



Adaptations du design des ouvrages à terre et du départ des tunnels de la centrale nucléaire de Sizewell

Baptiste Pelletier, EDF-TEGG

9 avril 2021

Contexte et projet d'extension de la centrale de Sizewell

4 projets nucléaires en UK :

- Hinkley Point C (EDF, en construction)
- Sizewell C (EDF, en développement)
- Bradwell B (CGN, en développement)
- *Wylfa B (Hitachi, abandonné)*



Contexte et projet d'extension de la centrale de Sizewell

Site existant :

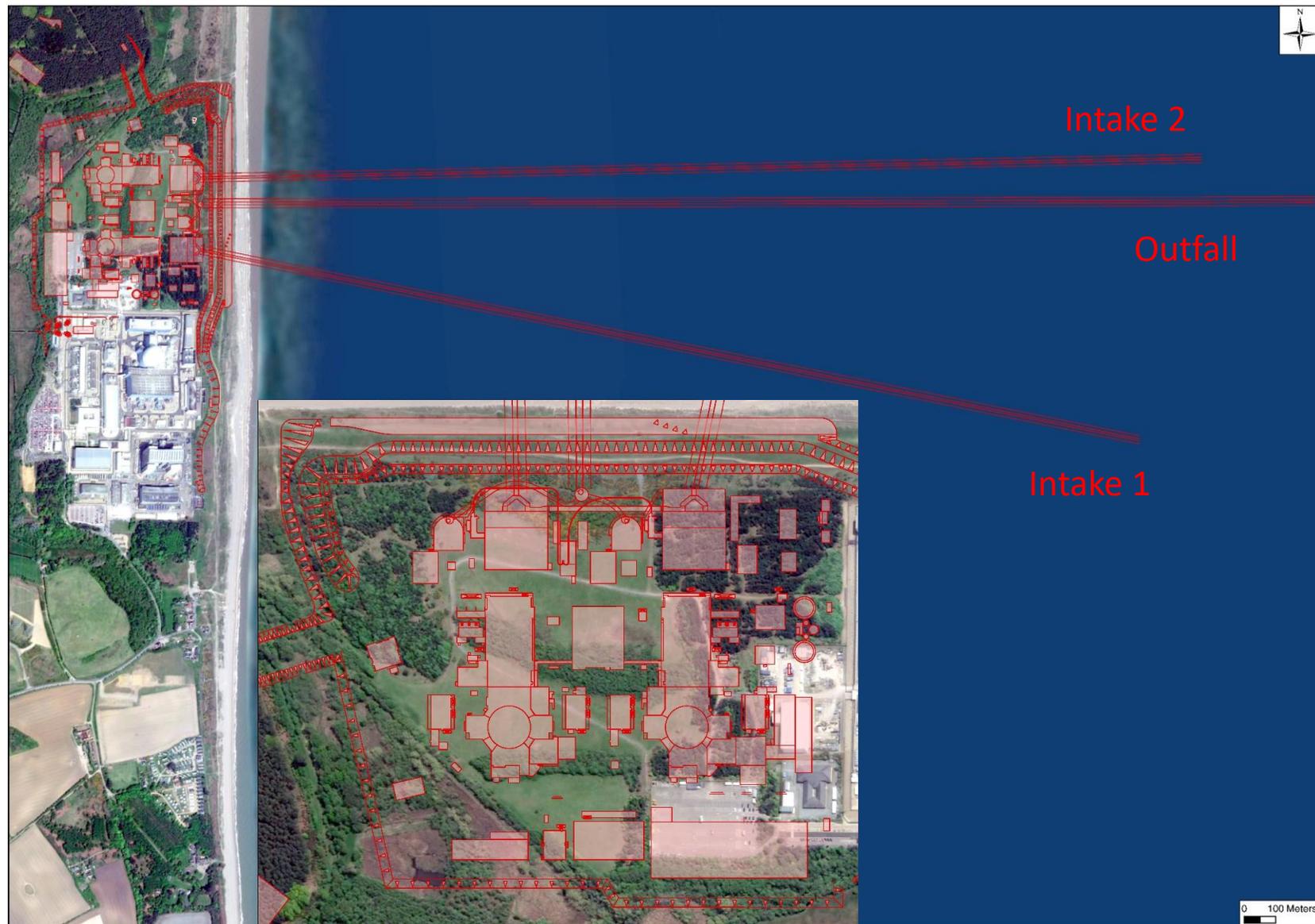
- Site 'A' : 2 tranches 210 MW (1966 – 2006)
- Site 'B' 1 tranche 1200 MW (1995 -)

Projet Sizewell C :

- 2 tranches nucléaires EPR 1600 MW
- Emprise au sol très contrainte
- 3 tunnels (2 amenées, 1 rejet)

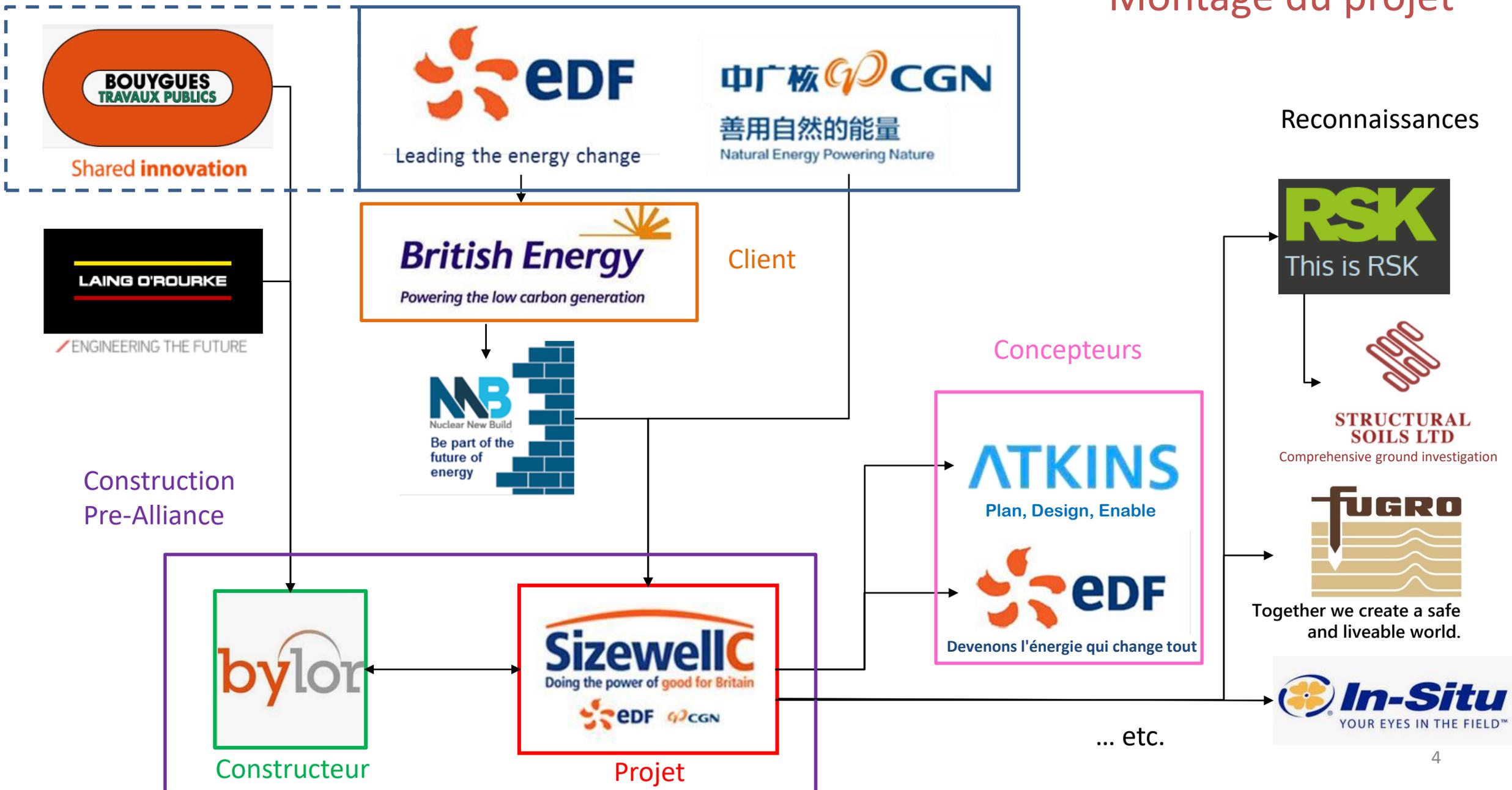
Jalons actuels :

- Permis et début des travaux en 2022
- Radier du premier réacteur en 2025
- Fin des travaux en 2032



