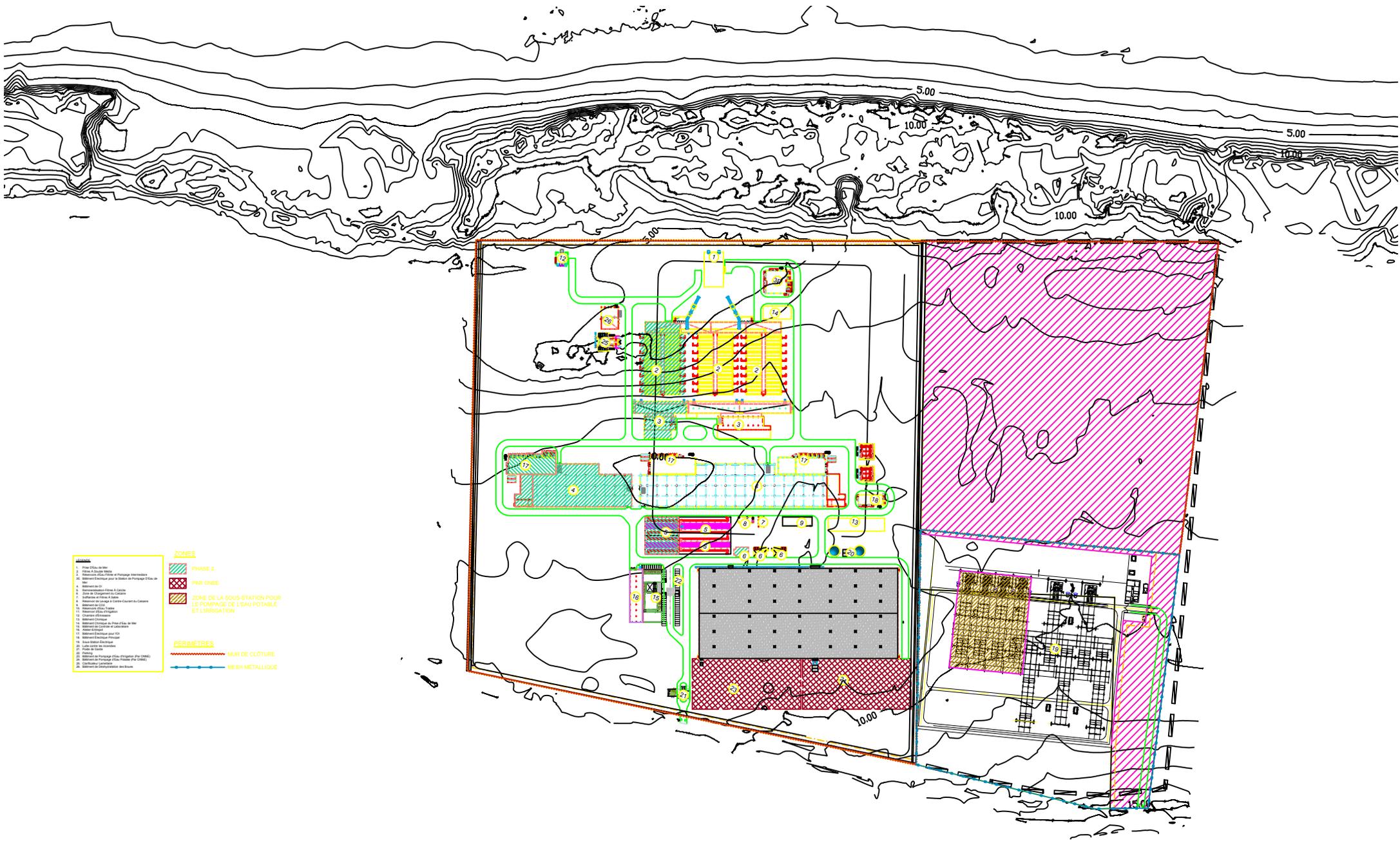
ZONES

-  PHASE 2
-  PAR ONEE
-  ZONE DE LA SOUS-STATION POUR LE POMPAGE DE L'EAU POTABLE ET L'IRRIGATION

PÉRIMÈTRES

-  MUR DE CLÔTURE
-  MESH MÉTALLIQUE





- LEGENDA**
1. Zone d'Éclair de Site
 2. Zone de Réserve d'Éclair
 3. Zone de Réserve d'Éclair et Pompage Intermediaire
 4. Zone de Réserve pour le Station de Pompage d'Éclair de Site
 5. Zone de Réserve d'Éclair
 6. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 7. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 8. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 9. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 10. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 11. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 12. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 13. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 14. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 15. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 16. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 17. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 18. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 19. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 20. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 21. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 22. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 23. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 24. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 25. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 26. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 27. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 28. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 29. Zone de Réserve d'Éclair et Station
 30. Zone de Réserve d'Éclair et Station
- ZONES**
- PHASE 2
 - PAR CNEE
 - ZONE DE LA SOUS-STATION POUR LE POMPAGE DE L'EAU POTABLE ET L'IRRIGATION
- PÉRIMÈTRES**
- MUR DE CLÔTURE
 - MESH MÉTALLIQUE

Laboratoire  LABOSOL	Client : ONEE/DTI	Chantier : Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020	Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022	Page : 53/57
--	-----------------------------	---	--	-----------------

SONDAGE PRESSIOMÉTRIQUE
CONFORME À LA NORME NF P94-110-1
Sondage : SC1 (Station de dessalement)

PARAMETRES FONDAMENTAUX							
Profondeur (m)	p_r (MPa)	p_l (MPa)	E_M (MPa)	σ_{hs} (MPa)	p_r^* (MPa)	p_l^* (MPa)	E/p_l^*
1,50	1.4	2.37	21.3	0.013	2.36	1.39	9
3.00	2.8	4.40	46.5	0.027	4.37	2.57	11
4.50	4.6	5.00	79.8	0.054	4.94	4.54	18
6.00	>5	5.00	98.2	0.072	4.93	4.93	20
7.50	>5	5.00	118.3	0.090	4.91	4.91	24
9.00	>5	5.00	132.4	0.108	4.89	4.89	27
10.00	>5	5.00	154.6	0.120	4.88	4.88	32

Laboratoire  LABOSOL	Client : ONEE/DTI	Chantier :	Projet : AEP du grand Casablanca par dessalement d'eau de mer : Étude géotechnique de fondation des ouvrages de la Station de dessalement projetée : Marché N° 278/E/DTI/2020	Rapport : Réf. LS/ETU/09/2022	Page : 55/57

SONDAGE PRESSIOMÉTRIQUE
CONFORME À LA NORME NF P94-110-1
Sondage : SC2 (Station de dessalement)

PARAMETRES FONDAMENTAUX							
Profondeur (m)	p_f (MPa)	p_l (MPa)	E_M (MPa)	σ_{hs} (MPa)	p_l^* (MPa)	p_f^* (MPa)	E/p_l^*
1,50	1.20	2.03	18.2	0.013	2.02	1.19	9
3.00	1.60	2.70	26.4	0.027	2.63	1.57	10
4.50	2.20	3.00	47.5	0.056	2.94	2.14	10
6.00	>5	5.00	86.5	0.075	4.93	4.93	18
7.50	>5	5.00	112.6	0.094	4.91	4.91	23
9.00	>5	5.00	127.6	0.113	4.89	4.89	26
10.50	>5	5.00	164.3	0.130	4.87	4.87	34
12.00	>5	5.00	172.8	0.150	4.85	4.85	36
13.50	>5	5.00	185.4	0.170	4.83	4.83	38
15.00	>5	5.00	192.6	0.190	4.81	4.81	40

Dossier N° :16 /2022

Client	ONEE-BE/DTI
Adresse	Avenue Oued Akrach - BP Rabat Chellah
Lieu d'exécution des activités	Station de dessalement projetée
Objet d'intervention	Étude géotechnique des sols d'assises de la station de dessalement par l'EAU DE mer dans le cadre d'AEP de la grand Casablanca.
Données éventuelle fournies par le client	RAS
Référence commande	Marché : N°278 E/DTI/2020.
Date commande	07/02/2022

L'intitulé de l'essai réalisé		Lieu d'exécution (ou/et)		
		Labo	Sur site	Sous-traité
Détermination de la distribution granulométrie des particules	NM ISO 17892-4 (2019)	✓		
Détermination de la teneur en eau	NM ISO 17892-1 (2019)	✓		
Détermination des limites de liquidité et de plasticité	NM13.1.007(1998)	✓		
Essai de cisaillement direct	NM ISO 17892-10 (2019)	✓		
Essais de compressibilité par pallier à l'oedométrie	NM 13.1.003 (1998)	✓		

*L'Astérix * indique les méthodes d'essais non couvertes par l'accréditation*

Identification des échantillons

Nature des échantillons :	SOLS
Prélèvement effectué par	<input checked="" type="checkbox"/> LABOSOL <input type="checkbox"/> Client
Lieu de prélèvement	Du SM1 à SM6, SC1 et SC2
Date de prélèvement	08-18/2/2021
Date de réception	09 et 20/2/2021
N° Feuille de réception	45, 46 et 47
Observation sur l'état des échantillons	RAS

Note

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale Il comporte 10 pages dont 00 Annexes.
Les résultats du présent rapport d'essais ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai tel qu'il a été reçu.
Le laboratoire est responsable de toutes les informations fournies dans ce rapport et dégage sa responsabilité pour toutes les informations fournies par le client

