



**PRÉFET
DE LA NIÈVRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

REÇU LE

- 5 DEC. 2022

DDT-SAUH-BDSP

REÇU LE

05 DEC. 2022

DDT - SAUH

**Direction départementale
des territoires**

Service Loire Sécurité Risques
Affaire suivie par : Eric MALLET
Tél : 03/86/71/52/77
Courriel : eric.mallet@nievre.gouv.fr

Nevers, le 2 décembre 2022

à

SAUH
Bureau Droit des Sols et Publicité

Objet : PC 058 072 21 N0001 – SOLEIL ELEMENTS 10 – Installation d'une centrale photovoltaïque flottante – CHEVENON

Réf : BCPR 2022/ 208

PJ : Avis du 09/11/2022 et du 22/11/2022 du CEREMA sur les études techniques

Vous m'avez saisi, le 9 novembre 2022, pour avis, sur une demande de permis de construire relative à l'installation d'une centrale photovoltaïque flottante sur le territoire de la commune de Chevenon.

1. Dispositions réglementaires du PPRi de la Loire

Après consultation du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRi) Loire du secteur compris entre Nevers et Saint-Léger-des-Vignes, approuvé en date du 17 janvier 2020, il apparaît que les parcelles n° 292, 334, 348, 349, 352, 354, 356, 360, 357, 336, 339, 338, 345, 343, 341, 335, 132, 337, 340, 342 et 344 section A, faisant l'objet de la demande, se situent entièrement en zone inondable : **en secteurs d'aléas fort « A3 » et très fort « A4 » avec vitesse élevée majoritairement** (cf. extrait du zonage réglementaire).

Dans ces secteurs d'aléas fort « A3 » et très fort « A4 » avec vitesse élevée, le règlement du PPRi Loire autorise, **en dehors de l'espace de mobilité fonctionnel de la Loire**, les installations de production d'électricité d'origine photovoltaïque et leurs équipements électriques (transformateurs et poste de livraison) disposées sur les plans d'eau anciennement exploités en tant que carrière », **sous réserve qu'il soit démontré par une étude technique préalable que l'installation résistera à la crue de type Plus Hautes Eaux Connues (PHEC).**

Cette étude doit démontrer notamment :

- **que la présence de l'installation n'aggrave pas le risque inondation ;**
- **que l'installation n'a pas de conséquence négative sur les zones de grand écoulement des crues, à savoir les zones de vitesse élevée ;**
- **que l'installation résistera à une inondation de type PHEC (de par la hauteur de submersion et de par la vitesse d'écoulement de la crue) ;**
- **que l'installation sera dimensionnée au niveau des ancrages pour éviter tout arrachement d'une partie des composants en cas de crue ;**

Par ailleurs, les équipements électriques annexes ne devront pas excéder une surface au sol de plus de 100 m² au total par installation.

Pour rappel, la cote des PHEC à retenir est de 179,65 m NGF en limite amont de l'unité foncière.

2. Avis du CEREMA sur les études techniques

2.1 Étude hydraulique « Hydrétudes » (cf. avis du 09/11/2022)

Les compléments apportés dans l'étude répondent globalement aux interrogations suscitées par le projet d'extension de la gravière sur 30 ans.

Toutefois, afin de répondre aux prescriptions imposées par le PPRi de la Loire, les préconisations du bureau d'études « Hydrétudes » devront être respectées. Celles-ci consistent à prévoir des ancrages en fond de bassin (et non sur les berges) dans les zones où des augmentations de vitesse d'écoulement ont été constatées (îlots 1_1 et 1_2), En cas d'impossibilité, le dimensionnement des ancrages devra être revu sur les zones identifiées.

2.2 Étude d'ancrage et géotechnique (cf. avis du 22/11/2022)

Dans l'étude d'ancrage, une seule solution est proposée. Aucune mention n'est faite sur la possibilité d'ancrage par corps mort et ses conséquences du point de vue du projet global, or la conclusion du rapport de pré-dimensionnement d'ancrage est d'adopter cette solution pour tous les ancrages en fond de bassin.

Par ailleurs, les recommandations de calcul ROSA 2000 (application des Eurocodes aux ouvrages hydrauliques en site aquatique), n'ont pas été utilisées. Celles-ci semblent être plus adaptées pour le projet et permettraient de vérifier le dimensionnement des ouvrages.

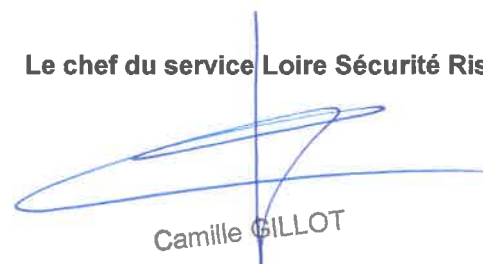
En ce qui concerne l'étude géotechnique, seules les berges ont fait l'objet de reconnaissances géotechniques. La recherche des caractéristiques du fond de bassin a été écartée, ce qui a poussé « Ciel et Terre » à reprendre, dans l'étude de pré-dimensionnement, la proposition d'ancrage sur corps morts proposée par Géotec par défaut et en méconnaissance de la nature du fond des bassins. Ce manque ne permet pas une comparaison avec d'autres solutions techniques. Il est donc impossible de juger de la pertinence de la solution d'ancrage initiale (par ancre active ou vis) en comparaison d'une solution par corps morts.

