



Analyse du risque inondation des Terrasses de Cavald'Or au Lavandou.

Note d'expertise hydraulique



Analyse du risque inondation des Terrasses de Cavald'Or au Lavandou.

Note d'expertise hydraulique

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
1	Version initiale	PBT	CKI	11/12/2025

ARTELIA
GRAND LARGE – 7 BOULEVARD DE DUNKERQUE – 13002 MARSEILLE – TEL 04 91 17 00 00

ARTELIA

SIEGE SOCIAL – 16 RUE SIMONE VEIL – 93400 SAINT OUEN

1. Objet de la présente note.....	3
2. Localisation.....	3
3. Contexte hydrographique.....	4
4. Fonctionnement en crue du ruisseau de Quicule et dynamique des écoulements	5
5. Caractérisation de la pluie du 20 mai 2025.....	5
6. L'évènement du 20 mai 2025 dans le secteur des terrasses de Cavald'Or	8
7. Modélisation hydraulique de l'épisode du 20 mai 2025	9
7.1. Le modèle mathématique.....	9
7.2. Hydrogrammes.....	14
8. Perspectives.....	15

1. OBJET DE LA PRESENTE NOTE

Lors de l'épisode pluvieux du 20 mai 2025 au Lavandou (Var) des précipitations exceptionnelles se sont abattues sur le bassin versant du ruisseau de Cavalière, provoquant d'importants dégâts et des pertes en vies humaines.

Le lotissement Les Terrasses de Cavald'Or a été dramatiquement touché puisque deux personnes y ont perdu la vie dans l'inondation de leur logement.

L'objet de la présente note est d'expertiser le phénomène du 20 mai 2025 et ses conséquences dans ce secteur et de caractériser la dangerosité du site et ses modalités de mise en sécurité..

2. LOCALISATION

Le lotissement les terrasses de Cavald'Or se situe en bordure du ruisseau de Quicule dit aussi vallon de Cavalière.

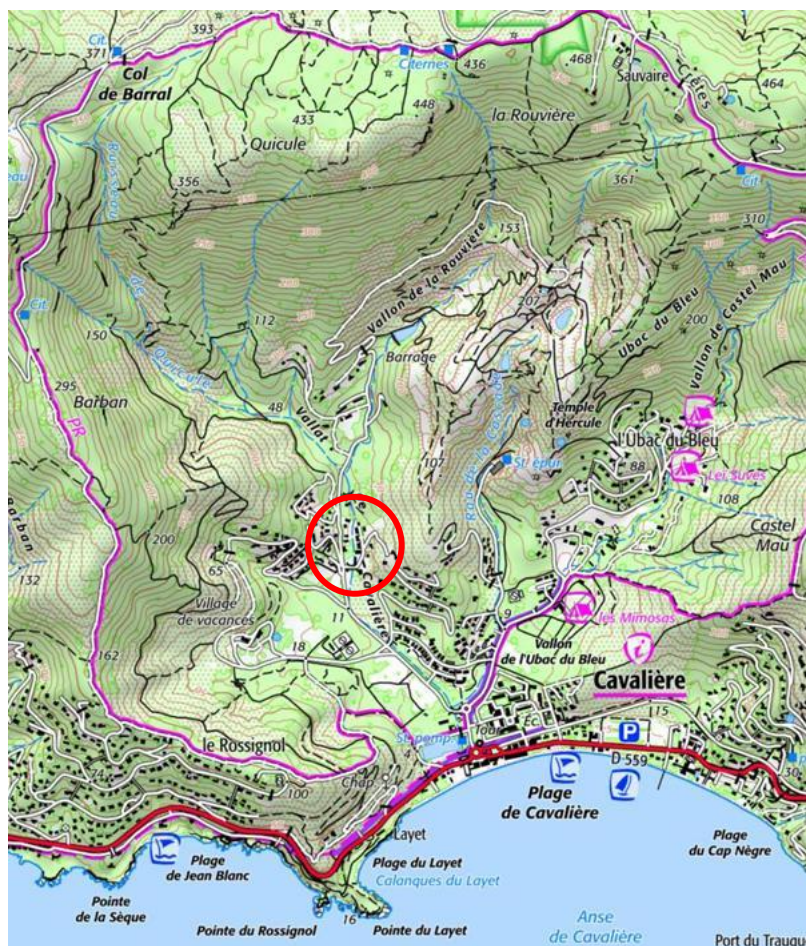


Figure 1 : localisation des habitations concernées par la présente note

3. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Le bassin versant du ruisseau de Quicule au droit du lotissement s'étend sur 287 hectares