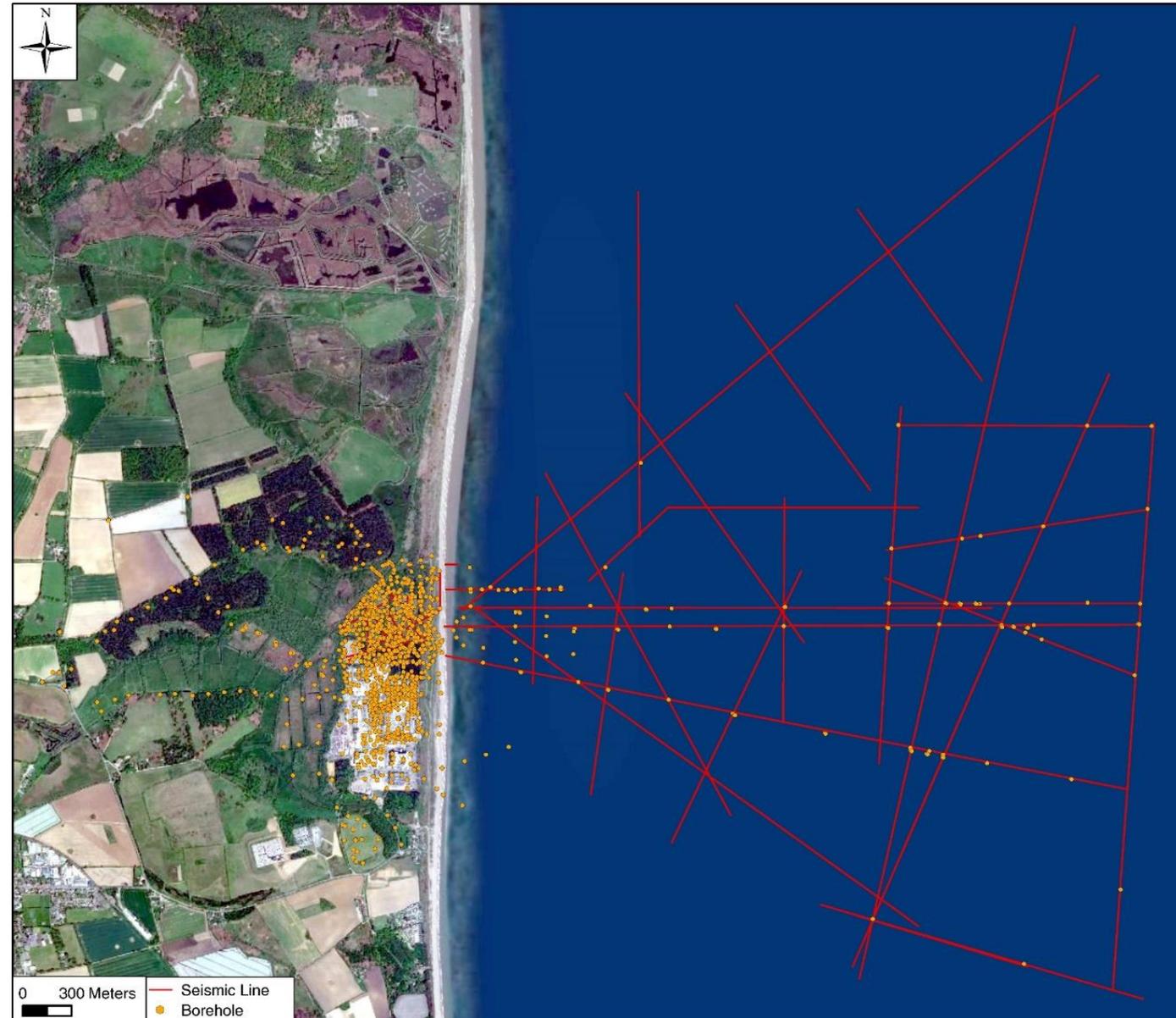
Investisseurs

Montage du projet



Reconnaitssances disponibles

- Le site est reconnu depuis 1957
- 27 campagnes (onshore & offshore) les plus récentes entre 2019 et 2021
- \approx 1500 emplacements de sondages (y compris essais in-situ)
- \approx 68 km de lignes sismiques
- \approx 5000 essais in-situ
- \approx 5000 essais de laboratoire (dont 95 essais cycliques)



Sondages et lignes sismiques

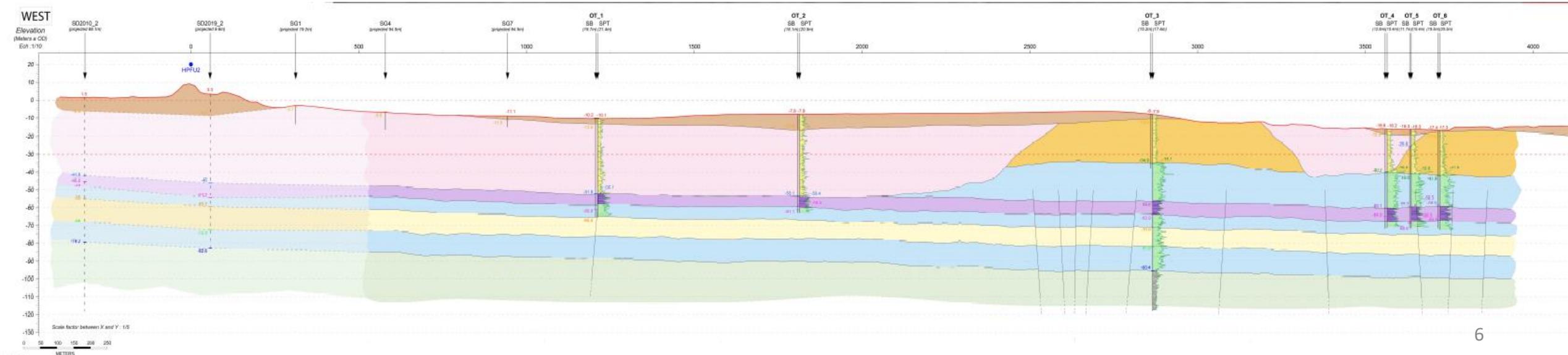
Stratigraphie du site de Sizewell

Certaines couches ont été érodées fortement en particulier près des côtes.

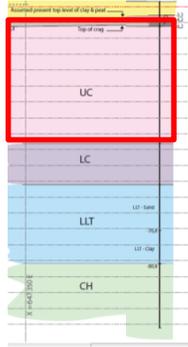
Calage des tunnels au dessus des bancs rocheux de la Harwich Formation (violet)

Coupe le long du tunnel de rejet

| Période | Group | Formation | Member |
|------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|
| Holocène | Recent Deposits | Lowestoft | |
| Plio-Pléistocène | Crag Group | Norwich Crag | Chillesford sand |
| | | Red Crag Formation RCG | Thorpeness Sizewell |
| | | Coralline Crag | Aldeburgh, Sudbourne & Ramsholt |
| Éocène | Thames Group | London Clay | Walton |
| | | Harwich Clay | Wrabness |
| | | | Orwell (stone bands) Ipswich |
| Paléocène | Lambeth Group | Reading Sands | |
| | Montrose Group | Upnor Clay | |
| | | Lista Clay | Ormesby Clay |
| Crétacé | Chalk Group | Portsmouth | Beeston |
| | | | Weybourn |
| | | | Pre-Weybourn |
| | | Welton to Flamborough | |



Contexte géologique : les Crag



4 formations:

Norwich Crag (C1)

Reg Crag (C2)

Red Crag (C3)

+ Coralline Crag offshore

- Niveaux sableux coquillers
- Contiennent des lits graveleux
- Faible cohésion
- Érodables facilement



Dunwich Heath Cliff (Norwich Crag)



Visite de terrain (Red Crag)



Maison côtière sur les Crag après une tempête



Échantillon prélevé (Coralline Crag)

Contexte géologique : les dépôts quaternaires (onshore)

- Principalement tourbes et argiles
- Très compressibles
- Faible cohésion
- Recouverts des déblais de la construction de Sizewell B (“Made Ground”, ≈ 3 m)

=> Seront excavés dans l’emprise du projet



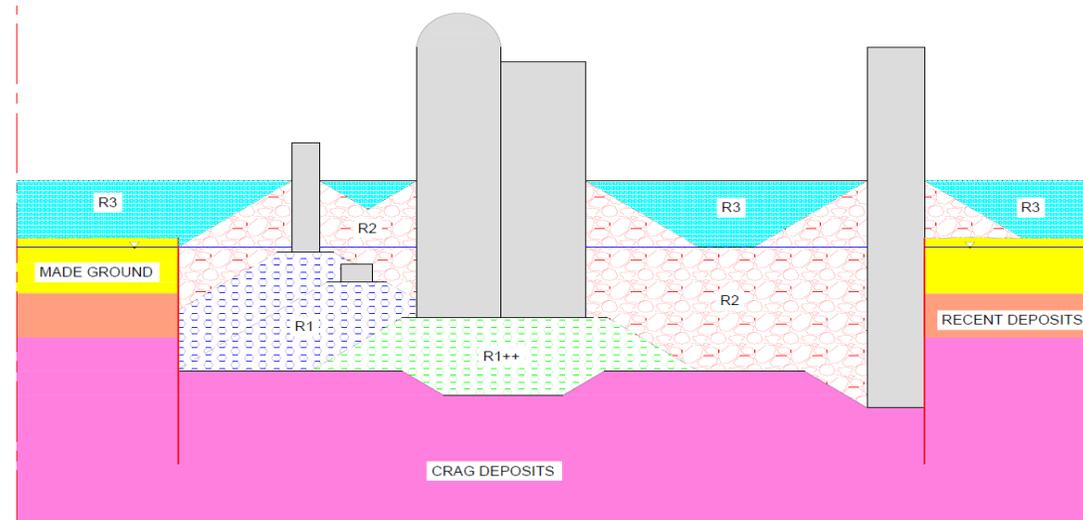
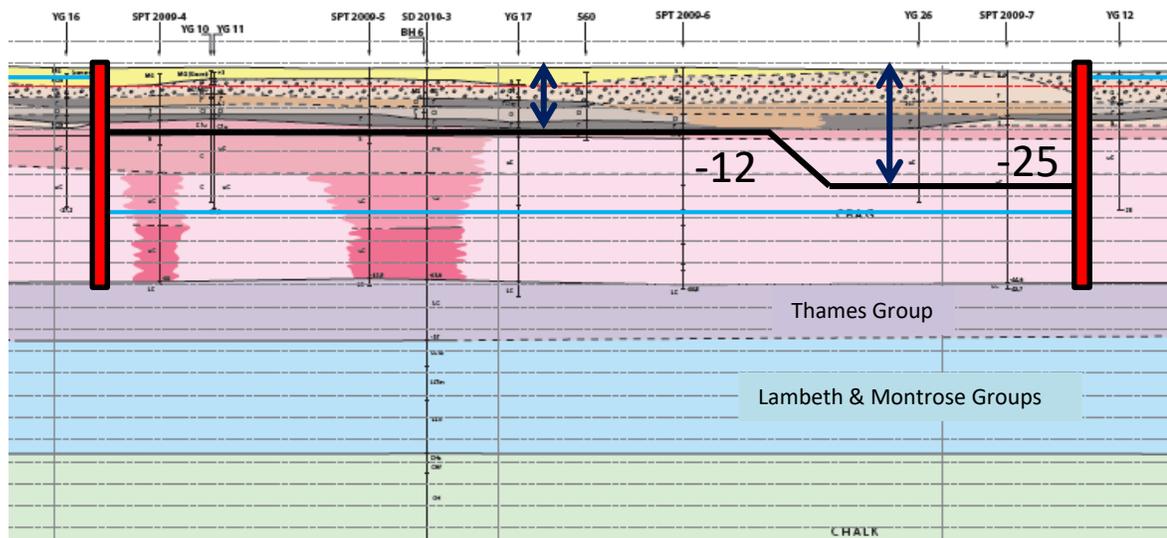
Terrain naturel sur site
(hors emprise des Made Ground)



