

François GAZELLE, médaillé du CNRS, expert des services de l'État,
membre de la Société Hydrotechnique de France
hydrologie, crues et dynamique fluviale,
27 rue Albert Camus, 81100 Castres
06.07.84.21.58 gazelle@univ-tlse2.fr
SIRET 75151714500015

20 octobre 2017

Expertise sur le risque inondation¹
concernant
le site d'un projet de parc photo-voltaïque sur la commune de Montréal (11)
à la demande de la société Montréal-Energies

abréviations ou sigles utilisés dans le texte
bv : bassin-versant
PV : par photo-voltaïque
VF : voie ferrée
§ : paragraphe

Problématique de l'expertise

Au vu des documents dont dispose la DDT de l'Aude (PPRi approuvé), le site sur lequel est prévue la centrale photo-voltaïque se trouve en zone inondable. Les submersions prévisibles sont essentiellement le fait du ruisseau de Rébenty, affluent direct du Fresquel.

De ce fait, les services de l'État souhaitent disposer d'une étude hydrologique et hydraulique ayant pour but de mettre en évidence l'impact de la réalisation projetée sur les aléas d'inondation et notamment leur éventuelle aggravation sur les enjeux locaux et le déroulement des crues sur le cours aval du Rébenty, voire au-delà (Aude).

De son côté, le porteur du projet souhaite connaître la hauteur de submersion à attendre sur le site en cas de crue exceptionnelle et les risques encourus par les installations elles-mêmes.

Pour respecter l'esprit de la doctrine de l'État et de la procédure des PPR, la présente étude se consacrera essentiellement aux phénomènes exceptionnels, c'est-à-dire de type centennal.

Fondements hydrogéomorphologiques

Affluent direct de l'Aude, le Rébenty dispose d'un bassin-versant de l'ordre de **34,5 km²**. La pluviométrie moyenne qu'il reçoit **annuellement (environ 650mm) cache des excès qui sont à l'origine des crues**. Celles-ci se forment sur le haut bassin, fait de hautes collines et de pentes "moyennes à fortes" et composées de sols peu perméables ou " battants".

Le lit du Rébenty est incisé de 3 à 3,50m le plus souvent. Le long du site du projet, en aval du pont de l'ancienne VF, on constate d'abord sur 150m de longueur et une trentaine de m de largeur, une banquette qui s'abaisse doucement à la rencontre du haut de berge : pas de bourrelet de berge, pas de levée. Nous sommes dans un schéma classique.

Au droit du site du projet, l'inverse se produit : le haut de berge est relativement élevé, ainsi que les terrains qui sont immédiatement en arrière. Mais au-delà, transversalement, les terrains s'abaissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du Rébenty : alors que les bords du ruisseau (d'amont en aval, rive g.) passent de 149 à 147,5 m NGF d'amont en aval de, on a 1 à 2m de moins en s'éloignant du Rébenty.

Ce contexte est capital pour nos démarches.

1 La présente étude est dédiée à la société Montréal-Energies qui décidera de son usage. Son auteur n'en fait aucune autre diffusion ou publication. Cette étude est originale, ne comportant pas de copiés-collés issus de rapports antérieurs ou prélevés sur des sites internet. Le zonage du PPRi du bv du Fresquel a été utilisé.

Bases hydrologiques applicables à la connaissance des crues

Le Rébenty est un ruisseau qui ne dispose pas de station hydrométrique. Le chiffrage (forcément approximatif) des écoulements - et en particulier celui des crues - se fonde donc sur des approches hydrométéorologiques ou hydrauliques intégrant l'information « pluie ». Elles reposent aussi sur des concepts statistiques que les bureaux d'études ont souvent privilégiés par rapport aux processus déterministes de transformation de la pluie en débit.

Caractéristique du bassin-versant du Rébenty <u>en amont de l'A61</u>	
Surface du bv	32,5 km ²
Longueur du chemin hydrographique le plus long	14,5 km
Altitude du point le plus haut du bv	442 m
Altitude du point le plus bas du bv (sous le pont de l'A63)	
Altitude moyenne du bv	225 m
Pente moyenne pondérée	0,016 m/m (pente en long plus forte en amont de la RD119 ; plus faible en aval)
Pluie moyenne annuelle	650 mm

Pluies génératrices d'une crue exceptionnelle

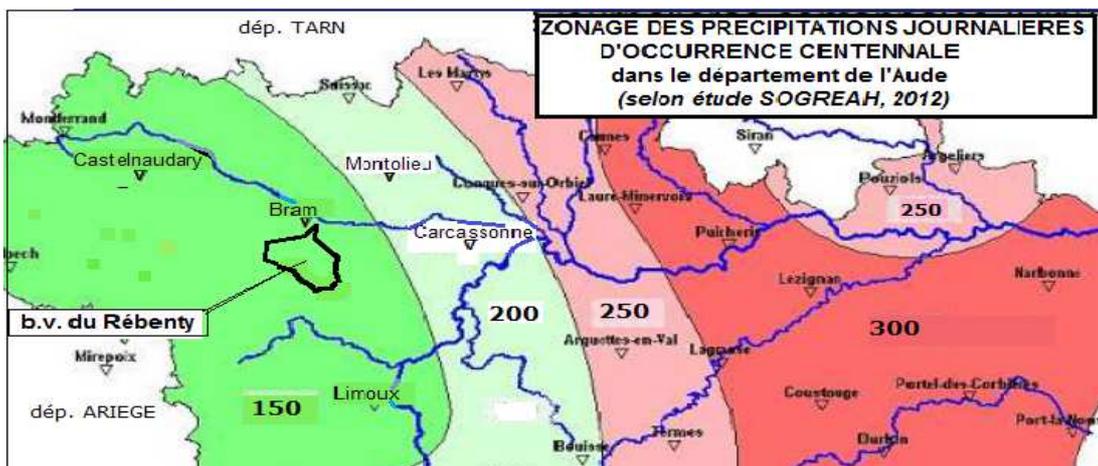
Par delà les approches théoriques, on ne peut ignorer que la région a connu des averses ayant fait l'objet de chiffrages : les 100mm en 2 jours ont été dépassés à plusieurs occasions depuis 1960 (28-29 nov 1968 : 130mm ; 10-11 oct 1970 : 170mm). On note aussi, en 24h, les 110mm au sud-ouest de Carcassonne le 26 septembre 1992 et les 230mm à Salles-sur-l'Hers² le 23 juin 1992 (bourg situé à 28 km du bv du Rébenty).

Dès lors, il apparaît que les 150mm retenus par plusieurs bureaux d'études en tant que pluie journalière centennale n'est pas une valeur surestimée³.

Les formules de Montana permettent d'apprécier l'occurrence (période de retour) d'un événement pluvieux en fonction de sa gravité (mm par unité de temps) pour un lieu (ou petit bv) donné. Sur cette région, des résultats ont déjà été acquis à ce sujet par le bureau d'étude en charge du PPR "bv du Fresquel", notamment sur la commune de Villeneuve-les-Montréal. Nous ne les remettrons en cause, d'autant que nous avons abouti à des valeurs quasi-similaires.