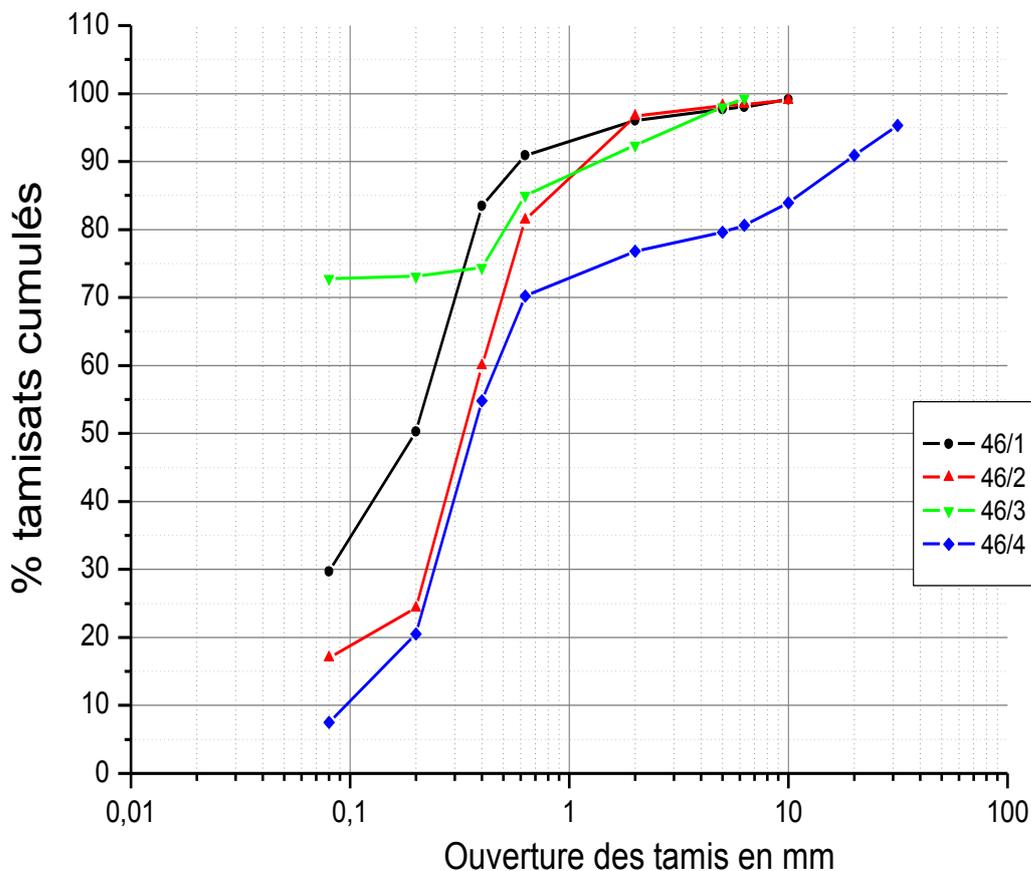
Responsable de Laboratoire d'essais F.KOURRICH	Responsable Qualité N.FAKIR	Le Directeur de LABOSOL S.SATORI

RESULTATS D'ESSAIS SUR SOLS

RESULTATS D'ESSAIS

Réf	Nature lithologique	Provenance	Détermination de la teneur en eau NM ISO 17892-1 (2019) %	Détermination de la distribution granulométrique des particules : NM ISO 17892-4			Détermination des limites de liquidité et de plasticité : NM13.1.007		
				%<0.08 mm	%<2 mm	%<50 mm	WL%	WP%	IP %
46/1	SM1 : 0.60 à 2.50m/TN	Tufs limoneux jaunâtre à blanchâtre	11.2	29.7	96.0	100	NM	NM	NP
46/2	SM2 : 0.60 à 2.80m/TN	Tufs limoneux sableux jaunâtre à blanchâtre	10.2	17.0	96.7	100	NM	NM	NP
46/3	SM2 : 2.80 à 3.50m/TN	Limon marneux verdâtre à jaunâtre	17.3	72.8	92.4	100	37	18	19
46/4	SM3 : 0.60 à 3.20m/TN	Tufs limoneux sableux graveleuse jaunâtre à blanchâtre	5.4	7.7	76.8	95.3	NM	NM	NP

COURBES GRANULOMETRIQUES DES SOLS PAR TAMISAGE

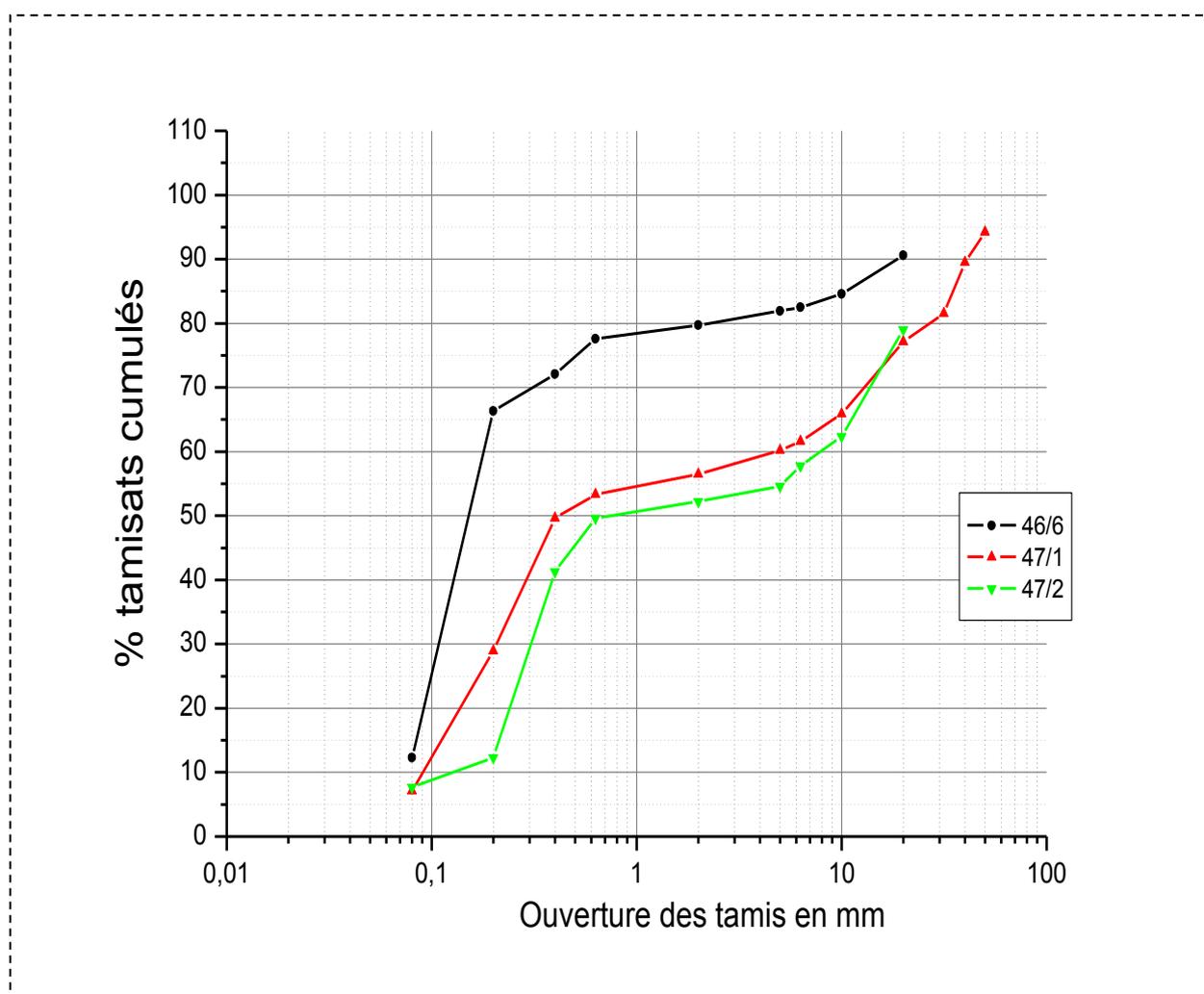


RESULTATS D'ESSAIS SUR SOLS

RESULTATS D'ESSAIS

Réf	Nature lithologique	Provenance	Détermination de la teneur en eau NM ISO 17892-1 (2019) %	Détermination de la distribution granulométrique des particules : NM ISO 17892-4			Détermination des limites de liquidité et de plasticité : NM13.1.007		
				%<0.08 mm	%<2 mm	%<50 mm	WL%	WP%	IP %
46/6	SM4 : 0.80 à 3.20m/TN	Tufs limoneux sableux jaunâtre à blanchâtre	6.5	12.3	79.7	100	NM	NM	NP
47/1	SM5 : 0.80 à 3.00m/TN	Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre	4.5	7.1	56.5	94.2	NM	NM	NP
47/3	SM6 : 0.60 à 2.80m/TN	Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre	5.6	7.7	52.2	79	NM	NM	NP