Argile & Tourbe

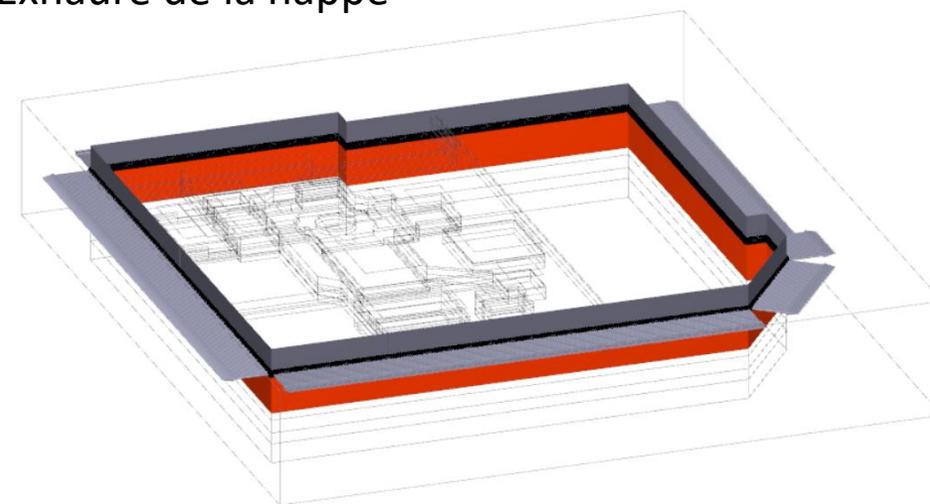
- Nappe affleurante

“Cut-off Wall” périphérique



Paroi étanche tirantée jusqu'à l'argile (45 m) :

- Excavation sur 12 à 25 m
- Exhaure de la nappe



Exemple de paroi similaire (Blayais, 1976)

Ouvrages de source froide – bâtiments et tunnels

HCA bâtiment de rejet

Niveau du radier : -10.0
Épaisseur du radier : 2.9 m
Dimensions : 38 x 47.3 m

HP station de pompage

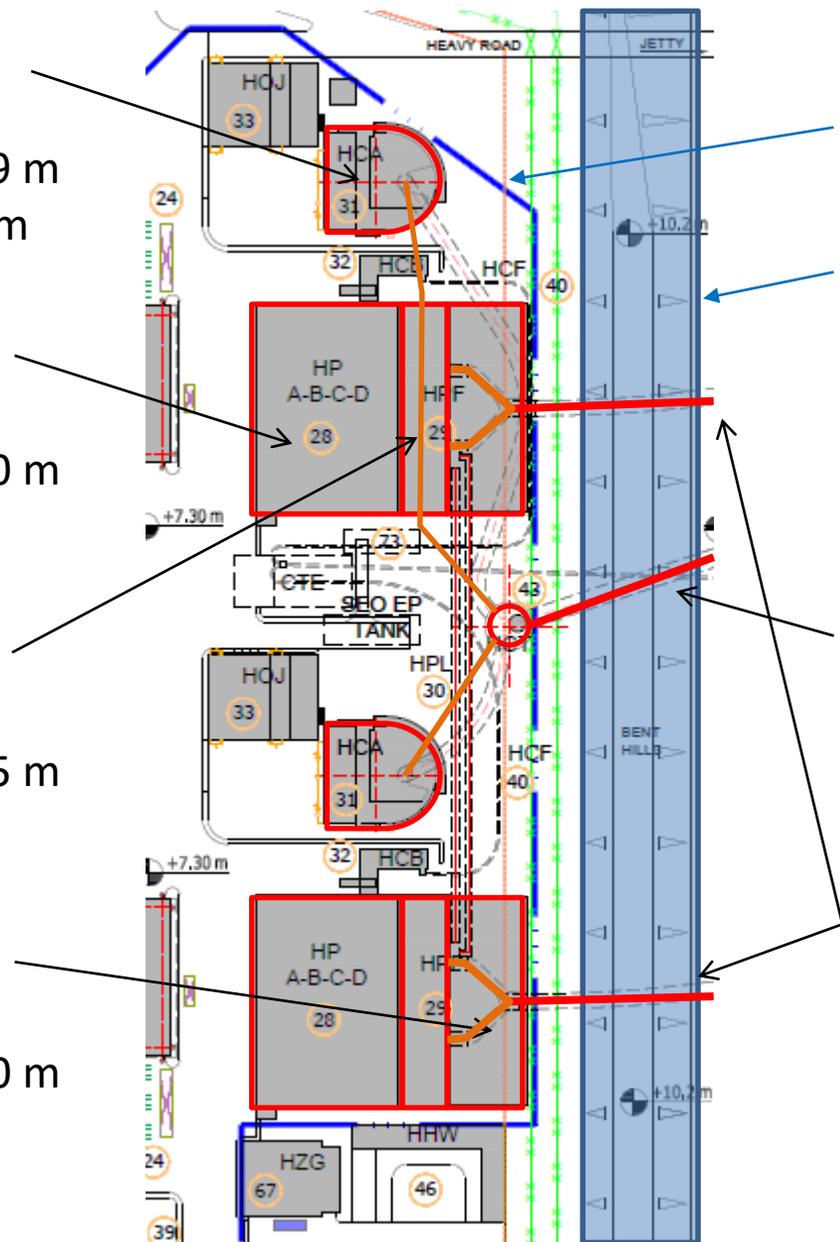
Niveau du radier : -22.7
Épaisseur du radier : 2.0 m
Dimensions : 77 x 55 m

HPF bâtiment de prise

Niveau du radier : -16.1
Épaisseur du radier : 1.5 m
Dimensions : 20 x 77 m

HPL bassin d'expansion

Niveau du radier : +2.6
Épaisseur du radier : 1.0 m
Dimensions : 30 x 75 m



Cut-off Wall

Sea Defence

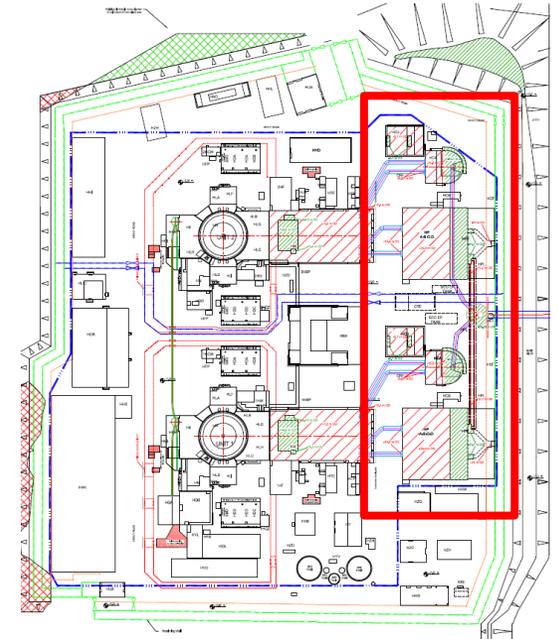
Digue à la mer
Cote : +10.2 (temp.)
+12.2 (def.)

OT Tunnel de rejet

Commun pour les deux tranches
Diamètre : \approx 10 m ext. (8 m int.)
Longueur : 3631 m

IT1 & IT2 Tunnels d'amenée

Un par tranche, relié à HPF via la galerie « en Y »
Diamètre : 8.4 m ext. (6 m int.)
Longueur : 3 268 m (Tr.1), 3 408 m (Tr.2)



Contraintes à intégrer

Techniques :

- Lancer les tunneliers dans des espaces contraints
- Traverser le Cut-off Wall
- Respecter l'étanchéité de la fouille
- Éviter les bancs rocheux
- Conserver une couverture suffisante
- Raccorder les amenées aux galeries en Y

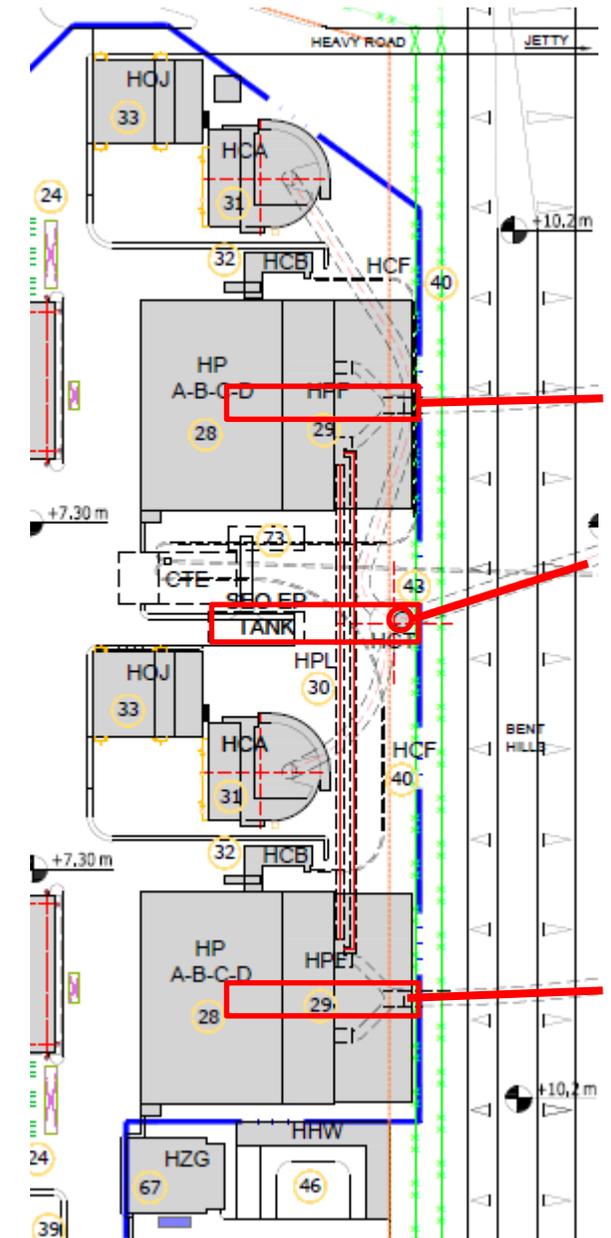
Autres :