Par ailleurs, les efforts dans les ancrages ne semblent pas être calculés vis-à-vis de la direction de sollicitation réelle (incohérence entre l'orientation de l'ancre, la résistance réellement mise en jeu et la résistance calculée). Sans justification plus précise sur ce point, les calculs ne sont pas réputés sécuritaire.

3. Conclusion

Au regard des nouvelles études techniques fournies, j'émet un avis favorable à la demande de permis de construire au titre de la prévention des risques, **sous réserve que les remarques émises par le Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) sur les études techniques soient prises en compte dans la mise en œuvre du projet.**

Le chef du service Loire Sécurité Risques



Camille GILLOT

Réf. : 21-CE-1129 – AMO étude projet photovoltaïque flottant - Chevenon

Affaire suivie par :
Jean-Michel SIGAUD
Tel. : 04 73 42 10 93
Mail : jean-michel.sigaud@cerema.fr
Direction / Service : Centre-Est / ACF / GER

Note à l'attention de :

Mme Sylvie LEBOUAR
DDT de la Nièvre – SLSR / CPR
2, rue des Pâtis
BP 30069
58020 NEVERS CEDEX

Clermont-Ferrand, le 09/11/2022

**Objet : avis technique projet photovoltaïque Chevenon (étude hydraulique)
Etude Hydrétudes 2022 (mise à jour mai 2022)**

NOTE TECHNIQUE

1- Rappel de la commande

La Direction Départementale des Territoires de la Nièvre (DDT58) est chargée d'instruire un projet de centrale photovoltaïque flottante sur la commune de Chevenon dans la Nièvre, porté par la société ELEMENTS. Le site choisi est situé en rive gauche de la Loire. Il s'agit d'une gravière actuellement composée de 3 bassins, dont 2 ne sont plus en exploitation, gérée par la société EQIOM.

Ce projet est opposable au PPRI de la Loire sur le secteur compris entre Nevers et Saint-Léger-des-Vignes. La prise en compte du risque inondation est par conséquent impérative dans la réflexion et le dimensionnement du projet. Les impacts du projet en termes de risque inondation doivent donc être étudiés et discutés.

La DDT58, Service Loire Sécurité Risques, a confié au Cerema, Direction Territoriale Centre-Est, une mission d'appui technique, visant à fournir un avis technique sur l'étude d'impact déposée par la société ELEMENTS.

La mission du Cerema porte plus précisément sur les éléments suivants :

- étude structurelle des ancrages, réalisée par l'agence d'Autun ;
- étude hydraulique, réalisée par l'agence de Clermont-Ferrand.

Cette note technique ne traite que le volet hydraulique des études.

Un premier avis technique a été produit en avril 2021 sur la base du dossier technique élaboré en 2020 par Hydrétudes.

L'avis mettait alors en avant deux éléments perfectibles du dossier, pour lesquels des compléments étaient attendus :

- d'une part, la prise en compte du projet d'extension de la gravière dans le dimensionnement de la centrale photovoltaïque et notamment des ancrages. En effet, lors de l'étude hydraulique menée en 2020, le projet d'extension n'était pas encore connu, et il n'a alors pas pu être pris en compte par Hydrétudes ;
- d'autre part, des précisions sur les mesures préventives visant à limiter la formation d'embâcles.

2- Documents analysés :

- Annexe 7 de l'étude d'impact – étude hydraulique – mise à jour 2022
- Annexe 19 de l'étude d'impact – plan de gestion de crise et protocoles