2 On est là à 25 km du bv du Rébenty.

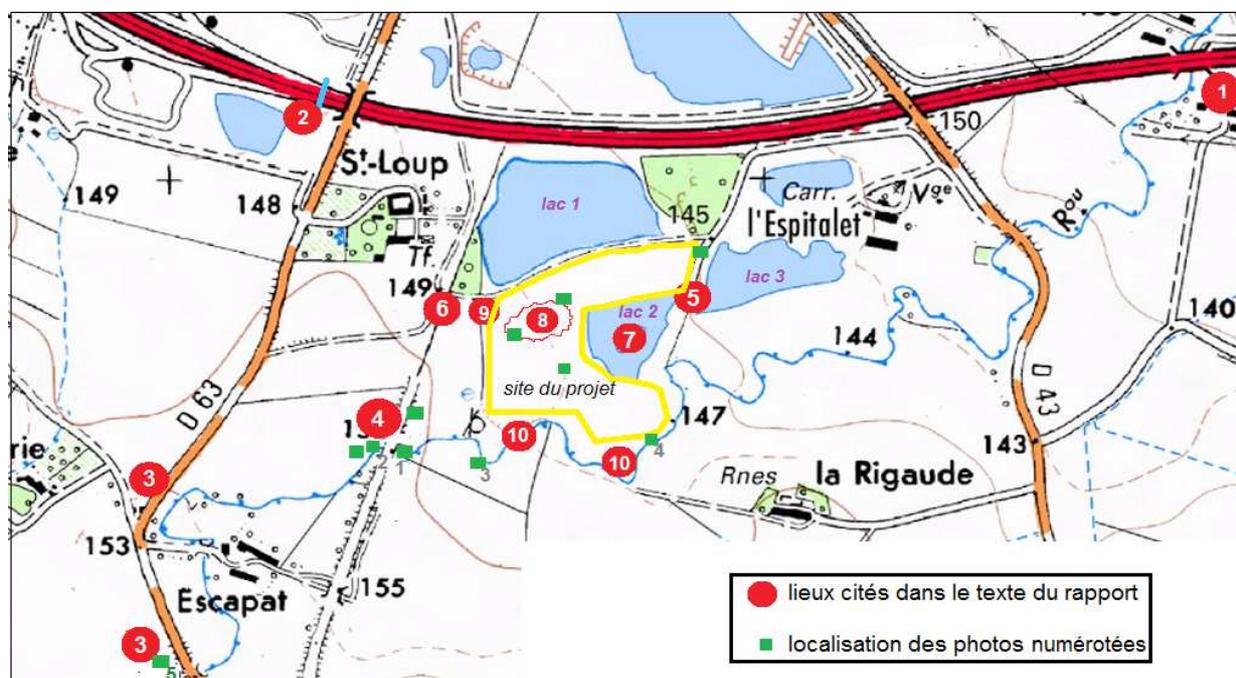
3 Nous choisirons plutôt 160mm puisque, comme laissé supposer par la carte, le bv du Rébenty est peu éloigné de la zone vert-pâle à 200mm.



Le fait de privilégier les fortes averses en 24 h, à composante météorologique orageuse, se justifie pleinement pour le Rébenty, au vu de la dimension du bv. En effet, les perturbations classiques d'origine océanique, par flux de NO à SO, peuvent certes être durables ou répétitives et couvrir de vastes espaces, mais sous des intensités faibles (quelques mm/h).

Intensité théorique des averses-types génératrices des crues du Rébenty	
Pluie journalière* décennale	85mm
Pluie journalière* cinquantennale	120 mm
Pluie journalière* centennale	160 mm
Paramètres de Montana	$a_{100} : 50$ $b_{100} : 0,55$

* En pratique, il s'agit de pluies sur 24h, pouvant être à cheval sur deux jours



LES CRUES

- | -

Caractérisation de la crue centennale. Principes de base

Pour l'estimation des débits de pointe, nous avons relevé dans les documents consultés que certains bureaux d'études ayant travaillé sur ce thème pour la DDT11 ont retenu « la méthode audoise ». Elle semble en effet appropriée, puisque les calculs font la distinction initiale entre bassins de plus ou de moins de 20 km², qui prend ainsi en compte le fait que les petits bv sont plus réactifs aux averses intenses, brèves et localisées. (Effectivement la plupart des bassins versants de ce département présentent une partie "semi-montagnarde" au relief plutôt accidenté, et une partie de plaine ou de piémont, prépondérante dans les bassins versants les plus vastes. Sur ce point, au vu de sa configuration géographique et de sa superficie, le bassin du Rébenty se trouverait en position « intermédiaire » entre les deux types précités).

Les paramètres qui influencent les écoulements et la pointe de crue sont nombreux ; une précision excessive de leur chiffrage serait illusoire. Il s'agit donc, le plus souvent, d'ordres de grandeur.

Il en va ainsi du **temps de concentration** (t_c) du bassin-versant à l'exutoire ou en un point donné du cours d'eau. Rappelons qu'il correspond à la durée que met un filet d'eau provenant du point le plus éloigné de l'exutoire pour regagner ce dernier. Le t_c permet de connaître approximativement le délai d'atteinte du débit maximal en un point donné. Il est fonction de plusieurs paramètres : dimension du bv, pente des versants, pente du lit mineur (cours principal et affluents), part des divers types d'occupation des sols (urbanisation, culture, forêts, prairies, friches...), état saisonnier de la végétation et de la saturation des sols, importance des précipitations antérieures (ces derniers paramètres n'étant pas constants...).

La "littérature scientifique" fait état de plusieurs formules visant à chiffrer ce temps de concentration partir des principaux paramètres précités. Dans le cas présent, les formules SOCOSE et Passini donnent des résultats qui semblent trop longs en temps, à l'inverse de celle de Kirpich (temps qui semble trop court). C'est celle de Giandotti qui semble la mieux adaptée au "bon sens élémentaire", au vu de la configuration topo-géographique du bv du Rébenty (en amont de l'A61). Prenant le cas d'une averse intense de fréquence rare, nous admettrons ainsi que le t_c du Rébenty au droit de l'A61 est de l'ordre de 2,25 h⁴

Le coefficient de ruissellement (part des pluies reçues écoulée par une crue) fait également partie des paramètres à considérer, tributaires des mêmes incertitudes que nous venons de citer. Il peut être de 0,2 à 0,6...

L'évaluation du débit de pointe d'une crue exceptionnelle (type centennial)

L'absence de toute mesure hydrométrique sur le Rébenty pénalise cette évaluation qui passerait, au travers de cas vécus, par l'analyse la réponse du bv (hydrogramme) aux averses... Il y a donc lieu de se référer aux méthodologies théoriques utilisées classiquement par les hydrauliciens. Ces approches et nombre de résultats existent sur les petits cours d'eau du département de l'Aude.

**Pointe de crue Q_x du Rébenty
en amont immédiat* du site du projet**

4 Pour pouvoir utiliser t_c dans les formules, les décimales sont toujours exprimées en dixièmes et non en minutes (2,25 = deux heures ¼).

<i>(chiffres arrondis ; marge d'erreur estimée à 10%)</i>		
	brut (m3/s)	spécifique (l/s/km ²)
Q décennal	40	1230
Q trentennal	65	2000
Q centennal	120	3700

* l'expression « amont immédiat » est délibérément utilisée, de façon à intégrer la question de la diffuence dont il sera question plus loin. Au droit du site stricto sensu, il y a donc lieu de revoir ces chiffres à la baisse...

- II -

Particularités hydrologiques du secteur (qui conditionnent le déroulement des crues)

II.1. Le remblai de l'A61

La doctrine de l'État s'appuie sur le fait que ne sont considérées comme des digues contre les crues que les seuls ouvrages conçus à cet effet. Cette vision des choses est appliquée dans le cadre des PPRi. Tout autre aménagement doit être considéré comme « transparent ».

De ce fait, le remblai qui supporte l'A61 dans toute la plaine au sud de Bram n'est pas « officiellement » reconnu en tant que digue anti-crues. Et ce, bien qu'il soit insubmersible et indestructible par une inondation liée aux cours d'eau venant du sud (Rébenty et Preuille), au vu de sa hauteur au-dessus de la plaine (2 à 4 m) et de sa largeur (plus de 30m à la base, 25m en crête).

[Dans l'étude d'impact élaborée pour Montréal-Energies, cet état de choses n'a pas échappé au bureau ECTARE].

Quoi qu'il en soit, on peut considérer que le remblai constitue un impact aggravant sur les inondations côté sud.

II.2. Le passage du Rébenty sous l'A61 ①

Pour regagner le Fresquel, le Rébenty passe sous un pont qui supporte l'autoroute. C'est là un point crucial pour les inondations, puisque la configuration de l'ouvrage commande les débits évacuables, sachant que c'est là l'unique sortie pour évacuer les submersions accumulées au sud de l'A61.

Avant la construction de l'A61, le large débordement du Rébenty se poursuivait vers l'aval (tel que le figure la cartographie du PPR). Désormais, toute l'inondation au sud de l'A61 doit passer en totalité sous ce pont.

II.3. L'ouvrage de décharge sous l'A61, ②, situé entre l'aire de repos et la RD63, n'est pas conçu pour participer efficacement à l'évacuation des crues importantes du Rébenty, mais pour permettre d'évacuer les eaux susceptibles de s'accumuler au sud de l'autoroute dans ce secteur. En effet, il s'agit simplement d'une buse de section circulaire (Ø 800 mm) à faible pente, en partie obturée par des sédiments et de la végétation. Le débit ne peut pas y atteindre 1 m/s...

