

7. PROBLEMATIQUE DES EMBACLES

7.1. SENSIBILITE DU SITE ET HISTORIQUE

La problématique d'embâcles est un élément à considérer dans la mesure où le projet consiste à implanter une structure dans le lit majeur de la Loire. Les flottants alors charriés lors d'une crue pourraient venir endommager la centrale.

Il existe peu d'études permettant d'apprécier la production de flottants pouvant former des embâcles, qui plus est sur le tronçon de la Loire qui nous intéresse. Cependant, un examen du secteur étudié et une analyse des événements historiques peuvent donner des indications.

7.1.1. Sensibilité du site

Une présentation de la situation du site est disponible en Figure 35.

La gravière se situe dans le lit majeur de la Loire. En amont du site et sur plus de 8km, on trouve très peu de zones boisées. Les seules zones boisées identifiées sont situées en bordure de Loire, formant ainsi la ripisylve. Il en résulte que les zones pouvant produire des flottants susceptibles de former des embâcles au niveau de la centrale sont principalement constituées par la ripisylve. Cependant, en cas d'inondation si la ripisylve est en bon état, elle va plutôt jouer un rôle d'obstacle : elle aide au ralentissement des vitesses d'écoulements en formant un obstacle « rugueux ». Elle forme un peigne naturel et vient ainsi bloquer les flottants sur les berges de la Loire plutôt que de les laisser transiter vers le lit majeur.

De plus, en cas de crue, les vitesses d'écoulements les plus importantes ont généralement lieu dans le lit mineur des cours d'eau. C'est le cas de la Loire pour les crues étudiées, où les vitesses sont comprises entre 1 m/s et 2 m/s au pic de crue dans le lit mineur, alors que les vitesses dans le lit majeur avoisinent les 0.5 m/s (et localement atteignent 0.8 m/s). Il en résulte que les flottants, qui sont plus facilement charriés par des écoulements rapides, seront principalement charriés dans le lit mineur. **Ils n'auront pas tendance à emprunter des courants perpendiculaires moins forts, dirigés vers le lit majeur.**

Enfin, généralement les embâcles sont formés avec des flottants issus de terrains à proximité. Comme vu précédemment, les zones pouvant fournir des flottants en amont de la gravière sont très limitées. Si la ripisylve est en bon état, les risques de transport de flottants vers la gravière sont minimes.

Aussi, on peut souligner la présence, en amont, du pont d'Imphy sur la Loire. Celui-ci est de grandes dimensions, donc peu sensible aux embâcles en cas de petites crues (voir en Figure 35). Cependant, en cas de crue très forte, on peut imaginer que le niveau de l'eau pourrait atteindre le bas du tablier. Ainsi, les flottants venus de l'amont seront stoppés au niveau de cet ouvrage, limitant le transfert vers l'aval.

Ces différents constats mènent à conclure que le site de la centrale est assez peu sensible à la problématique d'embâcles, d'autant plus à mesure que l'on s'éloigne du lit mineur de la Loire.

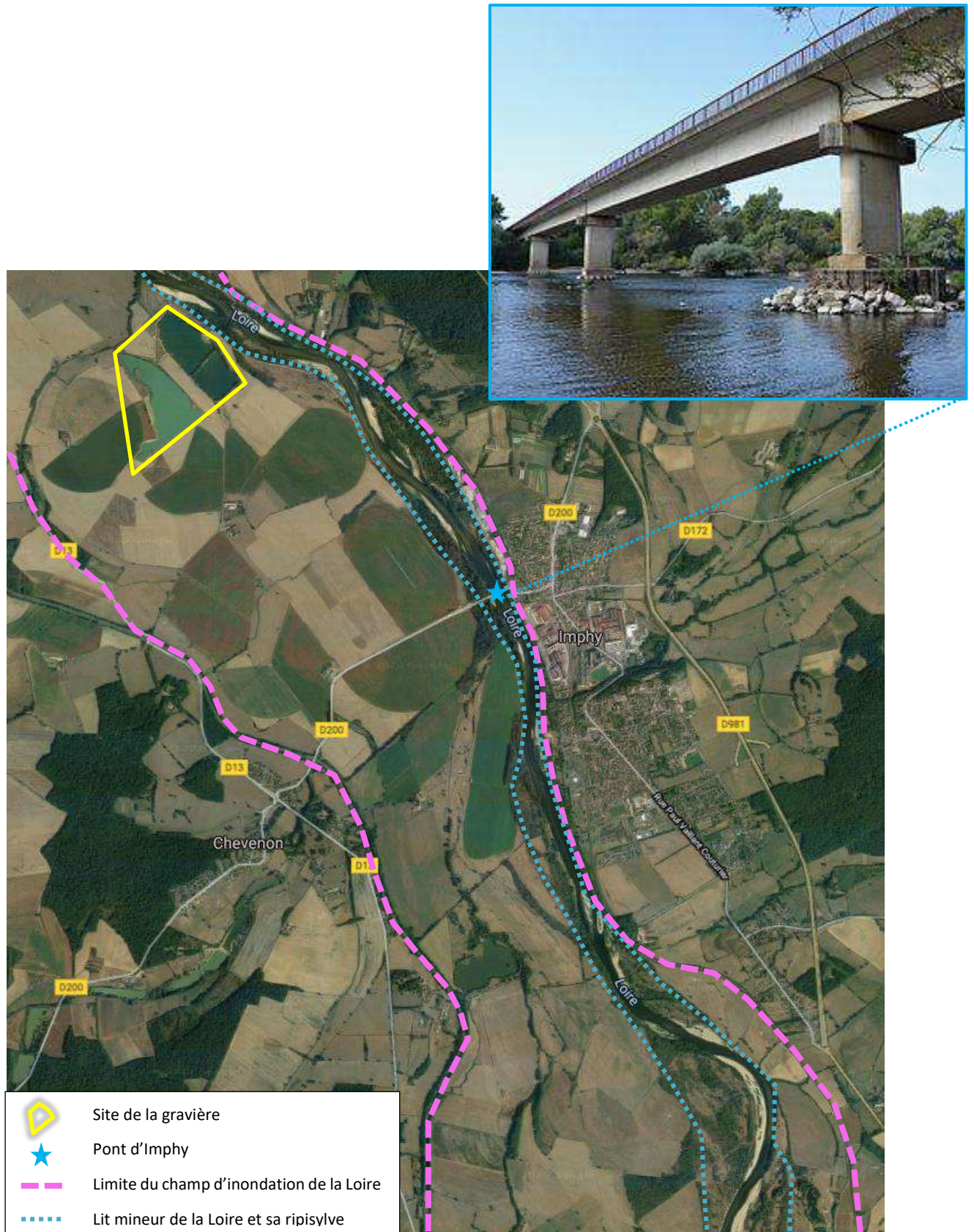


Figure 35: Situation du site à l'étude

7.1.2. Historique

Peu d'éléments sont disponibles quant à la présence de flottants en cas de crue sur le site de la gravière. Seuls quelques témoignages ont pu être recueillis indiquant les éléments suivants :

- ▲ Crue de 2008 : des photos ont pu être prises durant la crue au niveau de la gravière, elles sont présentées ci-dessous (fournies par M. Vincent, ancien exploitant agricole des terrains en amont de la gravière). La période de retour de cette crue a été estimée entre 10 et 20 ans. Pas d'éléments spécifiques à noter aux niveaux des flottants. Les photos suivantes montrent un champ d'inondation sans présence de corps flottants.



Figure 36: Photo prise lors de la crue de 2008 - Vue du bassin C depuis l'amont



Figure 37: Photo prise lors de la crue de 2008 - Vue des bassins A et B depuis l'amont

- ▲ Crues débordantes en lit majeur : il a été observé des clôtures de barbelés pliées après des crues lorsque des cannes de maïs sont venues s'accumuler dedans et, avec la pression de l'eau, elles ont fini par faire plier les clôtures peu résistantes. Aussi, quelques déchets végétaux ont été retrouvés dans les champs à la décrue.

7.1.3. Synthèse

L'analyse menée précédemment a permis de mettre en lumière les éléments suivants, indiquant une faible sensibilité au site à la formation d'embâcles :

- ▲ Les flottants susceptibles de former des embâcles sont généralement issus de zones proches en amont. Or en amont, on identifie peu de zones productives d'embâcles.
- ▲ La ripisylve en bord de Loire, si elle est en bon état, ne va pas fournir des flottants mais plutôt stopper ceux du lit mineur.
- ▲ Les flottants sont principalement charriés dans les zones de forts courants, donc a priori cela concerne assez peu la gravière, d'autant plus à mesure que l'on s'éloigne de la Loire.
- ▲ Les flottants du lit mineur de la Loire suivront principalement les courants forts dans le lit mineur et n'auront pas tendance à suivre des écoulements plus faibles perpendiculaire. Quand bien même cela se produirait, ils seront retenus par la ripisylve.
- ▲ Les informations collectées quant aux événements historiques survenus sur le site, indiquent soit l'absence de flottant soit la présence de quelques déchets végétaux éparses.

Cependant la centrale doit être protégée pour une crue dont la période de retour est similaire à la Q200. Aucun élément historique ne fournit d'information sur les embâcles lors de telles crues. De plus, une crue d'une telle intensité est toujours susceptible de créer de forts désordres localement qui peuvent engendrer la formation de flottants. C'est un phénomène extrêmement difficile à prévoir tant il peut être influencé par de nombreux éléments.

Ce constat mène ainsi à prévoir tout de même des solutions pour retenir des flottants en amont de la centrale et ainsi la protéger. La présence de cannes de maïs pouvant être charriées au moment de la coupe est également un aspect qui peut être pris en compte dans les solutions de protection.

7.2. SOLUTIONS PROPOSEES

Pour éviter tout risque d'embâcles, on distingue plusieurs types de solutions envisageables :

- ▲ Les mesures préventives : elles doivent permettre de limiter la production de flottants avant un événement.
- ▲ Les mesures actives : elles sont mobilisées pendant un événement. Lorsque la crue survient et que des flottants sont charriés en direction de la centrale, elles doivent la protéger.

7.2.1. Mesures préventives

Pour réduire la production de corps flottants susceptibles de former des embâcles, trois mesures principales peuvent être envisagées. Leur localisation est présentée en Figure 38. Ces mesures consistent en :

- ▲ Un entretien de la ripisylve :
Sur tout le linéaire de ripisylve longeant la gravière et jusqu'en amont du pont d'Imphy, il pourrait être pertinent de s'assurer que l'entretien de la ripisylve permette le maintien de végétation en bon état et qu'une vigilance particulière soit portée aux arbres malades. Le linéaire à surveiller est d'environ 3km.
- ▲ Une évacuation des débris en lit majeur à l'annonce d'une crue :
Les crues de la Loire au niveau du site à l'étude sont qualifiées de crues lentes. La montée des eaux se fait de manière progressive et la crue peut être anticipée. Les moyens de surveillance déployés aujourd'hui permettent d'anticiper ce phénomène et de donner l'alerte aux territoires potentiellement concernés.
C'est pourquoi, lorsqu'une alerte est donnée, il peut être pertinent de s'assurer qu'il n'y ait pas en amont de la gravière, dans le lit majeur, des débris végétaux ou de tous types susceptibles d'être emportés pendant la crue. Une fois identifiés, il conviendrait de les évacuer.

Cette mesure peut s'appliquer également aux cannes de maïs. En effet, comme identifié lors des événements historiques, si les cannes viennent d'être coupées et qu'une crue survient, elles pourront alors être aisément charriées vers la centrale. Dans la mesure du possible, un ramassage peut donc être organisé pour les évacuer.

Il semblerait que des débordements aient lieu dans le lit majeur dès la Q2. En accord avec le protocole d'alerte mis en place par les services de l'Etat, il conviendrait d'évacuer les débris dès l'alerte donnée pour cette crue (a minima). Ce point sera à préciser dans le protocole mis en place par Eléments.

▲ Une orientation du type de cultures :

L'occupation du sol en amont de la gravière peut également être orientée pour limiter au maximum les possibilités de fourniture de flottants. Parmi les mesures envisageables et dans la mesure du possible, les terrains en amont ne doivent pas être occupés par des arbres, arbustes ou éléments susceptibles d'être arrachés ou emportés par une crue. Cette mesure interviendrait principalement dans le cas où les terrains agricoles en amont seraient vendus.

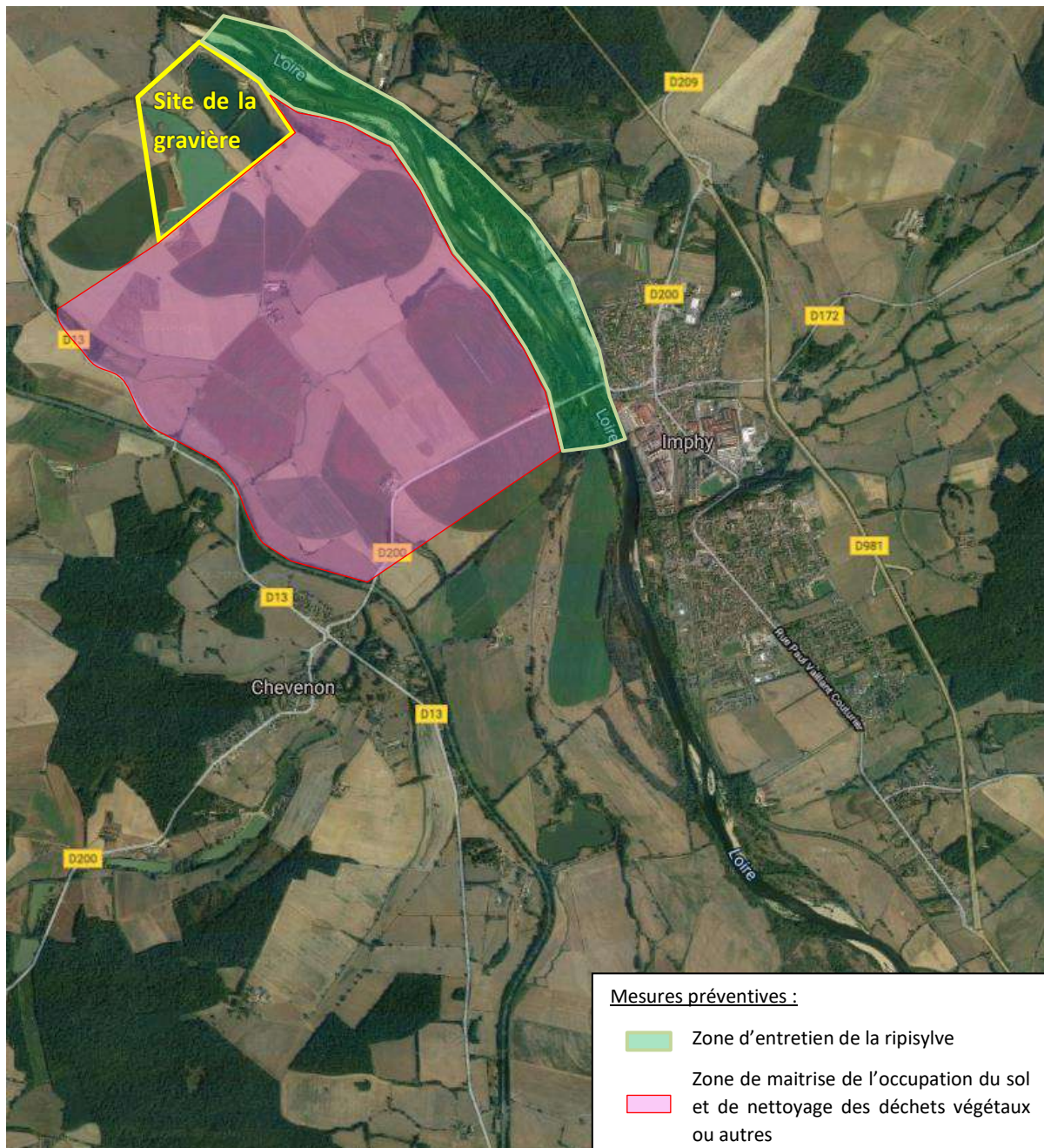


Figure 38: Localisation des mesures préventives

7.2.2. Mesures actives

7.2.2.1. *Protection dans la gravière*

Une protection permanente peut être mise en place dans les bassins de la gravière. L'objectif est de stopper les petits éléments charriés dans la hauteur de l'écoulement et en surface. Ce type de structures est appelé dromes.

Elles sont constituées de flotteurs en surface auxquelles sont attachées des filets ou des éléments immergés qui retiennent les débris charriés sous la surface, tout en laissant passer l'eau. Des ancrages aux extrémités et un lestage du système doivent permettre à l'ouvrage de rester stable et en place. Ces dromes doivent également pouvoir s'adapter au marnage des bassins et donc assurer une protection en cas de crue. Un entretien post crue sera nécessaire pour retirer les éléments retenus en amont. Des exemples de dromes sont présentées ci-dessous.



Figure 39: Exemple de dromes



Figure 40: Exemple de dromes retenant des débris

Afin de protéger les zones les sensibles, sur l'amont des bassins, nous préconisons de mettre en place des dromes sur toute la longueur des bassins en amont de l'îlot 2, soit sur 250 mètres environ et de l'îlot 3, soit sur 600 mètres environ, en prévision de l'extension du bassin C après 2023. En cas de crue, les courants principaux vont du Sud-Est vers le Nord-Ouest (voir extrait des résultats du modèles avec centrale en Figure 42) et donc orientent les potentiels débris vers l'amont des bassins, ce choix d'emplacement semble le plus pertinent. Leur localisation est présentée dans la Figure 41.



Figure 41: Vue 3D du projet avec localisation des dromes

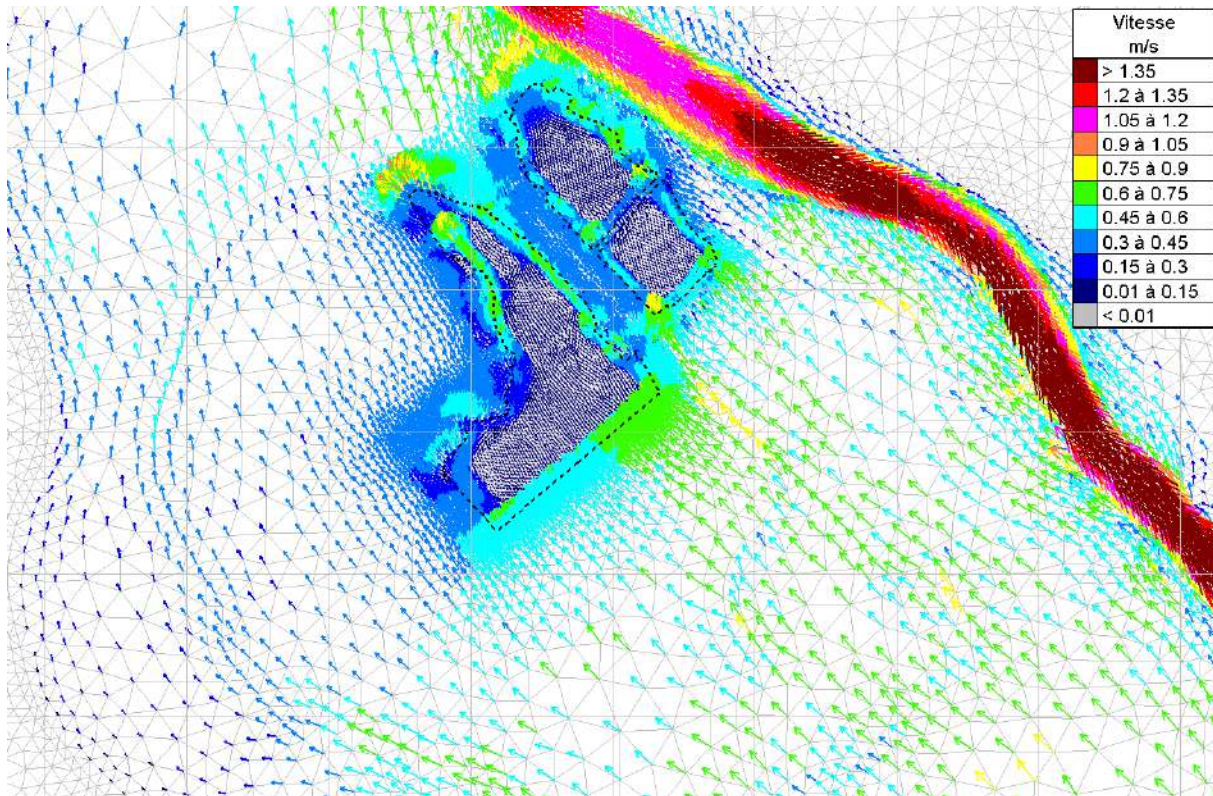


Figure 42: Direction et intensité des vitesses au pic de crue – Résultats modèle avec centrale

7.2.2.1. Protection hors gravière

a. Caractéristiques générales

Une protection permanente peut être mise en dehors des bassins, juste en amont de ceux-ci. L'objectif est de stopper les gros flottants tels que les troncs, branches ou autres en cas de crue. Ce type de structure est appelé communément protection « anti embâcles » et est habituellement mise en place dans le lit mineur des cours d'eau.

L'objectif est de retenir les gros flottants charriés en surface par le courant. Précédemment, il a été vu que les flottants pourraient venir de la Loire et par l'amont de la gravière. Ainsi, la protection envisagée serait de type peigne ou râtelier et située sur un linéaire de 600 mètres environ, en « L » le long du bassin B telle que dans la Figure 43.

La côte d'arasement du peigne devra être à 180 mNGF : cette côte correspond à la côte des PHEC avec une marge de 50cm. Ainsi, la protection permettra de retenir les flottants sur toute la hauteur de l'écoulement. Cela implique que les éléments du peigne auront une taille de 2.5 m de haut environ. Un espacement de l'ordre de 4 à 6 mètres devra être respecté entre les éléments, dont les diamètres seront de l'ordre de 200 mm. Une double ligne pourra également être envisagée.