3- Analyse des documents remis par la société ELEMENTS

3.1 Annexe 7 de l'étude d'impact - étude hydraulique (2022)

3.1.1 Observations sur la version v2 du rapport Hydrétudes du 27/01/2022

- Paragraphe 1 : Introduction :
 - **Pas d'observation**
- Paragraphe 2 : Compléments hydrauliques demandés :
 - **Pas d'observation**
- Paragraphe 3 : Présentation du projet d'extension :
 - Paragraphe 3 page 9 (figures sur page format A3 paysage) : détail d'extension gravière par phase
 - remarque secondaire : le commentaire de la figure « PHASE C à + 15 ans (2038) » est erroné : « *L'extension se poursuit vers le sud-ouest [...]* ».
Il faut lire en réalité « *« L'extension se poursuit vers le sud-Est [...]* ».
- Paragraphe 4 : Présentation du projet d'extension :
 - Paragraphe 4 page 10 :
 - Le bureau d'études propose d'étudier plus précisément l'état de quatre phases A, B, D, F (et non pas les 6 configurations). Bien que limitant, ce choix paraît toutefois judicieux et justifié puisque les 4 phases retenues correspondent à des configurations très différentes, qui devraient permettre de couvrir « le champ des possibles » en matière de fonctionnement hydraulique et de vitesses d'écoulement sur le site. En effet, les phases C et E correspondent à des configurations intermédiaires d'exploitation de la gravière, qui présentent relativement peu d'intérêt.
 - Les hypothèses hydrauliques (sécuritaires) sont identiques à celles déjà validées.
 - **Pas d'observation**
 - Paragraphes suivants :
 - Une modification est apportée au niveau de l'ancien îlot 3 (désormais divisé en 2 sous-îlots 1-a et 1-b). Les modifications apportées au modèle hydraulique pour prendre en compte les futures extensions de la gravière restent limitées à la topographie et à la rugosité.
 - **Pas d'observation**
- Paragraphe 5 : Comparaison des résultats entre le modèle « M.CENTRALE » et les modèles « extension » :
 - Paragraphe 5.2
 - Comme attendu, les extensions successives de la gravière ont peu d'impact sur les hauteurs d'eau.
 - **Pas d'observation**
 - Paragraphe 5.3
 - Les extensions successives ont en revanche un impact significatif sur les vitesses d'écoulement (augmentation en considérant à chaque fois le maximum des 4 phases A, B, D, F simulées). Elles conduisent à revoir de manière générale le dimensionnement des ancrages.
 - Les résultats sont présentés par sous-ensembles de bassins (bassins A-B d'une part et évolutions du bassin C d'autre part). Les explications et les résultats fournis sont clairs et argumentés.
 - **Pas d'observation**
- Paragraphe 6 : Actualisation du plan d'implantation :
 - La modification porte sur la création d'un îlot supplémentaire dans le bassin A. En revanche, seules les phases d'exploitation A et D (les plus « extrêmes » d'après Hydrétudes) ont fait l'objet d'une nouvelle modélisation hydraulique. À noter que Hydrétudes, dans un souci de ne pas reprendre toutes les modélisations, n'a pas retenu de simuler la phase F, qui présente pourtant la vitesse d'écoulement la plus importante en valeur absolue ($v = 1,08$ m/s dans la direction 320° à 340° au droit du bassin C, bassin toutefois non concerné directement par la modification).

- Cependant, compte-tenu du nombre conséquent de simulations déjà réalisées (donc autant de configurations déjà testées) et de l'évolution en continu du site étudié attendue sur 30 ans (source de complexité), cette approche plus restreinte consistant à se limiter à 2 simulations (phases d'exploitation A et D) paraît justifiée, dans la mesure où des marges ont été prises dans les hypothèses du modèle hydraulique (coefficients de rugosité, scénario avec brèche dans un ouvrage de protection, etc...). **L'approche plus qualitative, consistant à analyser finement l'évolution des écoulements entre les différents îlots suite à la modification apportée au projet, telle que proposée par Hydrétudes, paraît ici plus raisonnable.**
 - Pour le bassin C et comme attendu, l'impact sur les résultats des vitesses d'écoulement reste marginal (de l'ordre de 0,01 m/s), qui reste inférieur à l'incertitude associée au modèle hydraulique. En particulier, dans la direction 320° à 340°, on n'observe pas d'augmentation de la vitesse d'écoulement pour la phase D testée (qui reste assez proche de la configuration finale F qui était maximisante dans une direction donnée). **Le dimensionnement n'est ainsi pas remis en cause pour le bassin C.**
 - Pour les bassins A et B, l'impact sur les vitesses d'écoulement « maximales » est plus contrasté (cf tableau n°6 page 23). Les 2 configurations où les vitesses augmentent (2 orientations différentes des vecteurs vitesses) sont analysées finement. **Le bureau d'étude estime que ces augmentations ont lieu à une distance de l'ordre de 30 m du bord des panneaux et conclut que le dimensionnement précédemment établi reste valable. Cependant, ce raisonnement n'est valable que dans le cas où les ancrages sont réalisés en fond de bassins (et non pas au niveau des berges où on constate l'augmentation des vitesses) dans les 2 zones identifiées (elles concernent très localement les îlots 1_1 et 1_2).** Malgré cette augmentation de vitesse constatée ponctuellement et très localement au niveau des berges des bassins, les vitesses d'écoulement restent globalement limitées.
- Paragraphe 7 : Prise en compte du risque d'embâcle :
 - Paragraphe 7.2 :
 - Les mesures de prévention et de protection proposées en 2020 par la société ELEMENTS ayant fait l'objet de réserves ont été pour la plupart complétées, en tenant compte des observations remontées lors du contrôle du dossier en 2021. Un plan de gestion de crise (non proposé dans le dossier de 2020) est ici évoqué, ainsi que le montage de conventions et de protocoles spécifiques à la gestion du risque d'embâcles, ce qui va dans le bon sens.
 - Nous n'irons pas plus loin dans notre analyse sur cette partie du rapport, sachant que l'annexe 19 de l'étude d'impact traite précisément ces différents points.