- Pente monotone (montante ou descendante)
- Planning de construction des bâtiments très contraint
- Reproduire au maximum la conception de Hinkley Point, qui est par comparaison un site « roche tendre » (« replication strategy »)
- Objectif de coût -30% par rapport à Hinkley Point

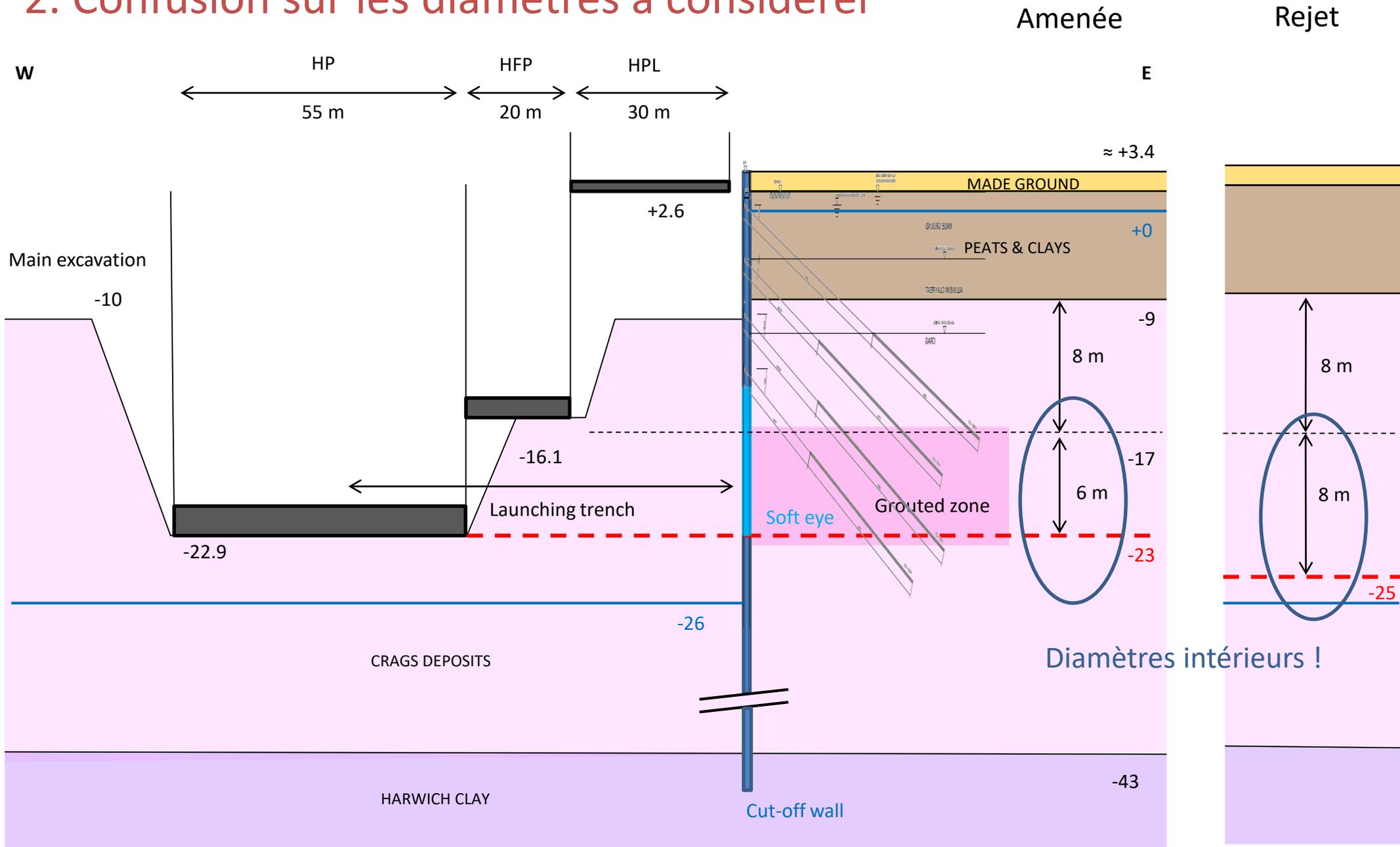
1. Premier design

- Lancer les tunneliers dans des espaces contraints
 - > lancement depuis la fouille (amenée)
 - > chambre souterraine et puits d'accès (rejet)
- Traverser le Cut-off Wall
 - > intégration dans le ferrailage d'un « soft eye » du diamètre des tunnels
- Respecter l'étanchéité de la fouille
 - > soil-mixing en paroi extérieure du Cut-off Wall
- Rester au dessus des bancs rocheux
 - > tunnel dans les Crags uniquement
- Conserver une couverture suffisante
 - > garder un diamètre de « bon » terrain au-dessus (hors tourbes)
- Raccorder les amenées aux galeries en Y
 - > non vérifié à ce stade

Réplication du design HPC

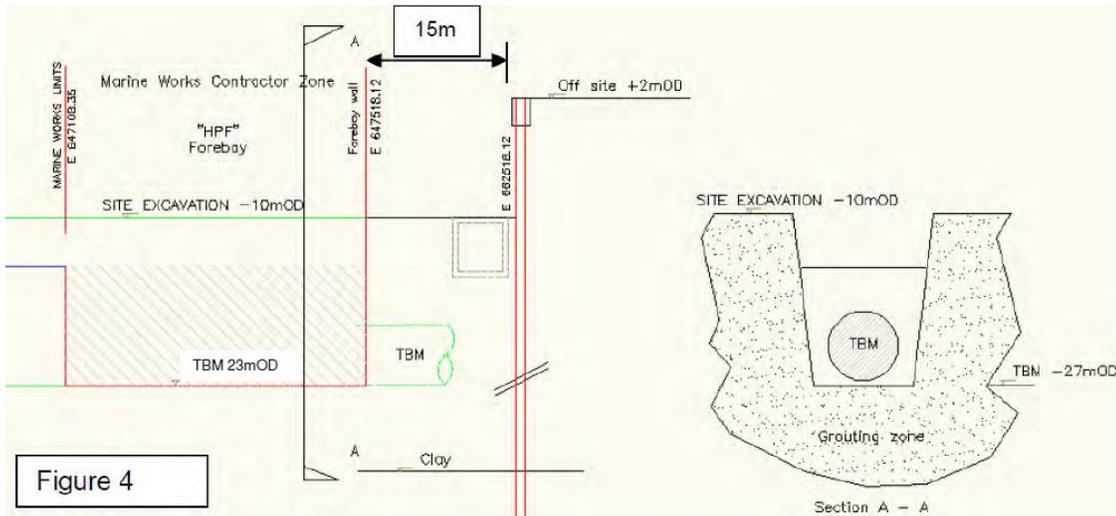


2. Confusion sur les diamètres à considérer



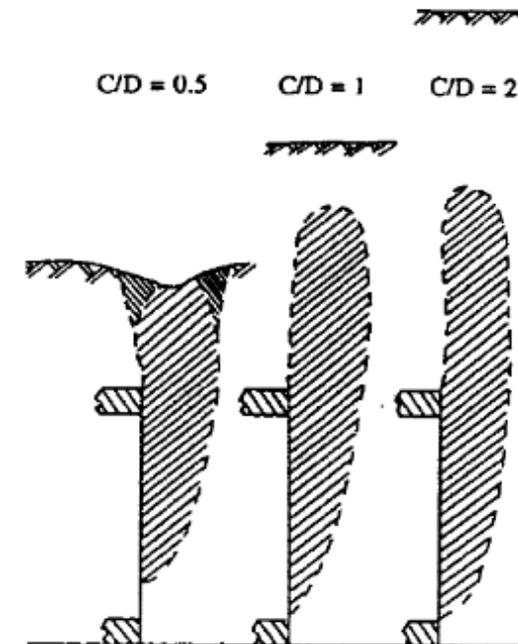
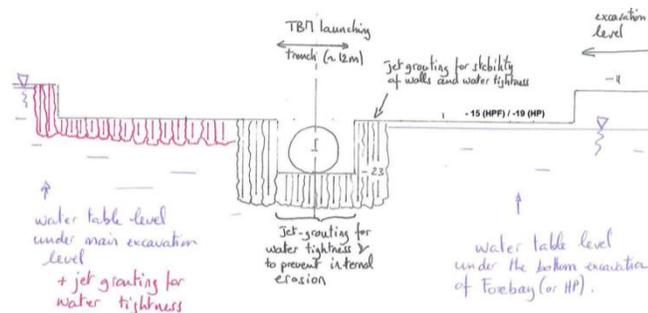
2. Changement de diamètre

Le passage de 6 à 8,4 m (amenée) et 8 à 10 m (rejet) conduit à approfondir le départ des tunnels de plusieurs mètres.