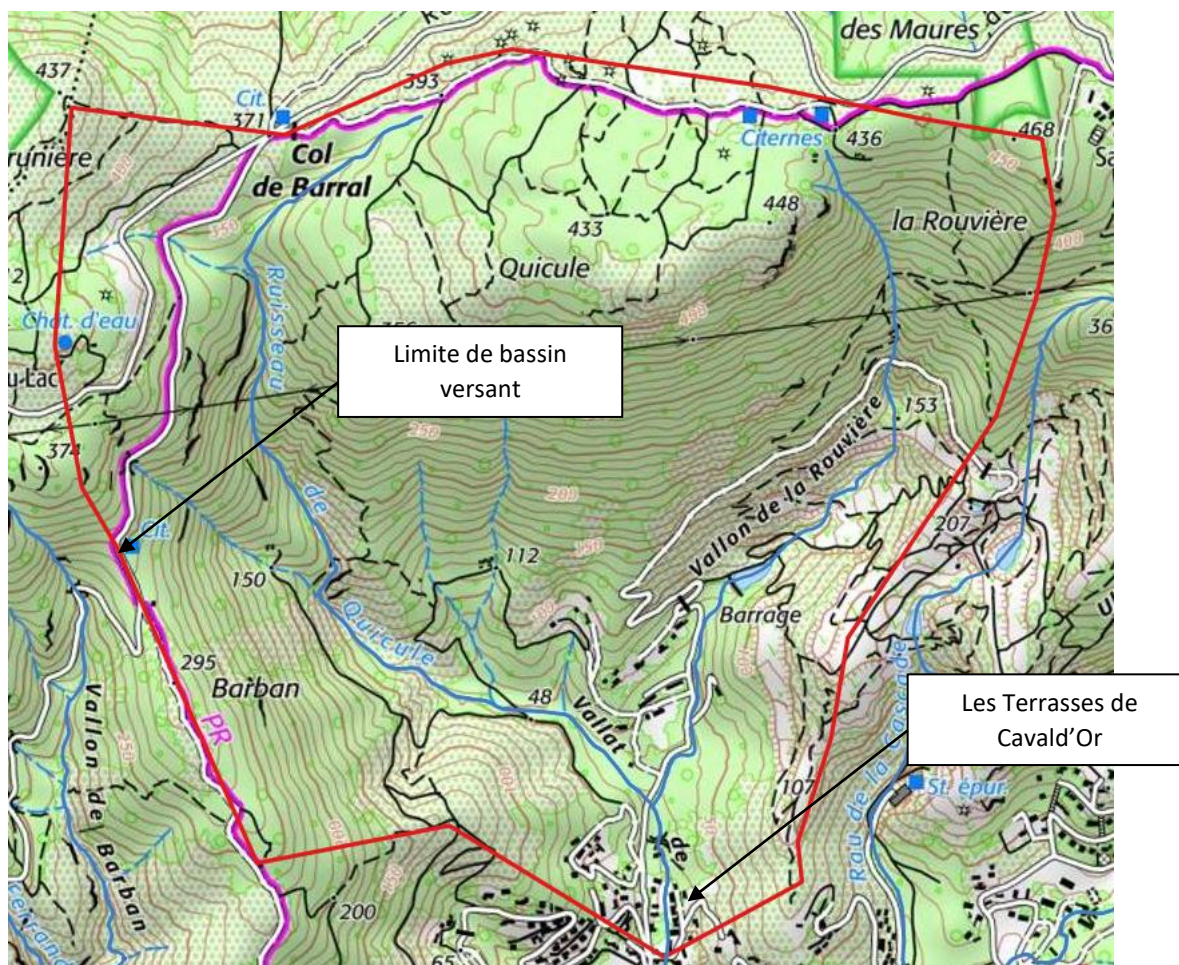


Figure 2 : bassin versant intercepté au droit des Terrasses de Cavald'Or

La partie Ouest du bassin versant est drainée par le ruisseau de Quicule tandis que la partie Est alimente le vallon de la Rouvière. Les deux ruisseaux convergent quelques dizaines de mètres en amont du lotissement.

Le ruisseau de Quicule est intermittent. Il coule seulement en temps de pluie.



Figure 3 : ruisseau de Quicule au droit des Terrasses de Cavald'Or

4. FONCTIONNEMENT EN CRUE DU RUISSEAU DE QUICULE ET DYNAMIQUE DES ECOULEMENTS

Le bassin versant du ruisseau de Quicule est de petite taille : seulement 1800 m entre la ligne de crête et le lotissement des Terrasses de Cavald'Or avec des pentes très élevées, ce qui en fait un bassin versant très réactif qui produit beaucoup de ruissellement et de forts débits en peu de temps. En moins de 2 km le bassin versant passe d'une altitude de plus de 400 mètres à moins de 40 mètres.

Ce bassin versant est naturel et boisé, il n'est pas urbanisé. Ce sont donc des terrains naturels à fortes pentes qui produisent un ruissellement intense, qui accumule des quantités d'eau très élevées dans les deux ruisseaux/vallons qui convergent juste à l'approche du lotissement.

Cette configuration est extrêmement pénalisante du point de vue du risque car les temps de parcours de l'eau sont très courts et la vitesse de montée des eaux élevée comme en témoignent les hydrogrammes que nous avons reconstitués par le calcul et présentés dans ce qui suit.

Au-delà de la forme du bassin versant, sa proximité avec la mer qui apporte de l'air chaud et humide, la rapide montée du relief (à 2 km de la mer nous sommes à plus de 400 m d'altitude) qui entraîne une chute rapide de la température de cette masse d'air humide accompagnée d'une condensation massive entraînant des précipitations intenses. Si cet air est « coincé » contre les reliefs il peut se produire des phénomènes convectifs qui alimentent durablement les précipitations.

Dans un contexte de réchauffement de la température marine avant et après l'été, où des perturbations peuvent déclencher un phénomène tel que celui qui s'est produit le 20 mai 2025, il est possible de connaître une recrudescence de phénomènes comparables.

5. CARACTERISATION DE LA PLUIE DU 20 MAI 2025

Le pluviomètre situé sur le bassin versant au niveau de l'héliport, a enregistré un cumul de pluie de 256 mm en 3 heures, ce qui est exceptionnel.