3.1.2 Conclusions sur le rapport d'étude hydraulique (annexe 7)

La méthodologie proposée par Hydrétudes pour l'évaluation de l'impact du projet sur les lignes d'eau et l'estimation des vitesses d'écoulement est globalement satisfaisante, et de nouvelles simulations hydrauliques ne nous paraissent pas nécessaires compte-tenu des résultats déjà établis :

- Les hypothèses sécuritaires validées précédemment sont bien maintenues (scénario hydrologique de la crue Q200 intégrant une défaillance dans le système d'endiguement, coefficients de rugosité majorés, etc.).
- Les compléments hydrauliques demandés confirment que le projet d'installation photovoltaïque n'aggrave pas le risque d'inondation de la Loire (pas d'évolution significative des lignes d'eau au droit du secteur étudié).
- Quatre configurations correspondant aux différentes extensions de la gravière (phases d'exploitation A, B, D, F de la gravière) ont été simulées et analysées pour le dimensionnement des ancrages : les conclusions ont conduit à réévaluer le dimensionnement des ancrages pour tenir compte de l'augmentation estimée des vitesses d'écoulement suite aux différents aménagements prévus pendant les 30 ans d'exploitation ;
- La modification apportée au projet au niveau de l'îlot 1 a fait l'objet de modélisations complémentaires, visant à analyser finement l'impact de cette modification sur les vitesses d'écoulement. Dans la majorité des cas, cette modification a eu une incidence très limitée sur le champ des vitesses. Dans 2 cas particuliers, elle a conduit à augmenter sensiblement les valeurs des vitesses dans 2 directions. **Le dimensionnement préalablement établi reste donc a priori valable, sous réserve d'imposer aux deux lieux identifiés (îlots 1_1 et 1_2) des ancrages en fond de bassin (et non sur les berges). Or, cela ne semble pas être le cas, comme précisé sur la figure n°1 ci-dessous (issue de l'annexe 19 de l'étude d'impact), où les deux zones apparaissent à proximité d'ancrages positionnés en berges.** Si tel est le cas, le dimensionnement devra être revu en prenant en compte les nouvelles vitesses d'écoulement induites par la modification d'implantation du projet. Cette préconisation nous semble nécessaire dans la mesure où les coefficients de rugosité choisis pour le modèle hydraulique sont relativement importants (Coefficients de Strickler faibles), donc pénalisants pour l'impact sur les lignes d'eau, mais qui peuvent en revanche donner des valeurs de vitesses un peu plus faibles, pouvant induire un dimensionnement moindre.

