

Annexe 2 :

Sans objet.

Tableau 6 : principales caractéristiques d'implantation des forages

Département :		Loiret (45)				
Commune :		Orléans				
Désignation :		FC1 captage	FC2 captage	FR1 rejet	FR2 rejet	FR3 rejet
Références cadastrales :		DO 621	DO 578	DO 591	DO 583	DO 583
Coordonnées (en m)	X =	618 655	618 653	618 437	618 449	618 449
	Y =	6 754 694	6 754 666	6 754 580	6 754 636	6 754 673
Altitude :		+ 94 m NGF	+ 94 m NGF	+ 94 m NGF	+ 94 m NGF	+ 94 m NGF
Profondeur :		60 m	60 m	60 m	60 m	60 m

Figure 2 : périmètre de demande de titre d'exploration

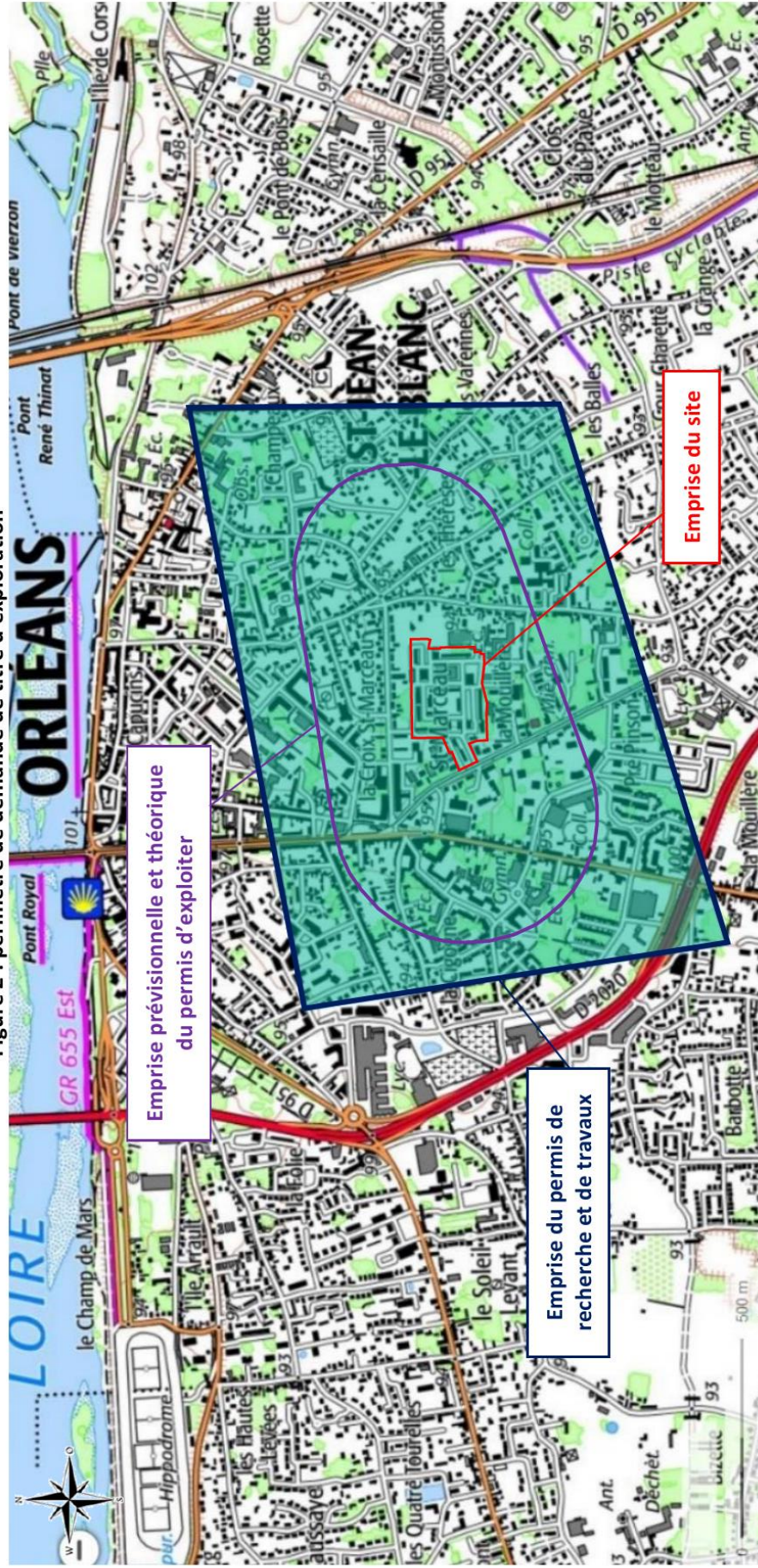
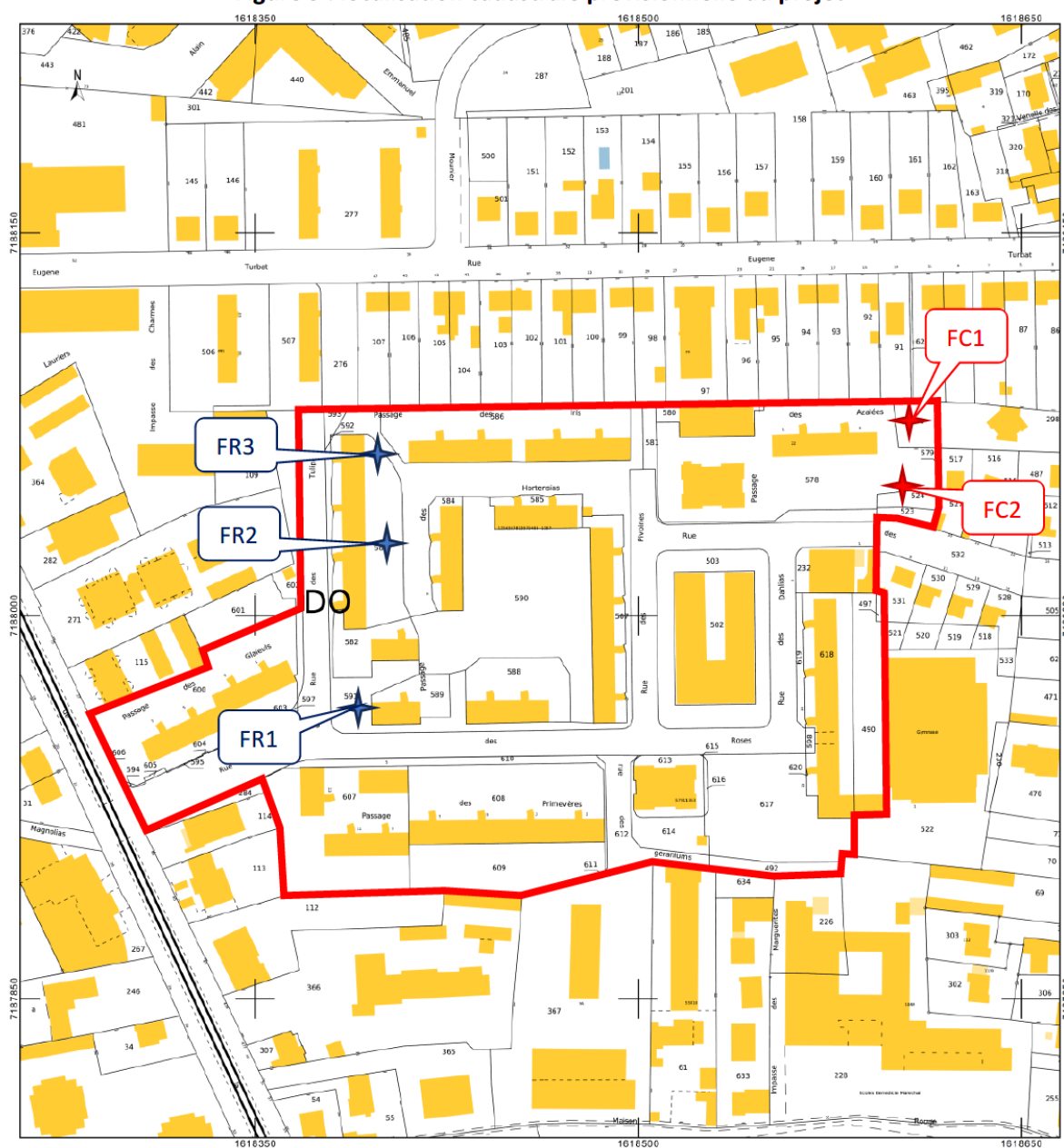