Figure 4 : Photographie du pluviomètre situé au niveau de l'héliport

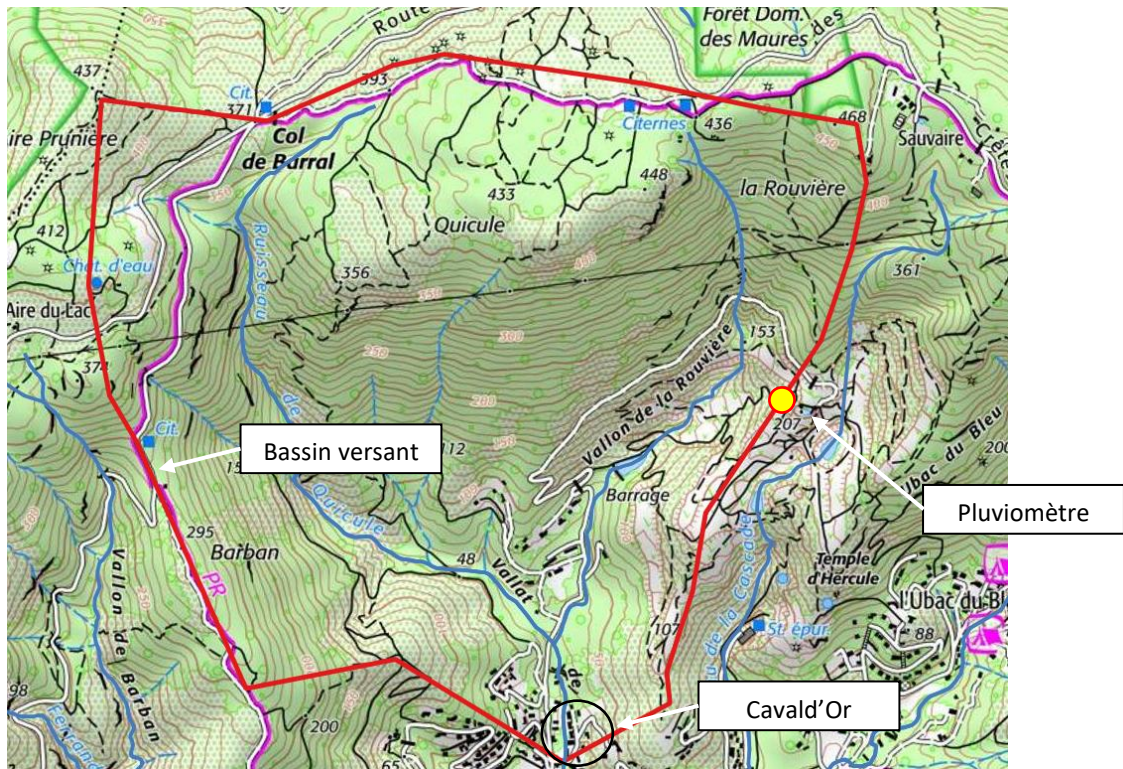


Figure 5 : Localisation du pluviomètre situé au niveau de l'héliport

Le hyétogramme (disponible ici à un pas de temps de 5 min) est présenté sur la figure page suivante.

On trouve ici :

- max sur 5 min : 17.8 mm (T=30 ans)
- max sur 10 min : 34.0 mm,
- max sur 15 min : 50.2 mm (1,4 x 100 ans)
- max sur 30 min : 93.6 mm (2 x 100 ans)
- max sur 1 h : 177.6 mm (2,5 x 100 ans)
- max sur 3 h : 255.8 mm (2,6 x 100 ans).

Ces cumuls sont donc extrêmement élevés avec des valeurs plus de deux fois plus fortes que ceux d'une pluie centennale au-delà de deux heures de durées.

Une « pluie centennale » est un vocabulaire qui caractérise la probabilité d'apparition d'une pluie. En l'occurrence une pluie centennale à « une chance sur cent » de se produire chaque année.

Cela traduit la rareté du phénomène enregistré le 20 mai 2025 : nous sommes sur « une chance sur 250 » qu'il se produise.

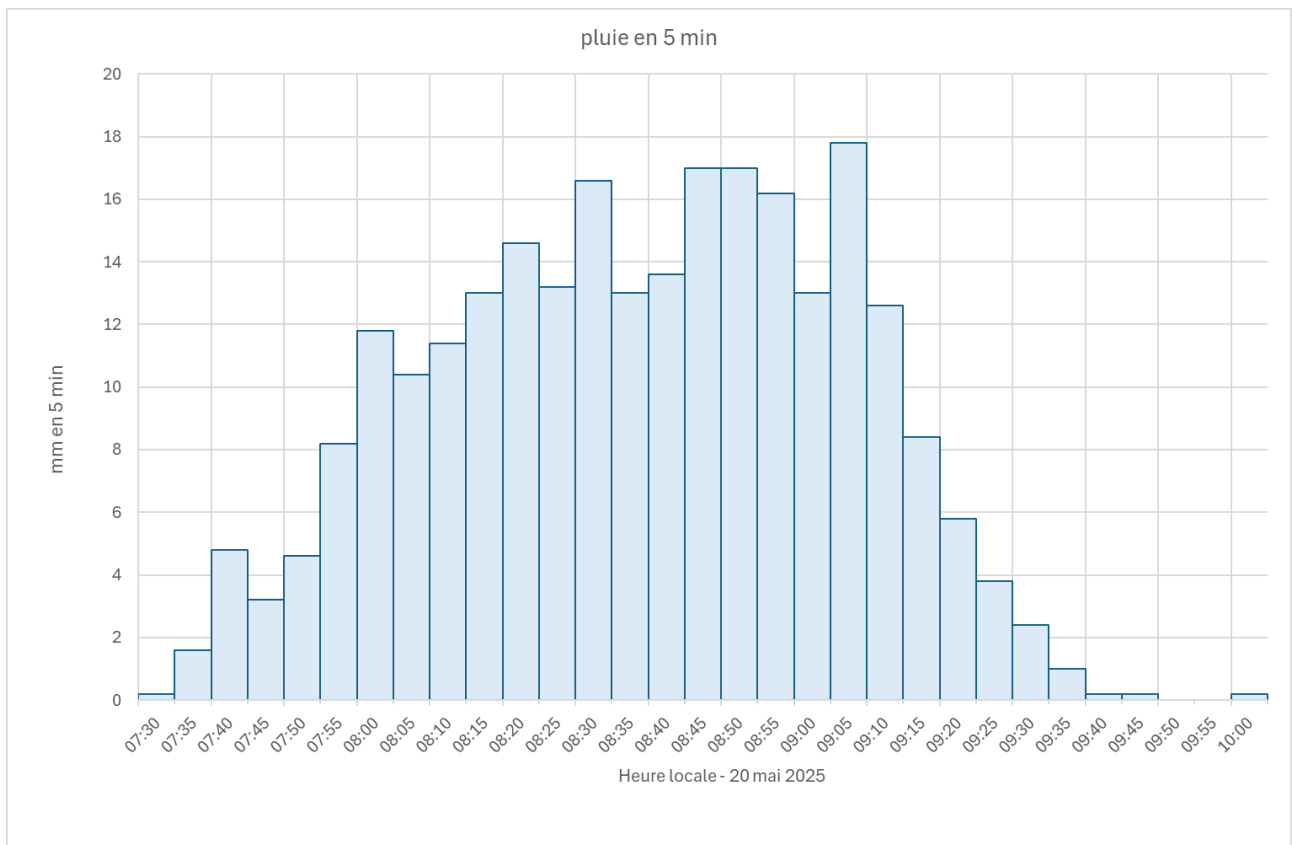


Figure 6 : Hyetogramme à la station du Lavandou (Cavalière) de Météo Varoise lors de l'épisode du 20 mai 2025 – dt 5 min

6. L'ÉVÈNEMENT DU 20 MAI 2025 DANS LE SECTEUR DES TERRASSES DE CAVALD'OR

L'évènement du 20 mai 2025 est récent et donc beaucoup documenté. On voit sur l'image ci-dessous le niveau d'eau du ruisseau qui atteint le premier étage des habitations.

La Commune a fait procéder à des mesures de laisses de crues (niveaux d'eau atteints) après l'épisode.