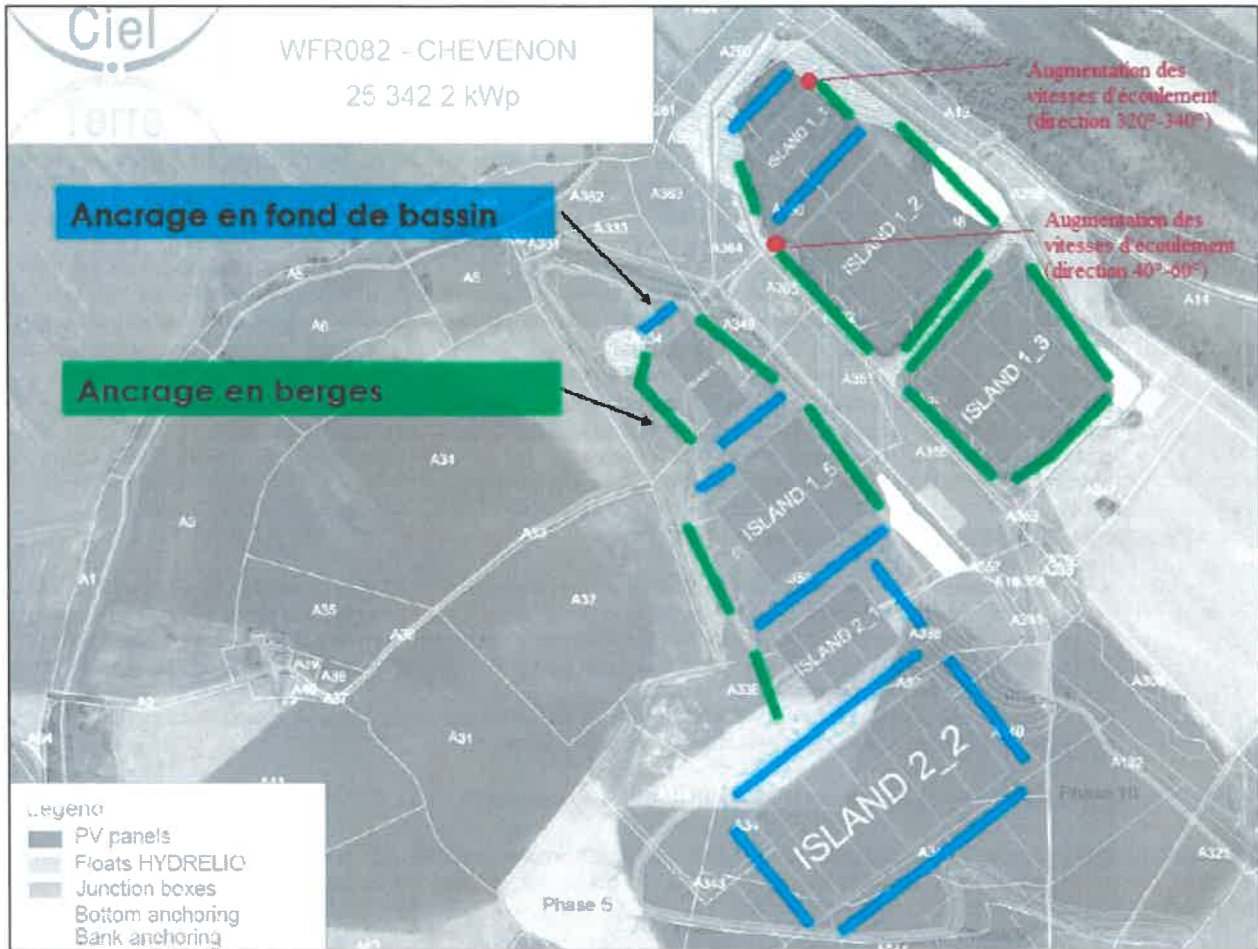


Illustration 1: Zones d'ancrage en fond de bassin et en berges. En rouge : les secteurs où la vitesse d'écoulement a augmenté sensiblement suite à la modification apportée par ELEMENTS sont situés proche des zones d'ancrage en berges (en vert) (source : ELEMENTS, annexe n°19 de l'étude d'impact – p143)

On regrettera également que le bureau d'étude n'ait pas fourni les cartographies des vitesses d'écoulement sur l'ensemble de la gravière et de ses futures extensions, permettant d'analyser et comparer les différentes phases d'exploitation entre elles.

3.2 Annexe 19 de l'étude d'impact – Plan de gestion de crise et protocoles

3.2.1 Observations sur le rapport n°R21065405-EI de mai 2022

Le rapport, rédigé par le bureau d'étude RISCRISES, est composé de 4 livrets principaux :

- Livret 01 : diagnostic du risque inondation & protocole de crise :
 - Un rappel du cadre législatif et réglementaire s'imposant au projet est dressé.
 - Le projet d'installation de panneaux photovoltaïques flottant est ensuite présenté dans ses grandes lignes.
 - Le bureau d'études développe ensuite de manière très générique les notions d'aléas et de risque inondation, ainsi que la politique de prévention des inondations et les outils de gestion du risque inondation associés (SNGRI /SLGRI, PPRi, EPRI, TRI, PAPI).
 - Par la suite, un focus est fait sur le PPRi Loire du secteur étudié et sur les règles applicables en zones rouges.
 - Concernant la problématique des embâcles, le bureau d'étude confirme la faible sensibilité du site à la formation d'embâcles et présente les mesures proposées, à la fois préventives (protocole avec les agriculteurs exploitants pour mieux cadrer les coupes, mise en place d'un protocole de gestion de crise, mise en place d'un suivi et d'un entretien global de la ripisylve, évacuation des débris présents en lit majeur à l'annonce d'une crue) et actives (mise en place de drômes, de protections de type peignes anti-embâcles).
 - **Pas d'observation** : on retrouve les principales mesures proposées précédemment, qui sont développées ici.
- Livret 02 : organisation et protocole de crise inondation :
 - Il s'agit de la description du PGC (Plan de Gestion de Crise).
 - Par le dispositif d'alerte, ELEMENTS s'appuiera sur les données vigicrues et vigicrues flash (données SCHAPI / SPC), ainsi que sur le système de vigilance APIC des pluies intenses (Météo France). Plusieurs stations hydrométriques de référence peuvent être consultées au besoin (dont Imphy, Decize et Gilly-sur-Loire, situées respectivement à 3, 28 et 72 km de Chevenon).
 - ELEMENTS prévoit 2 niveaux de décisions, basés sur les seuils de vigilance de vigicrues et/ou sur les hauteurs et/ou débits mesurés aux stations :
 - **un seuil d'alerte** : les acteurs sont mis en état de vigilance ;
 - **un seuil d'intervention** : l'intervention sur site est déployée.
 - Le périmètre des « interventions actives » est précisé (inspections visuelles, retrait des éléments piégés, retrait /broyage des arbres morts ou encombrés potentielles, en moins de 48h). De même, des interventions régulières et post-crue (à partir de Q2) sont prévues au moins 1 fois / an au niveau des terrains naturels et agricoles, ainsi qu'au niveau des dispositifs de protection mis en place (drômes et peignes).
 - Une organisation générique de cellule de crise est proposée.
 - Enfin, la liste des principaux services de l'État, des partenaires au projet et des entreprises est dressée, avec précision du rôle de chacun dans la gestion de crise.
 - **Pas d'observation**
- Livret 03 : Fiches procédures :
 - Il s'agit de projets de fiches procédures récapitulant les principaux éléments décrits dans le livret 02
 - **Pas d'observation** (ces fiches resteront cependant à finaliser)
- Livret 04 : Annuaire de crise & liste des moyens à disposition :
 - Il s'agit des coordonnées des principaux acteurs impliqués dans le PGC.
 - **Pas d'observation sur le fond.**
 - Ces contacts seront à tenir à jour régulièrement en fonction des arrivées/départs des différents personnels.