COURBES GRANULOMETRIQUES DES SOLS PAR TAMISAGE

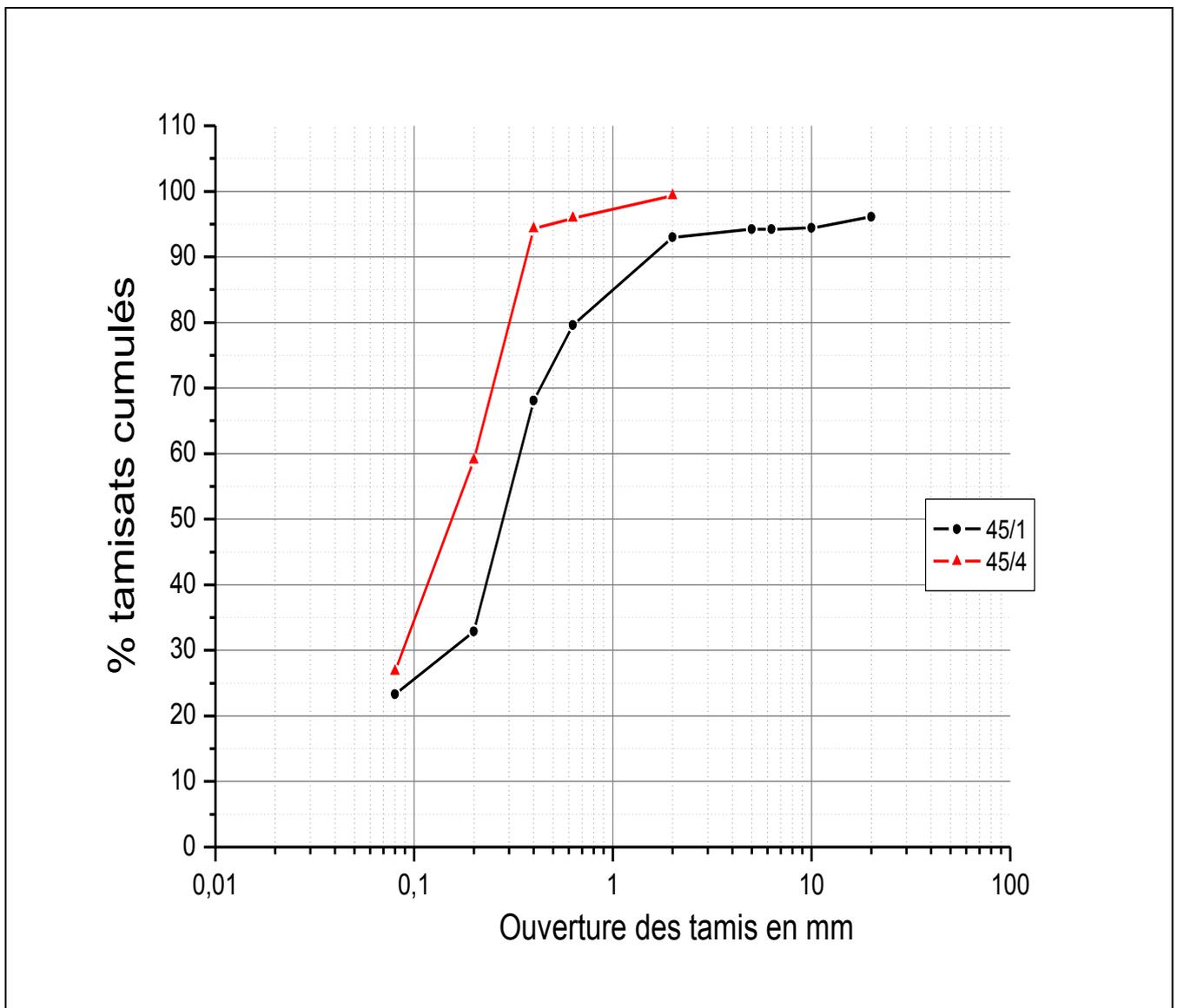


RESULTATS D'ESSAIS SUR SOLS

RESULTATS D'ESSAIS

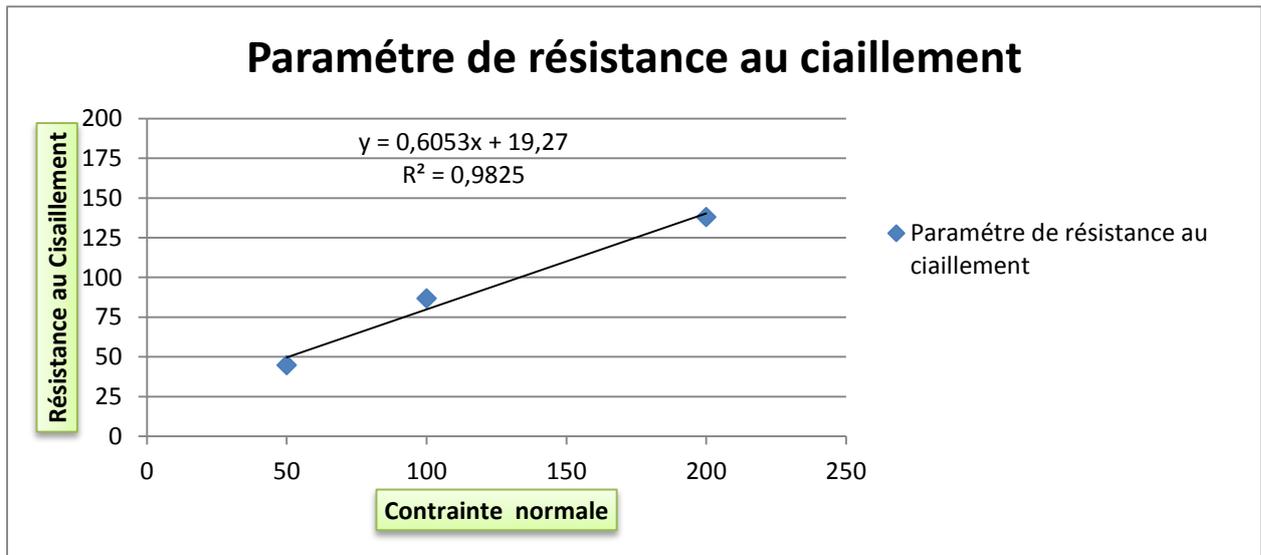
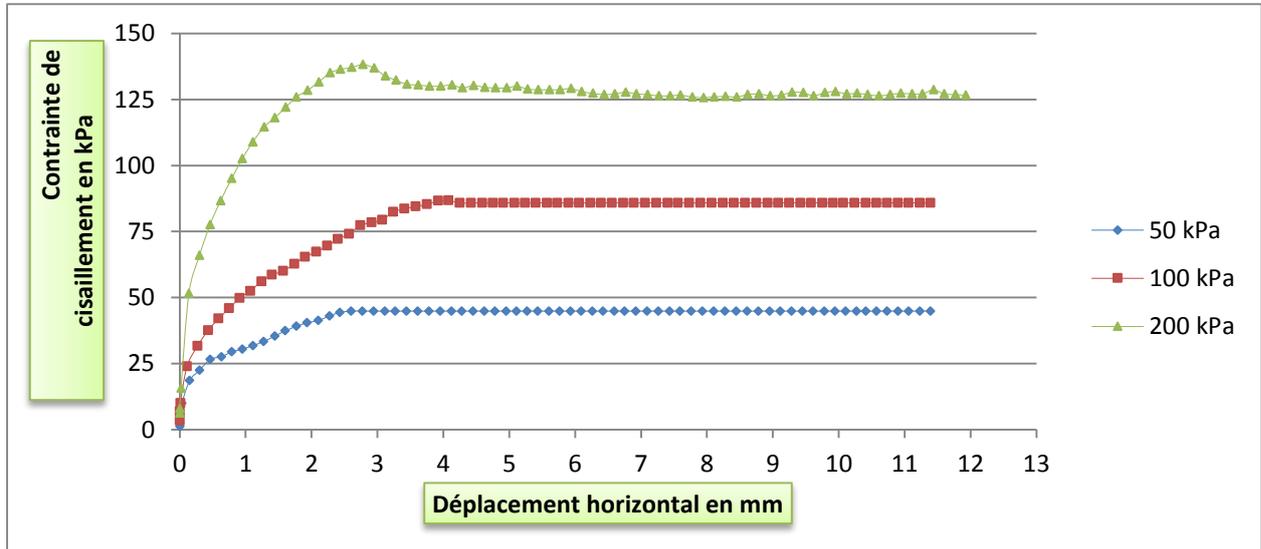
Réf	Nature lithologique	Provenance	Détermination de la teneur en eau NM ISO 17892-1 (2019) %	Détermination de la distribution granulométrique des particules : NM ISO 17892-4			Détermination des limites de liquidité et de plasticité : NM13.1.007		
				%<0.08 mm	%<2 mm	%<50 mm	WL%	WP%	IP %
45/1	SC1 : 0.70 à 2.00m/TN	Tufs limoneux sableux blanchâtre	10.3	23.3	93.0	100	NM	NM	NP
45/4	SC2 : 1.00 à 4.50m/TN	sable limoneux sableux jaunâtre à blanchâtre	10.6	26.8	99.3	100	NM	NM	NP

COURBES GRANULOMETRIQUES DES SOLS PAR TAMISAGE



CISAILLEMENT RECTILIGNE NM ISO 17892-10

Sondage n° : SM1	Réf. Ech : 46/1	Prof : 0.60 – 2.50 m/TN
------------------	-----------------	-------------------------



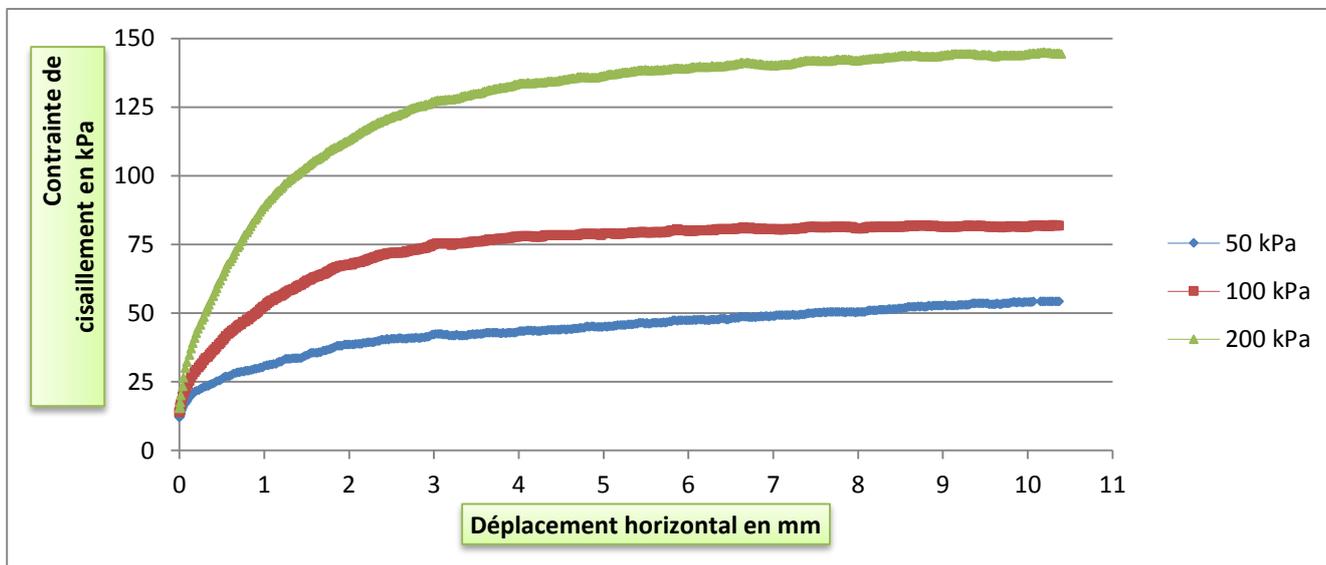
Description de l'échantillon	Caractéristiques intrinsèques du sol	
	Cohésion C'P en kPa	Angle de frottement Ø'P en °
Tufs limoneux jaunâtre à blanchâtre	19.3	31