Figure 3 : localisation cadastrale prévisionnelle du projet



Annexe 4 : photographies

Zone d'implantation des forages de rejet



Zone d'implantation des forages de captage



Figure 4 : localisation prévisionnelle des ouvrages de captage et de rejet

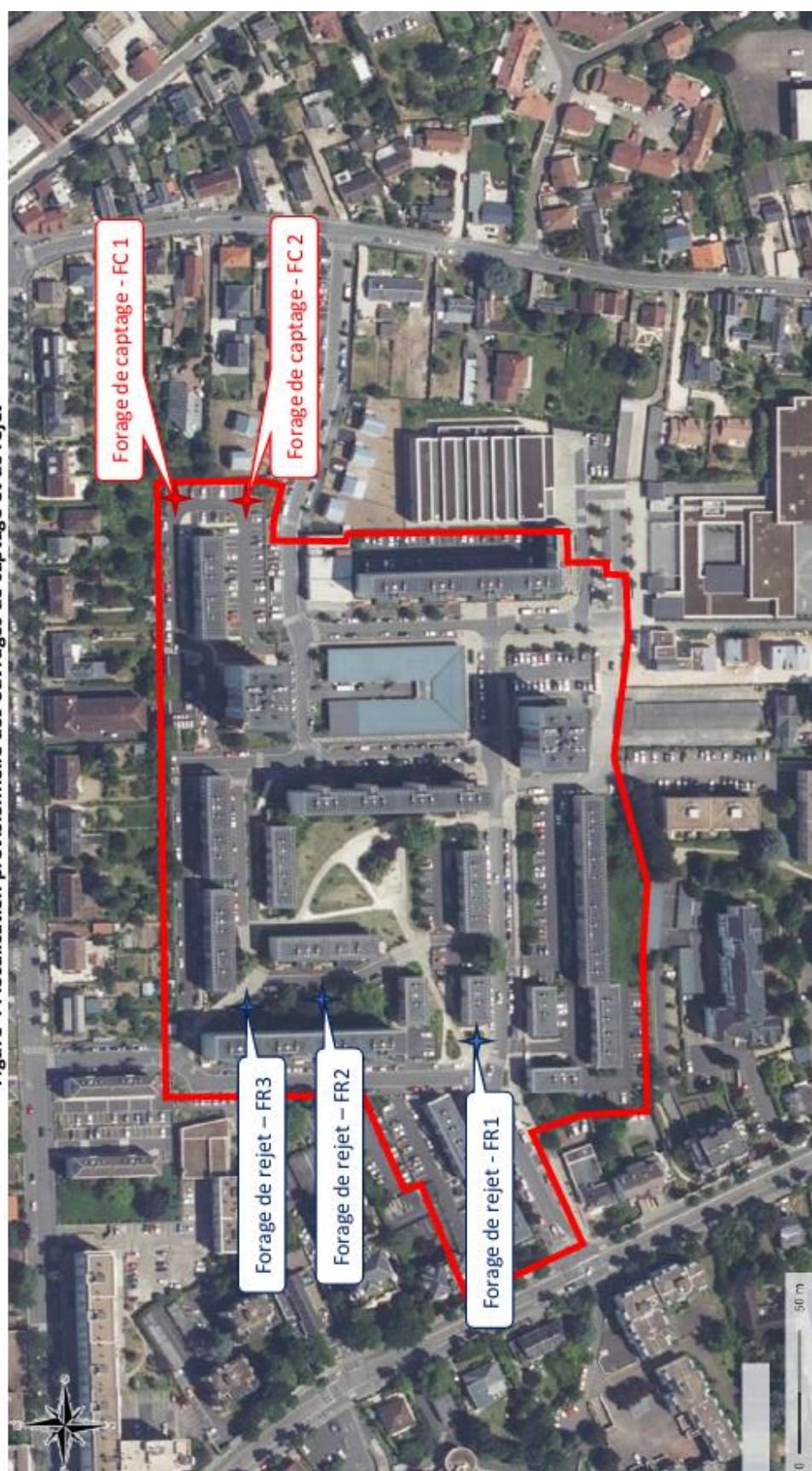


Figure 6 : schéma de principe hydraulique - chaufferie

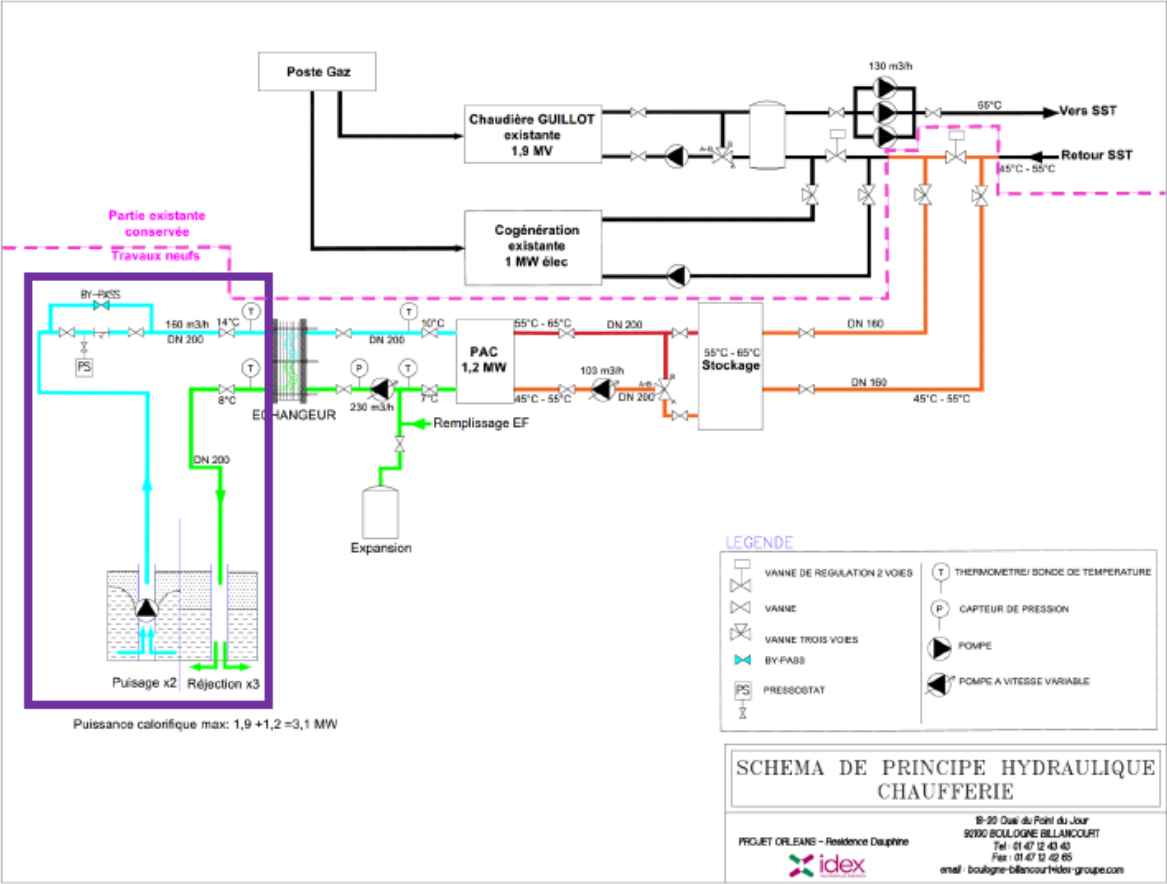


Figure 11 : occupation des sols

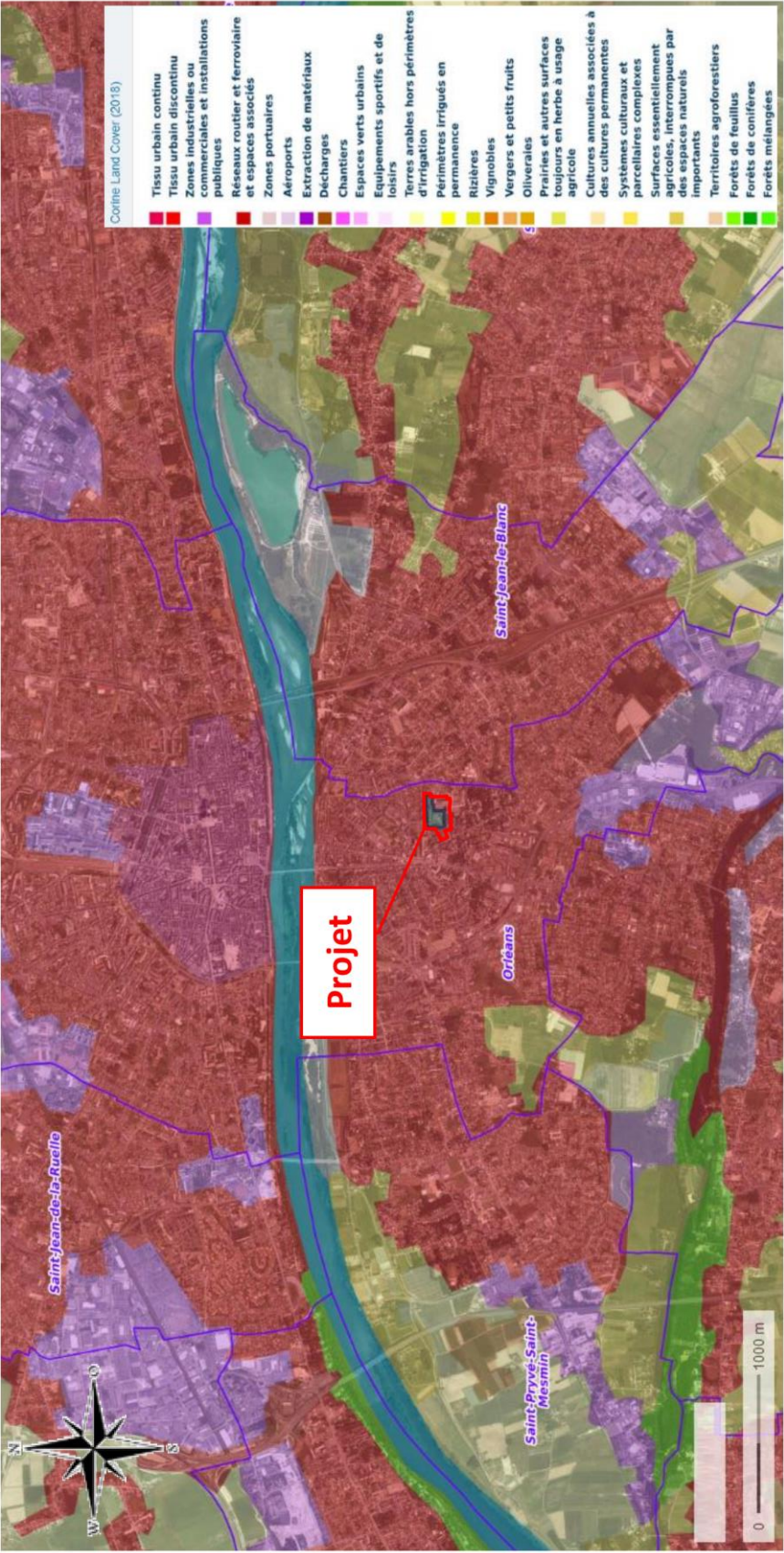
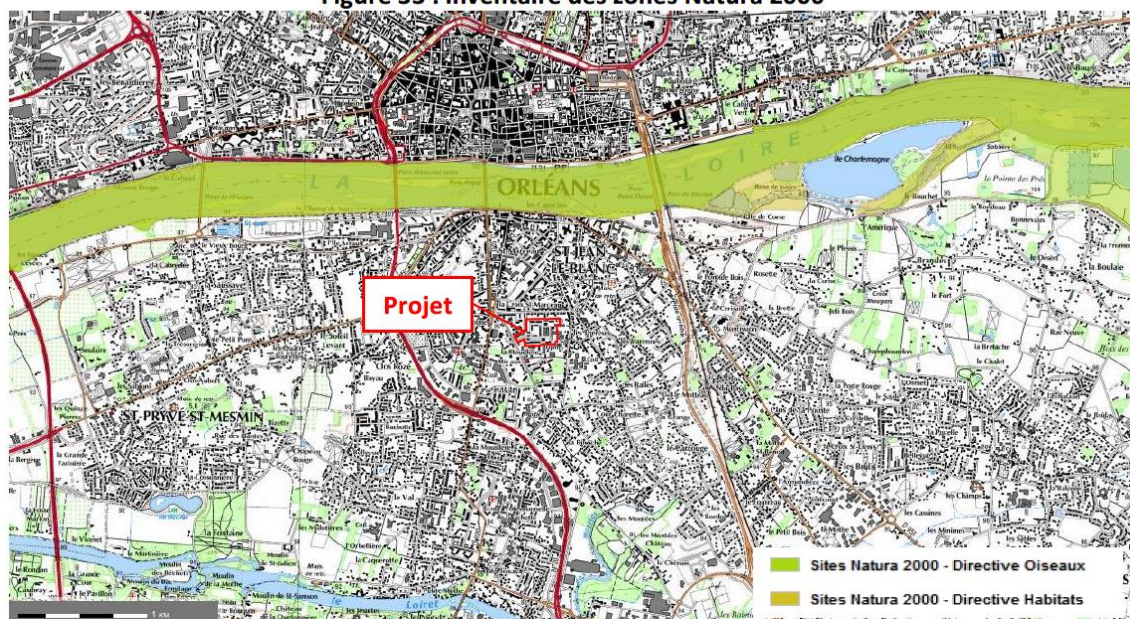