3.2.2 Conclusions sur le plan de gestion de crise et protocoles (annexe 19)

Le PGC répond globalement aux observations relevées à la suite du premier avis fourni sur le dossier en 2021. Il paraît relativement complet, sous réserve que les conventions soient bien produites (a priori fournies en annexe 18 du dossier, mais non diffusées au Cerema).

Le protocole d'alerte en cas de crue définissant les seuils de vigilance et d'alerte (travaillé avec le SPC et le SCHAPI d'après le courrier déposé par la société ELEMENTS) semble parfaitement adapté au contexte du site soumis au risque inondation.

De même, le protocole de prévention et de protection contre la formation d'embâcles paraît adapté aux enjeux.

4- Conclusion générale

Les compléments apportés à l'étude hydraulique de 2021 répondent globalement aux interrogations suscitées par le projet d'extension de la gravière sur 30 ans. L'étude a démontré que le futur projet d'installation photovoltaïque répondait aux prescriptions imposées par le PPRi, aussi bien dans la configuration actuelle du site que lors des futures phases d'exploitation de la gravière, **sous réserve cependant du respect des préconisations d'Hydrétudes, consistant à prévoir des ancrages en fond de bassin dans les zones où il a été constaté des augmentations des vitesses d'écoulement suite aux dernières modifications. En cas d'impossibilité, le dimensionnement des ancrages sur les zones identifiées devra être revu.**

Le plan de gestion de crise (PGC) et les protocoles mis en place ne font pas l'objet d'observation particulière.

Jean-Michel SIGAUD

Le chef de projet, responsable d'études en risque
inondation et assainissement routier



Signature numérique
de Jean-Michel SIGAUD
Date : 2022.11.09
12:05:27 +01'00'

Réf. : 21-CE-1129 – AMO étude projet photovoltaïque flottant - Chevenon

Affaire suivie par :
Jean-Michel SIGAUD
Tel. : 04 73 42 10 93
Mail : jean-michel.sigaud@cerema.fr
Direction / Service : Centre-Est / ACF / GER

Note à l'attention de :
Mme Sylvie LEBOUAR
DDT de la Nièvre – SLSR / CPR
2, rue des Pâtis
BP 30069
58020 NEVERS CEDEX

Autun, le 22/11/2022

Objet : avis technique projet photovoltaïque Chevenon (étude d'ancrage et étude géotechnique)

NOTE TECHNIQUE

1- Rappel de la commande

La Direction Départementale des Territoires de la Nièvre (DDT58) est chargée d'instruire un projet de centrale photovoltaïque flottante sur la commune de Chevenon dans la Nièvre, porté par la société ELEMENTS. Le site choisi est situé en rive gauche de la Loire. Il s'agit d'une gravière actuellement composée de 3 bassins, dont 2 ne sont plus en exploitation, gérée par la société EQIOM.

La DDT58, Service Loire Sécurité Risques, a confié au Cerema, Direction Territoriale Centre-Est, une mission d'appui technique, visant à fournir un avis technique sur l'étude d'impact déposée par la société ELEMENTS.

La mission du Cerema porte plus précisément sur les éléments suivants :

- étude structurelle des ancrages, réalisée par l'agence d'Autun ;
- étude hydraulique, réalisée par l'agence de Clermont-Ferrand.

Cette note technique ne traite que des volets ancrage et géotechnique des études.

Un premier avis technique sur l'étude d'ancrage a été produit en avril 2021 sur la base du dossier technique élaboré en 2020 par Hydrétudes et Ciel&Terre. L'avis mettait alors en avant plusieurs éléments pour lesquels des compléments étaient attendus :

- des formules de calculs ainsi que des résultats résultats de calculs fournis erronés,
- aucune différenciation n'était faite entre les ELS et ELU à la conception,
- l'absence de toute étude ou donnée géotechnique empêchait tout dimensionnement des ancrages avec le sol support.

Il est précisé ici que, s'agissant d'un avis, la teneur des observations formulées porte sur les seuls points critiques. La note n'aborde pas les points correctement traités ou conformes.

2- Documents analysés

- Annexe 8 – étude d’ancrage – mai 2022 – Ciel & Terre (dont Annexe 1 : Note de calcul de la pression dynamique et Annexe 2 : Note de calcul sur la génération des vagues)
- Annexe 17 - étude géotechnique (17.1. Étude géotechnique G2-AVP, Géotec, septembre 2022 ; 17.2. Étude de pré-dimensionnement des ancrages et interprétation géotechnique réalisée, Ciel & Terre, 01/07/2022)

3- Observations sur les documents remis par la société ELEMENTS

3.1 Annexe 8 – Étude d’ancrage – mai 2022 – Ciel & Terre

1. Caractéristiques du réservoir

Sans commentaire.

2. Efforts environnementaux

Cette partie présentent les résultats des efforts de vents, des vagues et du courant. Le calcul des efforts de vents est détaillé dans l’annexe 1 : note de calcul de la pression dynamique. Le calcul des efforts des vagues est détaillé dans l’annexe 2 : note de calcul sur la génération des vagues. Le calcul des efforts du courant s’appuie sur les vitesses d’écoulement par l’étude hydraulique du dossier global.