Ce peigne peut être réalisé de différentes façons, des illustrations sont présentées en page suivante :

- ▲ "Rideau" de poutres métalliques, de type IPN, fichées dans le sol ;
- ▲ "Rideau" de palplanches (métallique très certainement) ;
- ▲ "Rideau" de pieux béton ou métallique, certainement de forme cylindre.

Post-crue, il s'agira de venir évacuer les débris piégés par l'ouvrage.

Afin de se fixer sur le choix et les caractéristiques plus précises de cet ouvrage, une étude géotechnique devra être réalisée. L'objectif est de connaître la nature des sols et ainsi de choisir les matériaux et les ancrages les plus appropriés. Une intégration paysagère pourra également être pensée (peinture ...).

C'est pourquoi le coût d'un tel ouvrage est difficile à estimer à ce stade de l'étude. A titre d'exemple, le prix unitaire d'un pieu peut varier de 100 € et 250 €.

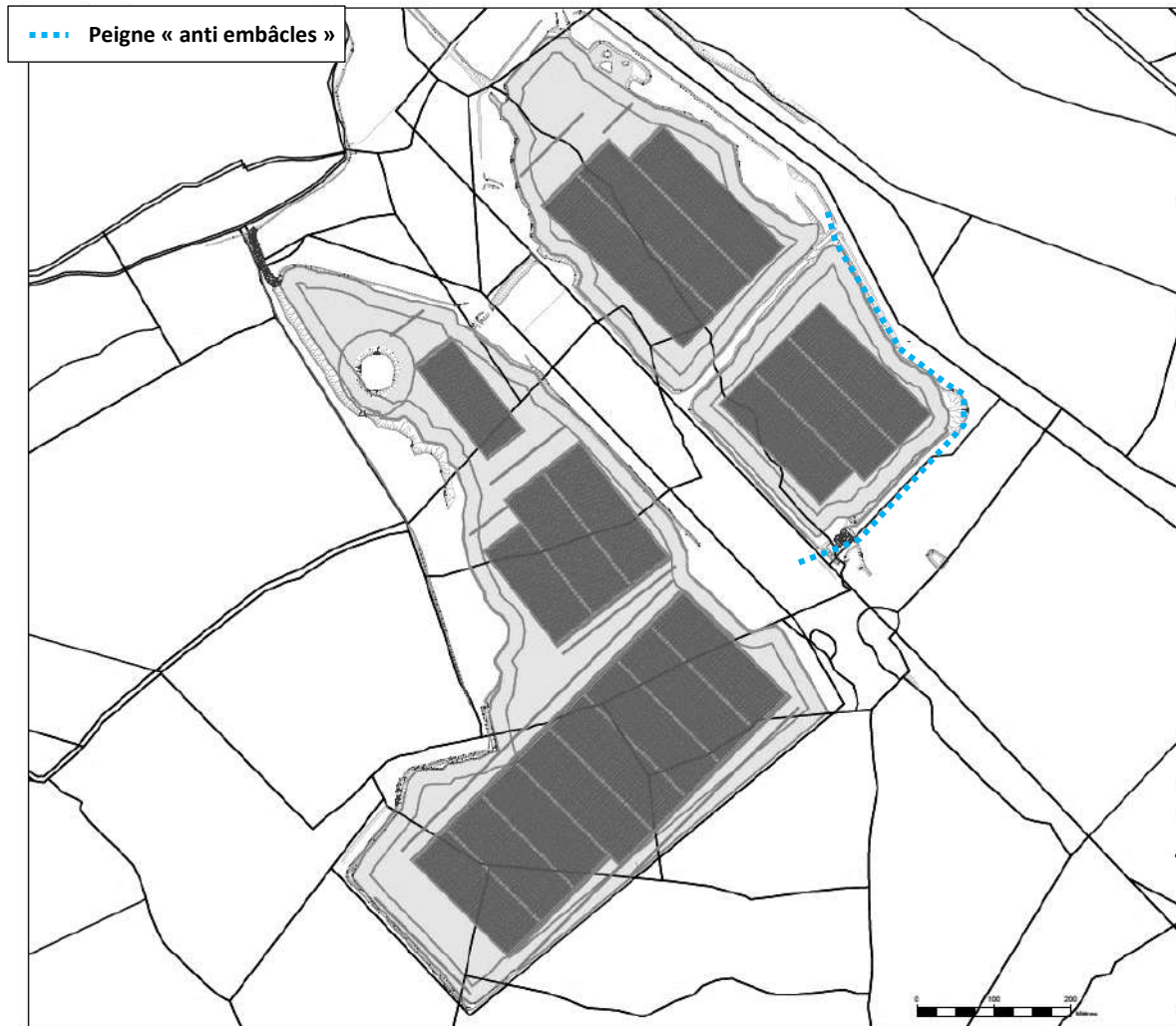


Figure 43: Vue aérienne du projet et localisation du peigne "anti embâcles"



Figure 44: Exemple de pieux métalliques dans un champ



Figure 45: Exemple de peignes en lit mineur

b. Analyse des impacts hydrauliques

Un modèle hydraulique a été réalisé afin d'étudier l'incidence d'un tel ouvrage sur les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement en crue, l'objectif étant de ne pas aggraver la crue. Dans le modèle construit, deux scénarios pessimistes ont été envisagés :

- ▲ Peigne entièrement obstrué : nommé scénario 1 ;
- ▲ Peigne partiellement obstrué : nommé scénario 2.

Ces deux scénarios, notamment le scénario 1 avec obstruction totale, sont plutôt très pessimistes. En effet, l'analyse menée précédemment a montré la faible sensibilité du site aux embâcles du fait de la quasi absence de flottants. Il en résulte qu'il est peu probable que l'ouvrage soit obstrué sur toute sa hauteur et toute sa longueur.

Cependant ces cas ont été étudiés afin d'observer dans les pires conditions, l'incidence de l'ouvrage. Les deux modèles ont été construits sur la base du modèle avec centrale, en ajoutant une obstruction à l'écoulement à l'emplacement du peigne :

- ▲ Pour le scénario 1, l'obstruction concerne tout le linéaire (Figure 46) ;
- ▲ Pour le scénario 2, l'obstruction concerne 6 tronçons du peigne (Figure 47).

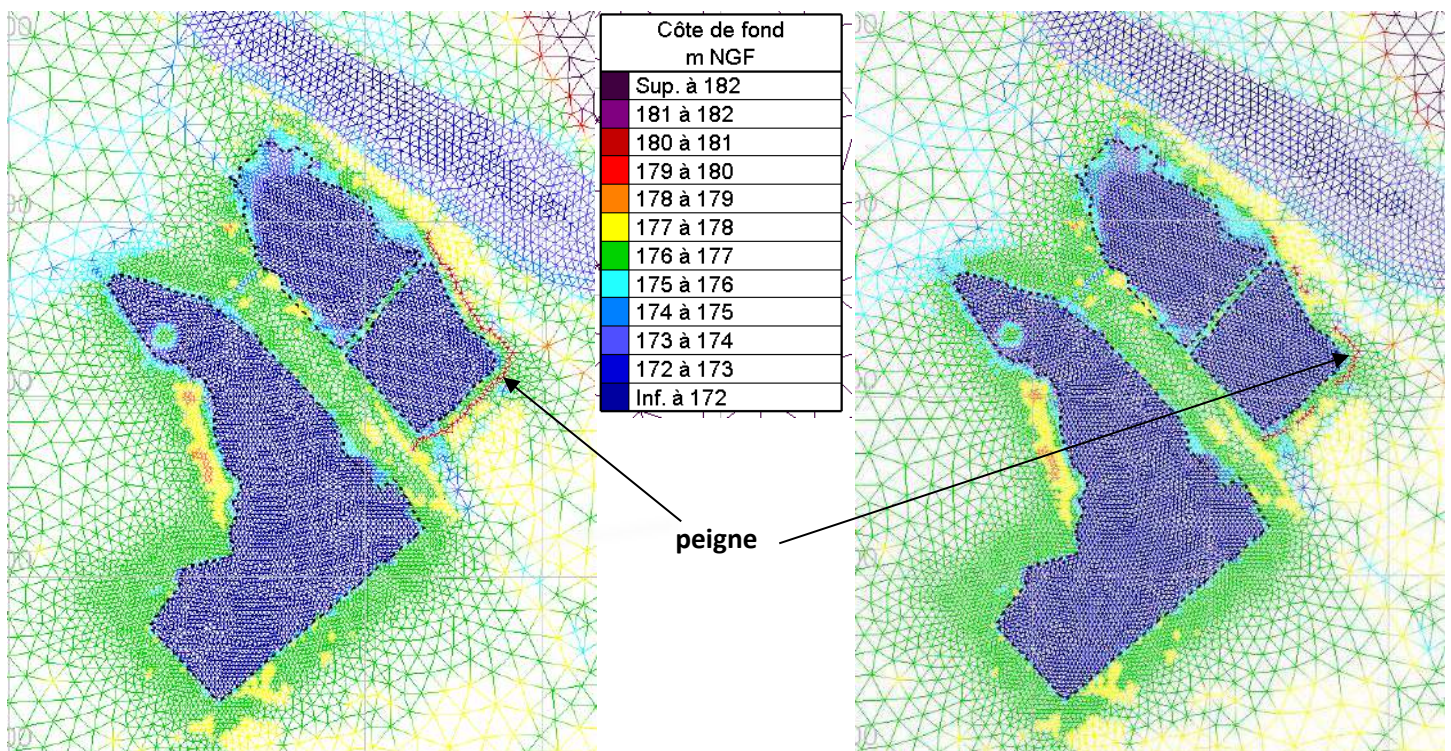


Figure 46: Maillage scénario 1 - Topographie avec peigne entièrement obstrué (en rouge)

Figure 47: Maillage scénario 2 – Topographie avec peigne partiellement obstrué (en rouge)

Pour chaque scénario, les différences de hauteurs et de vitesses d'écoulements avec le modèle avec centrale ont été étudiées et sont représentées dans les cartographies suivantes (reprises en annexes) :

- ▲ Pour les différences de hauteurs avec M.CENTRALE, la Figure 48 correspond au scénario 1 et la Figure 49 correspond au scénario 2.
- ▲ Pour les différences de vitesses avec M.CENTRALE, la Figure 50 correspond au scénario 1 et la Figure 51 correspond au scénario 2.

La méthodologie utilisée pour la réalisation de ces cartes est identique à celle présentée en partie 5 (au paragraphe 5 Comparaison des résultats entre le modèle ANTEA et le modèle actualisé, page 23).



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

Impacts du système anti embâcles

**DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 1 et MODELE
CENTRALE**

Q200 ans avec brèche

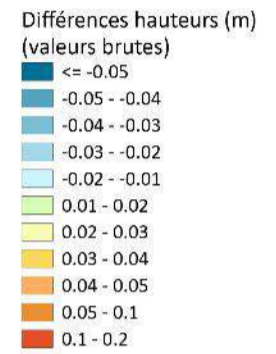
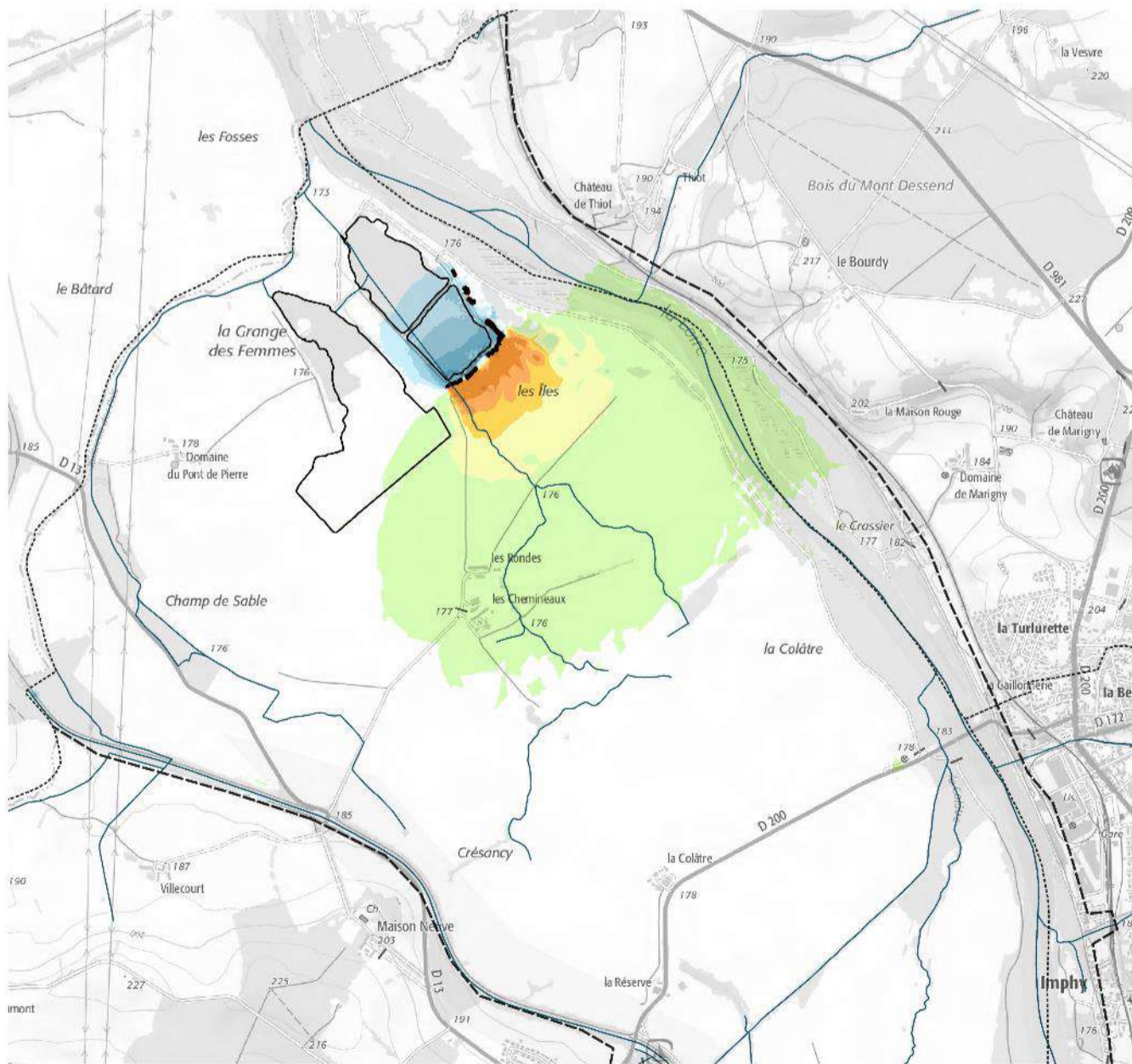


Figure 48: Différences de hauteurs d'eau observées entre le scénario 1 et le modèle avec centrale



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

Impacts du système anti embâcles

**DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 2 et MODELE
CENTRALE**

Q200 ans avec brèche

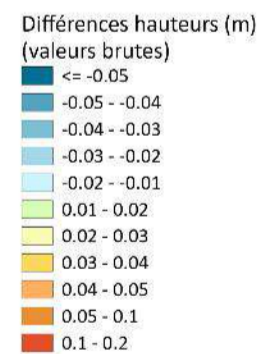
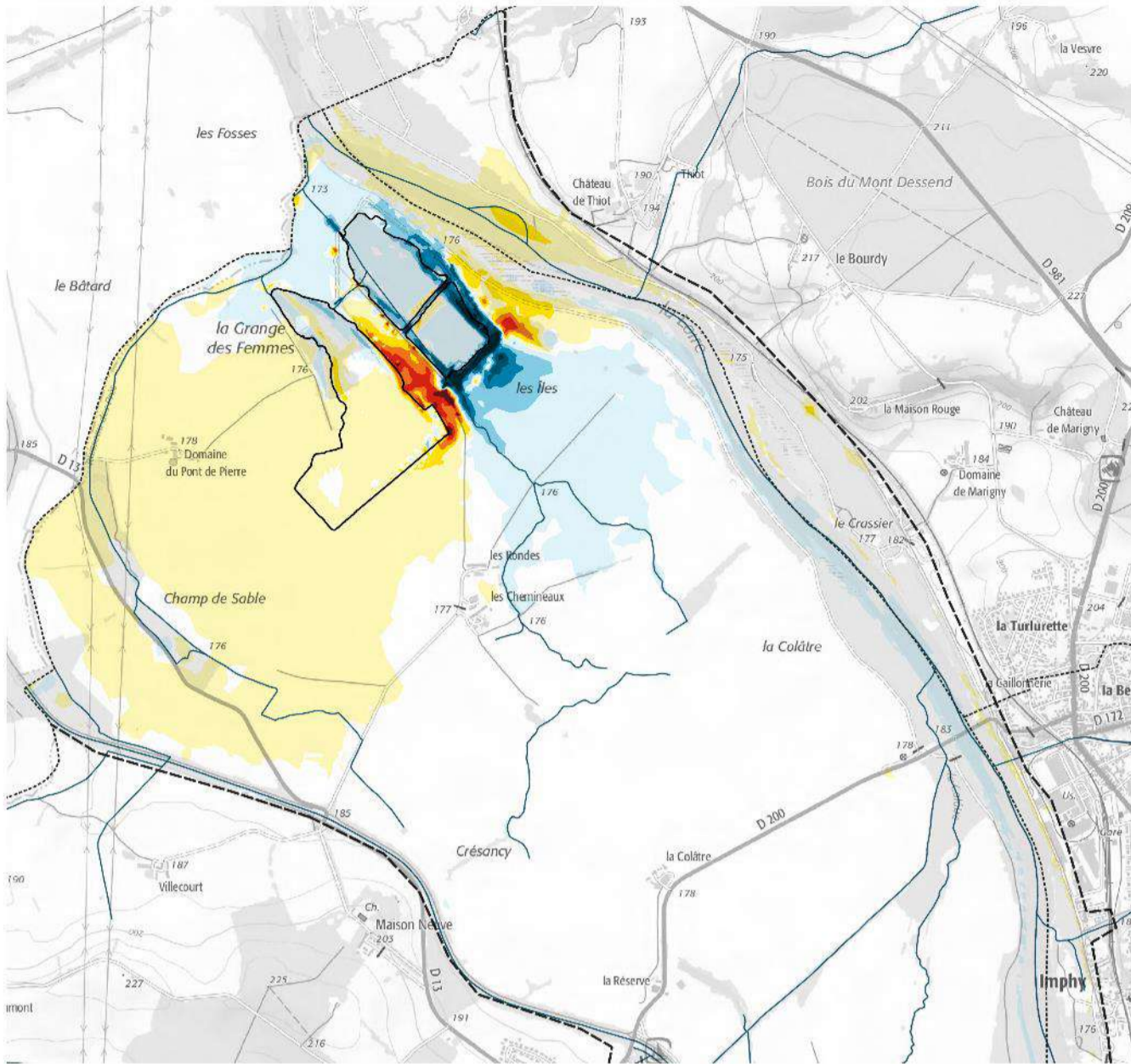


Figure 49: Différences de hauteurs d'eau observées entre le scénario 2 et le modèle avec centrale



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAÏQUE
CHEVENON**

Impacts du système anti embâcles

**DIFFERENCES VITESSES
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 1 et MODELE
CENTRALE**

Q200 ans avec brèche

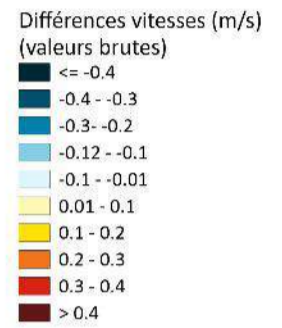
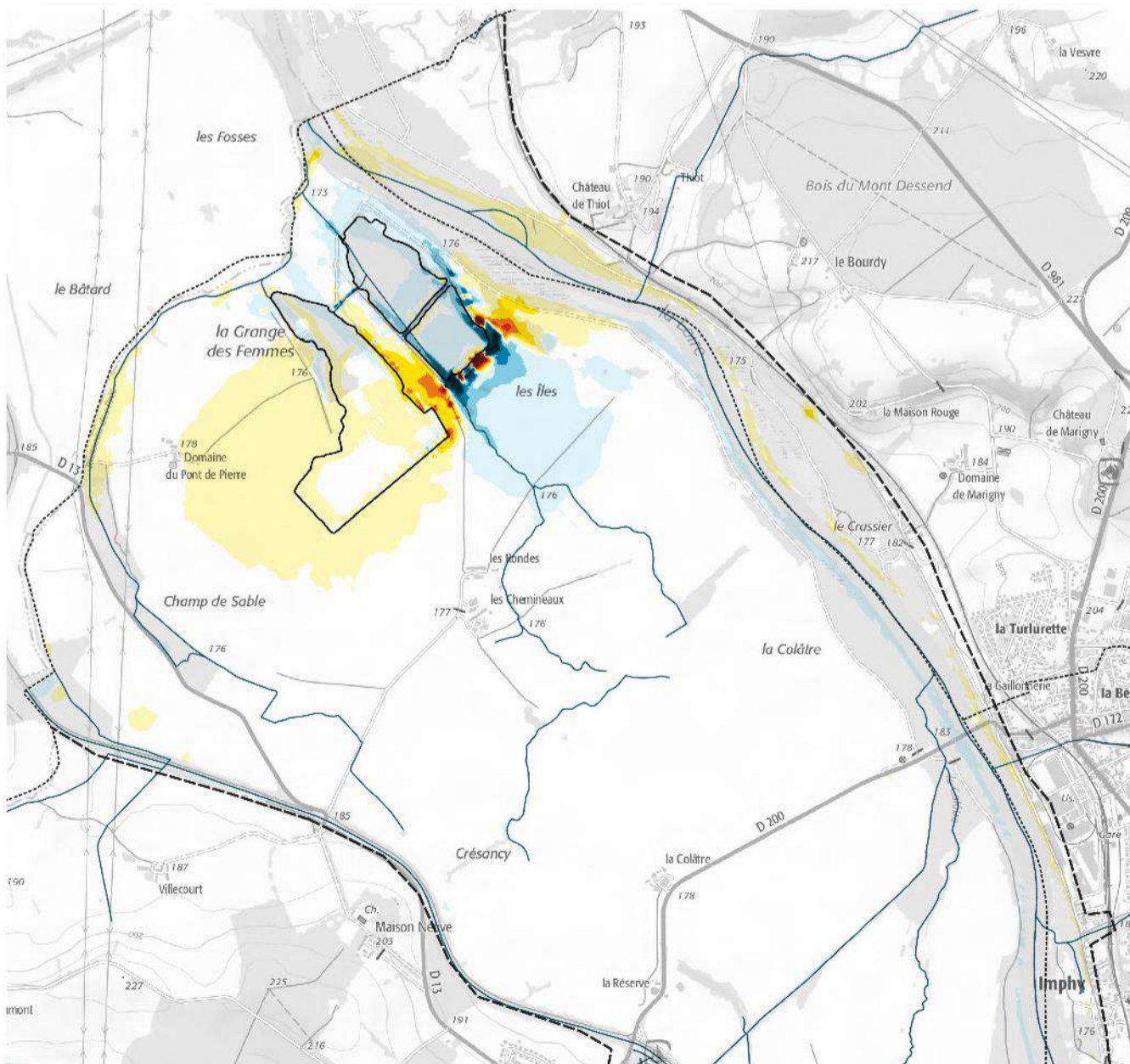