CISAILLEMENT RECTILIGNE NM ISO 17892-10

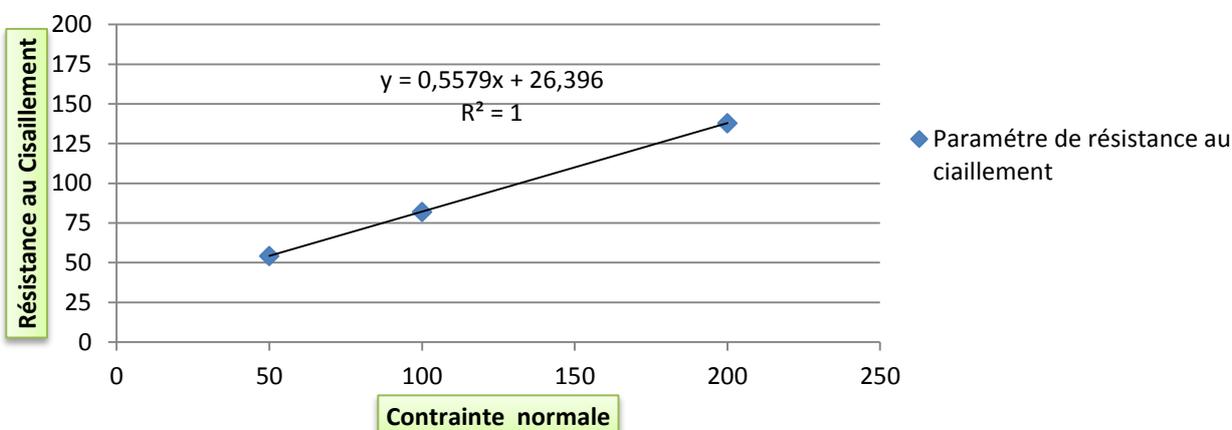
Sondage n° : SM2

Réf. Ech : 46/3

Prof : 2.80 -3.50m/TN



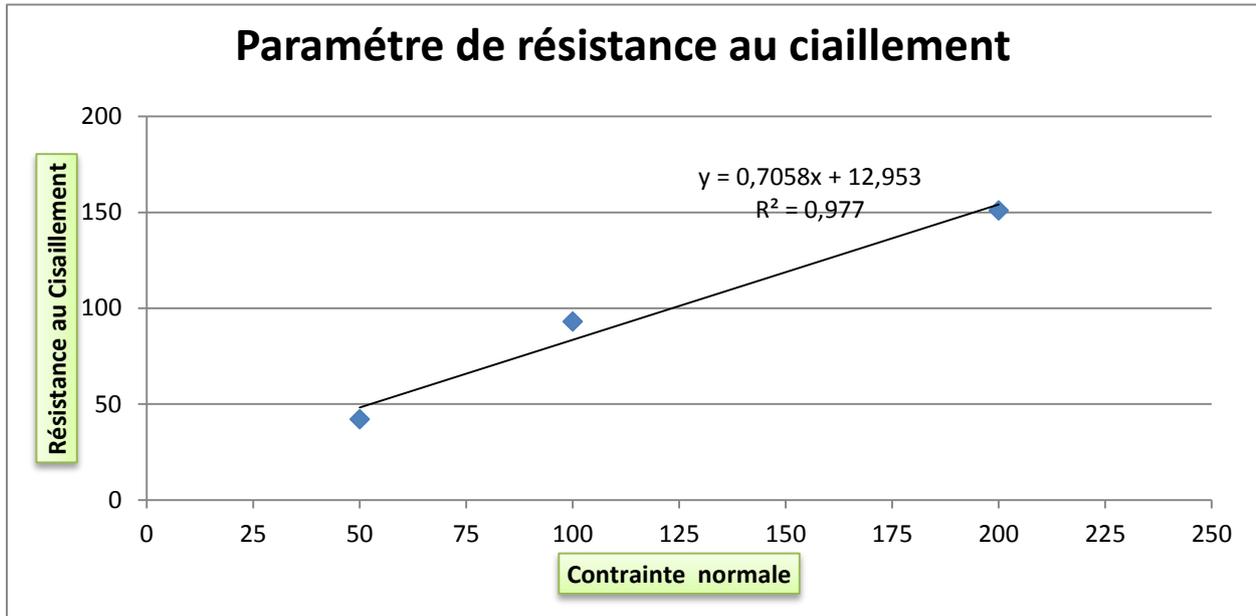
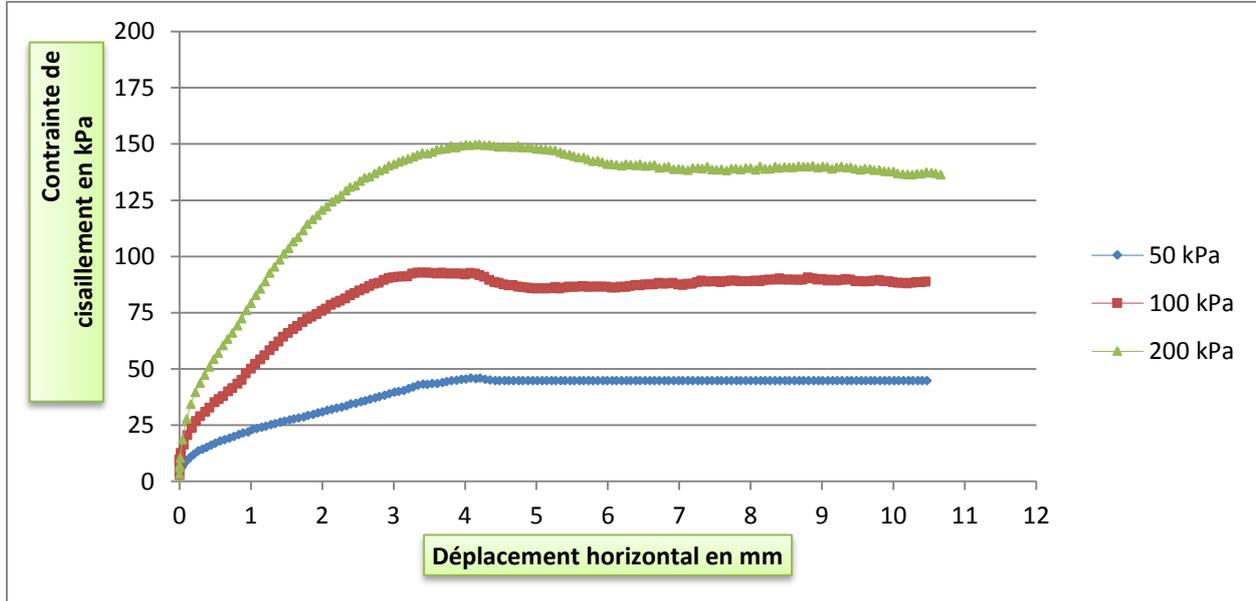
Paramètre de résistance au cisaillement



Description de l'échantillon	Caractéristiques intrinsèques du sol	
	Limon marneux verdâtre à jaunâtre	Cohésion C'P en kPa
26.4		29

CISAILLEMENT RECTILIGNE NM ISO 17892-10

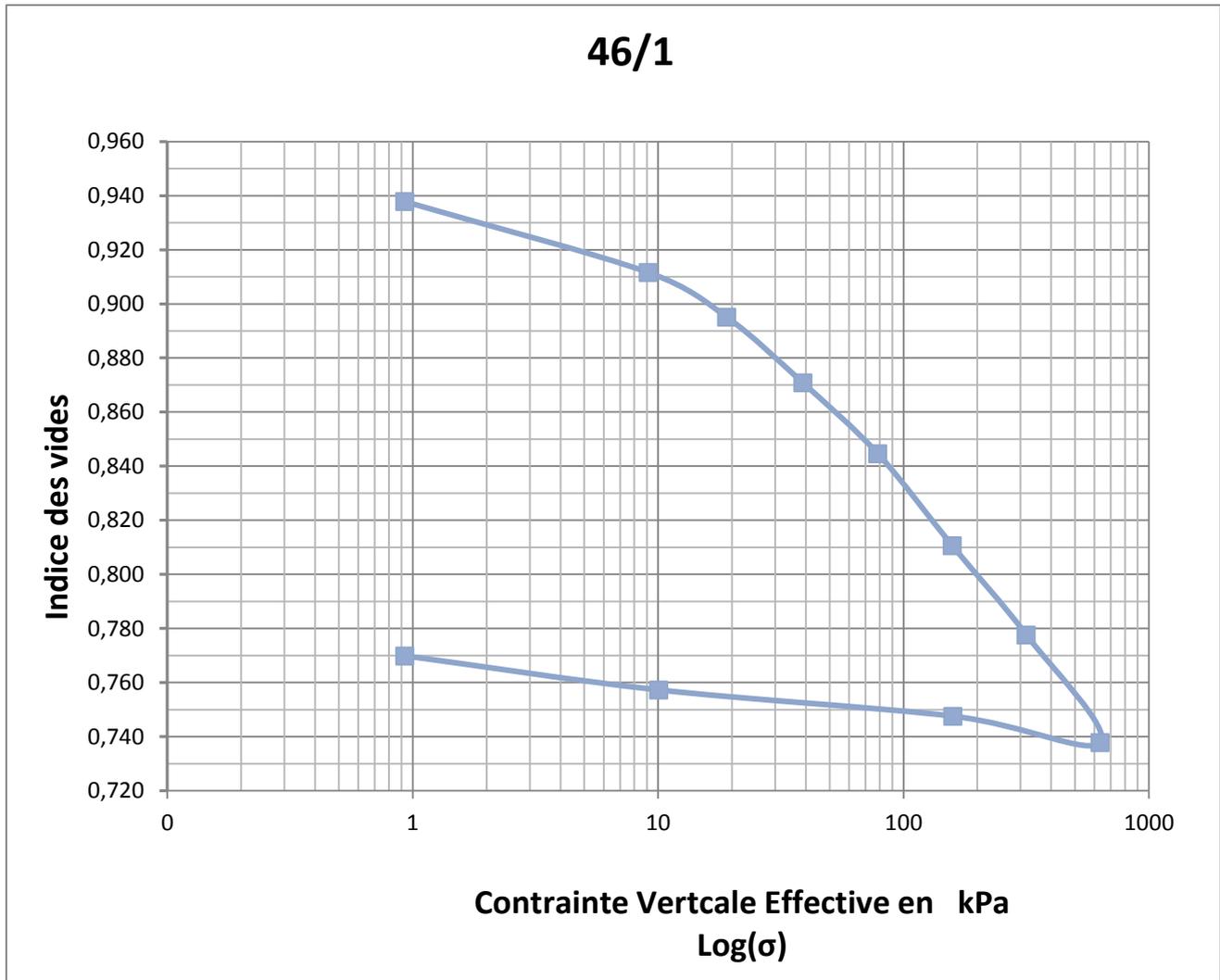
Sondage n° : SM5	Réf. Ech : 47/1	Prof : 0.80 – 3.00 m/TN
------------------	-----------------	-------------------------