Cette partie n’appelle pas de remarques particulière.

3. Enveloppe de charge

L’étude fait appel au standard NR (Note Rule) 493 « Classification of Mooring Systems for Permanent and Mobile Offshore Units» sous certification Bureau Veritas pour justifier de la combinaison des efforts choisie. On rappellera qu’il existe des recommandations pour le calcul aux états-limites des Ouvrages en Site Aquatique : ROSA 2000. L’objet de ces recommandations étant de permettre de vérifier le dimensionnement d’un ouvrage au moyen des méthodes semi-probabilistes (ou aux coefficients partiels) utilisées par les Eurocodes, de telles vérifications semblent manquantes.

4. Méthode d’ancrage

4.2. Aucune mention n’est faite de la possibilité d’ancrage par corps morts, si pour les ancrage de surface ni pour les ancrages de fond, or, la conclusion du rapport de pré-dimensionnement d’ancrage (Annexe 17.2.) est d’adopter cette solution pour tous les ancrages en fond. La mise en place de corps morts à la place d’ancrages semble pouvoir des conséquences non négligeable du point de vue de la structure globale. On pourra penser au volume des corps-morts, leur espacement, leur mise en place, l’obstacle créé aux écoulements/à la ligne d’eau/aux lignes d’ancrages, etc. Ne pas étudier cette nature d’ancrage et ses conséquences est problématique.

5. Calcul d’ancrage

Un dimensionnement quasi-statique est prévu dans un second temps. Compte tenu des mouvements prévisible/possible des îlots (3,8m en première approche) et des masses en jeu (masses des îlots eux-même), on peu se poser la question de la dynamique. L’inertie des îlots ne semble, a priori, pas négligeable.

6. Résultats

On remarque que pour certains îlots (1-2, 1-5 et surtout 2-2) les efforts max dans les lignes sont très proches, voir identiques à l’effort admissible maximum dans les barres d’ancrage.

7. Annexe 1 : Note de calcul de la pression dynamique

Sans commentaire.

8. Annexe 2 : Note de calcul sur la génération des vagues

Sans commentaire.

9. Remarques générales

Sans commentaire.

3.2 Annexe 17.1. – Étude géotechnique G2-AVP – Géotec – septembre 2022

1. Cadre de l'intervention

Il est rappelé que la partie géotechnique concerne 4 types d'ouvrages différents ; les ancrages en berges, les ancrages en fond de bassin, les fondations du dispositif anti-embâcles et les surélévations des postes transformateurs/de livraison.

La hauteur et le volume des surélévation des postes posent la question de leur prise en compte dans les écoulements de l'étude hydraulique du dossier global.

Est indiqué « en l'absence d'éléments précis, les charges transmises par la structure sont supposées être limitées à : 20 à 50 kN/ancrages » or d'après l'effort admissible maximum dans les barres d'ancrage, l'effort max admissible est limité à 11,9 kN/ancrage au risque d'observer la ruine des barres d'ancrages.

Limiter les reconnaissances aux berges semble très réducteur compte tenu de la quantité des ancrages en fond de bassin prévus. La difficulté et le surcoût lié à la réalisation de sondage au fond peut justifier d'une part, de prendre des hypothèses vis à vis des formations rencontrées sur les sondages à proximité pour les profondeurs de bassin concernées, mais surtout, de rechercher des informations géotechniques auprès de l'exploitant actuel. L'exploitant actuel ayant exploité les bassins et continuant l'exploitation dispose forcément d'informations précises sur la nature des sols en place.

2. Contexte du site et contenu de la reconnaissance

La nature des « sondages géologiques ». Il semble s'agir de sondages à la tarière et non de sondages carottés.

Les analyses de laboratoire sont indiqués en cours de réalisation mais les résultats sont fournis dans la suite. Erreur ou est ce que des compléments doivent être apportés ultérieurement ?

3. Cadre géologique – résultats de la reconnaissance

Sans commentaire.

4. Étude des ouvrages géotechniques

4.2 La solution d'ancrage évoqué est celle d'un ancrage de forme « vis » qui ne correspond pas au dispositif proposé par l'étude de pré-dimensionnement des ancrages (ancrage actif à bascule). Le fonctionnement global semble toutefois être similaire.

Plusieurs des sujétions d'exécution s'appuient sur la mise en place d'ancrages visés et sont donc caducs si un autre type d'ancrage est mis en place.

Ce n'est qu'à partir de ce point que la possibilité de mettre en place des ancrages sur corps morts est proposée.

Des reconnaissances complémentaires en fond de lac sont recommandées par Géotec. Compte tenu du nombre d'ancrages en fond prévus dans le cadre du projet, on peut se poser la question de pourquoi de telles reconnaissances n'ont pas été prévues à cette étape du projet, la capacité à positionner des ancrages en fond semblant primordiale pour le projet. Aujourd'hui aucune donnée géotechnique n'as été fournie sur la nature du fond de bassin.

4.3 La question des tassements n'indique de temps estimé de tassement attendu ni la possibilité de réduire ces tassements par préchargement.