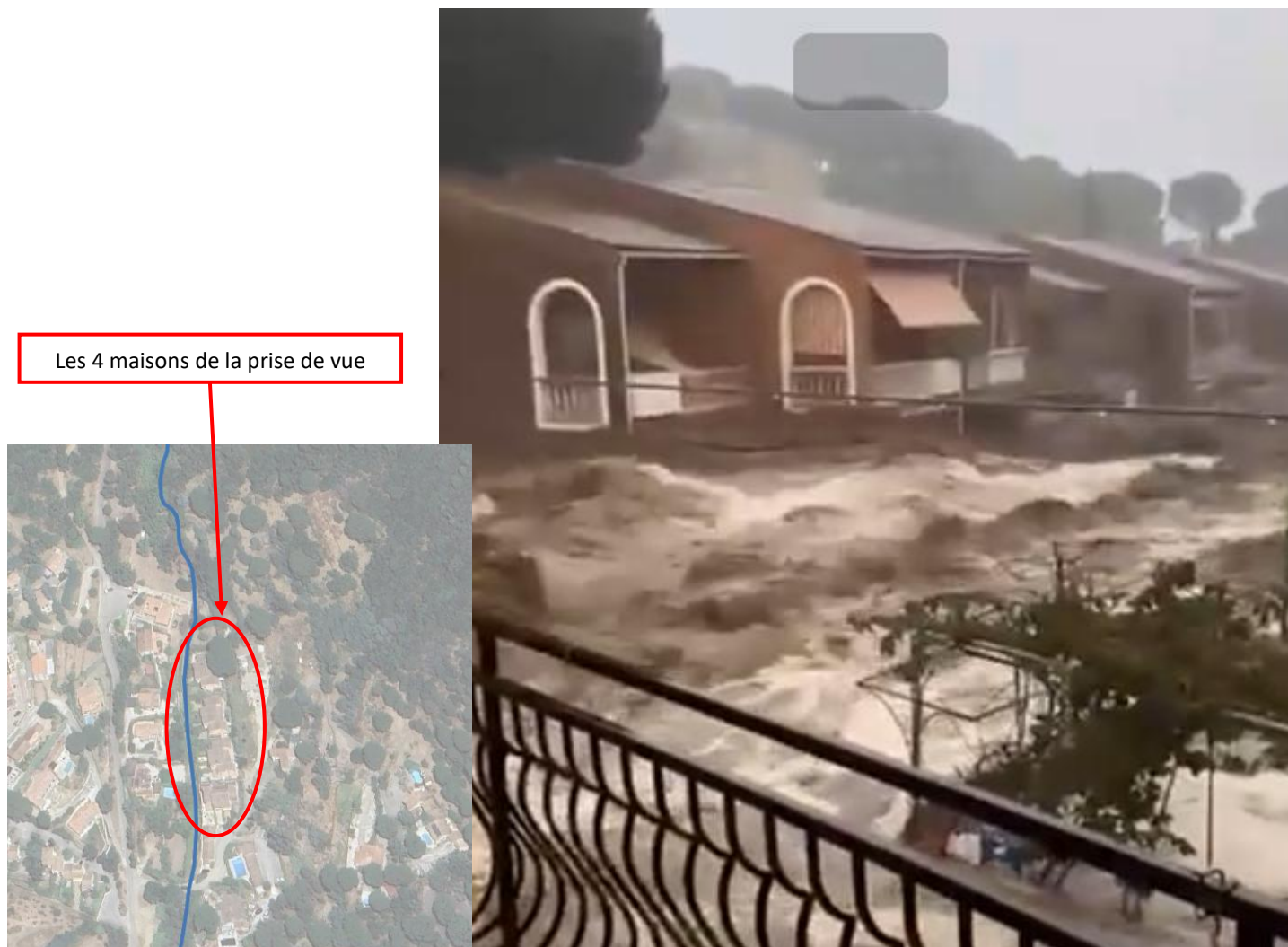


Figure 7 : ruisseau de Quicule lors de l'épisode du 20 mai 2025 au droit du lotissement les Terrasses de Cavald'Or

7. MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'EPISODE DU 20 MAI 2025

7.1. LE MODELE MATHEMATIQUE

Nous avons construit un modèle mathématique pour reproduire les écoulements, que nous avons calé sur les laisses de crues récoltées par la Commune.



Figure 8 : laisses de crues (m NGF) mesurées par la Commune suite à l'orage du 20 mai 2025

Le hyétogramme de pluie présenté précédemment a été injecté en condition limite amont ce qui a permis de reproduire les écoulements après calage sur les laisses de crues mesurées.

Cela permet de connaître en tout point les niveaux d'eau atteints et les vitesses d'écoulement.

L

Sur l'extrait ci-dessous on voit bien la dynamique des écoulements avec en particulier l'eau qui encercle les habitations ce qui en fait de véritables pièges pour les habitants qui ne peuvent pas évacuer leur logement.