Description de l'échantillon	Caractéristiques intrinsèques du sol	
	Cohésion C'P en kPa	Angle de frottement Ø'P en °
Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre	13	35

ESSAI OEDOMETRIQUE : NM 13.1.003

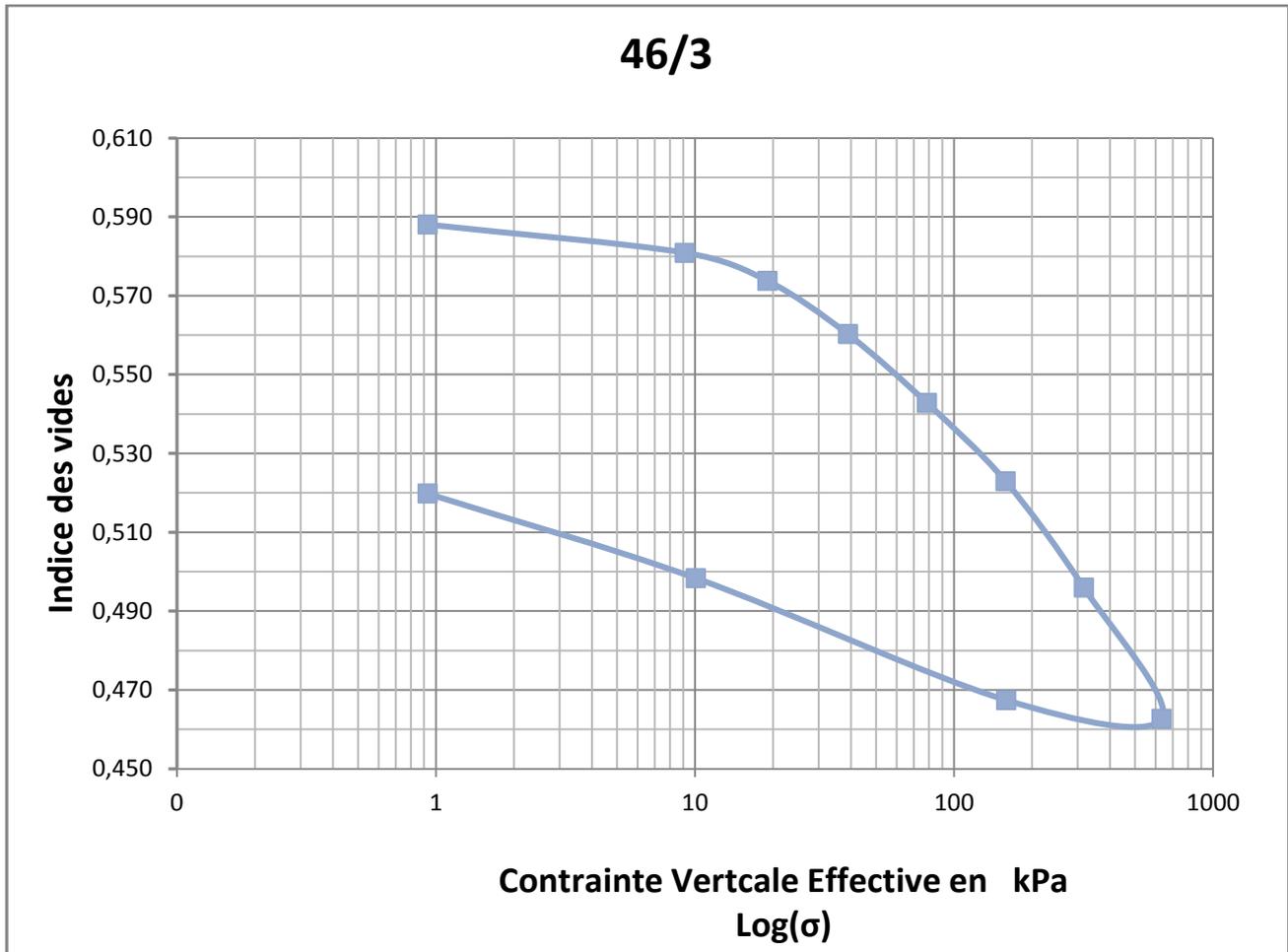
Sondage N° : SM1		Réf. Ech : 46/1		Prof. (m) : 0.60 à 2.50 m/TN	
Etat	Teneur en eau %	Poids spécifique humide KN/m ³	Indice des vides	Saturation %	Hauteur cm
Initial	18.2	18.80	0.928	100	2.001
Final	21.4	19.20	0.770	100	1.790



Coefficient de compression C_c : 0.11	Description de l'échantillon Tufs limoneux jaunâtre à blanchâtre
Coefficient de gonflement C_g : 0.008	
Pression de pré consolidation σ'_p : 27kPa	
Pression de gonflement P_g : 1 kPa	

ESSAI OEDOMETRIQUE : NM 13.1.003

Sondage N° : SM2		Réf. Ech : 46/3		Prof. (m) : 2.80 à 3.50 m/TN	
Etat	Teneur en eau %	Poids spécifique humide KN/m ³	Indice des vides	Saturation %	Hauteur cm
Initial	13.6	19.80	0.588	100	2.001
Final	16.8	21.40	0.515	100	1.843

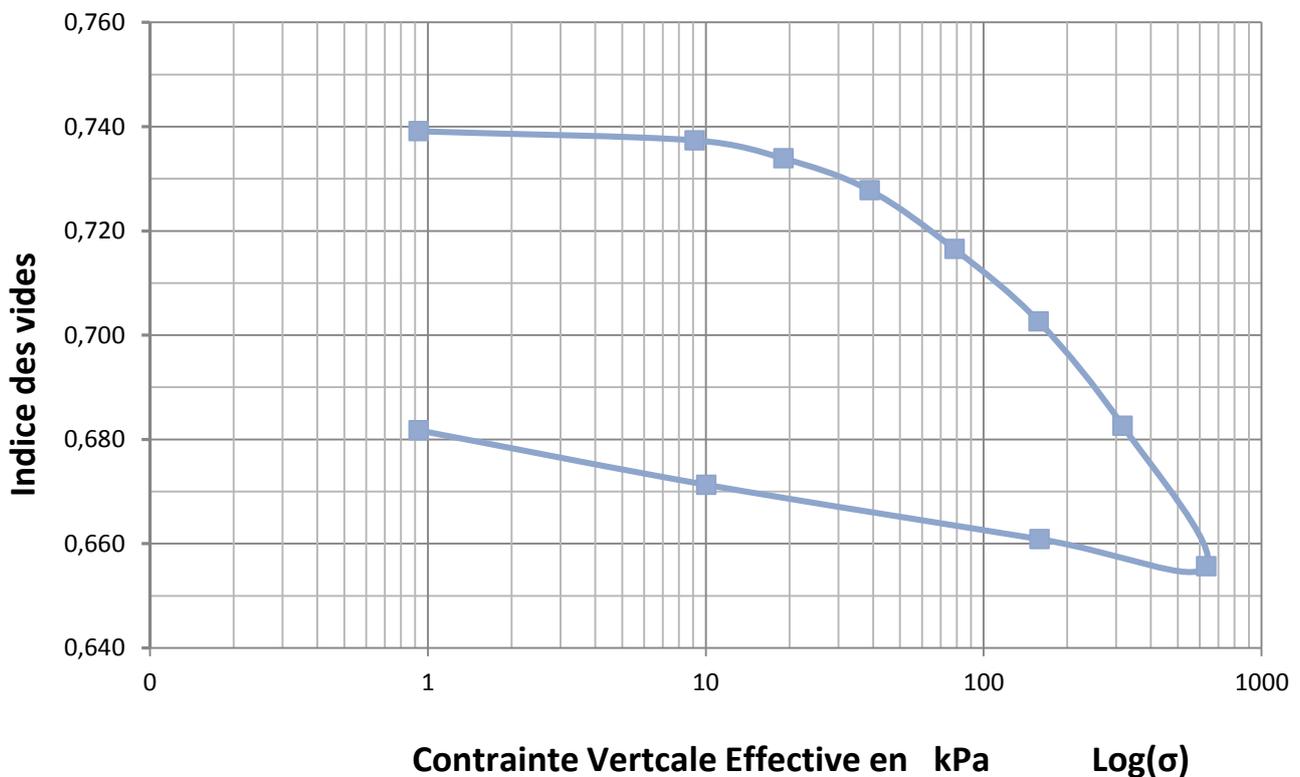


Coefficient de compression Cc : 0.10	Description de l'échantillon Limon marneux verdâtre à jaunâtre
Coefficient de gonflement Cg : 0.023	
Pression de pré consolidation σ'_p : 34kPa	
Pression de gonflement Pg : 9.12 kPa	

ESSAI OEDOMETRIQUE : NM 13.1.003

Sondage N° : SM5		Réf. Ech : 47/1		Prof. (m) : 0.80 à 3.00 m/TN	
Etat	Teneur en eau %	Poids spécifique humide KN/m ³	Indice des vides	Saturation %	Hauteur cm
Initial	12.60	18.00	0.739	100	2.001
Final	14.80	19.40	0.682	100	1.903

47/1



Coefficient de compression C_c : 0.06	Description de l'échantillon Sable gréseux jaunâtre à beigeâtre
Coefficient de gonflement C_g : 0.009	
Pression de pré consolidation σ'_p : 56kPa	
Pression de gonflement P_g : 9.12 kPa	

Fin du rapport

ANEJO 4

COMPROBACIONES TÉCNICAS

ANEJO 4 COMPROBACIONES TÉCNICAS

Para las comprobaciones técnicas se ha utilizado dos métodos de cálculo uno de ellos es de estados límites últimos (ELU) que determina la capacidad portante y otro de estados límites de servicio (ELS) que determina la deformabilidad.