- III -

PARAMETRES IMPACTANT LE DEROULEMENT DES CRUES

Quatre facteurs pénalisants :

1) Faiblesse de la pente en long :

A la sortie des coteaux, le Rébenty entame un parcours sur son cône alluvial puis dans le large couloir lauragais où coule le Fresquel (dont il est affluent). Sa pente passe de 4,5 ‰ entre les lieux-dits Bajouli et Escapat, à 3 ‰ entre Escapat le secteur de la ferme de l'Espitalet, c'est-à-dire sur le tronçon qui longe le site du projet et ses abords : sur 1km de linéaire, le fond du lit s'abaisse de 146 à 143 m. En certains tronçons, le fond du lit est quasiment « à plat » (si l'on fait abstraction d'irrégularités ponctuelles) ; on y observe même quelques brefs passages en contre-pente. De ce fait, les courants sont peu élevés en lit mineur par rapport aux tronçons plus en amont, donc incapable d'entonner les même débits. ce qui constitue une cause de débordement.

2) Le méandrage est directement associé à la faiblesse de la pente, puisque le trajet est plus long pour aller d'un point à une autre, par rapport à un tracé direct. Dans le secteur du site, cet allongement est de l'ordre de 25%. De plus, en termes de dynamique, ces sinuosités à répétition participent à la création de surcotes.

3) L'embroussaillage du lit mineur est massif (*photos*). Il est évident qu'en période de crue (surtout d'avril à octobre, quand la végétation est développée), la crue fait face à une rugosité très élevée, générant le ralentissement du flux, donc une surcote avec débordement.

Résultat de 1), 2) et 3) sur les écoulements : le coefficient de rugosité de Strickler est peu favorable à l'écoulement. On peut se référer à la classification admise par la typologie des spécialistes : le lit mineur du Rébenty entre dans la catégorie des *cours d'eau avec méandres et végétation broussailleuse*, ce qui se traduit par un coefficient de 15 à 20⁵.

4) Le profil topographique transversal dans le secteur du projet

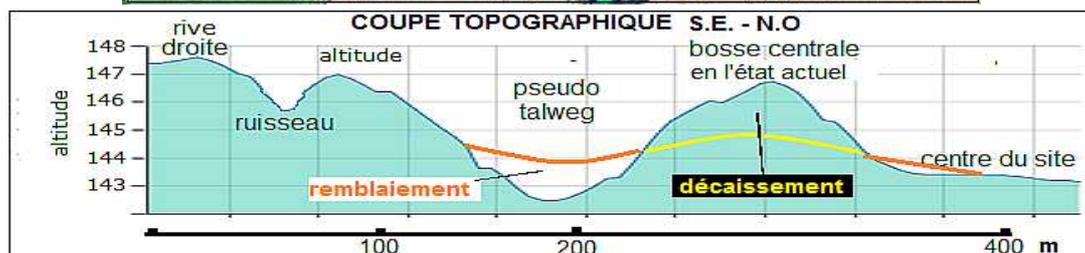
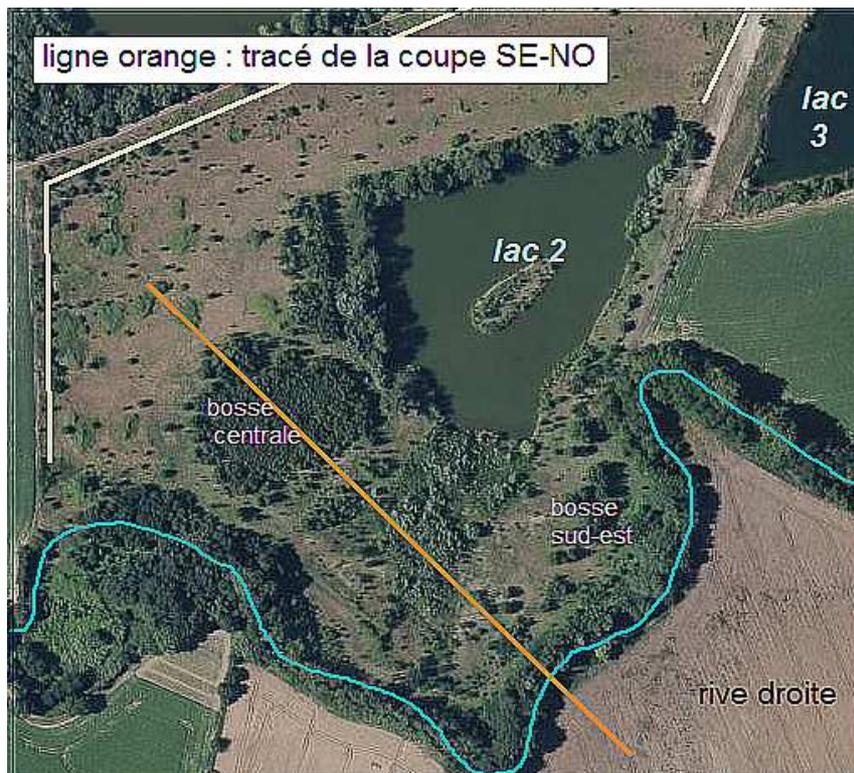
Au droit du projet stricto sensu, comme déjà évoqué, la plaine de rive gauche du Rébenty présente un peu partout un abaissement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du ruisseau et qu'on va vers le centre du site, hormis les deux "bosses" relictuelles des exploitations de granulats.

- le transect sur la partie Ouest du site montre des cotes qui passent de 147-148 m NGF à 143-144 en allant vers le nord ;
- côté aval (partie Est du site), les cotes passent de 146-147 à proximité du ruisseau à 142-143 en se rapprochant de la limite nord du site.

Cette configuration (qui n'est pas exceptionnelle dans les vallées alluviales, même si elles n'ont pas subi des excavations liées aux carrières) constitue un handicap en termes d'inondabilité. Dès que le plein-bord est dépassé en tel ou tel secteur du lit mineur, les débordements s'en écartent franchement pour aller s'accumuler dans les endroits ou axes déprimés.

Nous avons pris en compte l'annonce de travaux de terrassement à réaliser avant installation de la centrale solaire, qui se traduiront par la rehausse de lieux déprimés par apport et régalage de matériaux inertes stockés en surélévation (ou de secteurs non exploités) ; volet qui sera traité dans le § des aléas / hauteur de submersion sur le site.

5 Rappelons que le coefficient de Manning est arithmétiquement l'inverse de celui de Strickler : 15 devient 0,067...



Trois éléments "réducteurs" :

1. La diffluence en amont du site ③

Comme le laisse entendre la plupart des cartes concernant les zones inondables du bv du Rébenty, notamment celles du PPRi, il apparaît qu'une défluviation partielle se produit lors des grosses crues dans le secteur des lieux-dits Le Tambourinaire, Escapat, Ste-Marie. Plusieurs vecteurs morphométriques en sont à l'origine :

- ce tronçon fluvial est affecté par la diminution de la pente (comme dit plus haut) à la sortie du secteur de coteaux ;
- au droit du lieu-dit Tambourinaire, le ruisseau coule encore dans l'axe d'un vallon, puis il entre dans le secteur de plaine (apex de son cône alluvial) ;
- l'encaissement du ruisseau est limité à 3m environ ; sa rive gauche est souvent plus basse.
- la section transversale du lit mineur reste réduite ;
- le ruisseau passe sous deux ponceaux successifs ;
- à Escapat, il décrit un méandre à près de 180° de courbure) assorti d'un rayon court (45m).

Dès lors, on ne peut que confirmer les possibilités de débordement du ruisseau (notamment en rive gauche), dont les eaux ne peuvent pas revenir dans le lit mineur plus en aval...

Le débordement a lieu en rive gauche en amont immédiat du pont de la RD63 (coté 151 sur les cartes IGN, lieu-dit Escapat) et se déplace du sud au nord sur le côté ouest de cette RD puisqu'elle est en léger remblai sur la plaine. Il peut y avoir un autre point de débordement en rive gauche au droit du méandre d'Escapat qui vient frôler la RD.

Les eaux de débordement vont ensuite se répartir sur la plaine de façon diffuse, en direction du N

puis du NO, vers le lieu-dit La Gatette... La forme de la courbe de niveau 150m confirme ce schéma.

Ainsi, Il apparaît qu'en arrivant le long du site du projet, le chenal actif (lit mineur) du Rébenty conduit certes l'essentiel du débit des crues de moyenne importance ; mais que les crues plus fortes sont partiellement "écrêtées" par la défluviation. De plus, (même en l'absence d'observations vécuées), on peut admettre que la part soustraite au lit « normal » du Rébenty est d'autant plus élevée que le débit venant de l'amont est important.