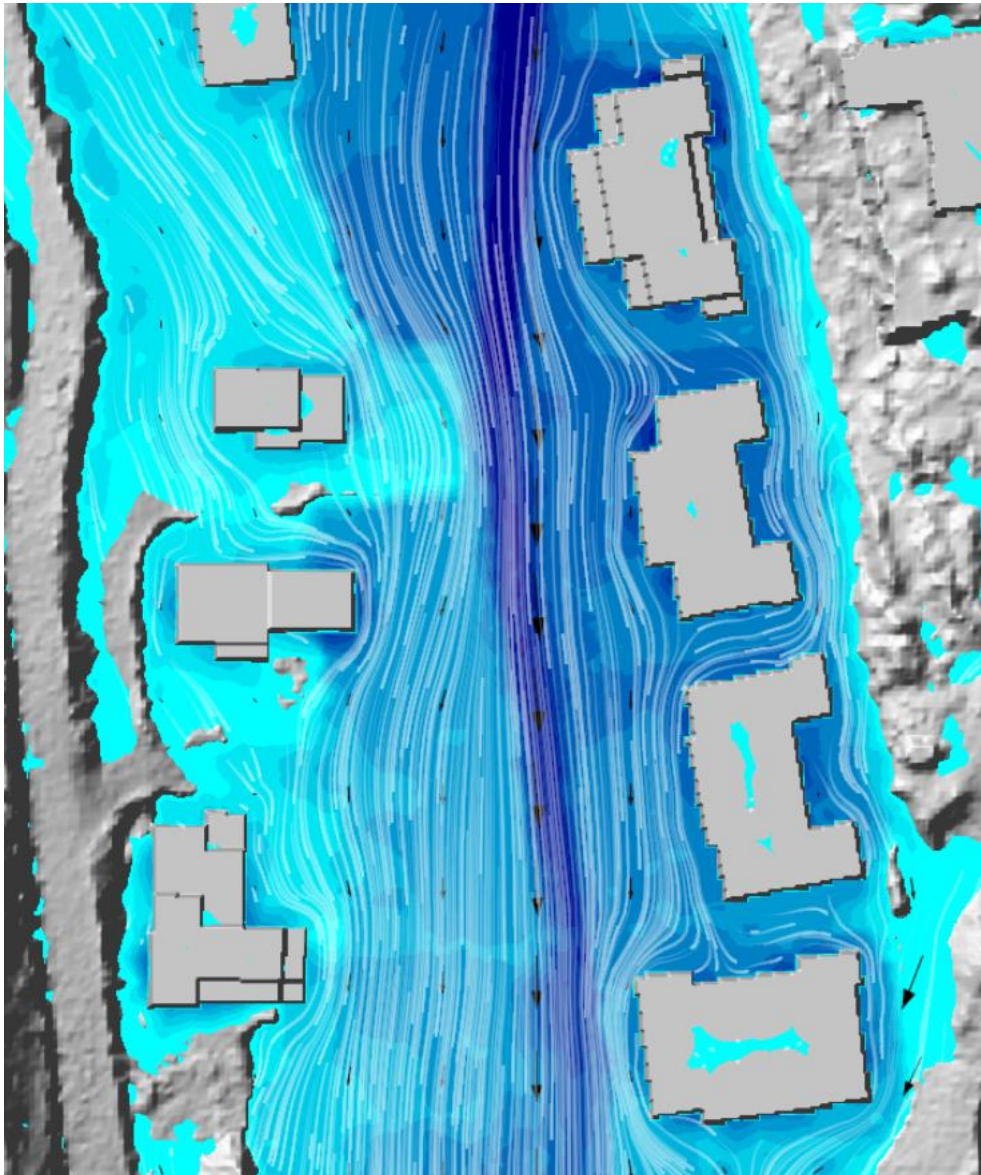


Figure 9 : représentation de la dynamique des écoulements pour l'orage du 20 mai 2025

La carte suivante présente les niveaux d'eau maximum atteints. Dans tout le périmètre qui inclut les Terrasses de Cavald'Or on est généralement autour de 1,5m et parfois proche de 2 m.

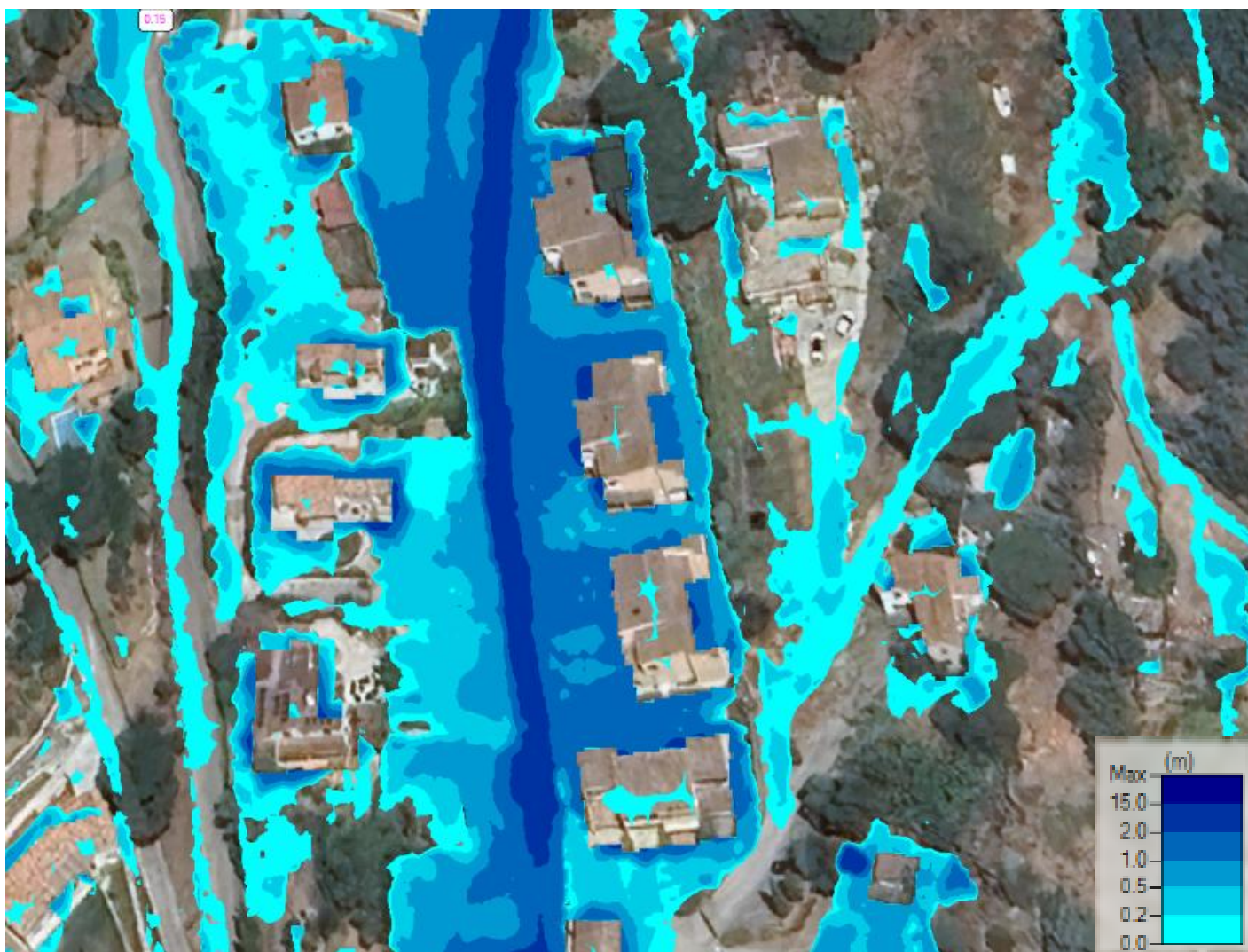


Figure 10 : représentation de la dynamique des écoulements pour l'orage du 20 mai 2025

En terme de vitesses d'écoulement on est toujours supérieur à 1 m/s et parfois même 2 m/s alors qu'on est hors du lit du ruisseau, ce qui est particulièrement dangereux comme le montre le schéma ci-dessous qui illustre la hauteur d'eau à partir de laquelle un adulte ne peut tenir debout, en fonction de la vitesse de l'eau.