Figure 50: Différences de vitesses observées entre le scénario 1 et le modèle avec centrale



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAÏQUE
CHEVENON**

Impacts du système anti embâcles

**DIFFERENCES VITESSES
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 2 et MODELE
CENTRALE**

Q200 ans avec brèche

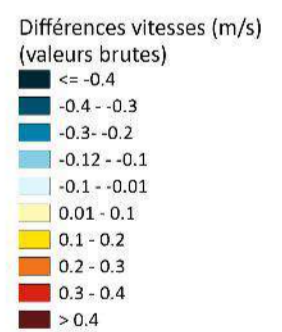
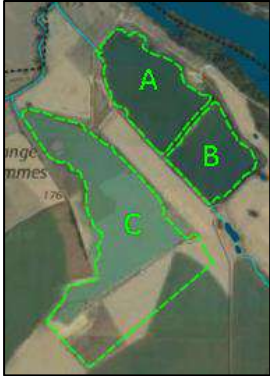


Figure 51: Différences de vitesses observées entre le scénario 2 et le modèle avec centrale

L'analyse de ces cartes permet de faire le constat suivant :

- ▲ En termes d'impact sur les hauteurs d'eau, les deux modèles indiquent des différences très minimales :

Pour rappel



- Dans le cas d'une obstruction totale, la hauteur d'eau augmente de 1 à 3 cm depuis Imphy jusqu'en aval du lieudit « Les Rondes » (en vert et jaune dans la Figure 48). En se rapprochant de l'amont du bassin B, la différence augmente légèrement, jusqu'à 10 cm (en orange). Enfin, au droit de l'ouvrage, la hauteur d'eau augmente de 15 cm (en rouge).
 - Dans le cas d'une obstruction partielle, l'impact de l'ouvrage est visible uniquement jusqu'au lieudit « Les Rondes » : de là jusqu'à proximité de l'ouvrage, les hauteurs n'augmentent que de 1 à 3 cm (en vert et jaune dans la Figure 49). Enfin, au droit de l'ouvrage, la hauteur d'eau augmente de 10 cm (en orange foncé).
 - A l'aval de l'ouvrage on observe une légère baisse du niveau d'eau, allant de 1 à 5 cm (en bleu dans la Figure 48 et la Figure 49), principalement localisée dans les bassins A et B.
- ▲ En termes d'impact sur les vitesses d'écoulement, les deux modèles indiquent des différences marquées par endroit mais localisées uniquement dans la gravière ou à proximité immédiate :
 - Dans le cas d'une obstruction totale, les vitesses sont fortement ralenties dans l'axe de l'ouvrage : on observe un ralentissement en amont et en aval du bassin B ainsi que tout le long de l'ouvrage (en bleu dans la Figure 50). En revanche, l'obstruction entraînant une déviation des écoulements, on observe une augmentation des vitesses à l'est du bassin C et surtout entre les bassins B et C (en rouge), au niveau du champ séparant la gravière. Cette augmentation n'a que peu d'impact au sein même des bassins et donc n'induit pas d'effort supplémentaire sur les panneaux photovoltaïques.
 - Dans le cas d'une obstruction partielle, on observe le même type de phénomène mais avec une intensité bien moindre dans les différences observées. On observe également une accélération de la vitesse dans l'ouvrage, au niveau des tronçons non obstrués. Cette accélération reste très localisée (en rouge dans la Figure 51) et ne modifie pas les vitesses au sein du bassin.

Cette analyse montre que les impacts de l'ouvrage anti embâcles sont très localisés et n'engendrent pas de changement majeur. De plus, comme vu précédemment, les scénarios étudiés se veulent très pessimistes au regard de la probabilité d'obstruction de l'ouvrage. Ainsi, l'impact de cette protection sera en réalité encore moindre qu'observé dans les cartes précédentes.

Aussi, dans l'hypothèse où une telle situation se produit, les vitesses d'écoulements et les hauteurs d'eau dans les bassins ne sont que très peu modifiées et les valeurs à retenir pour le dimensionnement des ancrages sont inchangées.

Un tel ouvrage peut donc être mis en place dans le cadre du projet aux regards de ses impacts hydrauliques, et ce sans modifier les valeurs dimensionnantes présentées au paragraphe 6.5.4 Synthèse des éléments dimensionnants en page 44.

7.3. SYNTHÈSE DE LA PROBLÈMATIQUE DES EMBÂCLES

L'analyse de la sensibilité du site à capturer des corps flottants pouvant générer des embâcles a montré que peu de débris pouvaient transiter sur le site en crue, notamment à mesure que l'on s'éloigne du lit mineur de la Loire. Les informations récoltées traitant des événements historiques semblent appuyer ce constat.

Cependant, la crue dimensionnante pour le projet est assimilée à une crue de période de retour 200 ans. Ce type de phénomène très intense peut engendrer des désordres difficiles à estimer mais où la présence de flottants est à envisager. Ainsi, pour préserver autant que possible l'intégrité de la centrale, des mesures de protections ont été proposées.

Deux grands types de solutions de protection ressortent, les mesures préventives et les mesures actives. Ces deux types de mesures sont complémentaires : pour s'assurer de minimiser autant que possible le risque, l'ensemble des mesures peut être envisagé en simultané. Quand les mesures préventives s'attachent à éviter, avant une crue, la production de flottants pouvant être problématiques, les mesures actives agissent au moment d'une crue pour retenir les flottants éventuellement charriés, aux abords de la centrale.

Pour s'assurer que les mesures actives pouvaient être mises en place sans aggraver le risque inondation, une étude d'impact a été réalisée. Les conclusions valident la quasi transparence de l'ouvrage et donc sa possibilité d'intégration au projet.

Les solutions de protection proposées consistent en :

- ▲ Un entretien de la ripisylve, sur environ 3 km en bord de Loire ;
- ▲ Une évacuation des débris en lit majeur à l'annonce d'une crue, du pont d'Imphy jusqu'à la gravière, a priori dès la Q2 ;
- ▲ Une orientation du type de cultures, pour limiter dans le futur les zones de production de flottants en amont de la gravière ;
- ▲ La mise en place des deux dromes, pièges flottants permanents, installées dans les bassins en amont des îlots, permettant de capturer les petits éléments en surface et sous la surface. Les deux dromes seraient de 250 mètres et 600 mètres environ ;
- ▲ La mise en place d'une protection anti embâcle, de type peigne, permettant de retenir les gros corps flottants. La côte d'arase doit être de 180 mNGF pour un linéaire de 600 mètres environ. Cette protection est à implanter le long du bassin B, en « L ».

En se basant sur les plans finaux d'Eléments, ces solutions semblent bien avoir été intégrées.

La localisation de ces mesures est présentée dans la figure récapitulative en page suivante.

Remarque : le risque d'ensablement n'a pas fait l'objet d'investigation poussée. Les éléments disponibles ne permettent pas de conclure à un risque élevé pour des crues d'intensité moyenne. La problématique de capture de la Loire par la gravière est un sujet qui a été traité par la société SETEC HYDRATEC dans son rapport de 2017. Des ouvrages permettant le remplissage anticipé de la gravière ont été prévus limitant ce risque. Il n'existe que peu d'autre action possible, mise à part une surveillance du site.

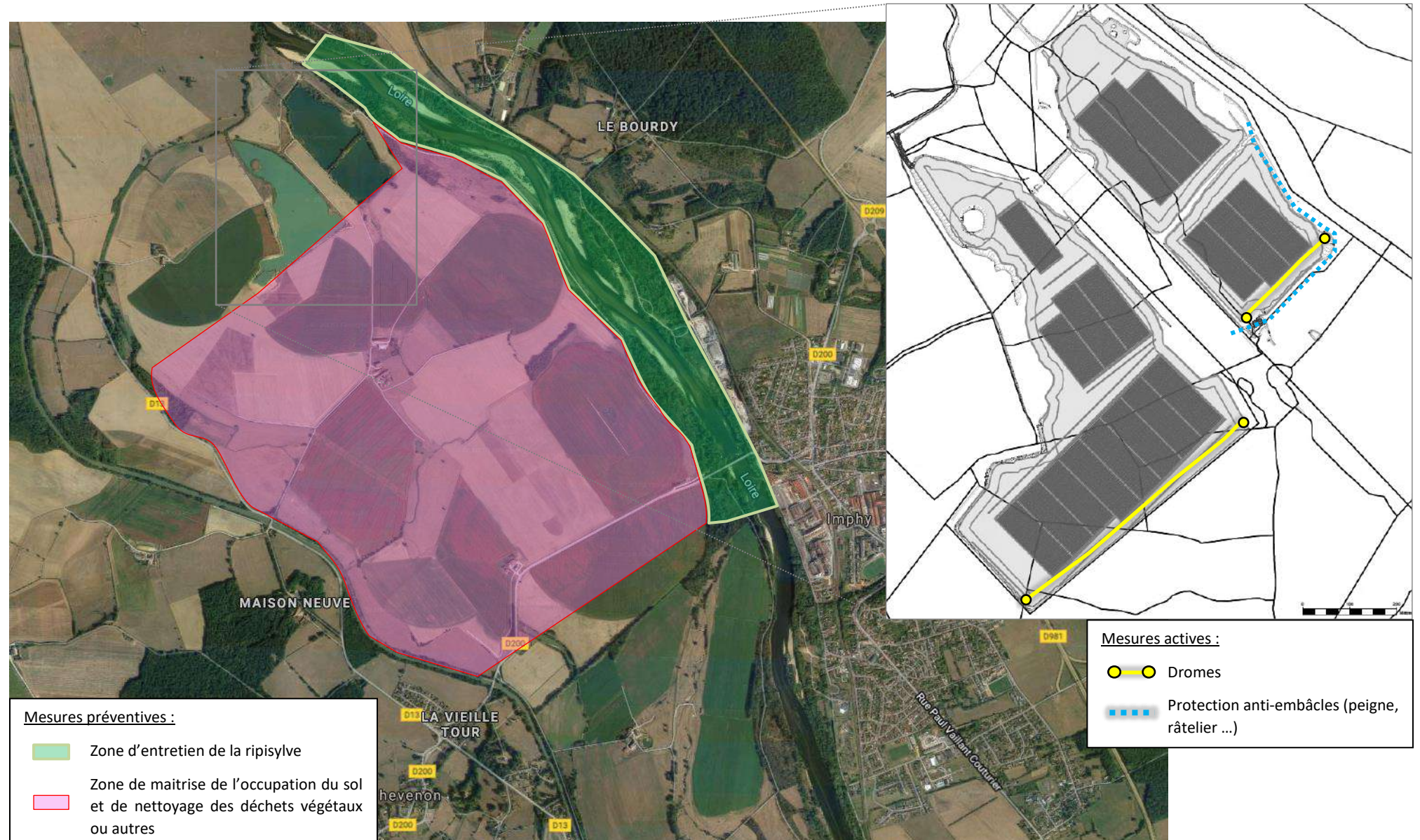


Figure 52: Synthèses des solutions pour répondre à la problématique d'embâcles

8. CONCLUSION

Le projet de centrale photovoltaïque flottante portée par la société Eléments a fait l'objet d'investigations hydrauliques. Le projet se trouvant sur la commune de Chevenon, sur une gravière en rive gauche de la Loire, dans le lit majeur, sa vulnérabilité aux inondations a été étudiée.

L'objectif est de donner des préconisations pour le dimensionnement de la centrale et sa protection, tant pour répondre aux besoins de la société Eléments que pour être en adéquation avec les exigences du PPRi en vigueur, porté par les services de l'Etat, le Service Loire Sécurité Risque de la Direction Départementale des Territoires de la Nièvre (DDT 58).

8.1. RESULTATS DE L'ANALYSE

En s'appuyant sur un modèle hydraulique 2D existant de la Loire sur ce secteur, repris et affiné au droit de la zone d'étude, les impacts hydrauliques de la centrale ont pu être étudiés. La crue de référence utilisée pour ce projet est la crue de type PHEC (prise équivalente à une crue de période de retour 200 ans pour l'étude des vitesses), choisie en discussion avec les services de l'Etat.

En intégrant la centrale au modèle 2D, les différences de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulements avec le cas sans centrale ont été étudiées. L'analyse a montré que la présence de la centrale n'avait que très peu d'influence en dehors de la gravière : les hauteurs d'eau sont légèrement augmentées en amont mais pas de façon suffisante à changer la classe de hauteurs définies dans le PPRi. Il en est de même pour les vitesses d'écoulements. **Le projet de centrale a donc un impact notable (et toutefois modéré) uniquement sur les dynamiques d'écoulements au sein de la gravière.**

➔ Les deux premières exigences de la DDT 58 sont remplies :

- « 1 - que la présence de l'installation n'aggrave pas le risque inondation ;
- 2 - que l'installation n'a pas de conséquence négative sur les zones de grand écoulement des crues, à savoir les zones de vitesse élevée. »

Les résultats du modèle avec centrale ont ensuite été exploités pour fournir des entrants pour le dimensionnement de la centrale, afin qu'elle résiste à la crue de référence. **Quatre préconisations principales ont été formulées :**

- ▲ De dimensionner les ancrages sur les bases des vitesses issues du modèle hydraulique 2D avec centrale, à savoir :

Tableau 5: Vitesse maximale (m/s) observée par tranche de direction de 20° (0°=Nord ; 90°=Est) à retenir pour le dimensionnement des ancrages

Dir (°)	0 à 20	20 à 40	40 à 60	60 à 80	80 à 100	100 à 120	120 à 140	140 à 160	160 à 180
V (m/s)	0.56	0.46	0.29	0.25	0.19	0.21	0.21	0.19	0.27
Dir (°)	180 à 200	200 à 220	220 à 240	240 à 260	260 à 280	280 à 300	300 à 320	320 à 340	340 à 360
V (m/s)	0.27	0.35	0.31	0.42	0.69	0.73	0.82	0.79	0.70

- ▲ De prévoir une longueur suffisante des lignes d'ancrage pour s'adapter au marnage des bassins et assurer la stabilité de la centrale, à savoir autoriser un marnage entre les côtes de 171 mNGF et 180 mNGF ;
- ▲ De prévoir un décalage par rapport aux berges des bassins ;
- ▲ D'implanter les sites sensibles à une côte suffisante pour être hors d'eau dans le cas de la survenance d'une crue de type PHEC, et les étanchéiser, à savoir une côte minimale de 180 mNGF.

En prenant en compte ces quatre éléments dans le dimensionnement de la structure, **l'intégrité de la centrale devrait être assurée jusqu'à la crue de référence.**

➔ **Le projet remplit les deux dernières exigences de la DDT 58 :**

- « 3 - 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) ;
- 4 - que l'installation sera dimensionnée au niveau des ancrages pour éviter tout arrachement d'une partie des composants en cas de crue. »

Enfin, la problématique des embâcles a été abordée. **L'analyse a montré la faible sensibilité du site à capturer des corps flottants pouvant générer des embâcles. Cependant, par précaution et pour préserver autant que possible l'intégrité de la centrale, des mesures de protections ont été proposées.**

Deux grands types de solutions ressortent, les mesures préventives et les mesures actives. Ces deux types de mesures sont complémentaires et sont à mettre en place en parallèle. **Elles consistent en :**

- ▲ **Un entretien de la ripisylve, sur environ 3 km en bord de Loire en amont ;**
- ▲ **Une évacuation des débris en lit majeur à l'annonce d'une crue, du pont d'Imphy jusqu'à la gravière, a priori dès la Q2 (à valider en fonction du protocole d'alerte mis en place par les services de l'Etat) ;**
- ▲ **Une orientation du type de cultures, pour limiter dans le futur les zones de production de flottants en amont de la gravière ;**
- ▲ **La mise en place des deux dromes, pièges flottants permanents, installées dans les bassins en amont des îlots, permettant de capturer les petits éléments en surface et sous la surface. Les deux dromes seraient de 250 mètres et 600 mètres environ ;**
- ▲ **La mise en place d'une protection anti embâcle, de type peigne, permettant de retenir les gros corps flottants. La côte d'arase doit être de 180 mNGF pour un linéaire de 600 mètres environ. Cette protection est à implanter le long de l'angle Sud-Est du bassin B, en « L ».**

La présente étude permet donc de répondre aux exigences du PPRi quant à la prise en compte du risque inondation dans le projet de centrale photovoltaïque flottante. Elle permet également de fournir les paramètres de dimensionnement à considérer pour assurer l'intégrité de la centrale jusqu'à la crue de projet ainsi que des solutions de protection associées.

8.2. INTEGRATION DES PRECONISATIONS DANS L'ETUDE GENERALE

Les différentes préconisations avancées dans cette étude semblent bien avoir été prises en compte par Eléments, porteur du projet de la centrale photovoltaïque, et le bureau Ciel&Terre, en charge de l'étude d'ancrage.

Concernant les préconisations sur le dimensionnement de la centrale, on peut relever les points suivants :

- ▲ Dans l'étude d'ancrage de Ciel&Terre, les vitesses d'écoulements du modèle avec centrale ont été intégrées aux calculs ;

8. ETUDE D'IMPACT EN CONDITION D'UTILISATION (PRESENCE DE L'ILOT SOLAIRE ET D'UN SYSTEME ANTI-EMBACLES)

8.1 DESCRIPTION

Afin de s'assurer du bon fonctionnement du système solaire flottant en condition d'utilisation, une étude des charges modélisant l'impact du courant sur les îlots solaires a été réalisée. Pour se faire, chaque ancrage a été dimensionné en prenant en compte la vitesse maximale ayant lieu dans la gravière (et donc pas nécessairement en chaque point). Il s'agit d'un modèle pessimiste qu'à réalisé le bureau d'études HYDRETIJDES afin de répondre aux points 3 et 4 du PPRi. (dimensionnement des ancrages). Les vitesses maximales (et donc conservatives) sont présentées ci-dessous :

Figure 53 : Extrait du rapport de Ciel&Terre concernant le dimensionnement des ancrages

- ▲ Toujours dans l'étude d'ancrage de Ciel&Terre, les caractéristiques du marnage des bassins ont bien prises en compte ;

Table 1: Conditions générales du réservoir

	CHEVENON
Localisation	Carrières, Chevenon, Nièvre, France
Conditions de mesure	N/D
Type de fond	Irrégulier
Niveau d'eau maximum (HWL)	Il correspond à la cote des plus hautes eaux, tenant compte des risques d'inondations HWL= 180.47 mNGF
Niveau d'eau moyen	MWL = 173 mNGF
Niveau d'eau minimum (LWL)	LWL = 171 mNGF
Profondeur approximative	En général : 7 à 8 m
Courant	Différentes valeurs ont été déterminées en fonction de la direction suite à une étude hydraulique réalisée par un bureau d'études spécialisé.