Voussoirs des tunnels (HPC)

Surexcavations provisoires dans les fouilles des bâtiments

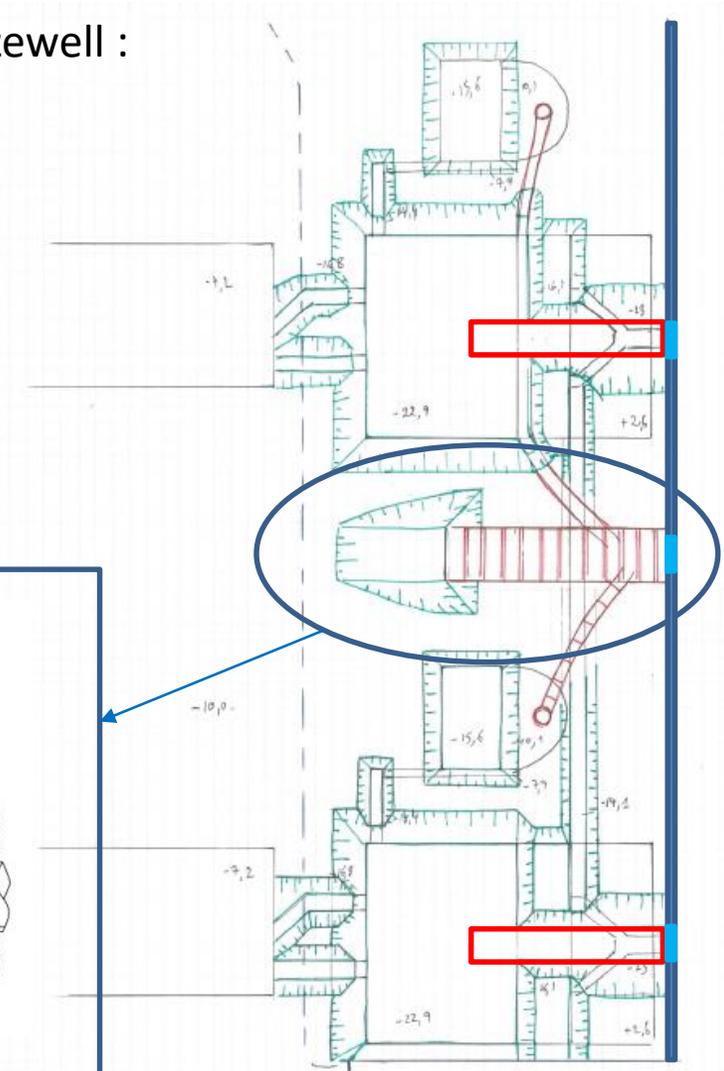
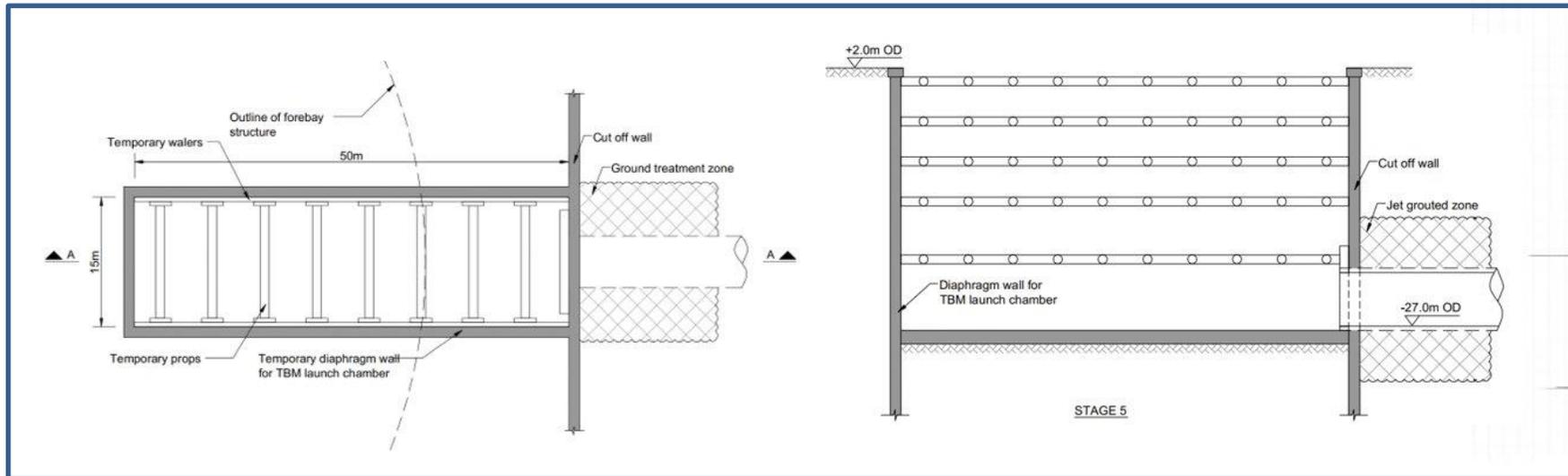


Influence de la couverture sur la stabilité

3. Adaptation pour le lancement du tunnel de rejet

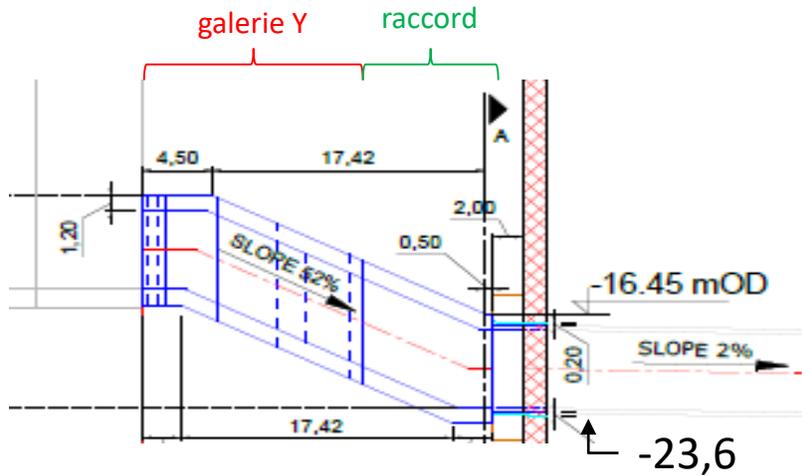
Chambre souterraine dans le rocher à Hinkley Point, non répliquable dans le cas de Sizewell :

- Tranchée butonnée à la place de la chambre
- Rampe à la place du puits d'accès (jusqu'à -27)



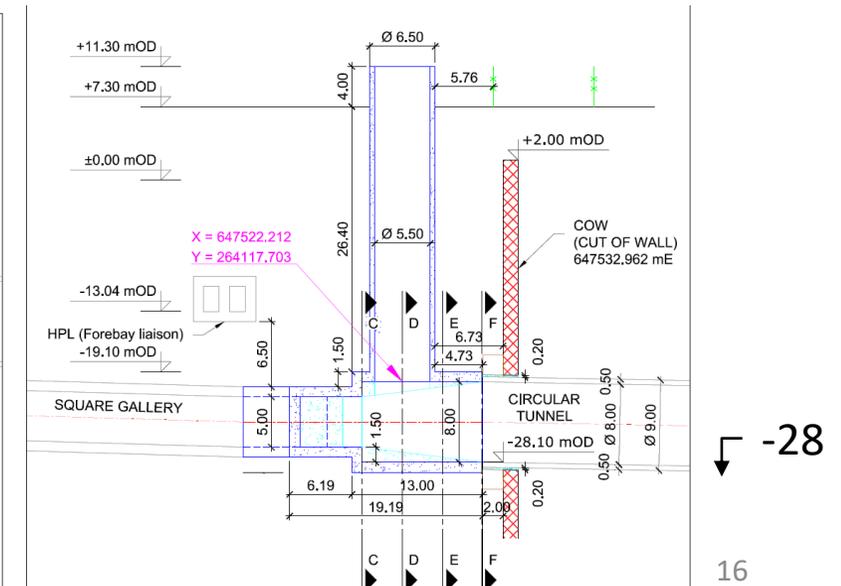
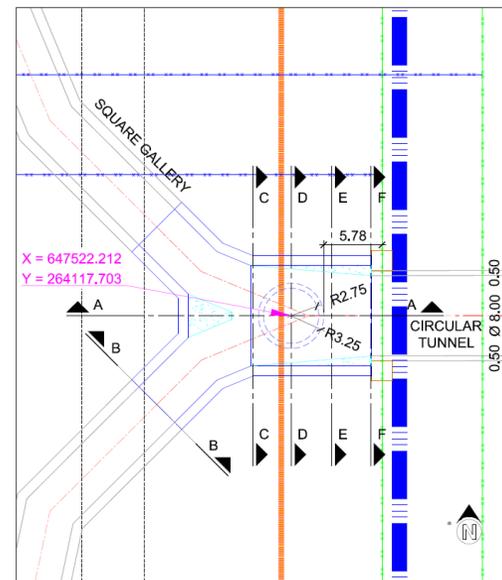
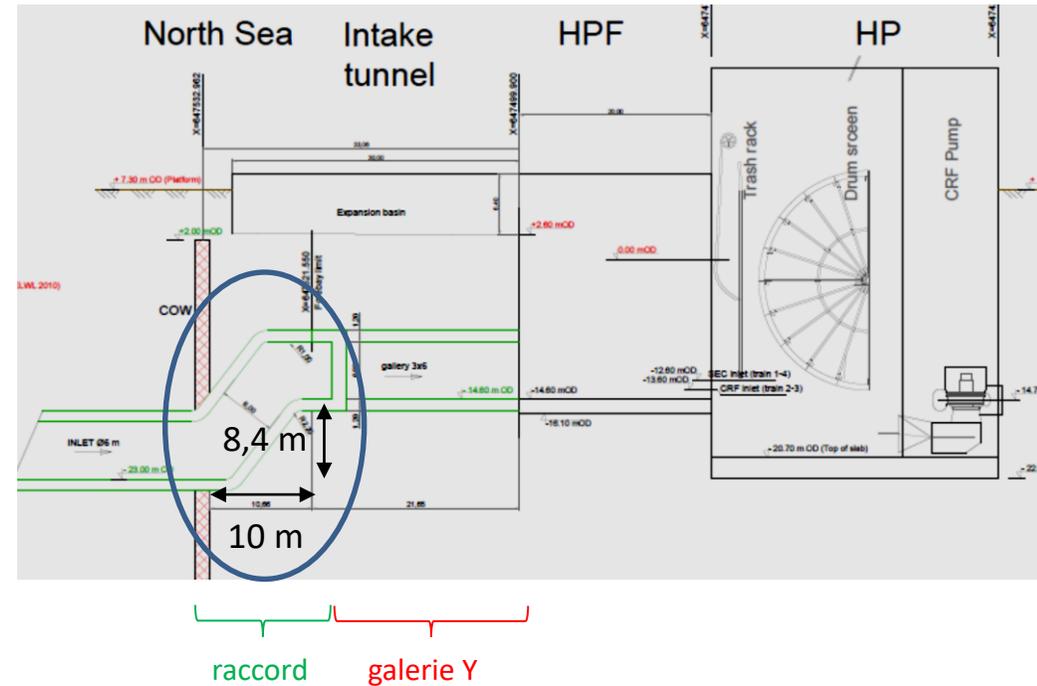
4. Modifications sur la conception