Para los edificios que coinciden aproximadamente con la localización de los sondeos mecánicos el método de cálculo empleado se basa sobre los resultados de los parámetros que proporcionan los ensayos presiométricos porque son los ensayos que se han hecho en el interior de los sondeos. Mientras que para los edificios y tanques que coinciden con los puntos donde se hicieron los sondeos manuales el método o el sistema de cálculo que se utiliza es la fórmula de Terzaghi convencional basándose sobre los resultados del ensayo de corte directo.

4.3.1. E.L.U: CAPACIDAD PORTANTE

4.3.1.1 MÉTODO PRESIOMÉTRICO

- Tensión de rotura: q_l

Se calcula según la fórmula siguiente:

$$q_l = q_0 + k_p \cdot pl_e^*$$

Siendo,

q_0 : Tensión total vertical inicial (en el fondo de la excavación)

k_p : Factor portante

pl_e^* : Presión límite equivalente

Se calcula el factor portante k_p según la normativa con la fórmula siguiente:

$$k_p = \left[1 + 0,27 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \cdot \frac{De}{B} \right]$$

- Tensión de referencia: q_{ref}

$$q_{ref} \leq \frac{1}{\gamma_q} \cdot k_p \cdot pl_e^* + q_0; q_{ref} \leq \frac{1}{\gamma_q} \cdot (q_l - q_0) + q_0$$

Siendo,

q_l : Tensión de rotura

γ_q : Coeficiente de seguridad (en ELU es igual a 2 y en ELS es igual a 3)

k_p : Factor portante

pl_e^* : Presión límite equivalente

q_0 : Tensión total vertical inicial (en el fondo de la excavación)

- Presión límite equivalente neta: Pl_e^*
Para un suelo heterogéneo se aplica la fórmula siguiente:

$$Pl_e^* = \sqrt[n]{pl_1^* \cdot pl_2^* \cdots pl_{ln}^*}$$

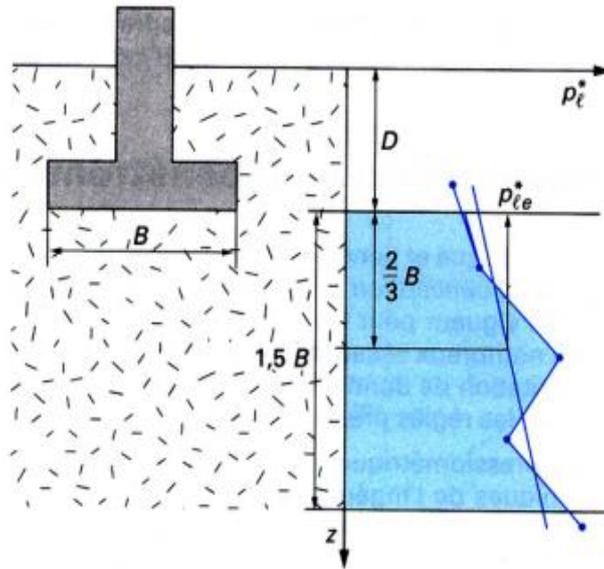


Figura 01: Presión límite equivalente neta en un terreno heterogéneo
Fuente. Norma Francesa "Fascicule 62-V"

- Profundidad eficaz: De

$$De = \frac{1}{pl_e^*} \cdot \int_0^D pl^*(z) dz$$

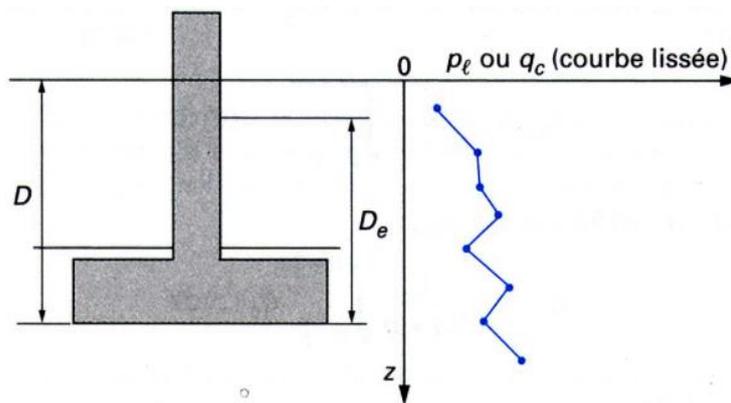


Figura 02: Profundidad eficaz
Fuente. Norma Francesa "Fascicule 62-V"

➤ Profundidad crítica: D_c / B

Depende del tipo de suelo y de su resistencia.

Para una cimentación superficial D_c/B tiene que ser menor que 1.5 m.

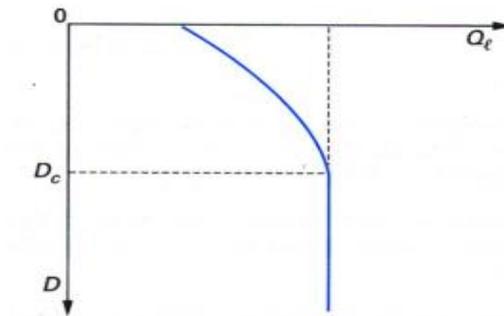


Figura 03: Profundidad crítica
Fuente. Norma Francesa "Fascicule 62-V"

4.3.1.2 MÉTODO DE TERZAGHI PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Fórmula de Terzaghi:

$$q_u = 0,5 \cdot S\gamma \cdot B \cdot N\gamma + S_q \cdot q_0 \cdot Nq + S_c \cdot C \cdot Nc$$

$$Q_{adm} = q_u / F$$

$$q_0 = \gamma \cdot D$$

Donde:

q_u : es la capacidad portante última del suelo (en kN/m^2)

$S\gamma$: es el coeficiente de influencia del peso volumétrico del suelo

γ : es el peso volumétrico del suelo (en kN/m^3)

B es el ancho de la cimentación (en m)

$N\gamma$: es el coeficiente de capacidad portante para el peso volumétrico del suelo

S_q : es el coeficiente de influencia de la carga de servicio

q_0 : es la carga de servicio aplicada sobre la superficie del suelo (en kN/m^2)

Nq : es el coeficiente de capacidad portante para la carga de servicio

S_c : es el coeficiente de influencia de la cohesión del suelo

C : es la cohesión del suelo (en kN/m^2)

Nc : es el coeficiente de capacidad portante para la cohesión del suelo

F : es el coeficiente de seguridad

Cabe destacar que los valores de los coeficientes ($N\gamma$, Nq y Nc) dependen de las propiedades del suelo por lo que deben ser determinados a partir de ensayos de laboratorio o de campo.

Esta fórmula ampliada incluye consideraciones adicionales para el peso volumétrico del suelo y la cohesión, además de la carga de servicio aplicada, en la estimación de la capacidad portante del suelo.

Para una zapata aislada cuadrada (2,00 m x 2,00 m):

$$N_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \rightarrow N_c = 1,2$$

$$N_\gamma = 1 - 0,2 \cdot \frac{B}{L} \rightarrow N_\gamma = 0,8$$

$$N_q = 1$$

4.3.2. E.L.S: DEFORMABILIDAD

4.3.2.1 MÉTODO PRESIOMÉTRICO

Según la norma aplicada para cimentaciones superficiales rígidas, la estimación de los asentos admisible a lo largo de su vida útil y se determinan según la fórmula de **Menard**:

$$S_f = S_c + S_d$$

$$S_c = \frac{(q - q_0) \cdot \lambda_c \cdot B}{9E_c} ; S_d = \frac{2 \cdot (q - q_0) \cdot B_0}{9E_d} \cdot \left(\lambda_d \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

Siendo,

S_c: Asiento esférico

S_d: Asiento desviado

B: Largo de la cimentación

B₀: Dimensión de referencia igual a 0.6 m

q₀: Tensión total vertical inicial (en el fondo de la excavación)

q: Componente normal de la tensión efectiva media aplicada al terreno, por la cimentación

α: Coeficiente reológico

λ_c, λ_d: Coeficientes de forma

E_c, E_d: Módulos presiométricos equivalentes

4.3.3. APLICACIÓN A CADA EDIFICIO

Como había explicado antes, el método presiométrico se aplica a los sondeos mecánicos de rotación con testigo continuo, donde se localizan los tanques de agua tratada (agua producto) y la estación de agua de bombeo de mar, y el método de Terzaghi se aplica a los sondeos manuales basándose en los resultados del ensayo de corte directo, para todos los demás edificios y tanques de la planta desaladora.

- Tanque de agua tratada. Dimensiones: ancho B igual a 30 m y longitud L igual a 45 m.

Tabla 1: Parámetros para la comprobación técnica de tensión admisible para el tanque de agua tratada

Profundidad (m)	P_f (MPa)	P_l (MPa)	E_m (MPa)	σ_{hs} (MPa)	P_l^* (MPa)	P_f^* (MPa)	$\frac{E_m}{P_l^*}$
1,5	1,4	2,37	21,3	0,013	2,36	1,39	9
3,0	2,8	4,4	46,5	0,027	4,37	2,57	11
4,5	4,6	5	79,8	0,054	4,94	4,54	18
6,0	> 5	5	98,2	0,072	4,93	4,93	20
7,5	> 5	5	118,3	0,09	4,91	4,91	24
9,0	> 5	5	132,4	0,108	4,89	4,89	27
10,0	> 5	5	154,6	0,12	4,88	4,88	32

Aplicando las fórmulas mencionadas anteriormente para el cálculo de la tensión de servicio y el cálculo del asiento admisible para el tanque de agua tratada, y con los resultados mostrados en la tabla nº 17, se obtienen los resultados de la tabla nº 18:

Tabla 2: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para el tanque de agua tratada

SONDEO MECÁNICO	Tanque de agua tratada, (agua producto)
Tipología de cimentación	Losa de cimentación (Base maciza)
Suelo de asiento	Esquisto fracturado duro grisáceo
Profundidad	4,60 m
Tensión vertical efectiva del terreno	0,114 MPa
Presión limite equivalente neta	4,74 MPa
De	4,6 m
De/B	0,03
Factor portante	1,01
Tensión admisible	1,7 MPa
Tensión de servicio	0,4 MPa
Asiento esférico	0,0013 m
Asiento desviado	0,007 m
Asiento total	0,002 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente

- Estación de bombeo de agua de mar. Dimensiones: ancho B igual a 30 m y longitud L igual a 50 m.