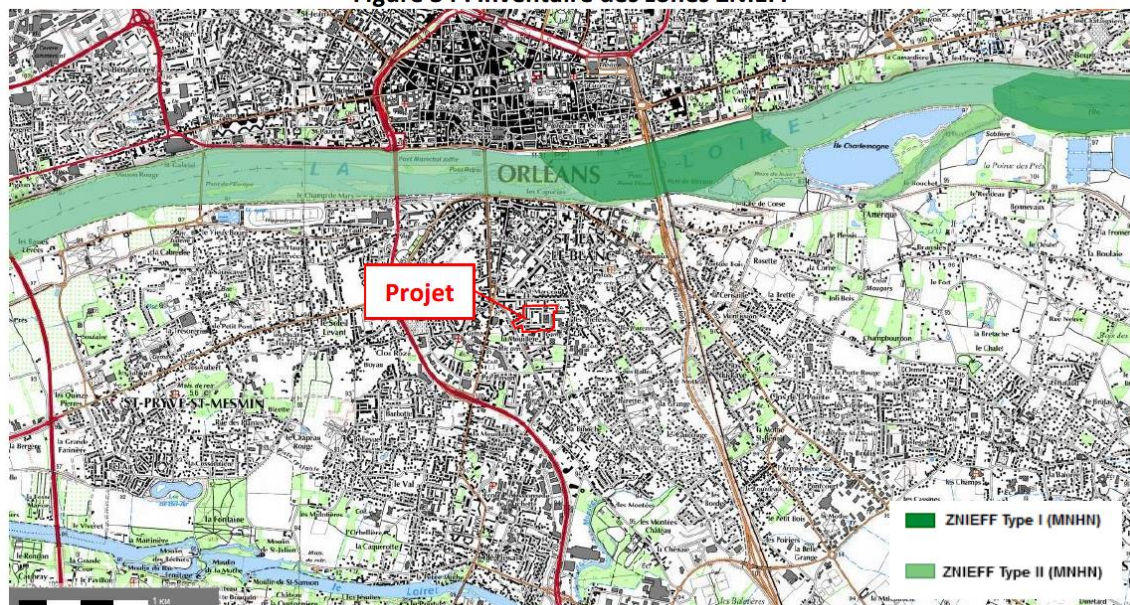
Figure 33 : inventaire des zones Natura 2000



Le projet se trouve à 760 m des zones Natura 2000 suivantes :

- Sites Natura 2000 - Directive Oiseaux : FR2410017 - Vallée de la Loire du Loiret ;
- Sites Natura 2000 - Directive Habitats : FR2400528 - Vallée de la Loire de Tavers à Belleville-sur-Loire.

Figure 34 : inventaire des zones ZNIEFF



Le projet se trouve à 760 m des ZNIEFF suivantes :

- ZNIEFF 1 : grèves de Loire à l'amont et à l'aval du pont Thinat ;
- ZNIEFF 2 : Le Loire orléanaise.

Dans le cadre de la réhabilitation de la **RESIDENCE DAUPHINE** à Orléans (45), l'exploitant **IDEX ENERGIES** souhaite mettre en œuvre des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) dont la géothermie très basse température pour le chauffage. Il est souhaité une mise en exploitation du nouveau système de chauffage pour la saison de chauffe 2025/2026 afin de répondre au mieux aux besoins des usagers et leur apporter un confort optimal au plus vite.

La **RESIDENCE DAUPHINE** est gérée par **FRANCE LOIRE**, ce dernier est un acteur de l'immobilier social, société du Groupe Arcade-VYV. Dans le Loiret, le groupe La Ruche a rejoint **FRANCE LOIRE** et intégré le groupe Arcade dans les années 2000. Aujourd'hui, **FRANCE LOIRE** et sa filiale La Ruche Habitat ont leur siège social dans le Loiret et participent activement au développement de l'habitat sur ce territoire. La société gère 2 300 logements dans le Loiret. Les 5 missions de **FRANCE LOIRE** sont :

1. Accompagner les habitants dans leur parcours de vie ;
2. **Contribuer au bien-vivre ensemble ;**
3. Participer activement au développement des territoires ;
4. Un habitat de qualité et une quittance maîtrisée ;
5. **Réduire l'empreinte environnementale.**

D'après les éléments transmis par le bureau d'études **IDEX ENERGIES**, l'utilisation d'une Pompe à Chaleur (PAC) sur nappe pour le chauffage nécessite la création d'un doublet de captage et d'un triplet de rejet, soit 5 ouvrages. Leur exploitation prévue est de 160 m³/h en pointe pour un volume annuel circulant de 665 000 m³.

Au regard de la réglementation, toute installation de géothermie basse température ne répondant pas aux critères de la Géothermie de Minime Importance doit faire l'objet d'une demande d'autorisation de recherche de gîte géothermique (titre du décret 78-498 du 28 mars 1978), d'ouverture de travaux (titre du décret n°2006-649 du 2 juin 2006) et de permis d'exploitation (titre des dispositions du décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019) qui sera instruite par les services de l'État (DREAL) au titre du nouveau Code Minier (dernière modification en date du 14 avril 2022).

Ainsi, au vu des hypothèses de fonctionnement actuellement retenues (débit > 80 m³/h), le projet d'exploitation géothermique nécessite donc d'établir le présent dossier d'autorisation au titre du Code Minier.

Dans le cadre de la réhabilitation de la **RESIDENCE DAUPHINE** à Orléans (45), l'exploitant **IDEX ENERGIES** souhaite mettre en œuvre des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) dont la géothermie très basse température pour le chauffage. Il est souhaité une mise en exploitation du nouveau système de chauffage pour la saison de chauffe 2025/2026 afin de répondre au mieux aux besoins des usagers et leur apporter un confort optimal au plus vite.