- Raccord en coude pour l'amenée



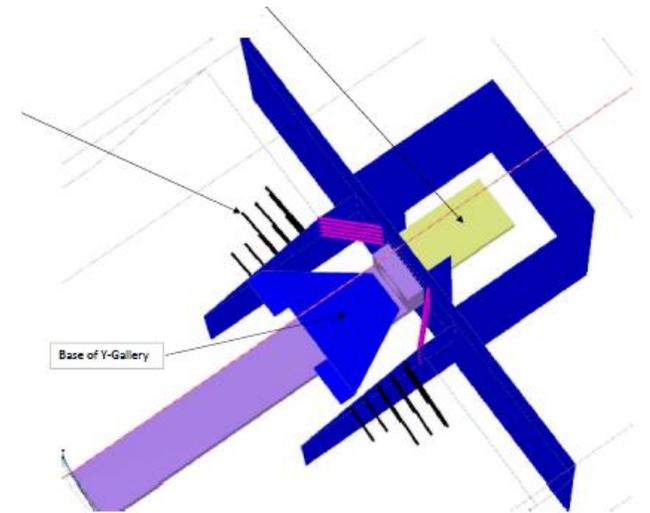
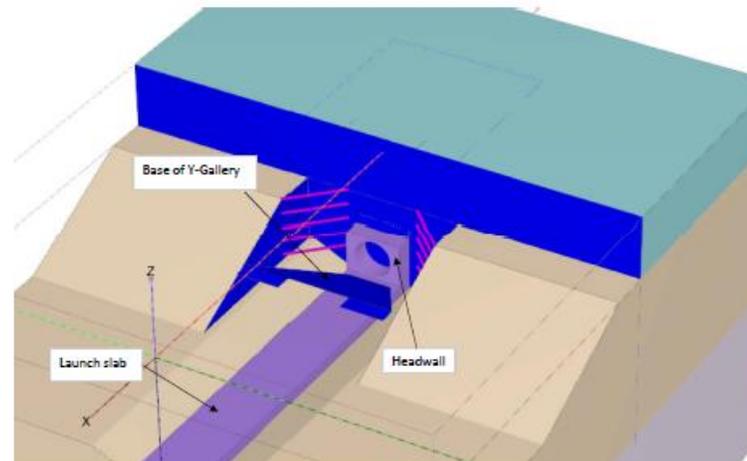
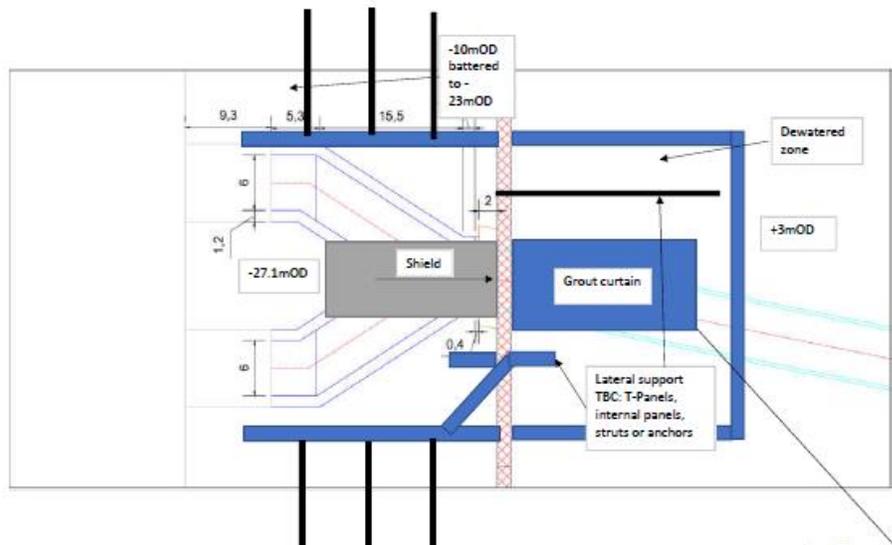
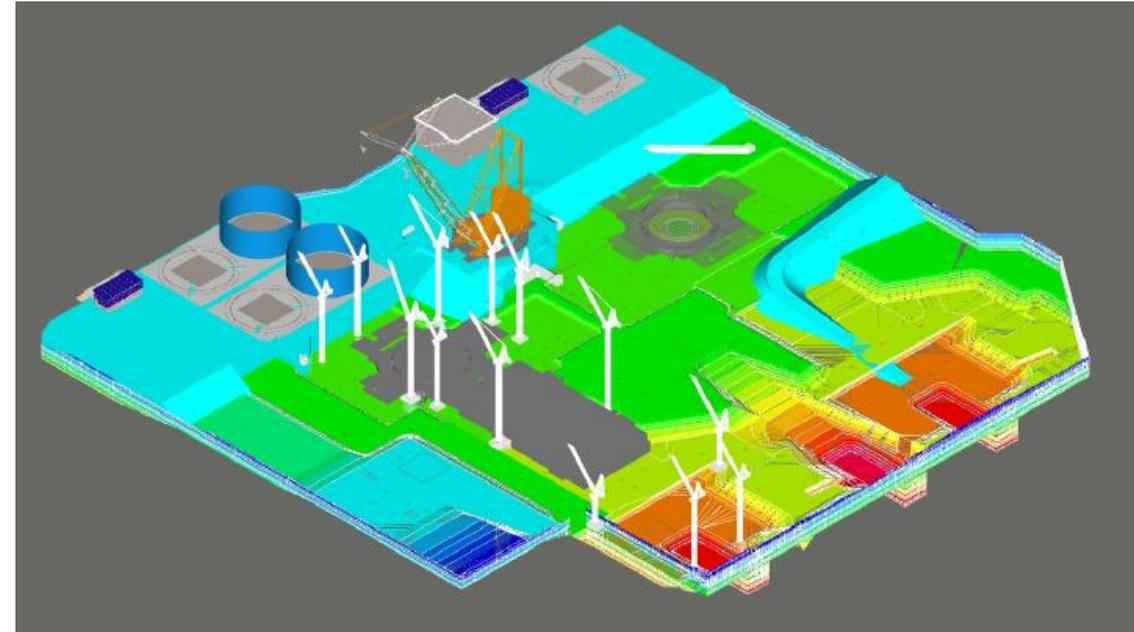
Proposition pour limiter la pente en inclinant également le Y (64% -> 52%)

- Approfondissement des galeries de liaison pour le rejet (jusqu'à -28, problématique de croisement avec d'autres galeries)

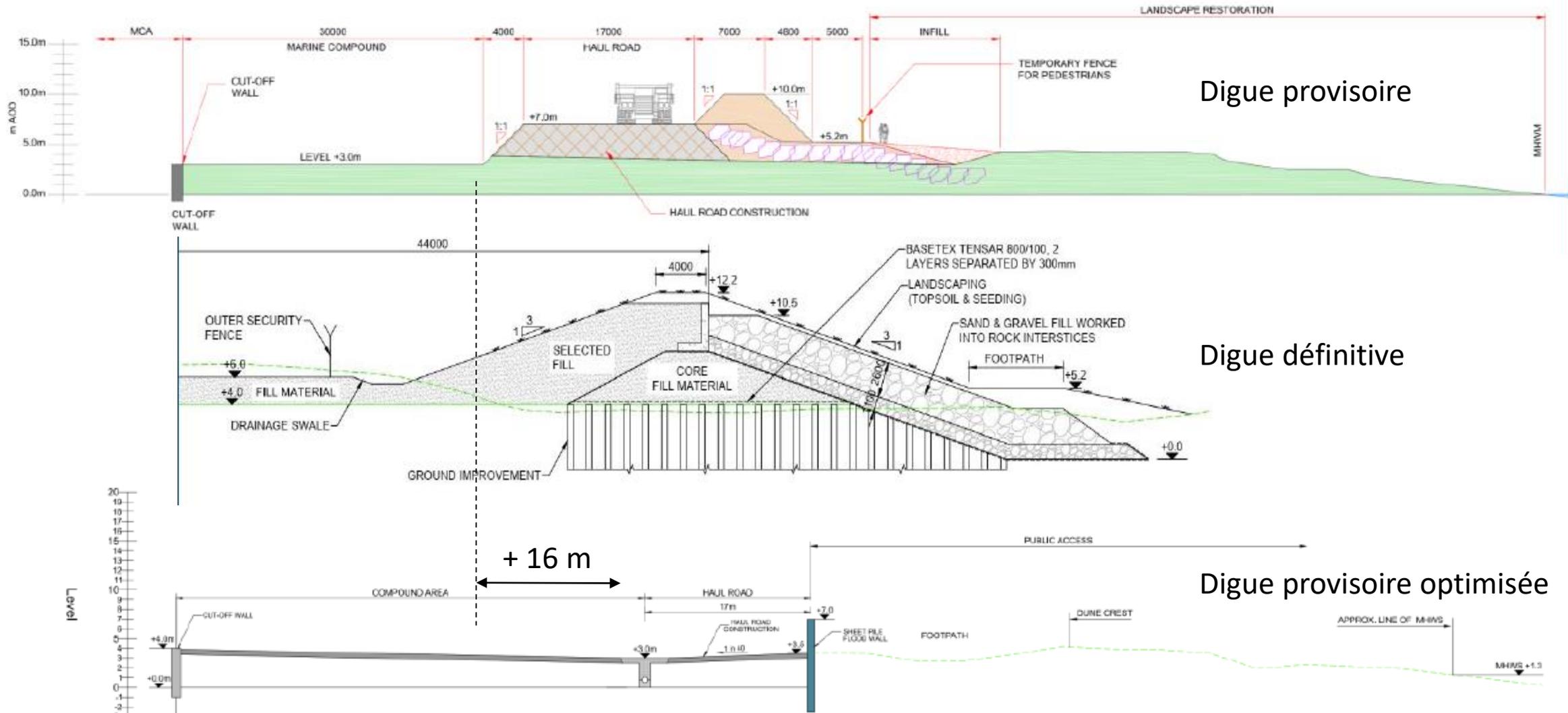


4. Modifications sur la réalisation

- Surexcavation pour l'amenée dans l'emprise des ouvrages
- Retards sur le planning de construction des bâtiments
- Augmentation de la rampe pour le rejet
- Soutènement du « soft eye » à la limite du faisable
- ... etc.