Et ce,

- du fait des conditions défavorables à l'écoulement dans le lit mineur en aval d'Escapat, comme dit plus haut (embroussaillage, pente faible, méandrage) ;
- et du rôle joué par le remblai de l'ancienne voie ferrée, sensible surtout par crue forte. (surcote avec remous hydraulique élevant de 10 à 20cm la ligne d'eau, remontant ainsi en biseau jusqu'au méandre d'Escapat).

Nous nous trouvons dans l'incapacité de chiffrer la part et le débit qui est ainsi détourné du Rébenty. Pour une point de crue de type centennal, **les 90 m³/s** pourraient bien être amputés de moitié... ce qui ne supprime pas le risque de débordement au droit du projet.

2. Le remblai de l'ancienne voie ferrée ④

Il traverse perpendiculairement la plaine inondable. Aux abords du pont, ce remblai dépasse 2,50m de hauteur et est insubmersible. Sur les deux rives, sa hauteur relative au-dessus de la plaine diminue en s'éloignant du pont, mais il reste en légère surélévation sur 150m. Cet aménagement ancien a pour effet de perturber l'avancée amont-aval du flux d'inondation sur une partie de la plaine. L'ouvrage de décharge sous le remblai étant peu efficace (*photo 6*), une surcote se produit en amont de cet obstacle transversal, laquelle peut contribuer au passage - par déversement - d'une partie des eaux vers le bv de la Preuille : en effet, les eaux ont tendance à s'accumuler en amont de l'obstacle (qui cote 150-151m NGF) et peuvent alors s'échapper en partie vers le N.O., en franchissant la RD 63 au nord du lieu-dit Escapat.

3. Le lac central (lac 2) et l'ouverture du site vers l'aval ⑤

Le lac qui est enveloppé par le projet (lac 2) constitue un espace d'appel pour les submersions voisines. Conséquence : les submersions qui envahissent le site du projet se déversent dans ce lac sur trois côtés (ouest, nord et sud), ce qui a pour effet d'aplatir la ligne d'eau sur le site (perte de charge). Surtout, cette fonction va perdurer en phase maximale de la crue puisque le lac va commencer à se déverser vers l'Est (vers lac 3) avant que plein bord ne soit atteint sur l'autre côté, où ses berges et le terrain environnant sont plus hauts.

Le site est donc topographiquement ouvert vers l'Est où le chemin de desserte (NNE-SSO), perpendiculaire au sens amont-aval, présente un ensellement (partie basse) sur plusieurs dizaines de mètres. Ce secteur qui débouche sur le lac 3 se trouve ponctuellement à 142,50 m NGF (et entre 142,50 et 143 m plus généralement). Au-delà vers l'Est (aval), il y a déversement des submersions ayant envahi le lac 2 et le site du projet dans le lac de l'Espitalet (lac 3), qui cote autour de 138 m suivant la saison (+ 1m en hiver hydrogéologique). Et en cas de remplissage total de celui-ci, elles partent vers le petit lac nord (n°4) et enfin plus à l'Est vers la RD43...

4. l'absence de remontée rapide de la nappe

Au droit du site du projet, le niveau des crues dans le lit mineur du Rébenty est supérieur à celui du site (de plus de 3m) et *a fortiori* à celui de la piézométrie. Or celle-ci présente des phases de montée, à l'échelle saisonnière (longues périodes pluvieuses d'hiver ou de début de printemps ; mais elle ne réagit pas instantanément aux brefs abats d'eau pluviométriques ou aux crues rapides et peu durables d'un ruisseau comme le Rébenty. L'inertie des terrains joue son rôle retardateur. Il n'y a donc pas de système de "vases communicants" entre les ressauts fluviaux et la nappe à l'a-plomb du site, mais une réponse différée (qui survient donc une fois passé le pic de crue du ruisseau qui, lui, réagit aux pluies avec un délai court).

L'évaluation des aléas sur le site

Remarques préliminaires et difficultés d'approche

- *Le site du projet est dépourvu de toute information, photo ou relevé sur les crues historiques, mis à part quelques témoignages succincts et peu précis sur des débordements contemporains.*
- *De même, les quelques données archivistiques sur la crue du 23 mai 1910 et du 19 octobre 1940 ne sont que d'une utilité limitée, mis à part le fait d'apprendre que des habitations de Bram ont été touchées par le débordement du Rébenty sur la plaine, qui s'est propagé du sud au nord en s'éloignant franchement du lit mineur de ce ruisseau. Il faut ajouter que le déroulement de telles crues au sud de Bram serait à présent fort différent, du fait de la présence du gros remblai de l'A61 et de vastes dépressions dans ce secteur (carrières alluviales exploitées au cours des dernières décennies).*
- *La complexité des modalités de débordement (difffluence, dépressions en lit majeur, contre-pentes locales, incertitude sur la présence -ou non- d'embâcles d'importance et de localisation imprévisible), met à mal la mise en œuvre la fiabilité de certains logiciels (tel HEC-RAS) pourtant généralement bien adaptés à la saisie des paramètres de submersion en zone inondable. Nous en sommes donc revenu à une démarche d'hydraulique simplifiée (pour reprendre l'expression de l'ancienne DIREN Midi-Pyrénées et du bureau d'études GEOSPHAIR), associée à une analyse de terrain.*
- *Rappel : les estimations chiffrées (ci-après) des aléas sur le site et ses abords prennent en considération le cas d'une inondation par crue de référence. Les résultats seraient évidemment différents pour des événements de moindre gravité.*

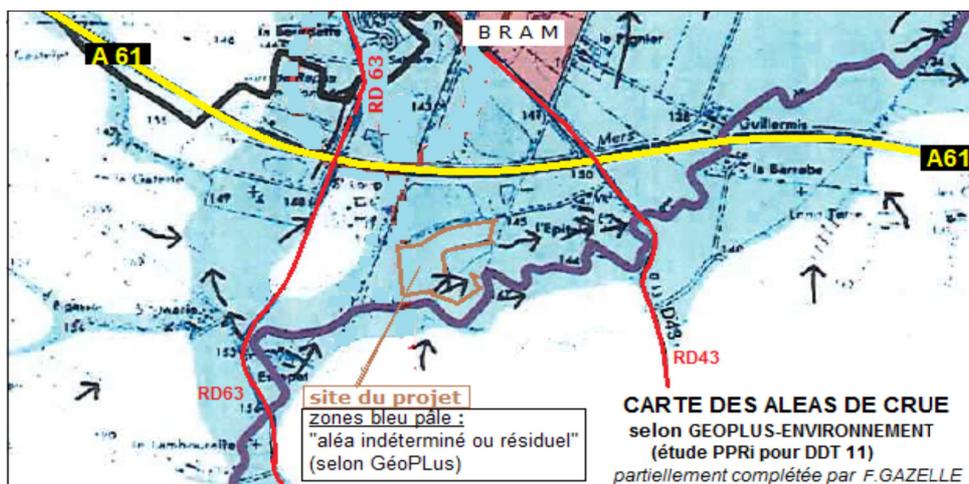
IV.1. L'emprise de la zone inondable. Les secteurs générant les débordements

Les cartographies réalisées à l'occasion de l'élaboration du PPR "bassin du Fresquel", laissent apparaître que le site du projet et ses abords, sur une grande largeur, sont impactés par les débordements du Rébenty qui divaguent hors du lit mineur sur son cône de déjection alluvial et qui remplissent des secteurs en dépression : carrières alluviales désaffectées, partiellement remblayées ou non (lacs). Ces résultats ne sont pas remis en cause par la présente étude, sauf ponctuellement.

Suite aux développements exposés dans les § précédents, nous sommes en mesure de localiser les entrées des submersions sur le site du projet.