La **RESIDENCE DAUPHINE** est gérée par **FRANCE LOIRE**, ce dernier est un acteur de l'immobilier social, société du Groupe Arcade-VYV. Dans le Loiret, le groupe La Ruche a rejoint **FRANCE LOIRE** et intégré le groupe Arcade dans les années 2000. Aujourd'hui, **FRANCE LOIRE** et sa filiale La Ruche Habitat ont leur siège social dans le Loiret et participent activement au développement de l'habitat sur ce territoire. La société gère 2 300 logements dans le Loiret. Les 5 missions de **FRANCE LOIRE** sont :

1. Accompagner les habitants dans leur parcours de vie ;
2. **Contribuer au bien-vivre ensemble ;**
3. Participer activement au développement des territoires ;
4. Un habitat de qualité et une quittance maîtrisée ;
5. **Réduire l'empreinte environnementale.**

D'après les éléments transmis par le bureau d'études **IDEX ENERGIES**, l'utilisation d'une Pompe à Chaleur (PAC) sur nappe pour le chauffage nécessite la création d'un doublet de captage et d'un triplet de rejet, soit 5 ouvrages. Leur exploitation prévue est de 160 m³/h en pointe pour un volume annuel circulant de 665 000 m³.

Au regard de la réglementation, toute installation de géothermie basse température ne répondant pas aux critères de la Géothermie de Minime Importance doit faire l'objet d'une demande d'autorisation de recherche de gîte géothermique (titre du décret 78-498 du 28 mars 1978), d'ouverture de travaux (titre du décret n°2006-649 du 2 juin 2006) et de permis d'exploitation (titre des dispositions du décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019) qui sera instruite par les services de l'État (DREAL) au titre du nouveau Code Minier (dernière modification en date du 14 avril 2022).

Ainsi, au vu des hypothèses de fonctionnement actuellement retenues (débit > 80 m³/h), le projet d'exploitation géothermique nécessite donc d'établir le présent dossier d'autorisation au titre du Code Minier.

6.5.2.4 Sur les eaux souterraines

6.5.2.4.1 Généralités

Une modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel « Visual ModFlow » développé par la société Schlumberger. MODFLOW est un modèle tridimensionnel des eaux souterraines publié en 1984 par l'US Geological Survey. Bien que conçu à l'origine uniquement comme un code de simulation d'écoulement des eaux souterraines, la structure MODFLOW a fourni un cadre solide pour l'intégration des capacités de simulations supplémentaires, cela améliorant son utilité première. Il permet maintenant de modéliser les écoulements des nappes et le transfert des polluants dans celles-ci. Il est également possible de simuler les interactions entre les eaux souterraines et de surface ou de calculer les évolutions chimiques de l'eau souterraine. Ce logiciel permet de réaliser des modèles grâce à la méthode des différences finies qui consiste à rechercher des solutions approchées d'équations aux dérivées partielles.

6.5.2.4.2 Géométrie et hypothèses retenues pour le calage du modèle

Le modèle réalisé est de type multicouche (3 couches) tridimensionnel de 13 500 x 10 000 m avec un maillage rectangulaire irrégulier comportant environ 70 000 mailles. Le maillage est plus dense au droit du site avec des mailles de l'ordre de 20 m².

Les hypothèses de calage retenues pour caractériser le secteur du projet et l'aquifère sollicité (calcaire de Beauce), déterminés à partir des documents disponibles sont les suivantes :

- limites hydrodynamiques : au Nord la Loire et au Sud de Loiret ;
- cote du terrain naturel : + 94 m NGF ;
- réservoir sollicité : calcaire de Beauce ;
- niveau statique de la nappe au droit du site : + 90 m NGF ;
- sens d'écoulement de la nappe : du Sud-est vers le Nord-ouest ;
- gradient hydraulique : 0,4 ‰ ;
- base de l'aquifère sollicité : + 35 m NGF ;
- température de la nappe : 14°C (température non influencée).

En suite, 3 couches ont été créées avec les paramètres hydrodynamiques (données du forage BSS 004 FRXG - BRGM – paragraphe 6.4.7.4.2) suivants :

- de 0 à 9 m : perméabilité de 5.10^{-4} m/s,
coefficient d'emmagasinement de 0,6 % ;
- de 9 à 25 m : perméabilité de 1.10^{-3} m/s,
coefficient d'emmagasinement de 0,3 % ;
- de 25 à 60 m : perméabilité de 6.10^{-3} m/s,
coefficient d'emmagasinement de 0,3 %.

Le modèle a été réalisé en considérant chaque couche (3 couches) comme un milieu homogène isotrope. Les hétérogénéités naturelles du terrain qui pourraient être présentes ne sont, de ce fait, pas prises en compte (variations lithologiques, fracturation irrégulière, ...). Dans le cas où ces phénomènes seraient présents, un recyclage thermique plus important pourrait être observé. Dans ce cas, une modélisation plus fine, intégrant ces aléas et nécessitant de lourdes investigations (sondages, pompages, reconnaissance géophysique, ...), est nécessaire.

6.5.2.4.3 Incidence quantitative

➤ Bilan en eau sur la ressource

D'après les éléments fournis, l'installation fonctionnera 11 mois par an (308 jours) à raison de 10 à 24 h/jour avec en moyenne 22 h/jour. Le prélèvement sera effectué au droit des forages FC1 et FC2 à un débit maximum de 160 m³/h (soit 80 m³/h par captage et 53 m³/h par rejet) pour un volume annuel de 665 000 m³.

Compte tenu du fonctionnement du dispositif, l'intégralité du prélèvement dans FC1 et FC2 sera réinjectée dans la nappe de Beauce à l'aide du forage FR1, FR2 et FR3.

Le bilan en eau sur la nappe sera donc nul (volume pompé = volume injecté).

En plus de ces éléments un retrolavage des forages de sera mis en place. Le volume annuel prélevé et rejeté dans le réseau d'eaux pluviales sera de l'ordre de 9 000 m³/an pour 3 forages de rejet (donc environ 3 000 m³/an/forage).

➤ Influence hydrodynamique sur la nappe

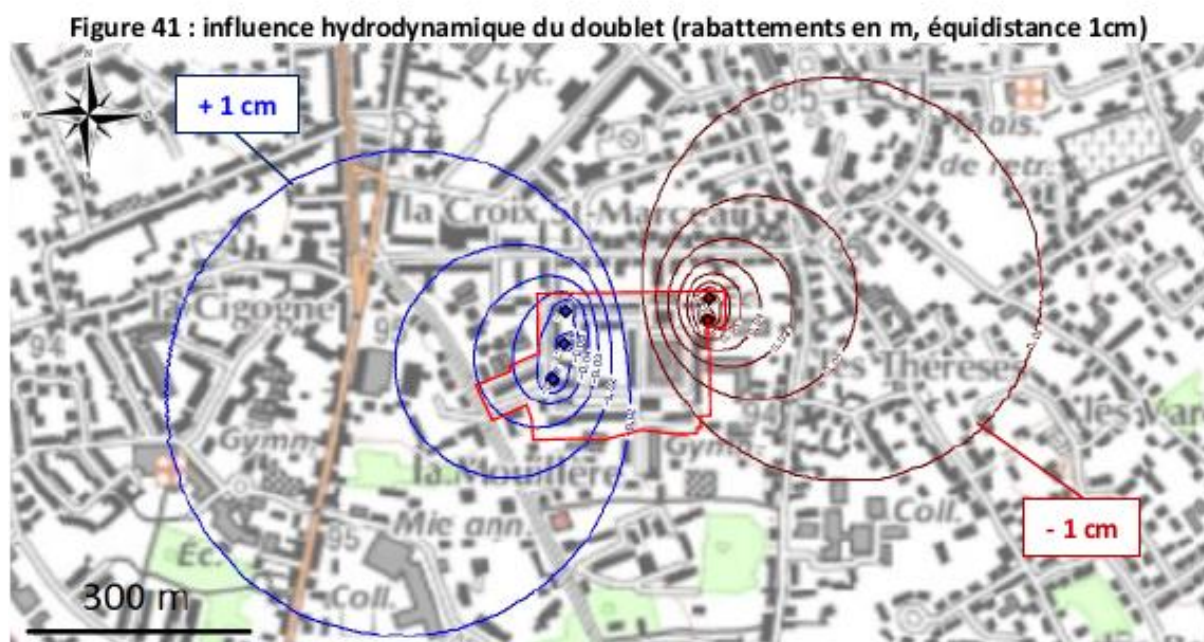
Lors de l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet, on observera localement une baisse du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de captage et parallèlement au droit des forages de rejet une élévation du niveau piézométrique de la nappe.