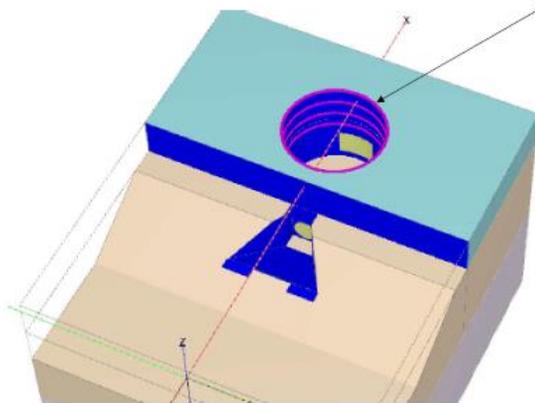
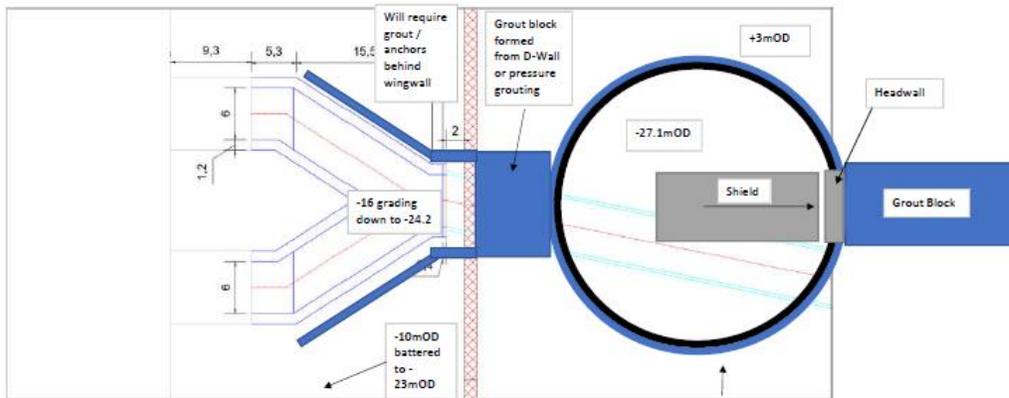


5. Optimisation de la digue en phase provisoire

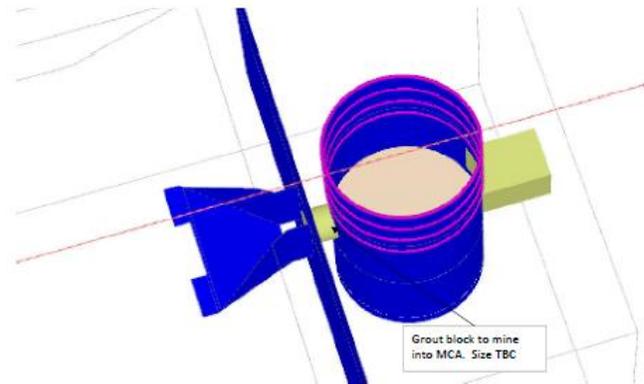


5. Puits externes

La place supplémentaire gagnée hors du Cut-off Wall permet d'envisager un lancement des tunneliers externe, dans des puits circulaires : \varnothing 28 m intérieur, à 6 m minimum du Cut-off Wall

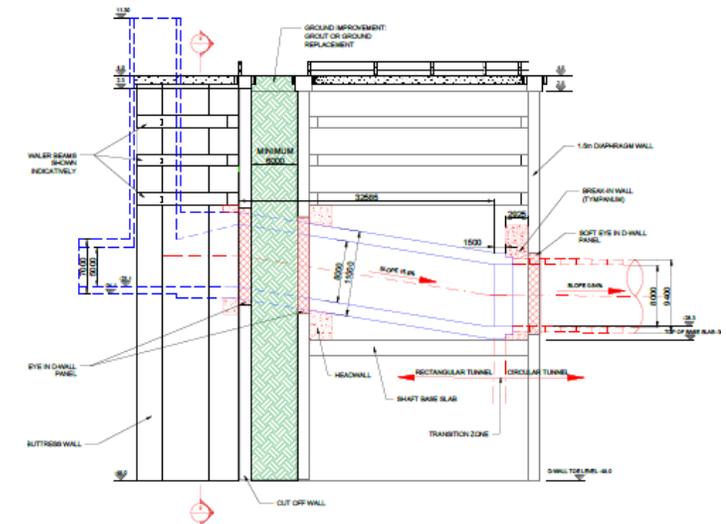


Large shaft - may require waling ring beams

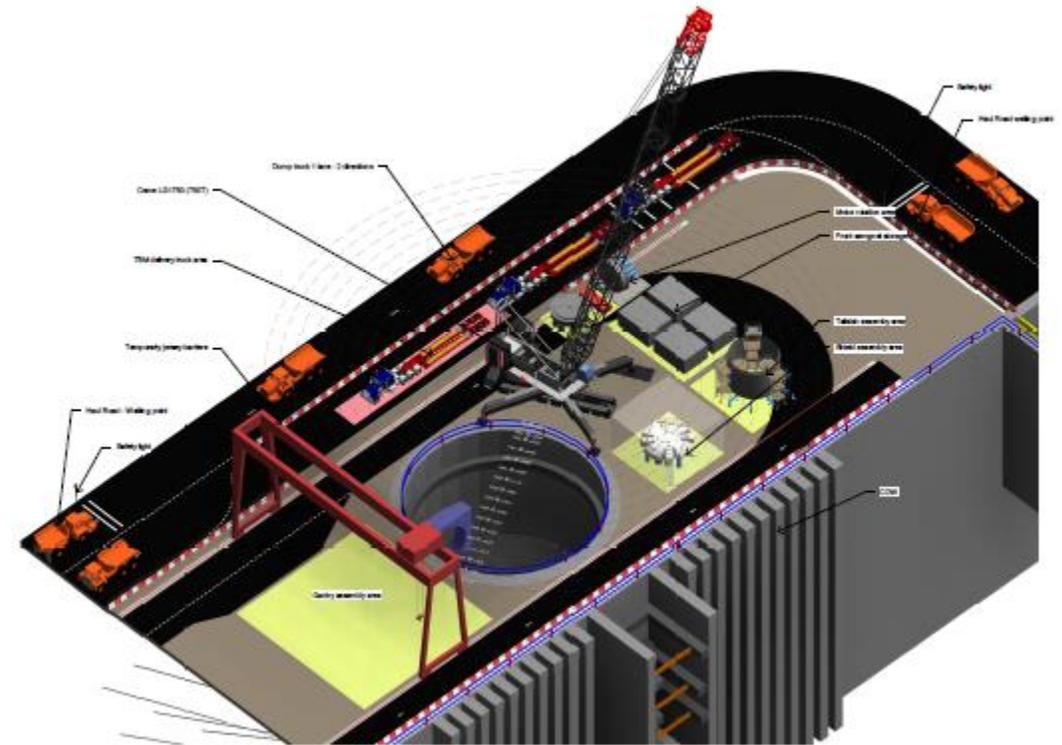
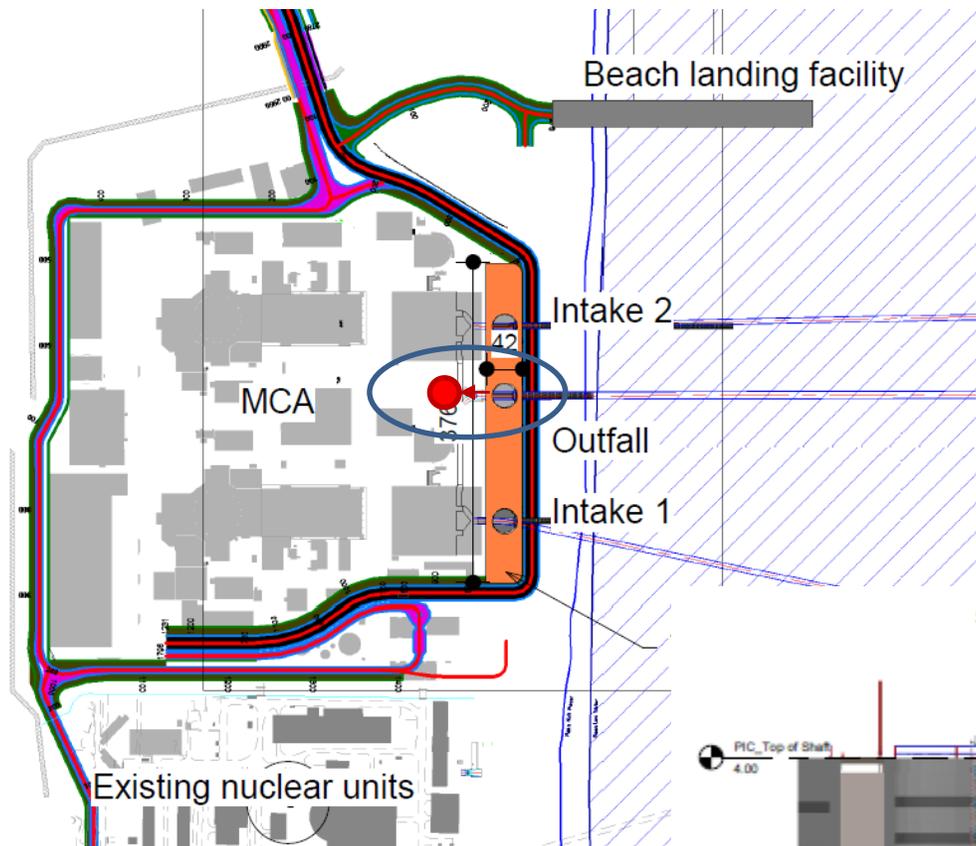