Tabla 3: Parámetros para la comprobación técnica de tensión admisible para la estación de bombeo

Profundidad (m)	P_f (MPa)	P_l (MPa)	E_m (MPa)	σ_{hs} (MPa)	P_l^* (MPa)	P_f^* (MPa)	$\frac{E_m}{P_l^*}$
1,5	1,2	2,03	18,2	0,013	2,02	1,19	9
3,0	1,6	2,7	26,4	0,027	2,63	1,57	10
4,5	2,2	3	47,5	0,056	2,94	2,14	10
6,0	> 5	5	86,5	0,075	4,93	4,93	18
7,5	> 5	5	112,6	0,094	4,91	4,91	23
9,0	> 5	5	127,6	0,113	4,89	4,89	26
10,5	> 5	5	164,3	0,13	4,87	4,87	34
12,0	> 5	5	172,8	0,15	4,85	4,85	36
13,5	> 5	5	185,4	0,17	4,83	4,83	38
15,0	> 5	5	192,6	0,19	4,81	4,81	40

Aplicando las fórmulas mencionadas anteriormente para el cálculo de la tensión de servicio y el cálculo del asiento admisible para el tanque de agua tratada, y dando uso a la tabla nº 19, se obtienen los resultados de la tabla nº 20:

Tabla 4: Resultados de los cálculos del método presiométrico realizado para la estación de bombeo

SONDEO MECÁNICO	Estación de bombeo de agua de mar
	Losa de cimentación
Tipología de cimentación	(Base maciza)
Suelo de asiento	Esquisto fracturado duro grisáceo
Profundidad	4,60 m
Tensión vertical efectiva	0,267 MPa
Presión limite equivalente neta	4,87 MPa
De	8,4 m
De/B	0,3
Factor portante	1,06
Tensión admisible	2 MPa
Tensión de servicio	0,5 MPa
Asiento esférico	0,007 m
Asiento desviado	0,002 m
Asiento total	0,009 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente

Para los edificios y tanques situados en los puntos de sondeos manuales (calicatas):

- Edificio de administración, laboratorio y taller
- Edificio eléctrico de osmosis inversa
- Edificio de filtraciones de osmosis inversa
- Edificio de sistema de ultrafiltraciones
- Edificio de subestacion electrica

Tabla 5: Resultados de los cálculos por el método de Terzaghi aplicados

CALICATAS	Edificio de administración y taller	Edificio de eléctrico de osmosis inversa	Edificio de subestación eléctrica
Tipología de cimentación	ZAPATA CUADRADA (2,00 m x 2,00 m)		
	(Base maciza)		
Suelo de asiento	Limo amarillento a blanquecino con costras calcáreas	Limo arenoso amarillento a blanquecino y limo margo verdoso con costras calcáreas	Arena amarillenta a beige
Profundidad	2 a 2,50 m	2,50 a 3,50 m	2,50 a 3,00 m
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,36 MPa	0,46 MPa	0,47 MPa
Angulo de fricción	31º	29º	35º
Cohesión	0,0193 MPa	0,0264 MPa	0,013 MPa
Tensión admisible	0,39 MPa	0,36 MPa	0,77 MPa
Tensión de servicio	0,19 MPa	0,18 MPa	0,25 MPa
Asiento esférico	0,009m	0,009m	0,009m
Asiento desviado	0,050m	0,062m	0,085m
Asiento total	0,059 m	0,071 m	0,175 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

Tabla 6: Resultados de los cálculos por el método de Terzaghi aplicados

CALICATAS	Edificio de filtraciones de OI	Edificio de sistema de UF
Tipología de cimentación	LOSA DE CIMENTACIÓN	
	(Base maciza)	
Suelo de asiento	Limo arenoso amarillento a blanquecino con costras calcáreas	Arena amarillenta a beige
Profundidad	2,50 a 3,20 m	2,50 a 3,00 m
Tensión vertical efectiva del terreno en reposo	0,46 MPa	0,46 MPa
Angulo de fricción	29°	35°
Cohesión	0,0264 MPa	0,013 MPa
Tensión admisible	0,37 MPa	0,77 MPa
Tensión de servicio	0,19 MPa	0,25 MPa
Asiento esférico	0,009 m	0,009m
Asiento desviado	0,098 m	0,082m
Asiento total	0,107 m	0,092 m

Por tanto, verificada la condición de asiento, ésta SE CUMPLE según la normativa vigente.

ANEJO 5

MOVIMIENTOS DE TIERRA

ANEJO 5 MOVIMIENTOS DE TIERRA

En esta obra de proyecto se prepara el terreno para crear una superficie adecuada y estable sobre la cual se pueden construir los edificios y tanques, y el proceso se hará empezando con un desbroce de medio metro de tierra vegetal.

Teniendo en cuenta el importante desnivel de la parcela es obvio que será necesario desmontar una parte de esta y terraplenar otra para asegurar esta superficie plana por la que circulen personas, vehículos y equipamiento.

Por otro lado, según los datos obtenidos en laboratorio las propiedades del suelo a excavar son suficientemente buenas como para utilizar este mismo material en el terraplenado.

Dada esta circunstancia, se ha tratado de hacer una cubicación lo más equilibrada posible entre desmonte y terraplén. Finalmente, este balance se ha conseguido con las siguientes condiciones:

- Nivelación de la parcela a la cota +8.00 m
- Desmonte: 116 659,54 m³
- Terraplén: 116 476.06 m³

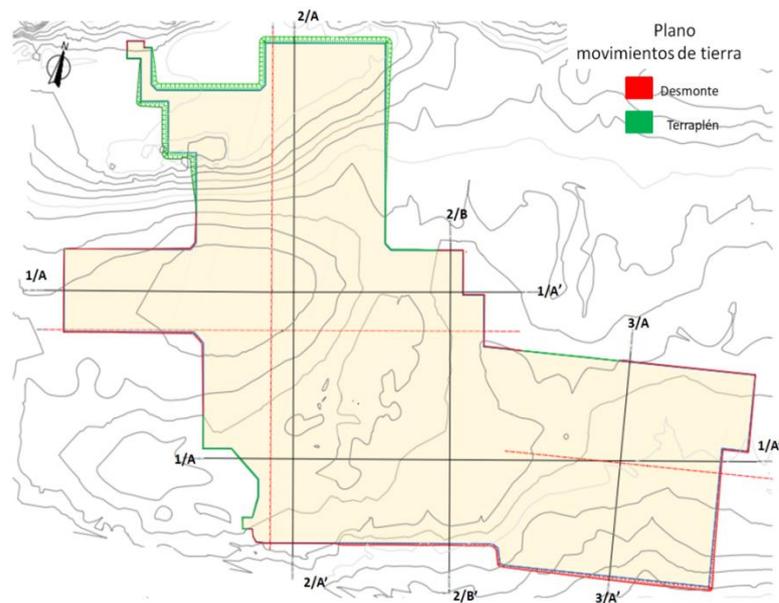
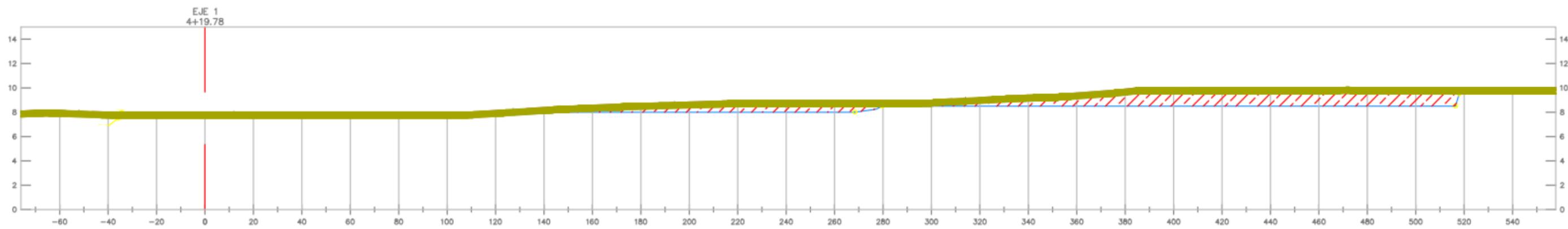


Figura1: Plano de planta del movimiento de tierra de la planta desaladora

Las líneas de color verde indican las zonas de la parcela donde será necesario ejecutar un terraplén y las líneas de color rojo donde será necesario desmontar el terreno natural para alcanzar la cota de explanada. A continuación se incluyen los perfiles de las secciones que se indican en la Figura1.