L'influence de l'exploitation de ce dispositif sur la nappe est délimitée par les dimensions de la zone où le niveau de la nappe est affecté par une variation. Les dimensions de cette zone correspondent à l'interaction entre le cône de rabattement (dépression créée par le pompage) et le cône d'injection (charge créée par la réinjection).

Ainsi, du fait que la réinjection entraîne une perturbation inverse au pompage, l'influence d'un dispositif de captage-rejet s'avère être moindre que celle induite par un pompage seul.

Pour appréhender l'influence hydrodynamique maximale du dispositif de captage-rejet sur la nappe des calcaires de Beauce, une première modélisation hydrodynamique a été réalisée en considérant une exploitation permanente (24h/24, 7j/7 pendant 216 jours) du futur dispositif à un débit de $160 \text{ m}^3/\text{h}$ (débit maximum d'exploitation), représentant un volume simulé de $830\,440 \text{ m}^3/\text{an}$ (soit 1,2 fois plus que le volume d'exploitation prévisionnel égal à $665\,000 \text{ m}^3/\text{an}$).

Les résultats obtenus sont reportés sur la figure qui suit.



Au-delà d'une distance de 500 m le rabattement et la mise en charge sont nuls. Aussi au-delà de cette distance, l'influence du dispositif est quasi nulle sur la nappe au plan hydrodynamique.

Au terme de 10 années de fonctionnement supplémentaires, l'extension de la zone d'influence a très peu évolué. **Aucune évolution n'est observée entre 10 et 30 années d'exploitation.**

6.5.2.4.4 Incidence thermique

➤ Bilan thermique sur la nappe

Le bilan du fonctionnement du projet permet de dresser le bilan thermique ci-après.

Tableau 20 : bilan thermique du dispositif

Période	Température de la nappe	Fonctionnement de la pompe à chaleur	Ecart thermique (ΔT)	Température des eaux rejetées	Volume pompé
Hivernale (7 mois)	14°C	Groupe chaud	-5°C	9°C	665 000 m ³

D'après le bilan thermique de l'installation et compte tenu du fonctionnement non réversible de l'installation (chauffage pendant 7 mois en période hivernale), il apparaît que le fonctionnement de l'installation du projet sur une année entraînera localement un rafraîchissement des eaux souterraines de la nappe, correspondant à un écart thermique de l'ordre de -5°C pour un volume annuel de 665 000 m³.

Ce déficit thermique devrait être compensé grâce aux propriétés capacitives du milieu (échanges thermiques avec les eaux de la nappe par dilution, avec le milieu poreux de l'aquifère par transfert à la matrice solide, et avec les limites supérieures et inférieures de l'aquifère calcaire).

➤ Influence thermique sur la nappe

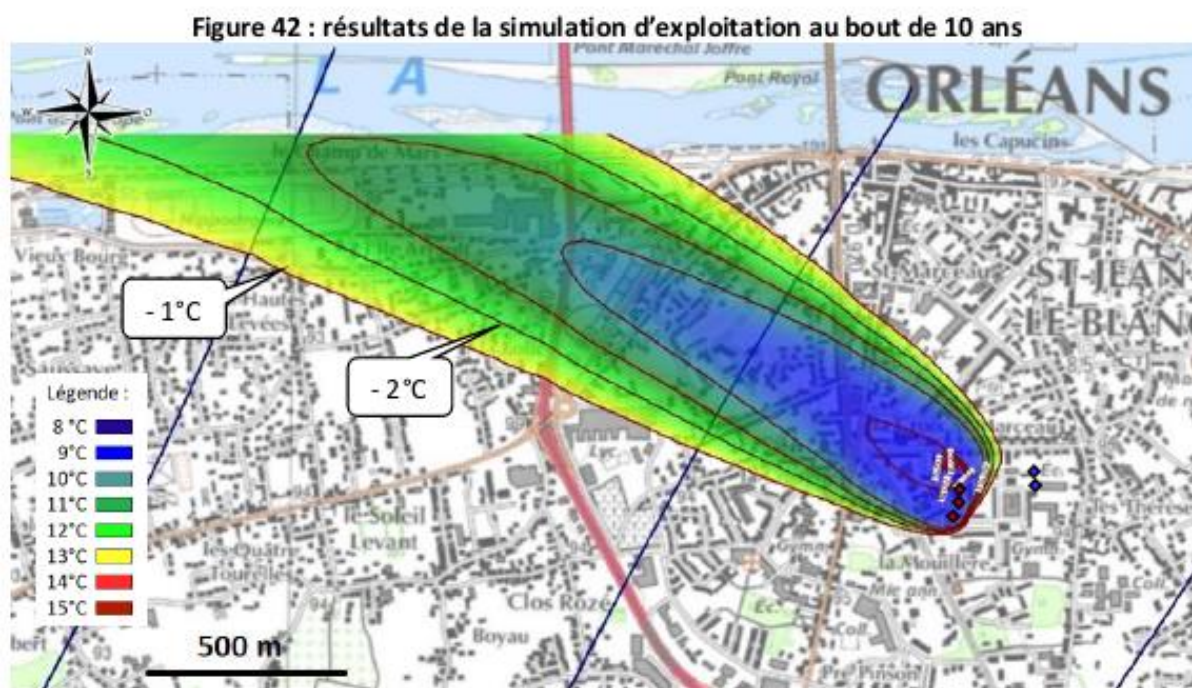
D'une manière générale, on peut considérer que lors de l'exploitation du dispositif de captage-rejet, il se créera au droit des forages de rejet une perturbation thermique qui s'étendra vers l'aval hydraulique du projet selon le sens d'écoulement de la nappe d'eau souterraine.

Un panache thermique se formera donc en direction du Nord-ouest dont l'influence diminuera progressivement par effet de dilution thermique dans le flux de la nappe.