Grout block to mine into MCA. Size TBC

- Moindre impact planning car hors excavation
- Pente de la connexion au Y plus faible (15%)
- Soutènement du « soft eye » beaucoup plus léger
- Plusieurs dizaines de M€ de surcoût



6. Puits externes ou interne



Le puits de rejet peut être à l'intérieur, car pas d'impact sur les bâtiments (hors nappe, moins profond, moins cher)

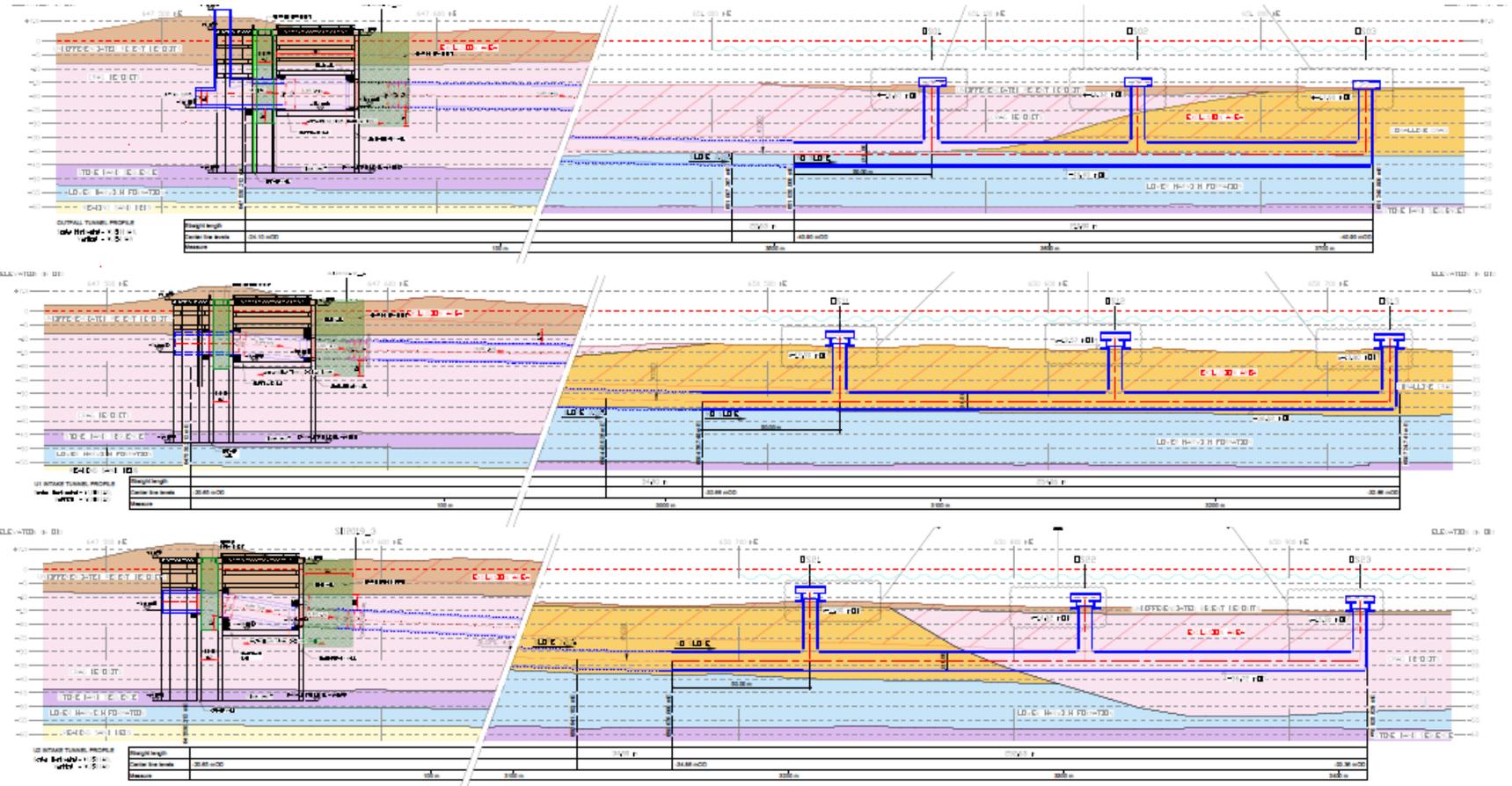
7. Pente du tunnel et départ à faible profondeur

Les conditions sur la monotonie de la pente des tunnels sur toute la longueur impose un choix : conserver les cotes de départ et creuser la fin des tunnels dans l'argile, ou rehausser les lancements pour rester dans les sables jusqu'au bout.

Rejet : retour à -23,4
(on était descendu jusqu'à -32
à un certain point du projet)

Amenée: retour à -16,9 (IT1)
et -20,5 (IT2)
(on était à -23,6)

Les zones d'exclusion sont
tangentes tout du long.



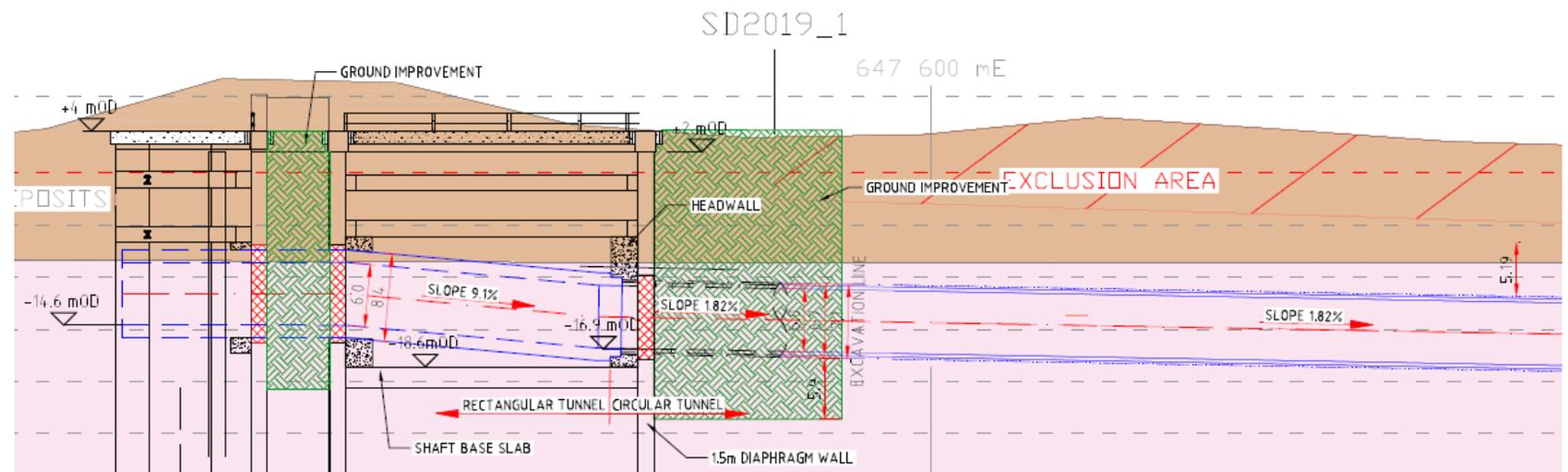
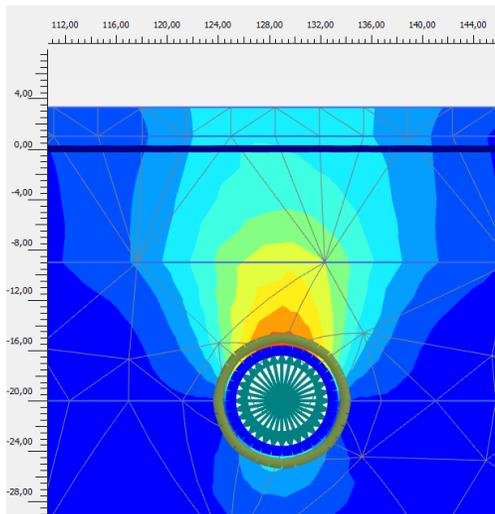
8. Couverture dans les premiers mètres

Le départ du rejet est confirmé depuis un puits extérieur (car la nouvelle cote nécessiterait de revenir à une tranchée et au soutènement associé en le conservant à l'intérieur du Cut-off Wall).

On a très peu de couverture au départ, même en valorisant les dépôts récents (tourbes et argiles).

Des renforcements de sol sur des linéaires plus importants pour garantir la tenue des terrains ne sont pas exclus (actuellement une vingtaine de mètres).

Exemple : tunnel d'amenée 1



Conclusion

Un projet avec des contraintes techniques et organisationnelles lourdes.

L'intégration des différentes contraintes a conduit à opérer de nombreux changements de conception.

Beaucoup d'interactions entre le client, les concepteurs (ouvrages et tunnels), les calculateurs, le constructeur, les géologues, les consultants... pour progresser.

La solution actuelle :

- Découple les tunnels des ouvrages à terre (et donc l'impact sur les plannings et les chantiers)
- Simplifie le passage du Cut-off Wall (soutènement raisonnable)
- Est favorable hydrauliquement parlant (pas de coude)

Au prix d'autres impacts à intégrer :

- Modification des digues
- Création de puits externes
- Ampleur des renforcement des terrains à terre encore à finaliser
- Adaptabilité des tunnels à garantir (risque de front mixte, couverture, etc.)

Merci de votre attention