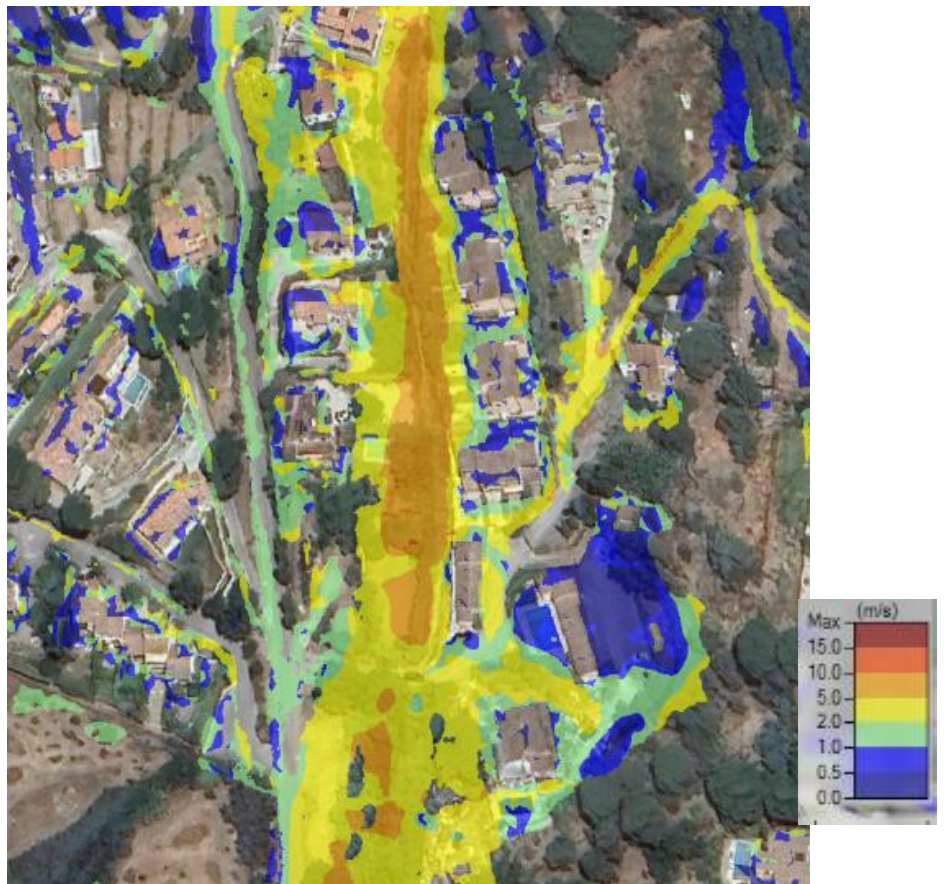
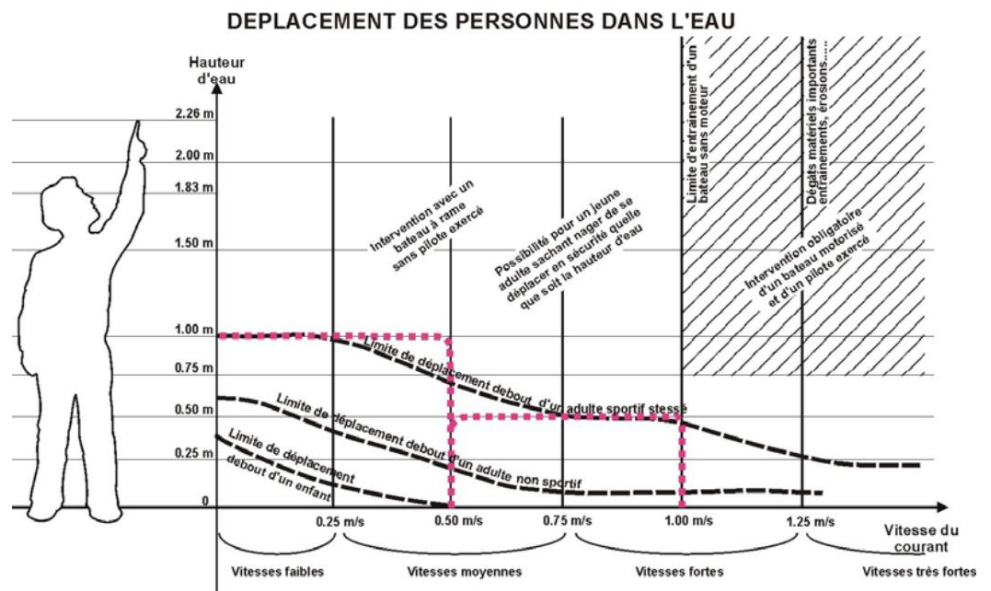


Figure 11 : vitesses d'écoulement de l'eau pour l'orage du 20 mai 2025



On voit qu'à 1 m/s un adulte non sportif ne tient pas debout à partir de 10 cm d'eau.

Au-delà des terrains du lotissement en lui-même on s'aperçoit sur cette vue plus élargie que tous les ponts sont submergés, les habitations sont complètement isolées avec impossibilité aux véhicules de secours d'accéder au lotissement.