Peu d'information sur la nature du remblai sont fournies. En effet, la mise en œuvre telle que décrite p. 19 (remblai à talus) ne semble pas correspondre à un projet de la géométrie proposée sur les illustrations p.5 (remblai vertical)

5. Recommandations pour la mise au point du projet

La solution d'encrage (initialement « vis ») est présenté comme peu ou pas inadapté pour des horizons d'alluvions présentant des galets.

Les efforts horizontaux repris posent questions, puisque, en particulier pour des ancrages implantés en berges, les lignes d'ancrages seront horizontales ou sub-horizontales alors que les ancrages doivent être verticaux ou sub-verticaux pour pouvoir solliciter la résistance du sol.

6. Remarques générales

Sans commentaire.

3.3 Annexe 17.2. – Étude de pré-dimensionnement des ancrages et interprétation géotechnique réalisée – Ciel & Terre – 01/07/2022

1. Introduction et objectifs de l'étude

Les ancrages en fond de bassin sur corps morts sont évoqués mais non étudiés, ici. Or il ne le sont pas pas aucune des études précédentes non plus.

2. Charges et nombre d'ancrage

Un coefficient de 1,5 est appliqué pour obtenir une charge max théorique sur les ancrages, néanmoins il n'est pas claire de ce à quoi correspond ce coefficient. Les charges recalculés sont pour partie supérieures à l'effort admissible maximum dans les barres d'ancrage. ($17 > 11,9\text{kN}$) ce qui impliquerait de rajouter des ancrages pour les lieux concernés.

3. Synthèse de l'étude de sol

On notera que Ciel & Terre choisi de l'affranchir de la recommandation de Géotec de considérer les sols lâches supérieurs comme « sols morts » et, au contraire, s'ancre en totalité dans ces sols.

4. Solution technique

L'orientation de l'ancre pose des questions de cohérence avec les résistances calculés et les résistances réellement mise en jeu. La méthode de calcul de résistance à la traction utilisée suppose une sollicitation verticale permettant la bonne sollicitation des sols supérieurs. Le cas est très différents si les sols ne sont pas sollicités verticalement or la recommandation de Ciel&Terre est d'implanter l'ancrage au plus proche de la ligne d'ancrage, qui est, pour les ancrages en berges, horizontales ou sub-horizontales. On notera d'autant plus, que les résistances actives des ancrages présentent peu de marge avec les charges recalculés, alors même que l'effort est supposé dans la direction colinéaire à l'ancre, donc dans un cas favorable. Au contraire, le cas le plus courant semble être une charge appliqué perpendiculairement à l'ancre.

5. Mode opératoire

Sans commentaire.

6. Essais

Les essais doivent prendre en compte le fait que l'effort de travail des ancrages n'est pas vertical. Soit l'essai peut être réalisé dans la direction de chargement réelle, soit l'effort de l'essai sera adapté pour prendre en compte cet état de fait.

7. Conclusion

Sans commentaire.

8. Remarques générales

Sans commentaire.

4- Conclusion

En ce qui concerne l'étude d'ancrage, la principale remarque est la non prise en compte de forme alternative d'ancrage des ilots. Une seule solution est proposée, présentée comme pouvant s'adapter à différentes configurations. En particulier, on regrettera que ne soit pas évoquée la solution d'un ancrage sur corps morts et ses conséquences du point de vue du projet global. Une autre remarque concerne les règles de calcul choisies : les recommandations de calcul ROSA 2000 qui semblent les plus adaptées pour le projet présent ne sont pas utilisées. Une raison de ne pas prendre en compte ces recommandations pour les calculs serait attendue.

En ce qui concerne l'étude géotechnique, plusieurs questions se posent également. La principale concerne le fait d'avoir tout à fait négligé la recherche des caractéristiques du fond de bassin, ce qui a poussé Ciel & Terre à reprendre la proposition d'ancrage sur corps morts proposée par Géotec par défaut et en méconnaissance de la nature du fond. Cette solution d'ancrages n'est d'ailleurs qu'évoquée et pas réellement étudiée. A un stade G2-AVP « Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet », ce manque n'est pas acceptable car il ne permet pas une comparaison entre les solutions. En particulier, il est impossible de juger de la pertinence de la solution d'ancrage initiale (par ancre active ou vis) en comparaison d'une solution par corps morts.

Une autre interrogation concerne les efforts calculés dans les ancrages vis à vis de la direction de sollicitation réelle qui semble être différente (à angle droit l'une de l'autre). Sans justification plus précise sur ce point, les calculs ne sont pas réputés sécuritaires.

Rédigé, le 01/12/2022



Marie DESABRES

Adjointe au groupe « Territoires et Transitions » de l'Agence d'Autun
Chargée d'études « Ouvrages hydrauliques »

Vu et approuvé, le 01/12/2022
par le responsable de production



Signature numérique de Jean-
Michel SIGAUD
Date : 2022.12.01 17:18:56 +01'00'

Jean-Michel SIGAUD

Responsable d'études en risque inondation et assainissement routier à l'Agence de Clermont Ferrand