- La difffluence du Rébenty en crue dans le secteur d'Escapat prolonge ses flux vers le nord. Il est possible que certains de ces flux se positionnent à l'Est de la RD63, en direction du lieu-dit Saint-Loup, et trouvent un passage vers le lac nord (lac n°1) et vers l'angle NO du site ⑥, en tombant dans la dépression (il y a un dénivelé de 3m entre la plaine agricole et le site, ce qui nous a amené à noter des courants rapides pour la descente des eaux vers le site).
- En dépit de l'écrêtement des crues par la difffluence, le lit mineur du Rébenty en aval du pont de l'ancienne voie ferrée sera sujet à des débordements inévitables. En rive droite (sud) ces débordements seront limités par l'élévation progressive des altitudes de la plaine, ce qui n'est pas le cas sur l'autre rive (site du projet). Deux remarques à ce sujet :
 - Les débordements ne peuvent pas avoir lieu sur la totalité du linéaire. Après un ou deux épanchements, le débit sera réduit et devrait être contenu en aval.
 - Il n'est pas possible de déterminer précisément le ou les secteur(s) où vont se produire les débordements. Le haut de berge est irrégulier (et trop encombré pour procéder à des relevés).

De ce fait, nous avons considéré que la bande de terrain qui se trouve entre le ruisseau et le site, qui transversalement descend vers le nord, peut être sujette à des courants plus ou moins marqués, mais non localisables avec précision.



* L'échelle de cette carte produite par GéoPlus ne permet pas de prendre en compte le détail de l'espace inondable et de sa topographie.

IV. 2. Le scénario de crue sur le site et ses abords

Au vu des éléments exposés précédemment, on peut imaginer qu'une inondation par crue exceptionnelle se déroulera de façon suivante sur le site du projet et ses abords :

Phase croissante⁶

Le Rébenty ne déborde pas encore mais approche du plein bord.

Une diffuence se manifeste vers la gauche, au droit des lieux-dits Tambourinaire et Escapat. Avec l'augmentation des débits, la diffuence se renforce. Au droit du site, l'inondation du Rébenty commence à passer par les points bas de la rive gauche.

Phase maximale

Le remblai de l'ancienne VF retient partiellement le libre écoulement de l'inondation, ce qui génère une surcote en amont et renforce les diffuences autour d'Escapat. Les eaux se dispersent dans la plaine, mais une partie d'entre elles (sous faible épaisseur) gagne les abords du lieu-dit St-Loup, à partir duquel quelques déversements peuvent descendre dans l'angle NO du site PV ou dans le lac n°1 (en fonction des détails topographiques). Ce schéma n'est pas certain, mais son éventualité ne peut être ignorée par crue exceptionnelle.

Au droit du site, le Rébenty déborde en rive gauche en 2 ou 3 endroits, avec invasion des points bas et déversement dans le lac central ⑦ (lac n°2). Et ce, bien que la diffuence amont (Escapat) prenne en charge une part plus importante (en brut et en %) des débits venus de l'amont, mais sans écrêter suffisamment le pic de crue dont les débordements affectent la quasi-totalité du site.

La submersion du site est atténuée du fait de l'attraction exercée par le lac 2, qui cote entre 139,5 et 140,5 selon la saison hydrogéologique) donc en contrebas de 2 à 3m par rapports aux terrains avoisinants. Les flux de submersion sur le site du projet convergent donc vers ce lac, qui se remplit jusqu'à son débordement par dessus sa berge la moins élevée, c'est-à-dire côté Est, à l'extérieur du site PV. Ce secteur ⑤, qui cote autour de 142,5 et plonge ensuite vers le lac 3 (à 138 - 139 m suivant la saison), évacue la crue de l'ensemble du site du projet.

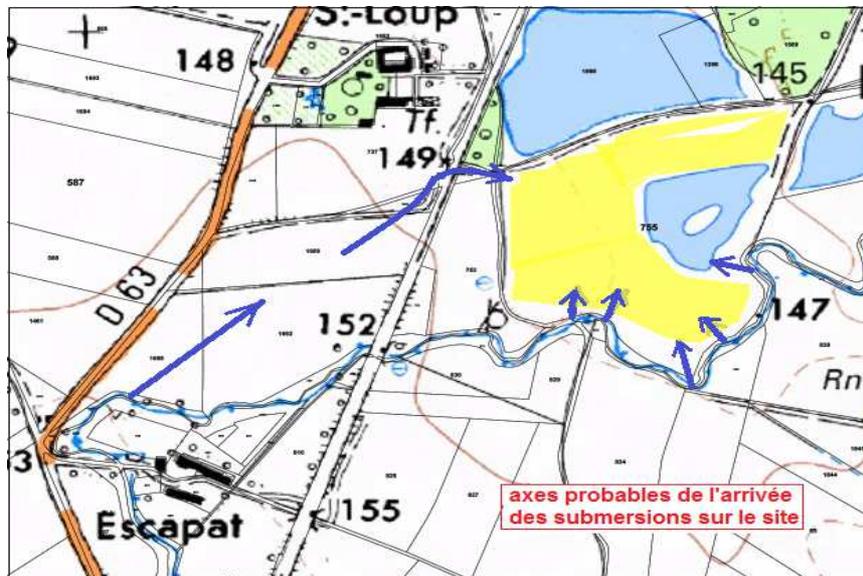
Quoi qu'il en soit, tous les secteurs du site cotés à moins de 145m dans la partie ouest et de 143,50m dans la partie Est sont inondés, mais sous une profondeur qui est fonction des irrégularités de la topographie locale (voir § IV.4.)

Phase de décrue

En périphérie du site, la vidange de la plaine est lente, du fait de la platitude des lieux et du blocage constitué par l'A61. Les eaux de submersion mettent du temps à se concentrer pour regagner le

⁶ "crue" stricto sensu.

chenal du Rébenty, ce qui se produit au-delà de la RD43, avant le passage sous l'A61.
Sur le site du projet, il va sans dire que les secteurs déprimés ⑧, privés de sortie topographique marquée (pente infime), vont voir leur submersion pelliculaire prolongée, une fois évacuée le gros de la masse d'eau via le lac 2.



IV. 3. Vitesse des courants : disparités transversales et locales

En théorie, la vitesse de courant peut s'estimer à partir d'une formule dérivée de celle de Chézy et fondée sur trois paramètres essentiels :

$$V = K (i \cdot R)^{0,5}$$

avec V exprimé en m/s ; K le coefficient de frottement (rugosité) ; i l'indice de pente ; et R le rayon hydraulique ; paramètres que nous allons examiner et appliquer à notre cas local, ce qui va nous conduire à admettre que les choses sont beaucoup moins simples en passant de la théorie à la pratique...

- La pente en long du terroir inondable est l'élément principal. Il conditionne aussi la pente de la ligne d'eau.

La pente amont-aval de la zone inondable de ce secteur est fortement perturbée par les bouleversements relictuels des anciennes extractions de granulats. Dans ce type de configuration, il est évident que la ligne d'eau présente une pente qui lisse les irrégularités topographiques. Les relevés altimétriques qui nous ont été communiqués sont exploitables à cet effet si l'on fait abstraction des irrégularités de détail.

L'axe amont aval du site (400m) du projet stricto sensu présente une pente longitudinale globale de 0,3 %. Mais les rebords ouest et sud du site (d'où provient l'inondation) sont nettement plus hauts, ce qui génère localement des pentes nettement plus fortes (5 à 8%). Ainsi, en cas de débordement sur la partie N.O. du site stricto sensu, la vitesse des courants est conditionnée par le ressaut topographique qui marque la séparation entre le côté amont (plaine agricole) et le site décaissé par les anciennes extractions granulats ⑨ : on perd 3 m sur une distance de 40m... (pente de 7%, dirigée vers l'ouest du site).

Ce caractère est un peu moins marqué sur le rebord sud et sud-est du projet ⑩, en rive gauche du Rébenty : pente autour de 4%, dirigée vers le lac central n°2 et le centre du site.

Dans les deux cas, il ne faut pas omettre le rôle de frein joué par la clôture du parc photo-voltaïque, laquelle se trouve en pied de descente...

En intégrant ces deux secteurs amont (parcelle agricole à l'ouest ou haut de berge du Rébenty au sud) la ligne d'eau de la crue exceptionnelle sur le site et ses abords présente une pente longitudinale de 1,5 %.

- Le coefficient de rugosité de STRICKLER. Nous avons déjà évoqué ce point. Retenons les valeurs suivantes sur le site du projet applicable à partir d'une typologie de terroirs, figurant dans les études scientifiques générales. Pour notre site, nous retiendrons la rubrique et les valeurs suivantes :

- en l'état actuel : *plaine inondable avec herbes hautes et buissons ou broussailles* : 20-25
- après réalisation du projet : *prairie, espaces herbeux sans broussailles, non cultivés* : 25-30.