Figure 54: Extrait du rapport de Ciel&Terre concernant les paramètres d'entrées

- ▲ Le décalage par rapport aux berges apparaît bien dans les plans d'Eléments, ligne verte dans la figure suivante ;

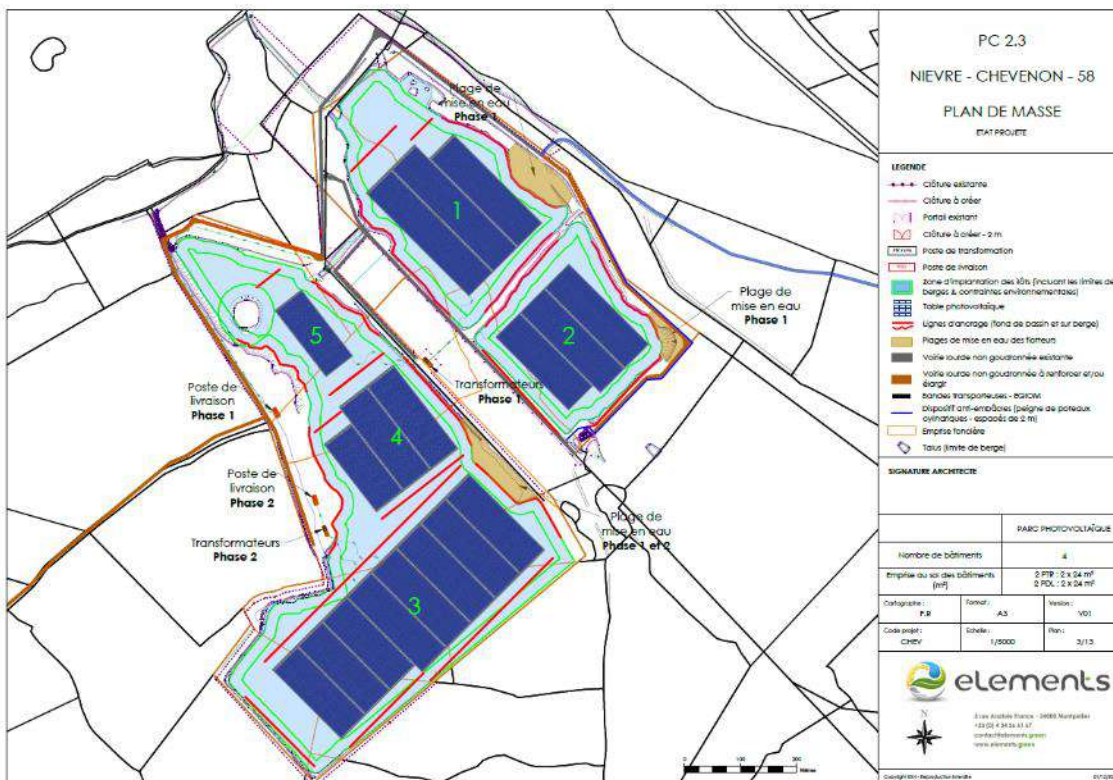


Figure 55: Plan de masse du projet réalisé par Eléments

- ▲ La surélévation au-dessus de la côte des PHEC des postes de transformations est bien représentée dans les plans réalisés par Eléments ;

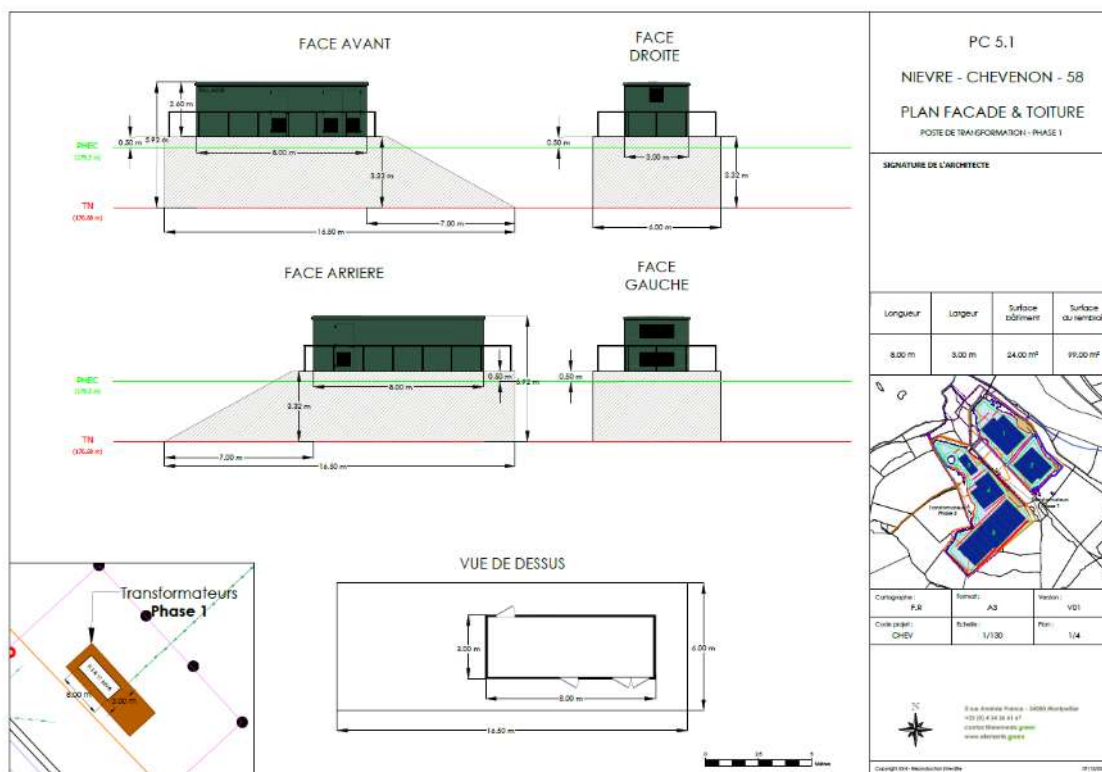


Figure 56: Plan de face d'un poste de transformation, réalisé par Eléments

Concernant les préconisations sur la protection de la centrale contre les embâcles, on peut relever les points suivants :

- ▲ Les mesures préventives (à savoir l'entretien de la ripisylve, l'évacuation des débris en lit majeur à l'annonce d'une crue et l'orientation du type de cultures) seront intégrées dans les protocoles d'exploitation et de maintenance d'Eléments.

Notamment, sur l'évacuation des débris, Eléments signera une convention de gestion spéciale avec l'exploitant de la zone afin de ramasser les débris solides à l'annonce d'une crue. Les équipes exploitation et maintenance Eléments intégreront cet enjeu.

Aussi, concernant l'entretien de la ripisylve, il est important de noter qu'un service dédié de la DDT 58 est en charge de cet entretien. Eléments se rapprochera de ce service pour prendre connaissance des mesures prises.

- ▲ Les mesures actives ont également été intégrées au projet à ce stade de l'étude, elles apparaissent dans les plans réalisés par Eléments.

ANNEXES – ATLAS CARTOGRAPHIQUES

Par ordre d'apparition

Cartes de résultats des modèles :

- ▲ Hauteurs d'eau de M.ANTEA
- ▲ Vitesses d'écoulements de M.ANTEA

- ▲ Hauteurs d'eau de M.ACTUALISE
- ▲ Vitesses d'écoulements de M.ACTUALISE

- ▲ Hauteurs d'eau de M.CENTRALE
- ▲ Vitesses d'écoulements de M.CENTRALE

Cartes de comparaison des résultats entre le modèle actualisé et le modèle ANTEA :

- ▲ Différences de hauteurs d'eau en valeurs brutes entre M.ACTUALISE et M.ANTEA
- ▲ Changements de classes de hauteurs d'eau entre M.ACTUALISE et M.ANTEA

- ▲ Différences de vitesses d'écoulements en valeurs brutes entre M.ACTUALISE et M.ANTEA
- ▲ Changements de classes de vitesses d'écoulements entre M.ACTUALISE et M.ANTEA

Cartes de comparaison des résultats entre le modèle avec centrale et le modèle actualisé :

- ▲ Différences de hauteurs d'eau en valeurs brutes entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE
- ▲ Changements de classes de hauteurs d'eau entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE
- ▲ Changements de classes de hauteurs d'eau entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE – Vue centrée sur l'aval

- ▲ Différences de vitesses d'écoulements en valeurs brutes entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE
- ▲ Changements de classes de vitesses d'écoulements entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE
- ▲ Changements de classes de vitesses d'écoulements entre M.CENTRALE et M.ACTUALISE – Vue centrée sur l'aval

Cartes d'étude d'impact du système anti embâcles :

- ▲ Différences de hauteurs d'eau observées entre le scénario 1 et le modèle avec centrale
- ▲ Différences de vitesses d'écoulement observées entre le scénario 1 et le modèle avec centrale

- ▲ Différences de hauteurs d'eau observées entre le scénario 2 et le modèle avec centrale
- ▲ Différences de vitesses d'écoulement observées entre le scénario 2 et le modèle avec centrale

NOS DOMAINES D'ACTIVITÉS

UNE EXPERTISE DE L'EAU COMPLETE ET UN ACCOMPAGNEMENT SUR MESURE

Rivières, lacs et torrents

Prévention, prévision, protection, gestion du risque inondation, expertise post crue, gestion de crise.

Gestion sédimentaire.

Réalisation d'ouvrages de protection des biens et des personnes (barrages, digues, ouvrages de franchissement).

Environnement et écologie

Renaturation & valorisation des cours d'eau et milieux associés.

Développement durable.

Protection des milieux.

Continuité écologique.

Réseaux

Production, stockage & distribution d'eau potable.

Assainissement & épuration des eaux usées.

Gestion des eaux pluviales.

Conception et gestion des aménagements d'irrigation et d'enneigement.

Topographie

Topographie de rivières, de réseaux.

Récolement.

Contact :

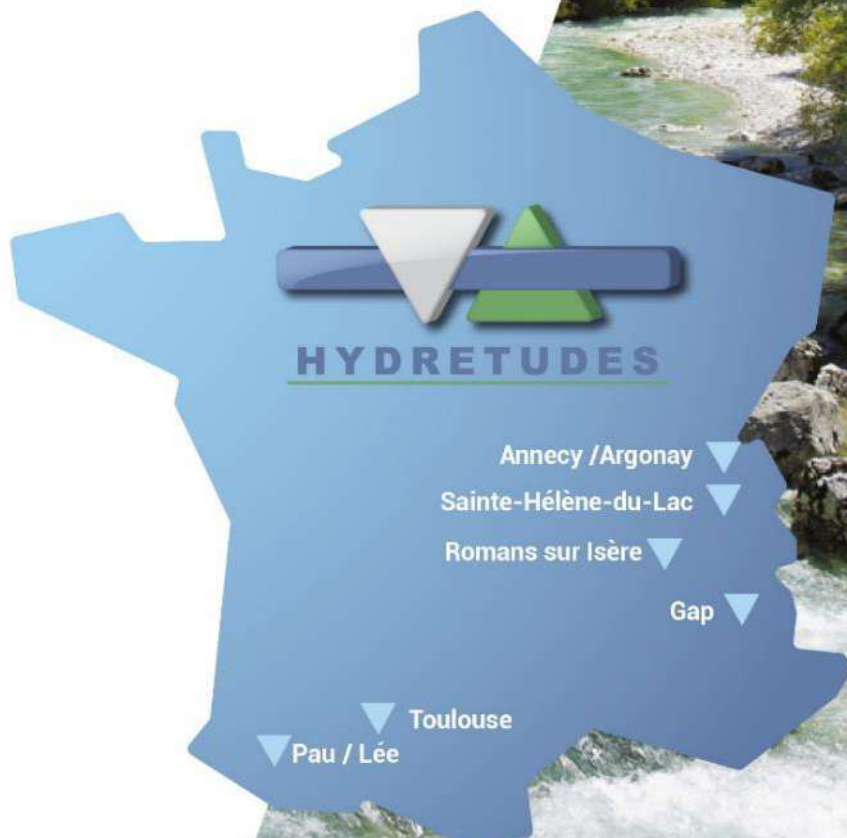
contact@hydretudes.com

www.hydretudes.com



Flashez et visitez notre site

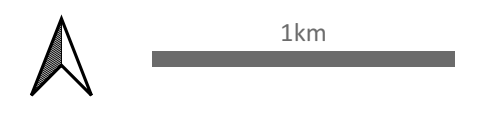
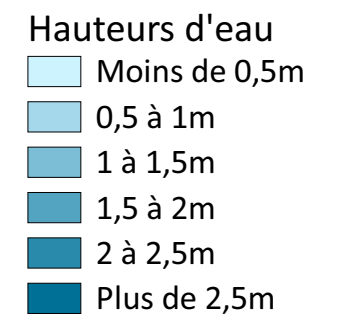
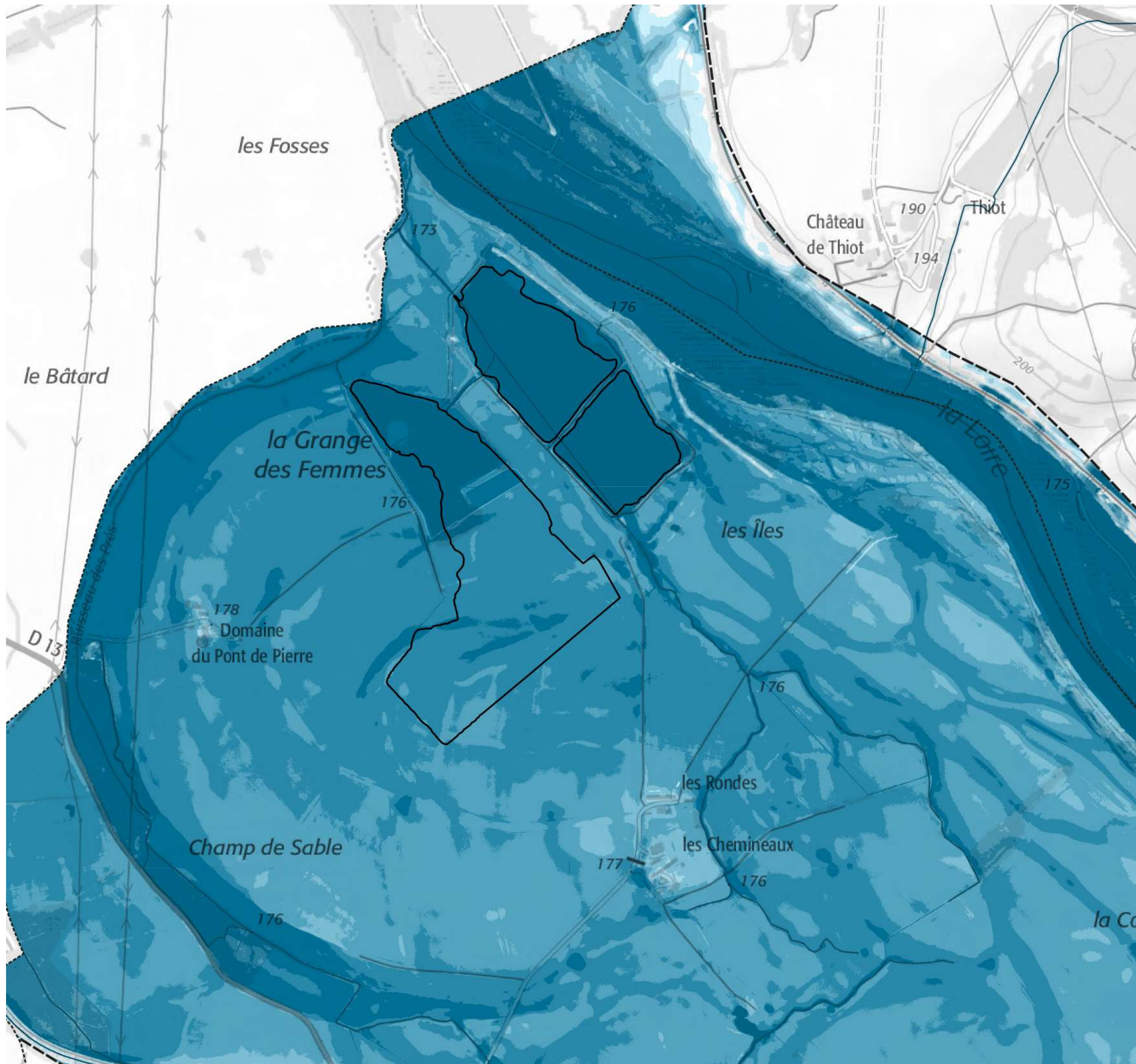
Saint-Pierre
de la Réunion



ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

HAUTEUR D'EAU GRAVIERE
MODELE ANTEA

Q200 ans avec brèche



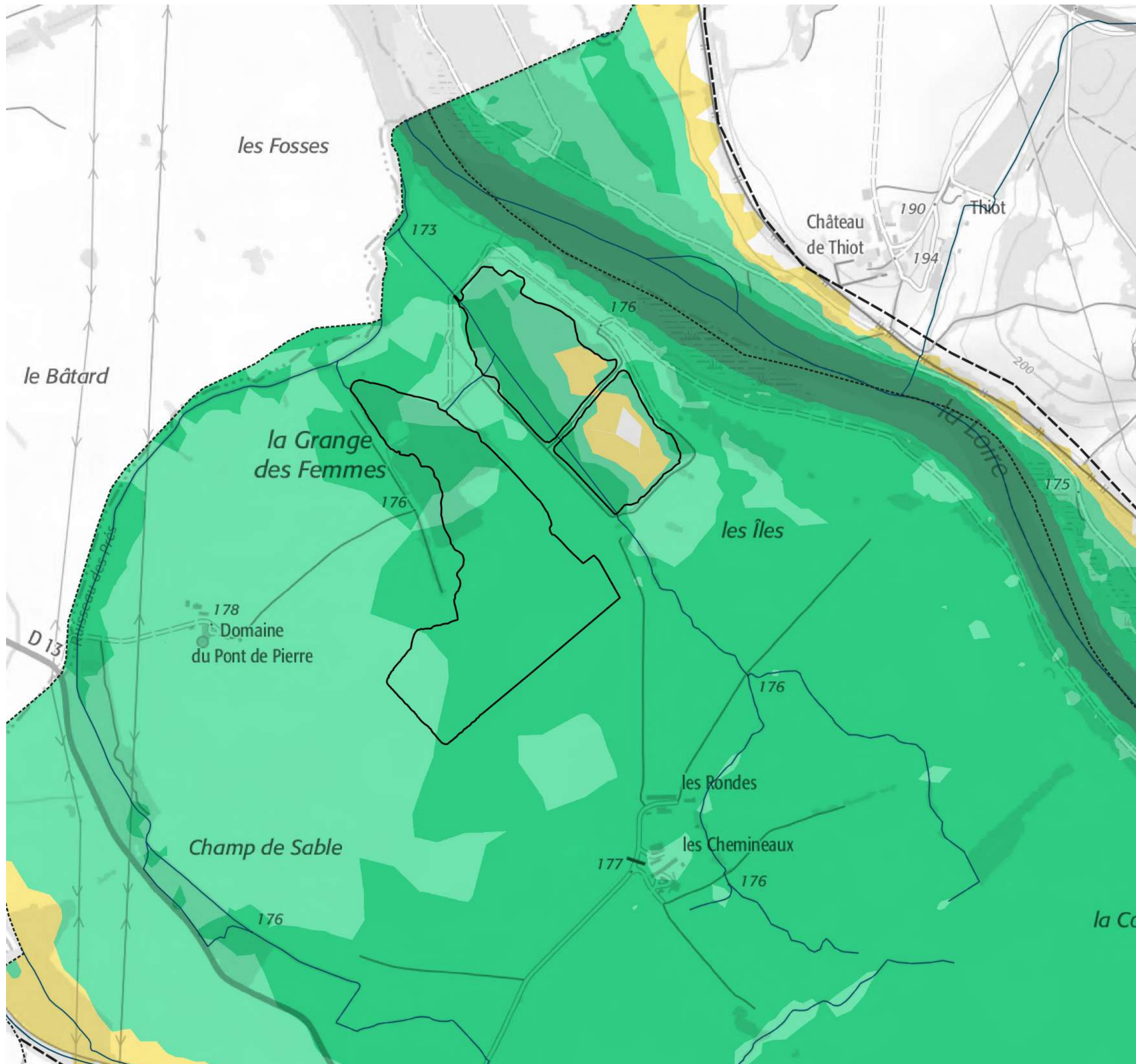
ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

VITESSES D'ÉCOULEMENT
GRAVIÈRE - MODÈLE ANTEA

Q200 ans avec brèche

Vitesse d'écoulement

- Moins de 0,2m/s
- 0,2 à 0,5m/s
- 0,5 à 1m/s
- Plus de 1m/s

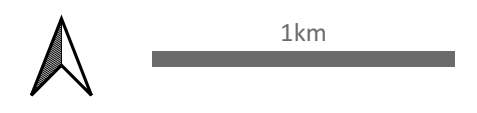
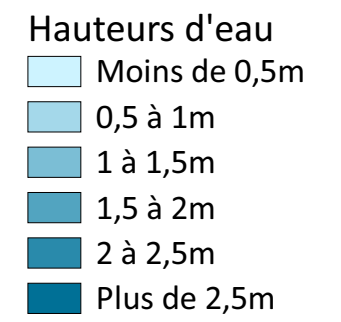
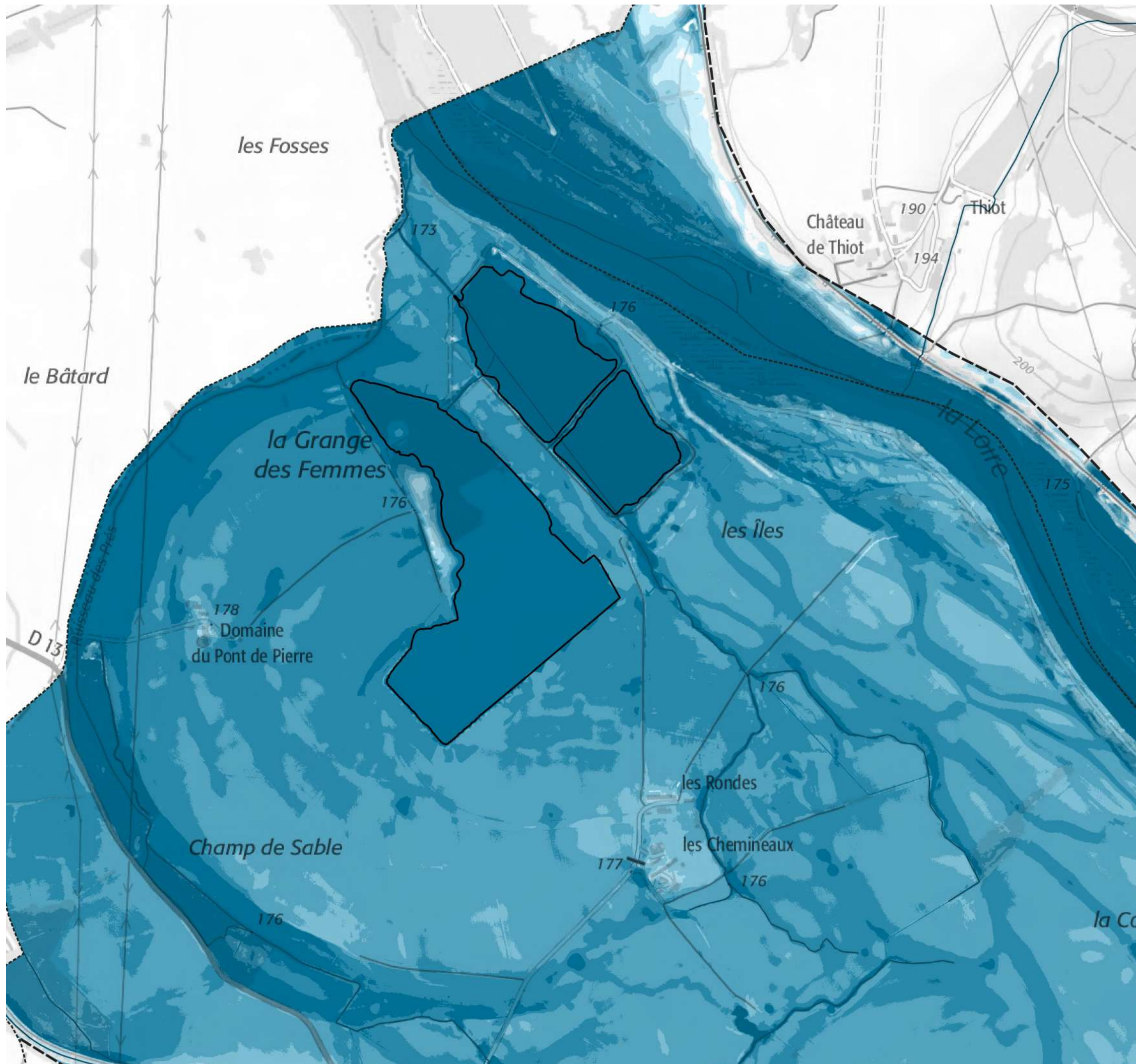