Pour apprécier l'incidence thermique sur la nappe du futur dispositif de captage-rejet, une simulation thermique a été réalisée sur 10 ans en considérant le fonctionnement présenté précédemment et rappelé ci-après :

- 5 ouvrages (2 captages et 3 rejets) ;
- débit moyen mensuel appliqué pour chaque mois pour être au plus près de la réalité (cf. tableau 8) ;
- puissance de pointe fournie de 1287 kW (COP = 3,8 et $\Delta T^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$) ;
- énergie de 5220 MWh ;
- chauffage annuel + ECS été et hiver ;
- couverture de 80 % des besoins totaux.

Les résultats de la simulation sont présentés sur la figure qui suit.



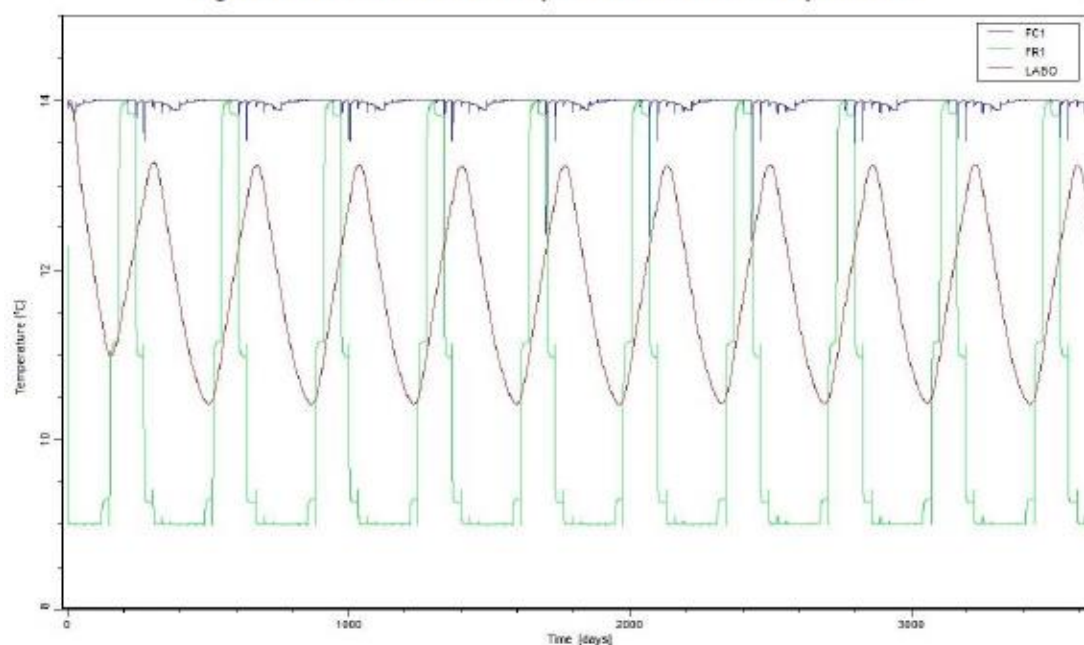
D'après les résultats de la simulation, on constate qu'au bout de 10 ans l'incidence thermique est la suivante :

- 5°C sur une zone s'étalant sur 270 m en aval ;
- 4°C sur une zone s'étalant sur 1 000 m en aval ;
- 3°C sur une zone s'étalant sur 1 700 m en aval ;
- 2°C sur une zone s'étalant jusqu'à la Loire ;
- 1°C sur une zone s'étalant jusqu'à la Loire.

En dehors de ces zonages l'incidence sera quasi nulle au bout de 10 ans d'exploitation.

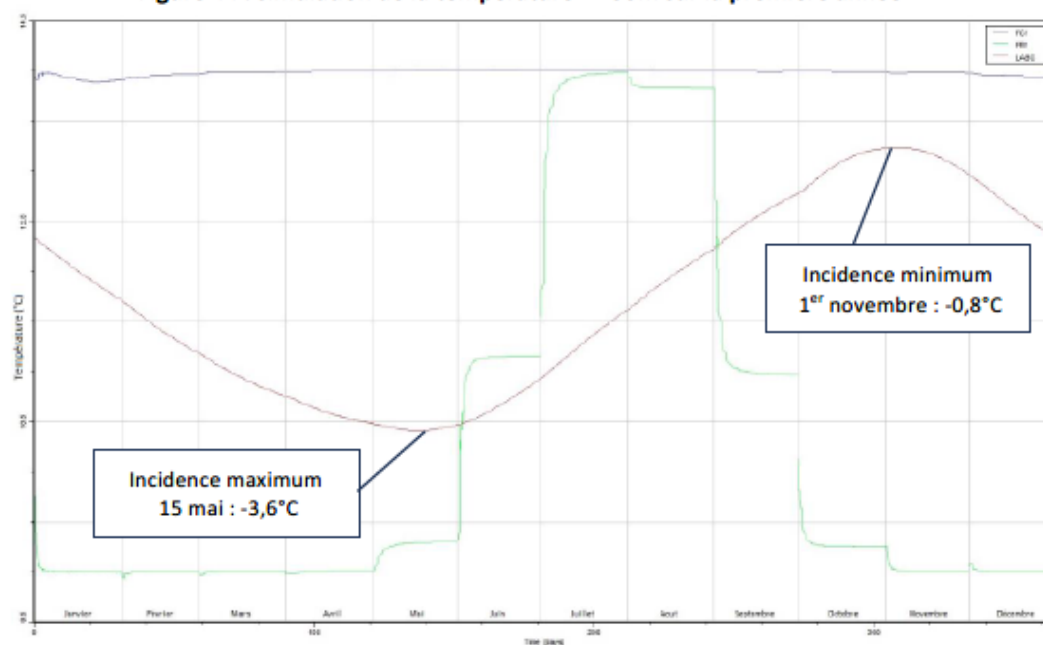
La simulation a permis de calculer les variations de la température de l'eau au droit des forages du Lab'O (BSS001AEUW et BSS001AEUX) et du projet durant les 10 ans d'exploitation. Les résultats sont présentés sur la figure qui suit.

Figure 43 : simulation de la température sur 10 ans d'exploitation



Il n'y a quasiment pas de recyclage thermique entre les forages de la résidence et l'incidence maximum sur le forage du Lab'O est de - 3,6 °C après la saison de chauffage.

Figure 44 : simulation de la température – zoom sur la première année



Sur l'année l'incidence thermique maximum est de - 3,6 °C tandis que l'incidence moyenne est de - 2,2 °C (entre -0,8°C et 3,6°C).

L'incidence maximum sur le doublet du Lab'O arrive à la mi-mai, soit lorsque la période de chauffe est terminée et que la période de climatisation du Lab'O est susceptible de commencer.

En période de climatisation (été), cette baisse de température (-2,2°C en moyenne) serait bénéfique au fonctionnement en climatisation et pourrait induire une augmentation de la puissance de 5 % pour une thermo-frigo-pompe (TFP) sur nappe au droit du Lab'O.

En période de chauffage (hiver), cette baisse de température (-2,2°C en moyenne) pourrait induire une perte de puissance de 5 % pour une pompe à chaleur (PAC) sur nappe au droit du Lab'O. Cette valeur semble raisonnable et ne remet pas en question le bon fonctionnement d'une exploitation géothermique.