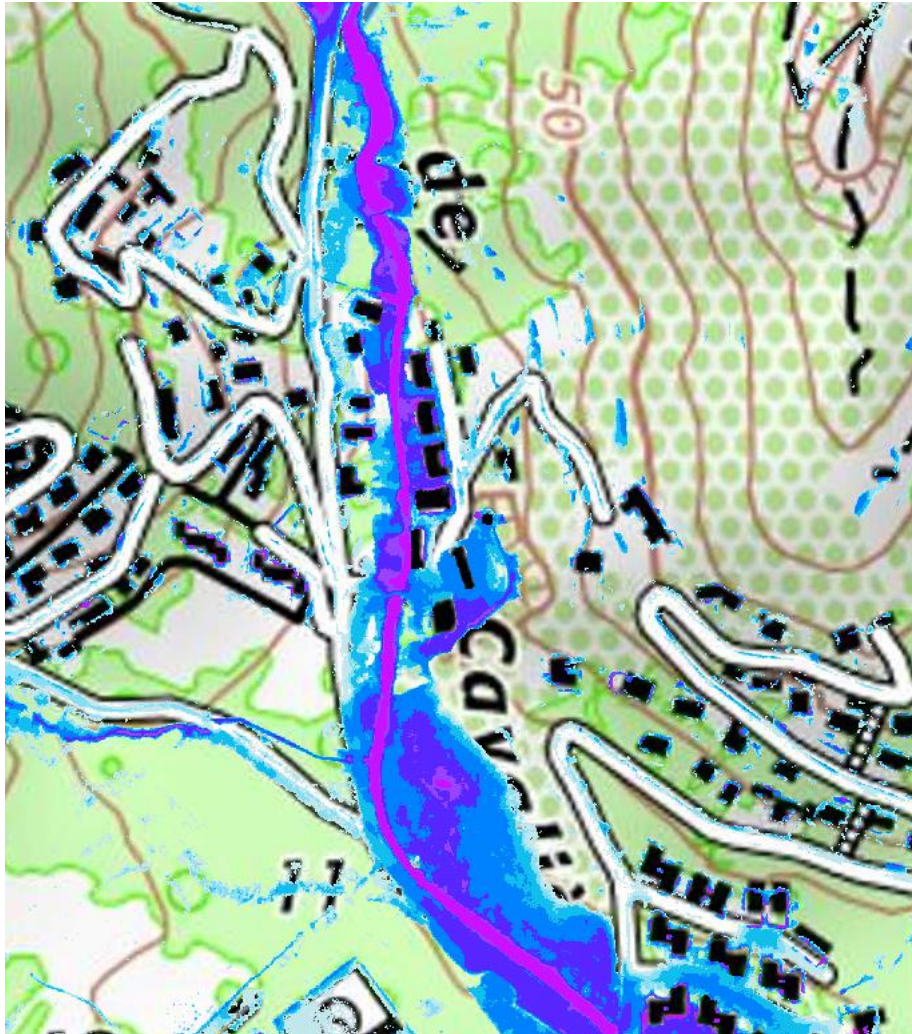


Figure 12 : localisation des ponts submergés pour l'orage du 20 mai 2025

7.2. HYDROGRAMMES

L'hydrogramme suivant montre la dynamique extrêmement violente et rapide de la crue : le débit passe de 0 à 90 m³/s en une heure. A 90 m³/s il y a 4 mètres d'eau dans le ruisseau.

Lors de la montée des eaux de 8h à 8h30 le débit augment en moyenne de 3 m³/s à chaque minute ce qui est particulièrement violent.

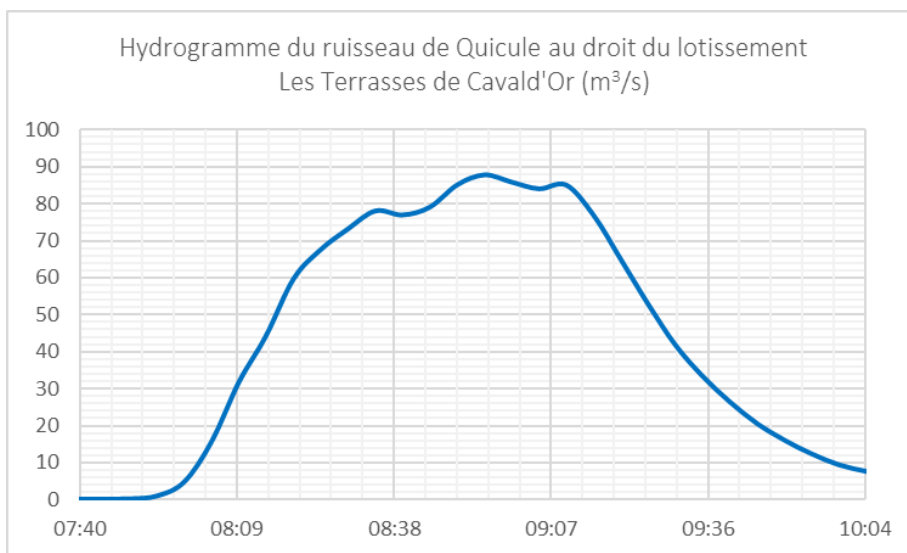
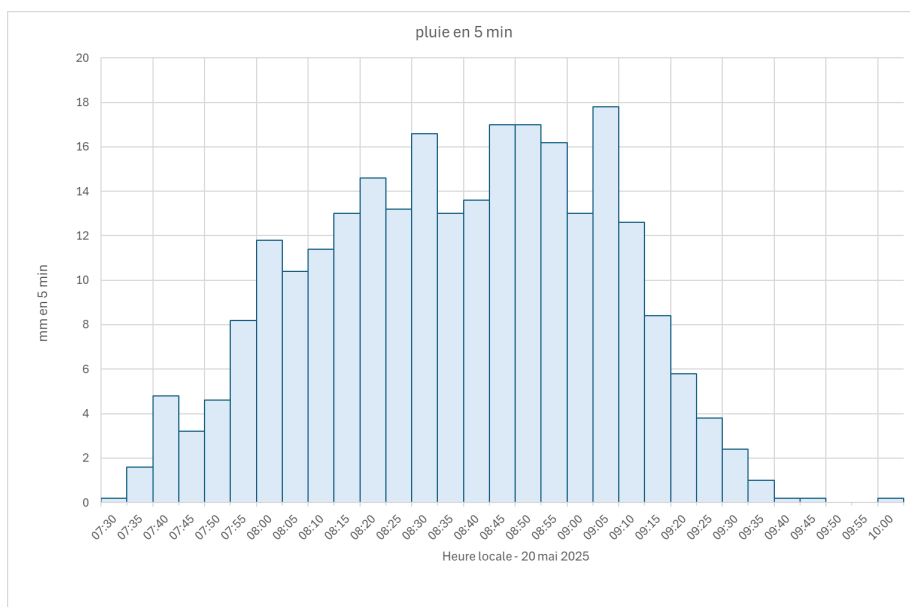


Figure 13 : hyétogramme et hydrogramme au droit des Terrasses de Quicule lors de l'orage du 20 mai 2025

Face à des pluies d'une telle intensité et avec de telles pentes de terrain, même des zones boisées ruissellent avec de très forts coefficients de ruissellement.