1km

ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

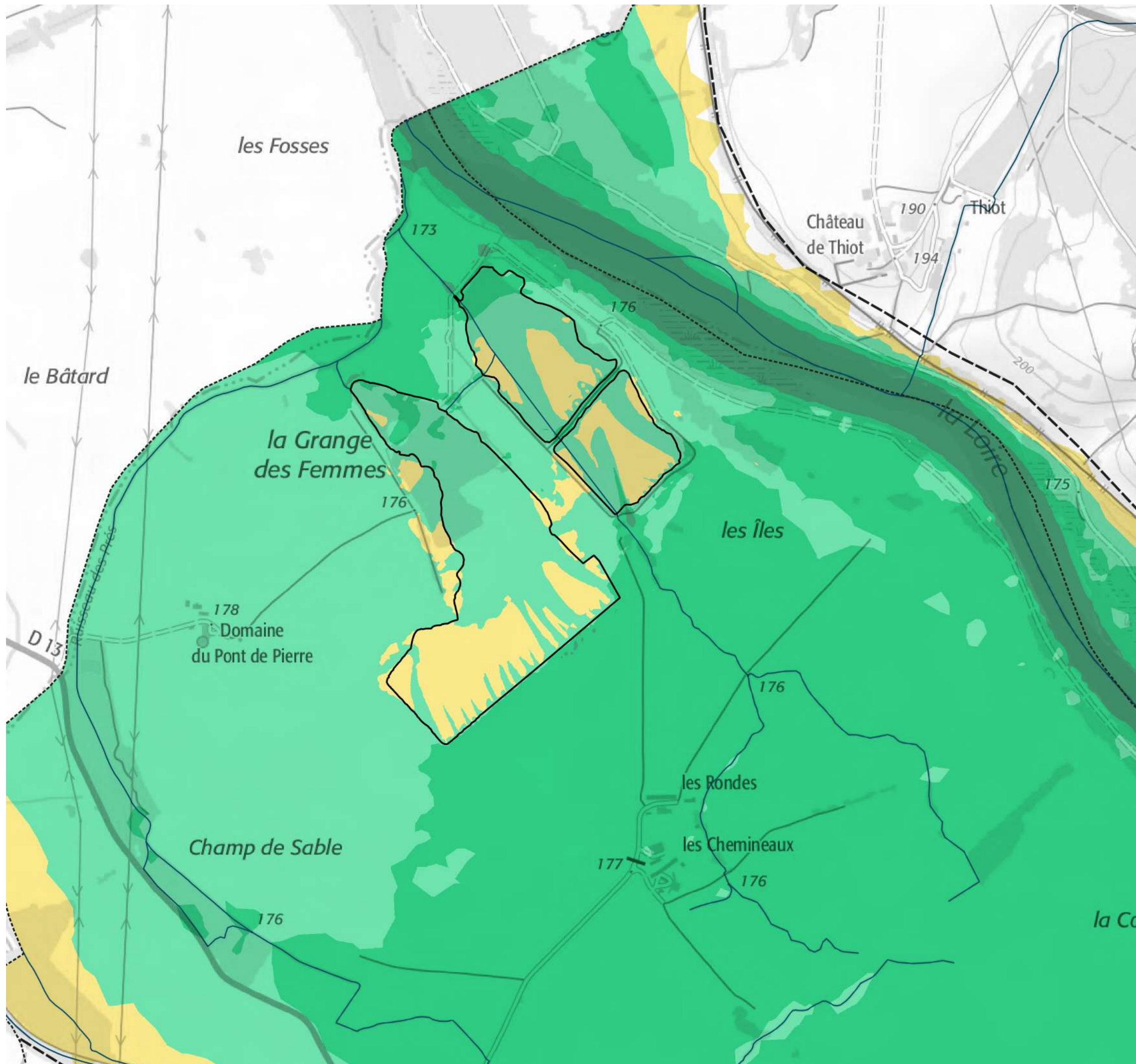
HAUTEUR D'EAU GRAVIERE
MODELE ACTUALISE

Q200 ans avec brèche



ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

VITESSES D'ÉCOULEMENT
GRAVIÈRE - MODÈLE
ACTUALISÉ
Q200 ans avec brèche



- Vitesse d'écoulement
- Moins de 0,2m/s
 - 0,2 à 0,5m/s
 - 0,5 à 1m/s
 - Plus de 1m/s

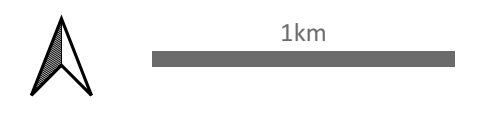
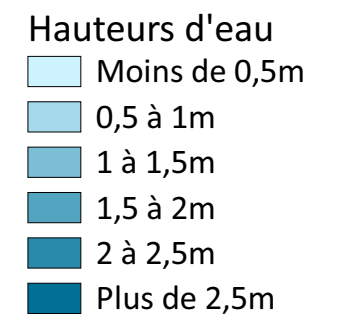
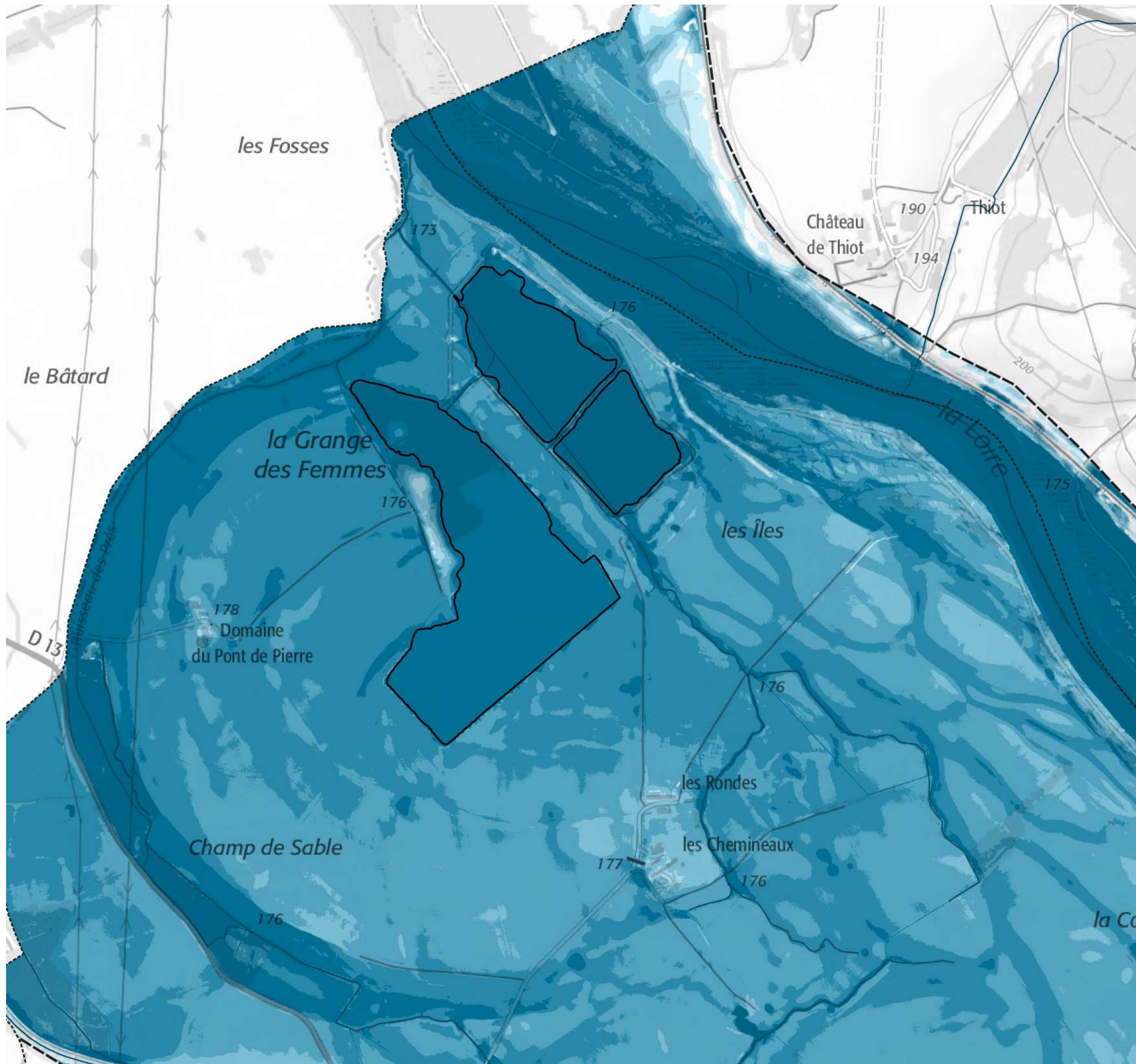


1km

ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

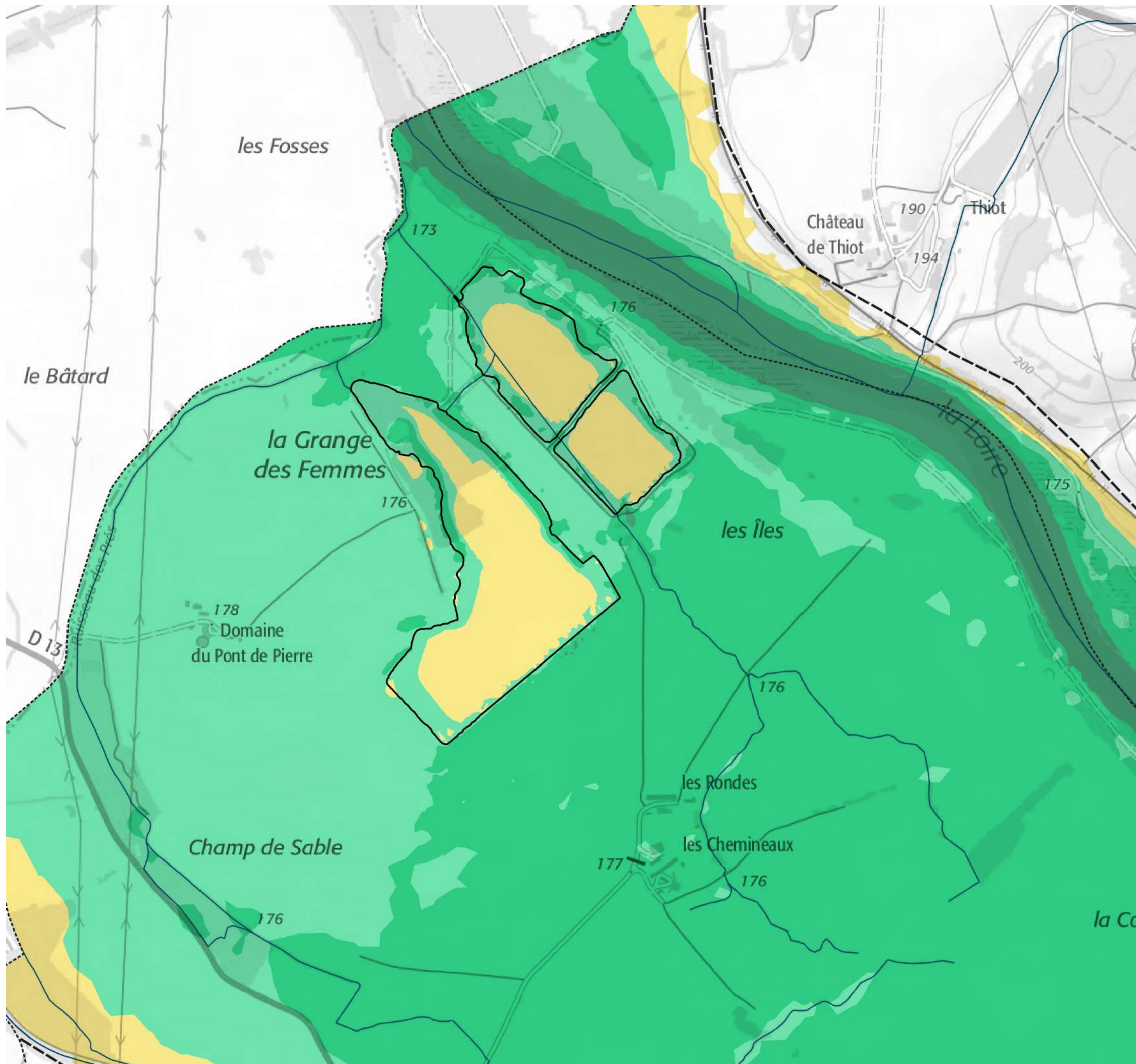
HAUTEUR D'EAU GRAVIERE
MODELE CENTRALE

Q200 ans avec brèche



ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

VITESSES D'ÉCOULEMENT
GRAVIÈRE - MODÈLE
CENTRALE
Q200 ans avec brèche



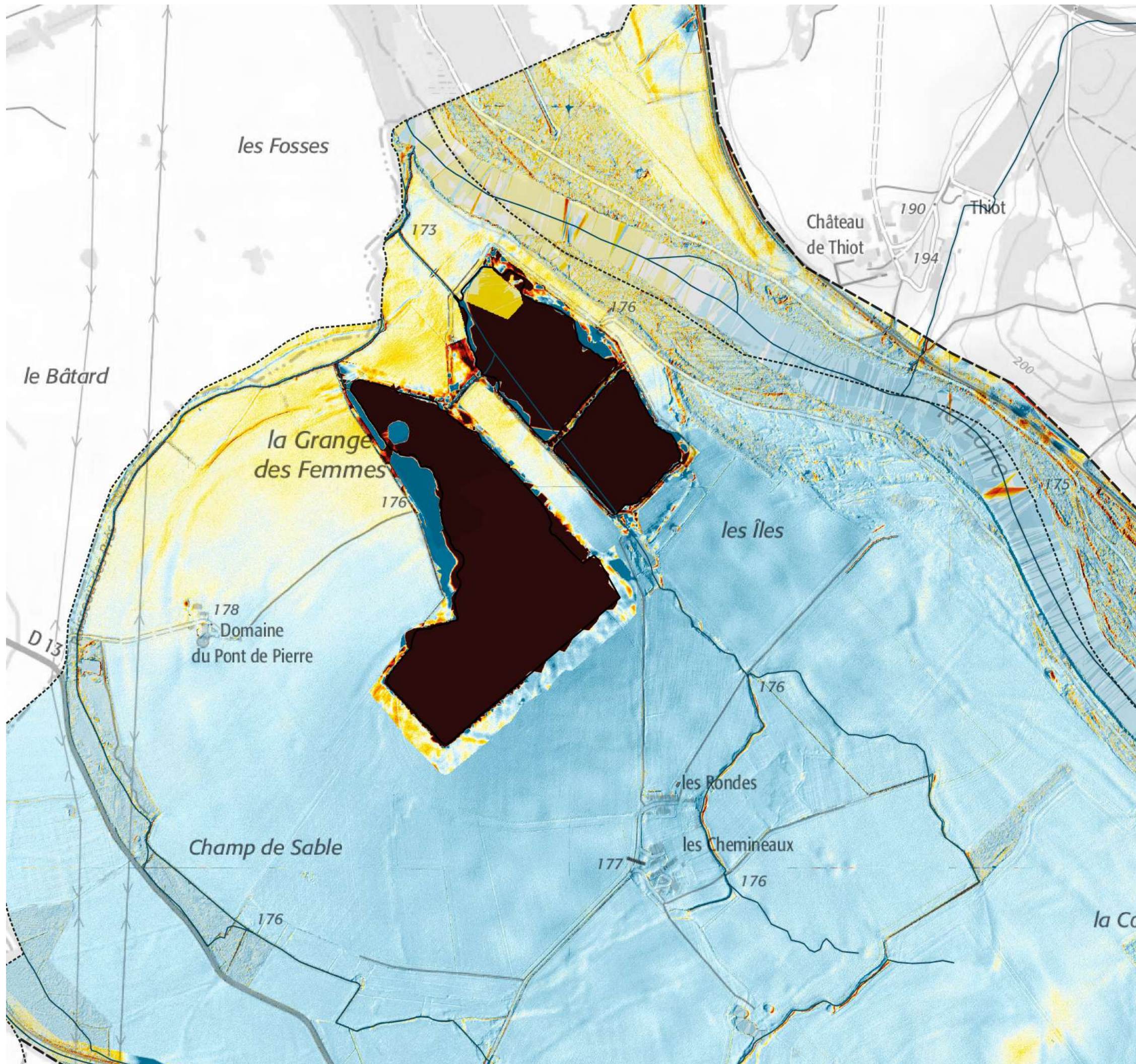
- Vitesse d'écoulement
- Moins de 0,2m/s
 - 0,2 à 0,5m/s
 - 0,5 à 1m/s
 - Plus de 1m/s



1km

**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES GRAVIERE
- MODELE ACTUALISE et
MODELE ANTEA
Q200 ans avec brèche**

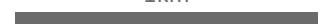


Differences hauteurs (m)
(valeurs brutes)

- ≤ -0.20
- -0.20 - -0.15
- -0.15 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.01
- 0.01 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2
- 0.2 - 0.25
- 0.25 - 0.3
- 0.3 - 0.35
- 0.35 - 0.4
- > 0.4

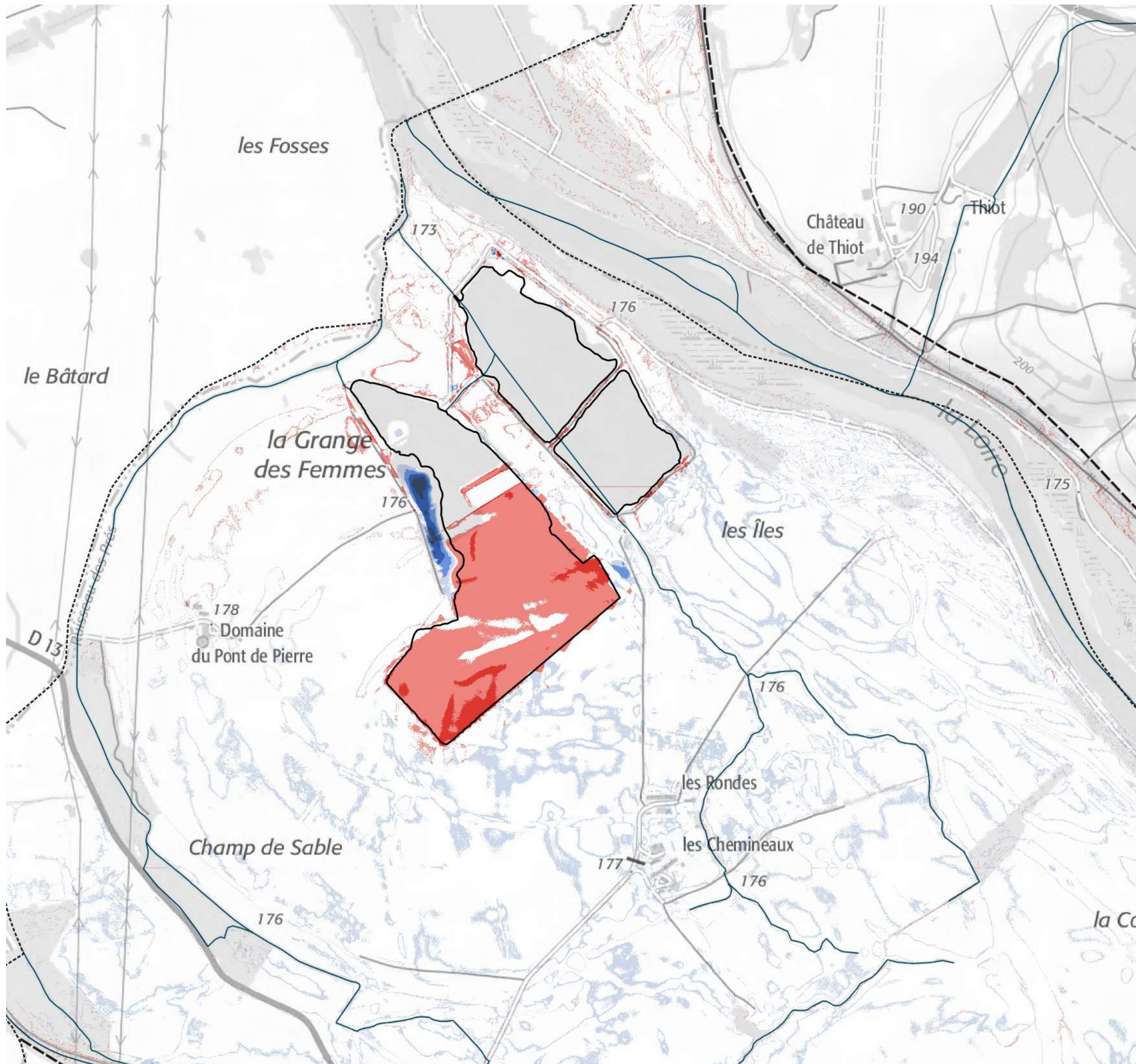


1km

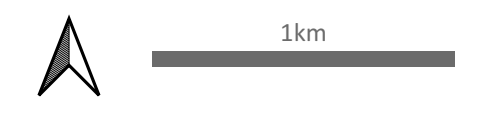


**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**CHANGEMENTS DE CLASSES
DE HAUTEURS GRAVIERE -
MODELE ACTUALISE et
MODELE ANTEA
Q200 ans avec brèche**