EJE 1 – SECCIÓN A-A'

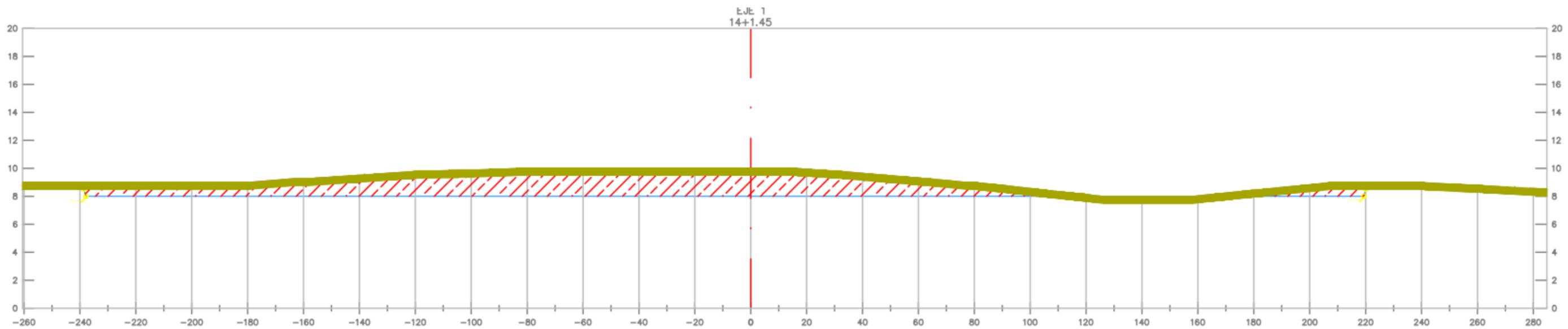
Perfil de movimientos de tierra de la sección A-A'



ESCALA HOR 1/2000
ESCALA VER 1/400
SECCIÓN A-A'

EJE 1 – SECCIÓN B-B'

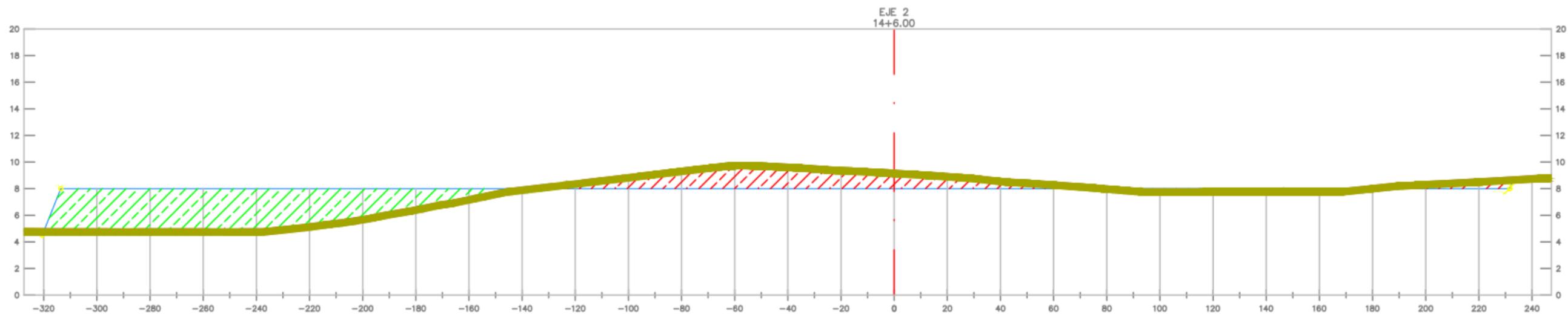
Perfil de movimientos de tierra de la sección A-A'



ESCALA HOR 1/2000
ESCALA VER 1/400
SECCIÓN B-B'

EJE 2 – SECCIÓN A-A'

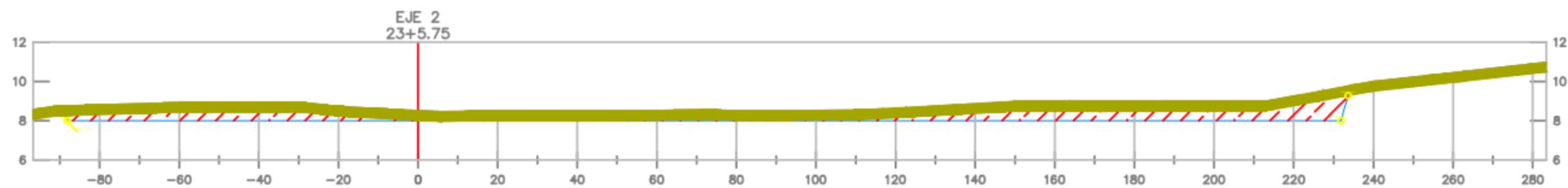
Perfil de movimientos de tierra de la sección A-A'



ESCALA HOR 1/2000
ESCALA VER 1/400
SECCIÓN A-A'

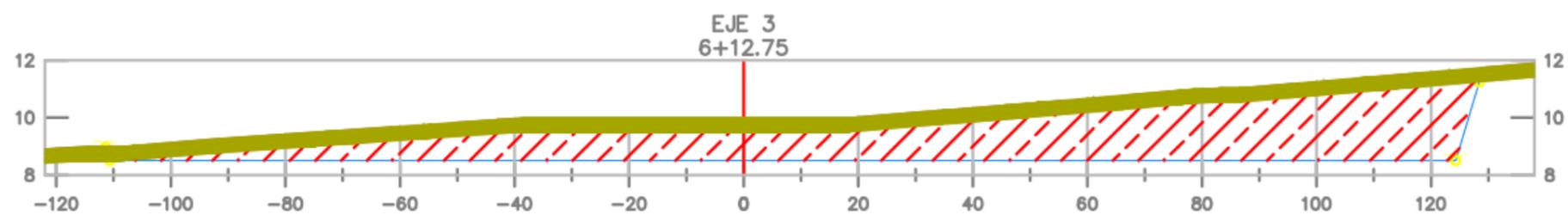
EJE 2 – SECCIÓN B-B'

Perfil de movimientos de tierra de la sección A-A'



ESCALA HOR 1/2000
ESCALA VER 1/400
SECCIÓN B-B'

EJE 3 – SECCIÓN A-A'
Perfil de movimientos de tierra de la sección A-A'



ESCALA HOR 1/2000
ESCALA VER 1/400
SECCIÓN A-A'

ANEJO 6

VALORACIÓN ECONÓMICA

ANEJO 6 VALORACIÓN ECONÓMICA

1. OBJETO Y ANTECEDENTES

El fin del presente documento es el estudio y diseño de la cimentación de la planta desaladora de la región Casablanca-Settat (Marruecos).

Una vez expuesta lo anterior, el fin del presente Anejo es estimar el coste que supone la ejecución de la cimentación, siguiendo la solución propuesta en el diseño geotécnico.

Para ello se ha realizado una relación valorada, donde los precios de las unidades se han obtenido a partir del Generador de Precios de la construcción en España según la aplicación CYPE Ingenieros S.A.

Con tal de facilitar el seguimiento de la valoración, se ha agrupado los procedimientos de la siguiente manera:

- Actuaciones previas
 - ✓ Desbroce

- Movimientos de tierra
 - ✓ Terraplenado
 - ✓ Desmante

- Cimentación
 - ✓ Hormigón de limpieza
 - ✓ Hormigón armado
 - ✓ Encofrado

2. MEDICIÓN DE CIMENTACIÓN

Para los edificios siguientes, la medición se ha hecho con una cimentación tipo zapata cuadrada de 2m x 2m:

		SUBESTACION ELÉCTRICA	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		36,08	m ³
Volumen total de hormigón		295,2	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		44280	Kg
Volumen total de encofrado		590,4	m ²

		TALLER, ALMCAÉN	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		6,6	m ³
Volumen total de hormigón		36	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		2880	Kg
Volumen total de encofrado		72	m ²

		EDIFICIO ELÉCTRICO DE OI	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		11,44	m ³
Volumen total de hormigón		72,8	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		7280	Kg
Volumen total de encofrado		145,6	m ²

Para los edificios siguientes, la medición se ha hecho con una cimentación tipo losa:

		TANQUE DE AGUA TRATADA	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		15,54	m ³
Volumen total de hormigón		4636,8	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		695520	Kg
Volumen total de encofrado		124	m ²

		ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA DE MAR	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		7,94	m ³
Volumen total de hormigón		1123,2	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		168480	Kg
Volumen total de encofrado		63,2	m ²

		DIFICIO DE ULTRAFILTACION	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		12,14	m ³
Volumen total de hormigón		2822,4	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		423360	Kg
Volumen total de encofrado		145,6	m ²

		EDIFICIO DE FILTRACIONES OI	
		Total	
Volumen total de hormigón de limpieza		24,44	m ³
Volumen total de hormigón		10358,4	m ³
Volumen total de acero de refuerzo		1553760	Kg
Volumen total de encofrado		195,2	m ²

3. VALORACIÓN ECONÓMICA

Actuaciones previas

1 Desbroce

Nº	Código	UM	Descripción	Medición	Precio	Importe
1	ADL005	m2	Desbroce y limpieza del terreno de topografía con desniveles acusados, con medios mecánicos.	32611	1,17 €	38.154,87 €

Movimientos de tierra

2 Terraplenado

Nº	Código	UM	Descripción	Medición	Precio	Importe
2	ADP010	m3	Terraplenado para cimientto de terraplén	116476,06	5,75 €	669.737,35 €

3 Desmante

Nº	Código	UM	Descripción	Medición	Precio	Importe
3	ADD010	m3	Desmante en terreno de tránsito, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, con empleo de medios mecánicos.	116659,54	3,47 €	404.808,60 €

Cimentación

4 Hormigón de limpieza C15

Nº	Código	UM	Descripción
4	CHH005	m3	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido con bomba.

Medición	Precio	Importe
129,72	70,00 €	9.080,40 €

5 Hormigón Armado

Nº	Código	UM	Descripción
5	CSL010	m3	Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-40/F/20/XC2+XA2 fabricado en central, con cemento SR, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S.

Medición	Precio	Importe
9060	190,00 €	1.721.400,00 €

Nº	Código	UM	Descripción
5	CSZ010	m3	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-40/F/20/XC2+XA2 fabricado en central, con cemento SR, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S.

Medición	Precio	Importe
404	152,00 €	61.408,00 €

6 Encofrado

Nº	Código	UM	Descripción
6	CHE010	m2	Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para losa de cimentación.

Medición	Precio	Importe
603,2	23,00 €	13.873,60 €

Encofrado

29.548,80 €

Nº	Código	UM	Descripción
6	CHE010	m2	Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para zapata de cimentación.

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIALES

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

	Unidad Obra	
1 DESBROCE	m ²	38.154,87 €
2 TERRAPLENADO	m ³	669.737,35 €
3 DESMONTE	m ³	404.808,60 €
4 HORMIGÓN DE LIMPIEZA	m ³	9.080,40 €
5 HORMIGÓN ARMADO	m ³	1.782.808,00 €
6 ENCOFRADO	m ²	29.548,80 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL:		2.934.138,02 €

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de:

**DOS MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL CIENTO TREINTA Y OCHO EUROS
Y DOS CÉNTIMOS**