- Le rayon hydraulique : il s'agit du rapport du périmètre de la section mouillée à sa section transversale ($R = S/P$, exprimé en mètres). Dans le cas d'une zone inondable relativement large par rapport à la hauteur d'eau, R n'a rien de comparable avec celui d'un chenal fluvial (lit mineur) tout en intégrant indirectement la rugosité (R est de l'ordre de 0,25 sur le champ d'inondation de rive gauche, et de 0,7 dans le lit mineur à plein bord). Mais il n'est pas pertinent d'utiliser ici ce paramètre puisque le champ d'inondation (sur le site du projet) est déconnecté du cours du ruisseau et qu'il est perturbé par la présence d'un lac...

Conclusions sur les vitesses des courants de crue affectant le site :

Sur le secteur de plaine inondable en question (hors lit mineur), la vitesse des courants d'une crue exceptionnelle est inégale, en fonction des différences de pente et des mises en charge locales liées à des obstacles à l'écoulement ou, inversement, des pertes de charge qui accélèrent le mouvement du flux. Plus précisément :

- Sur les portions de plaine situées à l'extérieur (ouest et est) du site du projet, on peut tabler sur une vitesse moyenne comprise entre 0,4 et 0,6 m/s.

- En bordure ouest et sud du site ⑨ ⑩, on peut avoir sur les flux qui plongent dans la dépression centrale :
 - supérieurs à 1 m/s côté ouest du site ;
 - et autour de 0,5 / 0,7 m/s sur la bordure sud (par débordement direct du lit mineur et redescente vers le site et le lac n°2).
- Sur le centre (= la plus grande partie) du site du projet, les courants demeureront inférieurs à 0,5 m/s..

Il serait illusoire de rechercher une précision supérieure pour l'ensemble de ces données chiffrées.

Pour information : la vitesse en lit mineur du Rébenty, déjà évoquée, n'est guère plus élevée que sur la plaine inondable, bien que le courant soit contenu entre des berges hautes de 3 m environ, générant des profondeurs de cet ordre en crue et un rayon hydraulique beaucoup plus favorable aux vitesses. Mais nous avons vu plus haut (§ III) que la faible pente longitudinale, le méandrage et l'encombrement végétal du chenal sont fortement pénalisants pour la vitesse. Celle-ci est inférieure à 1 m/s dans l'axe central de la section mouillée, et à 0,50 m/s sur les côtés et le fond.



IV. 4. Hauteurs de submersion

En dépit de l'absence de relevés hydrométriques, de témoignages et de repères de crue, il est cependant possible d'aboutir à un chiffrage de "l'épaisseur d'eau" sur les terrains, telle qu'elle se présenterait par crue exceptionnelle (référence). En termes d'extension spatiale (déjà évoquée), une telle configuration se calque sur la carte des zones inondables et de leurs limites. Le niveau (cotes d'altitude) de ces limites d'amont en aval sont théoriquement utilisables. On croise ensuite ces données avec les relevés topographiques pour évaluer l'épaisseur de submersion. Néanmoins, dans le cas présent, ce schéma de principe n'est pas applicable sans précaution, du fait de la complexité des écoulements de crue hors lit mineur et des irrégularités de la topographie de détail

Sur les rebords ouest et sud du site, les profondeurs sont faibles, car elles sont associées à des écoulements rapides sur pentes marquées, donc peu épais, comme dit plus haut. Sans être « pelliculaires » les hauteurs d'eau ne peuvent pas dépasser quelques décimètres localement (micro-chenaux où vont se concentrer les flux de débordement).

Le fond central du site, en creux relatif, voit les eaux « stationner », quel que soit le débit venant le couvrir.

Cependant, le lac central (n°2) sert « d'appel au vide » (perte de charge) pour les submersions du voisinage immédiat. Comme expliqué plus haut (IV.2. Phase maximale) la hauteur d'eau maximale de ce lac est alors réglé par sa sortie, côté Est, au-dessus du chemin de desserte et de ses abords ⑤ qui cote 142,30 à 142,80 m, avec retombée rapide vers le lac 3 (d'où une perte de charge). Ce dispositif implique que la ligne d'eau de l'évacuation des crues est à environ 143 en sortie du lac 2 (et sur la partie du site PV qui le borde). Or, vers l'amont, sur le site PV, la ligne d'eau est peu inclinée du fait de la platitude des lieux et du fait de la proximité du lac (qui, lui, reste quasiment "à plat").

Prenant en compte des divers vecteurs, nous arrivons à un niveau NGF de l'inondation de l'ordre de 143,50 sur la partie centrale du parc photovoltaïque⁷. De ce fait, on peut avoir une hauteur d'eau de 0,80 m d'eau dans les quelques secteurs où la topographie est inférieure à 142,80 (le point le plus bas étant à 142,70 sur cette partie centrale)

Les aplanissements et régallages envisagés par le projet ne changent pas la situation des points bas qui sont au centre du site. Ils diminuent les hauteurs d'eau envisagées dans les secteurs remblayés (en fonction, évidemment, de la hauteur de recharge...). C'est le cas dans le "creux" sud-est qui passera pour l'essentiel de 143,50 / 144,30m à 144,30 / 145,50m.

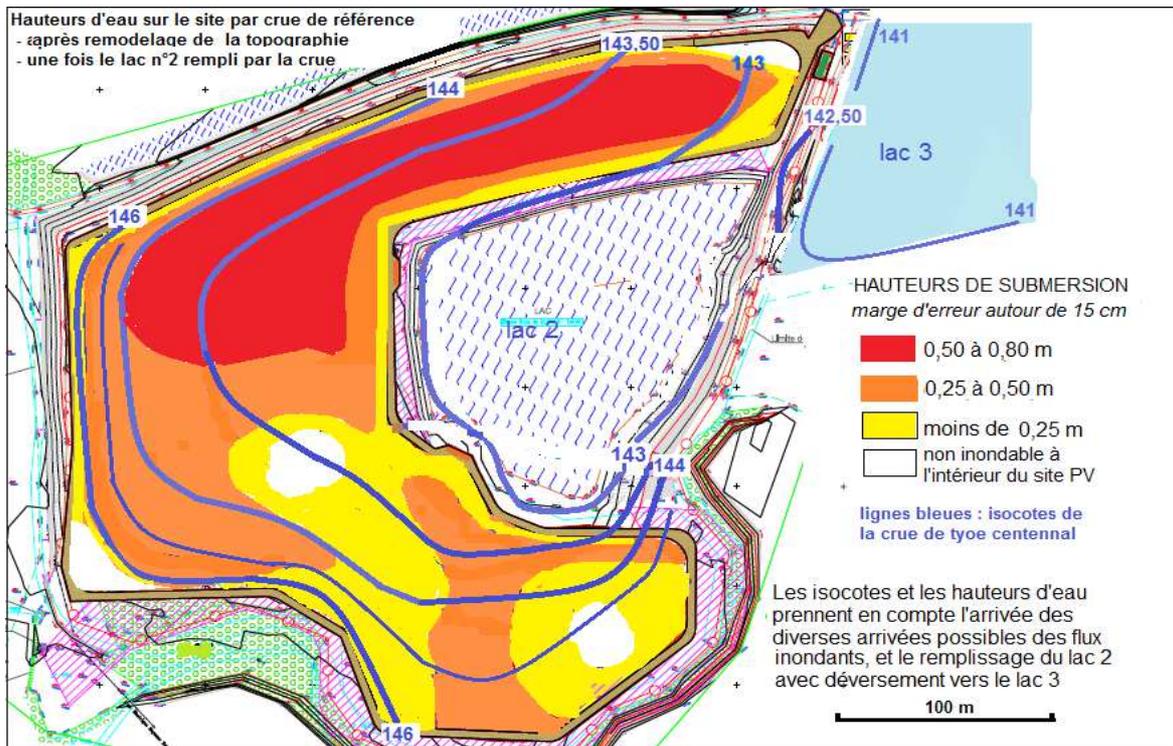
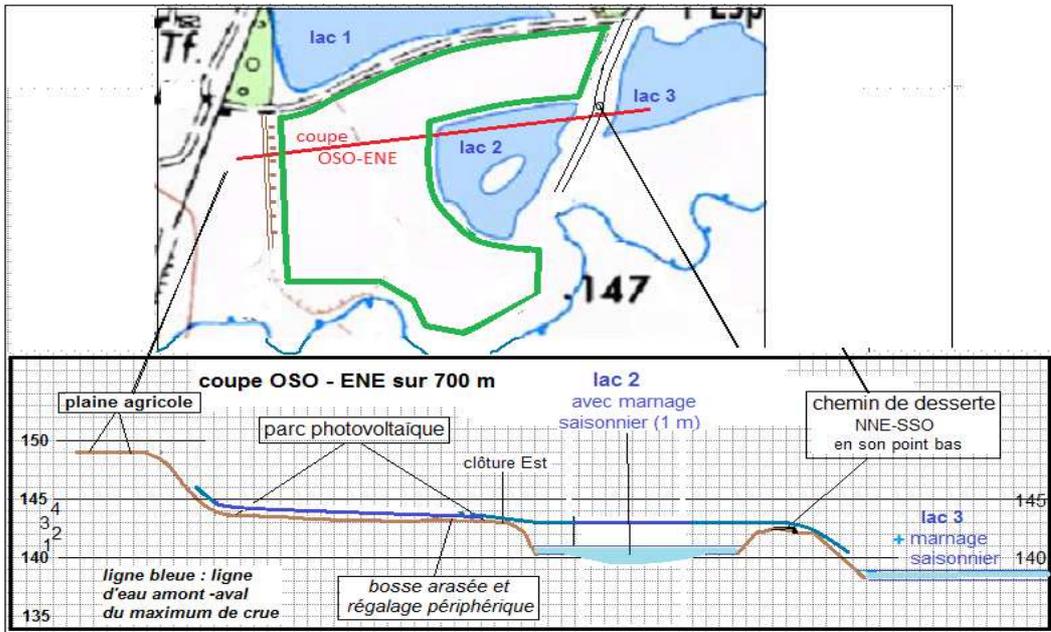
Les secteurs actuellement en surélévation devraient perdre leur privilège d'exondation totale, mais seront submersibles sous moins de 0,5m d'eau, ou voire hors d'eau. La bosse sud-est perd plus de 1,50m dans sa partie supérieure ; perte qui - évidemment - va en diminuant en périphérie du sommet. Cette bosse passera ainsi, pour l'essentiel, de 144,50 / 147m à ≈143,50 - 144.