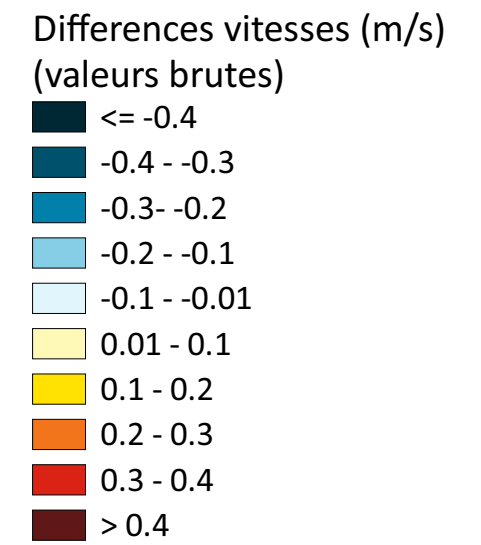
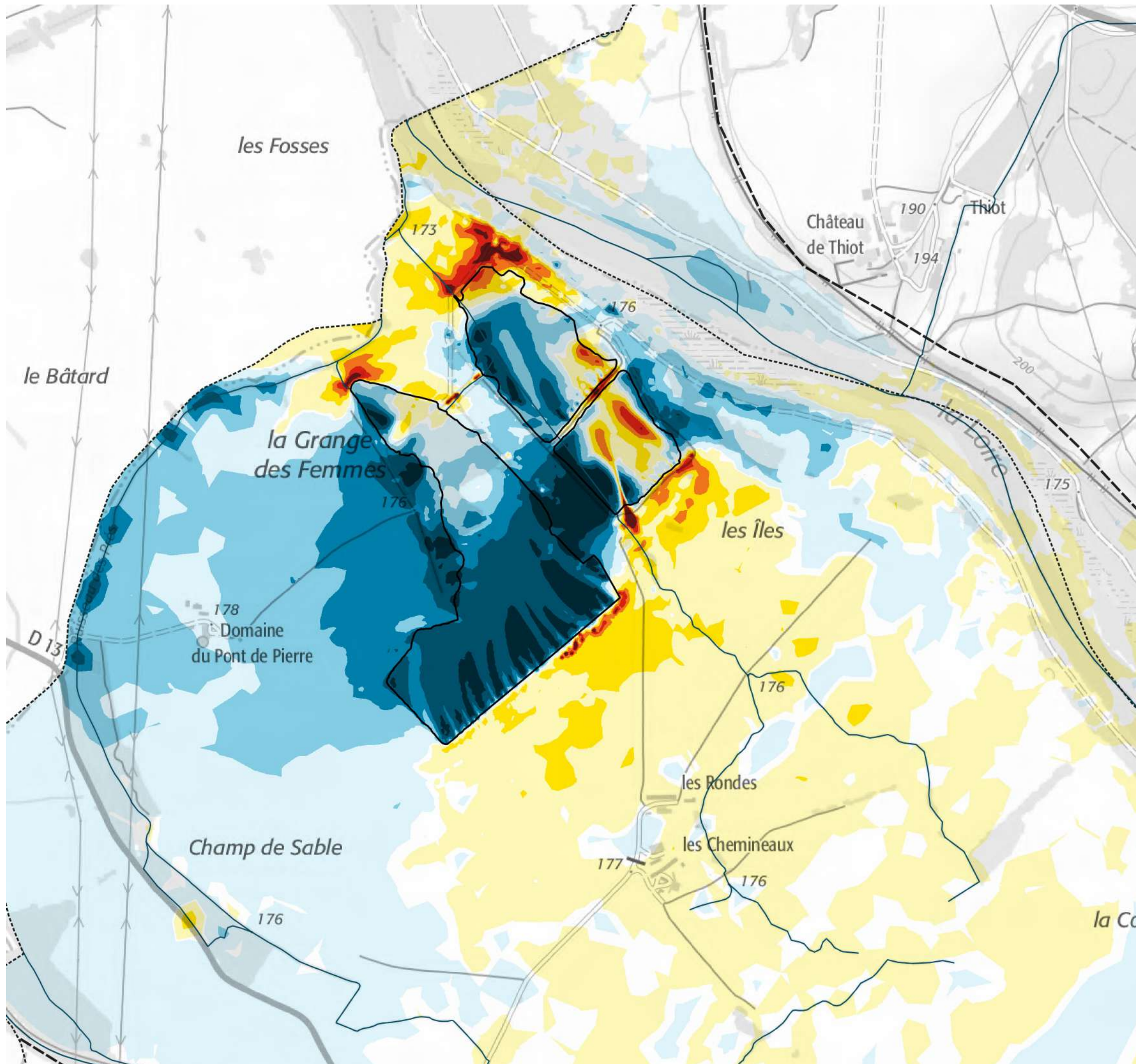


- Différences hauteurs
(changements de classes)
- baisse d'une classe
 - baisse de deux classes
 - baisse de trois classes
 - baisse de quatre classes
 - baisse de cinq classes
 - hausse d'une classe
 - hausse de deux classes
 - hausse de trois classes
 - hausse de quatre classes



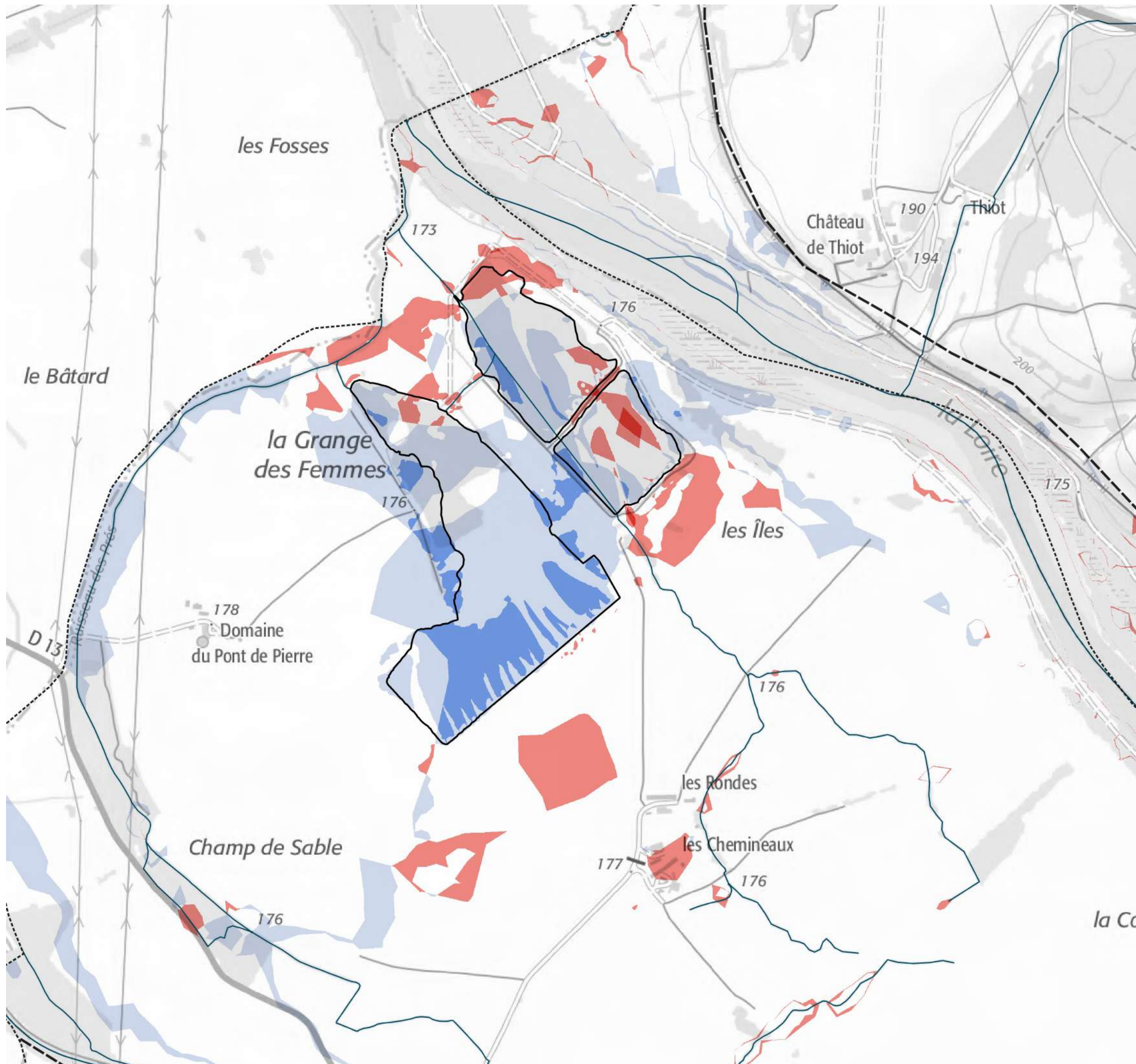
**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**DIFFERENCES DE VITESSES
VALEURS BRUTES GRAVIERE
- MODELE ACTUALISE et
MODELE ANTEA
Q200 ans avec brèche**



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**CHANGEMENTS CLASSES DE
VITESSES GRAVIERE -
MODELE ACTUALISE et
MODELE ANTEA
Q200 ans avec brèche**



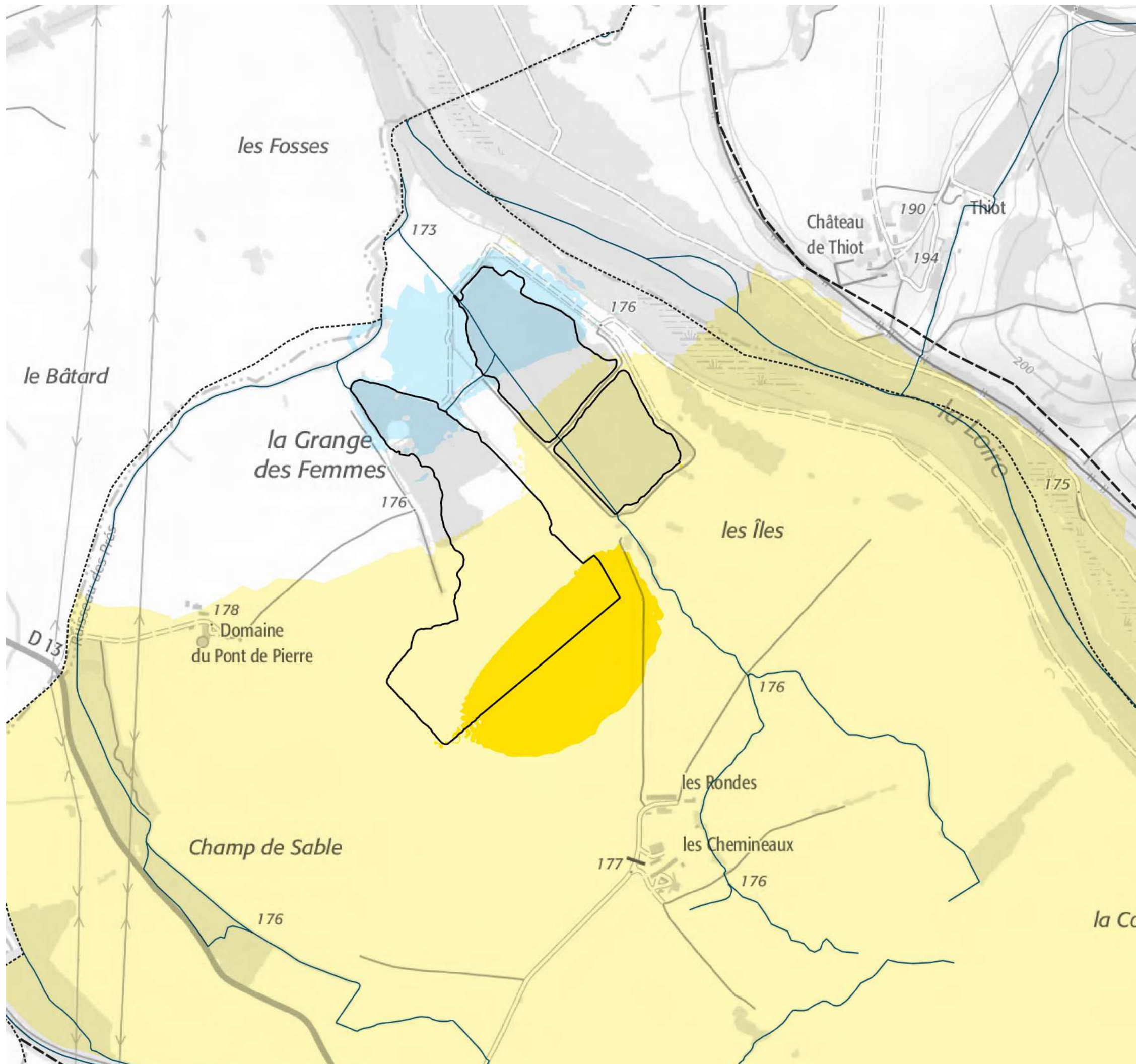
Differences vitesses
(changements de classes)

- baisse d'une classe
- baisse de deux classes
- hausse d'une classe
- hausse de deux classes

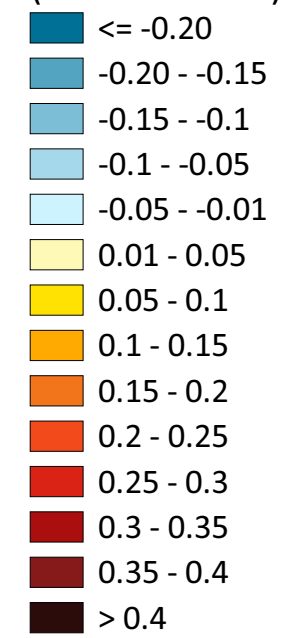


**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES GRAVIERE
- MODELE CENTRALE et
MODELE ACTUALISE
Q200 ans avec brèche**



Differences hauteurs (m)
(valeurs brutes)

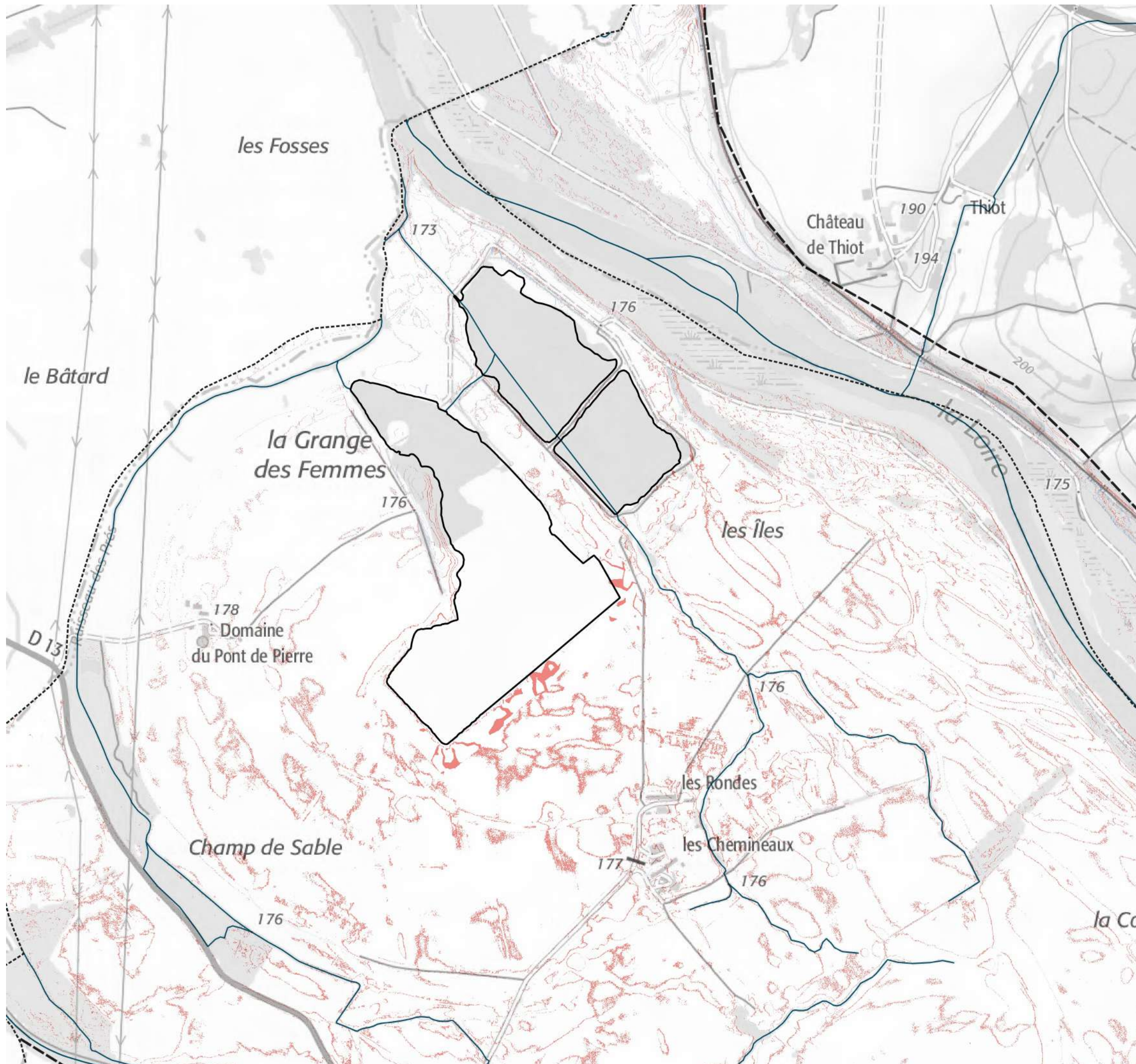


1km

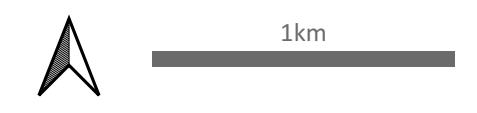
**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

**CHANGEMENTS DE CLASSES
DE HAUTEURS GRAVIERE -
MODELE CENTRALE et
MODELE ACTUALISE**

Q200 ans avec brèche

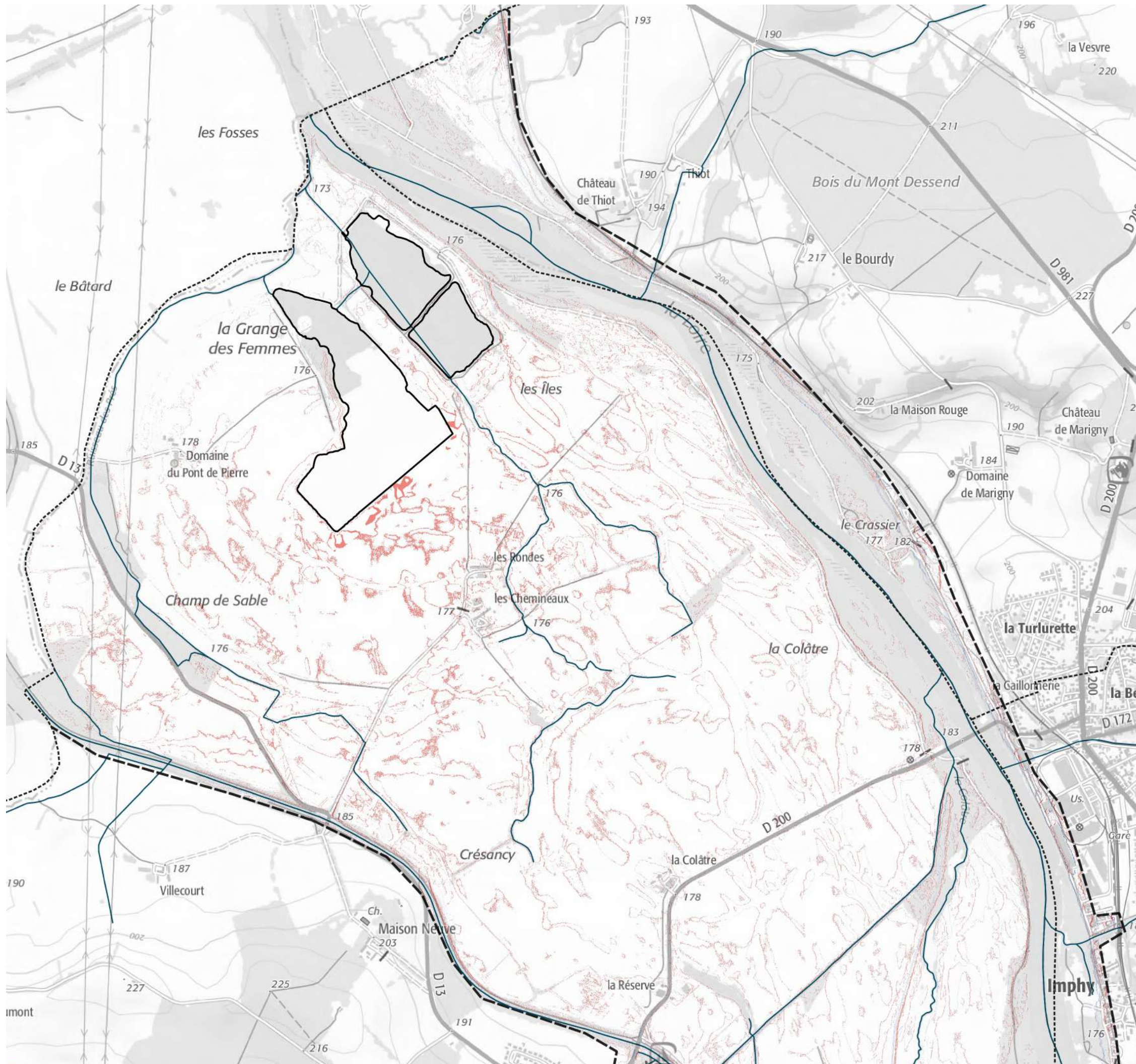


- Différences hauteurs
(changements de classes)
- baisse d'une classe
 - baisse de deux classes
 - baisse de trois classes
 - baisse de quatre classes
 - baisse de cinq classes
 - hausse d'une classe
 - hausse de deux classes
 - hausse de trois classes
 - hausse de quatre classes