Pour ce qui est des plus petites installations présentes en aval du projet, l'incidence serait aussi variable entre - 1 et - 4 °C. Cela pourrait engendrer une perte de puissance de 5 à 10 % au maximum. Cette perte de puissance ne remet pas en question le bon fonctionnement d'une exploitation géothermique.

6.5.2.5 Sur les eaux superficielles

D'après les résultats des simulations réalisées à l'aide du modèle numérique, l'extension de la zone d'incidence piézométrique des prélèvements et réinjections n'atteindra ni la Loire, ni le Loiret, ni aucune zone de sources. **Il n'y aura donc pas d'effet sur les eaux superficielles en lien avec une baisse de niveau piézométrique.**

Dans le cadre d'opérations de maintenance, des rejets vers le milieu superficiel pourraient être réalisés. Les volumes rejetés dans le cadre de ces opérations de maintenance seront faibles (< 1 000 m³ pour une opération de maintenance comprenant essai de puits et diagrapie de flux en régime dynamique et < 2 000 m³ pour une opération de développement).

Il n'y aura donc aucune incidence quantitative sur les eaux superficielles.

Pour ce qui concerne les aspects thermiques, dans l'hypothèse où il y aurait une incidence perceptible sur la température de la Loire, celle-ci restera très faible. En effet, les simulations numériques ont montré qu'une diminution de la température de l'eau dans les alluvions pourra être observée (jusqu'à -3°C localement au bout de 10 ans). Il pourra donc y avoir, dans les zones concernées, un apport d'eau « rafraîchie » par transfert depuis les alluvions. Toutefois, le flux d'eau « rafraîchie » qui pourra transiter depuis les alluvions sera, en toute saison, très inférieur au débit de la Loire. L'effet de dilution limitera donc très fortement l'impact thermique sur la rivière.

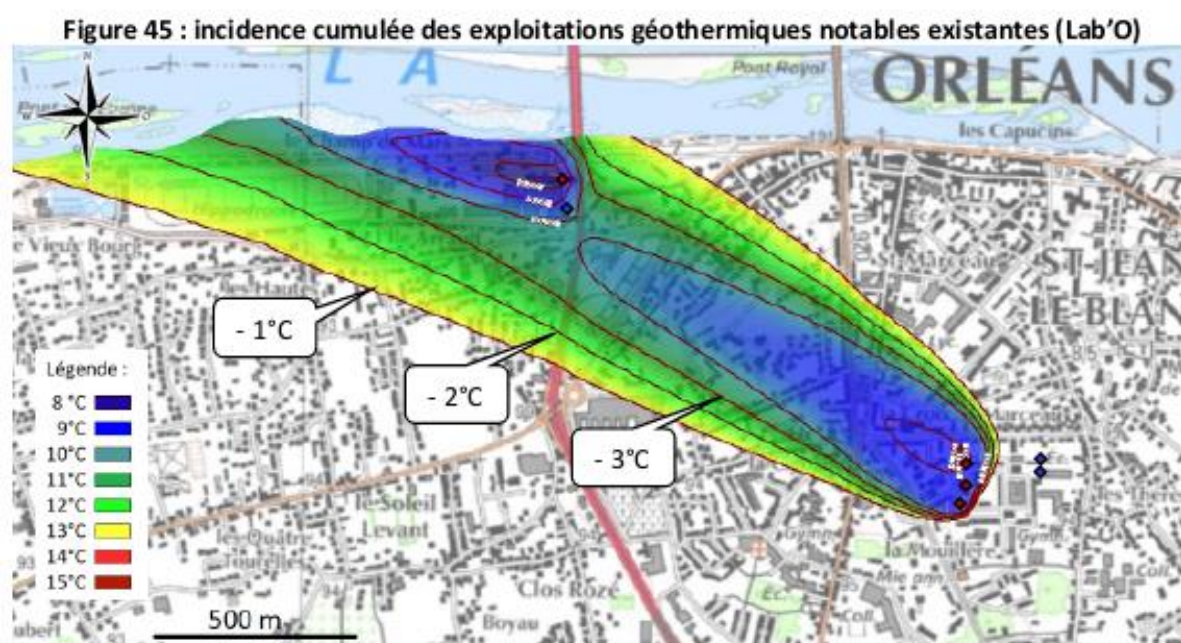
Globalement, l'incidence thermique sur les eaux superficielles (la Loire et le Loiret) est considérée comme négligeable.

6.5.3 Effets cumulés avec d'autres projets connus

D'après les services de l'État consultés, il est référencé d'autres projets de captage d'eau souterraine à des fins géothermiques en aval du projet. L'incidence du projet sur ces derniers a été estimée précédemment et il n'y a pas d'ouvrages géothermiques en amont à proximité du projet.

Pour ce qui est de l'incidence cumulée, la proximité du doublet du Lab'O avec la Loire (sa puissance et la vitesse d'écoulements dans la nappe d'accompagnement) fait que le panache provoqué par celui-ci va rapidement se disperser et il n'y aura pas d'avantage d'incidence en aval que les 2°C de moins en moyenne engendrés par le projet de la résidence Dauphine (captage 12°C et rejet 7°C au lieu de 14 > 9 °C).

Les panaches de température cumulés sont présentés sur la figure qui suit.



L'incidence cumulée bien qu'existante n'a pas d'effet sur l'environnement ou ses usagers et se dissous rapidement au niveau de la Loire (axe de drainage de la nappe).

Annexe 10 : Résumé des impacts

Environnement	Impact		Mesure	
	Phase travaux	Phase d'exploitation	Phase travaux	Phase d'exploitation
Population				
Air	– Impact limité, uniquement pendant la foration, avec l'émission de poussières calcaires	+	Aucune	Aucune
Bruits	– Impact limité, uniquement à proximité du forage, lors des travaux de foration	0	Les travaux n'auront lieux qu'en journée et pas le week-end. Les engins mis en œuvre seront conformes aux normes de bruit	Aucune
Vibrations	– Impact limité, uniquement à proximité du forage, lors des travaux de foration	0	Aucune	Aucune
Site et paysage				
Site	0	0	Aucune	Aucune
Paysager	– Impact du fait de la présence des engins pendant les travaux, mais limité dans le temps)	0 Local technique intégré dans le projet d'aménagement Têtes de forage enterrées	Aucune	Aucune
Biodiversité				
Zones naturelles, zone humide, ZNIEFF, Natura 2000	0 Projet en dehors de toute zone protégée ou réglementée	0	Aucune	Aucune
Continuité écologique	0	0	Aucune	Aucune
Équilibre biologique	0	0	Aucune	Aucune
Hydrologie	0	0	Aucune	Aucune
Sol et sous-sol				
Géologie	+	0	Aucune	Aucune
	Amélioration de la connaissance géologique (analyse des cuttings et diagraphies)			
Hydrogéologie	– Rabattement temporaire de la nappe dans les environs des forages généré lors des travaux (soufflages et pompages)	quantitativement : 0 qualitativement : – L'impact qualitatif concerne uniquement le différentiel thermique entre l'eau pompée et l'eau injectée.	Respect notamment de l'arrêté du 11 septembre 2003	Éviter la surexploitation de la ressource

+ : Impact positif

0 : Impact nul

– : Impact négatif