Le principe est semblable pour la bosse centrale dont le sommet qui culmine à plus de 148m sera raboté de 1,60 à 2m ; valeur décroissante à partir du sommet. Ce rabotage s'arrête schématiquement aux abords de la cote 145 (avec quelques variantes). Les terrains alentours, qui cotent actuellement entre 143 et 144,50m seront rehaussés en grande partie de 0,5 à 1m.

Les secteurs les plus bas du site actuel (142,70 - 142,90m) dans sa partie centrale ne seront pas remblayés.

Les cartes ci-après synthétisent ce que l'on peut déduire de ces investigations.

⁷ cette évaluation tient compte des 10 à 15 cm de cm de surcote due à la clôture Est, qui affecte le côté amont, c'est-à-dire l'intérieur du site.



- V -

IMPACTS DU PROJET SUR LES ALÉAS DE CRUE

Par principe, toute implantation d'installations en zone inondable ou tout changement apportée à sa topographie est susceptible de générer des conséquences aggravantes sur le déroulement des crues et la soumission des enjeux au risque.

Dans le cas présent, nous retiendrons les volets ci-après, dont certains se recoupent partiellement :

V. 1. Les effets des réaménagements topographiques

Le dossier présenté par le porteur du projet mentionne que les terrains seront en partie remodelés, dans le but de ne pas implanter les matériels de la centrale solaire sur un espace chaotique. Ainsi, schématiquement, certains secteurs qui constituent une "excroissance" seront rabotés pour être déplacés et régalés dans les endroits en creux.

Le décaissement ou rabotage touche deux secteurs et atteindra de 0,20 à 2 m, en fonction du niveau actuel :

- Dans le secteur central, sera décaissée la majeure partie des terrains cotant plus de 145,50 m NGF, avec remblaiement de la périphérie qui sera relevée de 0,20 à 1,50 m.

Ainsi, le sommet qui dépasse 149 m sera décaissé de 2 m... On passerait donc à 147m. Les vastes secteurs qui cotent autour de 146,50 - 147,50 m seront décaissés de 0,40 à 1,20 m.

- La bosse sud-est sera décaissée de 0,6 à 1,40 m en fonction de la hauteur actuelle, aboutissant à un ensemble compris entre 144,80 à 146. Les creux du S.E. du site seront rehaussés de 0,30 à 1,20, selon les endroits, ce qui donnera des cotes comprises entre 145 et 145,75 pour l'essentiel.

Ainsi, l'aplanissement d'une partie de la topographie du site (recherchée pour réaliser le projet) permet de raboter les bosses tout en rehaussant les secteurs les plus bas, même si la platitude générale n'est pas envisageable. Étant donné que l'exploitation extractive ancienne a fortement décaissé ce secteur et que le volumes des bosses relictuelles ne peut pas combler les vastes parties en creux jusqu'à restituer le TN d'origine, le site restera globalement en contrebas, donc inondable par crue exceptionnelle du Rébenty. Dans ce cas, le niveau du ruisseau va dépasser le plein-bord qui se répartit de 146 à 144m d'amont en aval le long du site. Des débordements localisés peuvent se produire, affectant le site photo-voltaïque qui demeurera plus bas.

Il faut surtout retenir qu'il n'y aura pas d'apport de matériaux extérieurs sur le site.

V. 2. L'impact sur la capacité volumétrique du champ d'expansion des crue

Dans l'esprit de la réglementation nationale des PPRi, l'État retient la préservation des champs d'épandage des crues dans les secteurs sans enjeux. A ce titre, il y interdit les aménagements qui réduiraient de façon sensible la capacité volumétrique d'accueil des débordements.

Un parc photovoltaïque - d'une manière générale - ne porte que modestement atteinte à cette capacité. Ce qui est confirmé dans le cas du projet examiné, si l'on totalise les volumes de la partie (basse) des installations, matériels et aménagements, susceptible de « tremper dans l'eau » par crue exceptionnelle :

- onduleurs et poste de transformation, sur remblai : ils sont posés sur remblai de 1,10m considérés comme insubmersibles, totalisant une surface de 90 m² compte tenu de leur piétement. Il n'est pas dit qu'ils soient implantés dans les secteurs affectés par les plus fortes submersions... On retiendra néanmoins la vision la plus pessimiste, soit une volume de 100 m³ soustraits au champ d'inondation.

- pieux de soutien des tables : environ 50 m³ pour les 2000 pieux ;

- clôture : compte tenu de sa longueur (1250m), de l'espace de 20cm laissé au dessus du sol

pour le passage de la petite faune, et du maillage (10x10 cm), du diamètre des fils (6mm) et compte tenu enfin que la dite clôture trempera la submersion sur hauteur moyenne approximative de 0,70m (à laquelle il faut soustraire les 20cm précités), le volume global soustrait au champ inondable est inférieur à 0,5 m³.

La soustraction portée à la capacité du champ d'inondation n'apparaît donc pas significative..

V. 3. Les effets hydrauliques de la clôture

Les effets aggravants de toute clôture sont essentiellement dus au manque de "transparence hydraulique" du grillage. Les 9 ha du parc photovoltaïque stricto sensu seront encadrés par une clôture sur 1270 m et de 2 m de hauteur. Elle est constituée d'un maillage de 10 x 10 cm, avec fils de Ø 6 mm, et poteaux métalliques de tenue tous les 3 ou 5 m. Un espace d'une vingtaine de cm sera laissé en pied de clôture pour le passage de la petite faune.

De ce fait, on peut considérer que la transparence hydraulique⁸ de cette infrastructure est supérieure à 90 %. Ce constat est certes favorable aux écoulements, mais on se doit d'envisager une forte diminution de cette transparence en cas de formation d'embâcle, qui sera stoppé sur la face amont de la clôture. En zone inondable, ce phénomène est en effet assez systématique, mais imprévisible dans son ampleur et sa localisation précise...

Un tel embâcle concernera en priorité la face externe de la partie de clôture qui est en amont (ouest) et celle qui, au sud du site, longe de près ou de loin la berge du Rébenty.

Les conséquences hydrauliques du phénomène se traduiront par une surcote localisée, un ralentissement des courants face à la clôture ; mais inversement leur accélération par ceux qui devront contourner l'obstacle.