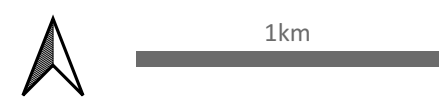


ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CHEVENON

CHANGEMENTS DE CLASSES
DE HAUTEURS AVAL -
MODELE CENTRALE et
MODELE ACTUALISE
Q200 ans avec brèche

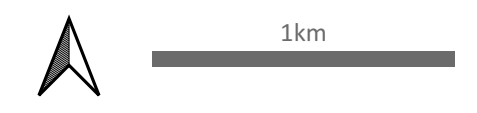
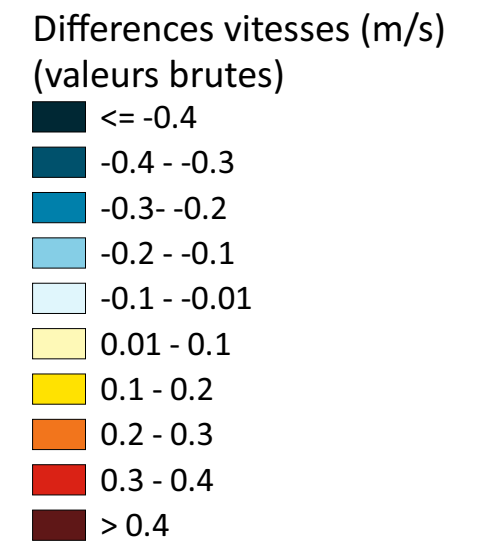
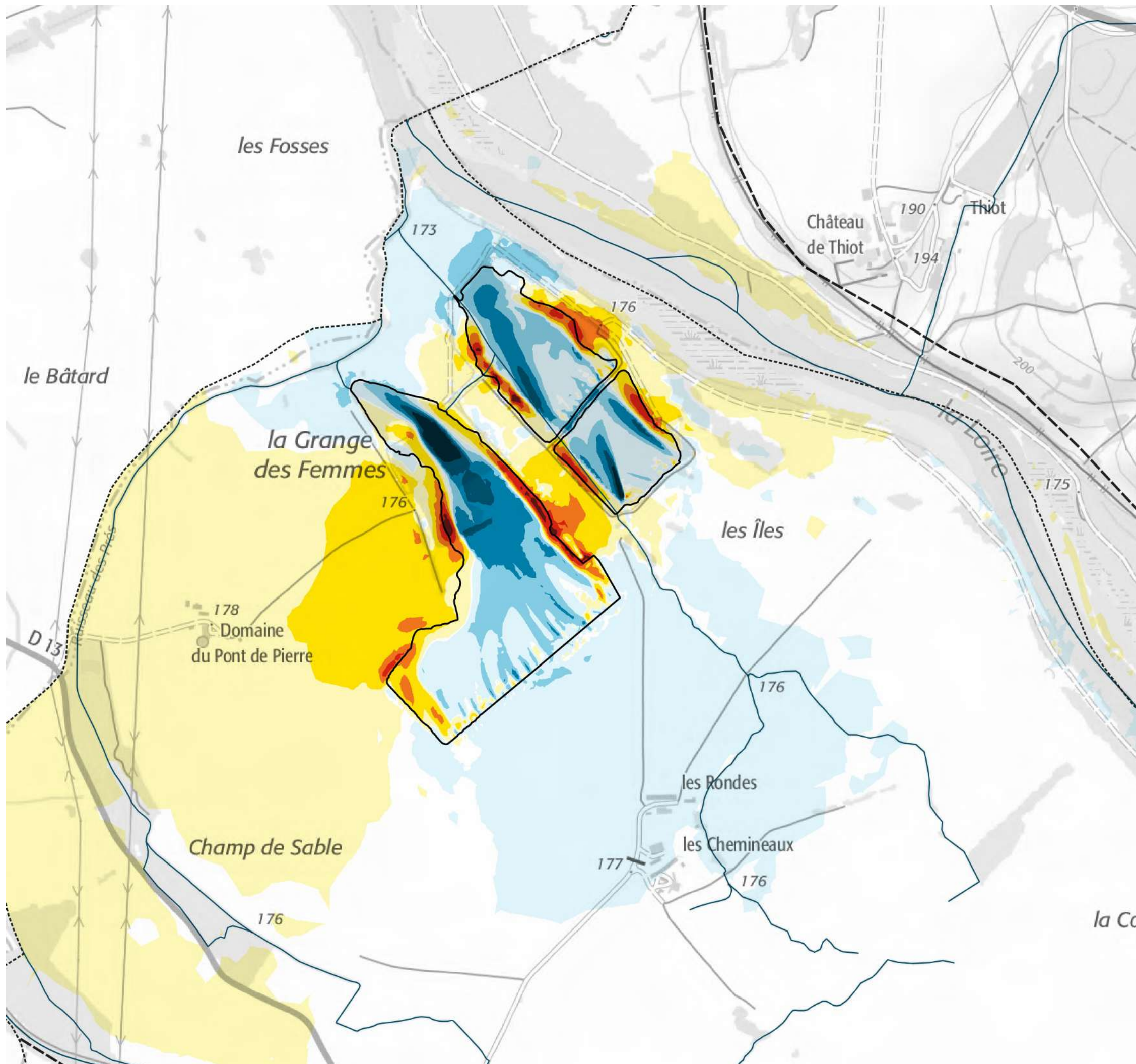


- Différences hauteurs
(changements de classes)
- baisse d'une classe
 - baisse de deux classes
 - baisse de trois classes
 - baisse de quatre classes
 - baisse de cinq classes
 - hausse d'une classe
 - hausse de deux classes
 - hausse de trois classes
 - hausse de quatre classes



**ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON**

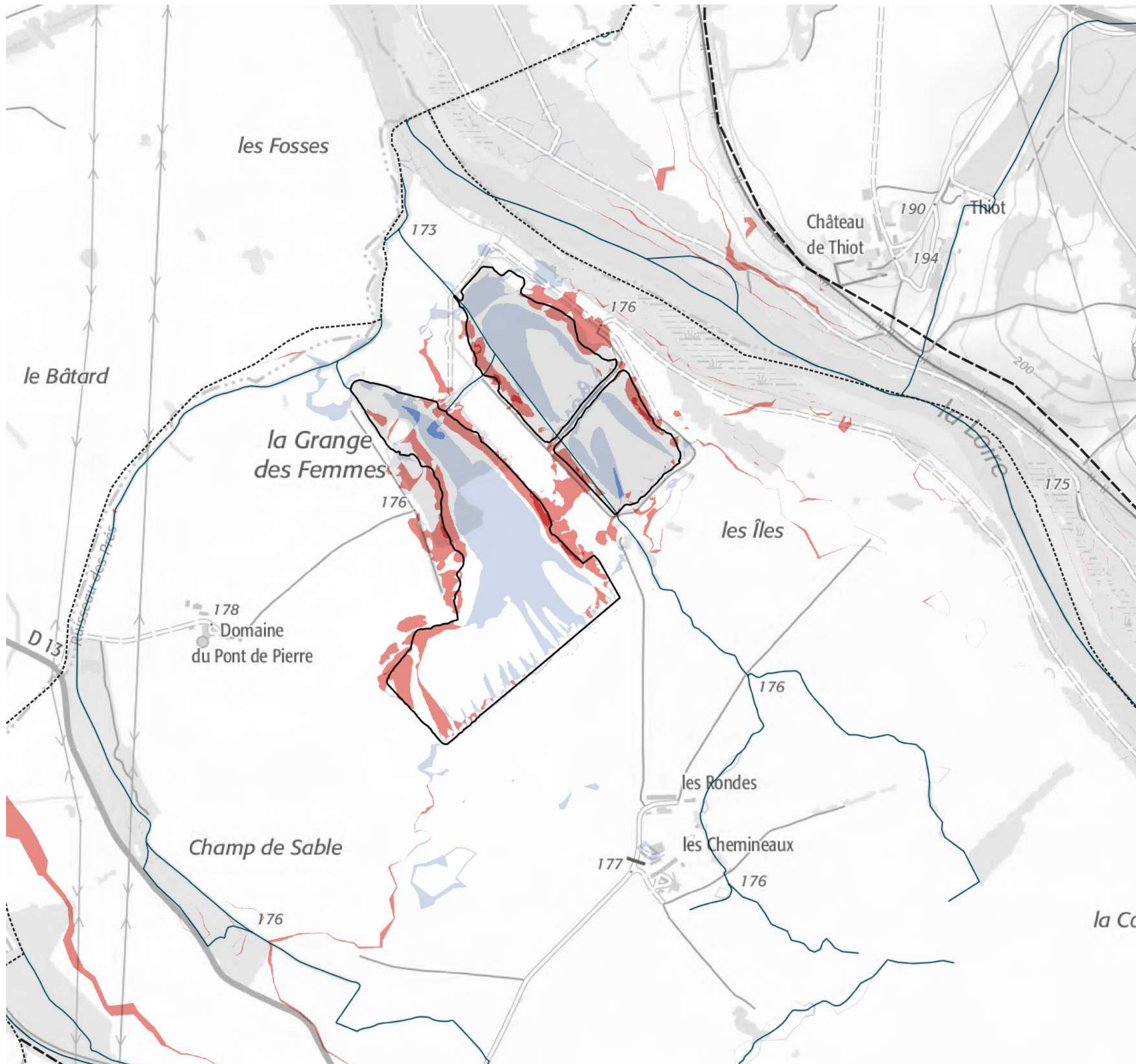
**DIFFERENCES DE VITESSES
VALEURS BRUTES GRAVIERE
- MODELE CENTRALE et
MODELE ACTUALISE
Q200 ans avec brèche**



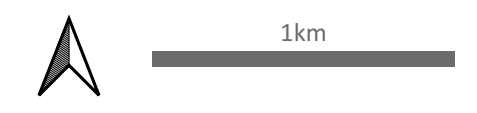
ETUDE CENTRALE
PHOTOVOLTAIQUE
CHEVENON

CHANGEMENTS CLASSES DE
VITESSES GRAVIERE -
MODELE CENTRALE et
MODELE ACTUALISE

Q200 ans avec brèche

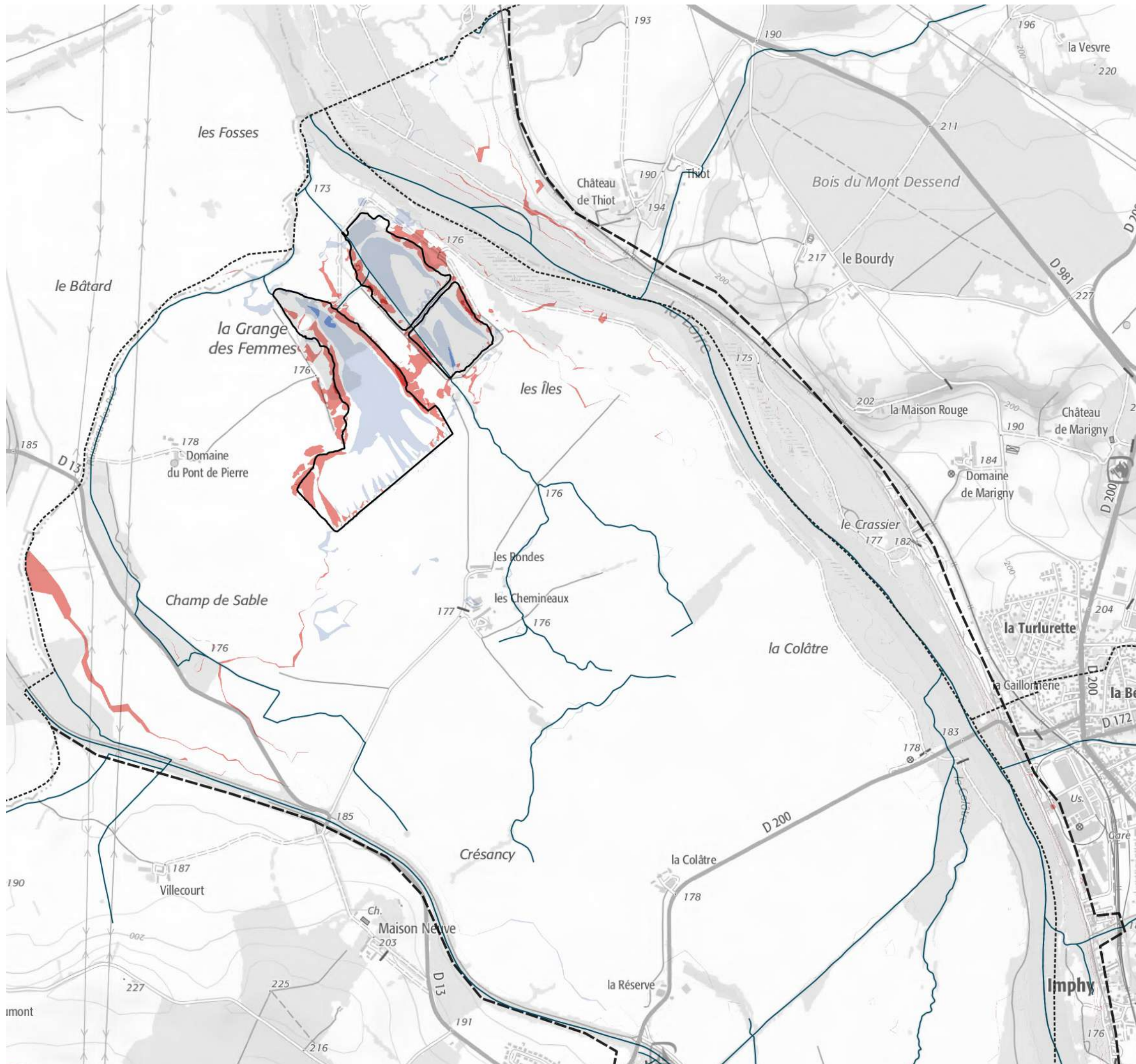


- Differences vitesses
(changements de classes)
- baisse d'une classe
 - baisse de deux classes
 - hausse d'une classe
 - hausse de deux classes



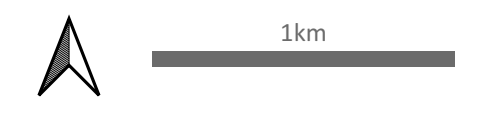
ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CHEVENON

CHANGEMENTS CLASSES DE
VITESSES AVAL - MODELE
CENTRALE et MODELE
ACTUALISE
Q200 ans avec brèche



Differences vitesses
(changements de classes)

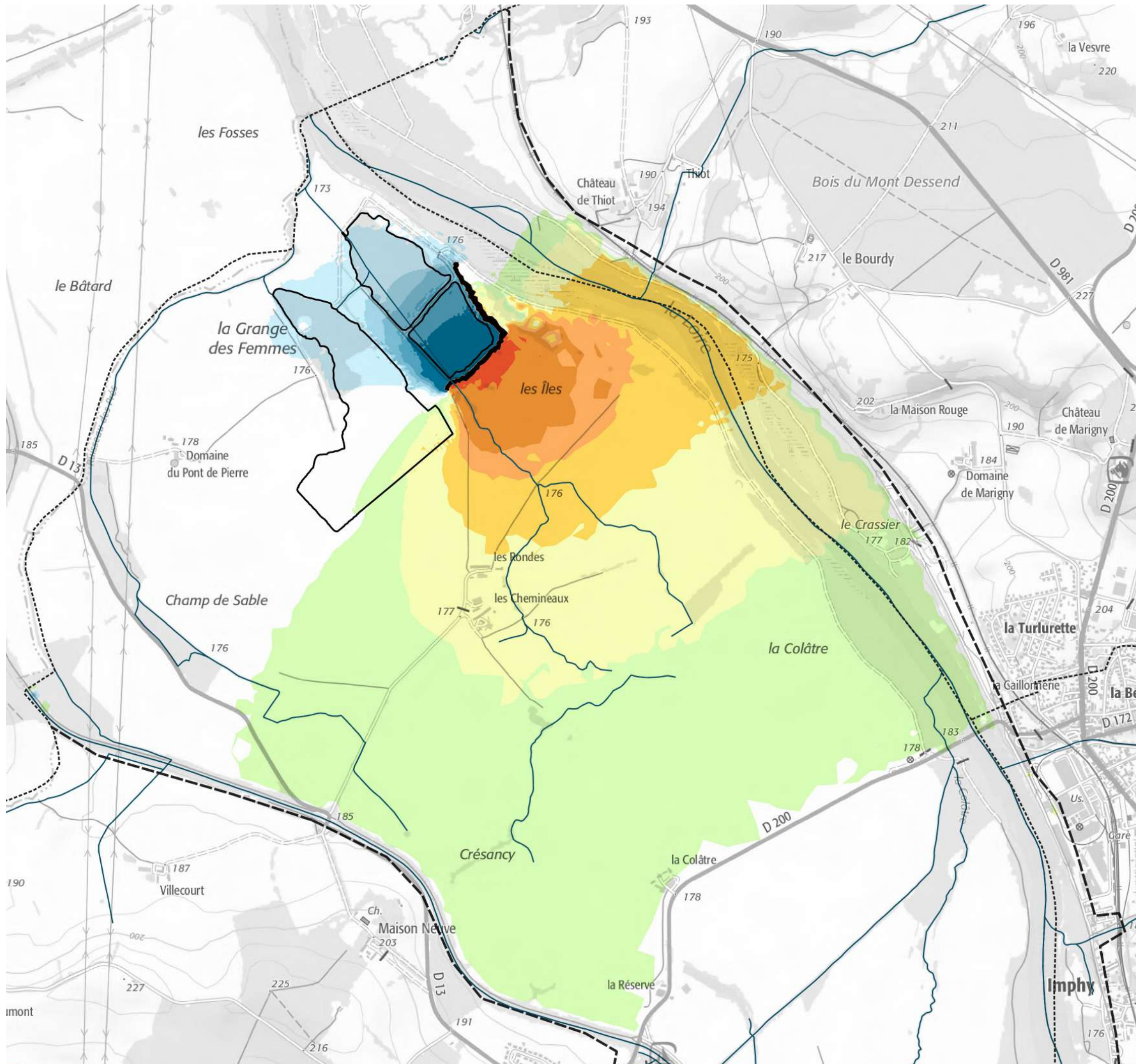
- baisse d'une classe
- baisse de deux classes
- hausse d'une classe
- hausse de deux classes



ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CHEVENON

Impacts du système anti embâcles

DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 1 et MODELE
CENTRALE
Q200 ans avec brèche



Différences hauteurs (m)
(valeurs brutes)

- ≤ -0.05
- 0.05 - -0.04
- 0.04 - -0.03
- 0.03 - -0.02
- 0.02 - -0.01
- 0.01 - 0.02
- 0.02 - 0.03
- 0.03 - 0.04
- 0.04 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.2