On peut d'ailleurs penser que ces coefficients aient augmentés pendant l'averse en raison de la saturation des sols, mais aussi lorsque la roche a été mise à nue, découvrant d'importantes zones complètement imperméables et ruisselant donc à 100% dans les parties hautes du bassin versant.

L'expertise menée par Artelia sur le vallon de la Cascade suite à cette pluie a conclu, après analyse des laisses de crues, à des débits spécifiques du bassin versant (qui est similaire à celui du ruisseau de Quicule) de 0,3 à 0,5 m³/s/ha. La modélisation confirme des valeurs avec 0,3 m³/s/ha sur le ruisseau de Quicule, soit 30 m³/s/km².

A titre de comparaison lors des inondations de 2008 il était tombé 170 mm en 4 heures qui avaient produit des débits spécifiques de 10 à 15 m³/s/km². On est donc 2 à 3 fois plus élevé que ce qui a été constaté en 2008 qui n'avait pas de précédent en terme d'intensité.

8. PERSPECTIVES

Il existe plusieurs catégories d'aménagements pour limiter les débordements et les deux grandes sont basées sur :

- La réduction des débits ;
- L'augmentation de la capacité hydraulique du cours d'eau.

L'augmentation de la capacité hydraulique n'est pas envisageable car en débordant, le cours d'eau écrête les débits donc augmenter sa capacité hydraulique aurait pour conséquence de supprimer les débordements et d'augmenter les débits à l'aval.

Comme on se situe à l'amont d'une zone urbanisée où le ruisseau traverse le quartier de Cavalière, il n'est pas acceptable d'augmenter les débits, ce qui aurait pour incidence d'augmenter les débordements dans des zones habitées aval déjà sévèrement touchées par les inondations. Cette option est à réserver, avec des mesures environnementales fortes, pour les zones proches du littoral où il n'y a pas d'enjeu à l'aval.

Par ailleurs, compte tenu des débits à transiter l'augmentation de la capacité hydraulique signifie soit un élargissement du cours d'eau et de tous les ouvrages de franchissement, et donc une incompatibilité en ce qui concerne les habitations existantes, soit une artificialisation massive du cours d'eau, pour réduire la rugosité du lit et des berges, ce qui n'est pas envisageable pour des raisons environnementales et paysagère.

Néanmoins, même avec des mesures d'accompagnement il n'est pas acceptable d'augmenter les débits à l'aval donc la solution d'augmentation de la capacité hydraulique du cours d'eau dans ce secteur n'est pas réaliste.

L'autre option est de réduire les débits. Il y a généralement plusieurs vecteurs possibles pour cela :

- Compenser les effets de l'imperméabilisation des sols dans les zones urbaines. Ici il n'y a pas de zone urbaine à l'amont.
- Mener des actions de ralentissements dynamiques par l'aménagement des zones d'expansions de crue. Ici les vallons sont tellement encaissés et les pentes tellement fortes qu'il n'y a pas de terrain

propice à ce type d'action, ou en tout cas pas avec un effet significatif sur l'écroulement des crues compte tenu des débits et volumes en jeu.

- Agir sur les pratiques culturales. Ici il n'y a pas de cultures en amont des zones à enjeux.
- Reboiser des terrains nus. Ici tous les terrains du bassin versant qui dominent les zones à enjeux sont occupés par des forêts.
- Aménager des ouvrages écrêteur de crues (des barrages). Compte tenu des pentes des terrains et des vallons cela signifierait des ouvrages très hauts qu'il serait difficile de faire accepter à la population et qui seraient très coûteux à réaliser. On a vu le 20 mai 2025 que les retenues existantes ont été transparentes car rapidement pleines, et n'ont donc eu aucun effet sur les débits. Pour donner un ordre de grandeur la crue du 20 mai 2025 a apporté un volume de 400 000 m³. Le ruisseau au droit des Terrasses de Cavald'Or déborde aux alentours de 10 m³/s si on ne tient pas compte des ouvrages dans cette approche sommaire. Cela signifie que pour éviter un débordement du ruisseau à cet endroit pour la pluie de 20 mai 2025 il aurait fallu stocker 330 000 m³.

Il n'y a donc pas de solution technique acceptable pour protéger les habitations des Terrasses de Cavald'Or pour des pluies comparables à celle qui s'est produit le 20 mai 2025.

Il reste la prévention qui reste une « solution » fragile. En effet, malgré tous les outils de vigilance et d'anticipation mis à disposition de la Commune, les mesures prises dans la cadre du plan communal de sauvegarde (PCS) dont notamment l'évacuation préventive ne peuvent garantir à 100% la sécurité des occupants du secteur étudié. Au vu de la rapidité des phénomènes sur ce bassin versant, l'anticipation des crises est très difficile, en particulier si les pluies se produisent la nuit.

Vigilance Météo-France

L'outil à disposition permettant d'anticiper une évacuation est la vigilance météo produite par Météo-France. Le bulletin de vigilance produit deux fois par jour permet d'informer la population sur un phénomène météorologique intense. Cette vigilance est bien relayée dans les médias. A noter qu'elle est produite à l'échelle du département.

Le niveau de vigilance à retenir est le niveau « orange » qui correspond à des phénomènes dangereux. La fréquence des vigilances orange est d'une quinzaine par an. Cette fréquence est susceptible d'augmenter dans les années à venir en conséquence du dérèglement climatique.

Cette mesure ne peut pas être pérenne dans le temps. En effet, l'échelle de la vigilance étendue au département fait que dans la plupart des cas, l'événement ne sera pas localisé sur la commune. On a vu l'étendue spatiale de l'orage du 20 mai dont l'intensité maximale était hyper localisée sur le bassin versant de Cavalière, mais aurait pu s'abattre quelques kilomètres à côté.

Les évacuations à répétition sans phénomène météo constaté conduisent inévitablement à une lassitude et à la non-application de la mesure. De plus, les événements de l'ampleur de celui du 20 mai 2025 ne devrait pas réapparaître fréquemment et des études montrent que la mémoire de ces catastrophes ne perdure pas sur la durée.