Il est évidemment impossible de chiffrer ces effets aggravant sur les aléas, puisqu'ils dépendent du taux d'obturation relative générée par l'embâcle et sa localisation...

Toutefois, les impacts aggravants seront d'étendue fort limités puisque la clôture se trouve en contrebas des rebords topographiques qui cernent le site.

V. 4. Effets de cumul

Toute étude d'impact se doit de prendre en compte l'éventualité d'effets cumulés sur l'environnement ; c'est-à-dire - en ce qui nous concerne - de vérifier que le projet ne concourt pas à l'addition d'impacts générés par d'autres projets ou d'autres réalisations affectant la zone inondable ; et qui, jugé(e)s au cas par cas, apparaîtraient comme peu sensibles.

Il apparaît que cette question ne se pose pas sur l'essentiel du linéaire de vallée du Rébenty.

V. 5 Risques pour le projet lui-même et les installations

La présente étude confirme le caractère inondable du projet.

En termes de hauteur de submersion, les modifications apportées à la topographie, telles que prévues, réduiront en partie la profondeur des eaux en périphérie des "bosses" actuellement présentes sur le site, et qui seront écrêtées. Par crue centennale, des submersions comprises entre 0,50 et 0,80m sont à attendre dans les endroits les plus vulnérables, que nous avons localisés au centre du site.

En termes de vitesses de courant, la plus grande partie du site PV sera soumis à des courants faibles (moins de 0,5 m/s) ; mais sur les rebords du site (tels que cartographiés), les installations pourront être exposées à des flux de plus de 0,5 m/s, voire localement autour de 1 m/s lors de la phase croissante et culminante de la crue stricto sensu⁹.

⁸ Expression qui exprime la part des « vides » par rapport à la surface totale (verticale), l'autre part étant dite opaque.

⁹ "crue" par opposition à la décrue

CONCLUSION SYNTHETIQUE

Il ressort de cette note technique que le projet de parc photo-voltaïque se situe dans une zone inondable au fonctionnement complexe. D'où les incertitudes et les approximations qui subsistent sinon dans notre analyse, du moins dans les chiffrages que nous proposons.

Il faut rappeler que l'étude se place dans la configuration d'une crue paroxysmique, de fréquence rare, ce qui se traduit, pour le projet, à envisager les conditions les plus pessimistes.

Pour une crue de type centennal, le site du projet serait ainsi soumis à un aléa "faible à moyen", à l'écart de courants importants, sous une hauteur d'eau presque partout inférieure à 50cm, mais pouvant atteindre 70 à 80cm en certains endroits, d'autant qu'il s'agit d'un espace anciennement décaissé, avec une sortie topo-hydrologique amont-aval peu marquée.

Le projet ne générera pas d'aggravation des aléas pour les enjeux de voisinage ou les crues sur le cours du Rébenty, et ne portera pas atteinte au champ d'expansion des crues.



Quelques références consultées

- DDT de l'Aude : *Plan de prévention du risque inondation sur la commune de Trèbes. Rapport de présentation*, SOGREAH, 2012.
- DDT de l'Aude *Note de présentation du PPRi bassin-versant du Fresquel*. BRL, 2011.
- DDT de l'Aude *Étude des aléas d'inondation sur la commune de Villeneuve-lès-Montréal, et note de présentation*, SOGREAH, 2012
- *Uncertainties in roughness coefficients and difficulties of interpretation in riverine situations*, in Hydrological processes, III, 2006 et sur le site www.aquadoc.fr / crues et inondations.

PHOTOS

(voir localisation en page 3)



1



2



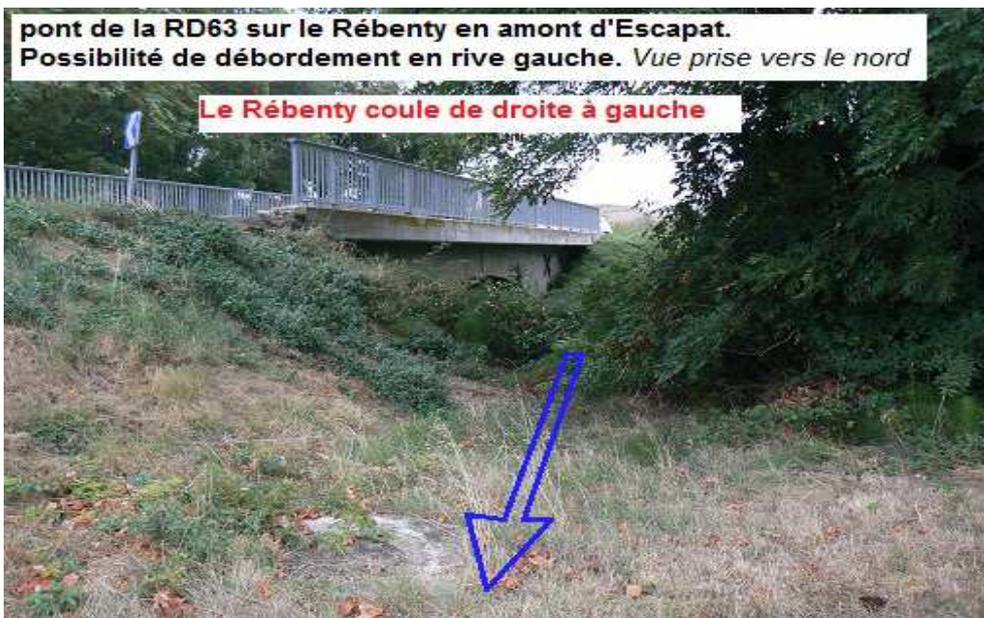
3

Le lit mineur du Rébenty au droit du projet (2)



4

**pont de la RD63 sur le Rébenty en amont d'Escapat.
Possibilité de débordement en rive gauche. *Vue prise vers le nord***



5

sortie (côté aval) de l'ouvrage de décharge sous le remblai d'accès au pont de l'ancienne VF (rive g.)
... débroussaillée pour les besoins de la photo...

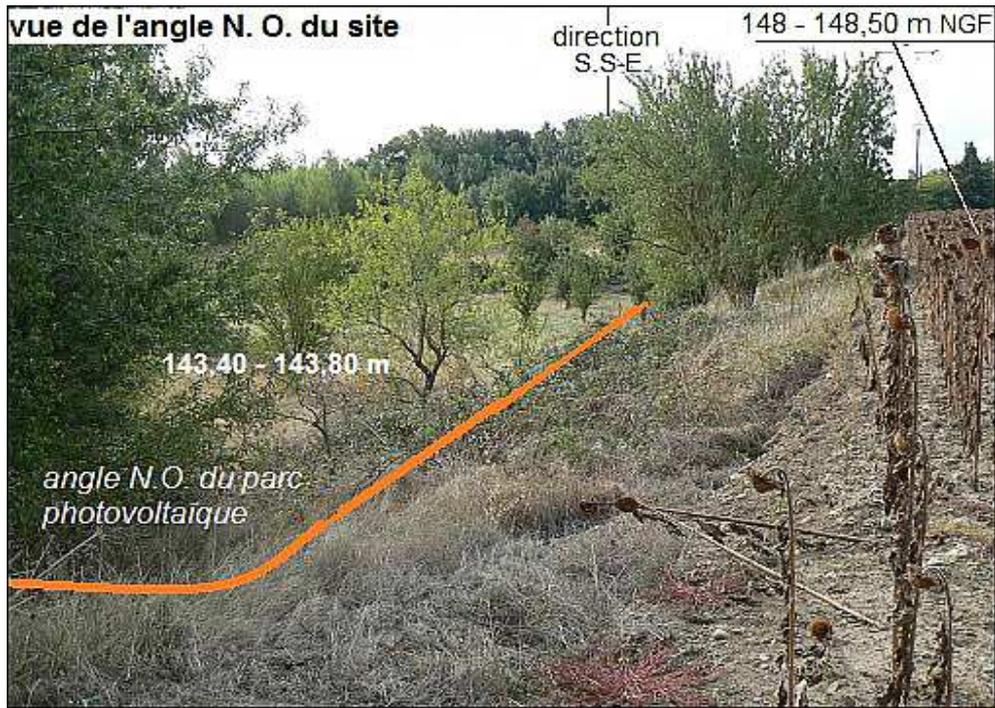


6

L'espace principal du site "en creux". Au fond, le remblai du chemin de desserte, derrière lequel se trouve le lac nord (lac n°1)



7



8



9



10



11