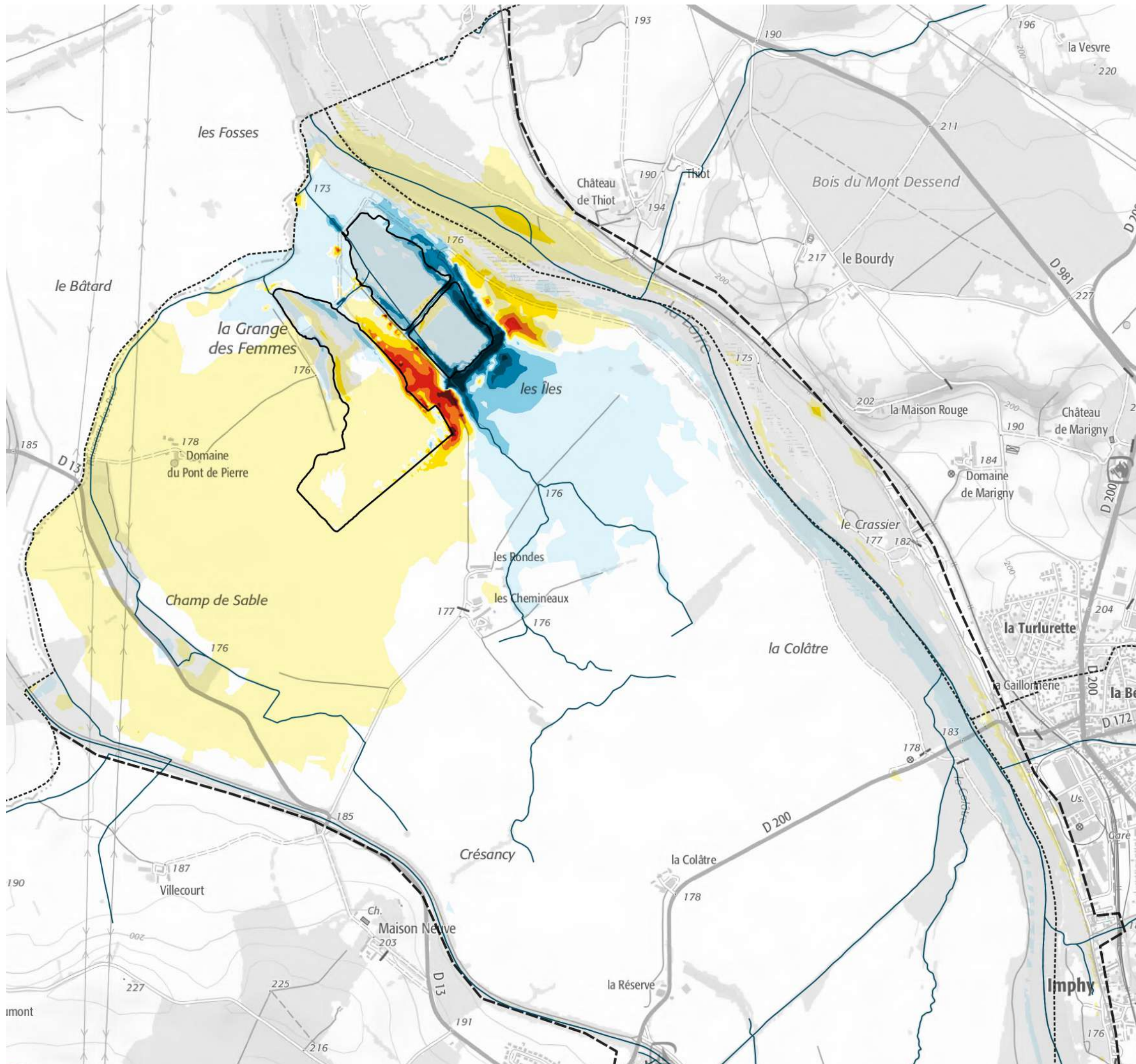


1km

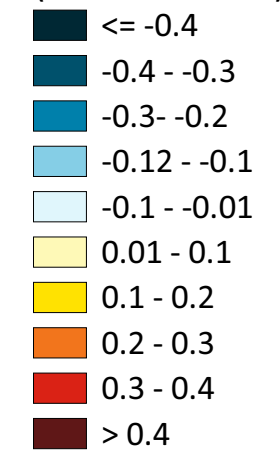
ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CHEVENON

Impacts du système anti embâcles

DIFFERENCES VITESSES
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 1 et MODELE
CENTRALE
Q200 ans avec brèche



Différences vitesses (m/s)
(valeurs brutes)

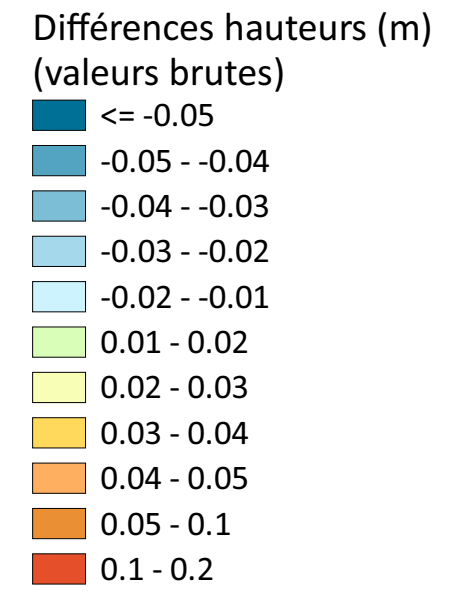
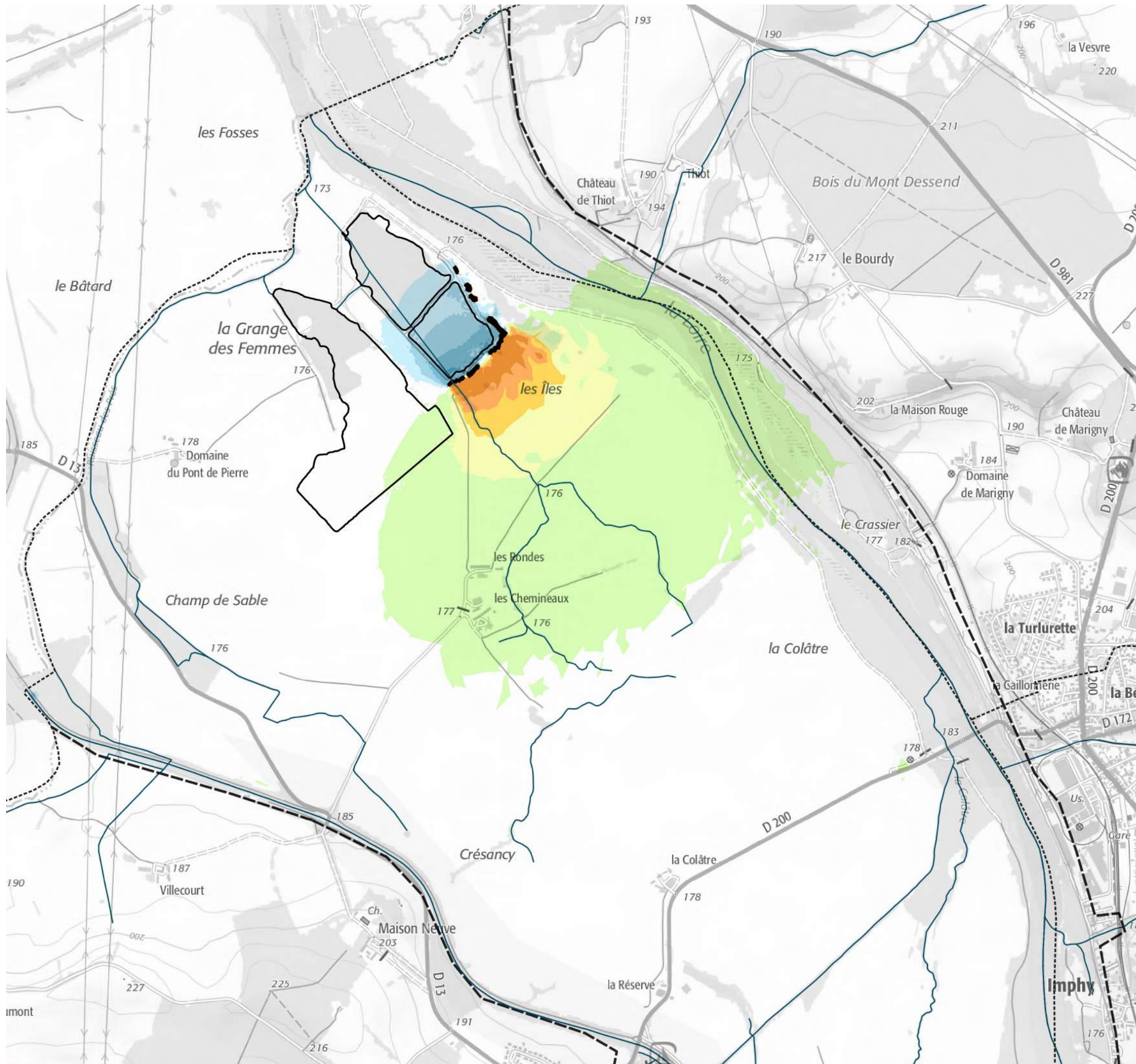


1km

ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE CHEVENON

Impacts du système anti embâcles

DIFFERENCES HAUTEURS
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 2 et MODELE
CENTRALE
Q200 ans avec brèche

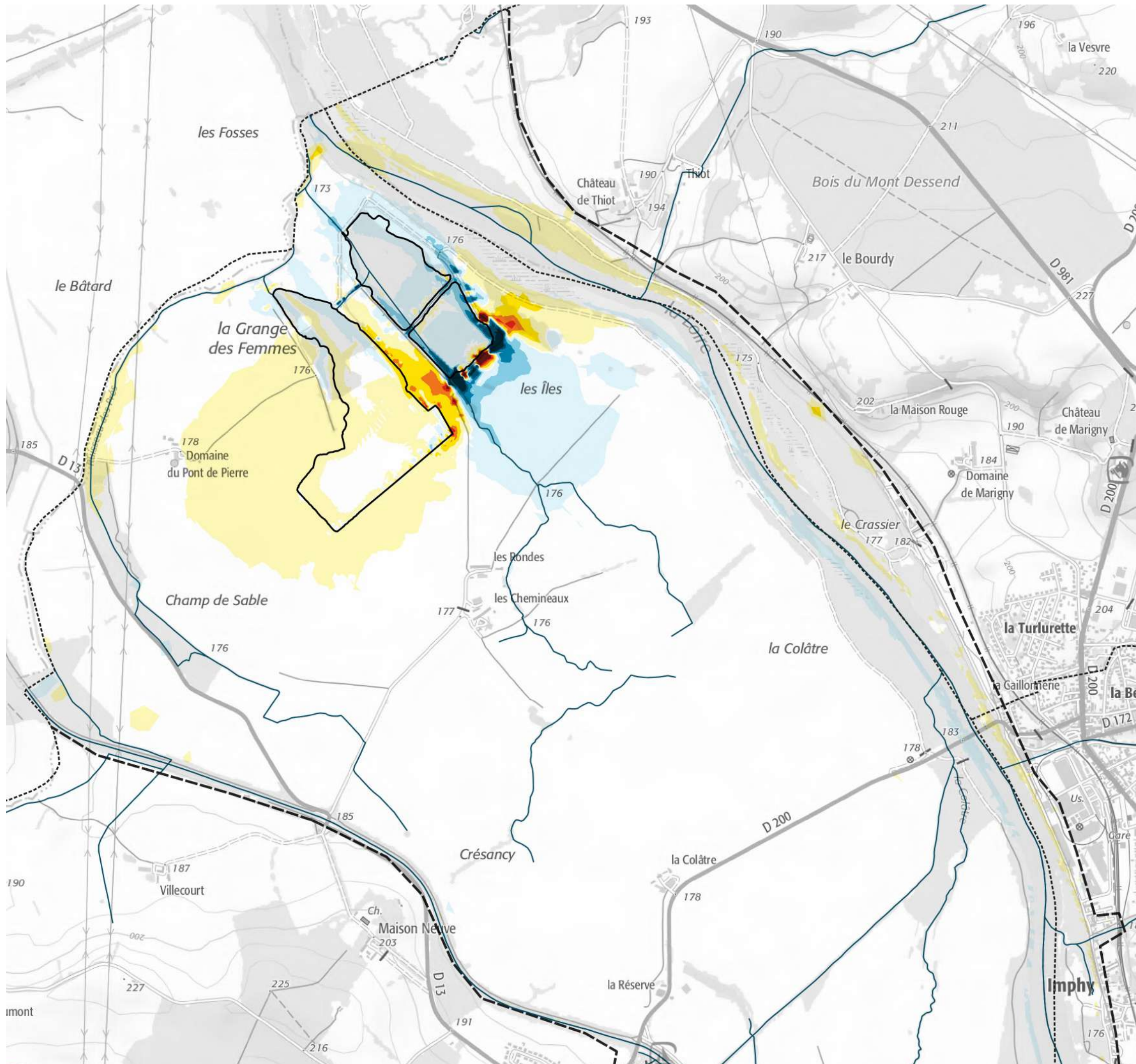


1km

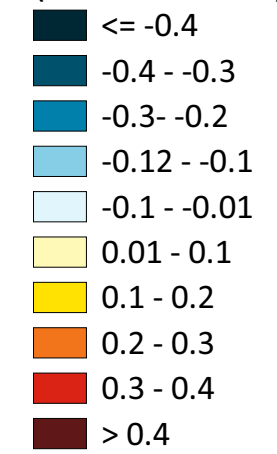
ETUDE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CHEVENON

Impacts du système anti embâcles

DIFFERENCES VITESSES
VALEURS BRUTES AVAL -
SCENARIO 2 et MODELE
CENTRALE
Q200 ans avec brèche



Différences vitesses (m/s)
(valeurs brutes)



1km



ANNEXE 8

ETUDE D'ANCRAGE - NOVEMBRE 2021

Sources : HYDRETTUDES ET CIEL & TERRE

Cette étude technique est reliée à part pour une plus grande facilitée de lecture.



Design d'ancrage préliminaire



CIEL & TERRE INTERNATIONAL

100 rue Harrison
59262 SAINGHAIN-EN-MELANTOIS, France

+33 (0)3.20.01.05.65

www.ciel-et-terre.net

INTRODUCTION

Le document qui suit décrit le design d'ancrage pour la centrale flottante Hydrelia® du projet WFR082, basé sur, et seulement sur, les informations techniques fournies par le client.

Le design d'ancrage est considéré comme finalisé seulement lorsqu'il a été validé après une étude positioning, c'est-à-dire après avoir reçu et analysé les positions exactes des points d'ancrage et les longueurs des lignes installées. Les différentes étapes du design d'ancrage sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Etapes du design d'ancrage	Description	Statut
Préliminaire	Position approximative des ancrés Longueur approximative des lignes d'ancrage Position approximative des barres d'ancrage	X
Détaillé	Position théorique des ancrés Longueur théorique des lignes d'ancrage Position théorique des barres d'ancrage	
Positioning	<u>Positionnement des points d'ancrage :</u> Position exacte des ancrés Longueur réelle des lignes d'ancrage Position théorique des barres d'ancrage	

Localisation	CHEVENON, NIEVRE, France
Référence projet	WFR082
Référence design	V1indD
Ecrit par	JH
4 novembre 2021	
CONFIDENTIEL	

TABLE DES MATIERES

1 	Caractéristiques du réservoir	7
2 	Efforts environnementaux.....	8
2.1.	Repère.....	8
2.2.	Efforts de vent.....	9
2.2.1.	Méthode de calcul	9
2.2.2.	Pression dynamique de vent	11
2.2.3.	Effort de vent.....	11
2.3.	Efforts de vague.....	14
2.3.1.	Méthode de calcul	14
2.3.2.	Modèle de génération de vagues.....	16
2.3.3.	Efforts de vague	16
2.4.	Efforts de courant	19
2.4.1.	Méthode de calcul	19
2.4.2.	Efforts de courant	20
3 	Enveloppe de charge.....	23
3.1.	Combinaison des efforts.....	23
3.2.	Efforts par côté.....	26
4 	Méthode d'ancrage.....	28
4.1	Design de l'îlot.....	28
4.2	Description du système d'ancrage.....	29
4.2.1.	Introduction.....	29
4.2.2.	Scénarios de design.....	30
4.2.3.	Barre d'ancrage.....	31
4.2.4.	Lignes d'ancrage.....	32
5 	Calcul d'ancrage.....	33
5.1	Calcul statique	33

5.2	Calcul quasi-statique.....	35
5.2.1.	Introduction.....	35
5.3	Management des efforts verticaux.....	36
5.3.1.	Introduction.....	36
6 	Résultats	38
6.1	Hypothèses.....	38
6.2	Résultats principaux.....	39
6.3	Nomenclature.....	41
6.4	Mouvements de l'îlot.....	42

FIGURES

Figure 1 : Repère de référence (x,y,z).....	8
Figure 2 : Test en soufflerie sur une configuration Hydrelio® réduite.....	9
Figure 3 : Direction de vent angulaire	10
Figure 4 : Diagramme des efforts de vent (Résultante horizontale Fxy)	13
Figure 5 : Diagramme des efforts de vagues (Résultante horizontale Fxy)	18
Figure 6 : Diagramme des efforts de courant (Résultante horizontale Fxy).....	22
Figure 7 : Diagramme des efforts environnementaux (Résultante horizontale Fxy)	25
Figure 8 : Diagramme de considération des efforts par côté.....	26
Figure 9 : Efforts environnementaux par côté	27
Figure 10 : Exemple d'ancrage en berge.....	29
Figure 11 : Exemple d'ancrage au fond	29
Figure 12 : Exemple d'un ancrage en berge à niveau d'eau haut et bas.....	30
Figure 13 : Exemple d'un ancrage au fond à niveau d'eau haut et bas	30
Figure 14 : barre d'ancrage	31
Figure 15 : Cas accidentel avec des lignes élastiques.....	31
Figure 16 : Schéma d'un ancrage en berge.....	33
Figure 17 : Schéma d'un ancrage au fond.....	33
Figure 18 : Lignes d'amarrage caténares	35
Figure 19 : Repère de référence (x, y, z).....	36
Figure 20 : Schéma des efforts verticaux appliqués dans le cas d'un ancrage en berge.....	37
Figure 21 : Schéma des efforts verticaux appliqués dans le cas d'un ancrage au fond	37
Figure 22 : Schéma du système d'ancrage usuel pour CHEVENON	41
Figure 23 : Schéma des mouvements de l'îlot	42

TABLES

Tableau 1 : Données sur le réservoir	7
Tableau 2 : Efforts de vent par direction	12
Tableau 3 : Effort de vague par direction.....	17
Tableau 4 : Vitesse maximale de courant	20
Tableau 5 : Vitesse maximale de courant (référentiel C&T)	20
Tableau 6 : Effort de courant par direction	21
Tableau 7 : Efforts environnementaux par direction	24
Tableau 8 : Considération des efforts par côté	26
Tableau 9 : Cas intact et cas accidentel.....	32
Tableau 10 : Formules utilisées dans le calcul d'ancrage statique.....	34
Tableau 11 : Hypothèses d'ancrage	38
Tableau 12 : Résultats des calculs d'ancrage	39
Tableau 13: Nomenclature du système d'ancrage.....	41
Tableau 14 : Mouvements maximums de l'îlot.....	42

1 CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

Le tableau 1 résume les informations fournies par le client.

Le client a également fourni une topographie des berges du réservoir.

Toutes les coordonnées mentionnées dans ce document font référence au système de coordonnées utilisé pour les relevés topographiques, c'est-à-dire le système Lambert93.

Toutes les élévations indiquées dans ce document sont relatives au système NGF.

Tableau 1 : Données sur le réservoir

WFR082_CHEVENON	
Localisation	CHEVENON, NIEVRE, France
Coordonnées GPS	716878.1 ; 6649833.5
Conditions de mesure	Par le client
Eau douce / salée	Eau douce
Niveau des berges	176 m NGF
Niveau d'eau maximum (HWL)	180.47 m NGF
Niveau d'eau minimum (LWL)	171 m NGF
Variation de niveau (m)	9.47 m
Point le plus bas du réservoir (LG)	165 m NGF
Profondeur maximum (m)	15.47 m
Vitesse d'écoulement et direction	cf 2.4. Efforts de courant

*Une bathymétrie sera nécessaire pour l'étude détaillée.

2| EFFORTS ENVIRONNEMENTAUX

2.1. Repère

La figure suivante montre le repère de référence utilisé par Ciel & Terre.

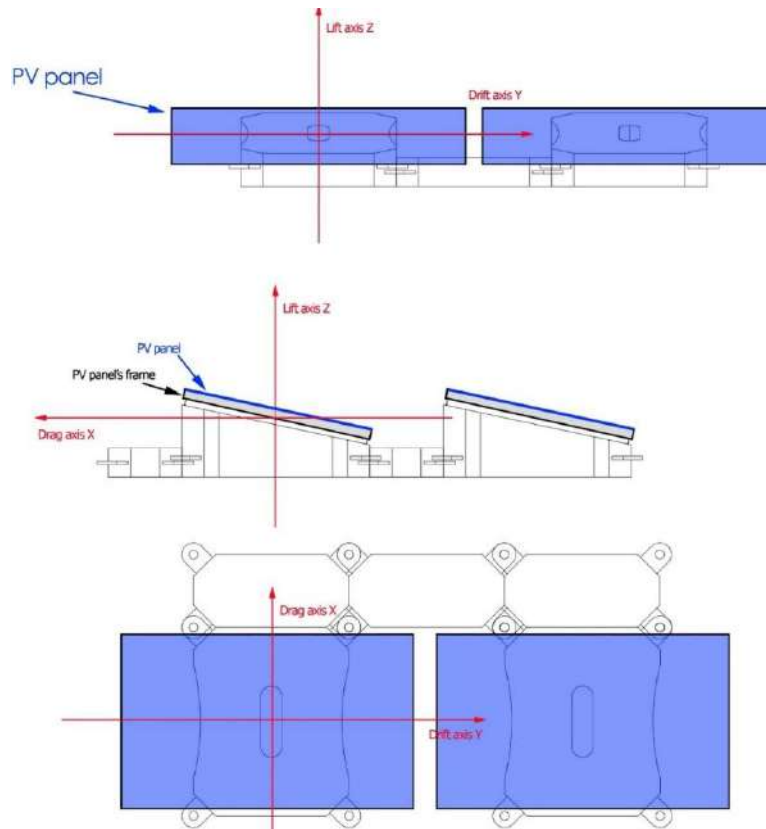


Figure 1 : Repère de référence (x,y,z)

Notes :

- F_x et F_y sont considérés dans le calcul des efforts horizontaux appliqués à la centrale.
- F_z est uniquement considéré localement, sur l'extra-ring, pour vérifier l'équilibre avec la flottabilité et le poids des flotteurs.